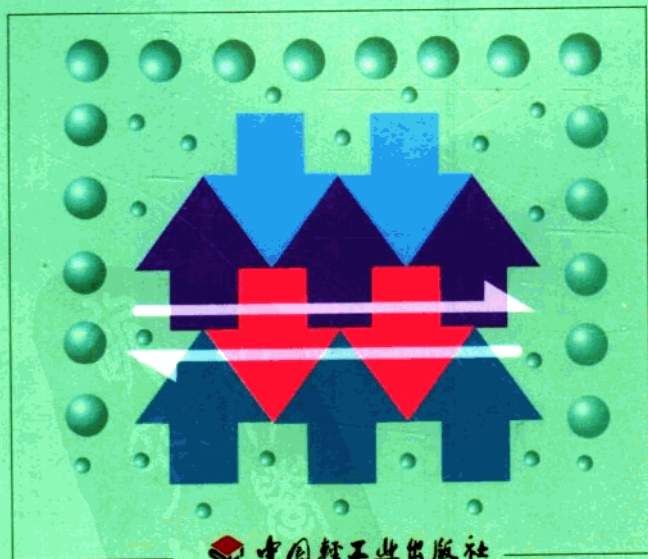


中·等·职·业·教·育·教·材

ZHONGDENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

无机化学

◆ 岳永霖 主编 ◆



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

中等职业教育教材

无机化学

岳永霖 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/岳永霖主编. - 北京: 中国轻工业出版社, .

2001. 8 (2004. 7 重印)

中等职业教育教材

ISBN 7-5019-3279-4

I. 无… II. 岳… III. 无机化学-专业学校-教材
IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 044115 号

责任编辑: 劳国强 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔云
版式设计: 智苏亚 责任校对: 李靖 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 天津新华印刷一厂

经销: 各地新华书店

版次: 2001 年 8 月第 1 版 2004 年 7 月第 2 次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 13.25

字数: 369 千字 插页: 1

书号: ISBN 7-5019-3279-4/TQ·250

定价: 18.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010—65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010—88390721 88390722

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: Club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

40634J4C102ZBW

前 言

《无机化学》是根据全国轻工中专日用化工专业教学计划和目前中等职业学校的培养目标编写的。其特点是：第一，考虑到学制为3年或3~4年，适当降低课程难度，以适应目前中等职业学校学生的水平和要求；第二，注意理论联系实际，注重培养学生的能力；第三，具有轻化工特色。本教材适合中专、技校、职高等中等职业学校轻化工类专业教学使用，也可作其他专业基础课教材。

本教材由天津市第一轻工业学校岳永霖主编，并编写了绪论与第六、七、八章；厦门集美轻工业学校廖保玉编写了第二、三、九、十三章；湖南省第二轻工业学校刘燕、戴春桃、彭壮青分别编写了第一、四、五章；山西省轻工业学校张晓理编写了第十、十一、十二章；四川工商职业技术学院(原四川省轻工业学校)卿富安编写了第十四章；天津市第一轻工业学校丁敖芳担任主审。

本教材的实验部分密切结合课堂教学的重点内容，以利于学生理解能力和动手能力的培养；在编排形式上也做了某些尝试，力求简洁、清晰。实验部分由四川工商职业技术学院卿富安和厦门集美轻工业学校廖保玉编写；由四川师范大学叶培仁教授担任主审。

教材中(包括实验部分)打“*”部分为选学、选做内容。

由于编写水平所限，书中不足之处恳请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
第一章 物质的量与化学计算	4
第一节 物质的量的单位——摩尔	4
一、摩尔	4
二、摩尔质量	5
三、有关物质的量的计算	6
第二节 气体摩尔体积	7
一、气体摩尔体积	7
二、有关气体摩尔体积的计算	9
第三节 溶液的浓度	11
一、物质的量浓度	11
二、溶液浓度间相互换算	15
第四节 化学反应方程式	16
一、化学方程式	16
二、热化学方程式	16
三、根据化学方程式的计算	17
习题	20
第二章 原子结构和元素周期律	24
第一节 原子的组成与核外电子排布	24
一、原子的组成	24
二、原子核外电子的排布	26
第二节 元素周期律与元素周期表	30
一、元素周期律	30
二、元素周期表	31
三、元素周期律和元素周期表的意义	34

第三节 原子结构与元素性质的递变规律	35
一、原子半径	35
二、元素电负性	36
三、元素的化合价	38
四、元素的金属性和非金属性	39
习题	42
第三章 化学键	47
第一节 离子键	47
一、离子键的形成	47
二、离子的电荷和半径	49
第二节 共价键	50
一、共价键的形成	51
二、极性共价键和非极性共价键	52
三、键长、键能、键角	53
第三节 配位键和金属键	55
一、配位键	55
二、金属键	56
第四节 分子的性质	57
一、分子的极性	57
二、分子间力	60
三、氢键	63
习题	65
第四章 化学反应速率与化学平衡	69
第一节 化学反应速率与其影响因素	69
一、化学反应速率	69
二、影响化学反应速率的条件	70
第二节 化学平衡	74
一、可逆反应与化学平衡	74
二、化学平衡常数	76
三、有关化学平衡的计算	78

第三节 化学平衡的移动	80
一、浓度对化学平衡的影响	80
二、压强对化学平衡的影响	81
三、温度对化学平衡的影响	82
四、吕·查德里原理	83
习题	83
第五章 电解质溶液	86
第一节 电解质概述	86
一、强、弱电解质	86
二、弱电解质的电离度	90
第二节 弱电解质的电离平衡	92
一、一元弱酸、弱碱的电离平衡	92
二、电离度 α 与电离常数 $K_i^\ominus$ 的关系——稀释定律	93
三、有关电离平衡的计算	94
四、多元弱酸的电离平衡	95
五、同离子效应和缓冲溶液	96
第三节 水的电离和溶液的 pH 值	98
一、水的电离	99
二、溶液的酸碱性和 pH 值	99
三、酸碱指示剂	102
第四节 离子反应	103
一、离子反应和离子方程式	103
二、离子方程式的特征及书写步骤	103
三、离子反应进行的条件	105
第五节 盐类的水解	106
一、盐类的水解	106
二、多元弱酸盐的水解	110
三、影响盐类水解的因素及水解的应用	112
习题	112
第六章 沉淀平衡与配合平衡	117

第一节 难溶电解质的溶解平衡	117
一、沉淀与溶解平衡	117
二、溶解度与溶度积的关系	119
第二节 沉淀平衡的有关计算	120
一、沉淀平衡的有关计算	121
二、沉淀平衡的移动及应用	123
第三节 配位化合物的基本概念	129
一、配合物的定义	129
二、配合物的组成和命名	130
第四节 配位化合物的解离平衡	133
一、配合物稳定性	133
二、配位平衡及有关计算	135
习题	138
第七章 氧化还原与电化学基础	141
第一节 氧化还原的基本概念	141
一、氧化还原反应的本质	141
二、氧化数与化合价	142
第二节 氧化还原反应的配平	144
一、氧化数法	144
二、离子电子法	146
第三节 原电池与电解池	147
一、原电池	147
二、电极电位	153
三、电解池	159
第四节 金属的腐蚀与防腐	164
一、化学腐蚀	164
二、电化学腐蚀	165
三、防腐	167
习题	169
第八章 卤素	173

第一节 卤素通性	173
第二节 氯及其化合物	174
一、氯气的性质	175
二、氯气的制备和用途	178
三、氯化氢与盐酸	178
四、氯的含氧化合物	181
第三节 氟、溴、碘及其化合物	183
一、物理性质	183
二、化学性质	184
三、卤化物	185
四、 F_2 、 Br_2 、 I_2 的制备	188
第四节 卤素及其化合物的性质比较	190
一、卤素单质	190
二、卤素的化合物	191
习题	192
第九章 碱金属与碱土金属	195
第一节 碱金属	195
一、碱金属的通性	195
二、钠、钾的性质	196
三、钠、钾的重要化合物	199
四、锂、铷、铯简介与碱金属性质比较	202
第二节 碱土金属	204
一、碱土金属的通性	204
二、镁、钙的性质	205
三、镁、钙的主要化合物	207
四、碱土金属的焰色反应	209
第三节 硬水的软化	209
一、硬水和软水	209
二、硬水的危害	211
三、硬水的软化	211

习题	213
第十章 氧和硫	219
第一节 氧族元素通性	219
第二节 氧及其主要化合物	220
一、氧和臭氧	220
二、过氧化氢	222
第三节 硫及其重要化合物	224
一、硫单质	224
二、硫化氢与氢硫酸盐	225
三、二氧化硫、亚硫酸及其盐	228
四、三氧化硫、硫酸及其盐	231
五、硫的其它含氧化合物	235
习题	237
第十一章 氮和磷	241
第一节 氮族元素通性	241
第二节 氮及其化合物	242
一、氮气	242
二、氨及铵盐	245
三、亚硝酸及其盐	250
四、硝酸及其盐	252
第三节 磷及其化合物	256
一、磷	257
二、磷的含氧化合物	259
第四节 砷、锑、铋简介	262
一、单质	262
二、砷、锑、铋的重要化合物	263
习题	265
第十二章 碳和硅	268
第一节 碳族元素通性	268
第二节 碳及其化合物	269

一、碳	269
二、碳的主要化合物	271
第三节 硅及其化合物	279
一、硅	279
二、硅的主要化合物	281
三、硅酸盐工业	283
第四节 锡、铅及其化合物	286
一、锡和铅	286
二、锡和铅的主要化合物	287
习题	290
第十三章 硼和铝	293
第一节 硼族元素通性	293
一、硼族元素的基本性质	293
二、硼、铝形成化合物的价键特征	294
第二节 硼及其化合物	294
一、硼	294
二、硼的主要化合物	295
第三节 铝及其化合物	297
一、金属铝	298
二、铝的主要化合物	300
第四节 主族元素小结	302
一、单质的性质	302
二、氢化物	303
三、氧化物	303
四、氢氧化物和含氧酸	304
习题	306
第十四章 过渡元素	309
第一节 过渡元素概述	309
第二节 铜族元素	310
一、铜族概述(ⅠB族)	310

二、铜及其主要化合物	311
三、银、金及其主要化合物	315
第三节 锌族元素	317
一、锌族概述	317
二、锌及其主要化合物	318
三、汞及其主要化合物	321
四、含 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 废水的处理	323
第四节 钛族元素	323
一、钛族概述	323
二、钛及其主要化合物	324
第五节 铬族元素	325
一、铬族概述	325
二、铬及其主要化合物	326
三、钼和钨简介	329
第六节 锰族元素	330
一、锰族概述	330
二、锰及其主要化合物	330
第七节 第Ⅷ族元素	333
一、第Ⅷ族元素概述	333
二、铁	334
三、铁系元素的主要化合物	335
四、铂系元素简介	338
习题	339

无机化学实验

第一节 基本操作实验	342
实验一 仪器的认领、洗涤和干燥	342
实验二 常见基本操作	344
实验三 溶液的配制	349

第二节 基本理论的实验	351
实验四 化学反应速率与化学平衡	351
实验五 电解质溶液	353
实验六 沉淀-溶解平衡与配合-离解平衡	354
实验七 氧化-还原与电化学基础	358
第三节 元素化学实验	360
实验八 卤素	360
实验九 碱金属与碱土金属	363
实验十 氧和硫	365
实验十一 氮和磷	368
实验十二 碳和硅	370
实验十三 硼和铝	371
实验十四 过渡元素	373
第四节 无机化学综合实验	376
实验十五 无机物制备的基本操作	376
实验十六 粗硫酸铜的提纯	378
实验十七 七水硫酸亚铁的制备	380
实验十八 用废电池锌皮制取七水硫酸锌	381
实验十九 离子的鉴定和未知物的鉴定	383
附录 I 弱酸弱碱的电离常数	384
附录 II 常见难溶强电解质的溶度积常数(298K)	385
附录 III 配合物的稳定常数	386
附录 IV 标准电极电位(298K)	388
附录 V 无机实验常用仪器介绍	395
附录 VI 常见金属化合物在水中的溶解性	401
附录 VII 常用酸、碱的浓度	402
附录 VIII 一些试剂溶液的配制	403
附录 IX 一些常见物质的颜色	404
附录 X 一些离子的鉴定方法	406
参考文献	409
元素周期表	410

绪 论

(一) 无机化学的研究对象与目的

化学研究的对象是自然界中各种物质,特别是它们的化学变化。而物质在不停地运动变化着,化学变化就是物质运动变化形式之一。化学研究的目的在于通过实验来观察认识物质的化学变化规律,并将这些规律应用到化学工业实践中,生产出各种人工合成产品,来丰富我们的世界。由于物质的化学性质决定于物质的内部组成和结构,为了掌握化学变化规律之本质,化学必须研究物质的组成、结构、性质及其相互联系。因此,化学是研究物质的组成、结构、性质和化学变化规律的科学。

自然界中物质繁多,但它们基本上是由目前已发现的一百多种元素中的一种或几种所构成。其中碳元素所形成的化合物复杂且数量庞大,并且碳的化合物是构成生物有机体的主要成分。为此,化学又简单地分成有机化学与无机化学。

无机化学主要研究的是除碳的复杂及系列化合物以外的所有元素单质及其化合物的化学。而一些简单的碳的化合物,如:碳酸盐、 CO 、 CO_2 、氰化物等,一般列入无机化学内研究。无机化学研究的元素种类很多,内容丰富。它作为化学门类中的一门基础课,本书将着重介绍一些基本理论及重要规律。并且对于典型的应用性的无机物的性质、制备与用途进行讨论。

(二) 无机化学的发展过程与趋势

化学成为一门独立学科的时间不长,但化学为一种实用技术早在史前时期就得到了具体应用,如烧制陶器等。化学发展经历了古代、近代和现代等不同时期。铜铁等金属以及合金的冶炼、酒的酿造等都是化学的早期应用,它们所涉及的原料成品大部分都是无机物。所以,最初的化学即为无机化学。化学的发展也是从无机物的研究开始。煤、

石油、天然气等燃料的开采和利用,造纸术的发明和发展等,对人类社会进步发挥了重要作用,药物化学的兴起和冶金化学的广泛探究,为近代化学的诞生和发展奠定了良好的基础。原子、分子学说的确立是近代化学发展的里程碑。在近代发展的历程中,相继发现了大量的元素,并揭示了物质世界的一项根本性规律——元素周期律。从原子模型到光谱实验数据及辐射实验现象,还有光电效应等,所建立起来的现代物质结构理论,使人们能够深入地、科学地认识物质内部微观粒子的运动规律。

随着化学与其它各门学科之间的相互渗透,使化学所涉及的领域越来越广。扫描隧道显微镜的研制成功,使人们能够清楚地观察到原子的图像和动态的化学变化。交叉分子束实验则可以使人们详细地研究化学反应的微观机理。

化学发展的明显趋势,还在于化学同工业生产之间的关系越来越密切。在当今信息时代,每一项新的科学发现,都将迅速传遍世界并将很快转化为生产力。而生产的进步与发展又必将对化学提出更高的要求。

我国是世界四大文明古国之一,在化学发展史上也有辉煌的业绩。冶金、陶瓷、酿造、造纸、火药等,都是在世界上发明和应用较早的国家。中华人民共和国建立后,我国的化学和化学工业及其基础理论研究方面,均取得了飞速发展。比如:在航天方面的高纯能源,原子能工业方面的核燃料,都达到世界先进水平;在半导体材料冶炼、高能电池、超导材料方面的研究也处于先进行列。另外,在有机化学方面,如具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素和与天然分子相同具有完整生物活性的核糖核酸等方面也成为世界之首。在化学工作者的努力下,使我国化学研究技术和有关生产水平,与世界先进水平之间的差距在不断缩小。特别是改革开放以来,我们与国外的人才技术广泛交流,使我国的科研与生产正与国际标准接轨。

(三) 无机化学的作用与任务

无机化学是职业技术类学校轻化工艺和工业分析及环境监测人员的一门重要的专业基础课。它的任务是使学生在初中化学知识的基

础上,进一步学习无机化学的基础理论、基本知识,掌握化学反应的一般规律和基本化学计算方法,加强对无机化学实验操作与技能的训练,培养学生分析问题解决问题的能力,为学习后续课程和从事化工技术工作打下基础。

当今世界各国都非常关注环境问题。世界人口不断增长,生产不断发展,人们的生活水平不断提高,由于对环境与生产发展的关系重视不够,特别是对废弃物的处理不当,使环境受到了破坏。如土地的沙漠化、水资源危机(这在我国北方各大城市尤其严重)、酸雨、臭氧层的破坏等等。因此,保护环境已成为当今和未来的一项全球性的重大任务,也是我国的一项基本国策。在这关系国计民生的环境问题中,化学工作者是大有作为的。有关专家指出,如果对燃烧产物,如 CO_2 、 H_2O 、 N_2 等利用太阳能使它们重新组合,变成 CH_4 、 CH_3OH 、 NH_3 等,不仅可消除对大气的污染,而且可节约燃料能源。

人们关注环境,最终目的是关注自己的健康。大家知道维系生命过程要靠化学反应。用来保证人体健康的营养物、药物等的研究,人体中的元素对人体生理作用的研究等都离不开化学。所以,正确地运用化学知识,对调节生命活动,提高人体素质是很重要的。

无机化学对农业增产增收,对能源的合理开发利用,以及人们的日常生活用品,都有密切的关系。

化学如此重要,就需要我们掌握化学规律知识,从而更好地运用它。在初中,学习了氧气、氢气、碳、铁和一些常见的酸、碱、盐的基础知识和基本实验技能。在此基础上,我们要更加深入地学习化学知识,提高自己的科学素质。特别强调的是:化学是一门以实验为基础的学科,化学实验是研究与验证化学变化规律的必要手段,新的化工生产工艺、产品、革新成果等都是先在实验室开发出来,再运用到生产中去,即化学实验课是学好无机化学必不可少的实践性教学环节,要重视实验。通过实验的验证,巩固课堂所学知识并掌握基本的实验技能。这当中,要注重科学方法训练,培养科学态度,提高分析问题解决问题的能力,培养“实事求是”的工作态度。

第一章 物质的量与化学计算

第一节 物质的量的单位——摩尔

一、摩 尔

在初中化学里我们学习过原子、分子、离子等构成物质的微粒,知道这些微粒是肉眼看不见的,也是难于称量的。但是,参加化学反应的物质是由数目庞大的微粒集合而成的,是可以称量的。为反映可称量物质的质量与其所含微粒数目之间的关系,需引入一个物理量,称之为“物质的量”,其单位是摩尔。有关“物质的量”的单位“摩尔”的定义如下:

摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与 $0.012\text{kg}^{12}\text{C}$ 的原子数目相同。单位符号为 mol。在使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是分子、原子、离子、电子及其它粒子,或是这些粒子的特定组合。

$12\text{g }^{12}\text{C}$ 中有多少个碳原子呢? 据实验测定, $12\text{g }^{12}\text{C}$ 约含 6.02×10^{23} 个 ^{12}C 原子, 6.02×10^{23} 这个数字称阿伏加德罗常数(N_A)。1 摩尔就是 6.02×10^{23} 个微粒的集体(这里必须注意: 6.02×10^{23} 是阿伏加德罗常数的近似值)。

当某物质所含的基本单元数目为阿伏加德罗常数时,该物质的物质的量为 1mol。在使用摩尔时,必须指明基本单元的名称。如:

1mol 碳原子含有 6.02×10^{23} 个碳原子;

1mol 氢原子含有 6.02×10^{23} 个氢原子;

1mol 氧原子含有 6.02×10^{23} 个氧原子;

1mol 水分子含有 6.02×10^{23} 个水分子;

1mol 氢离子含有 6.02×10^{23} 个氢离子;

1mol 氢氧根离子含有 6.02×10^{23} 个氢氧根离子;