

高教版

全国各类成人高考复习指导丛书
(高中起点升本、专科)

第八版

化 学

附解题指导

李道楷 蒋慧文 编



高等教育出版社

全国各类成人高考复习指导丛书(第八版)

(高中起点升本、专科)

化 学 附解题指导

李道楷 蒋慧文 编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学:附解题指导/李道楷,蒋慧文编. —8版. —北京:高等教育出版社,2000. 7

(全国各类成人高考复习指导丛书)

ISBN 7-04-009002-3

I. 化… II. ①李… ②蒋… III. 化学-成人教育:高等教育-入学考试-自学参考资料 IV. 06-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 62084 号

责任编辑 秦凤英 封面设计 王 睢 责任绘图 杜晓丹
版式设计 马静如 责任校对 许月萍 责任印制 杨 明

化学:附解题指导(第八版)

李道楷 蒋慧文 编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

电 话 010-64054588

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

邮政编码 100009

传 真 010-64014048

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 北京市朝阳区北苑印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 20

字 数 480 000

插 页 1

版 次 1986 年 4 月第 1 版

2000 年 6 月第 8 版

印 次 2000 年 7 月第 2 次印刷

定 价 19.70 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第八版前言

本丛书经教育部高校学生司、教育部考试中心组织的大纲编写审定专家和命题研究人员审阅,并提出修改意见。

本丛书第八版是在原第七版的基础上,根据教育部2000年6月颁布的《全国各类成人高等学校招生复习考试大纲——高中起点升本、专科》修订而成的。

本丛书自1986年问世以来,一直受到广大读者的欢迎,在全国各类成人高考考生的复习备考中发挥着重要作用。十几年来,随着我国成人高等教育事业的发展和广大读者学习需求的变化,特别是全国各类成人高等学校招生复习考试大纲的几次修订,相应地这套丛书也做了七次全面修订,几经修改完善,使得这套丛书的整体质量不断提高,结构更加科学、合理,成为了具有广泛适用性的成人高考考生复习备考的主干教材,在全国享有良好声誉。

按新大纲进行修订后的第八版,具有以下几个方面的特点:

一、保持和发展了这套丛书作为复习主干教材的传统特点:紧扣大纲、内容翔实、叙述准确、重点突出,注重基础知识复习和能力训练,题型与练习贴近考试实际,实用性、针对性强。

二、在内容的选择和编排方面,既充分体现新大纲的要求,又适合成人学习的特点。丛书各科都严格按照新大纲的规定和要求,进一步对内容编排做了调整,对知识点做了重新梳理,对由于内容增删产生的连贯性问题做了科学的处理,使各科的内容编排既和新大纲一致,又重点突出,分布合理,完善了适合成人学习特点的体系结构。

三、在知识内容方面,按新大纲要求进行了知识点的增删,举例、习题注重吸收新知识、新成果,增强了时代感。

四、从内容选择到题型设计以及叙述方式等各个方面,注重从知识立意向能力立意的转变。加强了学科基本能力、学科综合能力、学科实验能力的训练,以提高考生综合运用知识的能力和应试水平。

五、在满足新大纲要求的前提下,适当压缩字数,使丛书更加简明、实用。

修订后的本丛书(第八版)包括如下9本:

《政治》附解题指导

《物理》附解题指导

《语文》附解题指导

《化学》附解题指导

《数学》附解题指导(文史财经类用)

《历史》附解题指导

《数学》附解题指导(理工农医类用)

《地理》附解题指导

《英语》附解题指导

考虑到每年的《政治》考试都有关于时事政治方面的内容,我们在考试当年都将编写出版一本《时事政治辅导》。

本丛书《化学》分册由李道楷主编,参加1986年第一版基本教材部分编写的有李道楷、蒋慧文、刘立寿、陈华乐,李道楷整理、统稿、定稿;解题指导部分由李道楷、蒋慧文执笔,李道楷统稿、定稿。第二至第八版均由李道楷修订,蒋慧文参加第四至第八版部分修订工作。

《化学》第八版与第七版的不同点是:(1) 全书内容编排按照新大纲体系调整,“化学基本计算”从原来是第二部分调为第四部分,各大部分内的知识块编排也有不同程度的改动。(2) 对复习的内容范围作符合新考纲要求的增补和删减,如增加了大气污染和防治、碘与人身健康、化肥等方面的内容。知识内容的叙述进一步“要点化”和突出重点,并精简了篇幅;(3) 精选、更新了大量的例题和习题,更贴近近年成人高考的新走势和符合加强能力训练的要求。

高等教育出版社

2000年6月

目 录

第一部分 基本概念和原理

一、物质的组成、分类及其变化	(1)	2. 原子核外电子排布的规律	(26)
复习内容	(1)	解题示例	(28)
(一) 物质的组成	(1)	习题 1-3	(29)
1. 构成物质的微观粒子	(1)	习题 1-3 答案及解题指导	(30)
2. 元素	(1)	(二) 元素周期律	(33)
(二) 物质的分类	(2)	1. 元素周期律	(33)
1. 纯净物与混合物	(2)	2. 元素周期表	(33)
2. 单质与化合物	(3)	3. 元素的性质与原子结构的关系	(35)
3. 酸、碱、盐、氧化物	(3)	解题示例	(35)
(三) 化学中常用的量	(4)	习题 1-4	(38)
1. 相对原子质量和相对分子质量	(4)	习题 1-4 答案及解题指导	(40)
2. 物质的量	(4)	(三) 化学键和分子的形成	(43)
3. 摩尔质量	(5)	1. 化学键及其基本类型	(43)
4. 气体摩尔体积	(5)	2. 离子化合物和共价化合物	(44)
* 5. 阿伏加德罗定律	(5)	解题示例	(45)
解题示例	(6)	习题 1-5	(47)
习题 1-1	(7)	习题 1-5 答案及解题指导	(48)
习题 1-1 答案及解题指导	(9)	三、化学反应速率 化学平衡	(51)
(四) 物质的变化	(11)	复习内容	(51)
1. 物理变化和化学变化	(11)	(一) 化学反应速率	(51)
2. 质量守恒定律	(11)	1. 化学反应速率的表示方法	(51)
3. 化合价	(11)	2. 影响化学反应速率的因素	(52)
4. 化学变化的表示——化学方程式	(12)	(二) 化学平衡	(52)
5. 化学反应的四种基本类型	(15)	1. 可逆反应与不可逆反应	(52)
6. 氧化还原反应	(16)	2. 化学平衡的概念及其特征	(52)
解题示例	(18)	3. 化学平衡的移动	(53)
习题 1-2	(21)	解题示例	(54)
习题 1-2 答案及解题指导	(22)	习题 1-6	(55)
二、物质结构 元素周期律	(25)	习题 1-6 答案及解题指导	(57)
复习内容	(25)	四、溶液 电解质溶液	(60)
(一) 原子结构	(25)	复习内容	(60)
1. 原子的组成	(25)	(一) 溶液	(60)

1. 溶液的成分	(60)	3. 水的离子积和溶液的 pH	(68)
2. 溶解与结晶	(60)	4. 酸碱中和滴定	(69)
3. 溶液组成的表示方法	(62)	5. 盐类的水解	(70)
解题示例	(62)	6. 原电池	(72)
习题 1-7	(63)	7. 金属的腐蚀和防护	(73)
习题 1-7 答案及解题指导	(65)	8. 电解	(74)
(二) 电解质溶液	(67)	9. 电解原理的应用——电镀	(76)
1. 电解质和非电解质	(67)	解题示例	(77)
2. 强电解质和弱电解质	(67)	习题 1-8	(80)
		习题 1-8 答案及解题指导	(82)

第二部分 常见元素及其重要化合物

一、概述	(87)	3. 硫酸	(106)
复习内容	(87)	4. SO_4^{2-} 的检验	(107)
1. 元素的分类	(87)	5. 大气污染和防治	(107)
2. 各类元素在周期表中的分布	(87)	解题示例	(108)
3. 金属和非金属的原子结构及性质 比较	(88)	习题 2-3	(110)
二、非金属元素及其重要化合物	(88)	习题 2-3 答案及解题指导	(112)
复习内容	(88)	(四) 氮和磷	(115)
(一) 氢氧水	(88)	1. 氮气	(115)
1. 氢气	(88)	2. 一氧化物和二氧化物	(116)
2. 氧气	(89)	3. 氨和铵盐	(116)
3. 水	(90)	4. 硝酸	(117)
解题示例	(91)	5. 磷、磷酸和磷酸盐	(118)
习题 2-1	(92)	6. 化肥	(120)
习题 2-1 答案及解题指导	(93)	解题示例	(120)
(二) 氯和卤素	(95)	习题 2-4	(122)
1. 氯气	(95)	习题 2-4 答案及解题指导	(123)
2. 氯化氢和盐酸	(96)	(五) 碳和硅	(126)
3. 氯化钠	(97)	1. 碳的同素异形体	(126)
4. 卤素的原子结构及其性质比较	(97)	2. 碳的氧化物	(127)
5. 某些卤素单质和卤离子的特性 反应	(99)	3. 碳酸和碳酸盐	(128)
6. 碘与人体健康	(99)	4. 硅和硅的化合物	(128)
解题示例	(99)	解题示例	(129)
习题 2-2	(101)	习题 2-5	(131)
习题 2-2 答案及解题指导	(102)	习题 2-5 答案及解题指导	(132)
(三) 硫	(105)	三、几种重要的金属及其化合物	(135)
1. 硫	(105)	复习内容	(135)
2. 二氧化硫	(105)	(一) 碱金属	(135)
		1. 钠的性质和用途	(135)
		2. 钠的几种化合物	(136)

3. 焰色反应	(136)
4. 碱金属的性质比较	(137)
(二) 镁和铝	(137)
1. 镁及其化合物	(137)
2. 硬水及其软化	(138)
3. 铝及其化合物	(139)
(三) 铁	(140)
1. 铁在周期表中的位置及其原子结构特点	(140)
2. 铁的性质	(140)
3. 铁的氧化物	(141)
4. 铁的氢氧化物	(141)
5. 铁盐和亚铁盐	(141)
解题示例	(142)

习题 2-6	(144)
习题 2-6 答案及解题指导	(147)

四、各类无机物的性质及相互转变

关系	(151)
复习内容	(152)
(一) 无机物的重要性质	(152)
1. 酸、碱、盐的溶解性	(152)
2. 物质的酸碱性	(152)
3. 物质的氧化还原性	(152)
4. 物质的稳定性	(153)
(二) 无机物反应的一些规律	(154)
1. 酸碱反应和盐的水解	(154)
2. 复分解反应	(154)
3. 氧化还原反应	(154)

第三部分 有机化学基础知识

一、有机化合物概述	(156)
复习内容	(156)
(一) 有机化合物的特点	(156)
(二) 有机化合物的分类	(156)
(三) 有机化学中的一些基本概念和术语	(156)
1. 烃	(156)
2. 烃基和官能团	(158)
3. 同系物和同系列	(158)
4. 同分异构体和同分异构现象	(159)
(四) 链烷烃的命名	(160)
1. 直链烷烃的命名	(160)
2. 带支链烷烃的命名	(160)
解题示例	(161)
习题 3-1	(164)
习题 3-1 答案及解题指导	(166)
二、重要的有机化合物	(168)
复习内容	(168)
(一) 烃	(168)
1. 烷烃	(169)

2. 烯烃	(170)
3. 炔烃	(171)
4. 芳香烃——苯及苯的同系物	(172)
解题示例	(174)
习题 3-2	(177)
习题 3-2 答案及解题指导	(179)
(二) 烃的衍生物	(184)
1. 醇	(185)
2. 苯酚(石炭酸)	(186)
3. 醛	(187)
4. 羧酸	(188)
5. 酯和油脂	(189)
解题示例	(191)
习题 3-3	(193)
习题 3-3 答案及解题指导	(195)
(三) 糖类和蛋白质	(200)
1. 糖类	(200)
2. 蛋白质	(200)
解题示例	(201)
习题 3-4	(202)
习题 3-4 答案及解题指导	(203)

第四部分 化学基本计算

一、有关化学式的计算	(206)	三、有关溶液的计算	(226)
复习内容	(206)	复习内容	(226)
1. 必备的基本知识	(206)	1. 必备的基本知识	(226)
2. 有关的计算公式	(207)	2. 有关的计算公式	(226)
解题示例	(208)	解题示例	(227)
习题 4-1	(212)	习题 4-3	(232)
习题 4-1 答案及解题指导	(213)	习题 4-3 答案及解题指导	(233)
二、有关物质的量的计算	(218)	四、有关化学方程式的计算	(238)
复习内容	(218)	复习内容	(238)
1. 必备的基本知识	(218)	1. 必备的基本知识	(238)
2. 有关的计算公式	(218)	2. 必须注意的几个关键点	(239)
解题示例	(218)	解题示例	(239)
习题 4-2	(220)	习题 4-4	(248)
习题 4-2 答案及解题指导	(222)	习题 4-4 答案及解题指导	(249)

第五部分 化学实验基本知识

复习内容	(259)	1. 物质的检验	(273)
(一) 常用的化学实验仪器	(259)	2. 物质的分离	(275)
(二) 常用化学试剂的存放	(263)	解题示例	(275)
(三) 化学实验基本操作	(264)	习题 5-1	(278)
1. 玻璃仪器的洗涤	(264)	习题 5-1 答案及解题指导	(281)
2. 化学药品的取用	(264)	综合练习题	(285)
3. 物质的加热	(265)	综合练习题答案及解题指导	(288)
4. 物质的分离与提纯	(265)	附录 1 2000 年成人高等学校招生全国统一 考试化学试题与参考答案及评分 标准	(297)
5. 溶液的配制和稀释	(266)	附录 2 酸、碱和盐的溶解性表(20℃)	(307)
6. 酸碱指示剂的使用	(267)	附录 3 某些酸、碱溶液的相对密度、 溶质的质量分数对照表	(307)
7. 仪器的连接和装置气密性检查	(268)	附录 4 一些常见物质的俗名或别名	(308)
(四) 一些常见气体的实验室制备	(268)	附录 5 一些常用物理量及单位	(308)
1. 气体的制气装置	(268)	元素周期表	
2. 制取气体的收集方法	(269)		
3. 气体的净化和干燥	(270)		
4. 一些常见气体的实验室制备	(270)		
(五) 常见离子及一些代表性有机物 的检验	(273)		

第一部分 基本概念和原理

一、物质的组成、分类及其变化



(一) 物质的组成

1. 构成物质的微观粒子

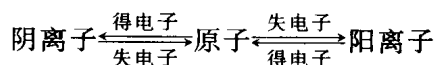
一切物质(宏观)都是由无数个肉眼看不见的粒子按一定的方式聚集而成的。这些粒子可能是分子,也可能是原子或离子。

(1) 分子 分子是保持物质化学性质的一种微小粒子。(在化学变化中,反应物分子被破坏,生成产物,反应物的化学性质就不复存在。)分子都是由一定数目的原子构成。例如,氧分子由2个氧原子构成;水分子由2个氢原子和1个氧原子构成;有的物质分子则由更多的原子构成。

(2) 原子 原子是化学变化中的最小粒子。在化学变化中,分子分解为原子,这些原子再组合成新物质的分子。化学变化时,分子被破坏了,但原子并不会被破坏成更小的粒子,所以说原子是化学变化中的最小粒子。

(3) 离子 离子是带有电荷的原子或原子团^①。带正电荷的离子称为阳离子(如 K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+);带负电荷的离子称为阴离子(如 Cl^- , S^{2-} , NO_3^-)。

原子在一定条件下失去或得到电子,便转变成阳离子或阴离子;阳离子或阴离子也可以得电子或失电子转变成原子:



一个原子失去 n 个电子,就变成带 n 个单位正电荷的阳离子;一个原子得到 n 个电子,就变成带 n 个单位负电荷的阴离子。

原子与离子的比较如表 1-1。

2. 元素

元素是具有相同核电荷数(质子数)的同一类原子的总称。例如,核电荷数(质子数)为 11 的原子统称为钠元素,核电荷数(质子数)为 17 的原子统称为氯元素。每一种元素都用特定的元素符号表示。有时在元素符号上附加一定的标记以表示特定的涵义,见表 1-2。

^① 原子团是由几个不同原子结合而成的“原子集团”,例如 H_2SO_4 , HNO_3 , $NaOH$ 中的 SO_4 , NO_3 , OH 是原子团。原子团常以一个整体参加化学反应。

表 1-1 同种元素的原子和离子的比较

		电子层结构	电 性	半 径
原 子	金属原子 (Na)	不是稳定结构 (2,8,1)	不带电 (核电荷数 = 核外电子数)	大于阳离子 ($\text{Na} > \text{Na}^+$)
	非金属原子 (Cl)	不是稳定结构 (2,8,7)	不带电 (核电荷数 = 核外电子数)	小于阴离子 ($\text{Cl} < \text{Cl}^-$)
离 子	阳离子 (Na^+)	是稳定结构 (2,8)	带正电 (核电荷数 > 核外电子数)	小于原子 ($\text{Na}^+ < \text{Na}$)
	阴离子 (Cl^-)	是稳定结构 (2,8,8)	带负电 (核电荷数 < 核外电子数)	大于原子 ($\text{Cl}^- > \text{Cl}$)

表 1-2 附加标记的元素符号的涵义

符 号	涵 义	符 号	涵 义
Cl	氯元素;1 个氯原子	$\overset{-1}{\text{Cl}}$	负 1 价的氯元素
2Cl	2 个氯原子	$_{17}\text{Cl}$	氯原子的核电荷数为 17
Cl_2	氯气的化学式;氯气分子由 2 个氯原子构成	$^{35}_{17}\text{Cl}$	质子数为 17,质量数为 35 的氯原子
Cl^-	氯离子;带 1 个单位负电荷的氯离子	^{35}Cl	质量数为 35 的氯原子

核电荷数(质子数)是划分元素的依据。核电荷数(质子数)相同的原子和该原子变成的离子都属同种元素。例如,Na 和 Na^+ 都属钠元素。

元素有两种存在状态:游离态和化合态。游离态存在于单质中,化合态存在于化合物中。例如,氢气(H_2)中的氢元素是处于游离态,水(H_2O)中的氢元素是处于化合态。

元素和原子概念的区别见表 1-3 所示。

表 1-3 元素与原子的区别

元 素	原 子
是具有相同核电荷数的同类元素的总称 是宏观概念,可描述宏观物质的组成 只有“种类”没有“个数”、“大小”、“质量”的涵义	是组成一类元素的具体粒子 是微观概念,可描述微观物质的构成 有“种类”,也有“个数”、“大小”、“质量”的涵义

(二) 物质的分类

1. 纯净物与混合物

(1) 纯净物 只由一种成分组成的物质叫纯净物。例如氧气(只含氧分子)、水(只含水分子)、铁(只含铁原子)等是纯净物。

(2) 混合物 由多种成分组成的物质叫混合物。例如空气(含氧气、氮气、稀有气体、二氧化

碳等),溶液(含溶剂和溶质),泥土(含多种物质)等是混合物。

2. 单质与化合物

(1) 单质 是由同一种元素组成的纯净物,例如氢气、氧气、铜、铁等是单质。有的单质(如氢气、氧气)由分子构成,有的单质(如铜、铁、金刚石)由原子构成。按其性质的不同,单质一般分成金属和非金属两大类。

同一种元素往往能形成不同的单质。这些单质之间互称为同素异形体,例如金刚石和石墨、白磷和红磷、氧气和臭氧等分别是碳、磷、氧等元素的同素异形体。

(2) 化合物 是由不同种元素组成的纯净物质,例如二氧化碳、硫酸、乙醇等是化合物。

3. 酸、碱、盐、氧化物

(1) 酸 酸是电离时所生成的阳离子全部是氢离子的一类化合物。例如 H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 等。

酸按其酸根是否含有氧原子可分为含氧酸(如 H_2SO_4 , H_3PO_4)和无氧酸(如 HCl , H_2S);按其分子可电离出的氢离子数分为一元酸(如 HCl , HNO_3),二元酸(如 H_2SO_4 , H_2CO_3),三元酸(如 H_3PO_4);按其在水中电离出氢离子的难易分为强酸(如 HCl , HNO_3 , H_2SO_4)和弱酸(如 HClO , H_2CO_3 , CH_3COOH)。二元酸、三元酸可统称为多元酸。

(2) 碱 碱是电离时所生成的阴离子全部是氢氧根离子的化合物。例如 KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 等。

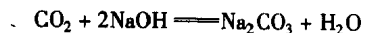
除碱金属的氢氧化物和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 外,其它碱类物质多是难溶于水。在水中易电离出 OH^- 的碱称为强碱(如 NaOH , KOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 等),难电离出 OH^- 的碱称为弱碱(如 $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 等)。含两个以上氢氧根的碱可称为多元碱。

(3) 盐 盐是由金属离子(包括铵离子)和酸根离子组成的化合物。按其组成的不同,盐又分成正盐、酸式盐和碱式盐三类。

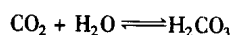
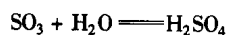
正盐是酸跟碱完全中和的产物(例如 MgCl_2 , Na_2SO_4 , CaCO_3 等);酸式盐是多元酸分子中的氢只部分被中和的产物(例如 NaHS , KHSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 等);碱式盐是多元碱分子中的氢氧根只部分被中和的产物(例如 $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$, $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 等)。

(4) 氧化物 氧化物是氧元素跟另外一种元素组成的一类化合物。例如 Na_2O , Fe_2O_3 , NO_2 等(注意:含氧化合物不一定是氧化物)。根据氧化物对酸碱反应的情况,氧化物又分成下面几种:

① 酸性氧化物:这类氧化物能跟碱反应并生成盐和水,例如 SO_2 , CO_2 等。



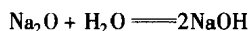
酸性氧化物大多数是非金属氧化物。除个别(如 SiO_2)外,酸性氧化物能溶于水生成对应的含氧酸。所以酸性氧化物常称为对应含氧酸的酸酐。例如 SO_3 是硫酐, CO_2 是碳酐。



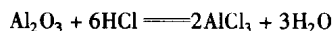
② 碱性氧化物:这类氧化物能跟酸反应并生成盐和水,例如 Na_2O , MgO , Fe_2O_3 等。



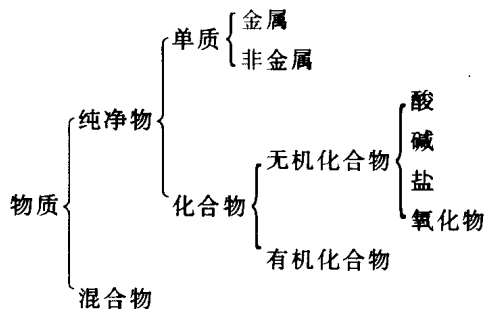
金属氧化物大多数是碱性氧化物。可溶于水的金属氧化物跟水反应生成对应的碱。例如：



③ 两性氧化物：这类氧化物既能跟碱反应又能跟酸反应，而且都生成盐和水。两性氧化物不多，常见的是 Al_2O_3 和 ZnO 。



极少数的氧化物如 CO 和 NO ，它们都不跟酸或碱反应，不属于上述的三类氧化物，常称它们为不成盐氧化物。化合物又分为多种类别。物质的简单分类体系可表示如下：



(三) 化学中常用的量

1. 相对原子质量和相对分子质量

(1) 相对原子质量 以 ^{12}C 原子的质量的 $1/12$ 作标准，其它元素原子的平均原子质量跟它相比较所得的数值，就是这种元素原子的相对原子质量(曾称原子量)，用 A_r 表示。相对原子质量的单位为一，符号为 1(单位 1 可不写出)。

由于同位素的存在，所以某元素原子的相对原子质量实际上是该元素的各种天然同位素相对原子质量的平均值。

(2) 相对分子质量 化学式中所有原子的相对原子质量总和，就是相对分子质量(曾称分子量)，用 M_r 表示。例如， NH_3 的相对分子质量是 17， H_2O 的是 18， NaCl 的是 58.5。相对分子质量的单位为一，单位符号为 1。

由分子构成的物质，其化学式也是其分子式，相对分子质量也称式量。

2. 物质的量

(1) 物质的量 物质的量是描述一系统物质中基本单元数的物理量。它是国际单位制中七个基本量之一的物理量的名称，用符号 n 表示。(注意：“物质的量”是一整体的名词，不能分割为“物质”的“量”来理解。)

(2) 摩尔 摩尔是物质的量的单位，用符号 mol 表示。某系统物质中所含的基本单元数与

$12\text{ g }^{12}\text{C}$ 含有碳原子数相等时,该系统物质的量是 1 mol 。物质的基本单元可以是分子、原子、离子、质子、中子、电子以及其它粒子或这些粒子的特定组合。使用“摩尔”这个单位时必须指明基本单元是什么。“摩尔”的中文名称为“摩”,符号是 mol 。例如, 6.02×10^{23} 个 H 、或 H_2 、或 NH_4^+ , 就是 1 mol H 、或 1 mol H_2 、或 1 mol NH_4^+ 。

(3) 阿伏加德罗常数 实验测定, $12\text{ g }^{12}\text{C}$ 所含的碳原子数是约 6.02×10^{23} 个碳原子,常把“ 6.02×10^{23} ”这个数目称为阿伏加德罗常数,常用符号 N_A 表示(也可用 L 表示),单位符号为 mol^{-1} 。

所以, 1 mol 的涵义也可以表述为某系统物质中所含的基本单元数等于阿伏加德罗常数(6.02×10^{23})的数值时该物质的物质的量。

每摩尔物质都含有 N_A 个物质粒子,所以,当物质的量数值相同时,必含有相同数目的某种粒子。

3. 摩尔质量

把单位物质的量(n)的物质所具有的质量(m)叫做摩尔质量(M),也可以说, 1 mol 某物质的质量,就是该物质的摩尔质量,即 $M = \frac{m}{n}$ 。摩尔质量的单位是 g/mol 。

任何一种分子的摩尔质量,若以 g/mol 为单位,在数值上等于该分子的相对分子质量。例如, H_2SO_4 的摩尔质量为 98 g/mol ; O_2 的摩尔质量为 32 g/mol 。其余类推。

任何一种原子的摩尔质量,若以 g/mol 为单位,在数值上等于该原子的相对原子质量。同理,任何一种离子的摩尔质量,若以 g/mol 为单位,在数值上等于该离子的式量。例如, NH_4^+ 的摩尔质量为 18 g/mol 。

4. 气体摩尔体积

单位物质的量的气体所占有的体积叫做气体摩尔体积,其单位常用 L/mol (也可用 m^3/mol)表示。在标准状况下(0°C , 101 kPa),任何气体的摩尔体积都约为 22.4 L/mol 。

必须注意:① 1 mol 固体或液体的体积不约等于 22.4 L ;②若不是在标准状况下, 1 mol 气体的体积也不约等于 22.4 L 。

物质的质量、物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积、物质粒子数的关系如下:

$$\text{物质的量}(\text{mol}) = \frac{\text{物质的质量}(\text{g})}{\text{摩尔质量}(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})}$$

$$\text{物质的量}(\text{mol}) = \frac{\text{标准状况下气体体积}(\text{L})}{22.4 (\text{L} \cdot \text{mol}^{-1})}$$

$$\text{物质的量}(\text{mol}) = \frac{\text{物质粒子数}(\text{个})}{6.02 \times 10^{23} (\text{个} \cdot \text{mol}^{-1})}$$

* 5. 阿伏加德罗定律

在相同的温度和压强下,相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。这个规律称为阿伏加德罗定律。例如,在某温度和压强时, $V\text{ L H}_2$ 含 m 个 H_2 分子,则在相同的温度和压强下, $V\text{ L O}_2$, $V\text{ L CO}_2$, $V\text{ L}$ 空气或 $V\text{ L}$ 其它气体,都含有 m 个该气体分子。

阿伏加德罗定律对纯气体或混合气体都适用。对于气态物质,根据这个定律可得到以下的推论:

(1)相同条件下 体积之比 = 分子数之比 = 物质的量之比

例如,相同温度和压强下,VL H₂ 含 m 个(或 n mol)H₂ 分子,则 2VL H₂ 含 $2m$ 个(或 $2n$ mol)H₂ 分子。

(2)相同条件下 压强之比 = 分子数之比 = 物质的量之比

例如,某温度和体积下,H₂ 的压强为 p Pa 时,分子数为 m 个,物质的量为 n mol,若在相同的温度和体积下,H₂ 的压强变为 $2p$ Pa 时,则分子数必是 $2m$ 个,物质的量是 $2n$ mol。

(3)相同条件 两种气体的密度之比等于其相对分子质量之比

$$\frac{M_{r1}}{M_{r2}} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

例如,标准状况时,O₂ 和 H₂ 的密度分别为 1.428 6 g/L 和 0.089 286 g/L,则

$$\frac{1.428\ 6\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}}{0.089\ 286\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}} = \frac{32}{2}$$

这一计量关系,在计算气态物质的相对分子质量时常会用到。

例 1 在(A)~(D)诸项中选择答案。下列的叙述正确的是()。

- ① 水是由 2 个氢元素和 1 个氧元素组成的
- ② 氧元素和其它元素组成的化合物就是氧化物
- ③ 符号 Ca²⁺ 表示钙元素的化合价是 +2
- ④ 4 g 氢气和 4 g 氧气燃烧生成 8 g 水

(A) ②④ (B) ①②③ (C) ①②③④ (D) 全不正确

答案 (D)

【提示】 ① 不正确。错误之一:元素没有个数概念,不能说 1 个、2 个元素;错误之二:水是水分子的聚集体,不是氢原子和氧原子的聚集体(但可以说“水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成的”)。② 不正确。因为氧化物是氧元素和另一种其它元素组成的化合物,原叙述中的“其它元素”若不止一种,则它们与氧组成的化合物就不是氧化物。③ 不正确。符号 Ca²⁺ 表示钙离子带 2 个单位正电荷,Ca 才是表示钙元素为 +2 价。④ 不正确。任何化学反应,反应物之间都是按一定的比例关系(质量或物质的量等)进行反应的。氢气和氧气是按 1:8 的质量比反应的(2H₂ + O₂ = 2H₂O),4 g 氧气只能与 0.5 g 氢气化合生成 4.5 g 水。

例 2 下列哪一项事实可以肯定某物质是酸?()

- (A) 能跟碱作用生成盐和水
- (B) 其水溶液能使石蕊试纸变红
- (C) 其水溶液有氢离子和酸根离子
- (D) 在水溶液中电离产生的阳离子只有 H⁺

答案 (D)

【提示】 (A) 不能肯定。因酸性氧化物、酸式盐、两性氧化物以及两性氢氧化物都能跟碱作用生成盐和水。(B) 不能肯定。其水溶液呈酸性的物质除酸以外还有其它物质(如可溶于水的

强酸的酸式盐($\text{NaHSO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)、酸性氧化物($\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)、强酸弱碱盐($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$)等。(C)不能肯定。能溶于水的酸式盐的水溶液也有 H^+ 和酸根离子。(D)可以肯定。酸以外的物质都没有这种情况。

例3 下列物质,物质的量最小的是(),质量最大的是()。

(A) 3.01×10^{23} 个水分子 (B) 33.6 L CO_2 (标准状况)

(C) 2 mol 液态氧 (D) 250 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

答案 (A),(D)

【提示】 (A) 3.01×10^{23} 个水分子的物质的量为: $\frac{3.01 \times 10^{23} \text{ 个}}{6.02 \times 10^{23} \text{ 个/mol}} = 0.5 \text{ mol}$, 质量为: $0.5 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 9 \text{ g}$; (B) 33.6 L CO_2 (标准状况) 的物质的量为: $\frac{33.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1.5 \text{ mol}$, 质量为: $1.5 \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 66 \text{ g}$; (C) 2 mol 液氧的质量为: $2 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 64 \text{ g}$; (D) 250 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的物质的量为: $\frac{250 \text{ g}}{250 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$ 。故按题意, 答案是(A),(D)。

例4 对1 mol CO_2 的描述, 正确的是()。

(A) 它的体积约为 22.4 L (B) 它的摩尔质量是 44 g

(C) 它的密度是 1.96 g/L (D) 所含原子数为 $3 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个

答案 (D)

【提示】 (A) 若不是标准状况, 它的体积不是约 22.4 L。(B) 摩尔质量的单位是“g/mol”而不是“g”。(C) 只有在标准状况下 CO_2 的密度才是 1.96 g/L。(D) 1 个分子 CO_2 含 3 个原子, 1 mol CO_2 含原子数为 $3 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个。

例5 CO 和 CO_2 的摩尔质量之比是____; 在同温同压下, 相同质量的 CO 和 CO_2 的体积之比是____; 在标准状况下, 1 L CO_2 的物质的量是____ mol, ____ g, 含有____ 个分子。

答案 7:11 11:7 1/22.4 1.96 2.69×10^{22}

【提示】 ① CO 的摩尔质量是 28 g/mol, CO_2 的摩尔质量是 44 g/mol, 两者之比是 7:11; ② 同温同压下, 气体的物质的量之比等于其体积之比, 相同质量的 CO 和 CO_2 的物质的量之比是 $\frac{1}{28} : \frac{1}{44}$ 即 11:7; ③ 标准状况下, 1 mol CO_2 占有 22.4 L 体积, 质量为 44 g, 含 6.02×10^{23} 个分子, 所以

1 L CO_2 是 $\frac{1}{22.4} \text{ mol}$, $\frac{44}{22.4} = 1.96 \text{ g}$, $\frac{6.02 \times 10^{23}}{22.4} = 2.69 \times 10^{22}$ 个分子。

习 题 1-1

一、选择题

1. 下列各组中的物质, 都是由分子构成的是()。

(A) 二氧化碳、二氧化硅、甲烷 (B) 氮气、钠蒸气、乙烯

(C) 氧化钙、氯化镁、苛性钠 (D) 二氧化硫、氨气、乙醇

2. 以下的 10 种物质: ①煤 ②水煤气 ③盐酸 ④福尔马林 ⑤漂白粉 ⑥过磷酸钙 ⑦水晶 ⑧小苏打 ⑨碱石灰 ⑩含结晶水的硫酸铜。各种物质都属于纯净物的一组是()。

(A) ①③⑥ (B) ④⑦⑧ (C) ⑤⑧⑨ (D) ⑦⑧⑩

3. 下列各组物质中, 前者是后者的酸酐的是()。

- (A) $\text{SO}_2, \text{H}_2\text{SO}_4$ (B) $\text{SiO}_2, \text{H}_2\text{SiO}_3$ (C) $\text{NO}_2, \text{HNO}_3$ (D) $\text{CO}, \text{H}_2\text{CO}_3$
4. 下列各组中的物质,依次属于酸、碱、盐的是()。
- (A) 硫酸、纯碱、石膏 (B) 石炭酸、碱石灰、漂白粉
(C) 碳酸酐、苛性钠、食盐 (D) 氢硫酸、烧碱、纯碱
5. 以下的说法,正确的是()。
- (A) 因为水和冰是聚集状态不同的物质,所以冰和水共存是混合物
(B) 因为胆矾($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)分子中含有硫酸铜和水,所以胆矾是混合物
(C) 不含杂质的盐酸是纯净物
(D) 氧气(O_2)和臭氧(O_3)都是单质
6. 下列叙述中,正确的是()。
- (A) 凡是含氧的化合物一定是氧化物 (B) 能电离出氢离子的物质一定是酸
(C) 能跟酸反应的氧化物一定是碱性氧化物 (D) 凡是由金属离子和酸根结合而成的物质一定是盐
7. 下列酸中,不能形成酸式盐的是()。
- (A) 硝酸 (B) 硫酸 (C) 碳酸 (D) 磷酸
8. 下列物质中不属于氧化物的是()。
- (A) H_2O (B) CO (C) KClO_3 (D) P_2O_5
9. 在同温同压下,等质量的下列气体中,所占体积最大的是()。
- (A) 二氧化碳 (B) 氯气 (C) 氯化氢 (D) 甲烷
10. 下列各组物质中,摩尔质量相同的是()。
- (A) 3 mol O_2 和 2 mol O_3 (B) 16 g CH_4 和 44 g CO_2
(C) 相同体积的 H_2 和 Cl_2 (同温同压下) (D) 1 L N_2 和 0.5 L CO (同温同压下)
11. 下列物质中,体积一定约为 22.4 L 的是()。
- (A) 1 mol 水 (B) 17 g NH_3 (标准状况)
(C) 28 g CO (D) 32 g O_2 (0℃和 2×10^5 Pa 时)
12. 相同条件下,物质的量相等的气体,它们的()相等。
- ① 密度 ② 分子数 ③ 质量 ④ 体积
(A) ①③ (B) ②④ (C) ① (D) ②
13. 下列叙述中,错误的是()。
- ① 1 g 水含有 $18/(6.02 \times 10^{23})$ 个水分子
② 1 个水分子的质量是 $18 \text{ g}/(6.02 \times 10^{23})$
③ 水的摩尔质量是 18 g
④ 1 mol 水蒸气占体积约 22.4 L
(A) ①和③ (B) ②和③ (C) ①和④ (D) ①,③和④

二、填空题

1. 在 4 g NaOH 中,含有 _____ mol OH^- , _____ 个 Na^+ , _____ g 氧原子。
2. 质量相等的 H_2 和 CO 组成的混合气体,在标准状况下 1 L 该混合气体的质量约为 _____。
3. 同温同压下,质量相等的 $\text{O}_2, \text{CO}, \text{CH}_4, \text{Cl}_2$ 占的体积从大到小排列的顺序是 _____。
4. 用 24 g NaOH 刚好完全中和 10.2 g 某二元酸 H_2A ,则 10.2 g H_2A 的物质的量是 _____, H_2A 的摩尔质量是 _____。
5. 设 13 g A 气体的分子数与 14 g 乙烯(C_2H_4)所含的分子数相等,则 1 g A 气体在标准状况下的体积是 _____。
6. 元素 R 的气态氧化物化学式可表示为 RO_2 。在标准状况下,1.28 g 该氧化物占体积 448 mL,则 RO_2 的相对分子质量是 _____, R 的相对原子质量是 _____。