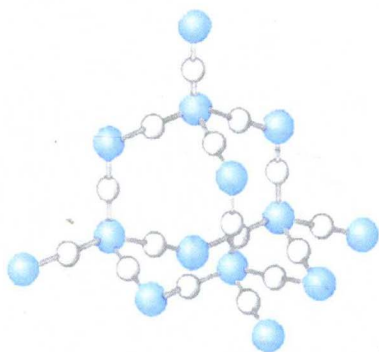


WUJI JI FENXIHUAXUE

高等学校“十三五”规划教材

无机及分析化学

侯振雨 李 英 郝海玲 主编



化学工业出版社

高等学校“十三五”规划教材

无机及分析化学

侯振雨 李 英 郝海玲 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《无机及分析化学》共分为十二章，内容包括气体、溶液和胶体，化学反应基本原理，定量分析基础，酸碱平衡和酸碱滴定法，沉淀平衡和沉淀滴定法，氧化还原平衡和氧化还原滴定法，配位平衡和配位滴定法，分析化学中的分离和富集方法，吸光光度法，电势分析法，物质结构基础，生命元素简介。每章末均有思考题和习题，有利于学生更好地理解 and 掌握课程内容。文后有附录，便于学生在计算中查阅数据。根据本书每章后的网址和二维码，学生可以实现网上学习、检测及进一步扩展阅读，开拓视野。

《无机及分析化学》可作为化工类、材料类、生物类、食品类、环境类、农林类专业本科生的教材，也可供相关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学/侯振雨, 李英, 郝海玲主编. —北京:
化学工业出版社, 2016. 9
高等学校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-27545-5

I. ①无… II. ①侯…②李…③郝… 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 (2016) 第 153038 号

责任编辑: 宋林青
责任校对: 王素芹

加工编辑: 李 玥
装帧设计: 关 飞

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18 彩插 1 字数 451 千字 2016 年 9 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

《无机及分析化学》编写成员

主 编：侯振雨 李 英 郝海玲

副 主 编：范文秀 侯玉霞 李芸玲 赵 宁

参编人员（以姓氏拼音为序）：

邓绍新 段凌瑶 高慧玲 龚文君

侯超逸 刘 露 娄慧慧 马晶晶

杨晓迅 张玉泉

前 言

“无机及分析化学”主要由高等院校化学课程中的“无机化学”及“分析化学”整合而成。经过近 20 年的教学实践，合并后的“无机及分析化学”课程已经得到了高等院校非化学专业的普遍认可，是理工类院校、农林类院校及高等职业技术学院等近化学专业的一门必修基础课。该课程设置的主要目的是为学生学好专业基础课、专业课奠定坚实的化学基础。

《无机及分析化学》是在河南科技学院编写的《基础化学》和《无机及分析化学》的基础上，在保证严格的科学性、相对系统性、鲜明的时代性的前提下，以管用、够用、实用为原则，根据大一新生的化学水平（参差不齐）、高等农林院校的专业特色、现代信息技术的发展趋势（如移动通信技术和信息交流平台）和高等教育改革的要求而编写的。该教材的主要特色表现在以下几个方面：

1. 主线突出。为了突出各章内容的内在联系，本教材以物质的化学反应为主线，将教材内容分为物质的分散系、物质的化学反应原理（化学反应的能量、方向、限度和速率）、物质的化学反应及应用（酸碱反应、沉淀反应、氧化还原反应、配位反应及在定量分析中的应用）、常用仪器分析方法及物质的结构和性质等模块，使无机化学和分析化学两门课程融合地更加紧密。常用仪器分析方法及物质的结构和性质模块放在教材的后面，教师可根据学科的专业特点和学时多少进行选择教学。物质的结构内容也可以安排在第一章，使前四个模块更加紧密。但考虑到非化学专业的特点，本教材将物质的结构内容模块放到了最后，供不同专业和学时的学校进行选择。

2. 网络学习方便。目前，大学生获取信息和资源的平台逐渐从 PC 电脑转移到移动终端。如何充分利用移动手机的优势，让学生在碎片时间中学习化学，是当前化学教学改革的一项重要内容。考虑到移动互联网技术的发展趋势，我们将教材内容与网络资源内容进行了统筹安排，并建立了丰富的网络学习材料。如大部分章节设计了学习要求、基本知识框架图、自学课件、课本例题、补充例题、思考题、判断题、选择题、习题、电子讲义、课外阅读、微视频和在线测试等模块。课外阅读模块中安排了走进化学和化学拓展（教材上的个别内容安排到这里，实现了教材内容的精简）两部分内容，学生可根据爱好和兴趣选择学习，教师也可根据专业和学时的情况，将部分内容在课堂上选讲。为了实现教材与网络资源的融合，教材设计了网络资源的二维码登录方式，方便学生在碎片时间中学习。

3. 教材、教学方法和网络资源相互交融。教材内容的选择不仅要考虑学科和专业特点，而且要考虑教学方法和网络资源的统筹兼顾。教材内容与网络资源的有机融合需要通过合适的方式来实现。为实现这一目的，我们不仅在教材上设计了二维码登录方式，也设计了配套的模块化多功能“无机及分析化学”多媒体课件（获河南省教育厅教育信息技术一等奖）。该课件不仅将教材与网络资源内容有机地融合在一起，而且教师的教学水平也可得到较大的发挥。如教师可随心所欲地控制教学内容，与学生进行交互式探讨，也可根据学科、专业和学时情况，选择合适的内容进行讲授。该课件的最大特色是适合学生自学。课件中的习题、思考题、判断题和选择题都与教材内容做了对应链接，学生可以通过手机 WPS 软件进行浏

览和选择学习内容,实现了学生的自主学习,充分体现了学生的学习主体地位,使课堂教学得到了更好的延伸。为了更好地利用网络资源,建议每位教师建立一个QQ群,将所有资源链接放入一个word文档,由手机通过这个文档可以很方便地登录任一模块,教师也可以在群中发布作业进行在线测试或进行相关问卷调查。

4. 教材的通用性强。目前,大学新生的化学水平参差不齐,不同学科和专业对化学基础知识要求不同,不同学校安排的教学课时也存在一定差异,给公共化学课程教学的组织增加了较大困难。因此适时地编写既能适用较多专业,又能满足各专业需求的《无机及分析化学》教材是当前高等农林院校教学改革的一个重要内容。

基于上述原因,将教材中的部分内容作为选学,用*表示。另外,在网络资源的阅读材料版块安排了走进化学和化学拓展内容,不同学校和专业可根据实际情况选择教学内容。配套的模块化多功能课件也极大地体现了教材的通用性特点。

本教材共分12章,具体编写任务是:绪论,侯振雨、郝海玲负责;第1章,赵宁、马晶晶负责;第2章,李芸玲、段凌瑶负责;第3章,侯超逸、龚文君负责;第4章,高慧玲、娄慧慧负责;第5章,刘露、李英负责;第6章,邓绍新、李芸玲负责;第7章,赵宁、高慧玲负责;第8章,娄慧慧、侯超逸负责;第9章,段凌瑶、杨晓迅负责;第10章,李英、刘露负责;第11章,侯玉霞、邓绍新负责;第12章,杨晓迅、郝海玲负责;附录,范文秀、张玉泉、郝海玲负责。本书主编为侯振雨、李英、郝海玲,副主编为范文秀、侯玉霞、李芸玲、赵宁等。全书由主编共同审阅和定稿。

本书在编写过程中,河南科技学院张裕平教授、陶建中教授、牛红英教授及河南师范大学化学化工学院院长张贵生教授对教材章节的安排、内容的取舍和网络资源内容的设置都提出了宝贵意见,河南科技学院教务处长郭运瑞教授、化学化工学院教材编写委员会及化学工业出版社对本教材的出版也给予了大力支持和帮助,在此致以衷心感谢。

本教材有配套课件,使用本书作教材的教师和同仁,可通过邮箱或QQ向我们索取。

基于教材、多功能课件和移动互联网资源的立体化建设理念编写的《无机及分析化学》教材是一种新的尝试,但由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,如有误漏请与我们联系(6639178@qq.com),殷切希望同行专家、同仁和读者批评指正。

编者

2016年5月

目 录

绪 论 1

0.1 物质的组成及表示方法	1
0.2 化学研究的对象及其作用	2
0.3 无机及分析化学课程的性质和任务	3
0.4 有效数字	3
0.4.1 有效数字及位数	3
0.4.2 有效数字的运算规则	4
0.4.3 有效数字的应用	5
思考题	5
习题	6

第 1 章 气体、溶液和胶体 8

1.1 气体	8
1.1.1 气体的性质	8
1.1.2 理想气体状态方程式	8
1.1.3 分压定律	9
1.2 溶液	10
1.2.1 分散系	10
1.2.2 溶液组成的量度及配制	11
1.3 稀溶液的依数性	15
1.3.1 电解质	15
1.3.2 非电解质稀溶液的依数性	16
1.4 胶体	22
1.4.1 胶团结构	22
1.4.2 胶体的性质	24
1.4.3 溶胶的稳定性和聚沉	26
* 1.4.4 高分子溶液	27
* 1.5 乳浊液与悬浮液	28
思考题	28
习题	28

2.1 化学反应的能量关系	31
2.1.1 能量守恒定律	31
2.1.2 化学反应热	35
2.1.3 化学反应焓变的计算	38
2.2 化学反应的方向	41
2.2.1 化学反应的自发性	41
2.2.2 化学反应的熵变	42
2.2.3 化学反应的方向	43
2.3 化学反应的限度——化学平衡	46
2.3.1 化学平衡	46
2.3.2 化学平衡常数及相关问题	47
* 2.3.3 化学反应等温式	49
2.3.4 化学平衡的移动	50
2.4 化学反应速率	51
2.4.1 化学反应速率及其表示方法	51
2.4.2 浓度对化学反应速率的影响	53
2.4.3 温度对化学反应速率的影响	55
2.4.4 催化剂对化学反应速率的影响	56
2.4.5 化学反应速率理论简介	58
思考题	60
习题	61

第3章 定量分析基础

3.1 分析化学简介	65
3.1.1 分析方法的分类	65
3.1.2 定量分析的一般程序	67
3.2 定量分析的误差	68
3.2.1 误差的分类	68
3.2.2 准确度和精密度	69
3.2.3 提高分析结果准确度的方法	71
3.2.4 数据的记录与处理	73
3.3 滴定分析概述	75
3.3.1 滴定分析的方法及方式	75
3.3.2 标准溶液	76
3.3.3 滴定分析法的计算	78
思考题	80

习题	81
----	----

第4章 酸碱平衡和酸碱滴定法 84

4.1 酸碱理论	84
4.1.1 酸碱电离理论	85
4.1.2 酸碱质子理论	85
4.2 酸碱平衡的计算	86
4.2.1 水的离子积和 pH	86
4.2.2 酸(碱)的解离平衡	87
4.2.3 水溶液中酸碱平衡的 pH 计算	91
4.3 缓冲溶液	94
4.3.1 缓冲溶液的缓冲原理	95
4.3.2 缓冲溶液 pH 的计算	95
4.3.3 缓冲容量和缓冲范围	97
4.3.4 缓冲溶液的选择和配制	97
4.4 酸碱指示剂	99
4.4.1 酸碱指示剂的变色原理	99
4.4.2 指示剂的变色范围	100
4.5 酸碱滴定法及应用	101
4.5.1 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	101
4.5.2 酸碱滴定法的应用	108
思考题	110
习题	111

第5章 沉淀平衡和沉淀滴定法 113

5.1 沉淀反应及沉淀溶解平衡	113
5.1.1 溶度积和溶度积规则	113
5.1.2 溶度积规则的应用	115
5.1.3 沉淀的转化	117
5.2 沉淀滴定法及应用	118
5.2.1 沉淀滴定法对沉淀反应的要求	118
5.2.2 沉淀滴定法	118
5.2.3 硝酸银和硫氰酸铵标准溶液的配制和标定	122
*5.3 重量分析法简介	122
5.3.1 重量分析的一般程序及特点	122
5.3.2 重量分析法对沉淀的要求	123
5.3.3 重量分析的计算	123
思考题	123

第 6 章 氧化还原平衡和氧化还原滴定法 **127**

6.1 氧化还原反应的基本概念	127
6.1.1 氧化数	127
6.1.2 氧化还原反应	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	131
6.2.3 标准电极电势	131
6.3 能斯特方程式及影响电极电势的因素	133
6.3.1 能斯特方程式	133
6.3.2 影响电极电势的因素	134
6.4 电极电势的应用	136
6.4.1 计算原电池的电动势	136
6.4.2 判断氧化还原反应进行的方向	136
6.4.3 判断氧化还原反应进行的程度	137
6.4.4 测定溶度积常数和稳定常数	138
6.4.5 元素电势图及应用	138
6.5 氧化还原滴定法及应用	139
6.5.1 氧化还原滴定法的特点	139
6.5.2 条件电极电势及条件平衡常数	139
6.5.3 氧化还原滴定曲线	140
6.5.4 氧化还原滴定法的指示剂	143
6.5.5 常见的氧化还原滴定法	144
思考题	148
习题	148

第 7 章 配位平衡和配位滴定法 **151**

7.1 配位化合物的基本概念	151
7.1.1 配合物的定义	151
7.1.2 配合物的组成	151
7.1.3 配位化合物的命名	152
7.2 配位平衡和影响配合物稳定性的因素	153
7.2.1 配位反应及配位平衡	153
7.2.2 影响配合物稳定性的因素	155
7.3 配位滴定法及应用	157
7.3.1 EDTA 及其螯合物的特点	157

7.3.2	影响金属 EDTA 配合物稳定性的因素	160
7.3.3	金属指示剂	163
7.3.4	配位滴定的基本原理	164
* 7.3.5	提高配位滴定选择性的方法	168
7.3.6	配位滴定的方式和应用	171
思考题		173
习题		173

* 第 8 章 分析化学中的分离和富集方法 176

8.1	挥发和蒸馏分离法	176
8.2	沉淀分离法	177
8.2.1	无机沉淀剂分离法	177
8.2.2	有机沉淀剂分离法	178
8.2.3	共沉淀分离和富集	178
8.3	萃取分离法	179
8.3.1	萃取分离的基本原理	180
8.3.2	重要的萃取体系	182
8.4	离子交换分离法	182
8.4.1	离子交换剂的种类	183
8.4.2	离子交换反应及影响因素	183
8.4.3	离子交换分离操作技术	184
8.5	色谱分离法	184
8.5.1	纸上萃取色谱分离法	185
8.5.2	薄层萃取色谱分离法	186
思考题		186
习题		187

第 9 章 吸光光度法 189

9.1	吸光光度法的基本原理	190
9.1.1	物质的颜色和对光的选择性吸收	190
9.1.2	光吸收定律	191
9.2	吸光光度分析的测定方法	194
9.2.1	单一组分的测定	194
* 9.2.2	多组分的测定	196
9.3	紫外-可见分光光度计	197
9.3.1	分光光度计的组成	197
* 9.3.2	紫外-可见分光光度计的类型	198
9.4	吸光光度法的测量条件	198

9.4.1	显色反应的要求及影响因素	198
9.4.2	分析条件的选择	200
9.5	吸光光度法的应用	201
*	9.5.1 铍的测定——奈氏试剂分光光度法	201
9.5.2	磷的测定	202
9.5.3	铁的测定	202
*	9.5.4 啤酒中双乙酰的测定	202
*	9.5.5 高含量组分的测定——示差法	202
思考题		203
习题		203

第 10 章 电势分析法

206

10.1	电势分析法的基本原理	206
10.1.1	电势分析法的基本原理及分类	206
10.1.2	参比电极	207
10.1.3	指示电极	208
10.2	离子选择性电极	209
10.2.1	离子选择性电极的分类	209
10.2.2	离子选择性电极的选择性	211
10.2.3	离子选择性电极的测定原理	212
10.2.4	离子选择性电极的定量方法	213
10.3	直接电势法测定溶液的 pH	215
10.3.1	电势法测定溶液 pH 的原理	215
10.3.2	溶液 pH 的测定	215
10.4	电势滴定法	217
10.4.1	电势滴定法测定原理与测定方法	217
10.4.2	电势滴定终点的确定	218
10.4.3	电势滴定分析的类型及其应用	220
思考题		222
习题		222

第 11 章 物质结构基础

224

11.1	原子结构基础	224
11.1.1	原子结构理论发展简史	224
11.1.2	原子核外电子的运动特征	226
11.1.3	原子核外电子运动状态的描述	227
11.1.4	原子核外电子排布	231
11.1.5	原子性质的周期性	234

11.2	分子结构基础	237
11.2.1	离子键及其特点	237
11.2.2	共价键	237
11.2.3	杂化轨道理论	240
11.2.4	分子间力和氢键	242
11.3	配位化合物的化学键理论	244
11.3.1	价键理论	244
* 11.3.2	配离子的形成	244
* 11.4	晶体结构基础	247
11.4.1	离子晶体	247
11.4.2	原子晶体	248
11.4.3	分子晶体	248
11.4.4	金属晶体	249
	思考题	250
	习题	250

* 第 12 章 生命元素简介 253

12.1	宏量元素	253
12.2	微量元素	256
12.3	有害元素	260
	思考题	262
	习题	263

附录 264

附录 I	常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 S_m^\ominus (298.15K, 100kPa)	264
附录 II	弱酸、弱碱的解离平衡常数 K^\ominus	267
附录 III	常见难溶电解质的溶度积 K_{sp}^\ominus (298.15K)	268
附录 IV	常用的缓冲溶液	268
附录 V	常见配离子的稳定常数 K_f^\ominus (298.15K)	269
附录 VI	标准电极电势 (298.15K)	270
附录 VII	一些氧化还原电对的条件电极电势 φ' (298.15K)	271
附录 VIII	一些化合物的相对分子质量	272

参考文献 274

绪 论

学习要求

1. 了解与物质组成有关的概念：混合物、纯净物、分子、原子、元素、单质、化合物、化学式和分子式等；
2. 了解与物质变化有关的概念：化学键、物理变化、化学变化、化学反应的类型等；
3. 熟悉化学变化的特征，了解化学学科的分支及在工农业生产和科学研究中的作用；
4. 了解无机及分析化学课程的性质和任务；
5. 理解有效数字的概念，掌握有效数字位数的确定方法、运算规则和应用。

0.1 物质的组成及表示方法

自然界的物质多种多样，但总的来说可以分为两类，即混合物和纯净物。混合物是由两种或多种物质混合而成的，这些物质相互间没有发生反应，混合物里各物质都保持原来的性质。例如，空气是氧气、氮气、稀有气体、二氧化碳等多种成分组成的混合物，各种成分间没有发生化学反应，它们各自保持原来的性质。纯净物与混合物不同，它是由一种物质组成的。例如，氧气、氮气和氯酸钾等都是纯净物。研究任何一种物质的性质，都必须取用纯净物。

从微观角度看，物质则是由分子组成的，分子是保持物质化学性质的一种微粒。同种物质的分子，性质相同；不同种物质的分子，性质不同。分子虽很小，但其是由更小的原子所组成的。在化学反应中分子发生了变化，生成了新的分子，而原子仍然是原来的原子。因此，原子是化学变化中的最小微粒，即在化学反应中不能再分的微粒叫作原子。原子是由原子核和电子组成的，原子核是由质子和中子组成的。

从宏观上看，物质是由元素组成的。而元素是具有相同核电荷数（即核内质子数）的一类原子的总称，即质子数相同的原子为同一元素。由一种元素组成的纯净物称为单质，由两种或两种以上元素组成的纯净物称为化合物。

自然界的物质成千上万，如果用文字来表示它们的组成将十分麻烦。因此，人们首先确定了一套符号来表示各种元素，即元素符号，再由各元素符号的组合来表示各种物质，也就是用化学的语言来表示各种物质，如化学式、分子式、结构式或最简式等常用来表示物质的组成。

0.2 化学研究的对象及其作用

化学是在原子和分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化以及变化过程中的能量关系的学科。它所研究的物质不仅包括自然界已经存在的物质，也包括由人类创造的新物质。

单质的分子由相同的原子组成，化合物的分子则由不同的原子组成。原子既然可以结合成分子，原子之间必然存在着相互作用，这种相互作用不仅存在于直接相邻的原子之间，而且也存在于分子内的非直接相邻的原子之间。前一种相互作用比较强烈，破坏它要消耗比较大的能量，是使原子互相作用而联结成分子的主要因素。这种相邻的两个或多个原子之间强烈的相互作用，通常叫作化学键。

无论是单质还是化合物都不是静止不动的，而是处于不断的运动之中。这种运动不仅包含其内部原子、分子的运动，也包含其在外界条件的作用下，自身结构和性质的变化。按物质变化的特点可将变化分为两种类型：一类变化不产生新物质，仅是物质的状态发生改变，如水的结冰、碘的升华等，这类变化称为物理变化；另一类变化为化学变化，它使物质的组成和结合方式发生改变，导致与原物质性质完全不同的新物质的生成，如钢铁生锈、煤炭燃烧、食物腐败等。

化学研究的主要内容是物质的化学变化。其基本特征如下。

① 化学变化是物质内部结构发生质变的变化，化学变化的实质是旧的化学键断裂和新的化学键形成，产生新物质，涉及原子结构和分子结构等知识。

② 化学变化是定量的变化，即化学变化前后物质的总质量不变，服从质量守恒定律，参与化学反应的各种物质之间有确定的计量关系，为被测组分的定量分析奠定了基础。

③ 化学变化中伴随着能量的变化。在化学键重新组合的过程中，伴随着能量的吸收和放出，涉及化学热力学的基本理论。

化学反应的实质是旧的化学键断裂和新的化学键形成。因此，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。

化学按其研究对象和研究目的的不同，常分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、结构化学等分支学科。随着科学技术的进步和生产力的发展，学科之间的相互渗透日益增强，化学已经渗透到农业、生物学、药学、环境科学、计算机科学、工程学、地质学、物理学、冶金学等很多领域，形成了许多应用化学的新分支和边缘学科，如农业化学、生物化学、医药化学、环境化学、地球化学、海洋化学、材料化学、计算化学、核化学、激光化学、高分子化学等。不难看出，化学在各学科的发展中处于中心的地位，化学学科的发展直接影响着上述学科的发展。因此，化学科学的发展，不仅与人类生存的衣、食、住、行有关，而且也与人类发展所遇到的能源、材料、信息、环保、医药卫生、资源合理利用、国防等密切相关。如性能优良的人造纤维和化学染料的使用，使人们的衣着五彩缤纷；各种化肥、农药、土壤改良剂、植物生长调节剂、饲料添加剂、食品保鲜剂等化学制剂的研制、开发和生产，解决了人们赖以生存的粮食问题；钢铁、水泥、玻璃、陶瓷、油漆、涂料和高分子材料的使用，使人们的住、行条件得到了较大的改善；石油工业的发展使机械和交通工具的正常运行得到了保障；各种医药制品、化验试剂和检测手段的研制开发，为环境保护、疾

病诊断、人类健康提供了可靠保证；高能燃料、高强度的外壳和耐高温材料，使卫星、飞船、航天飞机能够翱翔蓝天；各种自然资源的成分检测、各种产品的质量检验均离不开化学科学。因此，化学在人类发展进步和生存条件改善中起着非常重要的作用。

0.3 无机及分析化学课程的性质和任务

在化学的各门分支学科中，无机化学是研究所有元素的单质和化合物（碳氢化合物及其衍生物除外）的组成、结构、性质和反应规律的学科；分析化学是研究物质组成成分及其含量的测定原理、测定方法和操作技术的学科。无机及分析化学课程是对无机化学（或普通化学）和分析化学两门课程的基本理论、基本知识进行优化组合、有机整合而成的一门新课程，而不是化学学科发展的一门分支学科。

高等学校的食品科学类、动物养殖类、植物生产类、生物技术类、水产类、药学类、环境生态类、动物医学类、医学卫生类、材料科学类等相关专业的课程与化学有着不可分割的联系。如生物化学课程要求掌握生物体的化学组成和性质，以及这些物质在生命中的化学变化和能量转换，这就需要化学反应的基本原理作为基础；生理学课程要求掌握生物体的新陈代谢作用，生物体内的酸碱平衡以及各种代谢平衡，这些平衡都是以化学平衡理论为基础的；土壤学要求掌握土壤的组成、性质和改良方法等内容，这就需要掌握元素的性质和化学反应的基本原理；又如食品科学类专业的食品分析课程，环境生态类专业的环境分析课程，动物养殖类专业的饲料分析课程，材料科学类专业的材料分析检测技术课程，法医学专业的法医毒物分析课程等，这些课程的学习都需要分析化学的基础理论和基本方法。因此，无机及分析化学是高等学校材料类、环境类、农林类、生物类和医学类专业一门重要的必修基础课。

无机及分析化学课程的主要任务是：通过本课程学习，掌握与农林科学、生物科学、环境科学、材料科学、食品科学等有关的化学基础理论、基本知识 with 技能；在学习分散系的基础知识上，重点掌握溶液度量的方法，化学反应的基本原理，四大化学平衡理论，滴定分析的基本理论与方法，建立准确的“量”的概念；了解这些理论、知识和技能在专业中的应用，为学生参与和掌握资源综合利用、能源工程、土壤普查、农作物营养诊断、生态农业、配方施肥、优良品种选育、化肥与农药的检验及残留量检测、农副产品质量检验及深加工、水质分析、环境保护和污染综合治理、动植物检疫、食品新资源的开发、动物营养及饲料添加剂生产等问题的研究提供牢固的化学基础，培养学生分析问题和解决实际问题的能力，为后继课程的进一步学习奠定良好的理论和实验基础。

0.4 有效数字

0.4.1 有效数字及位数

有效数字是指在分析工作中实际可以测量到的或代表一定物理意义的数字。它包括确定的数字和最后一位估计的不确定的数字。它不仅能表示测量值的大小，还能表示测量值的精度。例如用万分之一的分析天平称得的坩埚的质量为 18.4285g，则表示该坩埚的质量为

18.4284~18.4286g。因为分析天平有 $\pm 0.0001\text{g}$ 的误差。18.4285有6位有效数字。前五位是确定的，最后一位“5”是不确定的可疑的数字。如将此坩埚放在百分之一天平上称量，其质量应为 $(18.42 \pm 0.01)\text{g}$ 。因为百分之一天平的称量精度为 $\pm 0.01\text{g}$ 。18.42为四位有效数字。再如，用刻度为 0.1mL 的滴定管测量溶液的体积为 24.00mL ，表示可能有 $\pm 0.01\text{mL}$ 的误差。“24.00”的数字中，前三位是准确的，后一位“0”是估计的、可疑的，但它们都是实际测得的，四位都是有效数字。

有效数字的位数可以用下列几个数据说明：

1.2104	25.315	五位有效数字
0.1000	24.13	四位有效数字
0.0120	1.65×10^{-6}	三位有效数字
0.0030	5.0	两位有效数字
0.001	0.3	一位有效数字

数字“0”在有效数字中有两种作用，当用来表示与测量精度有关的数值时，是有效数字；当用来指示小数点的位置，只起定位作用，与测量精度无关时，则不是有效数字。在上列数据中，数字之间的“0”和数字末尾的“0”均为有效数字，而数字前面的“0”只起定位作用，不是有效数字。如， 0.0120g 是三位有效数字，若以毫克为单位表示时则为 12.0mg ，数字前面的“0”消失，仍是三位有效数字。

以“0”结尾的正整数，有效数字位数不确定，最好用指数形式来表示。例如450这个数，可能是两位或三位有效数字，有效数字的位数取决于测量的精度。如只精确到两位数字，那么，它是两位有效数字，应写成 4.5×10^2 ；如精确到三位数字，应写成 4.50×10^2 。对于含有对数的有效数字位数的确定，如pH值，其位数仅取决于小数部分数字的位数，因整数部分只说明这个数的方次。如 $\text{pH}=11.20$ 和 $\text{pH}=0.03$ 是两位有效数字。

分析化学中常遇到倍数或分数的关系，包括定义中的单位体积或质量（如 1L 或 1kg 溶液中），它们为非测量所得，可视为有无限多位有效数字。

0.4.2 有效数字的运算规则

(1) 有效数字的修约规则

有效数字的位数确定后，多余的位数应舍弃。舍弃的方法一般采用“四舍六入，五后有数就进一，五后没数看单双”的规则进行修约。即当尾数 ≤ 4 时，弃去；尾数 ≥ 6 时进位；尾数等于5时，5后有数就进位，若5后无数或为零时，则尾数5之前一位为偶数就弃去，若为奇数就进位。

例 0-1 将下列数据修约为四位有效数字。

3.2724、5.3766、4.282502、4.2815、4.2825、4.28150、2.86250

解：3.2724 \rightarrow 3.272；5.3766 \rightarrow 5.377；4.282502 \rightarrow 4.283；4.2815 \rightarrow 4.282；

4.2825 \rightarrow 4.282；4.28150 \rightarrow 4.282；2.86250 \rightarrow 2.862

(2) 加减运算

几个数字相加或相减时，它们的和或差的有效数字的保留应以小数点后位数最少（即绝对误差最大）的数为准，将多余的数字修约后再进行加减运算。

例 0-2 计算 $0.0121+25.64+1.05782$ 的结果。

解： $0.0121+25.64+1.05782=0.01+25.64+1.06=26.71$

上面相加的三个数据中，25.64的小数点后位数最少，绝对误差最大。因此应以25.64