

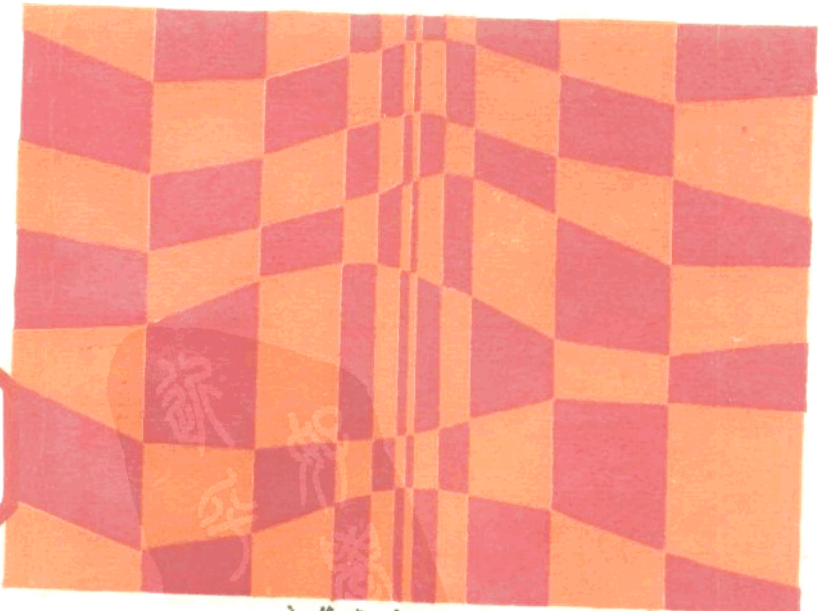
高等学校函授教材

无机化学

(第二版)

上册

章梅芳 孙辰龄 编
孙辰龄 朱 仁 修订



高等教育出版社

第二版前言

本书第一版自1983年出版以来，已经过了八年多的教学使用，在高等工业学校函授教育中，特别是在地质、冶金、选矿、材料等专业的无机化学教学中发挥了积极的作用。随着函授教育改革的深入和无机化学学科内容的迅速发展，有必要对第一版内容进行适当更新和调整，以便更好地适应函授教学的实际需要。

这次修订主要考虑以下几点：

1. 本教材内容的深广度力求符合高等工业学校本科无机化学教学基本要求。

2. 本教材在保持第一版体系的基础上，理论部分不再加深和拓宽，只进行部分章节的调整，以求进一步完善；叙述部分注意运用基本理论和规律分析元素、化合物的性质及反应，加强有关材料、能源、环境保护及三废处理方面知识的介绍。

3. 为能更加体现函授教育的特点，本教材的每章后专设“本章内容小结和基本要求”一节，除说明本章的重点、难点外，对基本内容进行总结和归纳，以利学生复习和巩固。书中带*号部分属选学内容。

4. 由于我国中学教育改革在深入发展，本教材已考虑到全日制中学高中化学教学内容变化。

5. 本教材采用我国法定计量单位。

这次修订由孙辰龄(第1~4章，第9~12章，第16~24章)、朱仁(第5~8章，第13~15章，第25章)两人合作完成。全书由孙辰龄统稿。在修订过程中得到了全国许多从事函授教育的教师的支持和指导。初稿完成后，经西安武警技术学院马泰儒教授审稿，提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平，难免有谬误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

1992年6月

第一版前言

化学是研究物质的组成、结构、性质、变化以及变化规律的科学。由于研究的着重点不同，化学分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等基础学科。无机化学研究的对象是元素、单质及无机化合物的来源、制备、结构、性质、变化和应用。无机化学不仅与物理、生物、冶金、地质等学科有密切联系，而且对工农业生产有很大影响。

无机化学是地质类、选矿类、冶金类及材料类学科学生的主要基础理论课之一。本书根据无机化学内容的特点，分成三部分：

第一部分 主要讨论化学平衡原理。首先以气体为对象，研究化学平衡及有关化学反应速度等基本理论。然后应用平衡原理讨论溶液中电解质的电离、水解、沉淀和氧化还原反应。

第二部分 主要讨论原子结构、分子结构和晶体结构；逐次介绍原子核外电子分布及其与元素在周期系中位置和性质的关系；原子形成分子及分子的构型；由原子、离子、分子等微粒所组成晶体的性质，并用适当的篇幅介绍了络合物。

第三部分 按周期系的 s 、 p 、 d 、 ds 、 f 各区讨论重要元素的单质、氯化物、硫化物、氧化物、氧化物的水合物、某些含氧酸及其他主要化合物。

第一、二部分是无机化学基本理论。第三部分是无机化学基本知识。配合实验，训练基本操作技能，加深理解和巩固基本理论和基本知识。

通过本课程学习，使学生逐步树立辩证唯物主义观点；掌握元素、单质、无机化合物的结构、性质和化学反应的基本规律，初步具备分析和解决某些无机化学实际问题的能力。

本书采用国际单位制，对暂时与国际单位制并用的大气压单位，仍继续使用。

考虑函授生的程度不同；各专业的需要不同，本书的内容分为必读内容、某专业选读内容和参考性内容。后二类分别用带“※”号及小字标出，以便学生根据实际情况选学。

考虑函授生的学习以自学为主的特点，本书的取材力求少而精，重点内容详细陈述，并尽量结合实例、插图和表格以帮助理解。在各章开始有“内容提要”，指出学习思路和重点内容；有“学习要求”以明确目的。各章最后有“本章要点”以帮助总结；有“复习思考题”和“练习题”以引导深入学习。

本教材共二十七章，分上、下两册出版。上册是基础理论部分，下册是以周期系为体系的元素及化合物部分。

本书初稿是按照1979年审订“冶金类无机化学教学大纲（草案）”编写的，作为钢铁学院函授试用教材。这次，按照教育部1982年1月颁行的“高等工业学校冶金类无机化学教学大纲”的要求，在本书初稿的基础上进行修改，并经中南矿冶学院（主审单位）张祥麟、刘承科、武汉地质学院张永巽、湖南大学胡文琼、昆明工学院刘崇雅等同志审稿，对全书的修改提出了许多有益的宝贵意见。另外，吉林工业大学陆建培同志也提出许多很好的建议，在此一并表示衷心的感谢。限于编者水平，书中错误和不妥之处在所难免，深切希望读者给予批评和指正。

编 者

1983年3月于北京

无机化学自学指导

无机化学课程的内容是由基本原理与元素化学两大部分组成的。上册主要讨论化学平衡、反应速率、电化学基础、元素周期律和物质结构等基础理论；下册讨论元素及其化合物的性质与它们的化学变化。化学基本原理与元素及其化合物知识两者之间是相互联系、相互渗透的，学好基本原理有利于分析和掌握元素及其化合物的性质与变化，使我们能更深入地理解元素及其化合物性质之间的内在联系；而掌握了元素及其化合物的性质，又能促使我们加深对基本原理的理解。基本原理与元素化学是相辅相成的不可分割的整体，因此学习无机化学课程时，必须同等重视，不可偏废。

但是，由于基本原理与元素化学两部分的内容和要求不同，所以采取的学习方法也有所不同。对基本原理部分应着重于理解其基本概念，弄清它的确切含意和来龙去脉，对于某些基本定律与公式，则应侧重于如何应用及应用的条件和范围。对于元素化学部分的学习，除了要运用基本原理说明元素及其化合物的性质之外，还应当注意在理解的基础上，结合化学实验加强记忆。

那么，怎样才能学好无机化学课程呢？除需要有一个刻苦认真的学习态度外，还要有一个较好的学习方法。结合函授教育的特点，我们提出以下几点建议，供读者参考。

一、制定一个切实可行的自学计划

根据本课程在工科专业培养目标中的地位 and 作用，参照无机化学课程基本内容的学时分配与作业安排，在充分考虑自己的学习基础、自学能力、实际能投入的学习时间等情况后，制定一个自学计划。自学计划应包括函授生必须完成的各学习环节的具体安排和每周学习时间表等。

二、认真阅读教材

1. 阅读教材要做到逐步加深理解。阅读大致可分为三个阶段：首先阅读每个阶段、各有关章节前面的简介，了解所学内容在本章中的作用和地位及各章节的大致内容，即所谓初读；在此基础上进行理解阅读。所谓理解阅读是指能理解基本概念的含义、掌握学习的基本内容或要点，并能举例说明所学内容的实际应用；最后通过复习、思考题结合教材中有关内容进行深入地阅读，并注意总结自己的阅读体会，提高自己的阅读能力。

2. 做好阅读笔记。阅读教材不能只读不记，也不能照抄教材，而是要记下自己阅读教材后的心得体会。阅读笔记应包括某一理论提出的实验依据。对基本概念的理解、有关理论和概念的应用条件与使用范围等，也可以是各阶段或各章的总结。这样就能把握书本中的主要内容，加深对所学知识的理解。

3. 解决阅读中疑难问题的途径。在阅读某些章节的过程中，会遇到一些难度较大、一时又解决不了的问题，使自学发生“卡壳”现象。遇到这种情况，首先要反复阅读有关内容，并参阅有关书籍，提高自己的接受能力。若是还解决不了，也可以把这部分内容先搁置起来，继续读后面的内容，通过后述内容的学习，往往对前面所遇疑难问题的解决会有所帮助。当然经过努力实在解决不了的问题，也可通过面授或去函请老师答疑。

三、认真完成作业和阶段测验题

自学完一章教材内容之后，都需要完成一定数量的练习题，每一阶段学习之后，努力争取在规定的时间内完成阶段测验题，这是学习中不可缺少的一个环节。通过做题不仅可以检查自己对所学内容的掌握情况，起到对所学知识的巩固作用，而且还能锻炼灵活运用所学知识的能力。

必须指出的是，做题是一项艰苦的脑力劳动，特别是对函授生来说，因为有时不能得到教师的及时指导和督促，往往会产生畏难情绪。因此函授生一定要在认真阅读有关教材内容的基础

上，在初步掌握了有关知识之后再做题。这样做会起到事半功倍的效果，当然也就提高了做题的积极性。

四、重视实验

化学是一门以实验为基础的学科，化学中的很多重要理论与规律都是从实验中归纳和总结出来的。同时任何一个理论或规律的应用和评价，也只能根据实验来检验。因此，化学实验是人们认识物质的化学性质、揭示化学变化规律和检验化学理论的重要手段，同时也有助于培养学生正确地掌握实验操作的基本技术和技能。我们在学习理论知识的同时，必须十分重视实验。

做实验前应充分预习实验内容，必要时需写出预习报告，并能正确地回答以下问题：

本次实验的目的与基本原理是什么？

如何着手进行实验？主要手段是什么？

实验操作时应该注意哪些事项？

预测实验得到的结果与数据。

实验中要认真仔细地观察现象，并注意结合所学知识进行分析。若实验结果与预测的不一致时，不要忙于下结论，更不要自圆其说，而应认真检查操作过程中是否有错，发现问题应当纠正，必要时需重做实验。实验后应及时写出实验报告。

学习是一个艰苦的劳动过程，又是一个知识积累的过程。知识的积累，并不是事实的堆积。掌握知识的关键在于寻找出事物之间的内在联系，进而提高综合分析、解决实际问题的能力。因此，我们一定要循序渐进、持之以恒，学透每一个问题，并能独立思考、灵活运用。只有这样，才能融会贯通，逐步在知识的海洋中获得自由。

目 录

无机化学自学指导	1
第一章 化学变化中的质量关系与能量关系	1
§ 1-1 化学反应方程式	1
1-1 化学变化的特征	1
1-2 化学反应方程式	2
1-3 氧化还原反应方程式的配平	3
§ 1-2 物质的计量	9
2-1 SI简介	9
2-2 物质的量及其单位——摩尔	11
2-3 摩尔质量	12
2-4 溶液及其浓度	12
2-5 气体的计量	16
§ 1-3 应用化学方程式计算	24
§ 1-4 化学反应中的能量关系——热化学	28
4-1 热化学反应方程式	28
4-2 盖斯定律	30
4-3 能量守恒和焓变	32
4-4 由标准生成焓计算反应热	36
4-5 键焓与反应焓变	40
§ 1-5 本章内容小结与基本要求	44
复习思考题	45
练习题	46
第二章 化学反应速率	52
§ 2-1 化学反应速率	52
1-1 反应速率的表示方法	53

1-2 化学反应速率的实验测定	56
§ 2-2 浓度对反应速率的影响	57
2-1 基元反应的速率方程式——质量作用定律	57
2-2 非基元反应的速率方程式	59
2-3 反应级数	60
§ 2-3 温度对反应速率的影响	63
§ 2-4 活化能	68
4-1 碰撞理论	69
4-2 过渡状态理论	70
4-3 活化能的物理意义	72
4-4 活化分子与反应速率的关系	73
§ 2-5 催化剂对反应速率的影响	74
§ 2-6 多相反应简介	77
§ 2-7 本章内容小结与基本要求	79
复习思考题	80
练习题	81
第三章 化学平衡	85
§ 3-1 化学反应的可逆性	85
§ 3-2 化学平衡常数	87
2-1 平衡状态	87
2-2 浓度平衡常数(K_c)与压力平衡常数(K_p)	89
2-3 标准平衡常数	93
§ 3-3 有关平衡常数的计算	94
§ 3-4 多重平衡	98
§ 3-5 影响化学平衡的因素	101
5-1 浓度(或分压)对平衡的影响	101
5-2 总压对平衡的影响	105
5-3 温度对平衡的影响	108
5-4 平衡移动原理	111
§ 3-6 本章内容小结与基本要求	112

复习思考题	113
练习题	114
第四章 反应自发性的判断	120
§ 4-1 反应热与化学反应的方向	120
§ 4-2 过程的自发性与吉布斯函数变化(ΔG)	121
2-1 过程的自发性	121
2-2 体积功与非体积功	124
2-3 吉布斯函数变化及其与非体积功(W')的关系	125
2-4 标准生成吉布斯函数变化($\Delta_f G^\ominus$)与反应的 $\Delta G^\ominus$	128
§ 4-3 熵(S)与熵变(ΔS)	131
3-1 熵的物理意义	131
3-2 化学反应的熵变计算	133
§ 4-4 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 关系式	135
§ 4-5 $\Delta G^\ominus$ 与平衡常数关系式—— $\Delta G^\ominus = -RT \ln K^\ominus$	140
5-1 $\Delta G^\ominus = -RT \ln K^\ominus$ 关系式	140
5-2 平衡常数($K^\ominus$)与温度(T)的关系	142
§ 4-6 本章内容小结与基本要求	143
复习思考题	144
练习题	145
第五章 电解质溶液(一)	148
§ 5-1 强电解质与弱电解质	148
1-1 电解质的分类	148
1-2 水的分子结构与溶剂化	149
1-3 电离度(α)	151
§ 5-2 一元弱酸和一元弱碱的电离平衡	152
2-1 一元弱酸的电离平衡	153
2-2 一元弱碱的电离平衡	154
2-3 稀释定律	155
2-4 电离平衡的简单计算	157
2-5 同离子效应	159

§ 5-3 水的电离平衡与溶液的pH值	163
3-1 水的电离平衡和水的离子积	163
3-2 溶液的酸碱性 with pH值	165
3-3 酸碱指示剂	168
§ 5-4 多元弱酸的电离平衡	169
• § 5-5 强电解质溶液理论	173
5-1 表观电离度	173
5-2 离子活度(有效浓度)	174
5-3 离子互吸理论	175
*5-4 离子缔合理论	176
§ 5-6 本章内容小结与基本要求	176
复习思考题	177
练习题	179
第六章 电解质溶液(二)	181
§ 6-1 盐类的水解	181
1-1 强碱弱酸盐的水解	182
1-2 强酸弱碱盐的水解	184
1-3 弱酸弱碱盐的水解	185
1-4 多元弱酸盐的水解	187
1-5 影响水解反应的因素	189
§ 6-2 缓冲溶液	191
2-1 缓冲溶液的组成和缓冲原理	192
2-2 缓冲溶液的选择和配制	195
• § 6-3 酸碱理论	197
3-1 酸碱质子理论	198
3-2 酸碱电子理论	201
§ 6-4 本章内容小结与基本要求	203
复习思考题	205
练习题	206

第七章 沉淀反应	209
§ 7-1 多相离子平衡	209
1-1 溶度积常数	209
1-2 溶度积与溶解度的相互换算	212
§ 7-2 沉淀与溶解	215
2-1 溶度积规则	215
2-2 同离子效应	217
*2-3 盐效应	218
2-4 沉淀的溶解	220
§ 7-3 分步沉淀	223
§ 7-4 本章内容小结与基本要求	227
复习思考题	228
练习题	228
第八章 氧化还原反应	231
* § 8-1 离子-电子法配平氧化还原反应式	231
§ 8-2 原电池与电极电位	234
2-1 原电池	234
2-2 电极电位	239
2-3 标准电极电位	240
2-4 能斯特方程式	245
§ 8-3 电极电位的应用	248
3-1 判断氧化剂和还原剂的相对强弱	248
3-2 判断氧化还原反应进行的方向	250
3-3 判断氧化还原反应进行的程度	251
3-4 元素电位图	254
§ 8-4 本章内容小结与基本要求	258
复习思考题	259
练习题	261
关于化学平衡部分的总结	266
第一阶段测验题	267

物质结构部分的自学指导	283
第九章 原子结构	285
§ 9-1 氢原子光谱与玻尔理论	285
*1-1 原子的组成	286
1-2 氢原子光谱	289
1-3 玻尔理论	291
§ 9-2 核外电子运动状态的描述	294
2-1 电子运动的波粒二象性	294
2-2 波函数(ψ)	295
2-3 原子轨道的图形	297
2-4 电子云图形	298
2-5 四个量子数	302
§ 9-3 原子轨道的能级	306
3-1 多电子原子的近似能级	306
3-2 屏蔽效应	309
3-3 钻穿效应	311
3-4 原子序数与能级变化	313
§ 9-4 核外电子的排布	314
4-1 核外电子排布的原则	314
4-2 核外电子排布	316
§ 9-5 本章内容小结与基本要求	321
复习思考题	323
练习题	324
第十章 元素周期系	326
§ 10-1 原子结构与元素周期系	327
1-1 周期与能级组的关系	327
1-2 族与原子的外层电子构型的关系	328
1-3 元素分区与原子的电子层结构的关系	330
§ 10-2 原子结构与元素的基本性质	332
2-1 原子半径	332
2-2 电离能(I)	334

2-3 电子亲合能(E)	336
2-4 电负性(χ)	337
§ 10-3 本章内容小结与基本要求	340
复习思考题	342
练习题	343
第十一章 化学键与分子结构	347
§ 11-1 离子键	347
1-1 离子键的形成	347
1-2 离子键的特征	348
1-3 离子的特征	349
§ 11-2 价键理论	353
2-1 H_2 分子共价键的形成	354
2-2 价键理论的基本要点	355
2-3 σ 键和 π 键	358
2-4 配位键	359
§ 11-3 键参数	361
3-1 键长	361
3-2 键焓	363
3-3 键角	363
3-4 键的极性	363
§ 11-4 杂化轨道理论	365
4-1 杂化与杂化轨道	365
4-2 杂化轨道类型	367
4-3 等性杂化与不等性杂化	373
4-4 杂化轨道理论的基本要点	374
§ 11-5 价层电子对互斥理论	375
5-1 价层电子对互斥理论的基本要点	375
5-2 应用VSEPR法判断分子构型的一般规则	379
5-3 判断分子构型的实例	380
§ 11-6 分子轨道理论	382
6-1 分子轨道理论简介	382

6-2 简单分子轨道的形成和能级图	384
6-3 第二周期同核双原子分子的结构	387
§ 11-7 本章内容小结与基本要求	390
复习思考题	392
练习题	393
第十二章 晶体结构	397
§ 12-1 晶体的特征和类型	397
1-1 晶体的特征	397
1-2 几种常见的晶格	398
1-3 晶体的类型	400
§ 12-2 离子晶体	401
2-1 离子晶体的特性	401
2-2 晶格焓	402
2-3 三种典型的离子晶格类型	404
2-4 离子极化	407
§ 12-3 分子晶体	411
3-1 分子晶体及其特性	411
3-2 分子的极性与偶极矩	412
3-3 分子间作用力	415
3-4 氢键	418
§ 12-4 原子晶体	423
§ 12-5 金属晶体和金属键	425
5-1 金属键理论	425
5-2 金属晶体的结构	428
§ 12-6 化学键键型和晶体构型的变异	430
6-1 化学键键型的变异	430
6-2 晶体构型的变异	431
§ 12-7 本章内容小结与基本要求	433
复习思考题	435
练习题	436

第二阶段测验题	440
---------------	-----