



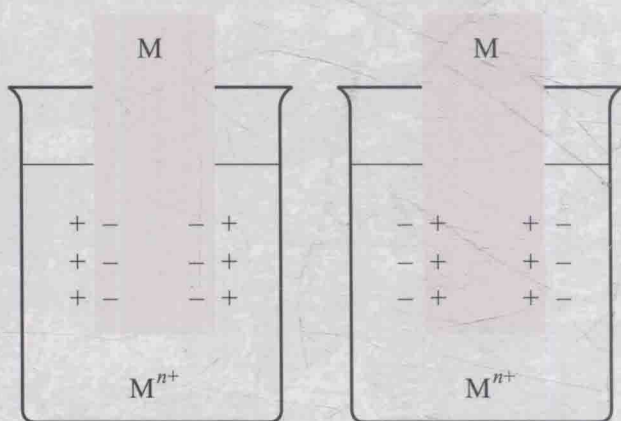
普通高等教育

制药类“十三五”规划教材

无机化学及实验

供中药制药、制药工程、生物制药及相关专业使用

铁步荣 主编



WUJI HUAXUE
JI SHIYAN



化学工业出版社



普通高等教育

制药类“十三五”规划教材

无机化学及实验

供中药制药、制药工程、生物制药及相关专业使用

铁步荣 主编

WUJI HUAXUE
JI SHIYAN



化学工业出版社

· 北京 ·

《无机化学及实验》基于中药制药、制药工程和生物制药等专业的人才培养需求，由全国 21 所高等医药院校、药科大学长期从事教学工作具有丰富教学经验的一线教师编写而成。

《无机化学及实验》分为三篇。理论篇重点阐述无机化学酸碱平衡、沉淀平衡、氧化还原反应平衡、配合平衡原理和原子结构、分子结构、配合物结构，各族元素的通性，重要化合物的结构、性质以及重要化学反应。实验篇包括化学实验基础和具体实验：介绍无机化学实验守则、常用仪器、实验技能及操作规范等，收入 16 个实验，涉及综合性实验、验证性实验、设计实验和虚拟仿真实验。拓展篇，计 2 章，包括中药矿物药和纳米技术与中医药，以二维码形式呈现。附录部分收入了无机化学学科常用的计量数据和参考标准。

《无机化学及实验》可供全国高等中医药、药科、医科院校中药制药、制药工程和生物制药等专业本科生使用，也可供成人教育相关专业以及相关教师参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学及实验/铁步荣主编. —北京：化学工业出版社，2018.2

ISBN 978-7-122-31237-2

I. ①无… II. ①铁… III. ①无机化学-化学实验
IV. ①O61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 315689 号

责任编辑：傅四周

文字编辑：向 东

责任校对：王素芹

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：三河市延风印装有限公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 24 字数 605 千字 2018 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：59.80 元

版权所有 违者必究

系列教材编委会

主 任 罗国安

编委 (按汉语拼音排序):

冯卫生 河南中医药大学

韩 静 沈阳药科大学

柯 学 中国药科大学

陆兔林 南京中医药大学

罗国安 清华大学

孟宪生 辽宁中医药大学

齐鸣斋 华东理工大学

申东升 广东药科大学

铁步荣 北京中医药大学

万海同 浙江中医药大学

王淑美 广东药科大学

王 岩 广东药科大学

杨 明 江西中医药大学

张 丽 南京中医药大学

张师愚 天津中医药大学

《无机化学及实验》编委会

主 编 铁步荣

副主编 张师愚 黄 莺 吴培云 关 君 袁友泉

黎勇坤 姚华刚 王绍宁

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

曹秀莲 河北中医学院

陈 菲 广东药科大学

陈 龙 新疆石河子大学

戴红霞 甘肃中医药大学

方德宇 辽宁中医药大学

关 君 北京中医药大学

郭爱玲 山西中医学院

黄 莺 湖南中医药大学

黎勇坤 云南中医学院

李 伟 山东中医药大学

李亚楠 贵阳中医学院

林清强 福建师范大学

卢文彪 广州中医药大学

吕惠卿 浙江中医药大学

马鸿雁 成都中医药大学

铁步荣 北京中医药大学

王绍宁 沈阳药科大学

吴培云 安徽中医药大学

徐 飞 南京中医药大学

杨爱红 天津中医药大学

杨怀霞 河南中医药大学

姚华刚 广东药科大学

于智莘 长春中医药大学

张 璐 北京中医药大学

张 拴 陕西中医药大学

张师愚 天津中医药大学

张晓丽 辽宁中医药大学

袁友泉 江西中医药大学

朱芝兰 湖北中医药大学

普通高等教育制药类“十三五”规划教材是为贯彻落实教育部有关普通高等教育教材建设与改革的文件精神，依据中药制药、制药工程和生物制药等制药类专业人才培养目标和需求，在化学工业出版社精心组织下，由全国 11 所高等院校 14 位著名教授主编，集合 20 余所高等院校百余位老师编写而成。

本套教材适应中药制药、制药工程和生物制药等制药类业需求，坚持育人为本，突出教材在人才培养中的基础和引导作用，充分展现制药行业的创新成果，力争体现科学性、先进性和适用性的特点，全面推进素质教育，可供全国高等中医药院校、药科大学及综合院校、西医院校医药学院的相关专业使用，也可供其他从事制药相关教学、科研、医疗、生产、经营及管理工作者参考和使用。

本套教材由下列分册组成，包括：北京中医药大学铁步荣教授主编的《无机化学及实验》、广东药科大学申东升教授主编的《有机化学及实验》、广东药科大学王淑美教授主编的《分析化学及实验》、天津中医药大学张师愚教授主编的《物理化学及实验》、华东理工大学齐鸣斋教授主编的《化工原理》、沈阳药科大学韩静教授主编的《制药设备设计基础》、辽宁中医药大学孟宪生教授主编的《中药材概论》、河南中医药大学冯卫生教授主编的《中药化学》、广东药科大学王岩教授主编的《中药药剂学》、南京中医药大学张丽教授主编的《中药制剂分析》、南京中医药大学陆兔林教授主编的《中药炮制工程学》、中国药科大学柯学教授主编的《中药制药设备与车间工艺设计》、浙江中医药大学万海同教授主编的《中药制药工程学》和江西中医药大学杨明教授主编的《中药制剂工程学》。

本套教材在编写过程中，得到了各参编院校和化学工业出版社的大力支持，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，本书不妥之处在所难免，敬请各教学单位、教学人员及广大学生在使用过程中，发现问题并提出宝贵意见，以便在重印或再版时予以修正，不断提升教材质量。

清华大学

罗国安

2018 年元月

《无机化学及实验》系由清华大学罗国安教授组织编写的一套面向中药制药和制药工程等专业的系列教材之一。

无机化学是中药制药专业一年级学生入门必修的重要化学基础课。

为提高教材的质量,力求精品教材,由全国 21 所高等中医药院校、药科大学的副教授以上具有长期从事教学、教学经验丰富、曾参加过编写“十五”“十一五”“十二五”“十三五”《无机化学》规划教材的教师参编,根据中药制药和制药工程专业教学计划,审议通过了全国高等医药院校针对这两个专业的《无机化学及实验》教学大纲。

根据中药制药和制药工程专业培养目标对本门学科的要求,按照教学大纲,在总结 20 多年来教学经验的基础上,经反复讨论修改制定了编写大纲。

本教材按 90 (理论 54/实验 36) 学时编写。全书共 14 章,在内容编排上分为三篇。1~10 章为理论篇,重点阐述无机化学四大平衡(酸碱平衡、沉淀平衡、氧化还原反应平衡、配合平衡)原理和原子结构、分子结构、配合物结构的基本理论;各族元素的通性;重要化合物的结构、性质和重要化学反应。11~12 章为实验篇,包括化学实验基础和实验内容,化学实验基础主要讲述无机化学实验守则、常用仪器介绍、实验技能及操作规范等;实验内容共 16 个实验,其中,综合性实验 6 个,验证性实验 6 个,设计实验 2 个,虚拟仿真实验 2 个;综合、设计实验内容新颖,具有综合性、实用性和难度较大的特点,可以用作综合训练;虚拟仿真实验反映了当前新技术、实验方法的多样化。13~14 章为拓展篇,为本教材的一大特点,内容包括中药矿物药和纳米技术与中医药,这些都是目前中药制药研究的热门领域,重点介绍中药制药专业与生命科学密切相关的无机化学新内容、新成果,拓宽学生的知识面。

本教材突出中药制药和制药工程专业的特色,取材新颖,体现了各参编院校 20 多年来的教学改革实践和教学经验。以近代结构理论和四大平衡贯穿全书,叙述力求深入浅出、突出重点、讲清难点、文字简练,既保证教材内容的科学性、系统性和完整性,又贯彻“少而精”和理论联系实际的原则。

理论部分重视联系中医药生产和科研,元素部分按族论述,加强与基础理论的内在联系并侧重讲述基本性质、反应规律及在医药中的应用,以达到学生既能掌握基本概念和基础理论,又能通过整个课程的学习提高发现问题、分析问题和解决问题的能力,并为后续课程打好基础。无机化学实验是无机化学学科的重要组成部分,其目的是培养基本操作技能,为后续实验课打下基础。

本教材中的所用名词和术语主要依据科学出版社出版的《英汉化学化工词汇》再版本。计量单位全部采用以国际单位制(SI)为基础的中华人民共和国法定计量单位。

本教材经全体编委认真修改、反复审阅,于 2017 年 8 月完成。于 2017 年 9 月 14~16 日在天津中医药大学召开了定稿会,受到天津中医药大学及药学院领导的热情支持。本教材在编写和出版过程中,参与编写的各院校的领导和、专家和教授给予了大力支持和帮助,提出了许多建设性意见,化学工业出版社相关编辑自始至终对本教材的编写给予了热情指导和帮

助，在此一并表示感谢。

各院校可根据各专业教学计划的要求和实际情况自行分配学时，选择教学内容。

本教材可供全国高等中医药、药科、医科院校中药制药和制药工程及相关专业或方向的本科、专科和七年制学生使用，也可作为成人教育中药制药及相关专业的学生使用，还可供自学考试应试人员与从事无机化学、基础化学教学的教师参考。

这是高等中医药院校、药科大学首次为中药制药和制药工程专业编写的《无机化学及实验》教材，鉴于编者学识有限，谬误和处理不当之处敬请兄弟院校教师和学生及读者批评指正，提出宝贵意见和建议，以便在修订重印时加以改正。

《无机化学及实验》教材编委会

2018年3月

理论篇

第 1 章 绪论 / 002

1.1 化学发展简史 / 002

1.1.1 古代化学时期 (远古至 17 世纪) / 002

1.1.2 近代化学时期 (17 世纪后半叶至 19 世纪末) / 003

1.1.3 现代化学时期 (20 世纪初至今) / 004

1.2 无机化学简介与学习方法 / 005

1.2.1 无机化学的研究内容与发展前景 / 005

1.2.2 无机化学与制药 / 006

1.2.3 无机化学课程学习方法 / 007

小结 / 008

思考题 / 008

第 2 章 溶液 / 009

学习要求 / 009

2.1 水的电离与溶液的 pH 值 / 010

2.1.1 水的离子积常数 / 010

2.1.2 溶液的 pH 值 / 010

2.2 溶液的浓度 / 011

2.2.1 常用溶液浓度的表示方法 / 011

2.2.2 浓度的换算 / 013

2.3 稀溶液的依数性 / 014

2.3.1 溶液的蒸气压下降 / 014

2.3.2 溶液的沸点升高 / 015

2.3.3 溶液的凝固点降低 / 016

2.3.4 溶液的渗透压 / 017

2.3.5 依数性的应用 / 018

2.4 强电解质溶液理论 / 020

2.4.1 电解质溶液的依数性 / 020

2.4.2 离子氛与离子强度 / 021

2.4.3 活度与活度系数 / 022

小结 / 023

思考题 / 023

习题 / 024

第 3 章 化学平衡 / 026

学习要求 / 026

3.1 化学反应的可逆性和化学平衡 / 027

3.1.1 化学反应的可逆性 / 027

3.1.2 化学平衡 / 027

3.2 标准平衡常数及其计算 / 028

3.2.1 标准平衡常数 / 028

3.2.2 有关化学平衡的计算 / 030

3.3 化学平衡的移动 / 031

3.3.1 浓度对化学平衡的影响 / 032

3.3.2 压力对化学平衡的影响 / 033

3.3.3 温度对化学平衡的影响 / 035

3.3.4 催化剂和化学平衡 / 036

小结 / 037

思考题 / 038

习题 / 038

第 4 章 酸碱平衡 / 040

学习要求 / 040

4.1 酸碱理论 / 040

4.1.1 酸碱的质子理论 / 040

4.1.2 酸碱的电子理论简介 / 042

4.2 酸碱解离平衡 / 042

4.2.1 一元弱酸、弱碱的解离平衡 / 042

4.2.2 多元弱酸、弱碱的解离平衡 / 047

4.2.3 两性物质的浓度计算 / 049

4.3 酸碱缓冲溶液 / 050

4.3.1 酸碱缓冲溶液的缓冲作用原理 / 051

4.3.2 酸碱缓冲溶液的 pH 值近似计算 / 051

4.3.3 缓冲容量与缓冲范围 / 053

4.3.4 缓冲溶液的选择和配制 / 053

4.3.5 缓冲溶液在药物生产中的应用 / 054

小结 / 055

思考题 / 055

习题 / 056

第 5 章 难溶强电解质的沉淀-溶解平衡 / 058

学习要求 / 058

5.1 沉淀-溶解平衡原理 / 058

5.1.1 溶度积常数 / 058

5.1.2 溶度积和溶解度 (课堂讨论) / 059

5.1.3 溶度积规则 / 061

5.2 沉淀-溶解平衡的移动 / 061

5.2.1 沉淀的生成 / 062

5.2.2 分步沉淀 / 062

5.2.3 沉淀的溶解 / 063

5.2.4 沉淀的转化 / 065

5.2.5 同离子效应和盐效应 / 066

5.3 沉淀-溶解平衡的应用 (阅读) / 067

5.3.1 在药物生产上的应用 / 067

5.3.2 在药物质量控制上的应用 / 067

5.3.3 沉淀的分离 / 068

小结 / 068

思考题 / 069

习题 / 069

第 6 章 氧化还原反应 / 071

学习要求 / 071

6.1 基本概念 (课堂讨论) / 071

6.1.1 氧化还原反应的实质 / 071

6.1.2 氧化值 / 072

6.2 氧化还原反应方程式的配平 / 073

6.2.1 离子-电子法 (课堂讨论) / 073

6.2.2 氧化值法 (阅读) / 074

6.3 电极电势 / 075

6.3.1 原电池和电极电势 / 075

6.3.2 影响电极电势的因素——能斯特方程式 / 079

6.3.3 电极电势的应用 / 081

6.3.4 氧化还原反应平衡及其应用 / 082

6.3.5 元素电势图及其应用 (课堂讨论) / 084

小结 / 085

思考题 / 086

习题 / 086

第 7 章 原子结构 / 090

学习要求 / 090

7.1 核外电子运动的特征 / 090

7.1.1 量子化特性 / 091

7.1.2 电子的波粒二象性 / 093

7.2 核外电子运动状态的描述——量子力学原子模型 / 094

7.2.1 薛定谔方程 / 094

7.2.2 波函数和原子轨道 / 095

7.2.3 四个量子数 / 095

7.2.4 概率密度和电子云 / 097

7.2.5 波函数和电子云的空间形状 / 098

7.3 多电子原子结构和元素周期系 / 104

7.3.1 多电子原子的原子轨道能级 / 105

7.3.2 基态原子的电子层结构 / 108

7.3.3 原子的电子层结构和元素周期系 / 109

7.4 元素某些性质的周期性（自学） / 112

7.4.1 原子半径 / 112

7.4.2 电离势 / 113

7.4.3 电子亲和势 / 115

7.4.4 元素的电负性 / 116

小结 / 117

思考题 / 120

习题 / 120

第 8 章 分子结构 / 125

学习要求 / 125

8.1 离子键 / 125

8.1.1 离子键的形成 / 125

8.1.2 离子键的特征 / 127

8.1.3 离子的特征 / 127

8.2 共价键理论 / 129

8.2.1 价键理论 / 129

8.2.2 杂化轨道理论 / 132

8.2.3 价层电子对互斥理论（阅读） / 136

8.2.4 分子轨道理论（阅读） / 138

8.3 键参数（自学） / 144

8.3.1 键级 / 144

8.3.2 键能 / 144

8.3.3 键长 / 145

- 8.3.4 键角 / 145
- 8.4 键的极性与分子的极性 (阅读) / 146
 - 8.4.1 键的极性 / 146
 - 8.4.2 分子的极性和偶极矩 / 146
- 8.5 分子间的作用力与氢键 (课堂讨论) / 147
 - 8.5.1 分子间的作用力 / 147
 - 8.5.2 氢键 / 149
- 8.6 离子的极化 (阅读) / 150
 - 8.6.1 离子极化的产生 / 150
 - 8.6.2 离子的极化作用、变形性 / 151
 - 8.6.3 离子的附加极化作用 / 151
 - 8.6.4 离子极化对物质性质的影响 / 152
- 小结 / 153
- 思考题 / 154
- 习题 / 154

第 9 章 配位化合物 / 157

学习要求 / 157

- 9.1 配位化合物的基本概念 / 157
 - 9.1.1 配位化合物的定义 / 157
 - 9.1.2 配位化合物的组成 / 158
 - 9.1.3 配位化合物的命名 / 160
 - 9.1.4 配位化合物的类型 / 162
- 9.2 配位化合物的化学键理论 / 163
 - 9.2.1 价键理论 / 163
 - 9.2.2 晶体场理论 (阅读) / 169
- 9.3 配位化合物的稳定性 / 175
 - 9.3.1 配位化合物的稳定常数 / 175
 - 9.3.2 影响配位化合物稳定性的因素 (课堂讨论) / 178
 - 9.3.3 软硬酸碱规则与配离子稳定性 (阅读) / 181
- 9.4 配位平衡的移动 / 182
 - 9.4.1 配位平衡与酸碱平衡 / 182
 - 9.4.2 配位平衡与沉淀-溶解平衡 / 183
 - 9.4.3 配位平衡与氧化还原平衡 / 185
 - 9.4.4 配合物的取代反应与配合物的活动性 (课堂讨论) / 187
- 9.5 配位化合物的性质解读 (阅读) / 189
 - 9.5.1 溶解度 / 189
 - 9.5.2 氧化还原性 / 189
 - 9.5.3 酸碱性 / 190
 - 9.5.4 颜色的改变 / 190

9.6 配位化合物的应用 (阅读) / 190

9.6.1 检验离子的特效试剂 / 190

9.6.2 作掩蔽剂、沉淀剂 / 191

9.6.3 在医药方面的应用 / 191

小结 / 192

思考题 / 193

习题 / 194

第 10 章 元素分区各论 / 198

学习要求 / 198

10.1 s 区元素 (课堂讨论) / 198

10.1.1 s 区元素的通性 / 198

10.1.2 s 区元素的重要化合物 / 200

10.1.3 s 区元素在医药中的应用 / 203

10.1.4 对角线规则 / 203

10.2 p 区元素 / 204

10.2.1 卤族元素 / 204

10.2.2 氧族元素 / 207

10.2.3 氮族元素 / 211

10.2.4 碳族元素 / 215

10.2.5 硼族元素 / 217

10.2.6 p 区元素在医药中的应用 (课堂讨论) / 218

10.3 d 区元素 / 219

10.3.1 d 区元素的通性 / 219

10.3.2 d 区元素的重要化合物 / 220

10.3.3 d 区元素在医药中的应用 (课堂讨论) / 224

10.4 ds 区元素 / 225

10.4.1 ds 区元素的通性 / 225

10.4.2 ds 区元素的重要化合物 / 226

10.4.3 ds 区元素在医药中的应用 (课堂讨论) / 229

小结 / 230

思考题 / 230

习题 / 230

实验篇

第 11 章 化学实验基础 / 235

学习要求 / 235

11.1 无机化学实验守则 / 235

11.1.1 实验教学目的和要求 / 235

- 11.1.2 学生守则 / 236
- 11.1.3 实验室工作规则 / 237
- 11.1.4 实验室安全守则 / 237
- 11.1.5 实验室意外事故的处理 / 238
- 11.1.6 学生损坏实验仪器的赔偿制度 / 239
- 11.2 无机化学实验常用仪器介绍 / 239
- 11.3 无机化学实验基本操作 / 244
 - 11.3.1 常用仪器的洗涤与干燥 / 244
 - 11.3.2 酒精灯和煤气灯的使用 / 248
 - 11.3.3 电子天平的使用 / 250
 - 11.3.4 固体、液体试剂的取用和估量 / 252
 - 11.3.5 试管实验操作 / 255
 - 11.3.6 温度计和试纸的使用 / 256
 - 11.3.7 固体的溶解和沉淀的分离与洗涤 / 259
 - 11.3.8 蒸发、结晶和过滤 / 261
 - 11.3.9 玻璃量器的使用 / 265
 - 11.3.10 pH 计的使用 / 270
- 11.4 误差及有效数字的概念 / 272
 - 11.4.1 测量中的误差 / 272
 - 11.4.2 有效数字及其有关规则 / 274
- 11.5 实验报告的书写方法 / 275
 - 11.5.1 实验结果的表达 / 275
 - 11.5.2 实验报告的书写及格式 / 276

第 12 章 化学实验内容 / 280

- 12.1 综合性实验 / 280
 - 实验 1 仪器的认领和基本操作训练 / 280
 - 实验 2 硫酸亚铁铵的制备 / 282
 - 实验 3 乙酸电离度和电离平衡常数的测定 / 284
 - 实验 4 氯化铅溶度积常数的测定 / 286
 - 实验 5 药用氯化钠的制备 / 288
 - 实验 6 药用氯化钠的性质及杂质限量的检查 / 290
- 12.2 验证性实验 / 293
 - 实验 7 电解质溶液 / 293
 - 实验 8 缓冲溶液的配制与性质 / 297
 - 实验 9 氧化还原反应与电极电势 / 300
 - 实验 10 配位化合物的生成、性质和应用 / 303
 - 实验 11 铬、锰、铁 / 306
 - 实验 12 铜、银、汞 / 309
- 12.3 设计实验 / 314

实验 13 从废定影液中回收金属银 / 314

实验 14 矿物药的鉴别 / 316

12.4 虚拟仿真实验 / 318

实验 15 无机化学实验基本操作训练 / 318

实验 16 元素及其化合物的性质 / 329

拓展篇

第 13 章 中药矿物药 / 345

第 14 章 纳米技术与中医药 / 345

附录 / 346

附录 1 中华人民共和国法定计量单位 / 346

附录 2 常用的物理常数和单位换算 / 348

附录 3 我国化学试剂的规格和等级 / 348

附录 4 常用酸碱指示剂 / 348

附录 5 常用酸、碱溶液的密度和浓度 / 349

附录 6 一些无机化合物在水中的溶解度 / 350

附录 7 常见离子和化合物的颜色 / 354

附录 8 常见阴、阳离子鉴定一览表 / 356

附录 9 常见无机酸、碱在水中的解离常数 (298K) / 357

附录 10 难溶化合物的溶度积常数 (291~298K) / 358

附录 11 标准电极电势表 (298K) / 359

附录 12 配离子的稳定常数 (293~298K) / 365

附录 13 常用希腊字母的符号、汉语译音及字形变换 / 368

附录 14 常用学生实验仪器清单 / 369

理论篇

第1章 绪论

Chapter 1

从原始社会到现代社会,从开始用火到使用各种人造物质,人类的生活能够不断提高和改善,化学在其中起着重要的作用。化学是一门在原子、分子的层次上研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的科学,在自然科学中占有重要地位。

1.1 化学发展简史

我国著名的物理化学家、化学教育家傅鹰说:“一种科学的历史是那门科学最宝贵的一部分。科学只给我们知识,而历史却给我们智慧。……作为科学的继承者,我们应当知道前辈的成就。前辈的成就不但是后辈的榜样,而且也是路标。明白了发展的途径常常可以使避免许多弯路。”从上古社会至今,化学的发展伴随着生活和生产发展的需要,主要经历三个时期。

1.1.1 古代化学时期(远古至17世纪)

人类利用化学手段来提高劳动技能、改善生活条件从远古时代就开始了,即开始使用火。燃烧是一种化学现象,从获得熟食开始,人类逐步学会了制陶、冶炼、酿造和染色等。此阶段主要是实践经验的总结与发展,化学知识还没有系统形成,属于化学的萌芽时期。

公元前4世纪左右,古希腊的哲学家们开始专心研究物质的本性。亚里士多德(Aristotle)提出“四元素说”:物质的基本属性是冷、热、干、湿,相邻属性可以两两组合,对立面无法成对共存。把元素成对组合,可得出自然界是由四种元素——火、土、水、空气组成。每一种元素具有两个相关的属性。如果改变一种元素的属性,它就会转变为另一种元素。这种改变可以自然发生,也可以人为促进。这一概念及其推理一直到17世纪都被认为是正确的,为以后的炼金家们提供了理论基础。另一位哲学家德谟克利特(Democritus)提出,物质由极小的称为“原子”的微粒构成,物质只能分割到原子为止。但他的观点在当时并未被大范围认可。

从公元前1500年到公元1650年左右,炼丹术士和炼金术士们,为求仙丹以长生,求黄金以富贵,开始了最早的化学实验,期间代表人物有东汉魏伯阳(约公元100—170年)、晋代葛洪(约281—340年)等。术士们在实验过程中发明了火药,接触了几十种元素与化合物,制备了许多颇有价值的化学药剂和合金,积累了许多物质间的化学反应,掌握了一些粗浅的化学反应规律,如化合与分解、氧化与还原、酸与碱的中和等,还留给后人加热、溶