

建筑化学

叶 斌 主编

武汉工业大学出版社

不断地学习和更新知识。

建筑化学实验是本课程不可缺少的一个重要环节。通过实验课能加深对基本理论和基本知识的理解，训练基本操作能力，培养独立观察现象、分析归纳、作出结论和撰写报告等方面的能力及科学的工作方法。

内 容 提 要

本书为建筑类(包括城建、建工、道桥、房管等)、环保、园林等专业大、中专教材。在中学化学基础上,着重深入介绍无机建筑材料、金属建筑材料和有机建筑材料方面所涉及的主要化学基础知识,对新兴建筑材料和环境化学也做了介绍。内容通俗易懂,深度广度适中,便于自学。

本书还可供有关专业大、中专学生和广大自学青年参考。

建 筑 化 学

叶 斌 主 编

责任编辑 王忠林 黄 春

*

武汉工业大学出版社出版(武汉市武昌珞狮路14号)

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销

石首市第二印刷厂印刷

*

开本: 787×1092mm 1/32 印张: 8 插页: 1 字数: 176千字

1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷

印数: 1—5000册 定价: 2.90元

ISBN 7-5629-0283-6/TQ·0014

前 言

本书是为建筑类（包括城建、建工、道桥、房管等）、环保、园林等专业的专科学生学习化学课程而编写的教材，是在我校1987年编的《建筑材料化学讲义》的基础上修改而成的。在编写过程中，编者根据近几年试用该讲义的教学体会，结合湖南大学、武汉工业大学、重庆建筑工程学院等院校的建筑、土木、环保、化工、建材等专家、教授所提出的宝贵意见，力求使该书内容更符合教学实际需要。

本书内容通俗易懂，深度和广度适中，便于学生和工程技术人员自学。同时，尽量做到理论和实践相结合，避免繁琐的数学推导。

本课程的总学时为40~60学时（包括实验）。该书除适用于建筑类各专业外，还可供化工、机械、电子、环保、园林类专业大、中专师生和工程技术人员参考。

本书绪论，第一、二、三、五章由叶斌编写，第四章由赵少杰编写，第六章由毛剑编写。全书由湖南大学化学化工系林志成教授审阅、定稿，由湖南城市建设专科学校叶斌副教授修改。

全书是在湖南大学土木系博士生导师成文山教授的指导下完成的。

湖南大学、武汉工业大学、重庆建筑工程学院、中央广播电视大学湖南分校和湖南城市建设专科学校的杨丽君（高级实验师）、夏红新、李国辉等同志曾审阅过原稿，并提出

了宝贵意见；福建建筑专科学校叶芳老师，贵州建筑专科学校陆昆副教授给予了大力支持，在此表示谢意。

由于本书涉及面广，编者水平有限，错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1990年1月

绪 论

化学是以实验为基础研究物质的组成、结构、性质、变化和制备与应用的一门自然科学。

当前，科学技术发展的一个重要特点是各门学科之间互相渗透，人们面临的许多实际问题，往往需要运用多种学科的知识才能解决。在科学技术、生产和生活中，化学起着非常重要的作用，几乎每一个部门都离不开化学。例如，现代宇宙航空事业、半导体、原子能工业、燃料、材料和金属的制造、试剂的提纯、人造塑料、纤维、橡胶、化肥、农药、医药、动、植物生长激素的生产和使用、人们日常生活等方面都与化学有不可分割的联系，尤其是人类关心的能源和资源的开发、利用；粮食的增产，环境的保护，“三废”的处理、利用等都必须运用化学知识。

建筑科学与化学有密切的联系。随着科学技术的发展和高层建筑的出现及人们生活水平的提高，对建筑材料和建筑物的使用及维护，需要研究物质的组成、结构和化学变化；需要了解材料的制取或化学处理与分离技术；需要将材料进行化学处理与安全防腐等。这些，对工程技术人员而言，在设计、施工、生产中能否运用物质性质和变化的化学观点，能否分析、论证建筑材料和建筑物在实际环境中可能发生的化学变化及其影响，并且采取有效的措施、高质量地完成建筑任务，可以反映工程技术人员的素质高低，也是当前的重要实际问题。

化学有许多分支学科，如无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等。建筑化学集无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等与建筑科学和工程实际有关的化学知识于一体，是化学和建筑工程技术之间的桥梁。它简明地反映了化学学科的一般原理、理论、知识、技能与方法，在理论与实际的联系方面具有明显的特色。

本课程的教学目的，主要是使学生掌握必须的化学基础理论，基本知识和基本技能，并了解这些理论、知识、技能在工程中的应用，为后继课程的学习和将来参加祖国的现代化建设奠定必要的化学基础。同时，使他们将在工程实践中能以化学的观点观察物质的变化现象；对一些涉及与化学有关的实际问题有初步分析、比较、综合考虑、处理的能力；培养学生正确的学习、研究方法。

本书的内容，在化学基本理论方面包括物质结构、离子平衡、电化学等；在基本知识方面包括重要无机化合物、有机化合物、环境化学等；此外，还介绍了一些与现代建筑工程技术发展有关的知识如建筑新型工程材料，化学电源等。在内容安排上，为与中学化学相衔接，从物质结构理论开始，反映了近代结构理论的基本知识，阐明了一些与建筑有关的典型物质的性质与应用。引入了化学热力学和化学动力学的基础知识，并在离子平衡和电化学等方面予以应用。全书以讲清基本理论为主，适当地结合建筑科学和工程中的应用阐述化学原理。

随着现代科学技术的蓬勃发展和科学知识的迅速增长，在教学中要加强基础，并注意学生能力的培养。要求学生除掌握知识和技能外，更重要的是培养和提高自己的自学、分析、研究、写作、创新等方面的能力，以便将来在工作中能

目 录

绪论	1
第一章 物质结构	1
§ 1—1 原子结构	1
一、氢原子核外电子的运动状态	1
二、多电子原子核外电子的运动状态	8
三、元素的性质与原子结构的关系	17
§ 1—2 分子结构	24
一、离子键	24
二、共价键	28
三、共价分子间的相互作用力	38
§ 1—3 晶体结构	42
一、晶体的内部结构	43
二、晶体的类型	43
三、过渡型晶体	46
本章小结	50
思考题和习题	51
第二章 溶液 表面 胶体	53
§ 2—1 水	54
一、吸湿水	54
二、结晶水	54
三、结构水	55
§ 2—2 离子平衡	55
一、弱电解质的电离平衡	55
二、同离子效应和缓冲溶液	61

三、溶度积·····	64
四、沉淀的转化·····	68
§ 2—3 表 面·····	69
一、表面张力·····	69
二、浸润与毛细现象·····	70
三、表面活性物质·····	73
四、吸附与粘接·····	74
§ 2—4 胶体·····	76
一、溶胶的结构·····	76
二、溶胶的稳定性和聚沉·····	78
三、溶胶的保护·····	79
§ 2—5 自然界中的溶液和气体对混凝土的破坏作用·····	81
一、含二氧化碳溶液的破坏作用·····	81
二、游离硝酸、硝酸盐和铵盐的作用·····	82
三、镁盐和氯化物的作用·····	83
四、气体的作用·····	83
五、含有机物溶液的作用·····	83
本章小结·····	85
思考题和习题·····	86
第三章 电化学和金属材料·····	89
§ 3—1 原电池·····	89
一、原电池的组成·····	89
二、电极电势·····	91
三、影响电极电势的因素·····	96
四、电极电势的应用·····	98
§ 3—2 电解·····	101
一、电解的一般概念·····	101
二、分解电压和超电势·····	102
三、电解的应用·····	105
§ 3—3 金属材料的腐蚀和防护·····	107

一、化学腐蚀·····	108
二、电化学腐蚀·····	108
三、金属材料的防腐·····	111
§ 3—4 钢 铁·····	113
一、合金·····	113
二、铸铁·····	115
三、合金钢·····	116
§ 3—5 铝和铝合金·····	119
一、铝·····	119
二、三氧化二铝·····	120
三、铝合金·····	122
四、铝和铝合金的防腐措施·····	124
五、几种新型建筑铝材·····	127
本章小结·····	128
思考题和习题·····	129
第四章 重要无机物·····	132
§ 4—1 单质的物理性质和化学性质·····	132
一、单质的物理性质·····	132
二、单质的化学性质·····	134
§ 4—2 无机化合物的物理性质和化学性质·····	136
一、无机化合物的物理性质·····	136
二、无机化合物的化学性质·····	139
§ 4—3 几种主要无机建筑材料·····	145
一、天然石材·····	145
二、砂子和粘土·····	146
三、陶瓷·····	148
四、建筑玻璃·····	149
五、建筑石灰·····	152
六、石膏·····	154
七、水玻璃·····	155

八、硅酸盐水泥·····	158
本章小结·····	161
思考题和习题·····	163
第五章 有机高分子化合物·····	166
§ 5—1 高分子化合物概述·····	166
一、高分子化合物·····	166
二、高分子化合物的分类·····	168
三、高分子化合物的命名·····	168
§ 5—2 高分子化合物的合成·····	169
一、加聚反应·····	169
二、缩聚反应·····	171
§ 5—3 高分子化合物的结构和特性·····	173
一、高分子化合物的结构和特性·····	173
二、高分子化合物的老化与及其防止措施·····	177
§ 5—4 有机高分子化合物的应用·····	179
一、工程塑料·····	179
二、合成橡胶·····	187
三、化学纤维·····	190
四、有机涂料·····	192
五、离子交换树脂·····	198
本章小结·····	201
思考题和习题·····	202
第六章 环境化学·····	205
§ 6—1 环境和人类·····	205
一、环境·····	205
二、环境问题·····	208
三、人类健康与化学元素的关系·····	208
§ 6—2 大气污染及其防治·····	210
一、主要污染物与来源·····	210
二、大气污染的防治·····	218

§ 6—3 水的污染及其防治	224
一、主要污染物及危害	224
二、水污染的防治	229
§ 6—4 土地的污染与防治	231
一、土地的主要污染源及危害	231
二、土地污染的防治	232
本章小结	234
思考题和习题	235
附录一、国际单位制	236
附录二、一些基本物理常数	238
附录三、一些弱电解质在水溶液中的电离常数	239
附录四、一些物质的溶度积	240
附录五、标准电极电势	241
附录六、元素周期表	243

第一章 物质结构

§1-1 原子结构

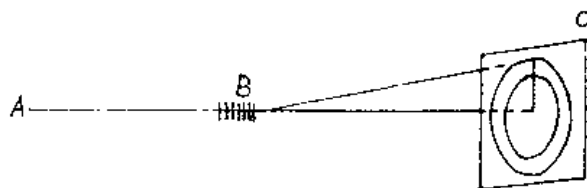
为了掌握物质性质及其变化的规律，必须从研究原子运动的客观规律入手。由于在通常情况下，化学反应并不涉及原子核的变化，而只是核外电子运动的改变，因此，在化学中讨论原子结构，着重研究核外电子运动状态和它的运动规律，以及原子结构与元素性质之间的变化规律。

一、氢原子核外电子的运动状态

1. 微观粒子的波、粒二象性

对于光的本质是波动还是粒子的问题，一般说来，在光和实物相互作用时所发生的现象，如光的吸收和发射等现象中，光突出地表现为粒子性（光子的能量和动量），而与光传播有关的现象，如干涉和衍射等现象，只能用光的波动性（频率和波长）来解释。

如图 1-1 所示，当用一定速度的一束电子流（A），代



A—电子发生器 B—晶体粉末 C—照相底片

图1-1 电子衍射实验图

替X射线，通过衍射光栅（晶体B），投射到屏幕（照相底片C）上，观察到的不是一个黑点，而是一系列明暗交替的同心环纹，这就是电子衍射的结果。电子衍射图与X射线衍射图相类似。根据实验得到的图象计算电子波的波长，与由上式计算所得的波长相符合。既然X衍射是光波动性的表现，那么电子衍射也是电子具有波动性的证明。

不仅光子、电子具有波、粒二象性，实际上所有微观粒子均有波、粒二象性。但必须指出：微观粒子的粒子性，不同于宏观粒子的粒子性，它没有固定的运动轨道；微观粒子的波动性也不同于由于介质的质点振动而引起的机械波（如水波）的波动性。电子等微观粒子的运动遵循一定的规律，它的运动状态是可以描述的。从图 1-2 电子衍射的底片上可以看出，衍射强度大的地方也就是波的强度大的地方，一定是电子出现的机会多（几率大），衍射强度小的地方，一定是电子出现的机会少（几率小）。衍射强度的大小即表示波的强度大小，所以，电子虽然没有确定的运动轨道，但它在空间出现的几率可以由波的强度反映出来，因此电子波及其它微观粒子又叫“几率波”。

由于电子具有量子化的粒子性和“几率波”的波动性，因此人们不能同时准确地测定电子运动的速度和空间的位置，即不能根据经典力学的方法，用动量和坐标来描述核外电子的运动状态，而只能用统计的方法，统计电子在一个特定的位置上或在一定的空间体积中，出现现象的机会（几率）是多少。而本世纪20年代发展起来的一门研究微观粒子运动状态的近代量子力学，正是描述电子运动统计规律的。

2. 波函数和原子轨道

在量子力学中，对于核外电子的运动状态是用波函数来

描述的。任何波动被束缚在空间的一定范围时，则表现为驻波（两个相同频率、相同振幅的波，以相反方向传播时相重叠而形成的波）。如琴弦的振动就是驻波，如图1-2所示。弦中的质点沿 x 轴的直线方向上下振动，就会出现波峰和波谷。波的振幅 $\psi(x)$ 可用一个数学函数式表示，

$$\psi(x) = A \sin 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

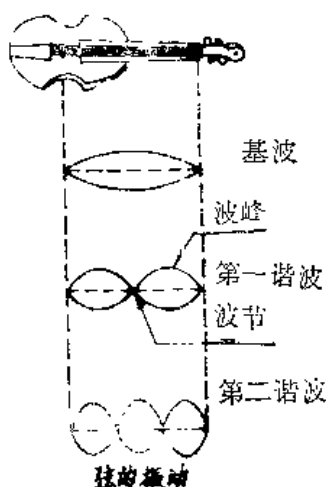


图1-2 驻波示意图

式中， A 和 λ 分别表示波的最大振幅和波长。 $\psi(x)=0$ 的点叫做波节。由于每个波的振幅是其位置 x 的函数，我们称此函数 $\psi(x)$ 为波函数。波函数在波峰的区域为正，在波谷的区域为负。

原子中的电子受原子核吸引而在原子核外空间一定的运动状态可有相应的波动方程，也可用相应的波函数来描述。

1926年奥地利物理学家薛定谔(Erwin·shrodinger)，根据微观粒子波粒二象性的概念，运用德布罗依关系式，联系光的波动方程，提出了描述微观粒子的运动方程——薛定谔方程。能量 E 和几率不随时间而变化的状态，叫定态。对于氢原子和类氢离子，定态下的薛定谔方程为，

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial Z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} \left(E + \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = 0$$

式中： ψ 、 E 、 e 、 m 、 r 和 Z 分别代表波函数、电子的总量能

电子电荷、电子的质量、电子离核的距离和原子序数。

在求解薛定谔方程过程中，为了满足合格条件从而得到有具体物理意义的结果，要求一些物理是量子化的，因此引入三个量子数 n 、 l 和 m ，按照它们的物理意义， n 叫主量子数， l 叫角量子数， m 叫磁量子数。它们的取值分别为：

主量子数 $n = 1, 2, 3, \dots, \infty$

角量子数 $l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$

磁量子数 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$

每一组 n, l, m 的合理组合决定一种波函数 $\psi(n, l, m)$ 的形式，代表电子的一种运动状态，并对应有一定的能量 E ，因此可以用量子数 n, l, m 的合理组合来描述电子在核外的运动状态。

原子的每一个波函数 $\psi(n, l, m)$ ，通常叫原子轨道，常用符号表示轨道的名称。根据光谱学上的规定，对于 $l = 0, 1, 2, 3$ 分别叫 s, p, d, f 轨道，并把 n 值写在 l 值的相应符号字母之前，如 $n = 2, l = 0$ 的轨道以 $2s$ 表示。表1-1列出量子数 n, l, m 的各种可能的组合关系及轨道名称和轨道数。

表1-1 n, l, m 的关系及轨道数

n	l	m	轨道名称	轨道数
1	0	0	1s	1
2	0	0	2s	1
2	1	-1, 0, +1	2p	3
3	0	0	3s	1
3	1	-1, 0, +1	3p	3
3	2	-2, -1, 0, +1, +2	3d	5
4	0	0	4s	1
4	1	-1, 0, +1	4p	3
4	2	-2, -1, 0, +1, +2	4d	5
4	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	4f	7

3. 几率密度和电子云

波函数本身没有明确的物理意义，但是它的绝对值的平方 $|\psi|^2$ 代表电子在空间各点出现的几率密度（几率/体积）。通常把 $|\psi|^2$ 在空间的分布图形叫电子云。以基态氢原子为例，则

$$\begin{aligned} |\psi_1|^2 &= \left[\sqrt{\frac{1}{\pi a_0^3}} \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) \right]^2 \\ &= \frac{1}{\pi a_0^3} \exp\left(-\frac{2r}{a_0}\right) \end{aligned}$$

再根据 $|\psi|^2$ 的数值，按黑点的疏密程度画出氢原子 $1s$ 的电子云图形，如图 1-3 所示。从图可以看出，几率密度随着电子离核的距离的增大而减小。

当氢原子处于激发态时，也可按如上 $1s$ 电子云画法，画出 $2s$ 、 $2p$ 、 $3s$ 、 $3p$ 、 $3d$ ……

4. 波函数和电子云的图形

为了形象地了解波函数 ψ 及 $|\psi|^2$ 在空间的变化情况，以便讨论化学反应中化学键的形成和分子构型，我们采用数学上函数的图解法。

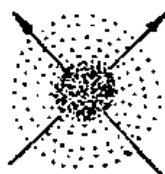


图1-3 氢原子 $1s$ 电子云

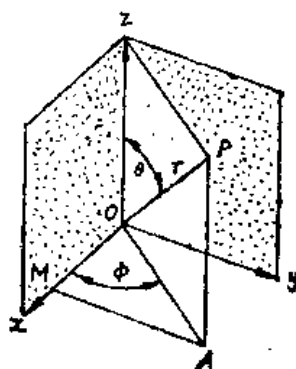


图1-4 直角坐标和球极坐标的转换关系