

无机化学学习指导

(上册)

张式和 齐秀珍 苏永渤编



辽宁教育出版社

无机化学学习指导

(上册)

张式和 齐秀珍 苏永渤 编

辽宁教育出版社

一九八六年·沈阳

无机化学学习指导 (上册)

张式和 齐秀珍 苏永渤 编

辽宁教育出版社出版 辽宁省新华书店发行
(沈阳市南京街6段1里2号) 中国科学院沈阳分院印刷厂印刷

字数: 351,000 开本: $787 \times 1092^{1/32}$ 印张: $15^{7/8}$

印数: 1—3,550

1986年5月第1版

1986年7月第1次印刷

责任编辑: 周广东

责任校对: 理力东

封面设计: 邹君文

统一书号: 7371·196

定价: 2.80元

出版说明

本书是指导学习“无机化学”和“普通化学”的参考书。全书分上、下两册，上册共九章，即物质的聚集状态、热化学、化学反应速度与化学平衡、电解质溶液、沉淀反应、氧化还原反应、原子结构与元素周期律、化学键与晶体结构和配位化合物。

各章都包括四部分：学习要求、内容简述、例题分析和自我检查题。以利读者明确要求，掌握要点，理解化学基本概念、基本理论和一般规律。对培养读者的自学能力、综合能力和解题能力等方面有积极帮助。

本书可供高等院校学生、教师以及化学、化工工程技术人员参考。

本书上册第一、二、三章由齐秀珍编写，第四、五、六章由苏永渤编写，第七、八、九章由张式和编写。最后由张式和总校阅。

目 录

绪 言

- (一) 无机化学的研究对象····· (1)
- (二) 无机化学的地位和作用····· (3)
- (三) 学习无机化学的方法····· (6)

第一章 物质的聚集状态····· (10)

- 一 学习要求····· (10)
- 二 内容简述····· (10)
 - (一) 物质的主要聚集状态和物理特性····· (10)
 - (二) 气体定律····· (11)
 - (三) 液体的蒸气压····· (15)
 - (四) 溶液····· (16)
 - (五) 稀溶液的依数性····· (18)
 - (六) 晶体及其特性····· (21)
- 三 例题分析····· (22)
- 四 自我检查题····· (49)

第二章 热化学····· (54)

- 一 学习要求····· (54)
- 二 内容简述····· (54)
 - (一) 热效应及其测量····· (54)
 - (二) 焓变····· (57)
 - (三) 热化学方程式····· (59)
 - (四) 热化学定律—盖斯定律····· (60)
 - (五) 常见的几种热效应····· (60)
- 三 例题分析····· (63)
- 四 自我检查题····· (85)

第三章	化学反应速度与化学平衡	(88)
一	学习要求.....	(88)
二	内容简述.....	(89)
	(一) 化学反应速度及其影响因素.....	(89)
	(二) 化学平衡和平衡移动.....	(94)
	(三) 化学反应的方向和限度.....	(99)
三	例题分析.....	(105)
四	自我检查题.....	(142)
第四章	电解质溶液	(149)
一	学习要求.....	(149)
二	内容简述.....	(149)
	(一) 弱电解质的电离平衡.....	(149)
	(二) 水的电离与溶液的酸碱性.....	(154)
	(三) 盐类的水解.....	(156)
	(四) 同离子效应及缓冲溶液.....	(160)
	(五) 酸碱理论.....	(162)
三	例题分析.....	(170)
四	自我检查题.....	(193)
第五章	沉淀反应	(196)
一	学习要求.....	(196)
二	内容简述.....	(196)
	(一) 溶度积.....	(196)
	(二) 沉淀的生成与溶解.....	(198)
	(三) 分步沉淀与沉淀转化.....	(201)
三	例题分析.....	(203)
四	自我检查题.....	(229)
第六章	氧化还原反应及原电池	(232)

一	学习要求	(232)
二	内容简述	(233)
	(一) 氧化还原反应及其方程式的配平	(233)
	(二) 原电池及电极电位	(241)
	(三) 影响电极电位的因素——Nernst 方程	(246)
	(四) 电极电位的应用	(252)
	(五) 元素电位图及其应用	(254)
三	例题分析	(257)
四	自我检查题	(289)
第七章	原子结构与元素周期表	(293)
一	学习要求	(293)
二	内容简述	(293)
	(一) 原子核外电子的运动状态	(293)
	(二) 量子数的概念和近似能级图	(295)
	(三) 原子核外电子的排布与元素周期表	(300)
	(四) 元素的性质与原子结构的关系	(303)
三	例题分析	(306)
四	自我检查题	(347)
第八章	化学键与晶体结构	(351)
一	学习要求	(351)
二	内容简述	(351)
	(一) 离子键	(352)
	(二) 共价键	(353)
	(三) 金属键	(360)
	(四) 分子间力	(361)
	(五) 分子结构和晶体结构	(363)

三	例题分析	(366)
四	自我检查题	(407)
第九章	配位化合物	(411)
一	学习要求	(411)
二	内容简述	(412)
(一)	配位化合物的基本概念	(412)
(二)	配位化合物的化学键	(414)
(三)	配位化合物在水溶液中的离解平衡	(418)
(四)	几种特殊的配合物	(425)
(五)	酸碱的电子理论和软硬酸碱	(427)
三	例题分析	(430)
四	自我检查题	(471)

附录一 国际原子量表

附录二 国际单位制

附录三 一些物质的标准生成热(ΔH°_f)、标准生成自由焓(ΔG°_f)
和标准熵(S°)

附录四 一些弱电解质的电离常数(25℃)

附录五 溶度积常数

附录六 标准电极电位(25℃)

附录七 配离子的不稳定常数

自我检查题答案

绪 言

无机化学是冶金化工类型各专业必修的基础课之一。在中学我们已经学过化学，为什么大学还要深入学习呢？为了解决这个问题，需要首先弄清楚什么是无机化学？无机化学是研究什么的？

（一）无机化学的研究对象

无机化学的研究对象是所有元素及其化合物（碳氢化合物除外）的化学反应和性质。研究碳氢化合物的化学称为有机化学。无机化学要研究元素周期系中一百多种元素及其化合物，涉及的范围很广。五十年代和六十年代最活跃的无机化学是配位化学，建立了配位场理论，测定了配合物的电子光谱，研究了配合物的立体化学。近二十年来，由于有机化学、物理化学、电化学以及生物化学对无机化学的渗透和影响，更加开拓了无机化学的研究内容。为了便于论述，这个学科的内容可分为三个课题——合成无机化学、理论无机化学和应用无机化学。

1. 合成无机化学 本世纪二十年代用独特的仪器和技术合成了硼氢化合物，它是高能火箭燃料。五十年代合成了新的配合剂，应用在铜的溶剂萃取上，改进了铜的冶炼工艺，使铜的产量大增。由于合成无机化学的发展，六十年代以前人们认为不存在的化合物，如 HOF 、 BrO_2^- 和 XeF_n 等，

近二十年都已相继被合成出来了。基于压力足以改变电子轨道的形状，在 200,000 大气压和 2500°C 高温条件下，人们已将石墨转变成了金刚石。又如许多耐高温材料的制备成功，适应了火箭技术和核技术发展的要求。最近，合成了一种铂的有机配合物，可以治疗癌症，甚至对晚期癌症也有效。这些实例表明，合成无机化学正在迅速发展。

2. 理论无机化学 现代无机化学要求对各种化学行为和化学性质作出推理判断，不再停留在制备和描述上，对物质的成键、反应的机理、溶液中离子的行为等理论无机化学的内容给予足够的重视。当然，它与物理化学往往是难于严格区分的。特别是五十年代以来，现代物理方法在无机化学领域中的应用，使人们对无机化合物的结构和变化规律有了比较系统的认识。关于无机化合物的结构，特别是配合物的结构，元素周期律的理论，氧化还原理论，酸碱理论相继总结出来，这些都是理论无机化学的内容。

3. 应用无机化学 应用无机化学的范围更加广泛，除了无机物的生产外，还有玻璃、陶瓷、水泥、肥料以及冶金工业等，实质上都是无机化学大规模的应用。这些工业当今大多数还是属于传统的性质，但现代无机化学完全可能，将要为未来的无机工艺和冶金工艺的革新做出重大贡献。当前，无论是信息、材料、电子技术，还是能源工业的发展，都广泛地依赖于新型无机材料的研制。例如，彩色电视的问世，铌酸锂单晶起了积极的贡献。用铌酸锂做成的滤波器，体积小，性能稳定，因而得到大量使用。此外，一维导体、固体电池以及太阳能转换等问题的解决，都涉及到广泛的无机化学知识。

(二) 无机化学的地位和作用

由无机化学的研究对象，我们不难看出，它直接关联着物质资料的生产影响着人民的身体健康及生活水平。无机化学本身是一门基础科学，在广泛联系的基础上，不断地提出新思想、新概念和新理论，直接或间接地推动生产和科学技术的发展。据1976年的统计，人类认识的无机化合物的总数已达五百万种之多。每年发表的无机化学论文也是较多的。由此看来，无机化学是工作开展得很活跃的一个化学分支。

无机化学一方面继续发展本身的学科，另一方面正在同其它学科进行渗透交叉。例如，无机化学和有机化学交叉形成了有机金属化学；一些金属的氧化物，碳化物和氮化物是耐火的高熔点材料，它们的合成要使用高温，从而形成了高温化学，在火箭和航天技术上有很大发展。

我们敬爱的周恩来总理说过“科学技术的基本任务，是为了发展生产，同自然界作斗争”。我们在自然界中遇到的是地壳、水、空气、动物和植物等，它们很少可以直接利用，需要化学的加工处理，将原料制成种种的金属和合金，各种酸、碱、盐、化学肥料、炸药和药剂等。除天然原料外，还要把工农业废料加以利用。所以无机化学的学习，将给我们发展生产提供一定的基础知识。

我国拥有丰富的矿山资源，铁矿石的工业储量达五百多亿吨，仅次于苏联、巴西和美国，而居于世界第四位。有色金属资源也很丰富，钛、钨、锑、锌、钼、铅、汞、锂和稀土金属的储量都名列世界前茅。解放以来，通过大规模的地质勘查，各种元素都有储量较多的产地，是名符其实的大

物博、资源丰富的国家。但是，资源虽然丰富，而利用却很不合理。就我国钨矿的储量来说，比其他国家钨矿储量的总和还多，每年钨精矿的出口量几乎占国际市场的一半，而我国使用的钨制品反而依赖进口。由于矿石价格低廉，钨制品价格昂贵，致使大量资金外流。如何改变这种不合理局面，保护国家利益，显然是我们无机化学工作者义不容辞的光荣任务。钨矿如此，其它矿产也有类似情况。我们学习无机化学，就要对我国的丰产元素进行深入的化学研究，以改进综合利用的工艺流程，并研究其结构和性能，借以发现新用途，迅速改变这种不合理局面。

在工业现代化中，无机化学对能源的开发，资源的综合利用，金属材料与合金材料的提供，表面活性剂和配合剂的研究，都起着重要的作用。例如：运用物质结构和性能，有利于选择和使用原材料，改进生产工艺流程；运用化学变化规律，可以制备生产上需要的各种材料（如航天工业需要抗高温的材料；信息工业需要超导、压电、磁性等良好电磁功能的材料；电子工业需要半导体材料和绝缘材料等）。作为新能源的固体电池、燃料电池的超离子导体，以及近几十年来制成的无机晶体、陶瓷等新型无机材料，在现代技术中的能源转换、信息贮存、传输和显示等方面都有重要的应用。今后，随着化学工业的发展，合成材料的使用将大大提高，对合成材料性能的了解，合理的使用和维护，都需要无机化学的理论和知识作为基础。

无机化学的研究对象是自然科学总体研究的一个组成部分。无机化学作为一门基础科学，它与各门学科之间的相互渗透也日益增强，并出现了许多边缘科学。但是，随着现代科学技术的发展，它不是被代替、被削弱了，而是得到相应

的加强和发展。因此，在生产实践中，我们必须综合应用各门学科的知识才能解决新问题。所以，每个科技工程人员需要了解的化学知识也愈来愈深广。

化学是从物质变化的角度来研究自然科学的。恩格斯说“化学可以称为研究种种物体因数量成分改变而发生质变的科学”。元素的性质随着原子序数的递增而发生变化，并从一个周期过渡到另一个周期，发生跳跃式的变化，体现了量变到质变的规律。矛盾是普遍存在的，在化学中，化合与分解，氧化与还原，中和与水解等，构成矛盾的两个对立面，反映了矛盾的普遍性。电子运动的状态，反映了矛盾的特殊性。化学平衡又生动地说明了矛盾的对立和统一。在自然界，静止的岩石不断地起着风化作用，表明物质以化学运动的形态不断变化着。因此，人类有意识地进行着许多化学过程。在高炉中，人们把铁的氧化物、石灰石、焦炭和氧作用，使之不断转化为生铁、硅酸钙、一氧化碳和二氧化碳。在其他工业部门，很多方面也与炼铁一样，都在通过化学变化把自然资源转化为有用材料。总之，在自然界，矛盾是普遍存在的。矛盾的对立和统一，量变转化为质变……等辩证规律也存在于自然界。所以，化学和其他自然科学一样，提供了生动的例证，帮助我们建立辩证唯物主义世界观。反过来，只有自觉地应用辩证唯物主义观点，才能很好地掌握化学中的种种规律。

然而，辩证唯物主义者决不停留在认识自然和解释自然上，更重要的是用以征服自然和改造自然。所以，我们学习化学，要为生产服务，为祖国的社会主义建设服务。

了解无机化学的地位和作用，会端正我们学习无机化学的目的，提高学好无机化学的积极性。

(三) 学习无机化学的方法

学好无机化学，主要取决于自己愿意付出多大的努力。怎样才是尽了最大的努力呢？下面提供几点建议，以供参考：

1. 课前预习，上课记好笔记

对要学习的内容，应该大致有一个总的了解。课前掌握得越多，发现的问题越多，听起课来就越感到主动，笔记就能记得更好。所以，课前预习很重要。

养成上课记笔记的习惯是必要的。因为教师的讲授，不是照本宣科，必然突出在重点和难点上，有理有据地分析问题，所以，记好笔记能帮助自己掌握内容的要点。听课时注意哪些内容是教师强调的？提出了什么新的例题和应用？进行了什么演示实验？都要一一笔记。笔记的同时，要进行思考。手脑并用不是一件容易的事，必须做好充分预习，才能达到这个目的。

上课时，每当遇到疑难问题或没有听懂的问题时，应该在笔记上作个符号，留待课后阅读教科书、参考书或请教老师或与同学研究来解决，不要影响继续听课。

记好笔记有利于掌握学习方法，通过笔记，你会学习到教师是如何归纳总结教材内容的。这对自学能力的提高也有一定帮助。

2. 课后认真复习，完成作业

听课是学习知识的一个途径，但不是唯一途径。大量知识的掌握是靠自学得来的。因此，要努力提高自学能力，如阅读能力、解题能力等。掌握知识和提高自学能力是互相促进的，掌握知识是提高自学能力的基础，提高自学能力又

是掌握知识的重要条件。为此，应提倡独立思考深入钻研的学习方法。

学习一个问题，首先要注意问题是怎样提出来的？靠什么方法去解决？要借助于哪些理论和实验？这个问题当前解决到什么程度？有什么实际意义？这样就有了一个清晰的思路，有利于掌握所学内容。在学到某一理论或分析某一具体问题的方法后，对以后的类似情况，要学习用对比的方法，从中找出讨论问题的共性和差异，使自己学习的知识系统化。这种把新学习的知识和已掌握的知识对比起来的学习方法，是有利于记忆和深入理解所学内容的，希望能掌握这一学习方法。此外，还要强调一点，千万不要习惯于单纯地死记教材内容，要顽强地钻研教材，深入理解，联系应用，力求融会贯通。在理解的基础上掌握所学内容。

实践—理论—实践的公式，也是学习中必须注意的。对任何理论的评价和应用都要依据实践的结果。要尊重事实，实事求是。要认识到每一个化学理论和规律都不是万能的，还要在实践中不断地发展。

在复习元素部分时，要根据笔记，抓住教材中的主要内容，深入探讨，举一反三。对教材中的次要内容，只作一般了解，适当联系实际。要善于运用周期律的理论来进行归类。因此，熟悉元素性质的周期性变化规律是很重要的，它是掌握元素的单质及其化合物知识的重要基础。

弄清化学理论和概念后，解几个习题，对巩固所学知识是大有益处的。建议同学们在认真复习的基础上去完成作业，这样的学习方法，会给同学们节省大量的学习时间。下面把解题方法略加介绍：

(1) 细心审阅题目。题中要求解决的是什么问题？给

出了什么条件？这些条件与要解决的问题之间有什么关系？这些必须首先弄清。因此，在解题之前，必须对涉及到的基本原理、关系式、定义和定律等都完全弄懂。

(2) 严密地考虑解题方法。先把整个题目的解法想好，然后再按步骤去解。要学会用最简便的方法，尽可能少的步骤去解题。所以要仔细思考。在作业中，必须把每一步骤书写清楚，因为它反映你思路是否严谨，必须让它留在作业中以便复习。计算中的每一数字都有它的物理意义，所以不能省略单位，一定要把单位标清。

(3) 检查解题结果，推理、论据是否合理，计算是否准确，答案是否符合实际。解题中往往有懒惰思想作怪，或是省略推理、论证过程，或是计算中不愿使用有效数字，这些习惯必须努力改正。可曾想到，把小数点的位置弄错，或是把单位搞错，将会给生产上带来多大的损失！

为了帮助同学们提高解题能力，本书用了较大篇幅对一些典型例题或难题作了分析。

3. 实验时，认真观察现象，努力提高分析问题和解决问题的能力

无机化学是一门以实验为基础的科学，许多化学理论和规律都是从实验中总结出来的。因此，进行无机化学实验时，要有严谨的学风和科学的态度。要养成仔细观察现象的习惯，学会观察的方法，并且要积极思维，对每一现象，不论是正常的还是异常的，都要问一个为什么，并仔细记录下来，然后翻阅有关资料，弄清产生各种现象的原因，这样就会使学习更加扎实，更加深入。

实验后认真书写实验报告，对实验结果做合理的分析，学会归纳总结的能力。有时还会从中找出新的研究课题，推

动学科的发展。例如，稀有气体的发现，就是在测定空气密度时，有0.1%的误差而引起研究的。

最后还要强调一点，学习必须从自己的实际水平出发，踏踏实实，循序渐进。只要勤奋学习，你的聪明才智就能充分发挥。此外，学习要有“不耻下问”的精神，经过独立思考，还有不懂的问题，要虚心向教师请教，向同学们请教，在共同讨论互相学习中，活跃学习风气，增长知识，提高能力。