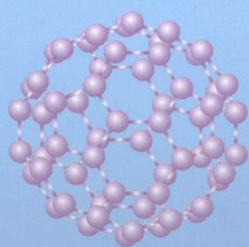




高级中学课本

CHEMISTRY



化学

拓展型课程 (试用本)



上海科学技术出版社

CHEMISTRY



高级中学课本

化学



拓展型课程

(试用本)



上海科学技术出版社



责任编辑 黄金国
孙丽伟
李玉婷
整体设计 陈 蕾

经上海市中小学教材审查委员会
审查准予试用 准用号 II-GX-2008009

高级中学课本

化 学

拓展型课程

(试用本)

上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会

上海世纪出版股份有限公司 出版

上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号, 邮政编码 200235)

上海新华书店发行 苏州望电印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/16 印张 14.75 字数 329 000

2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5323-9524-8

定价: 16.00 元

上海市物价局价格审查批准文号: 沪价商专(2008)29号

全国物价举报电话: 12358

ISBN 978-7-5323-9524-8

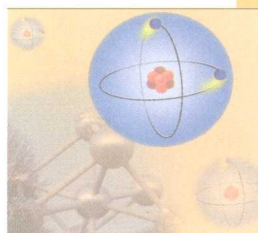


9 787532 395248 >

此书如有印、装质量问题, 请径向本社调换
上海科学技术出版社电话: 64089888

目 录

1

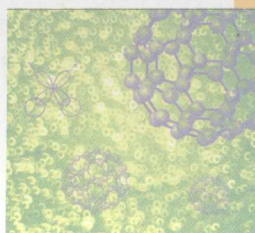


原子结构与元素周期律

STRUCTURE OF ATOMS AND PERIODIC LAW OF ELEMENTS

- 2 ◆ 1.1 原子结构
- 13 ◆ 1.2 元素周期律

2



化学键和晶体结构

CHEMICAL BOND AND STRUCTURE OF CRYSTAL

- 22 ◆ 2.1 化学键和分子间作用力
- 37 ◆ 2.2 晶体

3



化学中的平衡

EQUILIBRIUM IN CHEMISTRY

- 46 ◆ 3.1 溶解平衡
- 51 ◆ 3.2 化学反应中的平衡
- 57 ◆ 3.3 电离平衡
- 63 ◆ 3.4 水的电离和盐类水解

4



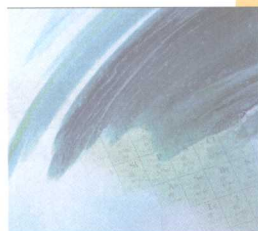
离子交换反应和氧化还原反应

IONIC EXCHANGE REACTION AND REDOX REACTION

70 ◆ 4.1 离子交换反应

76 ◆ 4.2 氧化还原反应

5



非金属元素

NONMETALLIC ELEMENTS

88 ◆ 5.1 非金属单质

94 ◆ 5.2 一些非金属化合物

104 ◆ 5.3 化工生产

6



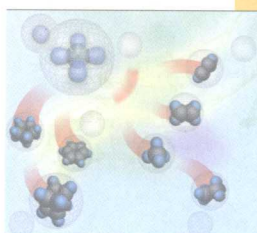
金属元素

METALLIC ELEMENTS

114 ◆ 6.1 金属及其冶炼

123 ◆ 6.2 一些金属化合物

7



烃

HYDROCARBONS

- 132 ◆ 7.1 烃的分类和同系物
- 137 ◆ 7.2 烃的命名和同分异构现象
- 142 ◆ 7.3 一些重要的烃类和石油化工

8



烃的衍生物

DERIVATIVES OF HYDROCARBONS

- 154 ◆ 8.1 卤代烃
- 161 ◆ 8.2 醇和酚
- 170 ◆ 8.3 醛
- 175 ◆ 8.4 羧酸和酯

9



化学实验探究

EXPLORATION OF CHEMICAL EXPERIMENTS

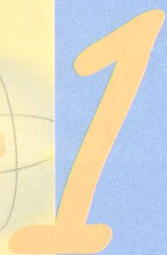
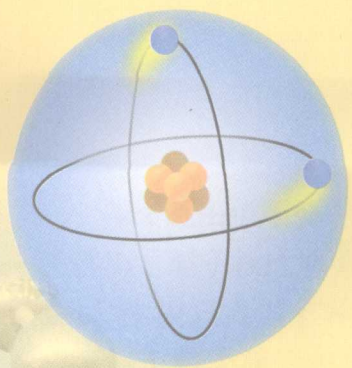
- 188 ◆ 9.1 常见气体的制备和净化
- 195 ◆ 9.2 物质的提纯与分离
- 202 ◆ 9.3 物质的检验
- 209 ◆ 9.4 定量实验
- 216 ◆ 9.5 化学实验方法的探究



附录

226 ◆ I 元素周期表

227 ◆ II 化学词汇英中文对照表



原子结构与元素周期律

STRUCTURE OF ATOMS AND PERIODIC LAW OF ELEMENTS

世界是物质的。山川湖海、花草树木、飞禽走兽，包括我们人类本身，都是由各种物质组成的。如此丰富多彩、千变万化、数量庞大的物质，却仅由一百多种元素的原子通过不同组合和多种结合方式连接而成的。从揭示原子内部结构的奥秘出发，可以较清楚地认识原子结构和各元素性质变化的内在关系。

让我们深入到微小的原子内部，认识原子的结构，掌握元素性质随原子核电荷数变化的周期性规律，从而进一步认识我们所处的物质世界，掌握物质变化的规律，有效且适度地利用自然资源，使我们的生活更加美好。

- ◆ 原子的构成
- ◆ 原子核外电子运动状态
- ◆ 原子核外电子排布
- ◆ 元素周期律

1.1

原子结构

(ATOMIC STRUCTURE)

原子的构成 同位素

原子是一种很小的微粒，其直径约为 0.1 nm ，肉眼或通过一般的仪器根本无法看见它。

化学史话

科学家“看见”了原子

1982 年，宾尼 (G. Binnig) 和罗雷尔 (H. Rohrer) 发明扫描隧道显微镜，并用它观察到了在硅晶体表面的原子图像 (图 1.1)，他们因此荣获 1986 年度诺贝尔物理学奖。

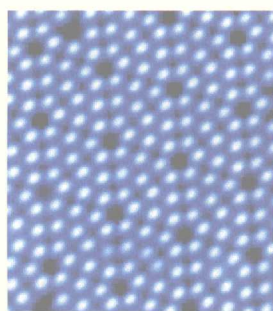


图 1.1 扫描隧道显微镜下
硅晶体表面的原子图像

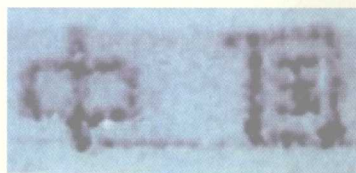


图 1.2 我国科学家通过扫描隧道
显微镜操纵原子刻画的文字

我国科学家于 1992 年成功地运用自制的扫描隧道显微镜在石墨表面通过操纵原子刻画出了纳米级的“中国”字样 (图 1.2)。

原子是由位于原子中心的原子核和核外电子构成的。原子很小，原子核比原子还要小得多，直径只有 $1 \times 10^{-15} \text{ m}$ 左右，体积只占原子体积的千万亿分之一，而它的质量却几乎等于整个原子的质量。

表 1.1 构成原子的微粒及其相关性质

构成原子的微粒	电 子	原子核	
		质 子	中 子
电性和电量	1 个电子带 1 个单位负电荷	1 个质子带 1 个单位正电荷	不显电性
质量 (kg)	$9.109\,5 \times 10^{-31}$	$1.672\,6 \times 10^{-27}$	$1.674\,8 \times 10^{-27}$
相对于 $^{12}_6\text{C}$ 原子 $\frac{1}{12}$ 的质量*	$\frac{1}{1\,836}$ **	1.007 2	1.008 6

* $^{12}_6\text{C}$ 原子质量为 $1.992\,7 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，它的 $\frac{1}{12}$ 为 $1.660\,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 。

** 电子质量与质子质量之比。

原子核主要由带正电荷的质子和不带电荷的中子构成。每个质子带1个单位正电荷，所以原子核电荷数等于其核内质子数。

原子作为一个整体不显电性。原子核外电子所带负电荷的总电量一定和原子核所带正电荷的电量相等。由于每个电子带一个单位负电荷，所以对原子来说：

$$\text{原子序数} = \text{核电荷数} = \text{核内质子数} = \text{核外电子数}$$

如果以 A 代表原子的质量数， Z 代表原子核内质子数， N 代表原子核内中子数，则：

$$\text{质量数} (A) = \text{质子数} (Z) + \text{中子数} (N)$$

具有相同核电荷数（即质子数）的同一类原子叫做元素。同种元素原子的核电荷数必然相同，但同种元素原子的质量数却不一定相同，这是因为同种元素的原子核的质子数相同，但中子数不同的缘故。我们把具有相同质子数不同中子数的原子互称为同位素（isotope）。

资料库

核物理中的一些名称

在核物理中，把质子和中子总称为核子。原子核中质子和中子的总数 A 称为核子数。质子数和中子数都相同的原子核称为某种核素。

在自然界中,许多元素都有同位素存在,氢有 ^1H (氕)、 ^2H (氘)、 ^3H (氚)三种同位素,其中 ^2H 、 ^3H 是制造氢弹的材料。碳元素有 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C 等几种同位素。铀元素有 ^{232}U 、 ^{235}U 、 ^{238}U 等多种同位素,它们都具有放射性。 ^{235}U 是制造原子弹的材料和核反应堆的燃料。

同一元素的各种同位素,虽然质量数不同,但它们的化学性质几乎完全相同。在自然界中同一元素的各种同位素原子个数的百分数又叫同位素的丰度。人们通过研究发现,不论元素来自何处或以什么形态存在,同种元素的各种同位素的丰度一般为一定值。

我们知道,国际上采用 ^{12}C 原子质量的 $\frac{1}{12}$ 作为相对原子质量的基准,如果用这个基准来计算质子和中子的相对质量,其结果如表 1.1 所示,它们的近似值都为 1。由于原子的质量近似等于其质子和中子质量之和,所以同位素的相对原子质量近似地等于其质量数。

同种元素的不同同位素的相对原子质量是不同的。由于许多元素存在不同的同位素,我们平常说的元素相对原子质量实际上是该元素各种同位素相对原子质量按其丰度计算所得的平均值。

例如,氯元素在自然界有 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 两种同位素,它们的丰度分别为 75.77% 和 24.23%。两种同位素的相对原子质量分别为 34.969 和 36.966。那么,氯元素的相对原子质量为:

$$34.969 \times 75.77\% + 36.966 \times 24.23\% = 35.453$$

练习

如果已知某元素有两种同位素,它们的相对原子质量分别为 A 和 B ,又知它们在自然界的丰度分别为 $a\%$ 和 $b\%$ 。根据上述信息,试求出该元素的相对原子质量。

通常同位素的质量数要比它们的相对原子质量容易得到。如果按该元素的各种同位素的质量数和其丰度计算所得的平均值,就是该元素的近似相对原子质量。

例如,若按氯元素的两种同位素的质量数和它们的丰度进行计算,氯元素的近似相对原子质量为:

$$35 \times 75.77\% + 37 \times 24.23\% = 35.485$$

居里夫人对放射化学的贡献

玛丽·居里(Marie Skłodowska Curie, 1867—1934, 法籍波兰化学、物理学家)是法国科学院第一位女院士,也是放射化学的奠基人之一。1898年,与其丈夫皮埃尔·居里在极其艰苦的条件下,依靠科学的推测和精巧的实验技术,他们先发现了元素钋有放射性,后来在铀矿物中发现了天然放射性元素钋和镭。为了测得镭的相对原子质量,她与丈夫一起在简陋的实验室里,花了45个月时间,从数吨沥青铀矿渣中提炼出了0.1 g 氯化镭,并初步测出镭的相对原子质量为225。

居里夫人在放射化学领域的研究不断取得重大成就。她把一生献给了科学事业,成为第一位两次获得诺贝尔奖的科学家(1903年物理学奖,1911年化学奖)。居里夫人一生得到的奖金,包括诺贝尔奖奖金,全部用于科研事业和资助贫困学生。



图 1.3 居里夫人

原子核外电子运动状态

公路上奔驰的汽车,以及围绕着地球运动的人造卫星,都可以测定或根据一定的数据计算出它们在某一时刻所在的位置,并描绘出它们的运动轨迹。这是宏观物体运动的特征。原子核外电子是一种微观粒子,质量极小(仅为 $9.109\,5 \times 10^{-31}$ kg),它在原子这样大小的空间(直径约为0.1 nm)内做高速运动。微观粒子运动的特点是没有确定的运动轨迹。

科学上应用统计的原理,以每一个电子在原子核外空间某处出现机会的多少,来描述原子核外电子运动规律。

为直观起见,把电子在原子核外某处出现的机会多少的状况用不同密集程度的小点来表示,就好像电子在原子核周围形成了云雾,故称电子云。

如图1.4所示是氢原子电子云的剖面示意图。

电子云实际上是一种用统计的方法对原子核外电子出现机会多少的形象化表示。

在含有多个电子的原子中,不同电子的运动状态是不

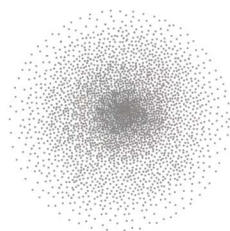


图 1.4 氢原子电子云的剖面示意图

讨论

从氢原子电子云剖面示意图中我们发现,在离核较近的地方小黑点较密,在离核较远的地方小黑点较稀。你知道其中小黑点的疏密所表示的意义吗?

相同的。我们如何去描述它们的运动状态呢？

(一) 电子层

在多电子的原子中，电子具有的能量往往是不同的，它们的运动区域也不相同。能量低的电子通常在离核较近的空间范围内运动，能量高的电子通常在离核较远的空间范围内运动。根据电子的能量差异，以及运动的空间范围离核远近的不同，核外电子分别处于几个不同的电子层 (electronic shell)。电子层的序数用 n 表示，通常 n 值越大，电子能量越高。

练习

请在表 1.2 的括号内填写“高”“低”或“远”“近”。

表 1.2

电子层序数 (n)	1	2	3	4	5	6
电子层符号	K	L	M	N	O	P
电子能量	() $\longrightarrow$ ()					
电子离核距离	() $\longrightarrow$ ()					

(二) 电子亚层

科学研究发现，同一电子层又可分成一个或几个亚层。电子亚层依次分别用 s、p、d、f 等符号来表示。第一电子层只有 s 亚层，第二电子层有 s 亚层和 p 亚层，第三电子层有 s 亚层、p 亚层和 d 亚层，第四电子层则有 s 亚层、p 亚层、d 亚层和 f 亚层。

练习

请填写表 1.3：

表 1.3

电子层序数 (n)	1	2	3	4
电子亚层数				
电子亚层符号				

在多电子原子中，同一电子层中处于不同亚层的电子能量按 s、p、d、f 的顺序递增。由此可见，原子核外电子的能量由所处的电子层和电子亚层共同决定。为了清楚地

表示某个电子处于哪个电子层和电子亚层，同时也表示它的能量高低，我们将电子层的序数 n 标在亚层符号的前面。如处于K层的s亚层电子标为1s；处于L层的s亚层和p亚层电子，标为2s和2p。我们可以排列出不同亚层中电子能量的高低顺序，例如： $E_{4f} > E_{4d} > E_{4p} > E_{4s}$ ， $E_{4p} > E_{3p} > E_{2p}$ 。

不同亚层中电子运动所形成电子云的形状不相同，s亚层的电子云呈球形，p亚层电子云呈纺锤形。d亚层和f亚层的电子云形状较复杂，在此不作介绍。

(三) 电子云的伸展方向

电子云不仅有确定的形状，而且有一定的伸展方向。s电子云是球形对称的，在空间各个方向上伸展的程度相同。p电子云如图1.5所示，它的空间运动状态可有三种互相垂直的伸展方向（分别按x轴、y轴和z轴的方向伸展）。d电子云可有五种伸展方向，f电子云有七种伸展方向。

我们把在一定电子层上具有一定形状和一定伸展方向的电子云所占据的空间称为轨道。s、p、d、f四个亚层分别有1、3、5、7个轨道，即s亚层有1个s轨道，p亚层有3个p轨道，d亚层有5个d轨道，f亚层有7个f轨道。

讨论

请你填写表1.4：

表 1.4

电子层序数 (n)	1	2	3	4
电子亚层符号				
各亚层中轨道数				
电子层中最多轨道数				

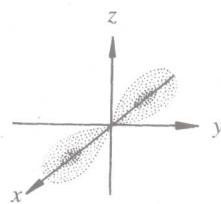
根据上表中的数据，讨论电子层序数和电子层中的最多轨道数之间的规律。

(四) 电子自旋

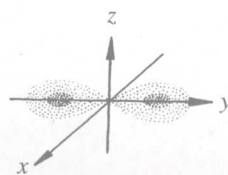
电子在原子核外空间不停运动的同时，还做自旋运动。电子有两种不同方向的自旋状态，通常我们用向上箭头“↑”和向下箭头“↓”来表示这两种不同的自旋状态 (spin state)。

练习

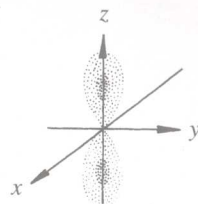
请将同一原子的2p、3d、2s、1s、3p、4f亚层中的电子按其能量由低到高的顺序排列。



2p_x的电子云



2p_y的电子云



2p_z的电子云

图 1.5 2p 亚层电子云的三种伸展方向

讨论

当我们要说明一个电子的运动状态时，你认为必须依次从哪些方面去描述它？其中，电子的能量和轨道分别由运动状态的哪些方面决定？

核外电子排布式 轨道表示式

练习

第 n 电子层中,最多容纳的电子数为多少?

练习

请分别写出铍原子、氟原子、磷原子的电子排布式。

科学家在研究原子核外电子排布时发现,在同一轨道中最多容纳两个自旋方向相反的电子。

在多电子的原子中,处于同一电子层中同一亚层的不同轨道的电子,其能量是相同的,而处于不同亚层电子的能量是不相同的。在第一至第三电子层中,各亚层中轨道能量由低到高的顺序为: $E_{1s} < E_{2s} < E_{2p} < E_{3s} < E_{3p} < E_{3d}$ 。

原子核外电子排布时,一般先占有能量较低的轨道,然后,电子才依次进入能量较高的轨道。

原子核外电子的排布情况,通常用电子排布式来表示。如锂原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^1$,其中亚层符号右上角的数字表示该亚层轨道中所有的电子数目。碳、铝原子的电子排布式如下:



在同一亚层的各个轨道上,电子排布尽可能分占不同的轨道,并且自旋方向相同。

例如,碳原子核外有6个电子,其中有4个电子排在 $1s$ 和 $2s$ 轨道里,余下的2个电子应分占两个 $2p$ 轨道,并且自旋方向相同。

为了清楚地表示同一亚层不同轨道中的电子排布情况,原子核外电子排布也可以用轨道表示式来表示。在轨道表示式中,我们用“ $\square$ ”代表一个轨道,用“ $\uparrow$ ”和“ $\downarrow$ ”分别代表两种自旋方向不同的电子。如碳原子核外电子排布的轨道表示式为:



根据同样的规律,氮和氧原子核外电子排布的轨道表示式如下:



表 1.5 核电荷数为 1~18 的元素原子的核外电子排布情况

核电荷数	元素符号	电子层				
		K	L		M	
		1s	2s	2p	3s	3p
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

资料库

多电子原子中电子能级交错现象

为了表示原子各电子层和电子亚层中电子能量的差异,人们把不同电子层和电子亚层中的电子按能量高低排成顺序,像能量的阶梯一样,叫做能级。

轨道中电子排布应遵循的原则为: 1. 泡利 (Pauli) 不相容原理: 每一轨道中最多只能容纳两个自旋方向相反的电子; 2. 最低能量原理: 电子优先进入能量低的轨道; 3. 洪特 (Hund) 规则: 在能量相同的轨道上电子以相同的自旋方向分占不同的轨道。

在含有多个电子的原子中,除原子核对电子的影响外,还存在着各电子之间

的相互作用。由于这种作用的存在,减弱了原子核对外层电子的作用,从而使多电子原子中电子的能级发生交错现象。

图1.6可以帮助我们较直观地判断第一至第四电子层中电子填入轨道的先后顺序。

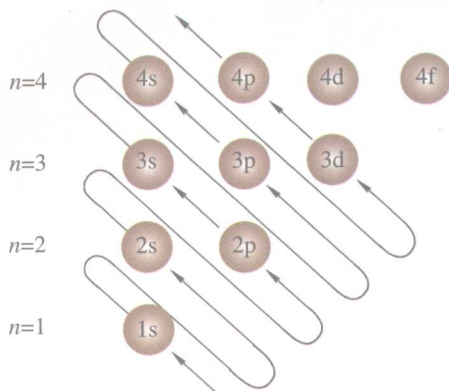


图 1.6 第一至第四电子层电子填入轨道的顺序

根据这一顺序,我们可以写出 26 号元素铁的原子核外电子排布式和轨道表示式: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ 。



[课堂练习1.1]

1. 我国科技工作者在世界上首次发现一种新同位素 ^{208}Pt , 这种原子中质子数与中子数的关系是 ()。

- (A) 大于 (B) 小于 (C) 等于 (D) 不能确定

2. ^{14}C 标记的 C_{60} 的羧酸衍生物, 可在特定条件下通过断裂 DNA 抑制艾滋病毒的繁殖。下列有关 $^{14}\text{C}_{60}$ 的叙述正确的是 ()。

- (A) 与 $^{12}\text{C}_{60}$ 碳原子化学性质不同
 (B) 与 $^{12}\text{C}_{60}$ 互为同位素
 (C) 是 $^{12}\text{C}_{60}$ 的同素异形体
 (D) 与质量相等的 ^{14}C 所形成的金刚石所含原子数相等

3. 下列关于核外电子的描述中, 正确的是 ()。

- (A) 电子云图中的一个小黑点表示一个电子
 (B) 电子式中元素符号周围的小黑点数表示核外电子总数