

中等职业学校规划教材

无机化学

第二版

王宝仁 主编



化学工业出版社

中等职业学校规划教材

无机化学

第二版

王宝仁 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据中等职业学校教学改革的新要求编写而成,体现“必需”、“够用”的原则。

全书分为理论和实验两部分。理论部分包括:绪论,化学基本量和化学计算,碱金属和碱土金属,卤素,原子结构和元素周期律,分子结构,化学反应速率和化学平衡,电解质溶液,硼族元素和碳族元素,氧化还原反应和电化学基础,氮和磷,氧和硫,配位化合物,过渡元素。实验部分包括:无机化学实验须知,无机化学实验及其基本操作。本书个别章节还附有阅读材料,以拓宽学生的知识面。

本书可作为中等职业学校工业分析与检验、化工工艺等专业的教材,也可作为其他各类学校师生及从事化工专业的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/王宝仁主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2009. 1

中等职业学校规划教材

ISBN 978-7-122-04143-2

I. 无… II. 王… 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(2008)第180546号

责任编辑:陈有华

文字编辑:林媛

责任校对:凌亚男

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张16½ 字数400千字 2009年1月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:27.00元

版权所有 违者必究

前 言

伴随职业教育改革的不断深入,中等专业学校教学指导方案也发生了很大变化,由教育部职业教育与成人教育司,教育部职业技术教育中心研究所编的《中等职业学校工业分析与检验专业教学指导方案》对无机化学教学提出了明确的基本要求,2004年教育部又提出“职业教育必须以就业为导向改革创新,要牢牢把握面向社会、面向市场的办学方向”,这些都为中等职业教学改革指出了新的方向。

本书根据中等职业学校教学改革的新要求,进一步体现“必需”、“够用”的原则,对第一版教材进行了如下修改:

1. 删减偏深、偏难及不影响教学目标完成的理论内容,如原子结构和分子结构部分中的电离能、杂化轨道理论等内容。
2. 突出为专业服务,更好地体现“必需”和“够用”为度的原则,删去了硬水及其软化,纯碱的生产,碳化物及氰化物,钛的重要化合物,化学电源,砷、锑、铋的重要化合物简介等内容及过渡元素的通性部分,其中一部分作为拓展知识,以阅读材料的形式进行简化介绍,又补充一些开阔视野的阅读材料。
3. 教材叙述更加简练,替换或增补一些直观、形象的插图或实物图;对部分同族元素的通性,采用简练的语言叙述,以便直奔主题,突出性质的介绍。
4. 每章增加了学习目标,明确学习目标和能力目标,以便有目的地教与学。
5. 把握教材的先进性,采用新标准,对原教材中陈旧的知识进行了更新。
6. 重新梳理,保留了部分带“*”的内容,以满足不同专业教学需要。

本书由王宝仁主编与统稿,并编写绪论,第一、四、五、十二章,无机化学实验须知,实验一、三、四和附录;田凡编写第二、三、十三章和实验二、九、十;马超编写第六、七章和实验三;王新编写第八、九章和实验六;马建华编写第十、十一章;张跃东编写实验五、七、八。

本书由胡伟光主审。

限于编者水平,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正,以便修改。

编者

2008年11月

第一版前言

本书是根据 1996 年 5 月全国化工中专教学指导委员会颁发的《无机化学教学大纲》(四年制)编写的。

本教材力求体现职业教育特色,以建立基础、形成观点、训练方法、培养能力为基本原则,服从于培养专业应用型人才的需要。教材在保证科学性、思想性和先进性的同时,展现了无机化学的新理论,新成就,并简化或删除了一些可讲可不讲的内容,基础理论、基本知识、基本规律的阐述尽力做到通俗易懂、简明精练;元素部分保留了一定的系统性,但更侧重于元素化学知识的典型性和针对性,突出化学理论的应用及其与生产生活的密切联系,努力培养学生分析问题、解决问题的能力;教材内容注意与初中化学知识的衔接,深广度适当,以“够用”为度,其中带“*”号部分为选择内容,各校可选择讲授;为便于学生有目的的自学,各章首均设有内容提要;由于配套的《无机化学例题与习题》将同步出版,所以本书仅在各章后留有一定数目典型的、针对性强的思考题与习题;本书除配套的无机化学实验单列书后外,还配有一定数量的演示实验,一些离子鉴定的知识更适于工业分析专业的学习。

本书中有关的名词术语和计量单位均采用国家新标准。

本书适用于招收初中毕业生的中等专业学校化学工艺类和工业分析专业,也可作为其他中等专业学校、技工学校、职业中专及高等职业教育等有关专业的教材或主要参考书。

本书由辽宁省石油化工学校王宝仁主编。湖南化工学校陈杰山编写第八、九、十、十一章和实验五、六、七、八,辽宁省石油化工学校田凡编写第二、三、十三章和实验二、九、十,其余部分由主编编写。全书由王宝仁统稿。

本书由湖南化工学校林俊杰主审。参加审稿的有江苏省常州化工学校张文雯、上海市化工学校陈丽萍。初稿完成后,由编审人员共同审定。修改后,由林俊杰再次精心复审。本书在编审过程中自始至终得到全国化工中专教学指导委员会基础化学课程组蒋鉴平、朱永泰、李居参和化学工业出版社的关心和指导,在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平,书中不当之处在所难免,恳请读者批评指正,以便修改。

编者

1999 年 4 月

目 录

绪论	1
一、无机化学的研究对象	1
二、化学在国民经济及日常生活中的作用	1
三、无机化学课程的任务和学习方法	2
第一章 化学基本量和化学计算	3
第一节 物质的量	3
一、物质的量	3
二、摩尔质量	4
三、有关物质的量的计算	5
第二节 气体标准摩尔体积	6
一、气体标准摩尔体积	6
二、有关气体标准摩尔体积的计算	8
第三节 溶液的浓度	9
一、物质的量浓度	9
二、有关物质的量浓度的计算	9
三、溶液的稀释	10
四、质量分数与物质的量浓度的换算	10
第四节 根据化学方程式的计算	11
一、化学方程式	11
二、根据化学方程式的计算	12
* 第五节 热化学方程式	15
一、热化学方程式的表示	15
二、热化学方程式的书写注意事项	15
习题	16
第二章 碱金属和碱土金属	17
第一节 氧化还原反应的基本概念	17
一、氧化和还原	17
二、氧化剂和还原剂	18
第二节 碱金属和碱土金属的性质	19
一、碱金属和碱土金属的通性	19
二、钠、钾、镁、钙的化学性质	20
三、钠、钾、镁、钙的存在及制备	22
四、钠、钾、镁、钙的贮存与用途	23
第三节 钠、钾、镁、钙的重要化合物	24
一、氧化物	24

二、过氧化物	24
三、氢化物	25
四、氢氧化物	25
五、重要的盐类	26
第四节 离子反应和离子方程式	28
一、离子反应和离子方程式	28
二、离子互换反应进行的条件	28
* 三、钠、钾、镁、钙、钡离子的鉴定	29
阅读材料 硬水及其软化	31
习题	33
第三章 卤素	35
第一节 卤素的性质	35
一、卤素的通性	35
二、卤素的化学性质	36
三、卤素的存在与制备	38
四、卤素的用途	40
第二节 卤化氢和氢卤酸	40
一、卤化氢的制备	40
二、卤化氢和氢卤酸的性质及用途	41
三、卤离子的检验	42
第三节 氯的含氧酸及其盐	43
一、次氯酸及其盐	43
二、氯酸及其盐	44
三、高氯酸及其盐	44
四、氯的含氧酸及其盐的性质比较	45
阅读材料 食用加碘盐	45
习题	46
第四章 原子结构和元素周期律	47
第一节 原子的构成和同位素	47
一、原子的构成	47
二、同位素	48
第二节 原子核外电子的分布	49
一、电子云	49
二、核外电子的运动状态	49
三、原子核外电子的分布	51
第三节 元素周期律和元素周期表	55
一、元素周期律	55
二、元素周期表	56
三、元素周期律和元素周期表的意义	58
第四节 元素基本性质的周期性变化	58

一、原子半径	58
二、电负性	59
三、化合价	60
四、元素的金属性和非金属性	60
习题	62
第五章 分子结构	63
第一节 化学键	63
一、离子键	63
二、共价键	64
三、金属键	68
第二节 分子间力和氢键	68
一、分子的极性和偶极矩	69
二、分子间力及其对物质性质的影响	70
三、氢键及其对物质性质的影响	71
* 第三节 晶体的基本类型	73
一、晶体的特征	73
二、晶体的类型	74
阅读材料 液晶材料	75
习题	76
第六章 化学反应速率和化学平衡	77
第一节 化学反应速率	77
一、化学反应速率的表示方法	77
二、影响反应速率的因素	78
第二节 化学平衡	81
一、可逆反应与化学平衡	81
二、平衡常数	82
三、有关化学平衡的计算	84
第三节 化学平衡的移动	85
一、影响化学平衡的因素	85
二、勒夏特列原理	89
第四节 化学反应速率与化学平衡原理的应用	89
习题	90
第七章 电解质溶液	91
第一节 强电解质和弱电解质	91
一、电解质和非电解质	91
二、电解质的电离	91
三、强电解质和弱电解质	92
第二节 弱电解质的电离平衡	93
一、一元弱酸、一元弱碱的电离平衡	93
二、有关电离平衡的计算	95

* 三、多元弱酸的电离	96
第三节 水的电离和溶液的酸碱性	97
一、水的电离	97
二、溶液的酸碱性	97
三、溶液的 pH	98
四、酸碱指示剂	100
第四节 同离子效应及缓冲溶液	100
一、同离子效应	100
二、缓冲溶液	100
第五节 盐类的水解	102
一、盐类的水解	102
二、影响盐类水解的因素	105
三、盐类水解的应用	105
第六节 难溶电解质的沉淀-溶解平衡	106
一、溶度积常数	106
二、溶度积和溶解度的换算	107
三、溶度积规则	108
四、沉淀的生成和溶解	108
五、沉淀的转化	110
* 六、分步沉淀	111
习题	112
第八章 硼、铝和碳、硅、锡、铅	114
第一节 硼族元素	114
一、硼族元素的通性	114
* 二、硼的重要化合物	114
三、铝及其重要化合物	116
第二节 碳族元素	119
一、碳族元素的通性	119
二、碳酸和碳酸盐	120
* 三、硅及其重要化合物	121
四、锡、铅及其重要化合物	123
阅读材料 科学家侯德榜生平简介	127
阅读材料 纯碱的生产	127
习题	128
第九章 氧化还原反应和电化学基础	129
第一节 氧化还原反应方程式的配平	129
* 一、氧化数法	129
二、离子-电子法	133
第二节 电极电势	135
一、原电池	135

二、电极电势·····	137
三、标准电极电势的应用·····	139
* 第三节 电解及其应用·····	141
一、电解·····	141
二、电解的应用·····	143
* 第四节 金属的腐蚀与防腐·····	144
一、金属的腐蚀·····	144
二、金属的防腐·····	146
阅读材料 化学电源·····	147
习题·····	149
第十章 氮和磷 ·····	150
第一节 氮族元素的通性·····	150
一、氮族元素的基本性质·····	150
二、氮族元素氧化物及其水化物的酸碱性·····	151
第二节 氮的重要化合物·····	151
一、氨和铵盐·····	151
* 二、亚硝酸及其盐·····	154
三、硝酸及其盐·····	156
第三节 磷及其化合物·····	159
一、磷·····	159
二、磷酸和磷酸盐·····	161
习题·····	162
第十一章 氧和硫 ·····	163
第一节 氧族元素的通性·····	163
第二节 臭氧及过氧化氢·····	163
一、氧和*臭氧·····	163
二、过氧化氢·····	165
第三节 硫化氢和金属硫化物·····	166
一、硫化氢和氢硫酸·····	166
二、金属硫化物·····	167
第四节 硫的含氧酸及其盐·····	169
* 一、亚硫酸及其盐·····	169
二、硫酸和硫酸盐·····	170
三、硫的其他含氧酸盐·····	173
习题·····	174
第十二章 配位化合物 ·····	175
第一节 配合物的基本概念·····	175
一、配合物的定义·····	175
二、配合物的组成·····	176
三、配合物的命名·····	178

第二节 配合物在水溶液中的稳定性	179
一、配离子的离解平衡	179
二、配位平衡的移动	180
第三节 螯合物简介及配合物的应用	182
* 一、螯合物简介	182
二、配合物的应用	183
习题	185
第十三章 过渡元素	187
第一节 过渡元素的一般性质	187
一、原子的电子层结构和原子半径	187
二、过渡元素的一般性质	188
第二节 铜和银	188
一、铜族元素的通性	188
二、铜和银的重要化合物	189
第三节 锌和汞	193
一、锌族元素的通性	193
二、锌和汞的重要化合物	193
第四节 铬和锰的重要化合物	196
一、铬的化合物	197
二、锰的化合物	199
第五节 铁、钴、镍及其重要化合物	201
一、铁系元素的通性	201
二、铁、钴、镍的重要化合物	201
阅读材料 钛的重要化合物	205
阅读材料 无机有害废物的防治与处理	205
习题	209
无机化学实验	210
无机化学实验须知	210
一、无机化学实验的任务	210
二、无机化学实验的基本要求	210
三、实验规则	210
四、安全守则	210
五、意外事故的处理	211
六、无机化学实验报告的一般格式	212
七、无机化学实验的基本仪器	212
实验一 无机化学实验的基本操作与溶液的配制	213
实验二 碱金属、碱土金属、卤素及其重要化合物的性质	219
实验三 化学反应速率和化学平衡	222
实验四 电解质溶液	224
实验五 硼、铝、碳、硅、锡、铅的重要化合物	226

实验六	氧化还原反应和电化学基础	228
实验七	氮族元素重要化合物的性质	231
实验八	氧和硫的重要化合物的性质	233
实验九	配位化合物与过渡元素(铜、银、锌、汞)的重要化合物	235
实验十	过渡元素(铬、锰、铁、钴、镍)的重要化合物	238
附录		241
附录一	酸、碱和盐的溶解性表(20℃)	241
附录二	强酸、强碱、氨溶液的质量分数与密度 $[\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})]$ 和物质的量浓度 $[c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})]$ 的关系	241
附录三	弱酸、弱碱的电离常数(25℃)	243
附录四	常见难溶化合物的溶度积常数(25℃)	243
附录五	标准电极电势(25℃)	244
附录六	配离子的稳定常数	248
参考文献		250
元素周期表		251

绪 论

【学习目标】

1. 了解无机化学及研究对象。
2. 了解化学在国民经济及日常生活中的作用。
3. 了解无机化学课程的任务和学习方法。

一、无机化学的研究对象

化学是一门自然科学，自然科学是以客观存在的物质世界为研究对象的。大到日、月、星辰等宏观天体，小至电子、质子、中子、光子等微观的“基本粒子”，所有的物质都处在不断的运动和变化之中。如物理运动、化学运动和生物运动等，都是物质的基本运动形式。

化学就是研究物质化学运动（通常称为化学变化）的科学，它是自然科学的最基本学科之一。在化学变化中，由于分子的组成或原子、离子的结合方式发生了改变，所以在旧的物质被破坏的同时，生成了新的物质，有新的物质生成就是发生化学反应的标志。化学变化的特点是：原子核的组成不变，只是原子外层电子的运动状态发生了变化。

由于化学变化取决于物质的化学性质，而物质的化学性质又是由物质的组成和结构所决定的。因此，确切地说化学是在分子、原子或离子等层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。

研究化学的目的，在于认识物质的性质以及物质化学运动的规律，并将这些规律应用于生产，将自然资源经化学变化加工成为人类生产、生活服务的各种物质资料，为提高人类的生活水平，促进社会不断发展创造丰富的物质条件。按研究化学运动的对象和方法不同，近代化学又可分为无机化学、有机化学、分析化学和物理化学四个主要分支学科。无机化学是研究无机物的学科。其研究的范围是无机物的存在、制备、组成、结构、性质、变化规律和应用。无机物就是除碳氢化合物及其衍生物以外的所有元素的单质和化合物。一些简单的含碳化合物，如一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）、碳酸盐（如 CaCO₃）、氰化物（如 KCN）、硫氰化物（如 KSCN）和碳化物（如 CaC₂）等也属于无机化学的讨论内容。

二、化学在国民经济及日常生活中的作用

无机化学的应用非常广泛，它与国民经济的发展和人们的日常生活有着极为密切的关系。在许多领域都是不可缺少的基础。

可以想象，如果不对天然水加以纯化，如果不施用化肥和农药以增产粮食，如果不冶炼矿石以获取大量的金属，如果不从自然资源中提取千万种纯物质，如果不合成出自然界没有的许多新物质等等，那么，国民经济的发展将不堪设想，人们的日常生活也得不到基本保证。相反，正是由于有了化学与其他学科的协同进步，国民经济才得以健康的发展。

随着科学技术和生产的日益发展，人民生活水平的不断提高，越来越显示出化学的重要性。例如，现代的农业需要更多的高效肥料、复合肥料、微量元素肥料，高效、低毒、低残留的农药，除草剂、植物生长调节剂以及塑料薄膜，不仅要增产粮食，改进传统的耕作方式，还要减少环境污染；现代的工业不仅需要大量的金属（黑色金属、有色金属和稀有金

属)、合成材料(合成塑料、合成橡胶及合成纤维等)、酸、碱、盐、建材、染料、药物等,还需要研制高性能的催化剂,以开发新工艺;现代的国防和科学技术更需要具有耐高温、耐腐蚀、耐辐射、超导体、半导体等特殊性能的金属、合成材料、高纯物质以及高能燃料等,以满足导弹、飞机、卫星的制造和尖端技术的应用等。

不仅如此,日常生活中的衣、食、住、行也都离不开化学产品。研究新能源、探索生命现象、合理利用资源、促进人体健康、监测和保护人类的生存环境等,都要用到化学的基本知识。

可以说,解决当今世界面临的人口、粮食、能源、资源和环境五大课题,都需要化学与其他学科的协同发展。

三、无机化学课程的任务和学习方法

无机化学课程是中等职业学校化学工艺类和工业分析专业的一门必修的专业基础课。

本课程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计算方法;加强无机化学实验操作技能的训练;培养学生树立辩证唯物主义世界观;提高学生分析问题和解决问题的能力,为学习后续课程和从事化工技术工作打下比较坚实的基础。

无机化学课程的内容可概括为“两线一点”。“两线”就是微观的物质结构理论和宏观的化学反应基本原理两条知识主线;“一点”即元素的单质及其化合物的基础知识,属于叙述部分,它是两条主线知识应用的集合点。

学习无机化学,首先要正确理解并牢固掌握基本概念、基础理论、基本知识和基本研究方法,坚持理论联系实际的原则,要充分利用课堂时间,认真听讲,积极参与互动,及时整理笔记,标记出重点知识,学会分层次地了解、理解、掌握、记忆知识;要注意知识的条件性、局限性,深入认识化学变化的基本规律。

要学会抓住主要矛盾。如学习元素部分知识时,要以元素周期律为纽带,以两条主线知识为基础,以物质的性质为中心,再从性质推论存在、制法、保存、检验和用途等内容。使知识既主次分明,又系统条理。

化学是一门实验科学,实验课是本课的重要组成部分。通过实验,可以帮助我们形成化学概念,理解、印证、巩固化学知识,掌握基本操作技能。因此,要正确操作、仔细观察、认真分析实验现象所反映的实质,培养和提高动手能力,观察能力和分析问题、解决问题的能力。

自学能力是从事社会实践必备的基础之一,在学习要养成课前预习、课后复习和查阅资料的自学习惯,不断提高学习效果。

第一章 化学基本量和化学计算

【学习目标】

1. 理解物质的量的概念，掌握物质的量、摩尔质量、物质质量的表示方法及三者之间的关系；能熟练进行有关物质的量的计算。
2. 理解气体标准摩尔体积的概念；能进行有关气体标准摩尔体积的计算。
3. 掌握物质的量浓度的概念、表示方法，理解溶液的稀释和质量分数与物质的量浓度换算原理；能进行有关物质的量浓度的计算。
4. 掌握化学方程式的书写方法；会选择合适的数量关系，进行根据化学方程式的计算。
- * 5. 了解热化学方程式的意义，会书写热化学方程式。

在初中，我们已学习了有关物质的分类、化学反应基本类型等基本概念。本章将引入物质的量的概念。物质的量是国际单位制（简称 SI）中的七个基本物理量之一。使用物质的量便于定量研究物质及其变化的有关计算。因此，它广泛应用于化学科学研究和化工生产中。

第一节 物质的量

一、物质的量

物质之间发生化学反应时，是在一定数目比的分子、原子或离子之间进行的。但是，这些粒子不但质量轻，而且体积小。例如，一个碳-12（记为 ^{12}C ）原子的质量仅为 $1.993 \times 10^{-23} \text{ g}$ ，原子半径仅为 77 pm 。因此，单个粒子是难以称量的。而在实际生产和实验中所取用的物质，都是可以称量的，是这些粒子的集合体。

为了把这些肉眼看不见的微观粒子与可称量的宏观物质联系起来，1971年第十四届国际计量大会决定在国际单位制中引入第七个基本物理量——物质的量。

物质的量是衡量系统中指定基本单元数目的物理量。基本单元可以是分子、原子、离子、电子、中子及其他粒子，或是这些粒子的特定组合。所谓特定组合，可以由原子、分子、离子、电子、质子、中子等粒子构成的物质中客观存在的基本单元，如 KMnO_4 、 H_2O 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 等；也可以是根据研究需要，想象其存在的基本单元，如 $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$ 、 $(\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2)$ 、 $(\text{Cl}_2 + 2\text{e})$ 等。

物质的量的符号为 n 。在使用物质的量及其导出量时，其基本单元都要用化学式表明。例如：

氢原子（H）的物质的量表示为： $n(\text{H})$ ；

氢离子（ H^+ ）的物质的量表示为： $n(\text{H}^+)$ ；

氢分子（ H_2 ）的物质的量表示为： $n(\text{H}_2)$ ；

硫酸 (H_2SO_4) 的物质的量表示为: $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$;

以 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 为基本单元, 硫酸的物质的量表示为: $n\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$ 。

在具体表达时, 不能写成或说成氢的物质的量, 因为这样表达不明确。

正如质量的单位是千克一样, 物质的量也是量纲独立的物理量。它的单位是摩尔, 符号为 mol。

摩尔的定义为: 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 0.012kg (12g) ^{12}C 原子的数目相等。

实验测得, 12g ^{12}C 所含原子数约为 6.02×10^{23} 个。将其称为阿伏加德罗常数, 符号为 N_A ^①。即 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ 。

1mol 任何物质均含有 6.02×10^{23} 个基本单元。例如:

1mol H 含有 6.02×10^{23} 个氢原子 (H);

1mol H^+ 含有 6.02×10^{23} 个氢离子 (H^+);

1mol H_2 含有 6.02×10^{23} 个氢分子 (H_2);

1mol $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 含有 6.02×10^{23} 个 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$;

$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氢分子 (H_2) 是 2molH_2 ;

$0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个硫酸根离子 (SO_4^{2-}) 是 0.5mol SO_4^{2-} ;

$0.1 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个电子 (e) 是 0.1mol e 。

当以摩尔为物质的量的单位时, B 物质的物质的量就是 B 物质的基本单元数除以阿伏加德罗常数。即:

$$n_B = \frac{N_B}{N_A} \quad (1-1)$$

式中 n_B ——B 物质的物质的量, mol;

N_B ——B 物质的基本单元数, 1^②;

N_A ——阿伏加德罗常数, mol^{-1} 。

式(1-1)表明, 物质的量与物质的基本单元数成正比。所以, 要比较几种物质的基本单元数目的多少, 只需比较它们的物质的量大小即可。

应当注意, 单位名称不要与物理量名称相混淆, 即不能将物质的量称为“摩尔数”; 同时, 作为物理量, “物质的量”四个字也不能拆分或简化表示。

二、摩尔质量

单位物质的量的物质所具有的质量叫做摩尔质量, 符号为 M 。

$$M_B = \frac{m_B}{n_B} \quad (1-2)$$

式中 m_B ——B 物质的质量, kg, 常用 g;

n_B ——B 的物质的量, mol;

M_B ——B 的摩尔质量, $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 常用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

① 阿伏加德罗 (A. Arogadro) 意大利物理学家。比较精确的 N_A 值为 $6.0220943 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ 。

② N 的 SI 单位为一, 符号 1。单位符号 1 一般不明确写出。

在实际计算中, 根据需要, 式(1-2) 中的质量和物质的量可选择合适的分数单位和倍数单位, 如毫克 (mg)、千克 (kg)、吨 (t) 及毫摩尔 (mmol)、千摩尔 (kmol)、兆摩尔 (Mmol) 等。因此, 摩尔质量的单位也是多样的, 如 $\text{mg} \cdot \text{mmol}^{-1}$ 、 $\text{kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$ 、 $\text{t} \cdot \text{Mmol}^{-1}$ 等。一些限定了物质的量单位的说法, 如“1mol 物质的质量通常也叫做该物质的摩尔质量”、“每摩尔物质所具有的质量叫做摩尔质量”等都是不准确的。

当基本单元确定以后, 其摩尔质量就很容易求得。由摩尔的定义可知, 1mol¹²C 的质量是 12g, 即:

$$M(^{12}\text{C}) = 12\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

结合相对原子质量的概念, 可以推知, 任何原子的摩尔质量在以 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为单位时, 数值上等于其相对原子质量。例如: 1 个¹²C 的质量与 1 个 H 的质量之比为 12 : 1, 扩大 6.02×10^{23} 倍后, 1mol¹²C 的质量与 1molH 的质量之比也为 12 : 1。

$$\begin{aligned} 1\text{mol H 的质量} &= \frac{1\text{mol } ^{12}\text{C 的质量} \times 1}{12} \\ &= \frac{12\text{g} \times 1}{12} \\ &= 1\text{g} \end{aligned}$$

即

$$M(\text{H}) = 1\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

同理, 还可以推出分子、离子或其他基本单元的摩尔质量。例如:

$$\begin{aligned} M(\text{H}_2) &= 2\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ M(\text{H}^+) &= 1\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ M(\text{SO}_4^{2-}) &= 96\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) &= 250\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) &= 49\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

可以确切地说, 任何物质的摩尔质量在以 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为单位时, 数值上等于其相对基本单元质量^①。

电子的质量极小, 可以认为原子得到或失去电子不影响其相对原子质量。

三、有关物质的量的计算

对一系统的 B 物质来说, 质量、物质的量、摩尔质量和基本单元数有如下关系:

$$\frac{N_{\text{B}}}{N_{\text{A}}} = n_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}$$

物质的量就像一座桥梁一样, 把单个的、肉眼看不见的粒子与很大数量的粒子集合体及可称量的物质联系起来, 给化学研究带来极大的方便。

1. 已知物质的质量, 求其物质的量和基本单元数

【例 1-1】 现有 9.8gH₂SO₄, 试求:

- (1) H₂SO₄ 的物质的量是多少?
- (2) 含有 H₂SO₄ 的数目是多少?

① 相对原子质量和相对分子质量的符号分别为 A_r 和 M_r 。