

21世纪高等职业教育规划教材·生物学系列

无机及分析化学

WUJI JI FENXI HUAXUE

■ 黄方一 主编



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

21 世纪高等职业教育规划教材·生物学系列

无机及分析化学

主 编：黄方一

副主编：何幼鸾 张 玮

徐国丽 张友杰

鲁性贵 郑 进

华中师范大学出版社

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等职业教育规划教材。无机及分析化学将原分属于无机化学和分析化学的教学内容有机整合,建成一个新的课程体系。编者力求加强基础,突出重点,简明清晰,循序渐进,便于自学。全书共十一章,内容包括溶液和胶体、化学热力学和化学平衡的基本原理及其应用、物质结构与元素周期表、酸碱平衡与酸碱滴定、沉淀平衡与沉淀滴定、配位平衡与配位滴定、氧化还原平衡与氧化还原滴定、仪器分析法等。每章配有本章小结及学习要求、阅读材料和习题,书后附有习题答案、附录等。

本书作为生物、环境、食品、医学、轻工业、水产等专业的无机及分析化学课程的教材使用,亦可供相关技术岗位人员自学、参考。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学/黄方一主编. —武汉:华中师范大学出版社,2005.7

(21 世纪高等职业教育规划教材·生物学系列)

ISBN 7-5622-3224-5/O·142

I. 无... II. 黄... III. ①无机化学—高等学校—教材 ②分析化学—高等学校—教材 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 057387 号

书 名:无机及分析化学

主 编:黄方一

选题策划:华中师范大学出版社第二编辑室 电话:027—67867362

出版发行:华中师范大学出版社©

地 址:武汉市武昌珞瑜路 152 号 邮编:430079

销售电话:027—67867076 67863040 67867371 67861549

邮购电话:027—67861321 传真:027—67863291

网址:<http://www.ccnp.com.cn> 电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

经 销:新华书店湖北发行所

印 刷 者:华中师范大学印刷厂

督 印:姜勇华

责任编辑:严定友 责任校对:张 忠 封面设计:罗明波

开本/规格:787 mm×960 mm 1/16 印张:22 插页:1 字数:400 千字

版次/印次:2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1—5 000

定 价:33.80 元

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027—67861321。

本书如有印装质量问题,可向承印厂调换。



前 言

进入 21 世纪,我国高等教育已从精英教育逐步走向大众教育,将高等教育进一步推向大众化,培养应用型人才已成为国家人才培养结构中的重要组成部分,且得到了社会各界的广泛支持。因此,以培养应用型人才为己任的高等学校得到了长足发展。这类学校的一个显著特点是按照新时代的要求和当地社会与经济建设的需求来培养学生,重视产、学、研相结合,并紧密结合当地的经济状况,把为当地培养应用型人才作为学校办学的主攻方向。在教授“理论与技术”的同时,更注重技术、方法的教学。在教授“理论与实践”的同时,更注重理论指导下的可操作性,更注意实际问题的解决。因此,这类学生善于解决生产中的实际问题,受到地方企事业单位的普遍欢迎。

为了满足这类高校的教学要求,达到培养应用型人才的目的,根据教育部有关重点建设项目的规定和相关的教学大纲。我们组织了多年在这类高校中从教,并具有丰富工程实践经验的教师来编写这套教材。

在这套教材的编写中,我们提倡“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格,以解决多年来在教材中存在的过深、过高,且偏离实际的问题。编者力求使本书具有较高的科学性和系统性,同时也具有鲜明的时代性,能反映化学科学的新进展及化学与生命科学、食品科学、环境科学、农业科学的联系。

本书内容在编写上强调以无机化学和分析化学的基础知识为主体,以所学的无机化学理论知识满足“适用”为原则,将两门化学课程进行有机的整合,减少了教学中的重复和脱节现象。本书在结构上以分析化学中的“四大平衡”为主线,适当压缩对热力学、动力学和结构化学的论述,重点介绍“四大滴定”及其应用。元素化学部分则以物质结构和周期系为依据,结合生物类专业的特点,着力突出重要的、有代表性的元素及其化合物的性质和反应类型,强调其在生物领域中的应用,改变了许多教材惯用的系统、全面、逐一叙述的方式。另外,本书针对生物类专业特点,每章配有阅读材料,以激发学生学习的兴趣。本书增加了配位化合物的应用、现代仪器分析概论等内容,为学生学习后继课程打下了坚实的基础。书中标有“*”的章节,是本科教学中应系统讲授的内容,在专科教学中则不作要求,仅供参考或学生自学。

本教材全面采用法定计量单位(SI 制),但根据需要也保留了一些允许与 SI



制暂时并用的其他单位。本教材中的习题是在“少而精”原则的指导下编写而成的,内容包括基本概念、基本理论、数学演算、综合比较诸方面,力求做到思考性训练、技巧性训练和综合性训练相结合。书后附有部分习题答案,便于学生进行复习和自检。

本教材由武汉生物工程学院的教师主持编写。参加编写的有黄方一(绪论、第一、三章)、何幼鸾(第二、四、十章)、徐国丽(第七、八、九章)、张玮(第五、六章)和张友杰(第十一章)。湖北生物科技职业学院鲁性贵、湖北生态工程职业技术学院郑进参加了全书编写及书稿整理工作。全书由黄方一统稿。

鉴于编者水平,书中肯定存在谬误之处,敬请读者赐教指正。

编 者

2005 年 7 月

目 录

绪 论	1
第 1 章 气体、溶液和胶体	7
1.1 气体	8
1.1.1 理想气体的状态方程	8
1.1.2 道尔顿分压定律	8
1.2 溶液的浓度	9
1.2.1 物质的量浓度	10
1.2.2 质量摩尔浓度	10
1.2.3 摩尔分数	10
1.2.4 质量分数	11
1.2.5 体积分数	11
1.2.6 浓度的其他表示法	11
1.2.7 各浓度之间的换算	12
1.3 难挥发非电解质稀溶液的依数性	13
1.3.1 溶液的蒸气压降低——拉乌尔定律	13
1.3.2 溶液的沸点升高	15
1.3.3 溶液的凝固点降低	16
1.3.4 溶液的渗透压	17
1.4 胶体	20
*1.4.1 表面吸附	21
1.4.2 溶胶的性质	23
1.4.3 溶胶的结构	25
1.4.4 溶胶的稳定性和聚沉	26
*1.5 表面活性物质与高分子溶液	28
1.5.1 表面活性物质	28
1.5.2 乳浊液	28
1.5.3 高分子溶液	29
本章小结及学习要求	30
阅读材料:胶体及其应用	31
习题	32
第 2 章 化学热力学基础	34
2.1 热力学的基本概念	34
2.1.1 体系和环境	34
2.1.2 状态和状态函数	35
2.1.3 过程和途径	35
2.2 热力学第一定律和热化学	36
2.2.1 热力学第一定律	36
2.2.2 反应热和反应焓变	37
2.2.3 热化学方程式	38
2.2.4 盖斯(Hess)定律	39
2.2.5 标准摩尔生成焓	40



2.2.6 标准燃烧热	40
2.3 热力学第二定律	42
2.3.1 反应的自发性	42
2.3.2 混乱度和熵	42
2.3.3 热力学第二定律	43
2.3.4 标准熵	43
2.3.5 熵变的计算	43
2.4 吉布斯自由能	43
2.4.1 吉布斯(Gibbs)自由能	43
2.4.2 标准生成自由能	44
2.4.3 吉布斯-亥姆霍兹(Gibbs-Helmholtz)公式	44
本章小结及学习要求	45
阅读材料:热力学的发展	47
习题	48
第3章 化学反应速率和化学平衡	50
3.1 化学反应速率	50
*3.2 化学反应速率理论简介	52
3.2.1 碰撞理论与活化能	53
3.2.2 过渡态理论	54
3.3 化学反应速率的影响因素	55
3.3.1 浓度对反应速率的影响	55
3.3.2 温度对反应速率的影响	59
3.3.3 催化剂对反应速率的影响	61
3.4 化学平衡与平衡常数	64
3.4.1 可逆反应	64
3.4.2 化学平衡的特征	65
3.4.3 平衡常数	65
3.5 化学平衡移动原理	68
3.5.1 浓度对化学平衡的影响	68
3.5.2 压力对化学平衡的影响	69
3.5.3 温度对化学平衡的影响	70
3.5.4 催化剂与化学平衡	70
本章小结及学习要求	71
阅读材料:人体内输氧过程中的化学平衡	73
习题	73
第4章 物质结构基础	77
4.1 核外电子运动状态	77
4.1.1 氢原子光谱	77
4.1.2 玻尔的原子结构理论	78
4.1.3 核外电子运动的波粒二象性	79
4.1.4 测不准原理	80
4.1.5 核外电子运动状态的描述	80
4.2 核外电子排布规则	82
4.2.1 核外电子的排布规律	82
4.2.2 多电子原子的能级图	83
*4.2.3 屏蔽效应和钻穿效应	84



4.2.4 核外电子的排布	84
4.3 电子层结构与元素周期系	88
4.3.1 周期与能级组	89
4.3.2 族	89
4.3.3 区	89
4.3.4 元素性质的周期性	90
4.4 化学键和分子结构	94
4.4.1 共价键理论	94
*4.4.2 现代价键理论	95
4.4.3 杂化轨道理论	96
4.4.4 杂化轨道的类型	97
4.4.5 分子间的作用力与氢键	99
本章小结及学习要求	101
阅读材料:门捷列夫与元素周期表	102
习题	103
第5章 分析化学概论	105
5.1 概述	105
5.1.1 分析化学的任务和作用	105
5.1.2 分析化学的分类	106
5.1.3 定量分析的一般程序	108
5.2 化学分析中的误差	109
5.2.1 误差的分类	109
5.2.2 准确度和精密度	111
5.2.3 误差和偏差	112
5.2.4 减少误差的方法	115
5.3 有效数字及计算规则	116
5.3.1 有效数字的概念	116
5.3.2 有效数字的修约与运算	117
5.4 滴定分析法	119
5.4.1 滴定分析法的基本概念	119
5.4.2 滴定分析法的分类	120
5.4.3 滴定分析法对化学反应的要求	120
5.4.4 滴定方式	121
5.4.5 基准物质和标准溶液	121
5.4.6 滴定分析中的计算	124
本章小结及学习要求	126
阅读材料:分析化学的发展	127
习题	128
第6章 酸碱平衡和酸碱滴定法	131
6.1 酸碱质子理论	131
6.1.1 电解质溶液	131
6.1.2 酸碱的定义和共轭酸碱对	132
6.1.3 酸碱的强弱	134
6.1.4 水的质子自递平衡	135
6.1.5 共轭酸碱对 K_a 和 K_b 的关系	136
6.2 酸碱平衡的移动	137



6.2.1	浓度对酸碱平衡的影响	138
6.2.2	同离子效应(commonion effect)	138
6.2.3	盐效应(salt effect)	139
6.3	酸碱溶液中 H^+ 浓度的计算	139
6.3.1	水溶液的 pH 值	139
6.3.2	酸碱溶液 pH 值的计算	140
6.4	缓冲溶液	143
6.4.1	缓冲溶液的组成和原理	143
6.4.2	缓冲溶液 pH 值的计算	145
6.4.3	缓冲溶液的选择和配制	147
*6.4.4	缓冲溶液在生物等方面的重要意义	149
6.5	酸碱滴定法	150
6.5.1	酸碱指示剂	150
6.5.2	酸碱滴定曲线和指示剂的选择	155
6.5.3	酸碱滴定法的应用	167
本章小结及学习要求		170
阅读材料:酸碱指示剂的发现与制备		172
习题		173
第 7 章	沉淀溶解平衡及沉淀滴定法	175
7.1	难溶电解质的溶度积	175
7.1.1	溶度积	175
7.1.2	溶解度与溶度积的关系	176
7.1.3	溶度积规则	177
7.2	沉淀溶解平衡的移动	177
7.2.1	沉淀的生成和分离	177
7.2.2	沉淀的溶解	183
*7.2.3	沉淀的转化	184
7.3	沉淀滴定法	186
7.3.1	沉淀滴定法对反应的要求	186
7.3.2	沉淀滴定法	186
本章小结及学习要求		189
阅读材料:共沉淀(coprecipitation)		190
习题		191
第 8 章	配位平衡与配位滴定法	193
8.1	配位化合物的基本概念	193
8.1.1	配位化合物的结构特征	193
8.1.2	配位化合物及其组成	194
8.1.3	配位化合物的命名	196
8.1.4	螯合物	197
8.2	配位平衡	198
8.2.1	配合物的稳定常数	198
8.2.2	配位平衡的有关计算	199
8.2.3	配位平衡的移动	200
*8.3	配位化合物的价键理论	204
8.3.1	价键理论	205
8.3.2	配离子的形成	205



* 8.4 配合物的应用	207
8.4.1 配合物在分析化学中的应用	207
8.4.2 在生物与医学方面的应用	209
8.5 配位滴定法	211
8.5.1 配位滴定法对其反应的要求	211
8.5.2 EDTA 及其配合物的特点	211
* 8.5.3 金属离子指示剂	214
8.5.4 配位滴定的方式及其应用	217
8.5.5 EDTA 标准溶液的配制与标定	219
本章小结及学习要求	220
阅读材料:配位化学发展简介	221
习题	222
第 9 章 氧化还原反应与氧化还原滴定法	224
9.1 氧化还原的基本概念	224
9.1.1 氧化数	224
9.1.2 氧化还原反应的基本原理	225
9.2 氧化还原方程式的配平	227
9.2.1 氧化数法	227
9.2.2 离子—电子法	228
9.3 原电池和电极电势	229
9.3.1 原电池	229
9.3.2 电极电势	231
9.3.3 标准电极电势	232
9.3.4 原电池的电动势和化学反应自由能的关系	234
9.4 影响电极电势的因素	235
9.4.1 能斯特公式	236
9.4.2 电极电势的影响因素	237
* 9.5 电极电势的应用	239
9.5.1 计算原电池的电动势	239
9.5.2 判断氧化剂和还原剂的强弱	240
9.5.3 判断氧化还原反应进行的方向	240
9.5.4 判断氧化还原反应的程度	241
9.5.5 元素电势图及其应用	242
9.6 常用氧化还原滴定法	244
9.6.1 高锰酸钾法	245
9.6.2 碘量法	247
9.6.3 重铬酸钾法	250
本章小结及学习要求	251
阅读材料:化学电源	253
习题	254
第 10 章 重要元素及化合物	256
10.1 卤族元素	256
10.1.1 卤素单质	256
10.1.2 卤化氢和氢卤酸	257
10.1.3 卤素含氧酸及其盐	258
10.2 氧族元素	260



10.2.1 过氧化氢	261
10.2.2 硫化氢和金属硫化物	262
10.2.3 硫的氧化物、含氧酸和盐	262
10.3 氮族元素	265
10.3.1 氮的重要化合物	266
10.3.2 磷的重要化合物	267
10.3.3 砷的化合物	268
10.4 碳族元素	269
10.4.1 碳及其重要化合物	270
10.4.2 硅及其重要化合物	270
10.5 硼族元素	271
10.6 碱金属和碱土金属元素	272
10.6.1 氧化物	274
10.6.2 碱金属盐和碱土金属盐	275
10.6.3 碱金属和碱土金属元素在医药中的应用	276
10.7 过渡元素	277
10.7.1 过渡元素的通性	277
10.7.2 铜、银、锌和汞	279
10.7.3 铬、钼的重要化合物	280
本章小结及学习要求	281
阅读材料:生命中的元素	282
习题	283
第 11 章 仪器分析概论	285
11.1 原子光谱分析法	286
11.1.1 原子光谱的产生	286
11.1.2 原子发射光谱分析法	286
11.1.3 原子吸收光谱分析法	290
11.2 分子光谱分析法	294
11.2.1 分子光谱的产生	294
11.2.2 紫外—可见分光光度法	295
11.2.3 分子荧光光度法	298
11.3 电分析化学法	302
11.3.1 电位分析法	302
11.3.2 极谱分析法	306
11.3.3 电泳分析法	309
11.4 色谱分析法	311
11.4.1 色谱分析法概述	311
11.4.2 气相色谱法	312
11.4.3 高效液相色谱法	320
本章小结及学习要求	323
阅读材料:元素的光谱与元素周期表	324
习题	325
习题参考答案	327
参考文献	331
附录	332
元素周期表	插页



绪 论

1. 化学研究的对象和任务

世界是由物质组成的,而物质又处于永恒的运动中。物质的运动形式从低级到高级,有机械运动、物理运动、化学运动、生物运动及社会运动等等。按运动形式对科学分类,化学是研究物质的化学变化的科学。

化学是自然科学中的一门重要学科。化学是在分子、原子或离子等层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中的能量关系的一门科学。简单地说,化学是研究物质变化的科学。

化学科学的发展在国民经济各部门及各行业的生产中都发挥着重要的作用,实践证明,在能源、国防、信息、环境、资源、生命、医药等各个重要领域中化学也起着不可替代的作用。

在中古时期,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,化学研究的对象在急剧地变化,19 世纪下半叶,化学的几个重要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,以及所伴随发生的各种现象”。

化学在发展过程中,依照所研究的分子类别和研究手段、目的、任务等派生出许多分支学科。早在 20 世纪 20 年代前后就形成了传统的四大分支——无机化学、分析化学、有机化学和物理化学。然而,随着科学的不断发展,化学与其他学科相互渗透、相互促进,又形成了一系列应用化学和边缘学科,如生物化学、农业化学、地球化学、土壤化学、环境化学、食品化学、高分子化学、核化学和放射化学等等。这些应用学科的建立和发展,对于科学技术的发展和生产水平的提高起着重要的作用。

无机化学是研究无机物的组成、性质、结构和反应的科学。无机物质包括所有元素和它们的化合物。无机化学又可分为稀有元素化学、稀土元素化学、配位化学、无机合成化学等。还有一些边缘学科,如生物无机化学、固体无机化学、金属无机化学等等。分析化学是研究物质化学组成的分析方法及其有关理论的一门学科。其任务是研究物质中含有哪些元素和基团(定性分析),每种成分的数量如何,物质的纯度如何(定量分析),还要研究物质中原子在分子中如何排列(结构分析)。在分析化学领域里,各种仪器分析方法也建立了起来,包括电化学分析、光学分析、色谱分析、各种波谱分析和结构分析等等。有机化学是研究有机化合物的来源、制备、性质、应用以及有关理论的科学。碳的化合物(除简单的一氧化碳、二氧化碳、



碳酸盐等外)均属于有机化合物。

物理化学则是从物质的物理现象和化学现象的联系入手,探求化学变化的基本规律,实验方法也主要采用物理学中的方法。对化学的分类,实际上也反映出化学发展的特点和一般趋势。它与科研规划、教育和人才的培养以及化学前沿的研究现状等都有密切的关系。

2. 化学与生物科学的关系

生物体本身是由化学元素构成的。例如碳、氢、氧三种元素构成了生物体总量的约95%,氮、磷、钾、钙、镁、铁、硫等构成了生物体总量的3%~4%。此外,在生物体内还有一些含量极少,但又是不可缺少的微量元素,如硼、铜、锰、锌、钼、氯等。这些元素构成了生物体的组织、器官,以及蛋白质、核酸、糖类、脂类、水和各种无机盐。这些物质在生物体的生命活动中起着不可缺少的作用,从而产生各种生命现象。所以,从一定意义上看,生物体的生命活动就是生物体内进行各种化学反应的结果。

近几十年来,随着化学和物理学的发展,现代实验手段的建立,化学、物理学与生物科学进一步渗透,使生物科学的研究从细胞水平发展到分子水平,形成了分子生物学。这对于揭示生命现象的本质和生物遗传的奥秘提供了进一步研究的途径。化学与生命现象紧密结合形成生物化学,生物化学是把化学的知识、理论以及近代的物理测试手段应用于研究生物体系的一门新兴的生命学科。将无机化学的理论和方法应用于生物体内金属化合物的研究,以探索金属离子与体内生物大分子相互作用规律,从而形成了生物无机化学。生物无机化学的研究对于阐明金属元素在生物体内的作用,弄清某些疾病的起因和防治以及某些药物的合成等都有重要的意义。补充生命必需元素,促进体内有毒元素的排除,癌症病人的“化疗”等方面的应用是目前医疗实践中的重大研究课题。

化学与农业科学的发展也有密切的关系。在作物栽培、病虫害防治、良种繁育、土壤肥料开发、农副产品综合利用、复合饲料研制、兽医临床诊治、农业环境保护等方面都离不开化学。例如,农作物的稳产高产,要求提供价廉物美的肥料、农药、生长刺激素和除草剂;为了防止农业环境污染,需要经常对土壤、植物、空气、水等进行分析测定;副产品的贮藏、加工和综合利用更要涉及无机化学、有机化学、分析化学、生物化学等学科的理论知识和实验手段。由此可见,包括农业科学在内的生物科学与化学的关系是多么密切。

3. 无机及分析化学课程学习的内容和方法

无机及分析化学是高等院校化学相关专业开设的第一门基础课,它包含了无机化学和定量分析的基本内容。随着高等职业教育的发展,21世纪的专业教学内容和课程体系也随之改革,无机及分析化学取代了化学传统分类中的无机化学和分



析化学,减少了教学中的重复和脱节现象,使得基础理论和实践应用有机地结合。

无机及分析化学课程的主要内容包括:溶液和胶体的基础知识、热力学有关知识、物质的结构、化学反应的基本原理、化学平衡及其应用(包括化学反应平衡、酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡和配位平衡等)、仪器分析简介、部分重要元素及其化合物的简介等。学习这门课程的主要目的是:

(1) 打好专业基础,充实一些化学的基础知识,进一步扩大知识面。了解化学过程中的一些基本规律,从原子、分子结构的观点解释元素及其化合物的性质。学习分析化学中的基本原理和基本方法,重点在于知道如何处理有关化学平衡中的一些问题,为学习后续课程打好基础。

(2) 实验是本课程的重要组成部分,必须重视实验课。通过实验,掌握实验的基本技能,学会如何处理实验数据;巩固并加深对所学理论的理解;培养分析问题和解决问题的能力,以及实事求是和严谨治学的科学态度。

(3) 提高自学、独立思考和独立解决问题的能力。

无机及分析化学课程提供大量的知识信息,应该在理解中进行记忆,把“一”记住了,真正理解了,“一”可以变成“三”。通过归纳,寻找联系,可以由“点的记忆”汇成“线的记忆”。

化学就其本源和本质来说是一门实验科学。在任何时期,新理论的发现和检验都要通过实验来实现。因此,在整个大学学习阶段,都要树立“实践第一”的观点。

【阅读材料】

我国 2010 年化学学科发展前景展望

我国的经济发展越来越离不开化学,化学在我国成为一门中心学科已是不争的事实。我国石油与石油化工企业有 80 多万家。加上其他化学和相关行业,我国参与化学研究与工作的人员队伍,其规模是国际上少有的。这正是我国化学科学发展的背景和动力。

当前,我国所面临的挑战有人口控制、健康、环境、能源、资源与可持续发展等问题。化学家们希望从化学的角度,通过化学方法解决其中的问题,为我国的发展和民族的振兴作出更大的贡献。21 世纪是生物的世纪,随着国家对农业、生物科学研究的重视,农业和生物中的化学问题研究已经引起越来越多化学工作者的关注。

进入 21 世纪以后,上述研究所涉及的若干基本化学问题,已成为我国化学研究的新方向,成为我国化学家有所作为的突破点。

一、若干化学基本问题的解决,将使化学学科自身在不同层次上得到丰富和发展

1. 反应过程及控制

化学的中心是化学反应。虽然人们对化学反应的许多问题已有比较深刻的认识,但还有更多的问题尚不清楚。化学键究竟是如何断裂和重组的?分子是怎样吸收能量的?并是怎样在分子内激发化学键达到特定的反应状态的?这一系列属于反应动力学的问题都有待回答,其研究成果对有效控制反应十分重要。

复杂体系的化学动力学、非稳态粒子的动力学、超快的物化过程中实时探测和调控以及极端条件下的物理化学过程都已经成为重要的研究方向。向生命学习,研究生命过程中的各种化学反应和调控机制,正成为探索反应控制的重要途径,真正在分子水平上揭示化学反应的实质及规律将指日可待。



2. 合成化学

未来化学发展的基础是合成化学的发展。21 世纪合成化学将进一步向高效率和高选择性发展;新方法、新反应以及新试剂仍将是未来合成化学研究的热点;手性合成与技术将越来越受到人们的重视;各类催化合成研究将会有更大进展;化学家也将更多地利用细胞来进行物质的合成。我们相信,随着生物工程研究的进展,通过生物系统合成所需要的化合物之目的能够很快实现。这些将使合成化学呈现出崭新的局面。仿生合成也是一个一直颇受注意的热点,该方面的研究进展将产生高效的模拟酶催化剂,它们将对合成化学产生重要影响。

3. 基于能量转换的化学反应

太阳能的光电转换虽早已用于卫星,但大规模、大功率的光电转换材料的化学研究则正在开始。太阳能光解水产生氢燃料的研究,已受到更大的重视,其中催化剂和高效储氢材料是目前研究最多的课题。值得特别提出的是,关于植物光合反应研究已经取得了一定的突破。燃料电池的研究也已在一些单位展开并取得进展。随着石油资源的近于枯竭,近年来对燃烧过程的研究又重新被提到日程上来,细致了解燃烧的机制,不仅是推动化学发展的需要,也是充分利用自然资源的关键。我国现阶段注重研究催化新理论和新技术,包括手性催化和酶催化等。

4. 新反应途径与绿色化学

我国现阶段研究,一方面注意降低各种工业过程的废物排放、排放废料的净化处理和环境污染的治理,另一方面重视开发那些低污染或无污染的产品和过程。因此,化学家不但要追求高效率和高选择性,而且还要追求反应过程的“绿色化”。这种“绿色化学”已成为 21 世纪化学的重大变化。它要求化学反应符合“原子经济性”,即反应产率高,副产物少,而且耗能低,节省原材料,同时还要求反应条件温和,所用化学原料、化学试剂和反应介质以及所生成产物均无毒无害或低毒低害与环境友善。毫无疑问,研究不排除任何废物的化学反应(原子经济性),对解决环境污染具有重大意义。高效催化合成、以水为介质、以超临界二氧化碳为介质的反应研究将会有大的发展。

5. 设计反应

综合结构、分子设计、合成、性能研究的成果以及计算机技术,是创造特定性能物质或材料的有效途径。分子团簇、原子、分子聚集体已在我国研究多年。目前这些研究正在深入,并与现代计算机技术、生物技术、医学等相结合,以获得多角度、多层次的研究结果。21 世纪的化学家将更普遍地利用计算机帮助进行反应设计,人们有望让计算机按照优秀化学家的思想方式去思考,让计算机评估浩如烟海的已知反应,从而选择最佳合成路线制得预想的目标化合物。

6. 纳米化学与单分子化学

从化学或物理学角度看,纳米级的微粒性能由于其表面原子或分子所占比例超乎寻常的大,而变得不同寻常。研究其特殊的光学、电学、催化性质以及特别的量子效应已受到重视。

另一方面,借助 STM/AFM 和光镊等技术进行单分子化学的研究,将能观察在单分子层次上的许多不同于宏观的新现象和特异效应,对这些新现象和新效应的揭示可能会导致一些科学问题的突破。

7. 复杂体系的组成、结构与功能间关系研究

21 世纪的化学不仅要面对简单体系,还要面对包括生命体系在内的复杂系统。因此,除了研究分子的成键和断键,即研究离子键和共价键那样的强作用力之外,还必须考虑复杂



体系中的相互作用力,如氢键、范德华力等。虽然它们的作用力较弱,但由此却组装成分子聚集体和分子互补体系。这种超分子体系常常具有全新的性能,或者可使通常无法进行的反应得以进行。基于分子识别观点进行设计、合成及组建新的、有各种功能的分子、超分子及纳米材料,将是未来一段时间中化学的重要研究内容。而深入研究控制分子的各种作用力,研究它们的本质并深刻了解分子识别,是一个颇具重大意义并充满挑战的课题。研究分子、分子聚集体的结构以及纳米微粒与各种物理化学性质的关系,特别是分子电子学的研究在 21 世纪将会有较大的进展。

8. 物质的表征、鉴定与测试方法

研究反应、设计合成、探讨生命过程、工业过程控制、商品检验等,都离不开对物质的表征、测试、组成与含量测定。能否发展和建立适合于原子、分子、分子聚集体等不同层次的表征、鉴定与测定方法,特别是痕量物质的测定方法,将成为制约化学发展的一大关键。我国目前的研究集中于以下几个方面:①发展基于激光或其他原理的高灵敏度检测和分析方法,包括发展新的样品浓集或聚焦上样技术;②发展具有极高分离效率的毛细管电泳、基于分子识别的高选择性分离技术以及各种传感器技术等;③探索建立基于微透析、电分析化学和传感器的现场或流水线测定方法;④构建多元和集成分析方法以适应类似于人类基因组工程计划等大规模分析测试的需要。可以说,上述研究方向的转变成为 21 世纪初我国化学发展的一个显著特点。并将由此引发这一学科自身在各个层次上的变革,同时带动和促进其他学科与技术的共同繁荣和发展。

二、学科间的渗透与交叉将使我国化学的发展面临更多的机会与挑战

化学向其他学科的渗透趋势在 21 世纪将会更加明显。更多的化学工作者会投身到研究生命、研究材料的队伍中去,并在化学与生物学、化学与材料的交叉领域大有作为。化学必将为解决基因组工程、蛋白质组工程中的问题以及理解大脑的功能和记忆的本质等重大科学问题作出巨大的贡献。

化学的发展已经并将会进一步带动和促进其他相关学科的发展,同时其他学科的发展和技术的进步会反过来推动化学本身的不断前进。从微观看,化学家已经能够研究单分子中的电子过程与能量转移过程;从宏观看,化学家能探讨分子间的作用力和电子的运动。化学家不但能够描述慢过程,亦能跟踪超快过程,而这些研究将有助于化学家在更深层次上揭示物质的性质及物质变化的规律。化学家还不断地将数学、物理学和其他学科中发展的新理论和新方法,运用到化学领域的研究之中,如非线性理论和混沌理论等将对多元复杂体系的研究产生影响。

化学研究的深入,还将带动我国仪器仪表工业的发展。因为仪器仪表既是一个很大的行业也是国家发达与否的标志之一。我国过去曾忽视对仪器的研制,导致了分析仪器依赖进口的局面。经过我国科学界和工业界的共同努力,2010 年我们将看到自己研制、生产的分析及测试仪器,如微型气相色谱仪、新型毛细管电泳仪、电化学传感器,还可能出现多功能组合仪器、智能型色谱等,我国的仪器仪表工业将进入一个蓬勃发展的时期。

三、国民生活质量的提高将得益于化学的发展

我国人口在 21 世纪上半叶将达到 16 亿。保持我国农业的持续发展是我们面临的艰巨任务。农业发展的首要问题是保证全民族的食物安全和提高食物品质;其次是保护并改善农业生态环境,为农业持续发展奠定基础。化学将在创造高效肥料和高效农药,特别是与环境友善的生物肥料和生物农药,以及开发新型农业生产资料诸方面发挥巨大作用。我国化



学家还将在克服和治理土地荒漠化、干旱及盐碱地等农业生态系统问题方面作出应有的贡献。科学家利用各种最先进的手段,有望揭示光合系统高效吸能、传能和转能的分子机理及调控,建立反应中心能量转化的动力学模型和能量高效传递的理论模型,从而达到高效利用光能为农业增产服务的目的。

21 世纪的化学将在控制人口数量,克服疾病和提高人的生存质量等人口与健康诸方面进一步发挥重大作用。未来的 10 年中,化学工作者将会发现和创造更安全和高效的避孕药具。在攻克高死亡率和高致残的心脑血管病、肿瘤、高血脂和糖尿病以及艾滋病等疾病的进展中,化学工作者将不断创造包括基因疗法在内的新药物和新方法。此外,由于人口高速老龄化,老年病在 21 世纪初会成为影响我国人口生存质量的主要问题之一。化学将会在揭示老年病发生机理、开发和创制诊断和治疗老年性疾病药物和提高老年人的生活质量方面作出贡献。相信在今后几年,我国化学家和药物化学家在针对肿瘤和神经系统等重要疾病的创新药物研究中,能发现和优化数个新药候选化合物,建立具有自主知识产权的新药产业。中医药是我国的宝贵遗产,化学研究将在揭示中医药的有效成分、揭示多组分药物的协同作用机理方面发挥巨大作用,从而加速中医药走向世界,实现产业化,成为我国经济的新的增长点。

四、在化学的支撑下,我国的国民经济将更上一个新的台阶

化学将会在解决能源这一人类面临的重大问题方面作出贡献。目前我国的经济持续稳定增长,使能源开发利用面临需求增大和环境污染的双重压力。而能源利用效率低,环境污染严重是我国亟待克服的重要问题。发展新能源及其储能材料在受到化学家重视的同时,也引起政府部门的关注,科学研究和产业化研究正相伴而行。我国化学家可望在未来几年里创制和开发出多种新型催化剂,使我国的煤、天然气和煤层气的综合优化利用取得优异成绩,从而减缓我国的能源紧张和环境污染的压力。21 世纪我国核能利用将进一步发展,而化学研究涉及核能生产的各个方面,化学工作者必将为核能的安全利用作出应有的贡献。此外,化学家在大规模、大功率的光电转换材料方面的探索研究将导致太阳能的开发利用。化学家从事的新燃料电池的催化剂、新电池的研究可能在未来几年出现突破,电动汽车将向实用化迈出一大步,这将改变人类能源消耗的方式,同时提高人类生态环境的质量。

展望 21 世纪我国的材料科学与工业的发展,化学必将发挥关键作用。首先,化学将不断提高基础材料如钢铁、水泥和通用有机高分子材料以及复合材料的质量与性能;其次,化学工作者将创造各类新材料,如电子信息材料、生物医用材料、新型能源材料、生态环境材料和航天航空材料等,化学工作者将利用各种先进技术,在原子、分子及分子链尺度上对材料组织结构进行设计、控制及制造。特别要指出的是,晶体材料的设计理论和方法研究,是我国化学发展的一个重要且富有成效的领域,在 21 世纪它将会有更大的发展,一些有价值的具有新功能的晶体和大尺寸的新型非线性光学晶体、重要激光晶体、闪烁晶体及铁电陶瓷晶体研究将达到实用和开发水平。另一方面,我国是世界稀土资源大国,总储量占世界的 80%,产量占世界的 70%,然而其中一大半是以资源或初级产品方式出口国外,这种局面在未来的几年中将转变,我国化学家在 2010 年前将在稀土分离理论和高纯稀土分离、新型稀土磁学材料、发光材料等方面的研究中,取得一批具有国际领先水平、明确应用前景和独创性的基础研究成果和具有自主产权的重大关键技术,使我国的资源优势转化为产业优势。

展望未来化学事业的发展和化学对人类生活的影响,我们充满信心,亦备感兴奋。化学是无限的,化学是至关重要的,它将帮助我们解决 21 世纪所面临的一系列问题,化学将迎来它的黄金时代!