

无机化学

上册

15-41
093

高等师范院校试用教材

无机化学

上册

北京师范大学 华中师范学院 南京师范学院
无机化学教研室 编

人民教育出版社

高等师范院校试用教材

无机化学

上册

北京师范大学 华中师范学院 南京师范学院

无机化学教研室 编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京新华印刷厂印装

*

开本880×1230 1/32 印张18 字数460,000

1981年1月第1版 1981年7月第1次印刷

印数 00,001—31,000

书号13012·0567 定价1.75元

常用的单位换算因数

$$1 \text{ 厘米} = 10^8 \text{ 埃}(\text{\AA}) = 10^7 \text{ 纳米}(\text{nm}) = 10^{10} \text{ 皮米}(\text{pm})$$

$$1 \text{ 波数}(\text{厘米}^{-1}) = 1.19630 \times 10 \text{ 焦} \cdot \text{摩}^{-1} = 1.986 \times 10^{-23} \text{ 焦}$$

$$1 \text{ 克} = 6.025 \times 10^{23} \text{ 原子质量单位}$$

$$= 5.61 \times 10^{26} \text{ 百万电子伏特}$$

$$1 \text{ 原子质量单位} = 1.492 \times 10^{-10} \text{ 焦} = 1.660531 \times 10^{-24} \text{ 克}$$

$$1 \text{ 大气压} = 1.01325 \times 10^5 \text{ 牛} \cdot \text{米}^{-2}(\text{帕 Pascal})$$

$$= 1.0332 \times 10^4 \text{ 千克} \cdot \text{米}^{-2}$$

$$1 \text{ 升} \cdot \text{大气压} = 9.869 \times 10^{-3} \text{ 焦}$$

$$1 \text{ R}(\text{气体常数}) = 0.08206 \text{ 大气压} \cdot \text{升} \cdot \text{开}^{-1} \cdot \text{摩}^{-1}$$

$$= 62363 \text{ 毫米汞柱} \cdot \text{毫升} \cdot \text{摩}^{-1} \cdot \text{开}^{-1}$$

$$1 \text{ 千卡} = 4.186 \text{ (国际单位) 千焦}$$

$$= 4.184 \text{ (热力学单位) 千焦}$$

$$1 \text{ 尔格} = 9.9997 \times 10^{-8} \text{ (国际单位) 焦} = 10^{-7} \text{ 焦}$$

$$1 \text{ 开(K)} = 8.6171 \times 10^{-5} \text{ 电子伏特}$$

$$1 \text{ 摄氏度}(^{\circ}\text{C}) = \text{T(K)} - 273.15$$

$$1 \text{ 德(D)} = 3.334 \times 10^{-30} \text{ 库} \cdot \text{米}$$

$$1 \text{ 库仑} = 2.997925 \times 10^9 \text{ 静电单位} = 0.1 \text{ 电磁单位}$$

$$1 \text{ 静电单位} = 299.7925 \text{ 伏特}$$

$$1 \text{ 电子伏特} = 1.6021 \times 10^{-19} \text{ 焦} = 1.07356 \times 10^{-9} \text{ 原子质量单位}$$

$$= 11604.9 \text{ 开} = 96.4905 \text{ 千焦} \cdot \text{摩}^{-1}$$

编 者 的 话

根据 1979 年 3 月教育部下达的高等师范院校教材编写计划,我们三院校无机化学教研室编写了这本教材。

对于高等师范院校来说,我们认为无机化学是化学专业的第一门主要基础课程。本课程的教学任务和目的是:

1. 教会学生初步掌握元素周期律、化学热力学、近代物质结构、化学平衡以及基础电化学等基本原理。

2. 培养学生运用上述原理去掌握有关无机化学中元素和化合物的基本知识,并具有对一般无机化学问题进行理论分析和计算的能力、利用参考资料的能力。

3. 通过教学帮助学生树立初步的辩证唯物主义和历史唯物主义的观点,注意使学生在科学思维能力上得到训练和培养。

4. 为今后学习后继课及新理论、新实验技术打下必要的无机化学基础。

根据无机化学课程的任务和目的的要求,我们确定了本教材的编写原则是:

1. 起点要适当,不宜过高,充分考虑与现行的全日制十年制学校高中化学教材的衔接。内容选材的水平,大体和当前国内外一般的无机化学教材的内容相当,叙述力求深入浅出、循序渐进、陡度不宜太大,力求符合思想性、先进性、科学性和实践性等四条原则。

2. 选用的内容既要适应高等师范院校培养目标的需要,也要适应当前学生的实际;既要适应当今无机化学学科发展的趋势,又要适应无机化学课程本身系统讲授的需要,在分量上应体现精选的原则。

针对高等师范院校的特点,在理论阐述方面,力求做到深度适当、

讲解清楚；在化学元素和化合物的叙述方面，多选一些必要的无机化学反应、无机物的性质以及与无机化学有关的生产和生活知识，并注意运用所学的基本理论，去解释一些无机物质的变化规律。

3. 在编写过程中，我们努力运用理论联系实际这一原则。在理论部分的讲授上，采用了大集中、小分散的方法。开头几章集中讲述一些必要的理论，某些理论段落分散在有关的元素部分章节中讲授。既分散了难点，又可尽量地发挥理论的指导作用，引导学生将学到的知识系统化、理论化。我们还试图结合实际应用的例子来说明某些理论的发展过程，使用中的注意之点，优点和缺陷。在讲述元素、化合物的性质和用途时，也力求能联系到当前的生产和生活实际。

4. 便于自学。除了注意图文并茂外，每章还列有内容提要、必要的小结、一些元素及其化合物转化的图解和必要的化学史料及参考资料。便于学生自学和进一步钻研。

本教材增写了有关化学热力学初步知识的一章。根据无机化学教学本身的需要，在写法上不使用数学推导而讲清有关化学热力学的某些内容。目的在于教会学生初步运用化学热力学知识解决和分析无机化学的问题。

本书所用数据的单位基本上采用的是国际单位制(SI制)，但有时也采用了一些允许和SI制暂时并用的其它单位。

鉴于中学化学教师需要知识面略广一些，本教材所选内容略多于150学时的讲授分量，而带有*号部分系选用或阅读教材。各兄弟院校的任课教师可从实际出发选用自己认为适用的章节。本书的编排顺序只供参考，任课教师可自行安排。

本教材由北京师范大学无机化学教研室主编。参加编写单位有华中师范学院、南京师范学院的无机化学教研室。由东北师范大学无机化学教研室负责主审。参加执笔的有南京师院梅若兰、李静贞、王近勇，华中师院石巨恩、严振寰、阮德水，北京师大陈伯涛、林平娣、张启昆、刘鲁美等老师。根据1979年12月召开的审稿会上提出的意见，各

编写单位又进行了修改。教材初稿完成后，由北京师大的执笔老师和阎于华老师又根据高等师范院校化学专业无机化学教学大纲进行了调整、校订，力求符合新大纲的要求。最后经东北师大郑汝骈教授、赵世良、刘景福、王思波等老师审阅定稿。书中插图是由北京师大化学系臧威成老师参考有关资料绘制的。

由于编写时间仓促，我们的水平有限，谬误之处在所难免。我们诚恳地希望兄弟院校的老师 and 同学在试用此教材后能提出更多的宝贵意见和建议。

北京师范大学

华中师范学院 无机化学教研室

南京师范学院

一九八〇年六月

目 录

绪论	1
0-1 化学是研究物质化学变化的科学	1
0-2 无机化学的研究对象、发展和前景	5
0-3 学习无机化学的方法	10
第一章 一些化学基本概念和定律	14
第一节 分子 原子 基本粒子	14
1-1 分子	15
1-2 原子	16
1-3 基本粒子	16
第二节 元素	18
2-1 元素	18
2-2 核素	20
2-3 同位素	20
第三节 原子量和分子量	21
3-1 原子量	21
3-2 分子量	26
第四节 摩尔 国际单位制	31
4-1 物质的量及其单位——摩尔	31
4-2 摩尔质量	32
4-3 物质的量的计算	34
4-4 国际单位制 (SI 制)	35
第五节 混合气体分压定律	37
5-1 分体积 体积分数	37
5-2 分压定律	38
5-3 混合气体中组份气体的气态方程	40
习题	41
参考资料	44

第二章 水 溶液 胶体	45
第一节 水	45
1-1 水的组成和结构	46
1-2 水的物理性质	47
1-3 水的相图	51
1-4 重水	53
第二节 溶液	54
2-1 分散系	54
2-2 溶液的浓度	56
第三节 稀溶液的依数性	62
3-1 溶液的蒸气压降低	63
3-2 溶液的沸点升高	64
3-3 溶液的凝固点降低	65
3-4 溶液的渗透现象	68
第四节 胶体	71
4-1 胶体的制备	71
4-2 胶体溶液的性质	72
4-3 胶体的结构	76
4-4 胶体的稳定性和聚沉	78
4-5 高分子溶液	80
4-6 凝胶	82
习题	82
参考资料	86
第三章 化学热力学初步	87
第一节 引言	87
第二节 热力学第一定律和热化学	90
2-1 热力学第一定律	90
2-2 焓(H)	93
2-3 热化学	95
第三节 化学反应的方向	105
3-1 反应的自发性和有用功	105
3-2 自由能	106

3-3 标准自由能变	108
3-4 熵的初步概念	110
3-5 吉布斯-赫姆霍兹公式	113
习题	117
参考资料	119
第四章 化学反应速度和化学平衡	121
第一节 化学反应速度	121
1-1 化学反应速度的表示法	121
1-2 反应机理	123
1-3 化学反应速度理论 活化能	125
1-4 浓度对反应速度的影响——质量作用定律	129
1-5 温度对反应速度的影响	134
1-6 催化剂对反应速度的影响	138
第二节 化学平衡 平衡常数	142
2-1 化学反应的可逆性和化学平衡	142
2-2 平衡常数	143
2-3 平衡常数和自由能变化的关系	150
2-4 平衡常数的测定	152
2-5 转化率	155
第三节 化学平衡的移动	156
3-1 浓度对化学平衡的影响	157
3-2 压力对化学平衡的影响	159
3-3 温度对化学平衡的影响	161
3-4 催化剂对化学平衡的影响	162
3-5 吕·查德里原理	163
习题	164
参考资料	169
第五章 电解质溶液和电离平衡	170
第一节 强电解质和弱电解质	171
1-1 电解质的分类	171
1-2 电离度	171
1-3 强电解质溶液	173

第二节 一元弱酸、弱碱和电离平衡	175
2-1 一元弱酸、弱碱的电离平衡 电离常数	175
2-2 电离常数和电离度的关系 稀释定律	177
2-3 影响弱酸、弱碱电离平衡的因素	178
2-4 关于电离平衡的计算	180
第三节 多元弱酸的电离	183
3-1 多元弱酸的电离	183
3-2 关于多元弱酸电离的计算	184
第四节 水的电离 溶液的 pH 值	186
4-1 水的电离和离子积常数	186
4-2 溶液的酸碱性	187
4-3 pH 值	188
4-4 pH 值的近似测定 酸碱指示剂	190
第五节 缓冲溶液	192
第六节 盐类的水解	197
6-1 盐类的水解 水解常数	197
6-2 盐溶液的 pH 值	203
6-3 影响水解平衡移动的因素	205
第七节 酸碱理论发展简介	206
7-1 酸碱的电离理论	207
7-2 酸碱质子理论	208
7-3 酸碱的电子理论	211
第八节 沉淀溶解平衡	213
8-1 溶度积	213
8-2 沉淀的生成	218
8-3 分步沉淀	221
8-4 沉淀的溶解和转化	223
习题	225
参考资料	228
第六章 原子结构和元素周期律	230
第一节 人类认识物质结构的简单历史	230
*1-1 原子分子论	230

1-2 原子的组成	235
第二节 核外电子运动的特殊性	238
2-1 核外电子运动的量子化特征——氢原子光谱和玻尔理论	238
2-2 核外电子运动的波粒二象性	242
2-3 核外电子运动状态的描述	247
2-4 四个量子数	255
*2-5 波函数和原子轨道	261
2-6 微观世界的特点	270
第三节 原子核外电子排布和元素周期表	270
3-1 多电子原子的能级	270
3-2 核外电子排布原理和电子排布	275
3-3 原子结构与元素周期性的关系	282
第四节 电离能 电负性	289
4-1 电离能——电子层结构的实验佐证	289
4-2 电子亲合能	295
4-3 电负性	296
习题	299
参考资料	302
第七章 分子结构	304
第一节 离子键	304
1-1 离子键形成过程的能量变化	304
1-2 离子键的本质	306
1-3 单键的离子性百分数	307
第二节 共价键	309
2-1 现代价键理论	310
2-2 键参数	314
2-3 杂化	317
2-4 分子的物理性质	323
2-5 现代共价键理论的优缺点	326
第三节 分子轨道理论简介	327
3-1 什么叫分子轨道?	327
3-2 分子轨道的形成	328

3-3 分子轨道中电子的排布	333
3-4 键级	335
第四节 配位键和金属键	336
4-1 配位键	336
4-2 金属键	337
第五节 分子间的作用力和氢键	337
5-1 分子间的作用力	337
5-2 氢键	341
习题	344
参考资料	346
第八章 晶体结构	347
第一节 晶体的特征	348
1-1 晶体的特征	348
1-2 晶格的类型	350
1-3 晶体的类型	351
第二节 离子晶体	352
2-1 离子晶体的特性	352
2-2 离子半径	354
2-3 离子型晶体的晶格能	357
*2-4 硬度	359
2-5 离子晶体的空间结构	360
2-6 离子晶体物质的化学式	364
第三节 原子晶体	365
第四节 分子晶体	367
第五节 金属晶体	368
5-1 金属晶体的特征	368
5-2 金属晶体的紧密堆积	368
5-3 四种类型晶体和性质小结	369
第六节 过渡型晶体	372
第七节 原子半径	374
第八节 离子的极化	377
8-1 离子极化作用和变形性	377

8-2	离子的极化率	379
8-3	离子的附加极化	380
8-4	离子的极化对化学键型的影响	380
8-5	离子极化对化合物性质的影响	381
第九节 同质多晶现象和类质同晶现象		382
习题		383
参考资料		389
第九章 稀有气体		390
第一节 稀有气体发现简史		390
第二节 稀有气体的性质和用途		391
第三节 稀有气体的存在和分离 液态空气		395
3-1	稀有气体的存在	395
3-2	液态空气	396
3-3	稀有气体的分离	397
第四节 稀有气体的化合物		397
第五节 稀有气体化合物的分子结构		402
5-1	价电子对互斥理论简介	402
5-2	稀有气体化合物的结构	406
习题		408
参考资料		409
第十章 氧化还原反应		410
第一节 氧化还原及其反应式的配平		411
1-1	氧化数	411
1-2	氧化和还原 还原剂和氧化剂	414
1-3	氧化还原反应式的配平	417
第二节 氧化还原反应和电极电势		423
2-1	氧化还原反应和电子转移	423
2-2	电极电势	426
第三节 标准电极电势		428
3-1	标准氢电极	429
3-2	标准电极电势表	430

3-3 标准电极电势的应用	432
3-4 标准电极电势与金属活泼顺序的关系	440
3-5 标准电极电势与电离能的关系	442
第四节 影响电极电势的因素	444
4-1 奈斯特方程式	445
4-2 奈斯特方程式的应用	448
第五节 电解	457
5-1 电解池和原电池	457
5-2 电解定律	458
习题	460
参考资料	465
第十一章 卤素	467
第一节 卤素通性	467
第二节 卤素单质	471
2-1 物理性质	471
2-2 化学性质	473
2-3 卤素的制备	478
2-4 元素的标准电势图及其应用	486
第三节 卤素的氢化物	491
3-1 卤化氢的制备	491
3-2 卤化氢的性质	493
第四节 卤化物 卤素互化物 多卤化物	496
4-1 卤化物	496
4-2 卤素互化物	498
4-3 多卤化物	500
第五节 卤素含氧酸及其盐	501
5-1 次卤酸及其盐	502
5-2 卤酸及其盐	504
5-3 高卤酸及其盐	506
5-4 卤素含氧酸及其盐的相互关系以及氧化性、稳定性和酸性小结	510
第六节 氟的特性	511

第七节 拟卤素.....	513
7-1 拟卤素与卤素性质的对比.....	513
7-2 氰和氰化物.....	514
7-3 硫氰和硫氢酸盐.....	516
习题.....	517
参考资料.....	519
第十二章 氧族元素.....	520
第一节 通性.....	520
第二节 氧 臭氧 过氧化氢.....	522
2-1 氧和臭氧.....	522
2-2 氧在形成化合物时的价键特征.....	526
2-3 离域 π 键及其形成条件.....	527
2-4 过氧化氢.....	527
2-5 单质-过氧化氢-水的标准电势图.....	531
第三节 硫及其化合物.....	531
3-1 单质硫.....	531
3-2 硫化氢.....	533
3-3 硫化物 多硫化物.....	535
3-4 硫的含氧化合物.....	538
3-5 硫的其它含氧酸及其盐.....	545
3-6 硫及其重要化合物的标准电势图.....	551
3-7 硫的成键类型小结.....	553
第四节 硒和碲.....	553
习题.....	556
参考资料.....	558

绪 论

0-1 化学是研究物质化学变化的科学

我们知道,宇宙是一个包罗万象的统一整体。宇宙间存在着的万物和现象是形形色色、多种多样的。但是它们之间不管有多大的区别,却有一点是完全相同的,这就是它们归根结蒂都是物质的,都是客观存在的。比方,天空中的太阳、月亮、星星,大地上的山岳、湖泊、河流、海洋,我们呼吸的空气、住的房屋、吃的食物、穿的衣服、使用的机器,以及我们的身体,微观世界的“基本粒子”,如电子、中子、光子等都是物质。甚至各种形式的场,如电磁场、引力场等也是物质。因为这些都是在我们的意识以外,不依赖于我们的意识而存在的,都是客观的实实在在的东西。

人们把客观存在的物质划分为实物和场两种形态。实物的范围比物质的范围要小。它仅包括具有静止质量的物质形态。而所说的静止质量是物体(实物)在静止时(相对于观察者来说)所具有的质量。至于场就不一定有静止质量。如过去我们在中学学过的构成电磁场的光子就没有静止质量。实物和场都是我们感官能感觉到的客观的实在东西。它们都具有质量和能量。实物包括化学中具体讨论到的电子等“基本粒子”、单质和化合物等。场则包括电磁场、引力场等;而电磁场则又包括无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 γ 射线等等。如图0-1。

物质究竟是什么?列宁下过一个完整的定义。他写道“物质是作用于我们感官而引起感觉的东西,物质是我们感觉到的客观实在”,“这种客观实在……只能为我们的感觉所复写、摄影、反映”。(《唯物主义和经验批判主义》)。这是辩证唯物主义的物质观。它不仅深刻地阐明了