

- 全国高等医药教材建设研究会规划教材
- 卫生部规划教材 • 全国高等学校教材
- 供药学类专业用

无机化学

第 4 版

主 编 许善锦
副主编 姜凤超

 人民卫生出版社

全国高等学校教材

· 供药学类专业用 ·

无机化学

第 4 版

主 编 许善锦

副主编 姜凤超

编 者 (以姓氏笔画为序)

许善锦 (北京大学药学院)

曹凤歧 (中国药科大学)

李惠芝 (沈阳药科大学)

蒋惠娣 (浙江大学药学院)

杨 崧 (湖南中医学院)

窦后松 (四川大学化学学院)

张天蓝 (北京大学药学院)

魏 红 (第二军医大学药学院)

姜凤超 (华中科技大学同济药学院)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/许善锦主编.—4 版.—北京:
人民卫生出版社,2003.6

ISBN 7-117-05614-2

I. 无… II. 许… III. 无机化学—医学院校—教材 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 051456 号

无 机 化 学 第 4 版

主 编: 许 善 锦

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 27.5

字 数: 661 千字

版 次: 1987 年 5 月第 1 版 2003 年 8 月第 4 版第 22 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-05614-2/R·5615

定 价: 33.00 元

著作权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

第 4 版前言

本书是按照药学专业的培养目标及充分汲取国内外同类教材的精华，在保留和发展《无机化学》三版教材优点的基础上修订完成的。

全书内容包括基本化学原理(第一章到第十一章)和元素化学(第十二章到第十四章)两部分，共十四章。本书用近代的化学理论、观点阐述基本化学原理，反映了本学科的前沿内容和发展趋势，又将基本化学原理渗入到元素化学部分，使理论与实际紧密联系。

为方便师生教和学，我们同时编写了配套辅助教材，其内容包括各章的三级要求(了解、熟悉和掌握)、学习要点、习题解答和补充习题及其解答。

因编者水平有限，书中会有不妥甚至错误，敬请各位读者批评指正。

编者

2003 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 无机化学的发展和研究内容	1
第二节 化学与药学	3
第三节 无机化学的学习方法	4
第四节 中国法定计量单位	6
第五节 有效数字及运算法则	7
一、有效数字	7
二、数的修约	8
三、运算规则	9
第二章 溶液	11
第一节 溶液的浓度	12
一、质量分数	12
二、摩尔分数	12
三、质量摩尔浓度	12
四、质量浓度	13
五、物质的量浓度	13
第二节 稀溶液的依数性	14
一、溶液的蒸气压下降——拉乌尔定律	14
二、溶液的沸点升高	16
三、溶液的凝固点降低	18
四、溶液的渗透压	19
第三节 电解质在水中的存在状态	22
一、电解质和非电解质	22
二、强电解质溶液	24

2 无机化学

习题	27
第三章 化学反应速率	28
第一节 化学反应速率和反应机理	28
一、化学反应速率的表示方法	28
二、反应机理概念	30
第二节 反应速率理论简介	31
一、碰撞理论	32
二、过渡态理论	33
三、实验活化能	34
第三节 影响反应速率的因素	35
一、浓度对反应速率的影响	35
二、温度对反应速率的影响	39
三、催化剂对反应速率的影响	43
习题	45
第四章 化学热力学初步	48
第一节 热力学第一定律	48
一、基本概念	48
二、热力学第一定律	50
第二节 化学反应的热效应	52
一、等容反应热和等压反应热	52
二、反应进度概念	56
三、热化学方程式	56
四、反应热的计算	58
第三节 吉布斯能和化学反应的方向	61
一、自发过程	61
二、熵和熵变	61
三、吉布斯能	65
习题	70
第五章 化学平衡	72
第一节 平衡常数	72
一、化学反应的可逆性和化学平衡	72
二、标准平衡常数 $K^\ominus$	73
三、标准平衡常数 $K^\ominus$ 与反应 $\Delta_r G_m^\ominus(T)$ 的关系	76
四、多重平衡	80
第二节 化学平衡的移动	81

一、浓度对化学平衡的影响	81
二、压力对化学平衡的影响	82
三、温度对化学平衡的影响	84
四、从热力学和动力学等两方面来选择合理的生产条件	85
五、生物体系中的稳态和内稳态	85
习题	86
第六章 酸碱平衡	89
第一节 酸碱理论	89
一、酸碱质子理论	90
二、路易斯(Lewis)酸碱概念	94
第二节 水的质子自递平衡	95
第三节 弱酸弱碱电离平衡	97
一、一元弱酸、弱碱的电离平衡	97
二、多元弱酸、弱碱的电离平衡	100
三、两性物质的电离平衡	102
四、酸碱电离平衡的移动	103
第四节 缓冲溶液	107
一、缓冲溶液组成和作用机理	107
二、缓冲溶液的计算	108
三、缓冲溶液的选择和配制	110
四、人体正常 pH 的维持与失控	112
习题	113
第七章 难溶电解质的沉淀溶解平衡	115
第一节 溶度积原理	115
一、溶度积	115
二、溶度积与溶解度	117
三、溶度积规则	119
第二节 难溶电解质的沉淀和溶解平衡	119
一、沉淀的生成	119
二、沉淀平衡中的同离子效应和盐效应	121
三、沉淀的溶解	123
四、沉淀的转化	126
五、分步沉淀	128
六、沉淀反应中的速率问题	131
习题	132

第八章 氧化还原	133
第一节 氧化还原反应的实质	133
一、氧化与还原	133
二、元素的氧化数	134
三、氧化还原方程式的配平	136
第二节 电池的电动势和电极电势	138
一、原电池与电极	138
二、电极电势	140
第三节 氧化还原平衡	147
一、电池电动势与化学反应的吉布斯能	147
二、氧化还原反应的标准平衡常数计算	149
第四节 影响电极电势的因素	150
一、能斯特方程	150
二、溶液酸度对电极电势的影响	153
三、加入沉淀剂对电极电势的影响	155
第五节 元素电势图及其应用	157
一、元素电势图	157
二、元素电势图的应用	159
第六节 电势-pH 图	162
习题	164
第九章 原子结构	167
第一节 玻尔的氢原子模型	167
一、玻尔模型建立的基础	168
二、玻尔的氢原子模型	169
第二节 氢原子的量子力学模型	170
一、微观粒子的波粒二象性	170
二、氢原子的量子力学模型	172
第三节 多电子原子结构	180
一、屏蔽效应与钻穿效应	180
二、多电子原子核外电子排布	183
第四节 电子层结构与元素周期表	187
一、周期	187
二、族	188
三、特征电子构型(周期表分区)	188
第五节 元素基本性质的周期性	189
一、原子半径	189

二、原子的电离能	191
三、原子的电子亲合能	192
四、元素的电负性	192
习题	193
第十章 分子结构	195
第一节 离子键	195
一、离子键的形成与特点	195
二、离子的电荷、电子构型和半径	197
第二节 共价键	199
一、经典路易斯学说	199
二、现代价键理论	200
三、杂化轨道理论	204
四、价层电子对互斥理论	208
五、分子轨道理论	211
第三节 分子结构与物理性质	221
一、分子的磁性	221
二、分子的极性	222
第四节 分子间作用力	223
一、范德华力	223
二、氢键	225
第五节 离子极化	228
一、离子的极化作用和变形性	228
二、影响离子极化作用和变形性的因素	228
三、离子极化对键型和化合物性质的影响	229
第六节 晶体结构	230
一、晶体的宏观特征	231
二、晶体的微观结构	231
三、晶体的类型及其特性	234
习题	241
第十一章 配位化合物	243
第一节 配合物的组成、命名和异构现象	244
一、配合物的组成	244
二、配合物的命名	246
三、配合物的异构现象	247
第二节 配合物的化学键理论	248
一、配合物的价键理论	248

二、晶体场理论	252
第三节 配位平衡	259
一、配位平衡常数	259
二、影响配合物稳定性的因素	261
三、配位平衡的移动	264
第四节 生物体内的配合物和配合物药物	269
一、生物体内的配合物	269
二、配合物药物	270
习题	271
第十二章 非金属元素	273
第一节 卤素	274
一、卤素通性	274
二、卤素单质	276
三、卤素的氢化物和氢卤酸	278
四、卤化物	279
五、卤素的含氧酸及其盐	280
六、拟卤素	284
七、卤素离子的分离和鉴定	286
八、卤素的生物学效应及相关药物	286
九、无机含氧酸的性质与结构	288
第二节 氧族元素	289
一、氧族元素通性	289
二、氧及其化合物	291
三、硫及其化合物	295
四、硒及其衍生物	304
五、氧族元素离子的分离及鉴定	305
六、氧族元素的生物学效应及相应药物	306
第三节 氮和磷	308
一、氮族元素通性	308
二、氮及其化合物	309
三、磷及其化合物	316
四、氮、磷元素离子的分离及鉴定	321
五、氮、磷元素的生物学效应及相应药物	322
六、无机含氧酸盐类的热分解	322
第四节 碳、硅、硼	323
一、碳族元素和硼族元素通性	323
二、碳及其化合物	325

三、硅及其化合物	329
四、硼及其化合物	331
五、碳、硅、硼元素离子的鉴定	333
六、碳、硅、硼元素的生物学效应和相关药物	333
习题	334
第十三章 金属元素	338
第一节 概述	338
一、金属在自然界中的分布及其分类	338
二、金属的物理性质	339
三、金属的化学性质	339
第二节 碱金属	339
一、碱金属的通性	340
二、碱金属单质	341
三、碱金属氧化物和氢氧化物	341
四、碱金属盐	343
五、碱金属配合物	344
六、钠、钾离子鉴定	344
七、钠和钾的生物学效应	345
第三节 碱土金属	345
一、碱土金属的通性	346
二、碱土金属氢氧化物	346
三、碱土金属盐类	348
四、镁、钙、钡离子的鉴定	348
五、钙、镁的生物学效应及常用药物	349
第四节 铝和砷分族	350
一、铝及其化合物	351
二、砷、锑、铋的重要化合物	352
三、铝、砷、锑、铋离子的鉴定	354
四、铝和砷的生物学效应及常用药物	355
习题	356
第十四章 过渡元素	358
第一节 过渡元素的通性	359
一、过渡元素的电子层结构特征	359
二、过渡元素的基本性质变化特征	359
三、过渡金属单质的物理性质	361
四、过渡金属的化学性质	362

五、过渡元素的生物学效应	365
第二节 铬和锰	366
一、铬和锰单质的性质及用途	367
二、铬的重要化合物	368
三、锰的重要化合物	371
四、铬、锰离子的鉴定	373
五、铬、锰的生物学效应及常用药物	373
第三节 铁和铂	375
一、铁及其化合物	375
二、铁(Ⅱ、Ⅲ)离子的鉴定	378
三、铁元素的生物学效应	379
四、铂及其化合物	380
五、铂类配合物抗癌药物简介	381
六、常用药物	382
第四节 铜、锌、汞	382
一、铜、锌、汞单质的性质及用途	383
二、铜的重要化合物	384
三、锌的重要化合物	387
四、汞的重要化合物	387
五、铜、锌、汞离子的鉴定	389
六、铜、锌、汞的生物学效应及常用药物	389
讨论思考题	391
习题	391
参考文献	394
附录	395
一、SI 导出单位及常用常数	395
二、一些物质的热力学性质(298.15K)	397
三、无机酸在水中的电离常数	400
四、一些难溶化合物的溶度积(298K)	401
五、标准电极电势(298.15K、101.325kPa)	404
六、一些金属配合物的累积稳定常数	409
七、元素的相对原子质量(1997)[Ar(^{12}C)=12]	411
中英文索引	414

第一章

1

绪 论

化学(Chemistry)是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的一门基础学科,是自然科学的一个分支。自然科学是以认识自然规律为目的的科学,它包括物理学、化学、生物学、天文学、地质学等分支。自然界是个物质世界,而且是个运动中的物质世界;自然界所有现象都是物质变化以及与之有关的能量变化二者的表现。自然科学的各分支从不同角度研究这些变化的规律以及产生这些变化的物质基础和能量基础。

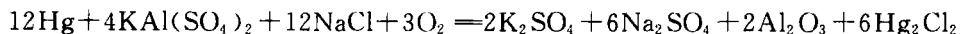
化学科学的发展在人类日常生活的各个方面都发挥着重要的作用,甚至与人类的文明进程息息相关。

从古代开始人们就有了与化学有关的生产实践,例如制陶、金属冶炼、火药的应用等等。当今世界化学更是与国民经济各部门,人民的衣食住行各方面密切相关。目前国际上最关心的几个重大问题,例如:环境的保护、能源的开发利用、功能材料的研究、生命现象奥秘的探索都与化学紧密相关。

第一节 无机化学的发展和研究内容

化学工作者早期的研究特点是以实用为目的,研究对象为矿物等无机物,因此,无机化学是化学科学中发展最早的一个分支学科,在无机化学形成一门独立的化学分支学科以前,可以说化学发展史也就是无机化学发展史。

人类自古就有金属冶炼、制陶等无机化学的实践活动,从医药方面来说,在中古时代我国就能制造精致的医药器具,例如:铜滤药器,铜药勺,银灌药器等。在“本草纲目”中记载的无机药物就有 266 种,并且出现了一些较为复杂的人工合成无机药物,如轻粉 Hg_2Cl_2 、黄矾[可能是 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$]等。关于轻粉,《本草纲目》中有如下记载:“升炼轻粉法:用水银一两,白矾二两,食盐一两,同研,不见星。铺于器内,以小乌盆覆之。筛灶灰,盐水和,封固盆口,以炭打二柱香。取开,则粉升于盆上面。其白如雪,轻盈可爱。一两汞可升粉八钱”。这是个卓越的无机合成反应,用现代的观点加以分析,上述过程可用下列反应式表示:

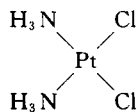


如此复杂的反应,在当时能实现,必是经过长期实验的结果。

1661年玻意耳(R. Boyle)首次提出元素的概念,将化学不再看成是以实用为目的的技艺,明确地把“化学确定为科学”。随着人类在生产实践与科学研究中的深入,人类不断发现新的元素,到19世纪中叶已发现了63种元素,测定了几十种元素的原子量,并积累了相当丰富的有关元素物理性质和化学性质的资料。人们在不断地思索,自然界究竟有多少种元素?各种元素之间是否存在着一定的内在联系?终于在19世纪后半期俄国化学家门捷列夫(Mendeleev)发现了元素周期律,即元素的性质随着原子量的递增而呈周期性的变化,按照周期律排出了第一张元素周期表;按照周期律预言了15种未知元素,这些元素后来均被陆续发现。周期律的建立奠定了现代无机化学的基础,使化学研究从此摆脱了对无数个别的零散事实作无规律的罗列。19世纪无机化学工业兴起,大规模的制酸、制碱、漂白、火药、无机盐工业的发展,无疑又一次推动了无机化学的发展。

随着有机工业的发展,有机化学得到了蓬勃发展,相形之下,在19世纪中叶以后,无机化学处于停滞的状态。直到20世纪40年代以后,由于原子能工业、电子工业、宇航、激光等新兴工业和尖端科学技术的发展,对特殊性能的无机材料的需求日益增多,无机化学又重新得到很快的发展。特别是量子力学理论和先进的光学、电学、磁学等测试技术应用到无机化学研究领域,建立了现代的化学键理论,确定了原子、分子的微观结构,并使物质的微观结构与其宏观性质联系起来。尤其在近代,随着电子计算机技术的发展,人们可以利用一些实验数据来预测某些生物大分子的结构及其随着生物功能的完成所产生的一系列高级结构的变化。可以说,无机化学正从描述性的科学向推理性科学过渡,从定性向定量过程过渡,从宏观向微观深入,一个比较完整的、理论化的、定量化的和微观化的现代无机化学新体系正在建立起来。

无机化学的研究内容及其广泛。现代无机化学是对所有元素及其化合物(碳氢化合物及其化合物除外)的制备、组成、结构和反应的实验测试和理论阐明。在研究中,需用现代的物理技术(如光谱、核磁共振、电子能谱、X-射线衍射等等),对各类新型化合物的键型、立体化学结构、对称性等进行表征;对化学反应性质、热力学、动力学等参数进行测定。测得的结果需用理论加以分析、阐明,而由测定所得的大量数据资料,又为理论提供了实验基础,推动了理论的建立和发展。例如二氯二氨合铂发现至今已有几十年的历史,但寻找新的铂类药物,至今仍是无机化学工作者研究的热点。二氯二氨合铂的结构如下:



中心离子为Pt(II),配位着两个氯离子(Cl^-)和两个氨分子(NH_3),配位数为4,它进入人体后 Cl^- 能被水分子取代称为离去基团,而 NH_3 保持稳定结合称为保留基团,人们设法改变离去基团或保留基团观察它的抗癌活性。人们研究铂配合物的组成、结构及其与抗癌活性和毒性的关系;研究铂配合物抗癌的作用机理等等。几十年来合成了许多低毒、高效的铂类药物。

无机化学有许多分支,例如普通元素化学、配位化学、无机合成化学、稀土元素化学等。就以稀土元素化学来说,近年来发展极其迅速。稀土元素由于有其特殊的电子构型,故在光、电、磁等方面有独特的性质,被誉为新材料的宝库。稀土永磁材料、稀土高温超导材料、稀土

发光材料、稀土激光晶体等具有特殊性质、特殊用途的新材料不断问世。更有意思的是稀土作为微量元素肥料，可以促进植物生长发育，大大提高单位面积产量。还有一些稀土可作为药物及医疗保健产品，能治疗烧伤及脑血栓疾病，那么稀土是如何发挥生物效应？也就是它们是如何进入生物体内，如何与生物大分子发生成键作用，代谢途径，长期使用对生物有无毒害，这都是目前迫切需要解决的问题。

制备—性能—组成				
结构		反应		
实验测定	成键类型	产 物	热力学	动力学
立体化学	键强度	表 征	平衡研究	实验测试
对称性	键与价	计 量	常数测定	速率研究
与成键关系	键与结构	实验条件	($K, \Delta G, \Delta H, \Delta S$)	理论阐明
理论阐明	理论阐明	理论阐明	理论阐明	机制推测
实际应用	实际应用	实际应用	实际应用	实际应用

近几十年来，由于科学技术的迅速发展，无机化学冲破了历史的局限与生物学、有机化学等学科相互渗透，产生了不少新的边缘学科(例如：生物无机化学，金属有机化学，金属酶化学等)，从而开拓了无机化学的研究领域。把无机化学的知识、理论、近代物理测试手段用于生物体系的研究就产生了生物无机化学。生物无机化学是在分子水平上研究生物体内与无机元素有关的各种相互作用。过去认为生物体是一个有机体，近年发现自然界存在的 90 种元素中，人体内含 60 多种，C、H、O、N 等宏量元素是构成有机体的材料，而 Fe、Cu、Zn、Se 等十余种微量元素在生物体内的众多反应中发挥开关、调节作用，它们与生物体的物质代谢、能量代谢、信息传递、生物解毒等多方面密切相关。当今微量元素与生物体的关系研究已构成现代生物科学中一个极具活力的研究领域。那么 Fe、Cu 等微量元素在生物体内如何起作用呢？它们多数是通过与生物大分子(如蛋白质、核酸等)结合生成生物活性分子，也就是金属离子与生物大分子配位结合形成金属配合物，我们就要研究这些配合物的结构-性质-活性的关系。大家知道氧气(O_2)是维持生命所必需，没有 O_2 生命就停止，但 O_2 在血液中的溶解度很小，溶解的 O_2 不足以满足需要，人体靠血红蛋白在肺泡中结合 O_2 并把它运送到身体各部位。血红蛋白就是由铁离子-卟啉-球蛋白组成的配合物。铁离子位于配合物的中心，铁离子位置的变化引起球蛋白构相的变化，启动 O_2 的结合与释放。

第二节 化学与药学

药学科学是生命科学的一部分。生命科学以人体为主要研究对象，探索疾病发生和发展的规律，寻找预防和治疗途径。预防和治疗主要依靠药物，用药物来调整因疾病而引起的种种异常变化。药学研究可分为两大部分：①药物的分离(中草药)、合成与构效关系研究。②制剂，即不同的原料药需制成不同的剂型(例注射剂、片剂等等)，同一原料药为发挥不同疗效有时也需制成不同剂型，化学在其中的应用如下：

1. 用无机化学和有机化学的理论和方法合成有特定功能的药物，研究各种无机和有机化学反应以了解药物的结构-性质-生物效应关系。多数药物就是这样创造出来的。

2. 用化学分离方法从动物、植物(中草药)以至人的组织、体液中分离出有生物活性的物质或有治疗作用的成分, 确定结构, 了解它们在体内的形成和代谢, 了解它们的性质与活性的关系。

3. 用化学分析方法和仪器分析方法分析药物和生物活性物质的组成和结构, 分析合成中间体、原料药及制剂中的有效成分含量及杂质限量。

4. 用物理化学方法研究各种化学反应发生的可能性、反应速率、反应机理, 把这些理论应用到药物, 可以研究药物在体内的代谢、生物利用度、药物稳定性等。最终可用化学的理论、知识和概念解释病理过程和药理过程, 提出解决问题所需要的信息、理论依据和方法。

无机化学是大学化学课程中第一门化学课, 内容包括普通化学原理和基础元素化学两部分, 这些内容的掌握不仅为后期课程的学习打好基础, 也是今后从事专业工作所必需。打开药典你能看到有几十种无机药物, 这些药物有哪些化学性质, 它的结构、性质与生物效应间有什么关系? 就拿碳酸氢钠(NaHCO_3)来说, 药典上记载有 NaHCO_3 片和 NaHCO_3 注射液, 作为抗酸药, 用于糖尿病昏迷及急性肾炎等引起的代谢性酸中毒。 NaHCO_3 为什么有抗酸作用? NaHCO_3 溶解在水中后能电离成 Na^+ 和 HCO_3^- , 这两个成分中谁是抗酸成分? 再看 NaHCO_3 注射液的制备, 方法如下: 取 NaHCO_3 , 加适量注射用水溶解, 再加注射用水使成全量, 过滤, 灌装, 溶液中通入足量的 CO_2 气体, 密封, 用 100°C 流通蒸汽灭菌 30 分钟, 灭菌后放冷至室温 2 小时后才能使用。为什么在密封前通入 CO_2 ? 为什么灭菌后 2 小时才能使用? 这与 NaHCO_3 的性质又有什么关系?

抗坏血酸滴眼药用于青光眼的治疗。抗坏血酸就是维生素 C, 酸性, 易被氧化, 尤其在少量金属离子存在下, 更易被催化氧化, 使其颜色逐渐由无色变成黄色直至橙红色, 因此抗坏血酸滴眼药水中除了主要成分抗坏血酸外, 还需加入碳酸氢钾(KHCO_3)、乙二胺四乙酸二钠、焦亚硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), 这些化学物质的加入起到了调节眼药水的 pH, 防止抗坏血酸被氧化, 你能了解这方面的机理吗?

钙是人体必需元素, 钙的缺乏将造成骨骼畸形、手足抽搐、骨质疏松等许多疾病。因此, 除从日常饮食中摄取钙以外, 儿童与老人常需服用一些钙制剂。现在药典上有的补钙药为碳酸钙片和乳酸钙片。人们从溶解度考虑又制备出纳米级的碳酸钙和溶液剂乳酸钙推向市场。此外, 还有葡萄糖酸钙、苏糖酸钙, 天然活性钙(自然界存在的含钙物质)等, 其补钙效果众说纷纭。到底哪一种制剂生物利用度高? 它们各以何种形式存在(分子或离子)、体液中的溶解度、物种分配、跨膜运送等等, 都将有待我们进一步研究, 以便找到上述问题的答案。

在无机化学中将介绍动力学、热力学基础; 讲述酸碱、沉淀、氧化还原、配位四大平衡; 介绍原子结构、分子结构、晶体结构、配合物结构及基础元素化学。这些内容是从事药物研究必需掌握的最基本的概念和理论。

第三节 无机化学的学习方法

无机化学是药学类专业一门重要的基础课, 学习无机化学的目的是通过理论课的学习为专业课的学习打好化学理论基础, 通过实验掌握一些基本实验技能, 通过自学, 提高自己独立思

考和独立解决问题的能力。化学就其本质和本源而言是一门实验科学，在任何时期，新理论的发现和验证都要通过实验，因此，在无机化学的学习过程中要充分认识到化学实验在无机化学学习过程中的重要性。

无机化学对药学类专业学生的知识结构、能力培训有着极其重要的作用，因此我们在学习过程应重视下述三个注重。

(一) 注重以基本自然规律为指导

自然规律统治着整个宇宙，人类的一切活动必须遵循自然规律，化学活动同样也应以自然规律为指导，进而进一步揭示未知自然规律，增强我们学习的主动性和积极性。例如，化学变化、生物变化的变化方向由两条重要的基本自然规律控制：体系在变化过程中倾向于取得较低的能量状态及体系在变化过程中倾向于取得较大的混乱度，化学变化、生物变化的终态(化学平衡、生物平衡)表现为“能量”和“混乱度”的高度对立统一，即“对称”。上个世纪人类在化学、物理学等诸多领域中的许多成就，从相对论的创立、量子力学的诞生、多肽及蛋白质分子的结构测定，各种光谱的产生、药物设计及构效关系的研究到基因测序，无一不与“能量”、“混乱度”“对称”紧密联系在一起。因此，在化学的学习过程，我们应该恰当把握好“能量——混乱度——对称”这一主线。

例如，了解晶体的稳定性。非晶体其内部结构处于相对无序状态，久而久之其内部结构将转化为相对有序状态，也就是在一定条件下非晶体将自发转化为晶体，晶体是这一自发过程的终态。若仅考虑混乱度的变化 $\Delta S < 0$ ，好像违背了体系变化过程中的混乱度增加这一基本自然规律，但由于结构由无序到有序的过程中的能量变化 $\Delta H < 0$ ，且 $\Delta H < T\Delta S$ ，因此 $\Delta G < 0$ ，所以晶态稳定。

(二) 注重模型的引出、理想模型与实际状态的比较

物质世界千变万化的化学现象都是通过实验观察得到，而在实验基础上的综合、归纳，必然涉及对实验数据进行数学处理，对实验结果进行理论分析，对客观体系进行理论模拟。如人类为了对实际气体进行研究，提出了理想气体模型。Einstein 为了揭示宇宙的起源，提出了宇宙密度均匀的假设。因此，我们在学习过程中，应注重模型的引出思想及理想模型与实际状态的比较，甚至查阅有关内容的原始文献，变应试学习为研究性学习，体会自然科学的美学性。

例如，学习多电子原子轨道模型的建立。氢原子只有一个电子，处理多电子原子时不能直接套用氢原子的量子力学结论，这是由于氢原子中只有电子和原子核之间的相互作用，多电子原子中除了核和电子之间的相互作用，还有电子与电子之间的相互作用，目前我们无法对多电子原子电子运动状态的 Schrodinger 方程精确求解，我们以氢原子模型作为多电子原子的理想模型，假设氢原子中电子的能量的表达式与多电子原子中电子的能量表达式相似，从而引进有效核电荷和屏蔽常数的概念。

(三) 注重由特殊到一般、由性质到结构

结构和性质的关系是无机化学的主要内容之一，通常描述结构与性质的关系时一般由结构探讨性质，由一般过渡到特殊。此时，我们往往被逻辑性很强的描述所吸引，而把当前对某一性质的结构认识当成一件很容易的事件，可以用来解释和预见一切性质。事实上，在早期探讨结构和性质的关系时，往往是由性质出发探索结构，研究一般性质时往往由特殊到一般。通过