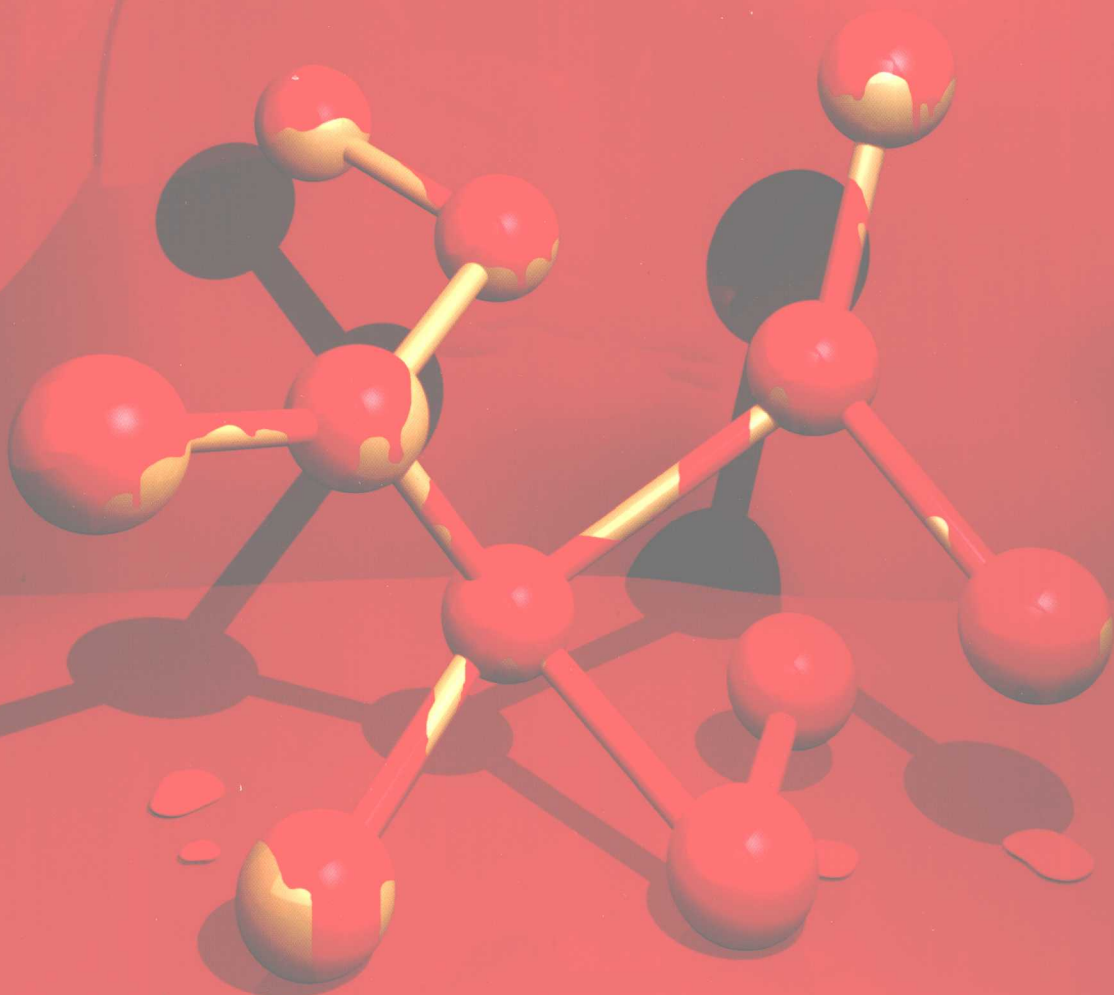


中等职业教育规划教材

实用化学基础

杨兵 王波 编 胥朝昶 主审

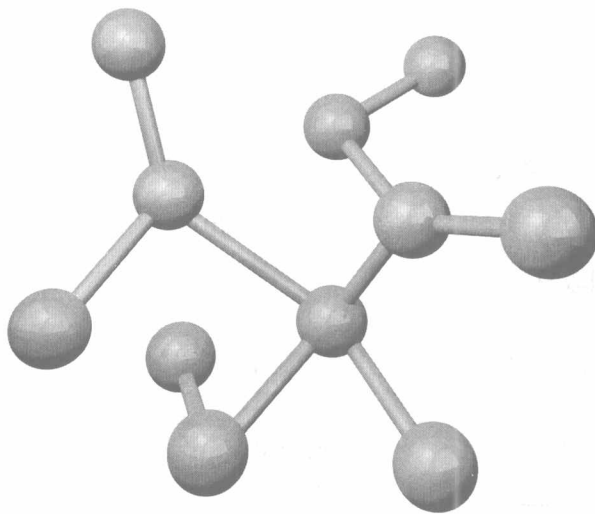


化学工业出版社

中等职业教育规划教材

实用化学基础

杨兵 王波 编 胥朝禔 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材结合化学化工、医药等行业的中职教育、员工培训中的分析化学的实际需要,选择了重要的无机化学和有机化学内容,有针对性地与分析化学教学服务;既注重无机化学和有机化学本身的系统性,又注重对分析化学的针对性和服务功能。内容详略得当、语言深入浅出,采用新的国家标准以及法定计量单位。

全书共十二章,包括物质的量,卤素与氧化还原反应,碱金属,原子结构与元素周期律,化学键与晶体,化学平衡,几种非金属元素及其化合物,离子反应与离子平衡,几种金属及其化合物,烃,醇、酚、醚、醛、酮,羧酸、酯等内容。

本书为中等职业学校工业分析与检验、化工工艺等专业的基础教材,也可作为企业员工培训及自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

实用化学基础/杨兵,王波编. —北京:化学工业出版社, 2009.5
中等职业教育规划教材
ISBN 978-7-122-05040-3

I. 实… II. ①杨…②王… III. 化学-专业学校-教材 IV. 06

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第033858号

责任编辑:王文峡
责任校对:蒋宇

文字编辑:向东
装帧设计:尹琳琳

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 装:化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张12½ 彩插1 字数307千字 2009年6月北京第1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: 22.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本教材是为适应中等职业教育改革和社会需求，并配合中等职业教育规划教材《分析化学》（第三版）（化学工业出版社 2008 年出版）的需要而编写的。

本书结合化学化工、医药等行业的中职教育、员工培训中的“分析化学”的实际需要，选择了重要的无机化学和有机化学内容，有针对性地为“分析化学”教学服务。本书注重无机化学和有机化学本身的系统性，同时又注重对“分析化学”的针对性和服务功能。在知识的编排上由浅入深，由无机到有机，注重理论教学和实际应用并重的原则。每章后都附有阅读材料，以利开拓学生的视野，拓展知识范畴。每章后都有一定数量的习题，作复习巩固之用。

本书为中等职业学校工业分析与检验专业的基础教材，也可作为企业员工培训的教材。

本书绪论及第一、二、三、四、五、六、七、八、九、十一、十二章由杨兵编写，第十章由王波编写，全书由胥朝昶主审。

在本书编写过程中，张荣、路蕴、彭传友、李乐、曹淑瑞等提出了许多宝贵的意见和帮助，在此一并表示由衷的谢意。

由于时间仓促，编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请各位读者和使用者予以批评指正。

编 者
2009 年 2 月

目 录

绪论	1
一、化学研究的对象和范围	1
二、化学课程的任务和要求	1
三、化学在国民经济中的作用	1
四、化学和化学工业的发展	2
五、如何学好化学	3
第一章 物质的量	4
第一节 物质的量	4
一、摩尔	4
二、摩尔质量	6
第二节 物质的量的应用	9
一、气体标准摩尔体积	9
二、物质的量浓度	10
第三节 化学反应中的能量变化	14
一、热化学方程式	14
二、热化学方程式的有关计算	15
本章小结	15
习题	15
阅读材料 国际单位制 (SI)	16
第二章 卤素与氧化还原反应	18
第一节 氯气及含氯的主要化合物	18
一、氯气	18
二、含氯的主要化合物	21
第二节 卤素	24
一、卤素的通性	24
二、卤素的重要化合物	26
第三节 氧化还原反应和电化学	27
一、氧化还原反应	27
二、原电池	32
三、电极电位与能斯特方程	33
本章小结	36
习题	36

阅读材料 拟卤素	37
第三章 碱金属	39
第一节 钠及其重要化合物	39
一、钠的性质	39
二、钠的重要化合物	40
第二节 碱金属元素	42
一、碱金属的通性	42
二、碱金属的重要化合物	44
本章小结	45
习题	45
阅读材料 海水化学资源	45
第四章 原子结构与元素周期律	47
第一节 原子及原子核外电子的排布	47
一、原子结构	47
二、原子核外电子的排布	48
第二节 元素周期律与元素周期表	50
一、元素周期律	50
二、元素周期表及结构	52
三、元素的性质与原子结构的关系	53
四、元素周期表的意义	56
本章小结	57
习题	57
阅读材料 新型无机材料简介	58
第五章 化学键与晶体	60
第一节 化学键	60
一、离子键	60
二、共价键	60
三、金属键	62
第二节 极性分子和非极性分子	63
一、共价键的极性	63
二、分子的极性	63
三、分子之间的作用力	64
第三节 晶体	65
一、晶体与非晶体	65
二、晶体的基本类型	65
三、混合型晶体	67
本章小结	67
习题	67

阅读材料 杰出的化学家——鲍林	68
第六章 化学平衡	71
第一节 化学反应速率及其影响因素	71
一、化学反应速率	71
二、影响化学反应速率的因素	72
第二节 化学平衡	73
一、可逆反应和化学平衡	73
二、影响化学平衡的因素	76
三、有关化学平衡的计算	77
本章小结	80
习题	80
阅读材料 化学反应速率和化学平衡在生产中的应用	81
第七章 几种非金属元素及其化合物	83
第一节 碳、硅及其化合物	83
一、碳及其化合物	83
二、硅及其化合物	84
第二节 氮、磷及其化合物	86
一、氮及其化合物	86
二、磷及其化合物	88
第三节 硫及其化合物	90
一、单质硫	90
二、硫酸	91
三、含硫化合物	96
本章小结	98
习题	98
阅读材料 二氧化碳对大气的污染——温室效应	99
第八章 离子反应与离子平衡	100
第一节 离子反应及离子方程式	100
一、强弱电解质	100
二、离子反应	101
三、离子方程式	101
第二节 强酸、强碱溶液的 pH 值	103
第三节 弱电解质溶液的 pH 值	103
一、水的电离平衡和 pH 值	103
二、弱酸的电离	106
三、弱碱的电离	110
第四节 盐类的水解	110
一、盐的水解常数和水解度	111

二、盐类的水解和溶液 pH 值的计算	112
三、盐类水解的影响因素	114
第五节 沉淀反应	115
一、溶解与沉淀平衡	116
二、溶度积规则及其运用	116
本章小结	120
习题	120
阅读材料 酸碱质子理论简介	121
第九章 几种金属及其化合物	122
第一节 钙、镁、铝及其化合物	122
一、钙、镁及其化合物	122
二、铝及其化合物	124
第二节 铁、铜、锌及其化合物	126
一、铁及其化合物	126
二、铜及其化合物	129
三、锌及其化合物	130
第三节 配合物及配位反应	130
一、配合物的基本知识	131
二、配位反应和配合物的电离平衡	133
本章小结	136
习题	136
阅读材料 元素与人体健康	136
第十章 烃	140
第一节 烷烃	140
一、甲烷	140
二、烷烃的命名和同系物	142
三、同分异构体	144
四、环烷烃	144
第二节 烯烃	144
一、乙烯	144
二、烯烃和二烯烃	146
第三节 炔烃	147
一、乙炔	147
二、炔烃的通式及命名	149
本章小结	149
习题	149
阅读材料 科学家 维勒	150
第十一章 醇、酚、醚、醛、酮	151
第一节 醇	151
一、乙醇	153

二、重要的醇·····	155
第二节 酚·····	156
一、苯酚·····	156
二、重要的酚·····	157
第三节 醚·····	159
一、乙醚·····	159
二、醚的通性·····	159
第四节 醛和酮·····	162
一、甲醛和醛·····	162
二、丙酮和酮·····	166
本章小结·····	168
习题·····	168
阅读材料 “室内隐形杀手” 从哪来? ·····	169
第十二章 羧酸、酯 ·····	170
第一节 羧酸·····	170
一、乙酸·····	170
二、羧酸的通性·····	171
三、重要的羧酸·····	178
第二节 酯·····	180
一、酯的命名·····	180
二、酯的物理性质·····	181
三、酯的化学性质·····	181
四、重要的酯·····	182
本章小结·····	183
习题·····	183
阅读材料 天然气化工·····	184
附录 ·····	186
附表 1 弱酸、弱碱在水中的电离常数 (25℃) ·····	186
附表 2 难溶化合物的溶度积常数 (18~25℃) ·····	186
附表 3 标准电极电位 (18~25℃) ·····	187
附表 4 配合物的稳定常数 ·····	189
附表 5 碱、酸和盐的溶解性表 (293K) ·····	190
附表 6 强酸、强碱、氨溶液的质量分数 (w) 与密度 (ρ) 及物质的量 浓度 (c) 关系表 ·····	191
参考文献 ·····	192
元素周期表 ·····	193

绪 论

一、化学研究的对象和范围

自然界的物质形形色色，种类繁多，但它们都有一个共同的特征，就是所有的物质都在运动。根据物质运动形态的不同，可以将物质的运动分为物理运动、化学运动、生物运动、机械运动和社会运动等。化学是研究物质化学运动，即化学变化及其规律的一门自然科学。由于物质的化学变化与物质的组成、结构有关，为了更深入、更广泛地研究化学变化的规律，因此化学还要研究物质的组成、结构、合成以及它们之间的内在联系和变化中的能量变化。

根据物质的结构和特点，可以把自然界的各种物质分为两大类，即无机物和有机物。有机物是碳氢化合物和它们的衍生物；无机物是指除碳氢化合物及其衍生物以外的所有元素及其化合物。无机物和有机物都是化学研究的内容。

归纳起来，化学是研究物质的组成、结构、性质、合成和应用以及它们相互转化的规律和能量变化的科学。

二、化学课程的任务和要求

化学课程的任务是通过学习比较系统地掌握化学基础知识和基本技能，初步掌握或了解它们在工农业生产和国防、科研等方面的应用，打好学习其它课程的理论基础，具体要求如下：

- ① 掌握一些重要元素及化合物的知识和基本的化学概念；
- ② 掌握物质结构、元素周期律、化学反应速率与化学平衡、酸碱反应、氧化还原反应、沉淀反应、配位反应、有机物等基础理论知识；
- ③ 掌握一些重要的化学实验技能和计算技能，培养观察能力和实验能力，以及实事求是、严肃认真的科学态度和科学方法。

三、化学在国民经济中的作用

化学和国民经济各部门的关系都非常密切，它对现代化建设具有重要的作用。在实现农业现代化的过程中，为了促进农业大幅增产，对化肥和农药的品种质量和数量将提出更高的要求，而制造使用化肥和农药，在很大程度上都依赖化学科学的成就。

在实现工业现代化的过程中，冶金工业需要的大量黑色金属、有色金属和稀有金属，能源中的煤、石油和天然气等的大力开发、提炼和综合利用，轻纺工业需要的合成纤维、合成橡胶、塑料、染料及药物，化学合成工业需要具有最佳性能的酶催化剂，水利和建筑工程需要的各种硅酸盐材料，电子工业需要的高绝缘性材料、高纯物质及特纯试剂，机械工业需要的耐磨、耐腐蚀以及不燃烧的高分子材料等，都迫切要求化学和化学工业的发展和配合。

在实现科学技术现代化和国防现代化的过程中，一些近代技术的发展，如导弹、激光、原子能、航空航天等，都要求化学科学和化学工业的协同发展。特种合金、稀有元素、高能燃料等的制取与应用以及当前人类共同关心和着重研究的一些课题（如粮食的增产、保护环

境、控制人口、探索生命的奥秘等),使化学与尖端科学事业及现代国防建设密切地联系起来。

随着国民经济的发展,化学在提高人民的物质生活水平和满足人民的精神生活需要方面将起着越来越重要的作用。

四、化学和化学工业的发展

我国是一个文明古国,很早就有许多发明创造。其中与化学有关的造纸、火药、瓷器等在古代就闻名世界。我国很早就使用了金属和合金。我国劳动人民早在商代就会制造青铜器,春秋晚期就会冶铁,战国初期就会炼钢,还有酿造、制糖、制玻璃、制盐、制革、油漆、染色、制药等化学工业,在我国历史上都有光辉的成就。这些发明创造对世界科学文化的发展做出了重大的贡献。化学成为一门学科约有三百年历史。化学起源于人类的生产劳动。人类为了生活和生产的需要,在长期的实践中积累了许多有关物质的组成及其变化的知识,并在生产和科学实验中不断发展,逐步形成了今天化学这门学科。化学通常分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等基础学科。随着化学研究工作的发展,化学知识的广泛应用,以及化学同其它学科的相互影响和渗透,化学科学又进一步划分出了许多分支学科,例如生物化学、环境化学、地球化学、高分子化学、放射化学等。

化学的发展是从无机物的研究开始的。无机化学是一切其它化学的基础。无机化学本身的发展,使它产生了许多分支,例如稀有元素化学、配位化学、无机合成化学、同位素化学等。随着各门自然科学的不断发展,无机化学又同其它学科相互渗透形成了生物无机化学、固体无机化学、金属酶化学等,为无机化学的发展开辟了新途径。当前无机化学和其它化学分支一样,正从基本上是描述性的科学向推理性的科学过渡,从定性向定量过渡,从宏观向微观深入,一个比较完整的、理论的、定量化和微观化的现代无机化学新体系正在迅速地建立起来。

有机化学是科学技术现代化的基础之一。有机化合物与化工、纺织、食品、医药、农药、材料、机械、建筑及现代高新技术等各行业都有着密切的关系。人们的衣、食、住、行和工业建设、国防建设都离不开有机化合物。有机化学和有机化学工业在国民经济和现代科学技术发展过程中具有极为重要的地位,已经为造福人类发挥了重要的作用。如果没有现代有机化学工业,人们的生活将倒退几百年。随着科学技术的高速发展,一些边缘学科相继出现,如环境工程、纳米材料、生物制药、克隆技术以及蛋白质、核酸等天然有机化合物的合成,这些学科都需要有机化学知识。这不仅促进了有机化学这门学科的发展,同时对于人们认识复杂的生命现象,控制遗传、征服顽症,从而进一步造福人类都将起着非常重要的作用。

化学工业是利用化学反应改变物质结构、成分、形态等来生产化学产品的工业部门。习惯上将化学工业分为无机化学工业和有机化学工业。无机化学工业主要有酸、碱、盐、肥料、稀有元素、电化学等工业。有机化学工业主要有基本有机合成、塑料、橡胶、合成树脂、化学纤维、溶剂、染料、涂料、制药等工业。其它工业如钢铁工业、炼焦工业、水泥工业等,虽然也应用了化学反应原理,生产了新的物质,但不属于化学工业。近代化学工业开始于无机化学工业。

在半封建半殖民地的旧中国,化学科学得不到发展,化学工业极端落后,大多数化学工业只能拿进口的材料和半成品进行简单的加工,甚至连烧碱等都要从外国进口。解放后,我国的化学工业和其它工业一样发生了巨大的变化,各种主要化工产品如烧碱、纯碱、硫酸、

化肥、农药、合成塑料、合成橡胶、合成纤维、染料等和其它化工原料都得到了大幅度的增产。化学科学研究也不断取得了新的成就。我国的化学和化学工业有着十分美好的前途。

五、如何学好化学

要学好化学，首先要掌握有关的基本概念和基本理论，理论联系实际，加强应用，用所学的知识去分析问题、解决问题。在无机化学部分要以化学平衡的有关知识为主线，指导溶解-沉淀平衡、弱电解质的电离平衡、氧化还原平衡及配位平衡的学习；用物质结构和元素周期律的知识指导元素及其化合物的学习。在有机化学部分要以结构的知识指导物质性质的学习。要学好化学还要加强实验，培养动手能力和观察能力；还要认真做作业，通过做作业，发现学习中的问题，解决问题，以提高学习效果和质量。要学好化学，还要有实事求是、严肃认真的科学态度、科学方法以及高度的自信和坚韧不拔、不怕困难的作风。

第一章 物质的量

第一节 物质的量

一、摩尔

1. 物质的量及其单位

摩尔是国际单位制中 7 个基本单位之一（见本章阅读材料），它是“物质的量”的单位。在化学中，采用摩尔这个单位，可以把物质的微粒数与物质的质量、气体的体积、溶液的浓度、化学反应中能量的变化等联系起来，对于分析、研究、计算物质化学反应前后的数量、物料平衡、产率等问题带来了很大的方便。因此，学习和掌握摩尔这个单位是非常重要的。

在初中化学里学习了氢气的性质，知道氢气能在空气中燃烧生成水。这一反应可用化学方程式表示如下



化学方程式表示出了化学反应前后反应物和生成物的质和量的关系，从上述化学方程式可以看出，每 2 个氢分子和 1 个氧分子反应，能够生成 2 个水分子。即物质间进行反应是按照化学反应方程式中分子、原子或离子的一定数目比进行的。要实现这一反应，如果只取 1 个或几个分子进行反应，显然是难以做到的。因为构成物质的微粒（分子、原子、离子等）都非常微小，肉眼无法看见，不能一个一个地计量或称量，即使借助精密仪器也很难测出它们的质量和体积。在实际中，要实现某一反应，人们所取用的物质，都是可以称量的。因此参加反应的不是几个分子、原子或离子，而是这些微粒的集合体。随着生产和科学技术的发展，迫切需把微粒跟可称量的物质联系起来。单个的物质的微粒虽无法称量，但是大量数的微粒集体就可以称量。这就需要建立一种把微粒跟微粒集体联系起来的单位。1971 年 10 月有 41 个国家参加的第 14 届国际计量大会决定，在国际单位制（SI）中，增加第七个基本单位——摩尔。对应于摩尔的物理量定为“物质的量”，用符号 n 来表示。“物质的量”是表示组成物质的基本单元数目多少的量，是国际单位制的基本量，“物质的量”是一个物理量的整体名词，所以“物质的量”这四个字不能拆开使用，这正如“长度”这一物理量不能拆成“长”和“度”一样。在讨论物质的量时，还应分辨清楚物质的量与质量的关系。“物质的量”与质量在概念上是根本不同的。质量是代表物质惯性大小的量，它表示物体内含有物质的多少，而“物质的量”是表示组成物质的基本单元数目多少的量，它与质量是相互独立的两个量。

“物质的量”的单位名称是摩尔，其中文符号是摩，国际符号是 mol。

科学上用 0.012kg（即 12g）碳 12 衡量碳原子集体。0.012kg 碳 12 中所含碳原子的数目就是 1mol。摩尔这个单位是以 0.012kg 碳 12 中所含原子个数为标准，来衡量其它物质中所含微粒数目的多少。如果某物质所包含的微粒数和 0.012kg 碳 12 的原子数目相等，这种物质的“物质的量”就是 1mol。根据实验测定，0.012kg 碳 12 中含有的碳原子数目就是阿伏

加德罗常数,用 N_A 来表示,单位是 mol^{-1} 。现在已经测出了阿伏加德罗常数比较精确的数值,本书中采用 6.02×10^{23} 这个非常接近的近似值。 1mol 就是 6.02×10^{23} 个微粒的集体。

摩尔是表示“物质的量”的单位,每摩尔物质含有阿伏加德罗常数个微粒。即任何一个系统的物质,如果它的基本单元数为 6.02×10^{23} , 则该系统的物质的量为 1mol 。例如

- 1mol 碳原子含有 6.02×10^{23} 个碳原子;
- 1mol 氧分子含有 6.02×10^{23} 个氧分子;
- 1mol 水分子含有 6.02×10^{23} 个水分子;
- 1mol 二氧化碳分子含有 6.02×10^{23} 个二氧化碳分子;
- 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。

综上所述可知, 1mol 物质都含有 6.02×10^{23} 个基本单元,由此可以推知,“物质的量”相同的各种物质所含的基本单元数都相同。

使用摩尔这一单位时,物质的基本单元应予以指明,基本单元可以是组成物质的任何自然存在的个体微粒,如分子、原子、离子、电子等一切物质微粒,也可以是这些微粒的特定的组合。例如,“ 1mol 氢”的说法是不正确的,因为是氢原子还是氢分子没有指明,应该说 1mol 氢原子或 1mol 氢分子,这样把基本单元指明就清楚了。

上面提到的特定的组合,就是将分子、原子、离子等这些自然存在的物质微粒进行分割或组合而成的个体或单元,如 $\frac{1}{2}\text{Cu}^{2+}$ (读作铜离子的二分之一)、 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ (硫酸分子的二分之一)、 $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$ (高锰酸钾分子的五分之一)、 S_8 等。当然,特定组合并不是盲目随意地分割或组合的,而是根据实际情况和客观需要来分割或组合的。例如,用摩尔做单位来计算硫酸的“物质的量”时,其基本单元就是指硫酸分子 (H_2SO_4),但是在有的化学反应中,为了计算方便,可以把 H_2SO_4 分子分割为 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 作为硫酸这种物质的基本单元,而 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 这种基本单元就是实际上并不单独存在而是一定化学反应中的特定组合。特定组合的使用是很灵活的。

指明基本单元时,通常可采用元素符号和化学式指明是何种基本单元。如 1mol 氢原子可表示为 1mol H , 2mol 氧气分子可表示为 2mol O_2 等。

用摩尔来表示物质的量时,可采用等式的形式,在式中基本单元的符号用括弧置于物质的量符号后面。例如, $n(\text{H}_2)=1\text{mol}$; $n(\text{S})=2\text{mol}$; $n(\text{OH}^-)=3\text{mol}$ 等。

“物质的量”是表示组成物质的基本单元数目多少的物理量,某物质中所含基本单元数是阿伏加德罗常数的多少倍,则该物质中“物质的量”就是多少摩尔。因此,可以说“物质的量”是以阿伏加德罗常数为计数单位,表示物质的基本单元数目多少的物理量。

2. 基本单元的确定

在滴定分析计算中,经常使用到某些粒子特定组合而成的基本单元,而这些基本单元的确定非常重要。那么,如何确定基本单元呢?确定基本单元的原则是等物质的量反应规则。等物质的量反应规则是指两种物质相互发生化学变化时,它们反应的物质的量相等,也就是它们的基本单元数相等。

等物质的量反应规则广泛应用于滴定分析计算中。在滴定分析中进行计算时,等物质的

量反应规则是核心,选择基本单元是关键。物质的基本单元的形式,应按具体反应的化学方程式和物质间的计算关系予以确定。一种物质的基本单元的形式,与同它互成为计算关系的另一种物质在化学方程式中化学式前面的系数有联系。基本单元的选取,一般采用下述方法。

用 A 和 B 分别表示两种反应物的化学式,用 D 和 E 分别表示两种生成物的化学式, A、B 两种物质反应的化学方程式可表示如下



上式中 a 、 b 、 d 、 e 分别表示化学方程式中物质 A、B、D、E 前面的配平系数。

当物质 A 和物质 B 互为计算关系时,物质 A 的基本单元是 $\frac{1}{b}A$,物质 B 的基本单元是 $\frac{1}{a}B$,其余以此类推。还应注意,当双方的系数相等或呈整数倍关系时,一般应取它们呈最简单整数比时的数值。例如 $a=2$ 和 $b=10$ 时, A、B 两种物质的基本单元不必表示为 $\frac{1}{10}A$ 和 $\frac{1}{2}B$,可简化为 $\frac{1}{5}A$ 和 B。

根据上述确定基本单元的方法,可以分别确定下列两个反应中互为计算关系的氢氧化钠和硫酸的基本单元。



在反应式(1-1)中,氢氧化钠的基本单元是 NaOH 分子,硫酸的基本单元是 H_2SO_4 分子;在反应式(1-2)中,氢氧化钠的基本单元是 NaOH 分子,硫酸的基本单元是 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 。

二、摩尔质量

1. 摩尔质量

国际上以碳 12 原子质量的 $1/12$ 作为标准,其它原子的质量跟它相比较所得的数值,就是该种原子的相对原子质量。例如,氢的相对原子质量是 1,氧的相对原子质量是 16,硫的相对原子质量是 32 等。

一个碳 12 原子与 1 个氧原子的质量比是 12 : 16。由于 1mol 碳 12 和 1mol 氧原子所含的原子数相等,都是 6.02×10^{23} ,所以,1mol 碳 12 原子和 1mol 氧原子的质量比就是 12 : 16,而 1mol 碳 12 原子的质量是 0.012kg(12g),那么 1mol 氧原子的质量就是 0.016kg(16g)。同理可以推知,1mol 任何原子的质量,就是以克为单位,数值上等于该种原子的相对原子质量。由此可以直接推知:

氢的相对原子质量是 1,1mol 氢原子的质量是 1g;

铁的相对原子质量是 55.85,1mol 铁原子的质量是 55.85g。

用同样的方法也可以推知,1mol 任何分子的质量,就是以克为单位,数值上等于该种分子的相对分子质量。例如

氢气的相对分子质量是 2,1mol 氢气分子的质量是 2g;

氯化氢的相对分子质量是 36.5,1mol 氯化氢分子的质量是 36.5g;

二氧化碳的相对分子质量是 44,1mol 二氧化碳分子的质量是 44g。

同样可以推知 1mol 离子的质量。由于电子的质量极小,形成离子时,原子失去或得到

的电子的质量可以忽略不计。由此可以直接推知

1mol H^+ 的质量是 1g;

1mol Na^+ 的质量是 23g;

1mol OH^- 的质量是 17g;

1mol SO_4^{2-} 的质量是 96g。

同理推知 1mol 离子化合物的质量。例如

1mol NaCl 的质量是 58.5g;

1mol NaOH 的质量是 40g。

通常把 1mol 原子、分子或离子的质量分别叫做原子、分子或离子的摩尔质量。**1mol 物质的质量通常也叫做该物质的摩尔质量**，物质的摩尔质量等于物质的质量除以物质的量。物质的摩尔质量用符号 M 表示，定义式为 $M = \frac{m}{n}$ ，其国际单位的名称是千克每摩尔，常用单位的名称是克每摩尔，中文符号是克/摩，国际符号是 g/mol 。

原子、分子或离子都是组成物质的基本单元。1mol 基本单元的质量叫做基本单元的摩尔质量。

综上所述，基本单元是原子、分子或离子时，基本单元的摩尔质量在数值上分别等于其相对原子质量、相对分子质量或离子式量，单位是 g/mol 。例如，铁的相对原子质量是 56，铁的摩尔质量是 56g/mol ；水的相对分子质量是 18，水的摩尔质量是 18g/mol ； H_2SO_4 的相对分子质量是 98， H_2SO_4 的摩尔质量是 98g/mol 。若用 B 代表基本单元（原子、分子或离子）的化学式，基本单元的摩尔质量可表示为 $M(B)$ 。

物质的基本单元是原子、分子或离子的某一分数时，基本单元的摩尔质量，在数值上分别等于对应相对原子质量、相对分子质量或离子式量的某一分数倍数，单位是 g/mol 。若用 k 代表 B 的系数，基本单元的摩尔质量表示为 $M(kB)$ ，且 $M(kB) = kM(B)$ 。例如

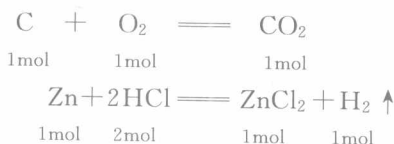
$$M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = \frac{1}{2}M(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \times 98\text{g/mol} = 49\text{g/mol}$$

上述情况可以总结为，基本单元的摩尔质量，在数值上等于基本单元的化学式量或化学式量的某一分数，单位是 g/mol 。

使用摩尔质量时，也必须指明物质的基本单元。例如，铜的摩尔质量表示为 $M(\text{Cu})$ ；氧气的摩尔质量可表示为 $M(\text{O}_2)$ ； HNO_3 的摩尔质量可表示为 $M(\text{HNO}_3)$ 等。

在进行计算时，摩尔质量可采用等式的形式表示。例如， H_2 的摩尔质量 $M(\text{H}_2) = 2\text{g/mol}$ ； NaCl 的摩尔质量 $M(\text{NaCl}) = 58.5\text{g/mol}$ 等。

摩尔像一座桥梁把单个的、肉眼看不见的微粒跟大量数的微粒集体、可称量的物质联系起来。因此，在研究化学方程式中各物质之间量的关系时，非常方便。因为在化学方程式中，反应物和生成物分子式前的系数，既可表示原子、分子等微粒的个数比，也可以表示它们之间物质的量之比。例如



2. 有关物质的量的计算

物质的量 (n)、物质的质量 (m) 和摩尔质量 (M) 之间的关系可用下式表示。

$$\text{物质的量}(\text{mol}) = \frac{\text{物质的质量}(\text{g})}{\text{物质的摩尔质量}(\text{g/mol})}$$

$$n(\text{B})(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\text{B})(\text{g/mol})}$$

① 已知物质的质量，求该物质的“物质的量”和基本单元的数目。

【例 1-1】 4g 氧气的物质的量是多少？4.9g 硫酸的物质的量是多少？

解 已知氧气的相对分子质量是 32，则氧气的摩尔质量 $M(\text{O}_2) = 32\text{g/mol}$ 。

4g 氧气的物质的量 $n(\text{O}_2)$ 是

$$n(\text{O}_2) = \frac{m}{M(\text{O}_2)} = \frac{4\text{g}}{32\text{g/mol}} = 0.125\text{mol}$$

硫酸的相对分子质量是 98，则硫酸的摩尔质量 $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\text{g/mol}$ 。

4.9g 硫酸的物质的量 $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 是

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{4.9\text{g}}{98\text{g/mol}} = 0.05\text{mol}$$

答：4g 氧气的物质的量是 0.125mol，4.9g 硫酸的物质的量是 0.05mol。

【例 1-2】 试求 90g 水中含多少个水分子。

解 水的相对分子质量是 18，则水的摩尔质量 $M(\text{H}_2\text{O}) = 18\text{g/mol}$ 。

90g 水的物质的量 $n(\text{H}_2\text{O})$ 为

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{90\text{g}}{18\text{g/mol}} = 5\text{mol}$$

5mol 水所含的水分子数为

$$6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1} \times 5\text{mol} = 3.01 \times 10^{24}$$

答：90g 水中含有 3.01×10^{24} 个水分子。

② 已知物质的“物质的量”，求物质的质量。

【例 1-3】 1.5mol 铜的质量是多少？

解 铜的相对原子质量是 63.5，则铜的摩尔质量 $M(\text{Cu}) = 63.5\text{g/mol}$ 。

因为

$$n(\text{Cu}) = \frac{m}{M(\text{Cu})}$$

所以

$$m = 63.5\text{g/mol} \times 1.5\text{mol} = 92.25\text{g}$$

答：1.5mol 铜的质量等于 92.25g。

【例 1-4】 多少克二氧化硫和 22g 二氧化碳含有相同的分子数？

解 因为物质的量相同的各种物质所含微粒（基本单元）的数目相同，所以，根据题意可列出下列等式

$$n(\text{SO}_2) = n(\text{CO}_2)$$

CO_2 的相对分子质量是 44，则 $M(\text{CO}_2) = 44\text{g/mol}$ 。

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m}{M(\text{CO}_2)} = \frac{22\text{g}}{44\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$$

则

$$n(\text{SO}_2) = 0.5\text{mol}$$

因为

$$M(\text{SO}_2) = 64\text{g/mol}$$

所以二氧化硫的质量为

$$64\text{g/mol} \times 0.5\text{mol} = 32\text{g}$$

答：32g 二氧化硫和 22g 二氧化碳含有相同的分子数。