



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

无机及分析化学教程

魏 琴 主编



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

无机及分析化学教程

魏 琴 主 编

参 考 文 献

1. 无机化学

2. 分析化学

3. 物理化学

4. 有机化学

5. 生物化学

6. 环境化学

7. 材料化学

8. 食品化学

9. 药物化学

10. 其他

参 考 文 献

1. 无机化学

2. 分析化学

3. 物理化学

4. 有机化学

5. 生物化学

6. 环境化学

7. 材料化学

8. 食品化学

9. 药物化学

10. 其他

科学出版社

北京

www.sciencep.com

电话：010-64015000

010-64015001

010-64015002

010-64015003

010-64015004

010-64015005

010-64015006

010-64015007

010-64015008

010-64015009

010-64015010

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书以培养学生综合能力和思维方法为原则,通过优化整合无机及分析化学的内容,结合基础化学实验教学内容,使学生对物质结构、定量分析等一些化学基本原理有较完整的认识,并能够结合基本原理理解和掌握常见的重要元素及其化合物的性质变化规律,树立量的概念。本书共16章,内容主要包括:绪论、原子结构与元素周期律、化学键与分子结构、定量分析的过程、误差与数据处理、酸碱反应与酸碱滴定法、配位反应与配位滴定法、氧化还原反应与氧化还原滴定法、沉淀反应与沉淀滴定法和重量分析法、s区元素、p区元素、ds区元素、d区元素、f区元素、吸光光度法、定量分析中常用的分离方法。书后有化学窗口、参考文献和附录。

本书可作为高等院校化学、化学工程与工艺、制药工程、材料科学与工程、环境科学与工程、生物科学与工程等专业的本科生教材,也可供从事相关专业的教师及科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学教程/魏琴主编. —北京:科学出版社,2010

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-028752-6

I. ①无… II. ①魏… III. ①无机化学-高等学校-教材②分析化学-高等学校-教材 IV. ①O61②O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第164026号

责任编辑:丁里 王国华 / 责任校对:李影

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2010年9月第一次印刷 印张:28 1/4 插页:1

印数:1—4 500 字数:664 000

定价:49.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《无机及分析化学教程》编委会

主 编 魏 琴

副主编 张振伟 吴 丹 李月云 李艳辉
王冬梅 罗川南

编 委 (按姓氏拼音排序)

李 燕 李艳辉 李月云 罗川南 王冬梅 魏 琴
吴 丹 颜 梅 于海琴 张振伟 朱沛华

前 言

无机及分析化学是化学、化学工程与工艺、制药工程、材料科学与工程、环境科学与工程、生物科学与工程等专业必不可少的一门化学基础课程。该课程的开设可为后续的有机化学、物理化学、高分子化学及其他专业课程的学习奠定基础,同时也可为解决科研中与化学有关的科学与测定技术等实际问题打好基础。

为深化高等教育改革,提高教学质量,培养适应 21 世纪社会发展需要的人才,编者结合多年的教学经验,编写了本书。本书配有《无机及分析化学学习指导》与《无机及分析化学实验》,可更好地满足相关专业的本科生和科研人员的需求。在编写过程中,本书着重体现如下几点:

(1) 力求做到知识结构布局合理,将无机化学部分和分析化学部分进行优化整合,在章节安排时,既保持了无机化学和分析化学课程的科学性与系统性,又注重了内容的相互衔接,避免了重复。

(2) 依照从易到难、循序渐进的原则安排教学内容,重点突出,注重理论联系实际,以提高学生分析问题和解决问题的能力。将四大反应平衡和相应的滴定方法编排在一起,使学生能定性、定量地掌握四类化学反应原理,体现了基础理论与应用的有机结合。

(3) 精简烦琐的数学推导,理论阐述简明扼要。各章后配有习题,使学生加深对基本概念和基本原理的进一步理解。在例题和习题的选择上,兼顾各专业的需要,内容尽量结合实际,增强学生的学习兴趣,难度适中,以适应不同层次的学生。另外,部分习题附有答案,供学生参考。

(4) “化学窗口”栏目开阔了学生学习化学的视野,增强了学生学习化学的兴趣。

本书由无机及分析化学课程组教师根据多年的教学实践经验,参考国内外相关的化学教材及论著编写而成。本书由魏琴担任主编,参加编写的有张振伟、吴丹、李月云、王冬梅、李艳辉、罗川南、李燕、朱沛华、于海琴、颜梅等,李加忠、冯季军、闫涛进行了认真校对,全书由魏琴统编定稿。

在本书的编写过程中,得到了各兄弟院校专家的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 化学的重要性、研究内容和发展简史.....	1
1.1.1 化学的重要性及其研究内容	1
1.1.2 化学发展简史	2
1.2 无机及分析化学课程的重要性的研究内容	3
第 2 章 原子结构与元素周期律	4
2.1 原子结构的经典模型	4
2.1.1 卢瑟福的原子模型.....	4
2.1.2 氢原子光谱与玻尔氢原子模型	4
2.2 微观粒子运动的特殊性	7
2.2.1 光电效应与光的波粒二象性	7
2.2.2 实物粒子的波粒二象性	8
2.2.3 海森堡测不准原理.....	8
2.3 核外电子运动状态的量子力学模型	9
2.3.1 薛定谔方程与波函数	9
2.3.2 四个量子数与核外电子层结构	11
2.3.3 波函数(原子轨道)及概率密度函数(电子云)图	13
2.4 基态多电子原子的电子层结构.....	16
2.4.1 多电子原子的波函数	16
2.4.2 多电子原子轨道的近似能级图	20
2.4.3 多电子原子核外电子排布规则	20
2.5 元素周期律与元素周期表.....	21
2.5.1 原子电子层结构与元素周期表的关系	21
2.5.2 元素基本性质的周期性变化规律	23
习题	27
第 3 章 化学键与分子结构	30
3.1 离子键理论.....	30
3.1.1 离子键	30
3.1.2 晶格能	32
3.1.3 离子的特征	33
3.2 共价键理论.....	35
3.2.1 价键理论.....	35
3.2.2 杂化轨道理论	38

3.2.3 价层电子对互斥理论	41
3.2.4 分子轨道理论简介	43
3.3 金属键	47
3.3.1 金属键的改性共价键理论	47
3.3.2 金属键的能带理论	48
3.4 分子间作用力和氢键	49
3.4.1 分子的偶极矩与极化率	49
3.4.2 分子间作用力	51
3.4.3 氢键	52
3.5 晶体结构	54
3.5.1 晶体与非晶体	54
3.5.2 晶体的基本外形	54
3.5.3 离子晶体	55
3.5.4 离子极化现象	58
3.5.5 原子晶体	60
3.5.6 金属晶体	60
3.5.7 分子晶体	61
习题	61
第4章 定量分析的过程	64
4.1 分析方法的分类与选择	64
4.1.1 分析方法的分类	64
4.1.2 分析方法的选择	65
4.2 分析试样的采集、制备与分解	66
4.2.1 分析试样的采集	66
4.2.2 分析试样的制备	68
4.2.3 分析试样的分解	69
4.3 定量分析结果的表示	71
4.3.1 待测组分的化学表示形式	71
4.3.2 待测组分含量的表示方法	72
4.4 滴定分析法概述	72
4.4.1 概述	72
4.4.2 滴定方式	73
4.4.3 基准物质和标准溶液	74
4.4.4 滴定分析法的计算	75
习题	78
第5章 误差与数据处理	80
5.1 定量分析误差	80
5.1.1 误差的分类	80
5.1.2 准确度与误差	81

5.1.3	精密度与偏差	82
5.1.4	准确度和精密度	83
5.1.5	提高分析结果准确度的方法	83
5.2	分析数据的统计处理	85
5.2.1	随机误差的正态分布	85
5.2.2	有限数据的统计处理	86
5.2.3	显著性检验	88
5.2.4	可疑值的取舍	91
5.3	有效数字及其运算	93
5.3.1	有效数字	93
5.3.2	有效数字的修约规则	94
5.3.3	运算规则	94
	习题	95
第6章	酸碱反应与酸碱滴定法	97
6.1	酸碱理论概述	97
6.1.1	酸碱电离理论	97
6.1.2	酸碱溶剂理论	98
6.1.3	酸碱质子理论	98
6.1.4	酸碱电子理论	101
6.1.5	软硬酸碱理论	102
6.2	强电解质溶液	102
6.2.1	离子氛和离子强度	102
6.2.2	活度和活度系数	102
6.3	酸碱平衡	103
6.3.1	水的解离与溶液的 pH	103
6.3.2	弱酸弱碱的解离平衡	104
6.3.3	影响酸碱平衡的因素	105
6.3.4	分布分数与分布曲线	108
6.3.5	物料平衡、电荷平衡和质子平衡	111
6.3.6	酸碱溶液 pH 的计算	114
6.4	缓冲溶液	121
6.4.1	缓冲溶液的定义、缓冲原理与 pH 的计算	121
6.4.2	缓冲容量和缓冲范围	123
6.4.3	缓冲溶液的选择和配制	125
6.5	酸碱滴定法基本原理	127
6.5.1	酸碱指示剂	127
6.5.2	酸碱滴定曲线和指示剂的选择	129
6.5.3	多元酸、多元碱的滴定	134
6.5.4	滴定误差	136

6.5.5 酸碱滴定法的应用	138
习题	140
第7章 配位反应与配位滴定法	143
7.1 配合物的基本概念	143
7.1.1 配合物的定义	143
7.1.2 配合物的组成	144
7.1.3 配合物的命名	145
7.1.4 配合物的类型	146
7.2 配合物的价键理论	151
7.2.1 配合物价键理论的基本要点	151
7.2.2 外轨型配合物和内轨型配合物	151
7.2.3 配合物的磁性	152
7.3 配合物的晶体场理论	153
7.3.1 配合物晶体场理论的基本要点	153
7.3.2 晶体场理论的应用	156
7.4 配合物的配位解离平衡	157
7.4.1 配合物的平衡常数	157
7.4.2 配位反应的副反应系数	159
7.4.3 条件稳定常数	162
7.5 配合物的应用	164
7.5.1 在化学领域中的应用	164
7.5.2 在工农业领域中的应用	164
7.5.3 在生命科学和医学领域中的应用	164
7.6 配位滴定法	165
7.6.1 EDTA 滴定法基本原理	165
7.6.2 终点误差及准确滴定的条件	170
7.6.3 配位滴定中的酸度控制	173
7.6.4 提高配位滴定选择性的方法	175
7.6.5 配位滴定方式和应用	178
习题	179
第8章 氧化还原反应与氧化还原滴定法	182
8.1 氧化还原反应	182
8.1.1 氧化数	182
8.1.2 氧化还原反应的基本概念	183
8.1.3 氧化还原反应方程式的配平	184
8.2 原电池和电极电势	186
8.2.1 原电池	186
8.2.2 电极电势	188
8.2.3 能斯特方程	190

8.2.4	影响电极电势的因素	190
8.3	氧化还原反应的方向和程度	194
8.3.1	氧化还原反应的方向	194
8.3.2	氧化还原反应的程度	195
8.4	氧化还原反应的速率	197
8.4.1	有效碰撞与活化能	197
8.4.2	浓度对反应速率的影响	197
8.4.3	温度对反应速率的影响	197
8.4.4	催化剂对反应速率的影响	198
8.5	元素电势图及其应用	198
8.5.1	元素电势图	198
8.5.2	元素电势图的应用	199
8.6	氧化还原滴定法	200
8.6.1	氧化还原滴定法基本原理	200
8.6.2	氧化还原滴定前的预处理	204
8.6.3	常用的氧化还原滴定法	206
	习题	213
第9章	沉淀反应与沉淀滴定法和重量分析法	215
9.1	沉淀溶解平衡	215
9.1.1	固有溶解度和溶度积	215
9.1.2	溶度积与溶解度的相互换算	216
9.1.3	溶度积规则	217
9.1.4	影响沉淀溶解度的因素	217
9.2	溶度积规则的应用	220
9.2.1	沉淀的生成	220
9.2.2	沉淀的溶解	221
9.2.3	沉淀的转化	226
9.2.4	分步沉淀	226
9.3	沉淀滴定法	227
9.3.1	莫尔法	227
9.3.2	福尔哈德法	228
9.3.3	法扬斯法	229
9.3.4	银量法的应用	231
9.4	重量分析法	232
9.4.1	重量分析法的分类及特点	232
9.4.2	重量分析法对沉淀的要求	232
9.4.3	影响沉淀纯净的因素	233
9.4.4	沉淀的形成与沉淀条件的选择	236
9.4.5	沉淀称量前的处理	238

9.4.6	重量分析结果的计算	239
9.4.7	重量分析法的应用	241
	习题	242
第 10 章	s 区元素	244
10.1	s 区元素的通性	244
10.1.1	碱金属与碱土金属的价电子层结构特点	244
10.1.2	碱金属与碱土金属元素在自然界的主要存在形式	244
10.2	碱金属与碱土金属的单质	245
10.2.1	碱金属与碱土金属单质的物理性质	245
10.2.2	碱金属与碱土金属单质的化学性质	245
10.2.3	碱金属与碱土金属单质的制备	247
10.3	碱金属与碱土金属的重要化合物	248
10.3.1	氧化物	248
10.3.2	氢氧化物	249
10.3.3	碱金属与碱土金属的盐类	251
10.3.4	离子晶体溶解性的变化规律	254
	习题	254
第 11 章	p 区元素	256
11.1	硼族元素	256
11.1.1	硼族元素的通性	256
11.1.2	硼族元素的单质	256
11.1.3	硼族元素的重要化合物	259
11.2	碳族元素	265
11.2.1	碳族元素的通性	265
11.2.2	碳族元素在自然界的存在形式	265
11.2.3	碳族元素的单质	266
11.2.4	碳族元素的氧化物	270
11.2.5	Ge、Sn、Pb 的氢氧化物	274
11.2.6	碳族元素的含氧酸及其盐	274
11.2.7	碳族卤化物	278
11.2.8	碳族元素的硫化物	279
11.2.9	其他重要化合物	280
11.3	氮族元素	281
11.3.1	氮族元素的通性	281
11.3.2	氮族元素在自然界的分布	281
11.3.3	氮及其化合物	282
11.3.4	磷及其化合物	288
11.3.5	As、Sb、Bi 的化合物	291
11.4	氧族元素	293

11.4.1	氧族元素的通性	293
11.4.2	氧族元素在自然界的分布	294
11.4.3	氧族元素的单质	294
11.4.4	氧族元素的氢化物	297
11.4.5	金属硫化物	298
11.4.6	硫的氧化物	300
11.4.7	硫的含氧酸及其盐	301
11.5	卤族元素	305
11.5.1	卤族元素的通性	305
11.5.2	卤素在自然界的分布	306
11.5.3	卤素的单质	306
11.5.4	卤化氢与氢卤酸	309
11.5.5	卤化物	310
11.5.6	卤素的含氧酸及其盐	311
11.5.7	拟卤素及其盐	313
	习题	313
第 12 章	ds 区元素	317
12.1	铜副族元素	317
12.1.1	铜副族元素的通性	317
12.1.2	铜副族元素在自然界的分布	317
12.1.3	铜副族元素单质的物理性质	318
12.1.4	铜副族元素单质的化学性质	318
12.1.5	铜副族元素的重要化合物	320
12.2	锌副族元素	324
12.2.1	锌副族元素的通性	324
12.2.2	锌副族元素在自然界的分布	325
12.2.3	锌副族元素单质的物理性质	325
12.2.4	锌副族元素单质的化学性质	326
12.2.5	锌副族元素的重要化合物	327
	习题	332
第 13 章	d 区元素	334
13.1	d 区元素概述	334
13.1.1	过渡金属半径变化规律	334
13.1.2	过渡金属性质变化规律	334
13.1.3	过渡金属氧化态变化规律	335
13.1.4	过渡金属离子的颜色	335
13.1.5	形成配合物的能力	335
13.2	钛副族	335
13.2.1	钛副族元素的通性	335

13.2.2	Ti的重要化合物	336
13.2.3	ZrO ₂	338
13.3	钒副族	339
13.3.1	钒副族元素的通性	339
13.3.2	V的重要化合物	340
13.4	铬副族	341
13.4.1	铬副族元素的通性	341
13.4.2	Cr的重要化合物	343
13.5	锰副族	345
13.5.1	锰副族元素的通性	345
13.5.2	Mn的重要化合物	347
13.6	铁系元素	349
13.6.1	铁系元素概述	349
13.6.2	Fe的重要化合物	351
13.6.3	Co的重要化合物	356
13.6.4	Ni的重要化合物	358
13.7	铂系元素	359
13.7.1	铂系元素概述	359
13.7.2	Pd与Pt的重要化合物	361
	习题	361
第14章	f区元素	364
14.1	镧系元素	364
14.1.1	镧系元素的通性	364
14.1.2	镧系元素的单质与化合物	367
14.1.3	镧系元素的分离与提取	370
14.1.4	镧系元素的应用	372
14.2	锕系元素	372
14.2.1	锕系元素的通性	372
14.2.2	Th、U及其化合物	373
	习题	375
第15章	吸光光度法	377
15.1	吸光光度法的基本原理	377
15.1.1	吸光光度法的特点	377
15.1.2	物质对光的选择性吸收	377
15.1.3	朗伯-比尔定律	379
15.1.4	偏离朗伯-比尔定律的原因	381
15.2	显色反应和测量条件的选择	381
15.2.1	显色反应及显色剂	382
15.2.2	显色条件的选择	382

15.2.3 测量条件的选择	385
15.3 分光光度计	387
15.3.1 目视比色法	387
15.3.2 分光光度计的基本部件	387
15.3.3 分光光度计的类型	388
15.4 其他吸光光度法	389
15.4.1 示差吸光光度法	389
15.4.2 双波长吸光光度法	390
15.4.3 导数吸光光度法	390
15.5 吸光光度法的应用	391
15.5.1 单一组分测定	391
15.5.2 多组分分析	391
15.5.3 酸碱解离常数的测定	392
15.5.4 配合物组成及稳定常数的测定	393
习题	394
第 16 章 定量分析中常用的分离方法	396
16.1 沉淀分离法	396
16.1.1 常量组分的沉淀分离	396
16.1.2 微量组分的共沉淀分离与富集	399
16.2 萃取分离法	400
16.2.1 基本原理	400
16.2.2 重要的萃取体系	402
16.2.3 萃取分离操作	403
16.3 色谱分离法	404
16.3.1 纸色谱法	404
16.3.2 薄层色谱法	405
16.3.3 色谱定性和定量分析	406
16.4 离子交换法	408
16.4.1 离子交换树脂	408
16.4.2 离子交换的基本原理	409
16.4.3 离子交换分离操作过程	410
16.5 其他方法	411
16.5.1 超临界流体萃取分离法	411
16.5.2 毛细管电泳分离法	412
16.5.3 微波萃取分离法	412
16.5.4 膜分离法	412
习题	413
化学窗口	414
【阅读 1】 诺贝尔和居里夫人	414

【阅读 2】 人体中必需的微量元素——氟	414
【阅读 3】 食品污染触目惊心	415
【阅读 4】 硬水的利与弊	416
【阅读 5】 新能源的开发	416
参考文献	418
附录	419
附录 1 离子的活度系数	419
附录 2 弱酸、弱碱在水中的解离常数($I=0, 298.15 \text{ K}$)	420
附录 3 常见的缓冲溶液	422
附录 4 常用的酸碱混合指示剂及其变色范围	422
附录 5 常见金属离子与 EDTA 形成配合物的稳定常数($I=0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$ 298.15 K)	424
附录 6 常见配离子的累积稳定常数	424
附录 7 EDTA 的酸效应系数	426
附录 8 一些金属离子在不同 pH 的 $\lg\alpha_{\text{M}(\text{OH})}$ 值	427
附录 9 标准电极电势($291.15 \sim 298.15 \text{ K}$)	428
附录 10 条件电极电势	431
附录 11 难溶电解质的溶度积($I=0, 291.15 \sim 298.15 \text{ K}$)	432
附录 12 一些化合物的摩尔质量	433

第 1 章 绪 论

世界是由物质组成的。化学则是人类用以认识和改造物质世界的重要方法和手段之一,它是一门历史悠久而又富有活力的学科,也是一门以实践为基础的学科,其成就是社会文明的重要标志。人类的生活水平能够不断改善和提高,化学的贡献举足轻重。

1.1 化学的重要性、研究内容和发展简史

1.1.1 化学的重要性及其研究内容

1. 化学的重要性

化学是在原子、分子或离子层次上研究物质的组成、结构、性质、变化及其内在联系和外界变化条件的科学。它是一门中心学科,在科学发展中起着非常重要的作用。在长期的发展中,化学学科与其他自然科学的学科之间相互影响、相互渗透,不但推动了化学研究和化学理论的发展,还促进和推动了其他自然科学学科(如数学、物理学、生物学和材料学等)的发展。例如,核酸化学的研究成果使今天的生物学从细胞水平提高到分子水平,建立了分子生物学;对地球、月球和其他星体的化学成分的分析,得出了元素分布的规律,发现了星际空间有简单化合物的存在,为天体演化和现代宇宙学提供了实验数据,还丰富了自然辩证法的内容。

化学对人类社会作出的贡献是多方面和全方位的,从人类的衣食住行到高科技发展的各个领域,都留下了化学研究的足迹,人类享受着化学的成果。例如,衣着上,大量的化学合成纤维代替了天然纤维;各种化工颜料用于印染,使服装色彩更加绚丽。饮食上,各种化学添加剂的使用使食品的色、香、味更加诱人;由于在食品中强化了维生素等各种营养物质,食品营养更丰富。现代建筑更是离不开水泥、钢筋、涂料等合成材料。人们出行乘坐的交通工具也离不开化学材料和燃料。另外,在发展新材料学、新能源与可再生能源科学技术、生命科学技术、信息科学技术及有益于环境的高新技术中,化学都发挥了十分重要的作用。

2. 化学的研究内容

化学研究的内容主要是物质的化学运动,即物质的化学变化的发生。化学变化的主要特征是生成了新的物质。化学的研究范围极其广泛,通常按研究对象或目的不同,化学可分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、高分子化学等分支学科,见表 1-1。

表 1-1 化学的分类

分支学科	研究对象
无机化学	研究周期表中除碳元素以外的所有元素及其化合物
有机化学	研究碳氢化合物及其衍生物
分析化学	研究物质化学组成的定性鉴定、定量测定及化学结构的确定

续表

分支学科	研究对象
物理化学	借助物理的理论和方法研究物质的结构与性质的关系, 化学反应进行的方向和限度, 化学反应的速率和机理等基本规律
高分子化学	研究高分子化合物的结构、性能、合成方法、加工成型及应用等

1.1.2 化学发展简史

自从有了人类, 化学便与人类结下了不解之缘。钻木取火, 用火烧煮食物, 烧制陶器, 冶炼青铜器和铁器, 都是化学技术的应用。正是这些应用, 极大地促进了当时社会生产力的发展, 成为人类进步的标志。今天, 化学作为一门基础学科, 在科学技术和社会生活的各个方面正发挥着越来越大的作用。从古至今, 伴随着人类社会的进步, 化学的历史发展经历了以下时期。

1. 古代化学

1) 实用和自然哲学时期 (~ 公元前)

原始人类从用火之时开始, 由野蛮进入文明, 同时也就开始了用化学方法认识和改造天然物质。燃烧就是一种化学现象。掌握了火以后, 人类开始熟食; 逐步学会了制陶、冶炼; 后来又懂得了酿造、染色等。这些由天然物质加工改造而成的制品成为古代文明的标志。在这些生产实践的基础上, 萌发了古代化学知识。

2) 炼金术、炼丹时期 (公元前 ~ 公元 1500 年)

炼丹术士和炼金术士在皇宫、在教堂、在自己的家里、在深山老林的烟熏火燎中, 为求得长生不老的仙丹, 为求得荣华富贵的黄金, 开始了最早的化学实验。记载、总结炼丹术的书籍在中国、阿拉伯、埃及、希腊都有不少。这一时期积累了许多物质间的化学变化, 为化学的进一步发展准备了丰富的素材。炼丹术、炼金术是化学史上令人惊叹的雄浑的一幕。

3) 医化学时期 (公元 1500 ~ 1700 年)

此后, 炼丹术、炼金术几经盛衰, 使人们更多地看到了它荒唐的一面。为此化学方法转而在医药和冶金方面得到了充分发展。在欧洲文艺复兴时期, 出版了一些有关化学的书籍, 第一次有了“化学”这个名词。

4) 燃素学说时期 (公元 1700 ~ 1774 年)

随着冶金工业和实验室经验的积累, 人们总结感性知识, 认为可燃物能够燃烧是因为它含有燃素, 燃烧的过程是可燃物中燃素放出的过程, 可燃物放出燃素后成为灰烬。

2. 近代化学

这一时期建立了不少化学基本定律。例如, 道尔顿 (Dalton) 提出了原子学说, 门捷列夫 (Mendeleev) 发现了元素周期律, 阿伏伽德罗 (Avogadro) 提出了阿伏伽德罗定律和分子概念。所有这一切都为现代化学的发展奠定了坚实的基础。

3. 化学的现状

一方面, 20 世纪初量子论的发展使化学和物理学有了共同的语言, 解决了化学上许多