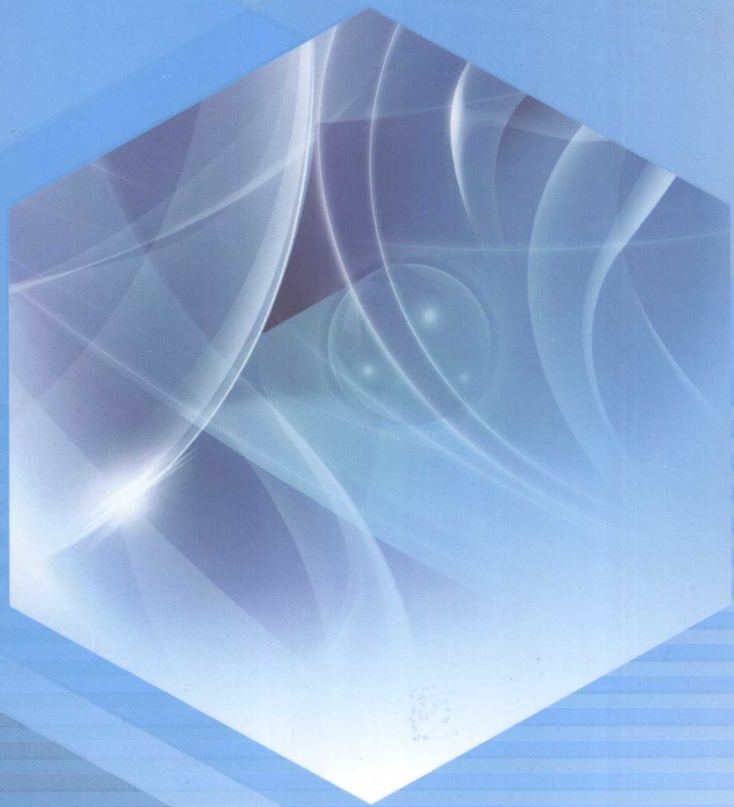




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



无机化学

(第三版)

■ 高职高专化学教材编写组 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

无机化学

(第三版)

高职高专化学教材编写组 编



9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元
9787040288100	无机化学	高等教育出版社	2008-01-01	160页	32开	16.00元

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在1993年出版的《无机化学》(曹素忱主编)以及2000年出版的《无机化学》(第二版,高职高专化学教材编写组编)的基础上修订而成。

本书基本保留了第二版教材的知识框架,对第二版教材的部分不妥之处进行了更正,新选了十几个应用领域的阅读材料,体现了基本理论和行业、产业的有机结合;每章都增加了学习目标、知识结构图、本章小结等内容;删除了活化能、酸碱质子理论等几处难度较大、适应性不强的内容;删除了如氧化值法配平氧化还原反应方程式等与中学化学重复的内容;把元素部分内容等改为选学内容,并用“*”号加以标记。

本书配套建设有相应的实验教材及丰富的数字化教学资源,授课教师可向高等教育出版社相关负责人员咨询。

本书适应于应用性、技能型人才培养的各类教育的化工、石油、冶金、轻化、生物制药等各专业的教学,也可供相关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

— 无机化学 / 高职高专化学教材编写组编. — 3 版. — 北京: 高等教育出版社, 2008.6

ISBN 978-7-04-024013-9

I. 无… II. 高… III. 无机化学-高等学校:技术学校-教材 IV. O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 062164 号

策划编辑	周先海	责任编辑	董淑静	封面设计	王凌波	责任绘图	黄建英
版式设计	范晓红	责任校对	王 雨	责任印制	韩 刚		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 24
字 数 580 000
插 页 1

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1993 年 8 月第 1 版
2008 年 6 月第 3 版
印 次 2008 年 6 月第 1 次印刷
定 价 29.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24013-00

第三版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在1993年出版的《无机化学》(曹素忱主编)以及2000年出版的《无机化学》(第二版,高职高专化学教材编写组编)的基础上修订而成。

本书自第一版出版以来,特别是经过第二版的再版修订,受到了高职高专院校广大师生的普遍赞誉和欢迎。随着高职高专专业教学改革的不断深入,课程体系和教学内容都在不断发生变化。十余年来,使用本教材的许多读者给本书提出了宝贵的意见和建议。为使教材趋于完善,2006年12月,高等教育出版社启动了对四门化学教材及其实验教材的修订工作,在教育部高等学校高职高专化工技术类教学指导委员会主任委员曹克广教授、副主任委员李居参教授的主持下,对系列教材的编者队伍、任务分工、修订进度等做了详细的工作安排。

根据教育部《关于以就业为导向,深化高等职业教育改革的若干意见》文件的精神,本书编者大面积地征求了使用教师的意见,在具体修订工作中,从培养高等技术应用性、技能型人才的需要出发,突出高职实践教学特色,进一步深化了知识理论“必需、够用”的原则,本书在基本保留第二版教材的知识框架的条件下,与第二版教材相比有如下变化:

1. 对第二版教材的部分错误内容、不妥之处进行了更正。
2. 新选了十几个应用领域的阅读材料,体现了基本理论和行业、产业的有机结合。
3. 每章增加了学习目标、知识结构图、本章小结等内容,大大方便了师生的实际教学。
4. 删除了活化能、酸碱质子理论等几处难度较大、适应性不强的内容;删除了如氧化值法配平氧化还原反应方程式等与中学化学重复的内容。
5. 把元素部分内容等改为选学内容,用“*”号加以标记,适应少学时教学的需要,以便于不同专业的教师自由安排教学。

本书的修订工作由辽宁工业大学李居参主持。参加修订工作的还有河南工程学院谢伟、辽宁石化职业技术学院王静、南京化工职业技术学院曹国庆、辽宁石化职业技术学院李居时。本书由辽宁石化职业技术学院胡伟光审定;高等教育出版社的相关同志为本书的最终出版付出了辛勤的劳动;多所兄弟院校的授课教师对本书的修订提出了宝贵的意见和建议,在此,一并表示衷心的感谢。

限于编者水平,错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年4月

第二版前言

本书第一版自1993年出版以来,在高等工程专科学校的教学中发挥了很好的作用,受到广大师生的欢迎。随着高等教育和教学改革的深入发展,教学内容和课程体系都将随之发生变化,几年来,使用本书的许多教师也不断为本书的修订献计献策并提出许多宝贵意见。在这种情况下,于1997年4月17日在无锡召开的高等工程专科化学课委会会议上高等教育出版社启动了对四门化学课程教材的修订工作。在化学课委会主任周荣才校长的主持下,落实了本书修订工作的人选:由西安武警工程学院马泰儒担任主编,参加修订工作的还有上海化工高等专科学校叶秋云和江南学院王星堂。

这次修订是根据原国家教委1996年制订的高等工程专科无机化学课程教学基本要求进行的。与此同时,为适应迅猛发展的高等职业专科学校的需要,在修订过程中还听取了部分高等职业专科学校教师的意见。修订的基本指导思想是:从培养技术应用型人才的需要出发,进一步突出高职高专的教学特点,继续贯彻基础理论内容以“必需和够用为度”的原则,基本知识内容注重更新,使之成为适应21世纪高职高专教学改革需要的教材。

这次修订与第一版相比有如下变化:

1. 删减了与中学化学重复的内容,如物质的量及其单位、酸和碱、氧化数配平法、电解、原子的组成等。

2. 删减了偏离教学基本要求的内容,如酸碱的电子理论、离子晶体中的结构类型、某些物质的生产流程图等。

3. 对元素化学的内容,删减了某些非重要元素和非典型化合物的内容,强化了基本要求中指明的重要元素及典型化合物的讨论。如删减和压缩了化学元素的自然资源、钠的工业制法、多硫化物、镉的化合物等。

4. 适当增加了某些化合物的新用途的介绍。对原书中的阅读材料内容进行了筛选、补充和更新,由原来的28个压缩为8个。

5. 将原书中的习题分成复习思考题和习题两部分,使思考题更加突出思考性、针对性和启发性,有助于学生能力的培养。

6. 对于某些不属教学基本要求但有很高参考价值的内容,如水解计算、经验平衡常数等使用小号字排印。

全书由马泰儒统稿、修改和定稿。

本书是在高等工程专科化学课委会和高等教育出版社的指导和帮助下完成的。初稿经石油大学董松琦和承德石油高等专科学校曹克广审稿,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,谬误之处期望广大师生在使用过程中多提宝贵意见。

编者

1999年10月

第一版编者的话

编者

1991年3月

1991年国家教委审订了高等学校工程专科无机化学课程的教学基本要求。本书的编写以此项基本要求为依据,充分注意到工程专科学校培养技术应用型人才的特点和教材内容以“必需和够用”为原则,并结合当前教学实际,着重考虑了以下两方面:

1. 精选教材内容 根据基本要求,本教材分为化学理论和元素化学两部分。按必需和够用的原则,我们首先对化学理论部分进行了精选。与目前同类型通用教材相比,物质结构部分略去了薛定谔方程、分子轨道理论、价层电子对互斥理论和晶体场理论;化学热力学的内容全部略去;其他在酸碱理论、平衡理论及氧化还原理论各章亦回避了艰深和不成熟的学说以及复杂的计算。但相应地指出了教材理论的局限性和发展方向,让学生有“学然后知不足”的感觉,以避免使知识凝固。另一方面,我们对选定内容,在保证科学性的原则下,叙述力求简洁明晰,并配以较多插图和例题,以助其理解。此外,我们也注意到各部分的起点及与中学化学的衔接。某些必要的反复,既能使内容系统清晰,又可起到“温故而求新”的作用。

元素化学部分,在体现周期系的原则下,尽量突出典型和通用的元素和化合物。但鉴于工业生产的广泛性和科学技术的迅速发展,本书对某些不常见元素及化合物(如镧系元素、锕系元素等)也作了简单介绍。此外,围绕元素化学内容还编写了一些“阅读材料”。它们不作为教学基本要求,只是开阔视野、增长知识、激发学习兴趣和培养敬业精神。

2. 加强联系实际,注意培养务实能力 本书的中心内容在元素化学。元素化学本身就是化学实际,教材中的理论是为阐述元素化学知识服务的;而工农业中无机物质的生产和应用则是另一方面的重要实际。本书努力使这三方面互相渗透、密切结合,让元素化学既联系化学理论又注意联系生产实际,从而加强了化学基本理论和元素化学知识应用能力的训练。务实能力是工程专科学生各项能力的基础。结合教材内容,除了注入生产意识外,对经济观点、技术安全观点、资源利用和环境保护观点等也予以适当注意,以培养技术应用型人才的务实能力。

本课程教学时数范围为81~108学时(包括实验)。本书按学时上限编写,作业和思考题的分量也较大,主要考虑到各校可按专业要求不同加以选用。

本书由曹素忱(主编,北京市化工局职工大学)、王载兴(上海轻工业高等专科学校)、叶秋云(上海化学工业高等专科学校)编写。全书由曹素忱统稿。

本书的主审为苏小云(华东化工学院)。参加审稿的有吴天绶(上海纺织工业高等专科学校)、徐正心(上海冶金高等专科学校)、张桂芸(承德石油高等专科学校)、曹静柏(连云港化学矿业高等专科学校)。在审稿中,他们提出了许多极为宝贵的意见,为提高本书质量做出了贡献。特别应该提出的是主审苏小云,在初审后又对修改稿再次精心复审,为本书付出了辛勤劳动。此外,本书的编写工作还得到北京理工大学曹庭礼教授的热情指导和帮助,并特为本书撰写

了序言。在此,对以上各位老师表示衷心感谢。

我们对高等工程专科教材如何体现特色,达到基本要求,仅做了初步探索。限于编者水平,缺点甚至错误在所难免。恳切希望使用本书的师生和其他读者多多指正,提出修改意见。

编者

1992 年 6 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

801		8-1
801		8-1
801		8-1
111		8-1
第一章 物质及其变化	1	
第一节 物质的聚集状态	1	
1-1 气体	1	
1-2 液体	5	
1-3 固体	7	
1-4 等离子体	8	
第二节 化学反应中的质量关系和能量关系	8	
2-1 质量守恒定律	8	
2-2 反应热效应 焓变	8	
2-3 热化学方程式	9	
2-4 热化学定律	10	
2-5 生成热(生成焓)	12	
【阅读材料 1】我国最早的化学研究机构	13	
本章知识结构图	14	
本章小结	14	
复习思考题	15	
习题	16	
第二章 化学反应速率和化学平衡	19	
第一节 化学反应速率	19	
第二节 影响反应速率的因素	21	
2-1 浓度对反应速率的影响 经验速率方程	21	
2-2 温度对反应速率的影响	22	
2-3 催化剂与反应速率	22	
2-4 影响反应速率的其他因素	23	
第三节 化学平衡	23	
3-1 可逆反应与化学平衡	23	
3-2 实验平衡常数的概念	24	
3-3 标准平衡常数	26	
3-4 平衡常数与平衡转化率	29	
第四节 化学平衡的移动	31	
4-1 浓度对化学平衡的影响	31	
4-2 压力对化学平衡的影响	32	
4-3 温度对化学平衡的影响	34	
4-4 催化剂与化学平衡	34	
4-5 平衡移动原理——吕·查德里原理	34	
第五节 反应速率与化学平衡的综合应用	35	
【阅读材料 2】催化剂在石油化工生产中的应用	37	
本章知识结构图	38	
本章小结	39	
复习思考题	40	
习题	41	
第三章 电解质溶液和离子平衡	45	
第一节 强电解质溶液	45	
第二节 水的解离和溶液的 pH	46	
2-1 水的解离平衡	46	
2-2 溶液的酸碱性和 pH	47	
2-3 酸碱指示剂	48	
第三节 弱酸、弱碱的解离平衡	49	
3-1 一元弱酸、弱碱的解离平衡	49	
3-2 多元弱酸的解离平衡	52	
第四节 同离子效应和缓冲溶液	53	
4-1 同离子效应	53	
4-2 缓冲溶液	54	
第五节 盐类的水解	57	
5-1 盐的水解 水解常数 水解度	57	

5-2 盐溶液 pH 的简单计算	60	习题	101
5-3 影响水解平衡的因素	62	第五章 原子结构与元素周期律	105
5-4 盐类水解平衡的移动及其应用	62	第一节 原子核外电子的运动状态	105
第六节 沉淀-溶解平衡	62	1-1 电子的波粒二象性	106
6-1 沉淀-溶解平衡 溶度积	63	1-2 波函数与原子轨道	106
6-2 溶解度与溶度积的相互换算	63	1-3 概率密度与电子云	107
第七节 溶度积规则及其应用	65	1-4 四个量子数	108
7-1 溶度积规则	65	1-5 多电子原子轨道的能级	111
7-2 沉淀的生成	66	第二节 原子中电子的排布	112
7-3 分步沉淀	69	2-1 基态原子中电子的排布原理	112
7-4 沉淀的溶解	71	2-2 基态原子中的电子排布	113
【阅读材料 3】盐类水解的应用规律	74	第三节 原子核外电子排布与元素	
本章知识结构图	75	周期律	116
本章小结	75	3-1 周期与能级组	116
复习思考题	77	3-2 族与价层电子构型	118
习题	79	3-3 周期表元素分区	119
第四章 氧化和还原	82	第四节 元素性质的周期性	119
第一节 氧化还原反应的基本概念	82	4-1 有效核电荷(Z^*)	120
1-1 氧化值	82	4-2 原子半径(r)	120
1-2 氧化还原电对	83	4-3 电离能(I)	122
1-3 常见的氧化剂和还原剂	84	4-4 电子亲和能(Y)	123
1-4 氧化还原反应方程式的配平	85	4-5 电负性(χ)	124
第二节 氧化还原反应与原电池	86	4-6 元素的金属性与非金属性	124
2-1 原电池的组成	86	4-7 元素的氧化值	125
2-2 原电池的电动势	87	【阅读材料 5】化学元素周期律的	
第三节 电极电势	88	发现	125
3-1 标准电极电势及其测定	88	本章知识结构图	126
3-2 影响电极电势的因素	90	本章小结	127
第四节 电极电势的应用	93	复习思考题	128
4-1 氧化剂和还原剂的相对强弱	93	习题	129
4-2 氧化还原反应进行的方向	94	第六章 分子结构与晶体结构	132
4-3 氧化还原反应进行的程度	94	第一节 共价键理论	132
4-4 元素电势图及其应用	95	1-1 共价键的形成	133
【阅读材料 4】氧化还原反应的广泛		1-2 价键理论的要点	133
应用	97	1-3 共价键的特征	133
本章知识结构图	98	1-4 共价键的类型	134
本章小结	99	1-5 键参数	136
复习思考题	99	* 第二节 杂化轨道理论与分子几何	

构型	138	状况	166
2-1 杂化轨道理论概要	138	3-1 配位平衡	166
2-2 杂化轨道类型与分子几何构型的 关系	139	3-2 配位平衡的移动及其应用	169
第三节 分子间力与分子晶体	141	第四节 螯合物	171
3-1 分子的极性和变形性	141	4-1 螯合物的概念	171
3-2 分子间力	143	4-2 螯合物的特性	172
3-3 氢键	145	第五节 配合物形成体在周期表中 的分布	172
3-4 分子晶体	146	第六节 配位化合物的应用	172
第四节 离子键与离子晶体	147	【阅读材料 7】 茶叶中的化学成分	173
4-1 离子键的形成和特征	147	本章知识结构图	174
4-2 离子的结构特征	147	本章小结	174
4-3 离子晶体	148	复习思考题	175
第五节 离子极化	149	习题	176
5-1 离子在电场中的极化	149	第八章 主族金属元素(一) 碱金属和 碱土金属	179
5-2 离子间的相互极化	150	第一节 化学元素的自然资源	179
5-3 离子极化对物质的结构和性质的 影响	151	1-1 地壳中元素的分布和存在类型	179
第六节 其他类型晶体	152	1-2 元素资源的存在形式和提取、利用	180
6-1 原子晶体	152	第二节 碱金属	182
6-2 金属键与金属晶体	153	2-1 碱金属元素概述	182
6-3 混合型晶体	153	2-2 金属钠和钾	183
【阅读材料 6】 氢键的形成对物质性 质的影响	154	2-3 碱金属的氢化物	184
本章知识结构图	155	2-4 碱金属的氧化物和氢氧化物	184
本章小结	156	2-5 钠盐和钾盐	187
复习思考题	157	第三节 碱土金属	189
习题	159	3-1 碱土金属元素概述	189
第七章 配位化合物	162	3-2 碱土金属的氧化物和氢氧化物	191
第一节 配位化合物的基本概念	162	3-3 碱土金属的盐类	193
1-1 配位化合物的组成	162	3-4 硬水软化和纯水制备	195
1-2 配位化合物的命名	163	【阅读材料 8】 氯化钙的性能与用途	196
第二节 配位化合物的结构	164	本章知识结构图	197
2-1 配位化合物中的化学键	164	本章小结	197
2-2 杂化轨道与配位化合物的空间 构型	164	复习思考题	197
2-3 内轨配合物与外轨配合物	166	习题	198
第三节 配位化合物在水溶液中的 状况	166	*第九章 主族金属元素(二) 铝 锡 铅 砷 锑 铋	201
		第一节 p 区元素概述	202

第二节 铝	203	氮 磷 碳 硅 硼	244
2-1 金属铝	203	第一节 氧及其化合物	244
2-2 氧化铝和氢氧化铝	205	1-1 氧	244
2-3 铝盐	207	1-2 臭氧	245
第三节 锡 铅	208	1-3 过氧化氢	246
3-1 锡、铅的单质	208	1-4 氧化物	248
3-2 锡、铅的化合物	210	第二节 硫及其化合物	249
3-3 含铅废水的处理	212	2-1 单质硫	249
第四节 砷 锑 铋	213	2-2 硫的氧化物和含氧酸	250
4-1 砷、锑、铋的单质	213	2-3 硫的含氧酸盐	253
4-2 砷、锑、铋的化合物	213	2-4 硫化氢和硫化物	257
4-3 含砷废水的处理	217	第三节 氮及其化合物	260
【阅读材料 9】 无机盐工业发展现状	217	3-1 氮气	260
本章知识结构图	218	3-2 氨与铵盐	261
本章小结	218	3-3 硝酸和硝酸盐	263
复习思考题	219	3-4 亚硝酸和亚硝酸盐	266
习题	220	3-5 含氮氧化物废气的处理	267
第十章 非金属元素(一) 氢 稀有		第四节 磷及其化合物	267
气体 卤素	222	4-1 单质磷	267
第一节 氢	222	4-2 磷的氧化物	268
1-1 氢的性质	222	4-3 磷的含氧酸及其盐	269
1-2 氢气的制法	223	4-4 磷的氯化物	271
1-3 氢气的用途	223	第五节 碳、硅、硼及其化合物	272
第二节 稀有气体	224	5-1 碳及其化合物	272
第三节 卤素	224	5-2 硅的化合物	275
3-1 卤素的单质	225	5-3 硼的化合物	277
3-2 卤化氢和氢卤酸	228	【阅读材料 11】 环境污染与人体健康	279
3-3 卤化物	232	本章知识结构图	281
3-4 氯的含氧酸及其盐	234	本章小结	281
第四节 拟卤素	237	复习思考题	282
4-1 氟的几种重要化合物	237	习题	284
4-2 含氟废水的处理	238	第十二章 过渡元素(一) 铜副族和	
【阅读材料 10】 21 世纪新能源展望	238	锌副族	287
本章知识结构图	240	第一节 过渡元素的通性	288
本章小结	240	第二节 铜副族元素	290
复习思考题	241	2-1 铜副族元素的通性和单质	290
习题	242	2-2 铜的化合物	291
第十一章 非金属元素(二) 氧 硫			

2-3 银的化合物	296	3-1 铁、钴、镍的单质	324
2-4 从废水、废渣中回收银	297	3-2 铁系元素的氧化物和氢氧化物	324
第三节 锌副族元素	298	3-3 铁盐	326
3-1 锌副族元素的通性和单质	298	3-4 钴盐和镍盐	328
3-2 锌的化合物	299	3-5 铁系元素的配位化合物	329
3-3 镉的化合物和含镉废水的处理	301	第四节 稀土元素和镧系元素	330
3-4 汞的化合物	302	第五节 铜系元素和铀后元素	332
3-5 含汞废水的处理	304	【阅读材料 15】 钛	334
【阅读材料 12】 锌在人体中的作用	305	本章知识结构图	335
【阅读材料 13】 纳米材料	306	本章小结	336
本章知识结构图	307	复习思考题	336
本章小结	308	习题	337
复习思考题	308	部分习题参考答案	340
习题	310	附录	344
*第十三章 过渡元素(二) 铬 锰 铁		表 1 酸、碱的标准解离常数	344
钴 镍	312	表 2 溶度积常数(298.15 K)	345
第一节 铬及其化合物	312	表 3 标准电极电势(298.15 K)	347
1-1 铬	312	表 4 配离子的稳定常数(298.15 K) ...	351
1-2 铬的氧化物和氢氧化物	313	表 5 常见酸、碱水溶液的相对密度	
1-3 铬(Ⅲ)盐	314	与其质量分数	352
1-4 铬酸盐和重铬酸盐	315	表 6 工业常用气瓶的标志	354
1-5 含铬废水的处理	317	表 7 常用的干燥剂	355
第二节 锰及其化合物	317	表 8 常用的制冷剂	355
2-1 金属锰	317	表 9 有害物质的排放标准*	356
2-2 锰(Ⅱ)化合物	319	表 10 某些物质的商品名或俗名	357
2-3 锰(Ⅳ)化合物 二氧化锰	320	表 11 主要的化学矿物	359
2-4 锰(Ⅶ)化合物 高锰酸钾	320	索引	362
【阅读材料 14】 钛与钒	321	主要参考书	367
第三节 铁钴镍	324	元素周期表	

第一章 物质及其变化

学习目标

→ 知识目标

1. 掌握理想气体状态方程、气体分压定律；
2. 掌握液体的蒸气压、液体沸点的含义及应用；
3. 掌握质量守恒定律；
4. 熟悉盖斯定律和标准生成焓。

→ 能力目标

1. 会利用理想气体状态方程、气体分压定律进行有关计算；
2. 会正确书写热化学方程式，明确其含义；
3. 会正确计算化学反应的反应热。

第一节 物质的聚集状态

物质总是以一定的聚集状态存在。常温、常压下，通常物质有气态、液态和固态三种存在状态，在一定条件下这三种状态可以相互转变。此外，现已发现物质还有第四种存在状态——等离子体状态。

1-1 气体

气体的基本特征是具有扩散性和可压缩性。物质处在气体状态时，分子彼此相距甚远，分子间的引力非常小，各个分子都在无规则地快速运动。通常气体的存在状态几乎和它们的化学组成无关，致使气体具有许多共同性质，这为研究其存在状态带来了方便。气体的存在状态主要决定于四个因素，即体积、压力、温度和物质的量。反映这四个物理量之间关系的方程为气体状态方程。

1. 理想气体状态方程

理想气体是一种假设的气体模型，它要求气体分子之间完全没有作用力，气体分子本身也只是个几何点，只具有位置而不占有体积。实际使用的气体都是真实气体。只有在压力不太高和温度不太低的情况下，分子间的距离甚大，气体所占有的体积远远超过分子本身的体积，分子间的作用力和分子本身的体积均可忽略时，实际气体的存在状态才接近于理想气体，用理想气体的定律进行计算，才不会引起显著的误差。

理想气体状态方程的表达式为

$$pV=nRT \quad (1-1)$$

式中： p 为气体压力，SI 单位^①为 Pa(帕)； V 为气体体积，SI 单位为 m^3 (立方米)； n 为气体物质的量，SI 单位为 mol(摩)； T 为气体的热力学温度，SI 单位为 K(开)； R 为摩尔气体常数，又称气体常数，实验证明其值与气体种类无关。

气体常数可由实验测定。如测得 1.000 mol 气体在 273.15 K, 101.325 kPa 的条件下所占的体积为 $22.414 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，代入(1-1)式则得

$$\begin{aligned} R &= \frac{pV}{nT} = \frac{101.325 \times 10^3 \text{ Pa} \times 22.414 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1.000 \text{ mol} \times 273.15 \text{ K}} \\ &= 8.314 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ &= 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{aligned}$$

2. 气体分压定律

在实际生活和工业生产中所遇到的气体大多为混合气体。空气就是一种混合气体，它含有 O_2 , N_2 ，少量 CO_2 和数种稀有气体。如果混合气体的各组分之间不发生化学反应，则在高温、低压下，可将其看作理想气体混合物。

气体具有扩散性。在混合气体中，每一种组分气体总是均匀地充满整个容器，对容器内壁产生压力，并且不受其他组分气体的影响，如同它单独存在于容器中那样。各组分气体占有与混合气体相同体积时所产生的压力叫做分压力(p_i)。1801 年英国科学家道尔顿(Dalton J)从大量实验中归纳出组分气体的分压与混合气体总压之间的关系为：混合气体的总压等于各组分气体的分压之和。这一关系称为道尔顿分压定律。例如，混合气体由 A, B, C 三种气体组成，则分压定律可表示为

$$p = p(\text{A}) + p(\text{B}) + p(\text{C}) \quad (1-2)$$

式中： p 为混合气体总压； $p(\text{A})$, $p(\text{B})$, $p(\text{C})$ 分别为 A, B, C 三种气体的分压。图 1-1 是分压定律的示意图[图 1-1(a), (b), (c), (d)中为体积相同的四个容器]。

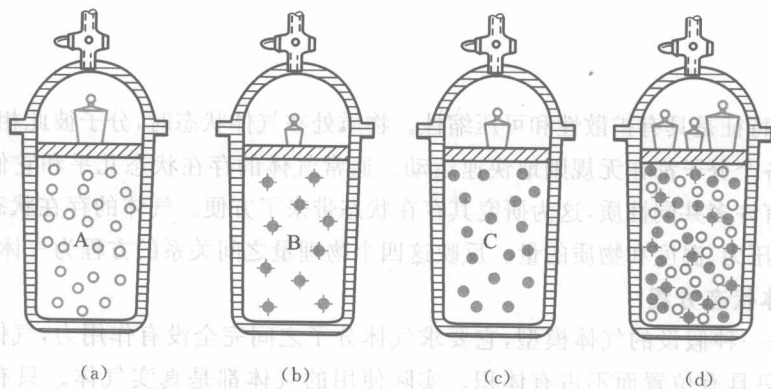


图 1-1 分压定律示意图

^① SI 单位即国际单位制单位。

图 1-1(a), (b), (c) 中的砝码表示 A, B, C 三种气体单独存在时所产生的压力。图 1-1(d) 中的砝码表示 A, B, C 混合气体所产生的总压。

理想气体定律同样适用于气体混合物。如混合气体中各气体物质的量之和为 $n_{\text{总}}$, 温度 T 时混合气体总压为 $p_{\text{总}}$, 体积为 V , 则

$$p_{\text{总}} V = n_{\text{总}} RT$$

如以 n_i 表示混合气体中气体 i 的物质的量, p_i 表示其分压, V 为混合气体体积, 温度为 T , 则

$$p_i V = n_i RT$$

将两式相除, 得

$$p_i / p_{\text{总}} = n_i / n_{\text{总}} \quad (1-3, a)$$

或

$$p_i = p_{\text{总}} \times n_i / n_{\text{总}} \quad (1-3, b)$$

混合气体中组分气体 i 的分压 p_i 与混合气体总压之比(即压力分数)等于混合气体中组分气体 i 的摩尔分数; 或混合气体中组分气体的分压等于总压乘以组分气体的摩尔分数。这是分压定律的又一种表示方式。

例 1 在 $0.010\ 0\ \text{m}^3$ 容器中含有 $2.50 \times 10^{-3}\ \text{mol H}_2$, $1.00 \times 10^{-3}\ \text{mol He}$ 和 $3.00 \times 10^{-4}\ \text{mol Ne}$, 则在 $35\ ^\circ\text{C}$ 时总压为多少?

$$\begin{aligned} \text{解: } p(\text{H}_2) &= \frac{n(\text{H}_2)RT}{V} \\ &= \frac{2.50 \times 10^{-3}\ \text{mol} \times 8.314\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273 + 35)\ \text{K}}{0.010\ 0\ \text{m}^3} \\ &= 640\ \text{Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(\text{He}) &= \frac{n(\text{He})RT}{V} \\ &= \frac{1.00 \times 10^{-3}\ \text{mol} \times 8.314\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273 + 35)\ \text{K}}{0.010\ 0\ \text{m}^3} \\ &= 256\ \text{Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(\text{Ne}) &= \frac{n(\text{Ne})RT}{V} \\ &= \frac{3.00 \times 10^{-4}\ \text{mol} \times 8.314\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273 + 35)\ \text{K}}{0.010\ 0\ \text{m}^3} \\ &= 76.8\ \text{Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{总}} &= p(\text{H}_2) + p(\text{He}) + p(\text{Ne}) \\ &= (640 + 256 + 76.8)\ \text{Pa} \\ &= 973\ \text{Pa} \end{aligned}$$

例 2 用锌与盐酸反应制备氢气: $\text{Zn(s)} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2(\text{g})$ 。如果在 $25\ ^\circ\text{C}$ 时用排水法收集氢气, 总压为 $98.6\ \text{kPa}$ (已知 $25\ ^\circ\text{C}$ 时水的饱和蒸气压为 $3.17\ \text{kPa}$), 体积为 $2.50 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$ 。试求:

(1) 试样中氢气的分压;

(2) 收集到的氢气的质量。

解: (1) 用排水法在水面上收集到的气体为被水蒸气饱和了的氢气, 试样中水蒸气的分压为 $3.17\ \text{kPa}$, 根据分压定律, 则