

高等专科学校 环境类系列教材
高等职业技术学院

基础化学

刘 彬 主编

Ji Chu Hua Xue

中国环境科学出版社

高职高专环境类系列教材

基础化学

刘 彬 主编

曾育才 李志红 副主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

基础化学 / 刘彬主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2006.4
高职高专环境类教材. 第1批

ISBN 7-80209-112-8

I. 基… II. 刘… III. 化学—高等学校: 技术学校—教材 IV.O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 004071 号

策 划



丛书统筹 黄晓燕
责任编辑 黄晓燕 李卫民
装帧设计 陆 臻 赵 虎

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店经销
版 次 2006 年 4 月第一版
印 次 2006 年 4 月第一次印刷
印 数 1—5 000
开 本 787×960 1/16
印 张 37.25
字 数 586 千字
定 价 47.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

高职高专环境类系列教材（第一批） 编写委员会

主 任 胡亨魁

副主任 （按姓氏拼音字母排序）

高红武 宫学栋 谷群广 王红云

徐汝琦 杨仁斌 曾育才 周国强

委 员 （按姓氏拼音字母排序）

高红武 谷群广 郭 正 胡亨魁 李连山

李志红 梁 红 刘 彬 刘帅霞 刘颖辉

刘晓冰 宋新书 苏少林 苏锡南 汪 翰

王红云 谢炜平 徐汝琦 鄢达成 袁 刚

曾育才 张 波 赵建国 钟 松 周国强

前言

基础化学教育是环境、冶金和材料类等相关专业人才培养目标方案中的一个重要组成部分。该领域的教学目标,是培养学生具有初步的化学科学思维方法,进而具有获取和综合运用化学知识的能力,为相关专业知识的学习和学生创新思维、创新能力的培养打下良好的基础。

化学科学在物质(元素、化合物)与概念(原子论、原子分子论学说等)形成化学理论的基础上,一个多世纪以来大致上形成了无机化学、有机(包括高分子)化学、分析化学和物理化学四个二级分支学科。近代化学发展迅速,知识量迅猛增加,应用领域不断扩大,形成了环境化学、材料化学、能源化学和化学生物学等许多新的交叉学科。化学已成为高科技发展的强大支柱,化学学科作为中心学科的地位逐渐得到认同。化学也已经从实验科学转变为实验与理论并重的科学。

化学和化学工程的发展为人类创造了巨大的物质财富,同时也给人类和生物圈的其他生物带来了严重的环境破坏。环境污染已成为当今全球最为关注的问题之一,“控制污染,保护环境”已成为全人类的呼声。环境科学的一个十分重要的目标就是防治化学污染物对环境的危害。化学污染物种类很多,其治理方法也有多种,基本原理是把对环境有毒有害的污染物转化为无毒无害的物质,这种转化过程与化学有着非常密切的关系。纵观当代的环境污染及其综合治理问题大都与化学密切相关。

本书是根据教育部“高等学校环境工程专业教学指导委员会大专组”制定的高校高专基础化学课程教学基本要求编写的,本书力求体现高等工程专科教育培养技术应用型人才的特点。以教学基本要求为依据,贯彻基础理论、基本知识和基本技能以应用为目的,以“必需、够用”为度,以及“掌握概念、强化应用”的原则来组织教材的内容和结构。

本书突破了传统的按化学学科的二级学科设课的理念,从化学学科的一级学科进行整体考虑,结合环境工程类专业对化学知识的需求,将原有的无机化学、有机化学、分析化学、物理化学各门课程的内容进行融通和整合;合并重复的内

容, 加强化学的基础理论。比较全面、系统地描述了环境工程基本单元所涉及的化学知识。

参加本书编写的有刘彬(黄石理工学院, 绪论, 第3章、第4章)、黎春秀(长沙环保职业技术学院, 第1章)、曾育才(广东嘉应学院, 第2章、第11章)、吴风林(黄石理工学院, 第5章)、孙成(扬州环境资源职业技术学院, 第6章、第9章)、钟松(黄石理工学院, 第7章)、李志红(昆明冶金高等专科学校, 第8章、第10章)、母小明(洛阳大学, 第11章)。全书最后由刘彬、曾育才修改、定稿。

在本书的编写过程中, 参考和借鉴了国内外出版的一些教材和著作, 从中得到了许多启发和收获; 中国环境科学出版社的黄晓燕、李卫民编辑为书稿的编写和出版付出了辛勤劳动, 在此一并表示感谢。

限于编者的水平, 书中难免有不足之处或错误, 欢迎读者批评指正。

编 者
2005年5月

目 录

绪论.....	1
一、化学的定义、研究对象和目的.....	1
二、基础化学中重要的量和单位.....	2
三、物质的量及摩尔.....	4
四、化学反应进度.....	5
五、有效数字.....	7
六 基础化学的学习方法.....	12
习题.....	13
 第一章 原子结构与分子结构.....	14
第一节 原子的内部组成.....	14
一、道尔顿原子学说.....	14
二、卢瑟福 (Rutherford) 原子模型.....	15
三、玻尔 (Bohr) 的原子模型.....	16
四、现代原子模型.....	18
第二节 微观粒子的基本特征.....	19
一、微观粒子的波粒二象性.....	19
二、测不准原理.....	20
第三节 微观粒子运动的一般规律.....	21
一、薛定谔 (E Schrödinger) 方程.....	21
二、波函数与原子轨道.....	22
三、四个量子数.....	25
第四节 原子结构.....	28
一、屏蔽效应.....	28
二、钻穿效应.....	29
三、多电子原子轨道能级——鲍林 (Pauling) 近似能级图.....	30
第五节 核外电子排布及元素周期表.....	31
一、核外电子排布的原则.....	31
二、原子的电子层结构和元素周期表.....	37
三、元素性质和元素周期表.....	40
第六节 分子结构.....	45
一、离子键.....	45

二、共价键理论	48
三、杂化轨道理论	51
第七节 分子的结构与分子间作用力	54
一、极性分子和非极性分子	54
二、分子间作用力	55
三、氢键	56
习题	58
第二章 物质的聚集状态	61
第一节 气 态	61
一、气体的通性	61
二、气体定律	62
三、气体的液化	68
第二节 液 态	69
一、液体的性质	69
二、溶液和液体分散体系	73
第三节 固 体	80
一、晶体和非晶体	80
二、晶体的外形特征和结构	80
三、晶体的类型	83
第四节 等离子体	87
一、概述	87
二、等离子体的特性	88
三、等离子体的形成	89
四、等离子体的应用	90
习题	91
第三章 化学热力学基础	95
第一节 热力学第一定律	96
一、基本概念及术语	96
二、热力学第一定律	99
三、恒容热、恒压热、焓	104
第二节 热化学	116
一、化学反应热效应	116
二、热化学方程式	118
三、盖斯定律	118
四、标准摩尔生成焓	119
五、标准摩尔燃烧焓	121

六、相变焓	121
七、反应热效应与温度的关系	123
第三节 热力学第二定律	126
一、热力学第二定律	126
二、熵增加原理	127
三、熵变化的计算	129
四、吉布斯函数 G	134
第四节 化学平衡热力学原理	136
一、化学反应等温方程式	136
二、平衡常数	138
三、标准摩尔反应吉布斯函数 $\Delta_r G_m^\ominus$	141
四、温度、压力及其他对化学平衡的影响	142
习题	146

第四章 化学动力学基础	152
第一节 化学动力学基本术语	152
一、反应速率	152
二、基元反应	153
三、反应机理	154
四、反应速率方程	154
五、反应级数和反应分子数	155
六、反应速率常数	155
第二节 简单级数反应的动力学方程	156
一、零级反应	156
二、一级反应	156
三、二级反应	159
四、三级反应	161
五、分数级数反应及负级数反应	162
第三节 反应级数的确定方法	162
一、尝试法	162
二、图解法	162
三、半衰期法	163
四、微分法	163
五、孤立法	164
第四节 链反应与“稳态近似法”动力学处理	165
一、直链反应与“稳态近似法”	166
二、支链反应与爆炸界限	167
第五节 活化能与基元反应速率理论简介	169

一、阿伦尼乌斯方程	169
二、基元反应活化能	171
三、活化能的作用	173
四、阿伦尼乌斯公式的应用	174
第六节 简单碰撞理论 (SCT)	176
一、异种分子碰撞发生反应	177
二、同种分子碰撞发生反应	178
习题	179
第五章 酸碱平衡	182
第一节 电解质溶液	182
一、强电解质和弱电解质	182
二、强电解质溶液的活度和活度系数	182
三、离子强度	186
第二节 酸碱理论	187
一、酸碱质子理论	187
二、酸碱路易斯电子理论	189
三、软硬酸碱理论	190
第三节 溶 剂	191
一、溶剂的分类	191
二、溶剂对溶质酸碱性的影响	191
第四节 水溶液中的酸碱平衡	193
一、酸和碱的离解常数	193
二、 K_a 、 K_b 与 K_w 的关系	195
第五节 溶液的 pH	196
一、pH 的计算	196
二、pH 的测定	204
第六节 缓冲溶液	205
一、缓冲溶液 pH 的计算	205
二、缓冲容量和缓冲范围	206
三、缓冲溶液的选择	207
第七节 酸碱滴定	208
一、酸碱指示剂	208
二、酸碱滴定曲线	212
三、酸碱滴定法的应用	222
习题	226

第六章 氧化还原平衡及电化学基础.....	230
第一节 氧化还原基本概念	230
第二节 氧化数(氧化值)	231
第三节 氧化还原方程式的配平	232
一、氧化数法	232
二、离子—电子法	234
第四节 原电池和电极电势	235
一、原电池和电极电势	236
二、电极电势	238
三、原电池的热力学	242
第五节 影响电极电势的因素	244
一、能斯特方程式	244
二、浓度对电极电势的影响	246
三、酸度对电极电势的影响	246
四、难溶化合物、配合物的形成对电极电势的影响	247
第六节 电极电势数值的应用	248
一、判断原电池的正负极, 计算原电池的电动势	248
二、判断氧化还原反应的自发性	249
三、确定氧化还原反应进行的程度	250
四、选择合适的氧化剂或还原剂	250
五、判断氧化还原反应进行的次序	251
第七节 电 解	251
一、电解池	251
二、电解原理	252
三、电解原理的应用	253
四、电解定律	255
第八节 氧化还原滴定法	255
一、氧化还原滴定曲线	256
二、氧化还原滴定中的指示剂	256
三、高锰酸钾法	257
四、重铬酸钾法	260
五、碘量法	261
习题	264
第七章 元素化学	268
第一节 元素概述	268
一、地球上的元素	268
二、元素在地壳、海洋和大气中的分布和存在类型	268

三、元素的金属性和非金属性.....	270
第二节 单 质.....	271
一、非金属单质的特性及其制备.....	271
二、金属单质的特性及其制备.....	281
第三节 化合物.....	284
一、金属元素的氧化物和氢氧化物.....	284
二、非金属元素氧化物、含氧酸（或酸）及其盐.....	296
※第四节 毒害物质的污染及处理.....	321
习题.....	325
 第八章 大气化学.....	331
第一节 大气的构成及性质.....	331
一、大气的组分.....	331
二、大气圈的层次.....	333
三、大气的物理性质.....	335
第二节 大气的光化学反应.....	337
一、大气能量效应.....	337
二、光化学反应原理.....	339
三、大气中的光化学反应.....	342
第三节 自由基反应.....	345
一、自由基的形成和反应.....	345
二、大气中的主要自由基.....	346
第四节 大气中重要化合物和大气现象.....	348
一、硫氧化物.....	348
二、氮氧化物.....	351
三、酸雨.....	354
四、碳氧化物和温室效应.....	357
五、碳氢化合物和光化学烟雾.....	359
第五节 气溶胶.....	364
一、气溶胶的定义和分类.....	364
二、气溶胶的源与汇.....	365
三、气溶胶粒子的化学组成.....	366
四、气溶胶的影响.....	368
习题.....	369
 第九章 水化学.....	371
第一节 地球上水的分布及其存在形式.....	371
一、地球上水的分布.....	371

二、地球上水的存在形式.....	372
第二节 天然水的基本特征及污染物存在形态.....	375
一、天然水的基本特征.....	375
二、水中污染物的分布和存在形态.....	383
第三节 水中污染物的迁移转化.....	385
一、水中颗粒物质的迁移转化.....	385
二、氧化—还原.....	392
三、挥发作用.....	396
四、水解作用.....	398
五、光解作用.....	401
六、生物降解.....	406
第四节 废水的吸附净化.....	412
一、吸附的基本原理与类型.....	413
二、吸附剂.....	414
三、吸附操作方式.....	415
四、活性炭的再生.....	416
五、吸附法处理废水举例.....	417
六、离子交换.....	418
习题.....	421

第十章 土壤化学.....	424
第一节 土壤的组成与性质.....	424
一、土壤的组成.....	424
二、土壤的粒级分组与质地分组.....	427
三、土壤的吸附性.....	429
四、土壤的酸碱性.....	430
五、土壤的氧化还原性.....	432
六、土壤的生物性质.....	433
七、土壤的自净作用.....	433
第二节 土壤污染物的迁移及其机制.....	434
一、土壤污染.....	434
二、重金属污染.....	435
第三节 农药污染.....	440
一、农药对环境的污染.....	440
二、农药在土壤环境中的迁移、转化.....	441
三、农药污染的防治措施.....	442
第四节 化肥污染.....	443
一、化肥的污染.....	443

二、土壤中化肥污染的控制.....	444
第五节 固体废弃物污染.....	445
一、固体废弃物的来源.....	445
二、固体废弃物的污染.....	445
三、固体废弃物的综合利用.....	446
习题.....	446
第十一章 有机化合物和有机化学.....	448
第一节 导 论.....	448
一、有机化合物和有机化学.....	448
二、有机化合物的特点.....	448
第二节 有机化合物的分类和命名.....	454
一、有机化合物的分类.....	454
二、有机化合物的命名.....	456
第三节 有机化合物的物理性质规律.....	467
第四节 有机化合物共价键的断裂方式和反应类型.....	473
第五节 烃类的化学性质.....	474
第六节 卤代烃.....	503
一、卤代烃的制法.....	503
二、卤代烷的化学性质.....	504
三、亲核取代和消除的反应机理.....	506
第七节 含氧有机化合物.....	508
一、醇、酚、醚.....	509
二、醛和酮.....	516
三、羧酸及其衍生物.....	521
第八节 含杂原子有机化合物.....	525
一、含氮有机化合物.....	525
二、含硫、磷有机化合物.....	531
三、杂环化合物.....	534
第九节 生物有机化合物.....	538
一、碳水化合物.....	538
二、氨基酸和蛋白质.....	545
三、核酸.....	549
第十节 有机合成简介.....	549
一、有机合成反应.....	550
二、有机合成路线的设计.....	550
习题.....	554
附 录.....	561

一、化学的定义、研究对象和目的

化学是一门基础科学，它不仅是认识世界，而且也是创新知识，尤其是创新物质的基础科学。

在自然科学的基础学科中，化学一直有着其独特的位置。在数学、物理学、生物学和化学等自然科学里，化学有着“中心科学”的美誉。汉语“化学”一词很好地概括了这门包容万物，集天地之造“化”的“学”问。

化学是研究物质变化的科学。

在古代的中古时期，化学处于萌芽阶段，所有化学活动客观上都是研究金属和矿物（也包括一些植物）的成分、起源及其变化，化学实际上是一门技术。到了近代化学时期，其跨度约有二个半世纪，化学研究的对象在急剧的变化。到了 19 世纪下半叶，化学的几个重要的分支已经初步形成并有了一定的发展。当时认为，“化学是关于元素的科学”或“研究元素在形成化合物时的化合规律，以及伴随所发生的各种现象的科学”。

进入现代化学时期，化学研究的内容日益广泛、深入、复杂，它和其他科学又相互渗透交叉。因此，在 1989 年出版的《中国大百科全书·化学卷》中，对化学的定义是：“化学是研究物质的性质、组成、结构变化和应用的科学。”

化学研究的客体是“物质的分子”，它是实体。

任何自然科学都是要为人类造福，使人类生活更美好，化学也不例外。从化学本身研究对象的特点出发，化学研究应该实现如下目标。

(1) 保障人类很好的生存：诸如解决人类粮食、能源、合理使用自然资源以及保护环境等方面的问题。

(2) 提高人类的生活质量：诸如解决人工合成新材料，使人类衣、食、住、行的条件大幅度提高的问题。

(3) 延长人类的寿命：诸如解决生命中的化学奥秘，合成新的药物以防治疾病等问题。

总之，化学发展到今天，正如中国科学院前院长卢嘉锡院士所说：“已经成为人类认识物质自然界，改造物质自然界，并从物质和自然界的相互作用中得到自由的一种极为重要的武器。就人类生活而言，衣、轻、重、吃、穿、用，无不密切地

依赖化学。在新的技术革命浪潮中，化学更是引人注目的弄潮儿。”

二、基础化学中重要的量和单位

计量制度的产生和发展是与社会文明程度和科学技术发展水平息息相关的。化学与其他学科一样涉及大量的物理量（简称量），用于定量和定性的描述物质的各种运动和物理现象的属性。单位是在同一类量中被特别选定的作为参考的一个量。

（一）法定计量单位

我国从 1984 年开始全面推行以国际单位制为基础的法定计量单位，一切属于国际单位制的单位都是我国的法定计量单位。根据我国的实际情况，在法定计量单位中还保留了少数国内外通用或习惯用的非国际单位制单位。我国国家标准的代号为 GB（GB 是“国家标准”汉语拼音——Guojia Biaozhun 的字首缩写）。

（二）基础化学中重要的量和单位

1. 国际单位制（SI）的基本单位（表绪-1）

表绪-1 SI 基本单位

量 的 名 称	单 位 名 称	单 位 符 号
长 度	米	m
质 量	千克（公斤）	kg
时 间	秒	s
电 流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

2. 具有专门名称的 SI 导出单位和辅助单位

GB 3102.3—93 中使用的具有专门名称的 SI 导出单位和 SI 辅助单位见表绪-2。

表绪-2 具有专门名称的 SI 导出单位和 SI 辅助单位

量 的 名 称	SI 导出单位和 SI 辅助单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位、SI 辅助单位和其他 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	1 rad=1 m/m=1
立体角	球面度	sr	1 sr=1 m ² /m ² =1
频率	赫[兹]	Hz	1 Hz=1 s ⁻¹
力	牛[顿]	N	1 N=1 kg · m/s ²

量的名称	SI 导出单位和 SI 辅助单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位、SI 辅助单位和其他 SI 导出单位表示
压力, 压强, 应力	帕[斯卡]	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
能[量], 功, 热量	焦[耳]	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
功率, 辐[射能]通量	瓦[特]	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1 \text{ C} = \text{A} \cdot \text{s}$
电压, 电动势, 电位 (电势)	伏[特]	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
电容	法[拉]	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
电阻	欧[姆]	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
电导	西[门子]	S	$1 \text{ S} = \Omega^{-1}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
磁通[量]密度, 磁感应强度	特[斯拉]	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
电感	亨[利]	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
光通量	流[明]	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
[光]照度	勒[克斯]	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

3. SI 词头

根据实际工作中所需要的单位的大小选用不同的词头。我国法定词头共规定 16 个词头, 它们所代表的因数、中文简称、词头符号等列于表绪 1-3。

表绪 1-3 SI 词头

因 数	词 头 名 称		符 号
	英 文	中 文	
10^{24}	yotta	尧[它]	Y
10^{21}	zetta	泽[它]	Z
10^{18}	exa	艾[可萨]	E
10^{15}	peta	拍[它]	P
10^{12}	tera	太[拉]	T
10^9	giga	吉[咖]	G
10^6	mega	兆	M
10^3	kilo	千	k
10^2	hecto	百	h
10^1	deca	十	da
10^{-1}	deci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ