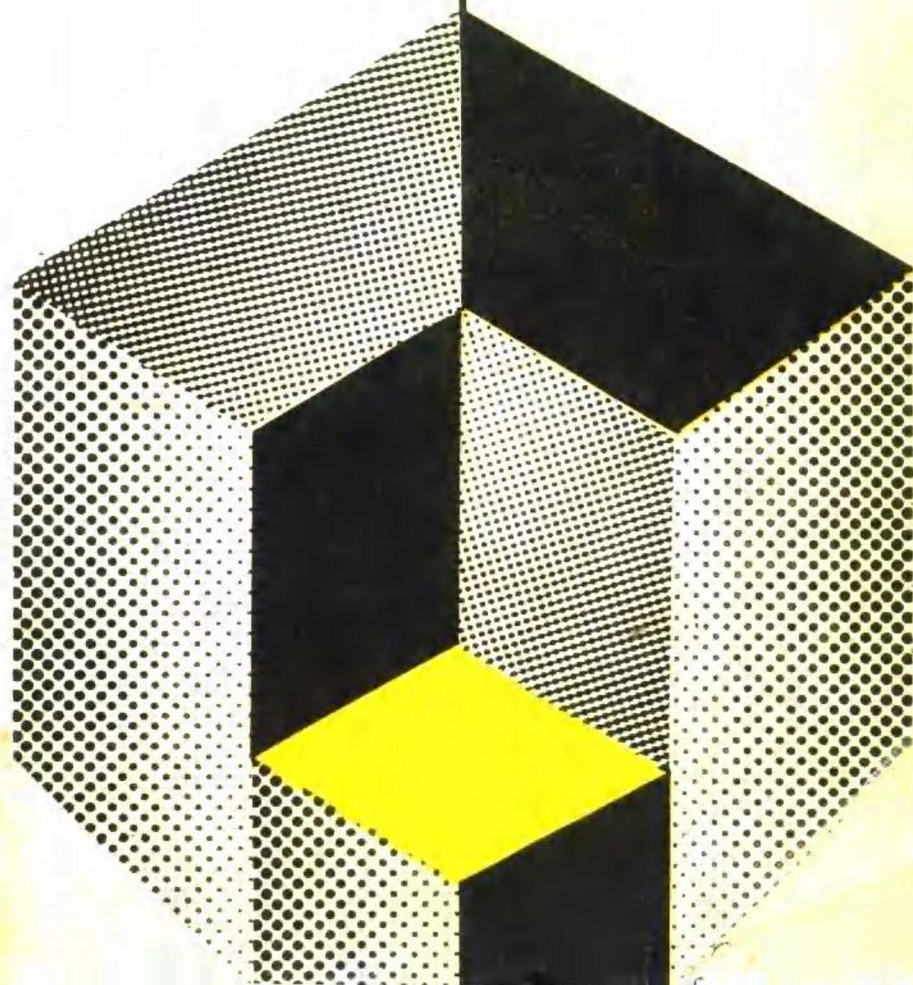




师范专科学校教材

无机 化学

·上册·杨德壬 主编



师范专科学校教材

无机化学

上册

杨德壬 主编

~~高等教育出版社~~

内 容 提 要

本书系根据 1988 年修订的全国二年制高等师范专科学校《无机化学》教学大纲编写的,分上、下两册出版。上册部分主要为无机化学中的基本概念和基础理论。书中内容充分考虑到师专学制和培养目标以及无机化学课程的任务、目的和要求,理论深度和知识面广度掌握较恰当;注意理论与实际及本课程与中学化学的联系;基本概念的描述力求严密准确。

教材中各章都编有“内容简介”和“摘要与自我评估”,便于学生掌握学习重点、复习及自我检验。根据习题的难易及类型,分为 A、B、C 三类编排,并附有参考答案。此外,结合各章内容还配有“选读材料”。

本书作为师范专科化学专业教材,亦可供其他专科学校使用。

师范专科学校教材

无 机 化 学

上册

杨德壬 主编

*

高等教育出版社出版

高等教育出版社照排中心照排

新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 16.75 插页 1 字数 430 000

1989 年 5 月第 1 版 1989 年 5 月第 1 次印刷

印数 0001—3 200 1

ISBN7-04-002120-X/O · 762

定价 4.00 元

编写说明

本书系根据 1988 年修订的全国二年制高等师范专科学校《无机化学》教学大纲编写的，可作为师专无机化学课程的教材，适用于 150 学时的教学（包括课堂讲授与习题课等）。

我们认为，无机化学是师专化学专业的一门最重要的基础课。通过本课程的学习，应使学生系统地掌握元素周期律、近代物质结构理论、化学反应的能量变化、化学平衡和氧化还原等基本原理；牢固掌握重要元素和化合物的主要性质、结构、变化规律和用途；熟练掌握无机化学中的有关基本计算；从而为其他几门后继课程准备必要的基础知识。与此同时，应结合本课程特点，重视发展学生智能并使寓于传授知识之中，为学生毕业后能独立从事初中化学教学打下坚实的基础。

根据无机化学课程的任务和目的要求，及编写教材必须遵循的思想性、先进性、科学性和实践性原则的要求，我们注意到以下几点：

1. 鉴于无机化学课程是学习化学专业中其他课程的基础，为从事中学化学教学提供了坚实基础，也考虑到师专学制和培养目标的特点，因而师专无机化学教材的叙述应当反映出具有相当广的知识面，但又必须掌握恰当的深度。

2. 对基本概念的描述务求严密准确。同时还注意到有些基本概念同中学教材和后继课程的衔接，注意到叙述的层次性。

3. 在传授知识的同时，注意在教材中渗透爱国主义教育，激发学生献身社会主义建设的热情。尽力在知识叙述中培养逻辑的思维方法，树立科学方法论的观点。

4. 正确处理教材内容的更新。近二三十年以来，新的技术革命大大推动了无机化学领域中的许多新进展，作为教材应当迅速

予以反映。在教材的元素部分，介绍一些无机物质在现代科学技术中的应用知识，并借助于“选读材料”解决教材篇幅过长的矛盾。然而，作为基础学科的无机化学，还应注意基础内容的相对稳定性，不宜把仍有价值的经典理论和传统规则视为陈旧。相反地，有些必要的历史材料还有助于学生了解知识的由来和发展，这一点对师范教材往往是不可缺少的。

5. 力求正确体现理论与实际相结合的教学原则。无机化学基础理论中的大部分集中在教材的前半部分（上册），也有些分散在教材后半部分（下册），即元素化学各章节中。采用这种集中与分散的原则有利于从内容上密切理论与实际的联系。另外，在元素部分的内容中，既要充分发挥理论的指导作用，但又不必也不可能对所有事实材料都要求从理论上加以阐明。再有，考虑到初中教学是九年制义务教育的组成部分，大量毕业生应当直接为社会和经济的发展作出贡献。因而在课程内容中，尽量反映化学知识在生产、生活以及社会各个方面发展中的作用。

6. 明确各部分教学基本要求，便于自学，并力求在体例上生动活泼，加强可读性。为此，各章开始附有内容简介，指出内容要点或难点，本章与前后章间的关系等。各章正文后面按条目形式提供摘要，便于学生按照基本要求进行复习，也可作为对学习效果进行自我评估的依据。为便于选用各章习题，在编排上作了分类：如A类属描述、思考、分析、解释等类型；B类属于计算或书写反应方程式（下册）类型；C类则属于综合型或带有一定难度。此外，还结合各章内容编写了“选读材料”，虽不列为教学要求，但具有扩大知识面、提供有关史料、介绍应用和实际的知识以及新的科技成就、深化对某些问题的认识以及增加趣味性等方面的作用。教材目录中打有“*”的部分不作为教学要求，可根据情况选学。

根据在新编教材中普遍使用我国法定计量单位的要求，本书均采用以国际单位制（SI）为基础的我国法定计量单位。本书所

引用的数据除另有注明外，均取自 J.G.Stark, “*Chemistry Data Book*” 2nd Ed.in SI (1982)。

本教材共分十八章，上册包括第一至第八章，下册包括第九至第十八章。此外，在下册的适当位置插入四篇概述，分别对 *s*、*p*、*d*、*f* 各分区元素的叙述起引渡或小结的作用。

本教材由上海师大杨德壬任主编，参加编写的还有广东医药学院李锐增（原孝感师专，即 1982 年师专大纲草拟单位）和武汉工学院彭达孝。此外，各章所附“选读材料”均由彭达孝编写。全书经福建师大陈案教授审阅定稿。由于编写时间和编写者水平所限，谬误之处亟望广大师专师生在使用过程中不断提出宝贵意见。

编者

1988 年 8 月

目 录

绪论	1
第一章 化学基本概念和定律	8
第一节 分子 原子	8
1-1 分子和原子	8
1-2 元素和同位素	10
1-3 元素的相对原子质量和物质的相对分子质量	13
第二节 气体定律	15
2-1 气体状态方程	15
2-2 气体分压定律	18
2-3 气体扩散定律	21
摘要和自我评估	22
习题	23
选读材料(一) 原子-分子学说的诞生	25
第二章 氢、水和溶液	29
第一节 氢	29
1-1 概述	29
1-2 性质和用途	30
1-3 氢的制备	32
1-4 氢能源	33
1-5 氢化物	34
第二节 水	35
2-1 水的结构	35
2-2 水的物理及化学性质	36
2-3 水的相图*	38
2-4 重水	41
第三节 溶液	41
3-1 溶液的一般概念	42
3-2 物质的溶解度	43

3-3 溶液的浓度	48
3-4 稀溶液的依数性	52
3-5 胶体*	62
摘要和自我评估	69
习题	71
选读材料(二) 水的污染及其防治	73
第三章 热化学和化学反应的方向	77
第一节 化学反应的能量变化	77
1-1 能量的守恒关系	77
1-2 内能、热量和功	78
1-3 热力学第一定律	79
第二节 化学反应中的热效应	81
第三节 内能和焓都是状态函数	82
3-1 内能是状态函数	82
3-2 热量和功不是状态函数	83
3-3 焓是另一个更实用的状态函数	84
第四节 常见的几种反应热效应	85
4-1 热化学方程式	85
4-2 化合物的生成热	87
4-3 溶液中离子的生成热	89
4-4 离子的水合热	90
4-5 溶解热	91
第五节 热化学的计算	92
5-1 盖斯定律	92
5-2 从反应热求反应热	93
5-3 从生成热求反应热	94
5-4 从反应热求生成热	94
第六节 反应热和化学反应的方向	95
第七节 熵是又一个状态函数	98

7-1 熵是对体系混乱度的量度	98
7-2 相变时熵出现突变	100
7-3 物质的标准(摩尔)熵	102
7-4 化学反应的熵变	103
第八节 自由能变与化学反应的方向	104
8-1 自由能变作为反应方向的判据	105
8-2 标准生成自由能和化学反应自由能变的求算	106
8-3 自由能变作为反应方向判据的应用	108
8-4 几点说明	112
摘要和自我评估	114
习题	116
选读材料(三) 能源	120
第四章 化学反应速度和化学平衡	125
第一节 化学反应速度	125
1-1 化学反应速度的表示方法	126
1-2 反应机理	130
1-3 化学反应速度理论简介	131
1-4 影响化学反应速度的因素	137
第二节 化学平衡	148
2-1 化学反应的可逆性与化学平衡	148
2-2 化学平衡常数	150
2-3 有关平衡常数的计算	159
第三节 化学平衡的移动	164
3-1 浓度对化学平衡的影响	164
3-2 压力对化学平衡的影响	167
3-3 温度对化学平衡的影响	170
3-4 平衡移动原理	173
第四节 化学反应速度和化学平衡原理 在生产中的应用	173

4-1 确定生产条件的一般原则	174
4-2 几个工业生产的实例	176
摘要和自我评估	179
习题	181
选读材料(四) 时钟反应和化学振荡	186
第五章 电解质溶液和电离平衡	190
第一节 强电解质和弱电解质	190
1-1 电解质的分类	190
1-2 电离度	191
1-3 强电解质溶液	193
第二节 弱电解质的电离平衡	194
2-1 一元弱酸弱碱的电离平衡	194
2-2 多元弱酸的电离	201
第三节 水的电离和水溶液的 pH 值	203
3-1 水的电离和水的离子积	203
3-2 溶液的 pH 值和 $[H^+]$ 的关系	204
3-3 酸碱指示剂	206
第四节 缓冲溶液	208
4-1 缓冲溶液及其组成	208
4-2 缓冲溶液的缓冲原理	209
4-3 缓冲溶液的 pH 值	210
4-4 缓冲溶液的重要性	213
第五节 盐的水解	214
5-1 盐的水解和水解常数	214
5-2 盐溶液 pH 值的计算	217
5-3 影响盐的水解因素	221
第六节 酸碱的质子理论	223
第七节 沉淀溶解平衡	227
7-1 沉淀溶解平衡	227

7-2 沉淀溶解平衡的应用	231
摘要和自我评估	236
习题	238
选读材料(五) 酸碱理论的历史与发展	241
第六章 原子结构和元素周期律	245
第一节 原子的组成	245
1-1 原子结构的探索	246
1-2 原子的组成	252
第二节 原子核外电子的运动状态	253
2-1 核外电子运动的特征	253
2-2 核外电子运动状态的描述	261
第三节 原子核外电子的排布	276
3-1 原子轨道的能级	276
3-2 核外电子的排布	283
第四节 原子结构与元素周期系	292
4-1 周期与能级组的关系	293
4-2 族与原子外电子层构型的关系	295
4-3 周期表中元素的分区(或分组)	296
第五节 元素的基本性质与原子结构的关系	298
5-1 原子半径	399
5-2 电离能	303
5-3 电子亲和能	307
5-4 电负性	309
摘要和自我评估	311
习题	313
选读材料(六) 洞察物质内部奥秘的现代手段简介	318
第七章 化学键与分子结构 晶体	325
第一节 化学键的一些参数	325
1-1 键型、键长、键级和键角	326

1-2 键能	327
1-3 键的极性	329
第二节 离子键	331
2-1 离子键的形成	331
2-2 离子的外电子层构型	334
2-3 离子半径	335
第三节 共价键和现代价键理论	336
3-1 形成 H_2 分子的能量曲线	337
3-2 价键理论的基本要点	339
3-3 共价键的饱和性和方向性	340
3-4 共价键的类型—— σ 键与 π 键	342
第四节 共价键的分子轨道理论	344
4-1 分子轨道理论的要点	346
4-2 用 MO 法处理一些简单分子 (同核双原子分子)	351
第五节 离子的极化	356
5-1 离子的极化与变形	356
5-2 离子极化对键型的影响	357
5-3 影响离子极化与变形的因素	358
第六节 晶体的一般概念	360
第七节 离子晶体	363
7-1 离子晶体	363
7-2 离子晶体的晶格能	367
第八节 分子晶体和原子晶体	373
8-1 分子晶体及其性质	373
8-2 原子晶体及其性质	375
第九节 分子的形状和性质	376
9-1 轨道杂化理论	376
9-2 价层电子对互斥理论	381
9-3 分子的极性与偶极矩	385

9-4 分子的磁性	387
第十节 分子间的作用力和氢键	389
10-1 范德华作用力	389
10-2 范德华力对物质熔点、沸点的影响	393
10-3 氢键	395
第十一节 金属晶体和金属键	402
11-1 金属键理论及其对金属物理通性的解释	402
11-2 金属晶体的结构	406
11-3 金属键强度与金属的熔点	408
摘要和自我评估	410
习题	413
选读材料(七) 物质的超导性	418
第八章 氧化还原反应	422
第一节 氧化还原反应	422
1-1 氧化还原的基本概念	423
1-2 氧化还原方程式的配平	428
第二节 原电池	432
2-1 氧化还原反应与原电池	432
2-2 原电池的组成和表示方法	434
2-3 原电池的电动势	437
第三节 电极电势	438
3-1 电极电势的产生	438
3-2 标准电极电势	439
第四节 氧化还原平衡	460
4-1 氧化还原平衡	460
4-2 平衡常数的求算	461
第五节 氧化还原反应在工业中的应用	464
5-1 电解的基本原理	465
5-2 电解在工业中的应用简介	470

第六节 金属的腐蚀与防护	471
6-1 金属的腐蚀	471
6-2 金属的防护	475
摘要和自我评估	477
习题	479
选读材料(八) 化学电源	483
习题 (部分) 答案	489
附录一 国际单位制(SI)及单位换算	493
附录二 物质 (单质和化合物) 的热力学数据(298K)	495
附录三 水合离子的热力学数据(298K)	506
附录四 物质的溶解焓(298K)	509
附录五 电离常数(298K)	510
附录六 难溶电解质的溶度积(298K)	511
附录七 元素的原子半径和离子半径	513
附录八 标准电极电势(298K)	516
元素周期表	

绪 论

我们将对化学的研究对象及其发展作简要回顾，然后再分别介绍无机化学的重要作用以及本门课程的任务和内容等问题。

一、化学的研究对象

整个自然界是独立于人们意识之外并不以人们意识为转移的客观存在，而一切存在都是运动着的物质的不同形式，运动是永恒的，它是整个物质以及构成它的每个微小质点所固有的属性。

物质运动的形式是多种多样的，而且物质运动可以从一种形式转变为另一种形式。如机械运动转变为热运动，热运动转变为化学运动，化学运动转变为电运动甚至更高级的生命运动等等。在这些转变中，严格地遵循着自然界的一条基本定律——物质及其运动的守恒定律。许多世纪以来，这个定律已为很多科学实验所证实。

化学、物理学、生物学等是自然科学中不同的学科，它们各自研究特定的物质运动形式。化学是研究物质的组成和结构，物质的性质及其与组成和结构的关系，以及物质的化学变化及其规律的一门科学。

二、化学和无机化学的发展

了解一门科学的产生和发展，重要的是为了从中领悟到影响它的科学的思想方法和实践的历史过程。

综观化学科学的形成和发展，可以分为三个历史时期，即古代化学的产生，近代化学的建立和现代化学的发展。

1.古代化学的产生 古代的化学是实用化学，是诸如陶瓷器制作、金属的冶炼、染色和酿酒等各种化学工艺知识的积累。它的产生和发展是跟人类最基本的生产实践活动联系在一起的。应予以指出，汉代的造纸术、唐代的火药以及汉唐以来的制瓷技术，

堪称中国古代化学工艺的三大发明，更标志着我国古代劳动人民对化学科学的产生和发展作出了重要的贡献。与此同时，人们也开始对物质的构成和相互关系提出种种朴素的唯物主义观点，认为“万物同一本原，万物皆可互变”。这就初步形成了古代的物质观。然而，由于受到历史条件的限制，尽管这种物质观具有朴素唯物主义的内涵，毕竟这种认识是直观的、表面的、是缺乏科学证明的。

2.近代化学的建立 这段时期大致是从十七世纪后半叶到十九世纪末。其中前期（至十八世纪末）属于近代化学的孕育时期，后期（十九世纪）属于近代化学的发展时期。可以认为，近代化学是在同传统的炼金术思想、谬误的燃素说观点作斗争中建立起来的。在这段时期中，最有代表性的是十七世纪英国科学家波义耳（Boyle）首先把观察、实验的科学方法论运用到化学中来，建立了化学元素的科学概念。恩格斯曾经给予了高度的评价：“波义耳把化学确立为科学。”还有一位是法国化学家拉瓦锡（Lavoisier），他提倡运用系统的实验定量分析方法，并提出燃烧是氧化过程的重大化学理论问题，彻底否定了所谓物质燃烧过程中总有某种所谓“燃素”（如“火素”）逸出的错误观点。拉瓦锡这种尊重实践，敢于反对旧的传统观念的科学态度，使化学的基本理论观点和基本研究方法发生了重大变革，大大地促进了近代化学的发展。再有一位是英国化学家、物理学家道尔顿（Dalton），他应用观察、实验和数学相结合的科学方法，提出了化学原子的科学概念，创立了科学的原子学说。道尔顿继承和发展了古代原子论和机械原子论，使得人们对物质结构的一个重要层次——原子的认识，开始建立在科学的基础上，使化学走上了定量科学的道路。正是道尔顿的科学思想方法和实验事实的影响，使十九世纪化学的发展有了质的飞跃。

自道尔顿提出原子学说后，又经历了半个世纪其他很多科学家的科学实践的检验和努力，才发展成为完整的、全面的原子-

分子学说。它加深了人们对物质结构层次规律性的认识。

俄国科学家门捷列夫 (Менделеев) 总结了前人的工作, 根据量变引起质变的规律, 揭露了元素之间的内在联系, 于 1869 年提出了元素周期律。这一工作使化学研究从只限于对大量个别的零散事实作无规律的罗列中摆脱出来, 奠定了现代无机化学的基础。

在十九世纪, 近代化学在发展中逐渐形成了无机化学、有机化学、分析化学和物理化学等分支学科。其中物理化学在当时是一门新兴的学科, 主要是由于当时已经在化学热力学、化学动力学、溶液和电化学等方面都已取得了较大的进展。

3. 现代化学的发展 十九世纪末开始, 随着物理学科新技术的采用, 科学上一系列重大发现猛烈地冲击着人们关于原子不可分割的旧观念, 这种把整个自然科学的研究推进到更深化的物质结构层次来探索, 也孕育着化学的发展又面临着一场深刻的改革, 标志着现代化学的建立。在这期间, 卢瑟福 (Rutherford) 含核原子模型和玻尔 (Bohr) 量子化原子模型的相继建立, 初步揭示了原子内部的构成奥秘, 尤其是所提出的关于电子层结构的成就, 曾为原子价的电子理论的建立, 也为人们进一步探求元素周期律的本质原因和丰富发展元素周期理论奠定了基础。本世纪三十年代初期, 建立在量子力学基础上的现代化学键理论, 大大加深了人们对物质分子内部结构的本质认识, 对现代化学的发展起了有力的促进作用。

现代化学发展的特点是既高度分化又高度综合。这种趋势表现在以下两个方面。一方面, 由于化学和其它自然科学相互渗透交叉, 产生了一系列新的边缘学科。例如, 化学和数学的交叉形成计算机化学; 化学和物理的结合形成固体化学、激光化学、核化学等; 化学和生物学之间的渗透形成生物化学、化学仿生学、生物电化学等; 化学和地质、地理学的交叉又产生地球化学、海洋化学等。另一方面, 近二十多年来, 由于有机化学、物理化