

中等专业学校教材

化 学

邓铁塘 谢玉敏 主编
杨文斌 主审

中 国 铁 道 出 版 社

2000年·北京

内 容 简 介

化学系列教材,是根据中专教学大纲,结合当前中专实际情况编写的。编写时注意贯彻提高学生素质的。全套共分《化学》、《化学习题集》、《化学实验》三册。《化学》在编写时注重加强基础,突出重点,力求内容同日常生活、现代工业、环境保护相联系。内容主要包括摩尔、化学反应速率和化学平衡、电解质溶液、碱金属和卤素、原子结构和元素周期律、化学键和晶体结构、重要的非金属元素及其化合物、电化学基础、重要的金属元素及其化合物、烃、烃的衍生物、化学与环境保护等。参考课时 80 ~ 100 学时。

本书是中等专业学校非化工专业教材,也可作为成人中专、职工中专教材。

图书在版编目(CIP)数据

化学/ 邓铁塘,谢玉敏主编 .—北京:中国铁道出版社,2000.9
中等专业学校教材
ISBN 7 113 03827 1

. 化... . 邓... 谢... . 化学 专业学校 教材 .06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 38554 号

书 名:化 学
作 者:邓铁塘 谢玉敏
出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)
责任编辑:李小军
封面设计:马利
印 刷:北京市兴顺印刷厂
开 本:787 × 1092 1/ 16 印张:12 插页:1 字数:295 千
版 本:2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷
印 数:1 ~ 5000 册
书 号:ISBN 7 113 03827 1/O · 78
定 价:16.80 元

前 言

化学系列教材包括《化学》、《化学实验》、《化学习题集》三册,是根据 1998 年 5 月教育部中专化学课程组杭州会议通过的《中等专业学校非化工专业化学课程教学大纲》(试行稿),并汲取了广大教师在教学实践中的体会和经验编写的。

教材编写本着提高学生综合素质的指导思想。在必学内容上,注重加强基础,突出重点,力求同日常生活、现代工业、环境保护等相联系。同时,也注意扩展选学内容,把与日常生活密切相关,能体现新知识、新技术、新材料的内容编入阅读材料。如“分子筛”、“新型化学电源——燃料电池简介”、“半导体与晶体硅”等,以期引起学生对新知识、新科技的兴趣。内容编排上,注意结合中专专业特点,注意与现行初中化学教材内容相衔接,与现行高中化学内容靠拢。

在编写过程中,我们本着便于使用、学以致用原则,能更切合教学实际和人才培养目标的需要。在化学基本量和单位的使用上,教材严格地执行了国家技术监督局颁布的有关规定。对定义、概念等关键内容,力求符合科学概念的要求。如近年来出版的化学教材,大多把“degree of dissociation”译为“离解度”,并将过去教材中常用的“电离”、“电离常数”等词改用“离解”、“离解常数”;把原子量、分子量、式量等统一改用“相对原子质量”、“相对分子质量”。本教材均予采用。

本书由太原铁路机械学校邓铁塘、包头铁路工程学校谢玉敏主编。参加编写的有成都铁路运输学校赵云成(第一章),包头铁路工程学校申平(第二、三、十二章)、谢玉敏(第四、五、九章),太原人民警察学校王会荣(第六章)、贾迎春(第七章),齐齐哈尔铁路工程学校李锦玲(第八章),太原铁路机械学校邓铁塘(绪论、第十、十一章)。

山西大学杨文斌教授担任本书的主审并撰写了部分选学内容。

太原铁路机械学校王英杰为组织本系列教材的编写出版给予了大力支持和指导。崔文平、王晓峰、赵晓梅等老师对教材的内容和形式提出了宝贵的意见。编者谨向支持本书的编写和出版工作的所有同志和部门致以衷心的感谢。

编者

2000 年 3 月

目 录

绪 论.....	1
第一章 摩 尔.....	2
第一节 摩尔和摩尔质量.....	2
第二节 气体摩尔体积.....	4
[阅读材料] 阿伏加德罗和分子学说.....	6
第三节 物质的量浓度.....	7
[阅读材料] 关于摩尔	11
本章小结	11
第二章 化学反应速率和化学平衡	12
第一节 化学反应速率	12
第二节 化学平衡	17
第三节 化学平衡的移动	20
本章小结	24
第三章 电解质溶液	26
第一节 电解质及其离解	26
第二节 弱电解质的离解平衡和离解度	29
第三节 水的离解和溶液的 pH 值	34
第四节 离子反应	38
第五节 盐类的水解	40
[阅读材料] 一、pH 的由来	44
二、常用灭火器.....	45
本章小结	46
第四章 碱金属和卤素	48
第一节 碱 金 属	48
第二节 卤 素	53
第三节 氧化还原反应	60
[阅读材料] 一、氟利昂与地球生命的“ 保护神 ”——臭氧.....	64
二、氟碘与人体健康.....	65
本章小结	65

第五章 原子结构和元素周期律	67
第一节 原子的组成 同位素	67
第二节 原子核外电子的运动状态	69
第三节 原子核外电子的排布	72
第四节 元素周期律	76
第五节 元素周期表	78
[阅读材料] 一、1995 年 IUPAC 建议的新式元素周期表	83
二、元素周期表在科学和生产上的应用及意义	83
本章小结	85
第六章 化学键和晶体结构	87
第一节 离子键	87
第二节 共价键	88
第三节 分子的极性	90
第四节 晶体	90
本章小结	92
第七章 重要的非金属元素及其化合物	93
第一节 硫及其化合物	93
第二节 氮、磷及其化合物	99
第三节 碳和硅	105
[阅读材料] 一、半导体与晶体硅	107
二、分子筛	107
三、硅酸盐工业	108
本章小结	109
第八章 电化学基础	110
第一节 原电池	110
第二节* 电极电势	112
第三节 电解及其应用	114
第四节 金属的腐蚀及防护	117
第五节* 化学电源	120
[阅读材料] 新型化学电源——燃料电池简介	121
本章小结	123
第九章 重要的金属元素及其化合物	124
第一节 金属通论	124
第二节 镁和钙	127
第三节 硬水的软化	129

第四节 铝.....	131
第五节 过渡元素.....	133
本章小结.....	137
第十章 烃.....	138
第一节 有机化合物概述.....	138
第二节 饱和链烃——烷烃.....	139
第三节 不饱和链烃——烯烃和炔烃.....	143
第四节 芳香烃.....	148
本章小结.....	151
第十一章 烃的衍生物.....	152
第一节 卤代烃.....	152
第二节 醇和醚.....	153
第三节 酚.....	156
第四节 醛和酮.....	157
第五节 羧酸.....	158
第六节 酯.....	160
[阅读材料] 一、有机溶剂.....	162
二、合成有机高分子材料简介.....	163
本章小结.....	167
第十二章* 化学与环境保护.....	168
第一节 化学与环境问题.....	168
第二节 化学与环境保护.....	169
附录.....	182
附录 A 本书选用的法定计量单位.....	182
附录 B 碱、酸和盐的溶解性表.....	182
附录 C 强酸、强碱、氨溶液的百分浓度与质量密度、物质的量浓度的关系.....	183
参考文献.....	184
元素周期表	

绪 论

世界是由物质构成的。物质永远处于不断运动、变化、发展的状态。化学变化是物质的运动形式之一——物质的化学运动。研究化学的目的,在于认识物质的性质和化学运动的规律,并将这些规律应用于生产,将天然的资源经过化学变化加工成可以为人类生产、生活服务的各种物质。因此,化学是研究物质的组成、结构、性质和变化规律的一门自然科学。

自然界的物质种类繁多。在我们的衣、食、住、行中都存在许多化学问题,在农业生产中,化肥、农药、杀虫剂、植物生长激素等产品都是化工产品;在工业生产中,金属的冶炼,金属的处理,元器件的选择、加工、洗涤;节能材料的选择和制造,都离不开相关的化学知识。

化学与现代社会的四大支柱——生物科学、能源科学、材料科学和环境科学都有密切的联系。在当今人类所处的“信息时代”,人们要储存、传递、处理信息,就要使用磁盘、缩微胶卷、光缆和计算机,这些材料或元件都是化工材料。电子计算机在 30 年内更换了五代,是基于硅半导体的产生,使得大规模集成电路得以实现。超导技术和光——电转换目前还不能广泛应用的重要原因之一是材料的限制,而新材料的研制和生产都离不开化学。随着科学技术的发展,现代工业需要越来越多的化学材料;现代国防需要特种合金、轻质非金属材料、高效火箭推进剂和多用途炸药;现代电子工业需要稀有高纯度材料……。这一切又给化学工业提出了新的任务。

化学课程对于非化工专业来说是一门重要的基础课,它的任务是在中学化学的基础上,进一步学习化学基本理论、基本知识和基本技能,掌握化学反应的一般规律和计算方法,培养学生分析问题、解决问题的能力。

化学课程还安排了一些必要的实验。通过实验,学生不仅可加深对课堂教学内容的理解,而且可以提高实际操作技能。

在学习方法上,我们提倡理论联系实际,把书本知识与生产、生活中的化学现象联系起来,让理论为实践服务。由于教学内容多,教学时间少,课堂上不可能面面俱到地讲授,更不能“细嚼慢咽”,教师应交待解决问题的思路,讲清基本原理,起到引导启发的作用。一部分内容要学生通过自学去理解、掌握,培养学生学会运用所学的基础理论去分析物质的性质、物质间的转化及其内在的联系,找出规律性的东西,对今后的学习和工作起到一定的指导作用。

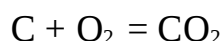
第一章 摩 尔

在日常生产和生活中,人们使用着各种计量单位,如长度单位米(m),质量单位千克(kg)等。摩尔也是国际单位制的一种基本单位,它以微粒数量来表示物质的量,是化学上常用的重要基本单位。在化学中使用摩尔这个单位,能把物质的微粒数量与物质的质量、气体的体积、溶液的浓度、物质及其变化的定量研究等联系起来,给化学计算、科学研究、工农业生产等方面带来很大方便。因此,对化学这门课来说,学习和掌握摩尔这个单位是很重要的。

第一节 摩尔和摩尔质量

一、摩尔的定义

在初中的化学学习中,我们已经知道物质是由分子、原子或离子等微粒构成的。应用化学方程式来表示物质间反应的时候,我们很容易看出,式中各反应物、生成物前面的系数是表示它们的原子、分子或离子等微粒数目之比。例如:



从上述化学方程式可以看出:一个 C 原子和一个 O_2 分子起反应,生成一个 CO_2 分子;两个 H_2 分子和一个 O_2 分子起反应,生成两个 H_2O 分子;一个 H^+ 和一个 OH^- 起反应,生成一个 H_2O 分子。但在化学实验或工农业生产中,要实现上述反应,不可能只取一个或几个原子、分子、离子等微粒。因为单个或几个微粒既难以称量,又观察不到反应现象。实际中,人们是称取一定量的物质来进行反应。所以很需要把肉眼看不见的微粒跟宏观可以称量的物质联系起来。科学上是把含有众多微粒的集体来表示物质的量。1971 年第十四届国际计量大会又规定:物质的量的基本计量单位为摩尔,简称摩,单位符号为 mol。

表示物质的量的基本单位——摩尔,究竟是由多少微粒组成的集体呢?科学上是用 0.012kg C—12 来衡量碳原子集体,并用它来衡量其他物质的量。实验测得 0.012kg C—12 的原子数目约是 6.02×10^{23} 个,即阿伏加德罗常数个,用符号 N_A 表示。

定义:摩尔是物质的量的单位。当某物质所含有的结构单元数与 0.012kg 的 C—12 所含的原子数相同时,该物质的量就是 1 摩尔。摩尔简称摩,符号为 mol。

由摩尔的定义可知:

1mol C 原子含有 6.02×10^{23} 个碳原子;

1mol O_2 分子含有 6.02×10^{23} 个氧分子;

1mol H^+ 离子含有 6.02×10^{23} 个氢离子;

N_A 是一个很大的值,只能靠实验方法测定。目前公认的值是 $N_A = (6.0221367 \pm 0.0000036) \times 10^{23}$ 个/mol。

1mol OH^- 离子含有 6.02×10^{23} 个氢氧根离子;

1mol H_2SO_4 分子含有 6.02×10^{23} 个 H_2SO_4 分子。

1mol 任何物质的指定基本单元,都含有 6.02×10^{23} 个基本单元数。

综上所述:1mol 任何物质都含有 6.02×10^{23} 个微粒。并可推知,物质的量相同的物质,所含微粒个数必然相同。

需要说明的是,在用摩尔做单位表示物质的量时,必须指明微粒的基本单元(是原子,离子、电子及粒子或是这些粒子的特定组合)。其基本单元必须用元素符号、化学式或相应粒子的符号来标明。例如我们不应该笼统地说 1mol 氧,而不指明是氧原子还是氧分子。因为 1mol 氧原子和 1mol 氧分子所表示的氧原子的物质的量显然是不同的。

二、摩尔质量

1mol 不同物质的分子、原子或离子的数目尽管相同,但由于不同微粒本身的质量不同,所以质量也是不相同的。根据科学上把 1mol C—12 的质量是 0.012kg 的规定,我们可推知出 1mol 任何物质的质量。

例如,1 个碳原子和 1 个氧原子的质量之比是 12 : 16,1mol 碳原子和 1mol 氧原子的原子数目相等,所以 1mol 碳原子和 1mol 氧原子的质量比也必然是 12 : 16。而 1mol 碳原子的质量是 12g,1mol 氧原子的质量就应该是 16g。同理,1mol 任何原子的质量就是以克为单位,在数值上等于该原子的相对原子质量(A_r)。

由此,我们可以直接推知:

H 的相对原子质量是 1,1mol 氢原子的质量就是 1g;

S 的相对原子质量是 32,1mol 硫原子的质量就是 32g;

Fe 的相对原子质量是 56,1mol 铁原子的质量就是 56g。

其次,我们用摩尔的概念来衡量 1mol 各种双原子或多原子分子构成的物质的质量,那么同样地可以推知:

1mol 任何分子的质量,就是以克(g)为单位,在数值上等于该分子的相对分子质量(M_r)。

H_2 的相对分子质量是 2,1mol H_2 的质量是 2g;

O_2 的相对分子质量是 32,1mol O_2 的质量是 32g;

SO_2 的相对分子质量是 64,1mol SO_2 的质量是 64g。

最后,当摩尔应用于表示离子的质量时,由于电子的质量过于微小,失去或得到的电子的质量可忽略不计。由此,我们可以得知:

1mol H^+ 的质量是 1g;

1mol OH^- 的质量是 17g;

1mol Na^+ 的质量是 23g;

1mol SO_4^{2-} 的质量是 96g。

1mol 物质的质量,通常也叫做该物质的摩尔质量。任何物质的摩尔质量在数值上就等于该物质的相对分子质量,单位是 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

三、物质的量的有关计算

物质的量(n_B)和物质的质量(m)通过摩尔质量(M_B)把它们联系起来。它们之间的关系可用下式表示:

$$\text{物质的量} = \frac{\text{物质的质量}}{\text{摩尔质量}}$$

即
$$n_B = \frac{m}{M_B}$$

例 1 49g 硫酸物质的量是多少？

解 H_2SO_4 的相对分子质量是 98, 摩尔质量是 $98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$\frac{49\text{g}}{98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5\text{mol}$$

答: 49g 硫酸物质的量是 0.5mol。

例 2 2mol 铁的质量是多少克？含有多少个铁原子？

解 铁的相对原子质量是 56, 摩尔质量是 $56\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$2\text{mol 铁的质量} = 2\text{mol} \times 56\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 112\text{g}$$

$$2\text{mol 铁的原子数} = 6.02 \times 10^{23} \times 2 = 1.204 \times 10^{24} (\text{个})$$

答: 2mol 铁的质量是 112g; 含有 1.204×10^{24} 个铁原子。

例 3 多少克 H_2S 与 128g SO_2 含有相同的分子数？

解 设 H_2S 的质量为 x 。由于物质的量相同的任何物质所含的分子个数也相同, 所以有如下等式:

$$\frac{x}{34\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{128\text{g}}{64\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$x = \frac{128\text{g} \times 34\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{64\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 68\text{g}$$

答: 68g H_2S 与 128g SO_2 含有相同的分子数。

思考题

1. 摩尔既不是质量的单位, 也不是微粒个数的单位, 因而既不能表示物质的质量, 又不能表示构成物质的微粒个数。这句话对吗？

2. 32g SO_2 与多少克 H_2SO_3 含有相同的原子个数？

第二节 气体摩尔体积

一、气体摩尔体积

对固、液态物质来说, 1mol 各种物质的体积是不相同的。例如: 293K 时, 实验测得 1mol 铁的体积为 7.1cm^3 ; 1mol 铝的体积是 10cm^3 ; 1mol 铅的体积是 18.3cm^3 (图 1 1); 1mol 水的体积是 18cm^3 ; 1mol 硫酸的体积是 54.1cm^3 (图 1 2)。

1mol 固、液态物质的体积为什么不同呢？这可从构成它们的微粒大小和排列情况来了解。由于固、液体物质微粒间的距离很小, 其体积的大小主要由原子、分子或离子的大小决定。而构成不同固、液态物质的原子、分子或离子的大小是不相同的, 所以它们 1mol 的体积也就有所不同。

图 1 1 1 mol 的几种金属

图 1 2 1 mol 的两种液体

但是对气态物质来说就不相同了。气体分子之间的距离比分子本身要大得多,一般气体的分子直径约是 $4 \times 10^{-10} \text{ m}$, 分子间的平均距离是 $4 \times 10^{-9} \text{ m}$, 即平均距离是分子直径的 10 倍左右(图 1 3)。因此, 气体的体积主要取决于分子间的平均距离。

图 1 3 固体、液体跟气体的分子间距离比较示意图(以碘为例)

由于气体分子间距离的大小又与温度和压强有关, 因此要比较一定量气体体积的大小, 必须在相同温度、压强的条件下进行。

下面我们计算在标准状况(温度为 273.15 K , 压强为 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)下, 1 mol 氢气、氧气和二氧化碳的体积。根据

$$1 \text{ mol 气体的体积} = \frac{\text{该气体的摩尔质量}}{1 \text{ L 该气体(标准状况)的质量}}$$

可以算出 1 mol 氢气的体积。

$$1 \text{ mol 氢气的体积} = \frac{2.016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.0899 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 22.4 \text{ L}$$

$$1 \text{ mol 氧气的体积} = \frac{32.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1.429 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 22.4 \text{ L}$$

$$1 \text{ mol 二氧化碳的体积} = \frac{44.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1.977 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 22.3 \text{ L}$$

由上面的计算可知, 在标准状况下, 1 mol 三种气体的体积都约是 22.4 L。不仅这三种气体是这样, 大量实验证实其他气体也是这样, 即 1 mol 的任何气体在标准状况下所占的体积都约是 22.4 L(图 1 4)。

在标准状况下, 1mol的任何气体所占的体积都约是22.4L, 这个体积就叫做气体摩尔体积。

各种气体在一定温度和压强下, 分子间的平均距离是相等的。在一定温度和压强下, 气体体积的大小只随分子数的多少而变化, 相同体积含有相同的分子数, 这是经科学实验测定的。在相同的温度和压强下, 体积相同的任何气体都含有相同数目的分子, 这就是阿伏加德罗定律。

思考题

1. 同温同压时的不同气体, 分子量大的气体密度也一定大吗?

2. 有甲、乙两种气体, 甲的分子量比乙大, 试问:

图 1 4 气体摩尔体积

(1) 当两种气体的质量相同时, 在标准状况下, 哪个的体积大? 哪个所含的分子数多?

(2) 在同温同压下, 当两种气体的体积相同时, 哪个质量大? 哪个所含分子数多?

二、关于气体摩尔体积的计算

在标准状况下, 气体的体积、气体的摩尔体积和气体物质的量之间的关系可用下式表示:

$$\text{气体物质的量}(n) = \frac{\text{气体的体积}(L)}{22.4L \cdot \text{mol}^{-1}}$$

例 1 在标准状况下, 33.6L CO₂ 的物质的量是多少? 质量是多少克?

解 33.6 升 CO₂ 物质的量 = $\frac{33.6L}{22.4L \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.5\text{mol}$

$$33.6L \text{ CO}_2 \text{ 的质量} = 44\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.5\text{mol} = 66\text{g}$$

答: 33.6L CO₂ 物质的量是 1.5mol, 质量为 66g。

例 2 在标准状况下, 7.2L 的容器里所含氨气的质量是 5.5g, 试求氨的相对分子质量。

解 根据氨的摩尔体积可以计算出氨的摩尔质量, 而摩尔质量的数值就是它的相对分子质量。

$$\begin{aligned} \text{氨气的摩尔质量} &= \text{氨气的密度} \times 22.4L \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= \frac{5.5\text{g}}{7.2L} \times 22.4L \cdot \text{mol}^{-1} = 17\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

答: 氨气的相对分子质量是 17。

例 3 在标准状况下, 多少升氧气与 27g 水含有相同的分子数?

解 水的物质的量 = $\frac{27\text{g}}{18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.5\text{mol}$

由题意可知氧气的物质的量也为 1.5mol。

$$\text{氧气的体积} = 22.4L \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.5\text{mol} = 33.6L$$

答: 在标准状况下, 33.6L 氧气与 27g 水含有相同的分子数。

阅读材料

阿伏加德罗和分子学说

阿伏加德罗 1776 年 8 月 9 日生于意大利都灵市。从 1800 年 24 岁起, 阿伏加德罗从事数

学和物理研究。1811 年阿伏加德罗发表了他的分子学说,即:“同体积的气体,在温度相同、压力相同时,含有相同的分子数目。”阿伏加德罗的这一学说,使分子理论获得了大发展,但那是五十多年之后的事。在当时,由于化学权威疏忽,轻视这一学说,阿伏加德罗的贡献没有受到应有的重视。直到五十多年后,1864 年德文的《近代化学理论》一书出版,许多科学家从这本书里,懂得并且接受了阿伏加德罗理论。但此时,阿伏加德罗已经病故。

现在阿伏加德罗理论已被视为定律,为全世界科学家所正式承认。阿伏加德罗常数已被人们用多种方法所测定。 6.02×10^{23} 是科学上一个十分重要的数字,这个数字将永远与阿伏加德罗及其对科学的贡献联系在一起。

第三节 物质的量浓度

一、物质的量浓度

在初中化学中,我们学习过关于溶液的知识,知道溶液中质量分数的表示方法,即溶质的质量占全部溶液质量的分数的。但在实际工作中常常是称量溶液的体积而不是去称溶液的质量。同时,很多化学反应都是在溶液中进行的。反应时,反应物和生成物之间是按一定摩尔比进行的。所以我们如果以一定体积溶液中含有溶质的物质的量来表示溶液浓度的话,会给定量研究化学反应和实际工作带来很大方便。

单位体积溶液里含有溶质的物质的量来表示的溶液浓度叫物质的量浓度。其常用单位是摩/升,符号是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$\text{物质的量浓度} (c_B) = \frac{\text{溶质的物质的量}}{\text{溶液的体积}}$$

二、物质的量浓度溶液的配制

物质的量浓度又称作体积摩尔浓度。其溶液的配制,应先根据溶液的浓度和体积计算出所需溶质的质量,然后经过称量、溶解、洗涤、定容等五个步骤。

【演示实验 1 1】 配制 $0.2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液 500mL。

1. 计算:

所需 NaCl 的质量 = $58.5 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5 \text{L} = 5.85 \text{g}$

2. 称量:在天平上称出 5.85g NaCl。

3. 溶解:把称量好的 5.85g NaCl 放在烧杯里加适量蒸馏水(约 100 mL)使其完全溶解,然后将制得的溶液小心注入 500mL 容量瓶(如图 1 5)。

4. 洗涤:用少量蒸馏水(不超过 50mL)洗涤烧杯内壁和玻璃棒三次,并把每次的洗涤水都注入容量瓶中。

5. 定容:缓慢地把蒸馏水直接注入容量瓶中,直到溶液的液面离容量瓶瓶颈的刻度 2 ~ 3cm 处,改用胶头滴管加蒸馏水至溶液弯月面下缘与标线相切。塞上瓶塞,反复摇匀,即得 $0.2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液 500mL(图 1 6)。

思考题

配制一定物质的量浓度的溶液,不论是固体溶质,还是将浓溶液稀释,都要用到的仪器有哪些?

图 1 5 溶液注入容量瓶操作示意图

图 1 6 配成的体积摩尔浓度溶液

三、关于物质的量浓度的计算

1. 已知溶质的物质的量(或质量)及溶液的体积,计算溶液的物质的量浓度

例 1 称取 5g 固体 NaOH(纯度是 80%),溶于水配成 250mL 溶液。求此 NaOH 溶液的物质的量浓度。

解 5g NaOH 含纯 NaOH = 5g × 80% = 4g

NaOH 的摩尔质量是 $40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$4\text{gNaOH} = \frac{4\text{g}}{40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1\text{mol}$$

根据物质的量浓度 (c_B) = $\frac{\text{溶质的物质的量}}{\text{溶液的体积}}$

NaOH 溶液的物质的量浓度

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{0.1\text{mol}}{0.25\text{L}} = 0.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

答:该 NaOH 溶液的物质的量浓度是 $0.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2. 已知溶液的物质的量浓度,计算一定体积的溶液中所含溶质的质量

例 2 配制 500mL $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2CO_3 溶液,问需称取固体 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 多少克?

解 500mL $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Na_2CO_3 溶液中溶质的物质的量 = $\frac{500}{1000}\text{L} \times 0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.1\text{mol}$

0.1mol 的 Na_2CO_3 需要从 0.1mol 的 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 中得到。 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的相对分子质量是 286,它的摩尔质量即是 $286\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $0.1\text{mol} \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的质量 = $286\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.1\text{mol} = 28.6\text{g}$ 。

答:需要 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的质量为 28.6g。

3. 物质的量浓度与质量分数浓度的换算

物质的量浓度与质量分数浓度之间可通过溶液的密度进行换算,其换算公式为:

$$\text{物质的量浓度} (\text{mol/L}) = \frac{1000\text{mL} \times \text{密度} (\text{g/mL}) \times \text{质量分数浓度}}{\text{溶质的摩尔质量} (\text{g/mol})} \times \text{L}^{-1}$$

例 3 市售浓 H_2SO_4 的质量分数浓度为 98%,密度为 1.84g/mL 。求该浓 H_2SO_4 的物质的量浓度。

$$\begin{aligned}\text{解 该浓 H}_2\text{SO}_4 \text{ 的物质的量浓度} &= \frac{1000\text{mL} \times 1.84\text{g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 98\%}{98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times \text{L}^{-1} \\ &= \frac{1803.2\text{g}}{98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times \text{L}^{-1} = 18.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

答:市售 98% 的浓 H_2SO_4 其物质的量浓度是 $18.4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

4. 有关溶液稀释的计算

例 4 配制 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的稀盐酸溶液 500mL, 需密度为 $1.36\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的浓盐酸(36.5%)多少毫升?

解 因为溶液在稀释前、后溶质的量是不变的, 因而在浓、稀盐酸溶液中 HCl 的物质的量是相等的。

$$\text{先求稀盐酸中 HCl 的物质的量} = 1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5\text{L} = 0.5\text{mol}$$

$$\begin{aligned}\text{再求浓盐酸的物质的量浓度} &= \frac{1000\text{mL} \times 1.36\text{g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 36.5\%}{36.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times \text{L}^{-1} \\ &= 13.6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

$$\text{最后求含 } 0.5\text{mol HCl} \text{ 的浓盐酸的体积} = \frac{0.5\text{mol}}{13.6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.0369\text{L} = 36.9\text{mL}$$

答:需密度为 $1.36\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的浓盐酸 36.9mL。

四、根据化学方程式进行的计算

利用化学方程式进行计算要注意的是:

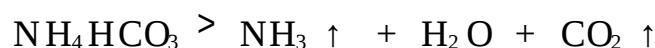
化学方程式的正确书写及配平;

不纯物质必须换算成纯物质的质量才能写入化学方程式中列式计算。

在同一反应中, 若已知两种反应物的量, 一种过量, 一种为不足量, 就先试求哪种过量? 哪种不足? 再按不足量进行计算。

例 1 $11.85\text{g NH}_4\text{HCO}_3$ 加热完全分解, 生成物总物质的量是多少? 当把产物冷却至标准状况下, 此时气态物的总体积又是多少?

$$\text{解 } 11.85\text{g NH}_4\text{HCO}_3 \text{ 的物质的量} = \frac{11.85\text{g}}{79\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.15\text{mol}$$



$$\begin{array}{cccc} 1\text{mol} & 1\text{mol} & 1\text{mol} & 1\text{mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} 0.15\text{mol} & 0.15\text{mol} & 0.15\text{mol} & 0.15\text{mol} \end{array}$$

$$\text{生成物总物质的量} = 0.15\text{mol} \times 3 = 0.45\text{mol}$$

生成物中是气体的有 NH_3 、 CO_2 , 当在标准状况下它们的总体积是:

$$0.15\text{mol} \times 2 \times 22.4\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} = 6.72\text{L}$$

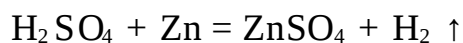
答:生成物的总物质的量是 0.45mol。标准状况下, 气态物的总体积是 6.72L。

例 2 现有一质量为 500g, 纯度为 97.5% 的锌, 用 $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液 800mL 与其进行反应, 问在标准状况下能得多少升 H_2 ? 过剩物的质量是多少克?

解 先试求何种物质过剩。

$$500\text{g } 97.5\% \text{ 的锌的物质的量} = \frac{500\text{g} \times 97.5\%}{65\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 7.5\text{mol}$$

$$800\text{mL } 6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4 \text{ 溶液中物质的量} = 6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 800\text{L} / 1000 = 4.8\text{mol}$$



$$1\text{mol} \quad 1\text{mol} \quad 22.4\text{L}$$

由上面的化学方程式可知锌过量。用 H_2SO_4 的物质的量进行计算。设能得 x 体积 H_2 。

$$1\text{mol} \quad 22.4\text{L} = 4.8\text{mol} \quad x$$

$$x = 22.4\text{L} \times 4.8\text{mol} / \text{mol} = 107.5\text{L}$$

根据化学方程式可知,只有 4.8mol 锌参加反应。过剩纯锌的质量是

$$(7.5\text{mol} - 4.8\text{mol}) \times 65\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 175.5\text{g}$$

相当于含 97.5% 的锌的质量是

$$\frac{175.5\text{g}}{97.5\%} = 180\text{g}$$

答:在标准状况下能得到 107.5L H_2 。过剩物锌的质量是 180g。

例 3 中和 100mL $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液,用去某盐酸溶液 50mL,求此盐酸溶液的物质的量浓度是多少?

解 100mL $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中含 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的物质的量 = $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1\text{L} = 0.05\text{mol}$ 。

设盐酸溶液的物质的量浓度为 x 。



$$1\text{mol} \quad 2\text{mol}$$

$$0.05\text{mol} \quad \frac{50}{100}\text{L} \cdot x$$

$$1\text{mol} \quad 2\text{mol} = 0.05\text{mol} \quad (0.05\text{L} \cdot x)$$

$$x = \frac{2\text{mol} \times 0.05\text{mol}}{1\text{mol} \times 0.05\text{L}} = 2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

答:盐酸溶液物质的量浓度为 $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

例 4 用 600g 密度 $1.2\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 Na_2CO_3 溶液和过量的 H_2SO_4 一起缓慢加热至反应完全,在标准状况下测得有 5.6L 干燥的 CO_2 气体放出,试求 Na_2CO_3 溶液的物质的量浓度。

解 设生成 5.6L CO_2 所需 Na_2CO_3 的物质的量为 x 。



$$1\text{mol} \quad 22.4\text{L}$$

$$x \quad 5.6\text{L}$$

$$x = \frac{1\text{mol} \times 5.6\text{L}}{22.4\text{L}} = 0.25\text{mol}$$

$$600\text{g} \text{ Na}_2\text{CO}_3 \text{ 溶液的体积} = 600\text{g} / 1.2\text{g} \cdot \text{mL}^{-1} = 500\text{mL} = 0.5\text{L}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 溶液物质的量浓度} = \frac{0.25\text{mol}}{0.5\text{L}} = 0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

答: Na_2CO_3 溶液物质的量浓度为 $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

思考题

从 0.5L 浓度为 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸溶液中分别取出 50mL 和 10mL,则它们所含 H^+ 的物质的量浓度分别是多少?所含 H^+ 的物质的量又是多少?

关 于 摩 尔

摩尔,来源于拉丁文 moles,原意是大量和堆量。早在 20 世纪 40~50 年代曾在欧美的化学教科书中作为克分子量的代号。到 1961 年化学家 E. A Guggenheim 把摩尔叫做“化学家的物质的量”,并阐明了它的涵义。同年,在美国《化学教育》杂志上展开了热烈的讨论,大多数化学家发表文章表示赞成采用摩尔。1971 年,由 41 个国家派代表参加的第十四届国际计量大会,正式宣布了关于必须定义一个物质的量的单位的提议,并作出了决议。从此,“物质的量”就成为国际单位制的基本物理量。摩尔也由克分子发展而来,起着统一克分子、克原子、克离子、克当量等许多概念的作用,同时把物理学上的光子、电子及其他粒子群等“物质的量”也概括在内,使得物理和化学上计量“物质的量”有了统一的单位。

本 章 小 结

一、物质的量及其有关概念

1. 摩尔是表示物质的量的基本单位,符号为“mol”。一定量的任何物质当含有 6.02×10^{23} 个微粒时,这一定量的物质就是 1 摩尔。

2. 摩尔质量就是质量 m 除以物质的量 n_B 称为物质的摩尔质量,即 $M_B = m / n_B$ 。

摩尔质量的法定计量单位为 kg/mol ,在化学工作中常用其分数单位 g/mol 。

由摩尔质量公式可知,摩尔质量是一个包含物质的量的导出量。因此,使用摩尔质量时必须指明基本单元。

3. 气体摩尔体积是指在标准状况下(温度为 273.15K ,压强为 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$)下, 1mol 任何气体都约占有 22.4L 。这个 22.4 就称为气体摩尔体积。常用单位符号是 $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

根据气体分子的特性,不难推知阿伏加德罗定律。即:在相同的温度和压强下,体积相同的任何气体都含有相同的分子数。

4. 物质的量浓度是以单位体积溶液中含有溶质的物质的量来表示的一种浓度。常用单位符号为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$\text{物质的量浓度} = \frac{\text{溶质的物质的量}}{\text{溶液的体积}}$$

二、物质的量与有关概念之间的关系

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

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