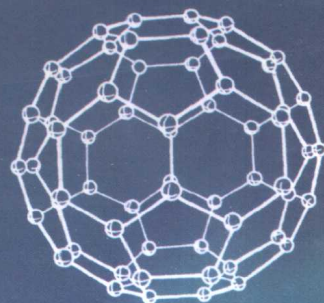
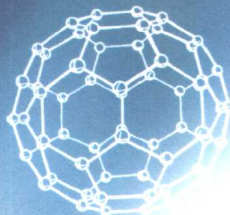


山东省教育厅“九五”立项教材

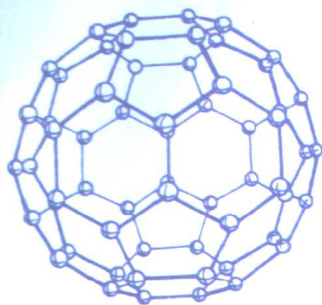
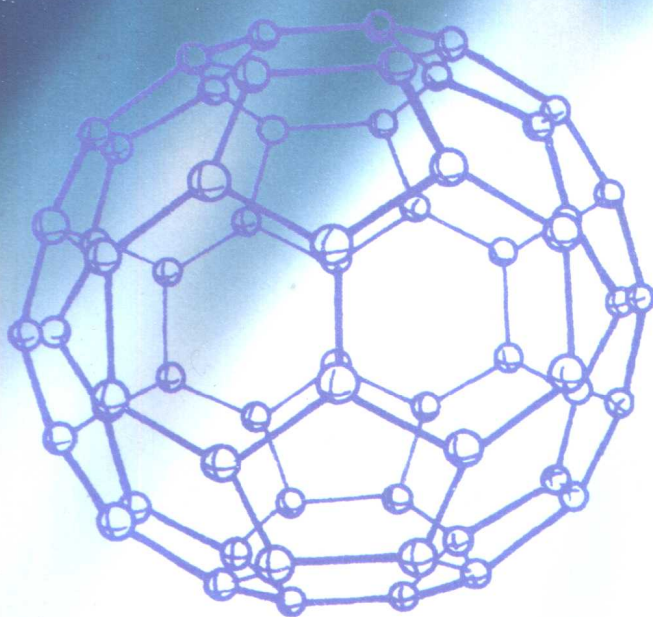


Wuji
fenxihuaxue



刘耘
周磊
主编

无机及分析化学



山东大学出版社

山东省教育厅“九五”立项教材

无机及分析化学

刘 耘 周 磊 主编

山东大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学/刘耘,周磊主编. —济南:山东大学出版社,2001. 1
ISBN 7-5607-2230-X

I. 无... II. ①刘... ②周... III. ①无机化学-高等学校-教材
②分析化学-高等学校-教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001) 第 01476 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

济南申汇印务有限责任公司印刷

787×1092 毫米 1/16 29.25 印张 插页 1 676 千字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3600 册

定价:42.60 元

版权所有,盗印必究!

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部负责调换

山东省高等教育面向 21 世纪
教学内容和课程体系改革计划项目

《工科化学系列课程教学内容和 课程体系改革的研究与实践》项目

项目组负责人：邢存章

项目组成人员(按姓氏笔画为序)：

于跃芹 马万勇 王 锦 田 燕 邢存章 邢殿香
刘 耘 刘磊力 杜登学 张天秀 张庆思 周 磊
姜海辉 康从民 崔月芝 谭学杰

本书参编人员(按姓氏笔画为序)：

刘 耘 杜登学 周 磊 姜海辉 谭学杰

内 容 提 要

本书是山东省教育厅“九五”立项教材,是立足于新的一门课程体系的基础之上,将原来无机化学和分析化学的基本内容进行优化组合而成的。

全书共分14章,内容包括:误差与数据处理,化学热力学和化学动力学基础,酸碱平衡与酸碱滴定法,沉淀溶解平衡与沉淀分析法,氧化还原平衡与氧化还原滴定法,配位平衡与配位滴定法,原子结构,分子结构与晶体结构,主族元素,副族元素,常见混合离子的定性分析,无机及分析化学中常用的分离方法,吸光光度法等。

本书可作为高等工科院校化工类专业及其他有关专业的无机及分析化学教材,也可供其他院校有关专业的师生参考使用。

前 言

随着科学技术的迅猛发展,知识经济初见端倪,国力竞争日趋激烈,教育在促进社会全面发展中的战略地位更加突出,这些都对高等教育提出了更高的要求和挑战。在新的形势下,科学技术综合化、整体化趋势日益增强,人文与科技相互渗透、相互融合的趋势正在加速。因此,进一步拓宽专业口径,改变专业范围过窄、专业设置过细的传统模式是时代发展的需要。

无机化学和分析化学是高等工科院校化工、轻工、应用化学、生物工程、皮革化工、食品等有关专业必修的化学基础课。原课程体系中这两门基础课在部分内容上出现交叉式重复,还有部分内容与后续课重复,所占学时数较多。因此我们对这两门课程进行了整合,新编教材以工科化学课程教学指导委员会 1993 年修订的“无机化学课程教学基本要求”和“分析化学课程教学基本要求”为依据,结合我们多年的教学经验,注重加强两门课程之间的有机联系,减少了不必要的课程重复。本教材综合起来有以下几个主要特点:

1. 将两门课程重复的内容进行适当地合并,使其重点突出、概念严谨、更具指导性。此类整合的主要内容包括:有效数字和误差,酸碱理论与酸碱平衡等。

2. 将两门课程相关的内容进行有机地结合,使其充分体现理论与实际的结合,更利于学生理解和掌握。此类整合的主要内容包括:酸碱平衡与酸碱滴定;氧化还原平衡与氧化还原滴定;沉淀溶解平衡与沉淀分析;配位平衡与配位滴定;分子结构与晶体结构等。

3. 将两门课程中与其他后续课重复的内容进行适当地删减,使其更突出无机及分析化学的特点。此类整合的内容主要有化学热力学、氧化还原、分子结构等章节中的部分内容。

4. 将无机化学中的元素部分进行适当综合与归并,突出其通性和规律性,并与分析化学中的离子鉴定相联系,增加学生学习的趣味性,突出元素化学在分析化学中的重要性。

5. 贯彻我国法定计量单位。

本书由刘耘、周磊主编。参加编写工作的有刘耘、周磊、杜登学、姜海辉、谭学杰。全书由刘耘、周磊通读、统稿。

全书由山东大学沈静兰教授审稿。沈教授精心审阅,提出了许多宝贵的修改意见,在

此表示衷心的感谢。感谢山东轻工业学院的院、系各级领导,感谢邢存章教授对教材编写大纲的指导性意见。正是他们对课程体系改革与教材编写工作的热情关心与全力支持,才使本教材如期出版。

限于编者的水平,在教材的处理、编写方面难免有纰漏,敬请读者不吝批评指正。

编 者
2000年10月

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 无机及分析化学课程的地位和作用	(1)
1.2 无机及分析化学课程的基本内容和教学基本要求	(2)
1.2.1 近代物质结构理论	(2)
1.2.2 化学平衡理论	(2)
1.2.3 元素化学	(2)
1.2.4 物质组成的化学分析法及有关理论	(3)
1.2.5 比色分析和分光光度分析	(3)
1.3 定量分析方法简介	(3)
1.3.1 化学分析方法	(3)
1.3.2 仪器分析方法	(4)
第二章 化学热力学和化学动力学基础	(6)
2.1 基本概念和术语	(6)
2.1.1 系统和环境	(6)
2.1.2 过程和途径	(6)
2.1.3 状态函数	(7)
2.2 热力学第一定律	(7)
2.2.1 功和热	(7)
2.2.2 内 能	(7)
2.2.3 热力学第一定律——能量守恒	(8)
2.3 热化学	(8)
2.3.1 反应热与反应焓变	(8)
2.3.2 热化学方程式.....	(10)
2.3.3 反应热的求算.....	(10)
2.4 化学平衡.....	(13)
2.4.1 化学平衡状态.....	(13)
2.4.2 化学平衡常数.....	(14)
2.4.3 标准平衡常数.....	(16)

2.4.4	多重平衡规则	(17)
2.4.5	化学平衡的有关计算	(17)
2.5	化学反应方向和限度的判断	(19)
2.5.1	化学反应的自发性	(19)
2.5.2	化学反应的熵变	(20)
2.5.3	化学反应方向的判据	(22)
2.5.4	化学反应限度的判据	(23)
2.6	化学平衡的移动	(25)
2.6.1	浓度对化学平衡的影响	(25)
2.6.2	压力对化学平衡的影响	(26)
2.6.3	温度对化学平衡的影响	(27)
2.7	化学反应速率	(29)
2.7.1	化学反应速率的概念和表示方法	(29)
2.7.2	化学反应速率理论	(31)
2.7.3	影响化学反应速率的因素	(33)
习 题		(38)
第三章 误差与数据处理		(43)
3.1	基本概念和术语	(43)
3.1.1	准确度和误差	(43)
3.1.2	精密度和偏差	(45)
3.1.3	准确度与精密度的关系	(46)
3.2	有限实验数据的数理统计	(47)
3.2.1	置信区间和置信度	(47)
3.2.2	平均值的置信区间	(47)
3.2.3	可疑数据的取舍	(49)
3.3	提高分析结果准确度的方法	(50)
3.3.1	选择合适的分析方法	(50)
3.3.2	消除系统误差	(50)
3.3.3	减小测量误差	(51)
3.3.4	减小偶然误差	(52)
3.4	有效数字及运算规则	(52)
3.4.1	有效数字	(52)
3.4.2	有效数字的修约规则	(52)
3.4.3	有效数字的运算规则	(53)
习 题		(54)
第四章 酸碱平衡与酸碱滴定法		(56)
4.1	酸碱平衡的理论基础	(56)
4.1.1	酸碱解离理论	(56)

4.1.2 酸碱质子理论·····	(61)
4.2 酸碱溶液有关组分浓度和溶液 pH 值的计算·····	(65)
4.2.1 分布系数和分布曲线·····	(65)
4.2.2 酸碱溶液 pH 值的计算·····	(67)
4.3 缓冲溶液及酸碱指示剂·····	(74)
4.3.1 缓冲溶液·····	(74)
4.3.2 酸碱指示剂·····	(77)
4.4 滴定分析法概述·····	(80)
4.4.1 滴定分析的基本过程·····	(80)
4.4.2 滴定分析法分类及滴定方式·····	(81)
4.4.3 基准物质和标准溶液·····	(82)
4.4.4 滴定分析中的计算·····	(84)
4.5 酸碱滴定法·····	(87)
4.5.1 酸碱滴定曲线和指示剂的选择·····	(87)
4.5.2 酸碱标准溶液的配制和标定·····	(96)
4.5.3 酸碱滴定法应用示例·····	(96)
4.5.4 终点误差·····	(98)
习 题·····	(100)
第五章 沉淀溶解平衡与沉淀分析法 ·····	(104)
5.1 沉淀溶解平衡·····	(104)
5.1.1 沉淀溶解平衡的特征常数·····	(104)
5.1.2 影响沉淀溶解度的因素·····	(105)
5.2 溶度积规则及应用·····	(109)
5.2.1 溶度积规则·····	(109)
5.2.2 溶度积规则的应用·····	(109)
5.3 沉淀的形成与沉淀条件·····	(114)
5.3.1 沉淀的类型·····	(114)
5.3.2 沉淀的形成过程·····	(114)
5.3.3 影响沉淀纯度的因素·····	(115)
5.3.4 沉淀条件的选择·····	(117)
5.4 沉淀分析法·····	(118)
5.4.1 重量分析法·····	(118)
5.4.2 沉淀滴定法·····	(120)
习 题·····	(124)
第六章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法 ·····	(127)
6.1 氧化还原的基本概念及其反应方程式的配平·····	(127)
6.1.1 氧化还原的基本概念·····	(127)
6.1.2 氧化还原反应方程式的配平方法·····	(128)

6.2 原电池及电极电势	(130)
6.2.1 原电池	(130)
6.2.2 电极电势的产生	(131)
6.2.3 标准电极电势	(132)
6.2.4 电极电势的理论计算	(134)
6.2.5 影响电极电势的因素——能斯特方程式	(135)
6.2.6 条件电极电势	(137)
6.3 电极电势的应用	(139)
6.3.1 原电池正、负极的判断及电动势的计算	(139)
6.3.2 判断氧化还原反应的方向和次序	(140)
6.3.3 判断氧化还原反应的限度	(141)
6.3.4 计算解离常数($K_{\text{sp}}^{\ominus}$)和溶度积常数($K_{\text{sp}}^{\ominus}$)	(142)
6.3.5 元素标准电极电势图及其应用	(144)
6.4 氧化还原滴定基本原理	(145)
6.4.1 氧化还原滴定法定量滴定的依据	(146)
6.4.2 氧化还原滴定曲线	(146)
6.4.3 氧化还原指示剂	(150)
6.4.4 氧化还原滴定预处理	(151)
6.5 常用的氧化还原滴定法	(153)
6.5.1 高锰酸钾法	(153)
6.5.2 重铬酸钾法	(155)
6.5.3 碘量法	(156)
6.5.4 其他氧化还原滴定法	(159)
6.5.5 氧化还原滴定法结果计算示例	(160)
习 题	(161)
第七章 配位平衡和配位滴定法	(165)
7.1 配合物的基本概念	(165)
7.1.1 配合物的定义	(165)
7.1.2 配合物的组成	(166)
7.1.3 配合物的化学式和命名	(167)
7.1.4 螯合物	(168)
7.2 配合物的稳定性	(170)
7.2.1 配位解离平衡和平衡常数	(170)
7.2.2 配离子稳定常数的应用	(172)
7.3 EDTA 及其配合物的稳定性	(174)
7.3.1 EDTA 的解离平衡	(174)
7.3.2 EDTA 与金属离子配合物的稳定性	(175)
7.3.3 影响 EDTA 金属离子配合物稳定性的外部因素	(176)

7.4 配位滴定法	(180)
7.4.1 配位滴定曲线	(180)
7.4.2 金属指示剂	(183)
7.4.3 提高配位滴定选择性的途径	(185)
7.4.4 配位滴定方式及应用	(190)
7.4.5 配位滴定法结果计算示例	(191)
习 题	(191)
第八章 原子结构	(195)
8.1 氢原子光谱和玻尔理论	(195)
8.1.1 氢原子光谱	(195)
8.1.2 玻尔理论	(196)
8.2 量子力学原子模型	(198)
8.2.1 微观粒子的波粒二象性	(198)
8.2.2 波函数和原子轨道	(198)
8.2.3 四个量子数	(201)
8.3 多电子原子核外电子的分布	(203)
8.3.1 多电子原子轨道的能级	(203)
8.3.2 基态原子中电子的分布原理	(206)
8.3.3 基态原子中电子的分布	(207)
8.3.4 简单基态阳离子的电子分布	(212)
8.4 元素周期系和元素基本性质的周期性	(213)
8.4.1 原子的电子层结构和元素周期系	(213)
8.4.2 元素基本性质的周期性	(214)
习 题	(218)
第九章 分子结构和晶体结构	(221)
9.1 键参数	(221)
9.1.1 键 能	(221)
9.1.2 键 长	(222)
9.1.3 键 角	(222)
9.2 晶体及其内部结构	(223)
9.2.1 晶体的特征	(223)
9.2.2 晶体的内部结构	(224)
9.3 离子键和离子晶体	(226)
9.3.1 离子的特征	(226)
9.3.2 离子键的形成及特征	(227)
9.3.3 离子晶体的特征和性质	(228)
9.3.4 三种典型的 AB 型离子晶体	(228)
9.3.5 离子半径比与晶体构型	(229)

9.3.6 离子晶体的稳定性	(230)
9.4 共价键和原子晶体	(231)
9.4.1 现代价键理论	(231)
9.4.2 共价分子的空间构型	(235)
9.4.3 分子轨道理论	(239)
9.4.4 原子晶体	(244)
9.5 分子间力、氢键和分子晶体	(245)
9.5.1 分子的极性和极化	(246)
9.5.2 分子间作用力	(248)
9.5.3 氢键	(250)
9.5.4 分子晶体	(251)
9.6 金属键和金属晶体	(252)
9.6.1 金属晶体	(252)
9.6.2 金属键——改性共价键理论	(253)
9.6.3 晶体的四种基本类型对比	(254)
9.7 配合物的化学键理论	(254)
9.7.1 价键理论	(255)
9.7.2 晶体场理论	(260)
习 题	(266)
第十章 主族元素	(268)
10.1 非金属元素通论	(268)
10.1.1 非金属单质	(268)
10.1.2 非金属元素的氢化物	(275)
10.1.3 非金属含氧酸及其盐	(276)
10.2 常见的重要非金属元素及其化合物	(279)
10.2.1 常见的卤素及其化合物	(279)
10.2.2 常见的氧和硫的主要化合物	(285)
10.2.3 氮和磷及其常见的重要化合物	(292)
10.2.4 硼、碳、硅的重要化合物	(298)
10.3 主族金属元素	(304)
10.3.1 主族金属元素的基本性质和单质的主要性质	(304)
10.3.2 主族金属元素的氧化物和氢氧化物的酸碱性	(310)
10.3.3 主族金属元素主要化合物的氧化还原性	(311)
10.3.4 主族金属元素的重要盐类	(312)
习 题	(316)
第十一章 过渡元素	(319)
11.1 过渡元素的通性	(319)
11.1.1 原子的电子层结构	(319)

11.1.2	原子半径和离子半径	(320)
11.1.3	氧化值	(321)
11.1.4	过渡元素单质的金属活泼性变迁	(322)
11.1.5	配位性质	(322)
11.1.6	过渡元素配合物的颜色	(322)
11.1.7	其他物理化学性质	(323)
11.2	钛、钒	(323)
11.2.1	钛	(323)
11.2.2	钒	(326)
11.3	铬、锰	(328)
11.3.1	铬	(328)
11.3.2	锰	(333)
11.4	铁、钴、镍	(337)
11.4.1	铁、钴、镍单质	(337)
11.4.2	铁、钴、镍的主要化合物	(338)
11.5	铜族元素	(344)
11.5.1	铜、银、金单质	(344)
11.5.2	铜族元素的主要化合物	(345)
11.6	锌族元素	(350)
11.6.1	锌、镉、汞单质	(350)
11.6.2	锌族元素的主要化合物	(351)
11.7	镧系元素和锕系元素	(355)
11.7.1	镧系元素的通性	(356)
11.7.2	镧系收缩	(356)
11.7.3	镧系元素的重要化合物	(357)
11.7.4	锕系元素的通性	(358)
11.7.5	镧系和锕系元素的用途	(359)
	习 题	(359)
第十二章	常见混合离子的定性分析	(364)
12.1	概 述	(364)
12.1.1	鉴定反应进行的条件	(364)
12.1.2	鉴定反应的灵敏度	(365)
12.1.3	鉴定反应的选择性	(366)
12.1.4	系统分析和分别分析	(367)
12.1.5	空白试验和对照试验	(367)
12.2	常见阳离子的系统分析	(368)
12.2.1	常见阳离子与常用试剂的反应	(368)
12.2.2	常用的系统分析法	(368)

12.2.3	硫化氢系统分析法的详细讨论	(371)
12.2.4	硫化氢气体的代用品——硫代乙酰胺简介	(374)
12.2.5	常见阳离子的鉴定反应	(375)
12.3	常见阴离子的分别分析	(380)
12.3.1	阴离子分析试液的制备	(381)
12.3.2	阴离子的初步分析	(381)
12.3.3	常见阴离子的鉴定	(382)
习 题		(385)
第十三章	无机及分析化学中常用的分离方法	(386)
13.1	沉淀分离法	(386)
13.1.1	无机沉淀剂沉淀分离法	(386)
13.1.2	有机沉淀剂沉淀分离法	(388)
13.1.3	共沉淀分离法	(389)
13.2	层析分离法	(390)
13.2.1	柱层析法	(390)
13.2.2	纸层析法	(391)
13.2.3	薄层层析法	(392)
13.3	离子交换分离法	(393)
13.3.1	离子交换剂的种类和性质	(393)
13.3.2	离子交换的亲和力	(394)
13.3.3	离子交换法的操作	(395)
13.3.4	离子交换法在无机分析化学中的应用	(396)
13.3.5	离子交换层析法	(396)
13.4	萃取分离法	(397)
13.4.1	分配系数和分配比	(397)
13.4.2	萃取效率和分离因素	(398)
13.4.3	重要的萃取体系	(399)
13.4.4	萃取条件的选择	(400)
13.4.5	萃取分离法在无机分析化学中的应用	(401)
13.5	挥发和蒸馏分离法	(402)
习 题		(403)
第十四章	吸光光度法	(404)
14.1	吸光光度法的基本原理	(404)
14.1.1	光的基本性质	(404)
14.1.2	物质对光的选择性吸收	(405)
14.1.3	光的吸收基本定律——朗伯—比耳定律	(406)
14.1.4	偏离朗伯—比耳定律的因素	(409)
14.2	光度分析方法及仪器构造	(410)

14.2.1	光度分析方法	(410)
14.2.2	分光光度计的基本构造	(411)
14.3	显色反应及分析条件的选择	(412)
14.3.1	显色剂和显色反应	(412)
14.3.2	显色条件的选择	(414)
14.3.3	光度测量条件的选择	(416)
14.4	分光光度法的应用	(418)
14.4.1	多组分的同时测定	(419)
14.4.2	示差分光光度法	(419)
14.4.3	配合物组成的测定	(420)
14.4.4	酸碱解离常数的测定	(420)
习 题		(422)
附 录		(425)
主要参考文献		(449)

第一章 绪 论

1.1 无机及分析化学课程的地位和作用

无机化学是化学最早发展起来的一门分支学科。其研究对象是元素及其化合物(碳氢化合物及其衍生物除外)。19世纪60年代元素周期律的发现,奠定了现代无机化学的基础。20世纪以来,随着原子能工业、半导体材料工业的崛起,宇航、能源、生化等领域的出现和发展,无机化学不论在理论还是实践方面都有了新的突破。无机化学在继续发展本身学科的同时,也同其他学科进行交叉渗透,形成了诸如生物无机化学、无机材料化学、无机高分子化学、有机金属化学等学科,这些学科为无机化学的发展开辟了新的途径,也给无机化学带来了无限潜力。

分析化学是人们获得物质化学组成和结构信息的科学,是研究物质及其变化规律的重要方法之一,是化学学科的一个重要分支。分析化学包括成分分析和结构分析两个方面。成分分析主要可以分为定性分析和定量分析两部分。定性分析的目的在于确定物质的组成;定量分析的目的是确定物质各组成部分的含量。在实际工作中,首先须了解物质的定性组成,然后根据测定要求选择适当的定量分析方法。分析方法分为化学分析法和仪器分析法。化学分析法是以物质的化学反应为基础的分析方法;仪器分析法则利用特定仪器,以物质的物理和物理化学性质为基础的分析方法。在化学学科的发展及与化学有关的各科学领域中,分析化学都有着举足轻重的地位。几乎任何科学研究,只要涉及化学现象,分析化学就要作为一种手段被运用其中。

无机及分析化学课程是立足于新的一门课程体系基础之上,对原来无机和分析化学课程的基本理论、基本知识进行优化组合、有机结合而成的一门课程。无机及分析化学课程是高等工科院校化工、轻工、应用化学、生物工程、食品等类中有关专业及农林医院校相近专业必修的第一门化学基础课。它是培养上述几类专业工程技术人才整体知识结构及能力结构的重要组成部分,同时也是后续化学课程的基础。

学习无机及分析化学课程的目的是理解并掌握物质结构的基础理论、化学反应的基本原理及其具体应用、元素化学的基本知识等,培养运用无机及分析化学的理论去解决一般无机及分析化学问题的能力。