

普通高等职业教育“十二五”规划教材

YINGYONG HUAXUE JICHU

应用化学基础



主编 李利民 孔欣欣

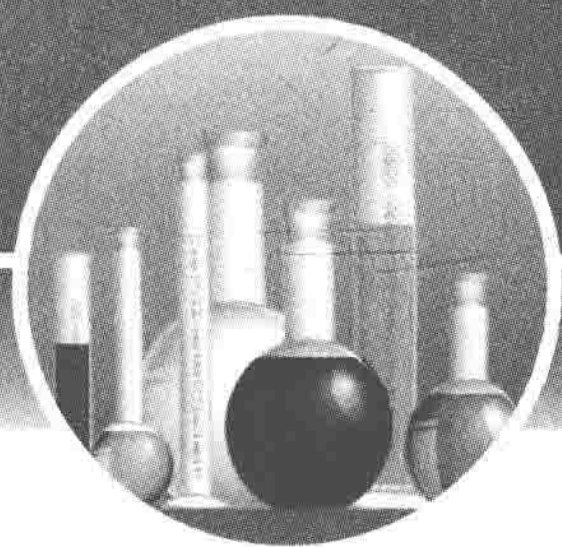


郑州大学出版社

普通高等职业教育“十二五”规划教材

YINGYONG HUAXUE JICHU

应用化学基础



常州大学图书馆
藏书

主审 李利民 孔欣欣



郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

应用化学基础/李利民,孔欣欣主编. —郑州:郑州大学出版社,
2015.9

(普通高等职业教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5645-2534-7

I. ①应… II. ①李…②孔… III. ①应用化学
IV. ①069

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 219517 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

河南安泰彩印有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:17.25

字数:416 千字

版次:2015 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

彩页:3

印次:2015 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-2534-7

定价:29.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

作者名单

主 编 李利民 孔欣欣

编 委 (按姓氏笔画顺序)

马荣琨 王莹莹 张 娜

焦健侠 游新侠

前言

近几年,我国的高职教育及成人教育发生了新的变化。在专业知识的传授上,更强调基础性、实用性和针对性,同时对学生实践技能的训练也提出了更高的要求。食品生物类、化工类、农学类、土建类、环境类及材料类等工科专业,在进行专业课学习的过程中,往往会使用到各类化学知识和实验操作技能,学生在大学初级阶段学习并掌握必要的化学基础理论、基本知识,学会分析方法,掌握实验技术都是很有必要的。

本教材的编写充分考虑了现阶段高职、成教学生的文化基础、职业教育特点及行业需求,力求在以下几个方面展现一定的特色。

在内容的选取上,突出基础性、实用性、通用性。本教材将中学及大学阶段涉及无机化学、有机化学和分析化学的知识进行梳理和整合,按照高职与成教培养目标的要求,精练了内容,降低了知识起点的难度,突出其基础性和实用性。为提高学生的实验操作能力,本教材选编了应用性较强的化学实验知识,并辅以侧重基础技能训练的实验项目。此外选编了适用于材料、能源、食品、环境领域的通识性化学知识。为适应时代发展,促进人类与自然的和谐发展,本教材还增加了绿色化学的相关知识和信息。

在教材结构的编排上,力求遵循学生的认知规律,每章均安排学习目标、教学内容、阅读材料、复习思考题四个环节,便于学生预习、复习和自学,同时提高其启发性和趣味性。

在语言的表述上,力求通俗易懂,深入浅出,重点突出,概念准确,并采用新的国家标准以及法定计量单位。

本教材由郑州科技学院李利民统稿,参加编写工作的还有郑州科技学院的孔欣欣、马荣琨、游新侠、王莹莹、张娜和焦健侠。其中,第一章由马荣琨编写,第二、第三章由游新侠编写,第四章由焦健侠编写,第五章由王莹莹编写,第六章由张娜编写,第七章及学生实验由孔欣欣编写。

本教材在编写过程中,得到了郑州科技学院高向阳教授的大力支持和帮助,此外郑州科技学院郭楠楠承担了书稿的部分校对工作,郑州科技学院周文玉(教授)、刘亮军、张保龙等也对本书的出版给予了大力支持,在此一并表示诚挚的谢意。

本教材可作为高职教育、成人教育食品生物类、化工类、农学类、土建类、材料类等专业的教材,也可作为企业员工培训及自学的参考书。

由于编写水平有限,书中疏漏在所难免,敬请读者指正。

编者

2015年7月2日

内容摘要

《应用化学基础》结合食品、生物、化学化工、建筑、材料等行业高职教育、成人教育及相关企业员工培训的实际需要,选编了涵盖中学及大学阶段,涉及无机化学、有机化学和分析化学的基础知识,并选编了应用性较强的化学实验基础知识,以及适用于材料、能源、食品、环境领域的化学应用常识。内容的选取具有起点低、系统性好、应用性强、适用面广的特点。

本教材内容详略得当、语言深入浅出,采用新的国家标准以及法定计量单位。全书共七章,包括元素与物质、物质的量与溶液、重要元素及其化合物、电解质溶液与电化学、有机化合物、化学与人类、化学实验基础,适合中、短学时教学需要。

目 录

第一章 元素与物质	001
第一节 元素及其构成物质的表示法	001
第二节 化学反应的类型	013
第三节 常见的酸、碱、盐	021
第四节 原子结构	032
第五节 元素周期律	037
第六节 元素周期表	039
第七节 化学键	045
第八节 离子晶体、分子晶体和原子晶体	047
第二章 物质的量与溶液	064
第一节 物质的计量	064
第二节 气体摩尔体积及理想气体状态方程	071
第三节 表示溶液组成的物理量	076
第三章 重要元素及其化合物	093
第一节 卤族元素	093
第二节 氧族元素	099
第三节 碳族元素	104
第四节 氮族元素	106
第五节 碱金属	110
第六节 镁、钙、铝、铁	114
第四章 电解质溶液与电化学	125
第一节 强电解质与弱电解质	125
第二节 水的电离和溶液的 pH	126
第三节 离子反应和离子方程式	128
第四节 盐类的水解	129
第五节 电化学基础	131

第五章 有机化合物	139
第一节 有机化合物概述	139
第二节 烷烃	144
第三节 烯烃与炔烃	149
第四节 芳香烃	154
第五节 烃的重要衍生物	158
第六章 化学与人类	169
第一节 化学与能源	169
第二节 化学与食品	175
第三节 化学与材料	185
第四节 化学与环境	189
第五节 化学品与安全	194
第六节 绿色化学	196
第七章 化学实验基础	204
第一节 常用化学分析仪器	204
第二节 天平	222
第三节 化验用水及化学试剂	227
第四节 溶液配制	233
第五节 误差分析与数据处理	237
第六节 化验室管理	244
学生实验	253
实验一 常用玻璃仪器的认知、洗涤及干燥	253
实验二 酒精喷灯的使用和玻璃加工操作	254
实验三 称量练习与天平的使用	256
实验四 一般溶液的配制和比较滴定	258
实验五 粗食盐的提纯	259
实验六 熔点的测定	261
实验七 沸点的测定	262
参考文献	264
附录	266
附录 I 相对原子质量表	266
附录 II 部分酸、碱和盐的溶解性表(20 ℃)	267
附录 III 常用危险品安全标识	268

第一章 元素与物质

【学习目标】

1. 了解元素、化合价、化学式、化学方程式等的定义;熟悉单质、化合物和酸、碱、盐的区别;掌握化合价、化学式、化学方程式的写法及有关化学式的计算;掌握四种基本的化学反应类型。

2. 了解原子的结构、同位素及核外电子的运动特征;掌握核外电子的排布规律;掌握元素周期律、元素周期表、周期、族,元素性质与原子结构的关系;熟悉化学键的类型;了解离子晶体、分子晶体和原子晶体。

第一节 元素及其构成物质的表示法

一、元素

1. 元素

古代的学者们,力图找出组成万物的基本物质。我国学者曾长期认为万物是由金、木、水、火、土五种“元素”所组成的。欧洲学者则认为万物是由水、火、土、气四种“元素”组成的。但是这些朴素的认识都由于缺少科学根据而被否定。直到现代,人们认识了原子和原子内部结构以后,才确认万物由元素组成。

元素是组成物质的基本成分。例如,氢气由氢元素组成,氧气由氧元素组成,水由氢、氧两种元素组成。氢气和水中所含的氢元素是相同的,氧气和水中所含的氧元素也是相同的。我们又知道,氢分子和水分子中的氢原子具有相同的质子数;同样,氧分子和水分子中的氧原子也具有相同的质子数。由此我们对元素概念有了进一步的认识:元素就是具有相同核电荷数(即核内质子数)的一类原子的总称。例如,氧气分子和水分子中都含有氧原子,它们的核电荷数都是8,即核内都含有8个质子,就把它们统称为氧元素。同样,把核电荷数为1的所有氢原子统称为氢元素,把核电荷数为6的所有的碳原子统称为碳元素,等等。

到目前为止,人们在自然中发现的物质有3 000多万种,但组成它们的化学元素目前(截至2010年)只有118种。

按质量计,各种化学元素在地壳里的含量差别很大,如图1-1所示。地壳里氧、硅、

铝、铁的含量相对较多,而与生物关系密切的氢的含量为0.76%,碳的含量为0.087%,氮的含量仅为0.03%左右,相对较少。

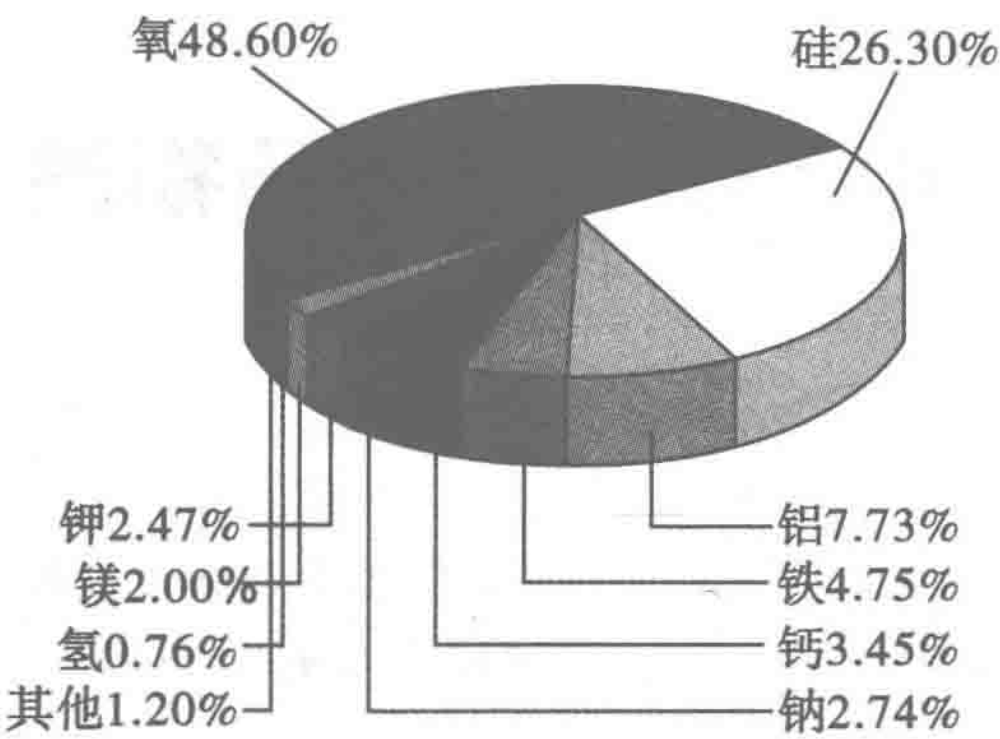


图 1-1 各种化学元素在地壳中的含量

2. 元素符号

化学反应若用文字语言来表述,则不胜其烦。如何才能化繁为简呢?人们可采用元素符号来表示的。

表示元素的符号是瑞典化学家贝采里乌斯(J. J. Berzelius, 1779—1848)在 1813 年提出的。1860 年召开的第一次国际化学会议以此为基础,规定:统一采用该元素的拉丁文名称的第一个大写字母来表示元素。如果几种元素名称的第一个大写字母相同,则可再附加一个小写字母来区别,例如:氧的拉丁文为 Oxygenium,化学符号为 O;氢的拉丁文为 Hydrogenium,化学符号为 H;碳的拉丁文为 Carbonium,化学符号为 C;氮的拉丁文为 Nitrogenium,化学符号为 N;钠的拉丁文为 Natrium,化学符号为 Na;汞的拉丁文为 Hydrargyrum,化学符号为 Hg;这种化学符号叫作元素符号,是国际通用的。

书写元素符号有严格的规定,第一个字母必须大写,第二个字母必须小写,否则会出错。例如,Mg 表示镁元素,若写成 mg,则为质量单位毫克的符号;Co 表示钴元素,若写成 CO,则表示化合物一氧化碳了。

每种元素都有一个汉字名称。元素名称的偏旁清楚地表明了元素的种类和单质的状态;气态非金属元素的名称都有“气”字头,液态非金属元素的名称有“氵”旁,固态非金属元素的名称都有“石”字旁,金属元素的名称都有“金”字旁(汞除外),十分方便识记。

元素符号表示一种元素,还表示这种元素的一个原子。

表 1-1 列出了一些常见元素的名称、元素符号和相对原子质量(近似值)。有关相对原子质量的知识将在本章第四节进行介绍,这里不再阐述。

表 1-1 一些常见元素的名称、元素符号和相对原子质量(近似值)

元素名称	元素符号	相对原子质量	元素名称	元素符号	相对原子质量
氢	H	1	钠	Na	23
氦	He	4	镁	Mg	24
氮	N	14	铝	Al	27
氧	O	16	钾	K	39
氟	F	19	钙	Ca	40
氖	Ne	20	锰	Mn	55
氯	Cl	35.5	铁	Fe	56
氩	Ar	40	铜	Cu	63.5
碳	C	12	锌	Zn	65
硅	Si	28	银	Ag	108
磷	P	31	钡	Ba	137
硫	S	32	汞	Hg	201

氢元素形成的单质最轻,其密度最小;地壳中含量最多的元素是氧;形成化合物最多的元素是碳。单质硬度最大的是金刚石;熔点最高的是金属钨;沸点最低的稀有气体是氦气;延展性最强的金属是金;导电导热性最强的金属是银;空气中含量(体积)最高的是氮气;最容易着火的非金属是白磷;冶炼最多的金属是铁。

二、单质和化合物

1. 单质

有些物质是由同种元素组成的,如氧气由氧元素组成,铁由铁元素组成。像这种只由一种元素组成的纯净物叫作单质。单质按性质一般分为金属与非金属两大类。组成金属单质的元素通常称为金属元素,组成非金属单质的元素通常称为非金属元素。例如,金属元素:铝(Al)、铁(Fe)、钙(Ca)、钾(K)、汞(Hg)等;非金属元素:氧(O)、硫(S)、硅(Si)、磷(P)、碘(I)、氢(H)、氮(N)等。

单质必须是由同种元素组成的纯净物,混合物不可能是单质。元素在单质中存在时称为元素的游离态。例如氧气(O₂)、氯气(Cl₂)、硫(S)、铁(Fe)等。单质和元素是两个不同的概念。元素是具有相同核电荷数(或质子数)的一类原子的统称。一种元素可组成几种不同单质,例如氧元素就可组成氧气(O₂)和臭氧(O₃)两种单质。

一般来说,单质的性质与其元素的性质密切相关。比如,很多金属的金属性都很明显,那么它们组成单质的还原性就很强。不同种类元素组成的单质,因结构不同,其性质差异也往往非常明显。

2. 化合物

有些物质是由不同元素组成的。如水是由氢和氧两种元素组成的,氢氧化钠是由

氢、氧和钠三种元素组成的。像这样由不同元素组成的纯净物叫作化合物。自然界中的物质大多数为化合物。其中,把只由氧元素和另一种元素组成的化合物称为氧化物。

对化合物分类,是研究物质分类的一个主要内容。现在通行的化合物分类方法是按化合物分子的不同,分为无机化合物和有机化合物。

无机化合物,简称无机物,通常指不含碳元素的化合物。少数含碳的化合物,如一氧化碳、二氧化碳、碳酸盐、氰化物等也属于无机物。无机化合物中,按分子的组成与结构方式不同可分为氧化物、酸、碱和盐类。每类化合物当然又可以进一步分类。例如在氧化物中,可以分为酸性氧化物、碱性氧化物和两性氧化物三大类;无机酸类又可以分为含氧酸(如 H_2SO_4) 和无氧酸(如 HCl) 两大类。同样,碱类和盐类均可以进一步分类。

有机化合物,简称有机物,通常指含碳元素的化合物,或碳氢化合物及其衍生物,总称为有机物。对有机化合物,人们通常根据碳干的不同把它们分为链状化合物、碳环化合物和杂环化合物三大类。其中,碳环化合物又可分为脂环类化合物和芳香族化合物。有机化合物也可以依照其他标准分为脂肪族、脂环族、芳香族和杂环化合物四大类。

另外,根据构成分子的化学键不同,还可把化合物分为离子化合物和共价化合物两大类。阴阳离子间通过静电作用构成的化合物叫作离子化合物,如氯化钠。而原子通过共用电子对形成分子的化合物叫作共价化合物,如氯化氢(详见本章第七节)。

目前已知的化合物的数量究竟有多少?各方面的统计不太一致。有人认为:已发现天然存在的化合物和人工合成的化合物,有 3 000 万种以上。这些化合物有的是由两种元素组成的,有的是由三种、四种,甚至更多的化学元素组成的。此外,每年还有数量达 30 万以上的新合成的化合物,其中 90% 以上是有机化合物。

3. 单质和化合物的关系

(1) 单质和化合物的共同点

单质和化合物都属于纯净物。判断物质是单质还是化合物,首先看物质是不是纯净物,只有属于纯净物才有可能属于单质或化合物。不能认为由同种元素组成的物质一定就是单质,也不能认为由不同元素组成的物质一定是化合物。例如白磷和红磷,虽然都由磷元素组成,但它们属于不同的单质,混合后属于混合物,不属于纯净物。又如空气由多种化学元素组成,包括氧、氢、碳、氮、氦、氖、氩元素等,它属于混合物,不属于纯净物,更不是化合物。

(2) 单质和化合物的区别

从概念上看,单质是由一种元素组成的纯净物,而化合物是由两种或两种以上的元素组成的纯净物;从微观范围看,单质由同种原子构成,化合物由不同种原子构成;从性质上看,单质一般不能发生分解反应,化合物则可以发生分解反应。

(3) 单质和化合物的联系

单质和化合物虽然组成元素的种数不同,但它们可以相互转化。单质可以和单质反应生成化合物,也可以和化合物反应生成另一种化合物。如镁条在空气中燃烧生成氧化镁,其中镁、氧气属于单质,氧化镁属于化合物;一氧化碳燃烧生成二氧化碳,其中一氧化碳和二氧化碳属于化合物,氧气属于单质。化合物也可以通过分解反应生成单质,如过氧化氢分解放出氧气同时生成水,其中过氧化氢属于化合物,氧气属于单质。

值得注意的是,组成单质的虽然是同一种元素,但是在单质分子中,有单原子分子(1 个原子构成 1 个分子),如氦气、氖气等;也有双原子分子(2 个原子构成 1 个分子),如氧气、氮气等;还有多原子分子(多个原子构成 1 个分子),如臭氧等。另外同种元素可以形成不同的单质,如白磷和红磷,氧气和臭氧等,它们在一定条件下能相互转化,这种转化属于化学变化。

4. 化合物与混合物的区别

(1)化合物的组成元素不再保持单质状态时的性质;混合物没有固定的性质,各物质保持其原有性质(如没有固定的熔点和沸点)。

(2)化合物的组成元素必须用化学方法才可分离。

(3)化合物的组成通常恒定,是纯净物,并可以用一种化学式表示。而混合物由不同种物质混合而成,没有一定的组成,不能用一种化学式表示。

三、化合价

大量事实表明,元素之间相互化合时,其原子个数比都有确定的数值。表 1-2 列出了几种物质组成元素的原子个数之比。

表 1-2 几种物质组成元素的原子个数比

化学式	某元素原子数：氢原子数	化学式	某元素原子数：氯原子数
HCl	1：1	NaCl	1：1
H ₂ O	1：2	MgCl ₂	1：2
NH ₃	1：3	AlCl ₃	1：3
CH ₄	1：4	CCl ₄	1：4

我们把一种元素一定数目的原子和其他元素一定数目的原子化合的性质,叫作这种元素的化合价。

化合价有正价和负价之分。在离子化合物里,元素化合价的数值,就是这种元素的一个原子得或失电子的数目。失电子的原子带正电,这种元素的化合价是正价;得电子的原子带负电,这种元素的化合价是负价。如氯化钠中,钠原子失去一个电子,钠元素显 +1 价,氯原子得到一个电子,氯元素显 -1 价。在共价化合物里,元素化合价的数值,就是这种元素的一个原子和其他元素的原子形成的共用电子对的数目。化合价的正负由电子对的偏移来决定,电子对偏向哪种原子,哪种元素就为负价;电子对偏离哪种原子,哪种元素就为正价。如氯化氢中,氢为 +1 价,氯为 -1 价。在离子化合物里,其得、失电子的总数是相等的;在共价化合物里,共用电子对“偏向”和“偏离”的数目也是相等的,所以,不论在离子化合物还是在共价化合物里,其正负化合价的代数和都为零。这就是书写化学式所依据的法则。

由于元素的化合价表明形成化合物时一个原子能和其他原子相结合的数目,因此,在单质分子里,元素的化合价为零。

在化合物里,氢通常显+1 价,氧通常显-2 价;金属元素通常显正价;非金属元素通常显负价,但在非金属氧化物(如 CO₂)里,另一非金属元素(如 C)通常显正价。

许多元素具有可变的化合价,这是由于这些元素的原子在不同条件下得失电子或形成共用电子对的数目不同所致。例如铁可显+2,+3 价,氮可显-3,+1,+2,+3,+4,+5 价等。

常见元素的化合价见表 1-3。

表 1-3 常见元素的化合价

元素名称	元素符号	常见的化合价	元素名称	元素符号	常见的化合价
钾	K	+1	氢	H	+1
钠	Na	+1	氟	F	-1
银	Ag	+1	氯	Cl	-1,+1,+5,+7
钙	Ca	+2	溴	Br	-1
镁	Mg	+2	碘	I	-1
钡	Ba	+2	氧	O	-2
锌	Zn	+2	硫	S	-2,+4,+6
铜	Cu	+1,+2	碳	C	+2,+4
铁	Fe	+2,+3	硅	Si	+4
铝	Al	+3	氮	N	-3,+2,+4,+5
锰	Mn	+2,+4,+6,+7	磷	P	-3,+3,+5

【例题 1-1】 标出下列物质中各元素的化合价:氯化钙、金属钙、氢氧化钾。

解:先写出各物质的化学式:CaCl₂、Ca、KOH,然后在各化学式元素符号的正上方标出相应的化合价:⁺²Ca⁻¹Cl₂、⁰Ca、⁺¹K⁻²O⁺¹H。

需要特别指出的是,离子表示的方式与标化合价的方式不同。如钙离子表示成 Ca²⁺,右上方的“2+”表示一个钙离子带 2 个单位正电荷;而氯化钙中 Ca 正上方的“+2”表示钙在氯化钙里化合价为+2 价。

【例题 1-2】 计算 Fe(OH)₃ 中各元素化合价的代数和。

解:先标出 Fe(OH)₃ 中各元素的化合价:⁺³Fe(⁻²O⁺¹H)₃

根据化合物中各元素化合价的代数和列出下式:

(+3)×1+(-2)×3+(+1)×3=+3-6+3=0

可见,Fe(OH)₃ 中各元素化合价的代数和为零。

四、化学式与分子式

我们知道,各种元素都可以用元素符号来表示。那么由元素组成的各种单质和化合

物,是否也可以用元素符号来表示呢?

元素符号不仅可以表示元素,还可以表示由元素组成的物质。这种用元素符号和数字的组合表示物质组成的式子,叫作化学式。例如前面学过的 O_2 、 H_2 、 H_2O 、 HCl 和 HgO 等化学符号都是化学式,它们分别表示了氧气、氢气、水、氯化氢和氧化汞等物质的组成。

科学实验还表明,各种纯净物的化学组成都是一定的,所以表示每种物质组成的化学式只有一个。一个化学式代表多种意义。例如,化学式 H_2O 可以表示:①水这种物质;②1 个水分子;③水由氢元素和氧元素组成;④1 个水分子由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成。

分子式是用元素符号表示单质或化合物分子组成的式子。例如分子式 H_2O 可以表示水由氢元素和氧元素组成,也可表示 1 个水分子,也可表示 1 个水分子由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成等,这一点与化学式相同。分子式是通过测定物质的组成(元素种类和质量比)和相对分子质量后,再经过计算求得的。一种物质只有一固定的分子式。

值得注意的是,化学式是实验式、分子式、结构式等的统称,有关实验式、结构式的知识将在后面的章节中详细介绍,这里不再阐述。分子式可以是化学式,但化学式不一定是分子式。例如“ $NaCl$ ”表示氯化钠晶体中钠离子与氯离子的个数比为 1:1, $NaCl$ 不是分子式,是化学式,因为 $NaCl$ 是离子化合物。

1. 单质化学式的写法

单质是由同种元素组成的。金属单质和固态非金属单质一般就用元素符号来表示它们的化学式。例如,铁单质和铝单质分别用 Fe 和 Al 表示,碳单质用 C 表示。稀有气体是由单原子的分子构成的,也用元素符号来表示它们的化学式。例如,氦气和氖气分别用 He 和 Ne 表示。

有些非金属气体单质(如氮气、氧气、氢气、氯气等)是由双原子的分子构成的,因而这些单质的化学式分别用 N_2 、 O_2 、 H_2 、 Cl_2 表示。右下角的小数字表示这些单质 1 个分子里所含的原子数。

2. 化合物化学式的写法

化合物是由不同元素组成的,因而化合物的化学式的书写相对复杂一些。首先必须知道此种化合物是由哪几种元素组成的;其次还要知道各组成元素的原子个数之比,才能写出该化合物的化学式。知道以上事实后,就可以先写出组成这种化合物的各元素的元素符号,然后在每种元素符号的右下角,标明各组成元素的原子个数(如果数字是“1”,可以省略,下同)。

书写由金属元素跟非金属元素组成的化合物的化学式时,一般把非金属的元素符号写在右方,金属的元素符号写在左方。例如,氯化钠的化学式是 $NaCl$,硫化镁的化学式是 MgS 。书写氧化物的化学式时,一般把氧的元素符号写在右方。例如,三氧化硫的化学式是 SO_3 ,四氧化三铁的化学式是 Fe_3O_4 。

应该注意的是,元素符号右下角的数字、元素符号前面的数字、化学式前面的数字在意义上是完全不同的。例如, N_2 表示 1 个氮分子是由 2 个氮原子构成的; $2N$ 表示 2 个氮原子; $6N_2$ 表示 6 个氮分子; NH_3 表示 1 个氨分子是由 1 个氮原子和 3 个氢原子构成的。

化学式的读法,应注意各组成元素的先后读出顺序。由两种元素组成的化合物的名

称,一般是从右向左读作“某化某”。例如,CuO 读作氧化铜。其书写规则和读的顺序正好相反。有的物质还要读出化学式里各种元素的原子个数。例如,SO₃读作三氧化硫,Fe₃O₄读作四氧化三铁。表 1-4 列出了一些简单化合物的化学式及其读法。

表 1-4 一些简单化合物的化学式及其读法

化学式	读法	化学式	读法
HCl	氯化氢	P ₂ O ₅	五氧化二磷
HI	碘化氢	Al ₂ O ₃	氧化铝
H ₂ S	硫化氢	KCl	氯化钾
NO ₂	二氧化氮	FeCl ₃	氯化铁

3. 式量

分子式中各原子的相对原子质量的总和,就是此分子式的相对分子质量(有关相对原子质量的知识将在本章第四节进行介绍,这里不再阐述)。相对分子质量也称为式量。化学式中各原子的相对原子质量的总和,叫作该化学式的式量。根据化学式可以进行很多与物质组成有关的化学计算。

(1) 计算物质的式量

【例题 1-3】 计算氯化钠的式量。

解:氯化钠的化学式是 NaCl,NaCl 的式量=23+35.5=58.5

【例题 1-4】 计算五氧化二磷的式量。

解:五氧化二磷的化学式是 P₂O₅,P₂O₅的式量=31×2+16×5=142

(2) 计算组成物质的各元素的质量比

【例题 1-5】 计算二氧化碳中碳元素和氧元素的质量比。

解:二氧化碳的化学式是 CO₂,二氧化碳中碳元素和氧元素的质量比为
(12×1) : (16×2)= 3 : 8

【例题 1-6】 已知氢氧化钙的化学式是 Ca(OH)₂,计算氢氧化钙中氢元素、氧元素、钙元素的质量比。

解:氢氧化钙中氢元素、氧元素、钙元素的质量比为
(1×2) : (16×2) : (40×1)= 1 : 16 : 20

(3) 计算物质中某一元素的质量分数

【例题 1-7】 计算氯酸钾(KClO₃)中氧元素的质量分数。

解:KClO₃的式量=39+35.5+16×3=122.5

氯酸钾中氧元素的质量分数: $\frac{30}{\text{KClO}_3} \times 100\% = \frac{16 \times 3}{122.5} \times 100\% = 39.2\%$

式中的“30”表示 3 个氧原子。

【例题 1-8】 计算化肥碳酸氢铵(NH₄HCO₃)和硝酸铵(NH₄NO₃)中氮元素的质量分数,并比较哪种化肥中氮元素的质量分数大。

解: NH_4HCO_3 的式量 $= 14 + 1 \times 4 + 1 + 12 + 16 \times 3 = 79$

碳酸氢铵中氮元素的质量分数:

$$\frac{\text{N}}{\text{NH}_4\text{HCO}_3} \times 100\% = \frac{14}{79} \times 100\% = 17.7\%$$

NH_4NO_3 的式量 $= 14 + 1 \times 4 + 14 + 16 \times 3 = 80$

硝酸铵中氮元素的质量分数:

$$\frac{2\text{N}}{\text{NH}_4\text{NO}_3} \times 100\% = \frac{14 \times 2}{80} \times 100\% = 35.0\%$$

因 $35.0\% > 17.7\%$, 可知, 硝酸铵中氮元素的质量分数大。

4. 化合价与化学式

化合价和化学式之间, 有着密切的联系。根据物质的化学式, 可以求出元素的化合价; 根据元素的化合价, 也可以写出已知物质的化学式。

【例题 1-9】 试确定高锰酸钾中锰元素的化合价。

解: 先写出高锰酸钾的化学式 KMnO_4 , 查表可知, 钾元素为 +1 价, 氧元素为 -2 价, 而锰元素有 +2, +4, +6, +7 等化合价。

由于在任何化合物里正负化合价的代数和均为零, 由此可求出锰的化合价。

设锰的化合价为 x , 则 $(+1) + x + (-2) \times 4 = 0$, $x = +8 - 1 = +7$

答: 在高锰酸钾里, 锰元素的化合价是 +7。

想一想:

- 在 KMnO_4 分解后的生成物 K_2MnO_4 中, 锰元素的化合价为多少呢?

【例题 1-10】 已知氮有多种氧化物, 写出氮的化合价分别为 +1, +5 的两种氧化物的化学式。

解: (1) 写出 +1 价氮的氧化物的化学式。

① 先写出组成化合物的两种元素的符号, 把正价的写在左边, 负价的写在右边, 在元素符号上方标出化合价: $\overset{+1}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}$ 。

② 求出两种元素化合价绝对值的最小公倍数: 2。

③ 求出各元素的原子数。

$$\frac{\text{最小公倍数}}{\text{正价(或负价)的绝对值}} = \text{原子数}$$

$$\text{N}: \frac{2}{1} = 2 \quad \text{O}: \frac{2}{2} = 1$$

④ 把原子数标在相应的元素符号的右下角即得化学式 N_2O (俗称“笑气”)。

⑤ 检验各元素正负化合价的代数和是否为零。

$$(+1) \times 2 + (-2) \times 1 = +2 - 2 = 0$$

(2) 写出 +5 价氮的氧化物的化学式。



两种元素化合价的最小公倍数为 10。

$$\text{N}: \frac{10}{5} = 2 \quad \text{O}: \frac{10}{2} = 5$$