

中等专业学校试用教材

# 园林化学

黄莉莉 主 编

吴艳霞 廖品源

王惠敏 夏 冬

柳明春 编



中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

# 园 林 化 学

黄 莉 莉 主 编

吴艳霞 廖品源 王惠敏 夏 冬 柳明春 编

借书证号 借书证号 借书

本书阐述了无机化学、分析化学、有机化学、生物化学的基本理论。实验部分介绍了常见的化学操作。本书针对性强，注意结合专业特点，自成体系，理论联系实际。全书采用国际单位制，每章附有练习题。

本书为中等专业学校园林专业试用教材，亦可作为有关专业的参考教材。

中等专业学校试用教材

园 林 化 学

黄 莉 莉 主 编

吴艳霞 廖品源 王惠敏 夏 冬 柳明春 编

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 17<sup>3</sup>/<sub>16</sub> 字数: 420 千字

1989年7月第一版 1989年7月第一次印刷

印数: 1—3,580 册 定价: 3.15元

ISBN7-112-00604-X/G·83

( 5760 )

## 前 言

本书是中等专业学校园林专业教材。

在编写过程中，吸取了以往各类有关教材的长处，以及各校老师多年来的教学经验，针对园林专业的特点努力做到加强基础知识，注意综合训练，着重培养能力，以增强教材的适用性。每章都适当编写了一些练习题供教学选用。

本教材由重庆市城建学校黄莉莉主编。成都科技大学串亚权教授主审。参加编写的单位有北京市园林学校、天津市园林学校、齐齐哈尔市城建学校、成都市城建学校。执笔的有北京市园林学校王惠敏、天津市园林学校吴艳霞、齐齐哈尔城建学校柳明春、成都市城建学校廖品源、重庆市城建学校黄莉莉、夏冬。

编写过程中，我们得到各编写学校和大连市城建学校的支持。对上海市园林学校、大连市城建职工中专学校的化学老师积极参加审稿，提出大量的宝贵意见一并表示衷心的感谢。

限于我们的学术水平，教学经验有限，书中缺点错误在所难免，诚恳希望指正。

编 者

# 目 录

|                       |     |                           |     |
|-----------------------|-----|---------------------------|-----|
| 绪论 .....              | 1   | 第一节 有机化合物概述 .....         | 125 |
| 第一章 摩尔 反应热 .....      | 3   | 第二节 饱和链烃(烷烃) .....        | 126 |
| 第一节 物质的量的单位——摩尔 ..... | 3   | 第三节 不饱和链烃 .....           | 135 |
| 第二节 物质的量浓度 .....      | 7   | 第四节 脂环烃 .....             | 143 |
| 第三节 化学方程式及其计算 .....   | 8   | 第五节 芳香烃 .....             | 144 |
| 第四节 热化学方程式 .....      | 11  | 第九章 烃的衍生物 .....           | 153 |
| 第二章 卤素 碱金属 .....      | 14  | 第一节 卤代烃 .....             | 154 |
| 第一节 卤素 .....          | 14  | 第二节 醇 .....               | 157 |
| 第二节 碱金属 .....         | 19  | 第三节 酚、醚 .....             | 160 |
| 第三节 氧化—还原反应 .....     | 22  | 第四节 醛、酮 .....             | 164 |
| 第三章 原子结构 化学键 .....    | 27  | 第五节 羧酸及其衍生物 .....         | 167 |
| 第一节 原子的组成 同位素 .....   | 27  | 第十章 含氮含磷化合物 .....         | 175 |
| 第二节 核外电子的运动状态 .....   | 28  | 第一节 胺 .....               | 175 |
| 第三节 核外电子的排布 .....     | 31  | 第二节 含磷化合物 .....           | 179 |
| 第四节 元素周期律和元素周期表 ..... | 33  | 第十一章 糖类 .....             | 182 |
| 第五节 化学键 .....         | 40  | 第一节 糖类的组成和分类 .....        | 182 |
| 第四章 几种重要的非金属元素 .....  | 48  | 第二节 单糖 .....              | 182 |
| 第一节 硫 .....           | 48  | 第三节 双糖 .....              | 190 |
| 第二节 离子反应和离子方程式 .....  | 54  | 第四节 多糖 .....              | 193 |
| 第三节 氮、磷 .....         | 56  | 第十二章 氨基酸 蛋白质 .....        | 197 |
| 第四节 硅 .....           | 62  | 第一节 蛋白质的意义和分类 .....       | 197 |
| 第五节 化学反应速度与化学平衡 ..... | 64  | 第二节 氨基酸 .....             | 198 |
| 第五章 溶液 电解质 .....      | 70  | 第三节 蛋白质的结构 .....          | 203 |
| 第一节 溶液的浓度 .....       | 70  | 第四节 蛋白质的性质 .....          | 206 |
| 第二节 电解质溶液 .....       | 72  | 第五节 酶 .....               | 208 |
| 第三节 盐的水解 .....        | 81  | 第十三章 脂类 .....             | 213 |
| 第四节 胶体溶液 .....        | 84  | 第一节 单脂 .....              | 213 |
| 第六章 几种重要的金属元素 .....   | 89  | 第二节 复脂 .....              | 216 |
| 第一节 金属概述 .....        | 89  | 第十四章 杂环化合物生物碱 .....       | 219 |
| 第二节 钙、镁及硬水软化 .....    | 93  | 第一节 杂环化合物的分类和命名 .....     | 219 |
| 第三节 铝、硼 .....         | 96  | 第二节 几种重要的杂环化合物及其衍生物 ..... | 221 |
| 第四节 铁、铜、锌、铬、锰 .....   | 99  | 第三节 生物碱 .....             | 224 |
| 第七章 容量分析简介 .....      | 108 | 第十五章 核酸 .....             | 227 |
| 第一节 容量分析概述 .....      | 108 | 第一节 核酸的类别、分布和组成 .....     | 227 |
| 第二节 标准溶液 .....        | 109 | 第二节 核苷酸 .....             | 228 |
| 第三节 容量分析的计算 .....     | 112 | 第三节 核酸的结构 .....           | 231 |
| 第四节 酸碱滴定法 .....       | 113 | 第四节 核酸的生物学功能 .....        | 235 |
| 第五节 氧化还原滴定法 .....     | 116 | 附录 化学实验 .....             | 238 |
| 第六节 配位滴定法 .....       | 119 |                           |     |
| 第八章 有机化合物 烃 .....     | 125 |                           |     |

# 绪 论

## 一、化学的研究对象和任务

世界是物质构成的，宇宙中的月亮、星星，大地上的山岳、湖泊，以及微观世界的“基本”粒子，如电子、中子、光子等都是客观存在的。这些客观存在的物质既不能创造也不能消灭，只能在一定的条件下互相转化，我们只能认识物质却不能去创造和消灭物质，化学则是以客观存在的物质作为研究对象的。

唯物辩证法认为物质是无限可分的，物质可以分割为分子、原子、质子、中子、电子或其它“基本”粒子，它们都是物质分割的无限序列中的各个不同的层次。化学是研究由分子分割到原子这个层次中的矛盾运动规律的，在化学变化中原子的化合（表现为新分子的形成）、化分（表现为旧分子的破坏）的矛盾运动构成化学变化的基本矛盾。因此，可以说化学主要是在分子、原子或离子等层次上研究物质的组成、结构、性能、相互变化以及变化过程中能量关系的学科。

而研究的目的在于认识原子化合、化分的矛盾运动的规律，能量变化以及物质之间的内在联系。以便能动地利用这些规律去改造客观的物质世界为人类造福。

## 二、学习化学的重要意义

“科学的发生和发展过程归根到底是由生产所决定的。”据历史记载，中国、埃及、印度早在公元前就发展了金属冶炼、陶瓷、染色等技术。我国历史上对造纸、印刷、火药、瓷器等方面的研究有着辉煌的成就，早在商周时期已烧出“原始瓷器”其胎釉洁白如银似雪称之为“天下之贵贱通用之”的假玉，以及古代的炼丹、炼金术建立了煅烧、蒸馏、升华、热分解、置换等实验技术和仪器装置，成为近代化学的先驱。

化学成为一门科学约有近五百年历史。从1661年波义尔发表他的名著“怀疑派的化学家”起，直到1869年门捷列夫创立元素周期律，先后达二百多年，其间有俄国化学家罗蒙诺索夫建立的质量守恒定律、道尔顿提出的原子论、阿佛加德罗确立了分子论，直到1869年完成元素周期律。十九世纪英国科学家狄拉克将相对论结合薛定谔方程提出了量子化学理论。1965年我国在世界上第一次用化学方法合成了具有生命活力的蛋白质——结晶胰岛素。在人类认识生命揭开生命奥秘的伟大历程中迈进了一大步。

可以预期，化学发展的明显趋势是和其它科学之间的互相渗透，划分日趋精细，与生产之间的密切关系使其发展更加迅速。例如资源勘探、原料配比、生产控制、产品检验、环境监测、保护、土壤普查及植物营养诊断、化肥、农药、植物生长刺激素、除草剂等都应用到化学。随着现代科学技术的发展，一些新兴学科和近代技术如生物化学正在争取解决有效的常温固氮方法会成为造福人类的最新工艺，半导体、激光、计算机、原子能、宇宙飞船等都要应用到有关的化学知识、化学方法、化学材料。总之，它不仅为学习好后续课程打下良好的基础，而且还为今后搞好工作提供了必备的条件。

### 三、学习化学的方法

园林化学是一门学习专业知识和从事专业生产和科学试验所必需的基础课。植物学、植物生理学、土壤肥料、遗传育种等无一不与化学有着密切的联系。学习中要特别注意牢固地掌握化学基础理论、基础知识和基本技能，为今后学习专业知识、进一步深造打下坚实的基础。

化学是一门以实验为基础的科学，许多化学理论和规律大部分是从实验中总结出来的。因此在学习方法上一方面要理论联系实际，用理论指导学习掌握与园林专业有关的各类物质的结构、性质，另一方面在进行化学实验时保持严谨的科学态度，认真观察现象并获得一定的实验技能和重要手段，通过实验加深对理论的理解、巩固已学到的知识，同时培养分析和解决问题的能力。

# 第一章 摩尔 反应热

## 第一节 物质的量的单位——摩尔

### 一、物质的组成

初中化学课程中已经介绍了物质是由许许多多肉眼看不见的微粒组成。组成物质的微粒有多种，分子是组成物质的一种微粒，它是保持物质化学性质的最小微粒。同种物质的分子，性质相同，不同种物质的分子性质相异。分子间有一定的间隔，分子总是处于不断的运动中。分子的质量和体积都非常小，例如水分子的质量是  $3 \times 10^{-23}$  克，它的直径是  $2.8 \times 10^{-10}$  米。分子的真实存在，近年来，已经能够用电子显微镜来观察了。分子是最小微粒，是以“保持物质化学性质”为前提的，离开这个前提分子就不再是组成物质的最小微粒了。因为物质是无限可分的，分子还可以再分成更小的微粒——原子，而组成分子的原子已不再具有原物质的化学性质。例如一个二氧化碳分子是由两个氧原子和一个碳原子组成的，氧原子和碳原子与二氧化碳分子的性质是完全不同的。分子可再分为原子，这个事实已由化学反应证明。例如，初中化学学过，将水电解可以分解为氢气和氧气，即可证明原子是物质进行化学反应的基本微粒。在化学变化中，原子只是发生新的组合，而原子本身并没有变成其它原子。

分子和原子都是组成物质的微粒，它们都在不停地运动着。但是这两种组成物质的微粒有着本质的差别，分子能独立存在，它保持原物质的化学性质，在化学反应中一种分子能变成另外一种或几种分子；原子则一般不能独立存在，在化学反应中一种原子不会变成另外一种原子。

有些物质是由离子组成。氯化钠是由钠离子和氯离子组成的，称它们为离子化合物。

综上所述，分子、原子、离子都是组成物质的微粒。

用元素符号来表示物质的分子组成的式子叫分子式。例如，二氧化碳分子根据实验测定是由一个碳原子和二个氧原子组成的，分子式为  $\text{CO}_2$ 。有些物质并不是由分子聚集而成，而是由原子或离子构成的，如盐、金刚石、金属铁等，它们是不能有单个分子存在的一类物质，因而就不能用分子式表示，而只能用化学式表示。所谓化学式就是用一定化学符号或其组合来表示物质的元素组成和化合物的各元素原子（或离子）数目的化合比。例如，氯化钠是离子化合物，因此  $\text{NaCl}$  是表示这种化合物是由  $\text{Na}^+$  与  $\text{Cl}^-$  所组成，其化合比是 1:1， $\text{NaCl}$  并不表示一个分子，所以它叫化学式。又如，代表碳和铁单质的  $\text{C}$  和  $\text{Fe}$  也只是化学式，不是分子式。因为在通常情况下，没有  $\text{C}$  和  $\text{Fe}$  的单个分子存在。

分子和原子虽然很小，但都有一定的质量，为了书写、记忆和使用的方便，而采用了一种相对质量，即原子量、分子量。

在实际生产和科学实验中，参加反应的物质，不是几个原子或几个分子，而是亿万个原子或亿万个分子，为了实际需要，国际单位制采用了物质的量的单位——摩尔。

## 二、物质的量的单位——摩尔

在国际单位制(SI制)中规定:“物质的量”的计量单位为摩尔,国际符号为“mol”,中文符号为“摩”。在本课程中,涉及有关物质的数量、物质的质量、气体的体积、溶液的浓度和化学反应中的热量变化等的计算中,都常用到摩尔等基本单位。

摩尔的定义是:“摩尔是一物系中所含物质的量,如果该系统中所含的基本微粒的数目与0.012千克碳-12(即 $^{12}\text{C}$ )的原子数相等时,该数目就叫做1摩尔”。在使用摩尔时,基本微粒应予指明,它可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,或这些微粒的特定组合。

根据实验测得:0.012千克 $^{12}\text{C}$ 中含有碳原子数为 $6.02 \times 10^{23}$ 个。而 $6.02 \times 10^{23}$ 这个数字称阿佛加德罗<sup>①</sup>常数,用符号 $N_A$ 表示。因此,对摩尔的定义又可表述为:某物质所含微粒的数目为阿佛加德罗常数( $N_A$ )个时,该物质的量就是1摩尔;某物质所含微粒的数目为阿佛加德罗常数的若干倍时,该物质的量就是若干摩尔。例如,

1mol的碳原子含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个碳原子

1mol的氧分子含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个氧分子

1mol的水分子含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个水分子

1mol的氢氧根离子含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个氢氧根离子

2mol的氧分子含有 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氧分子

0.5mol的氢分子含有 $0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氢分子

1mol的氯化钠分子含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个 $\text{Na}^+$ ,和 $6.02 \times 10^{23}$ 个 $\text{Cl}^-$ 。

应当注意:摩尔是物质的量的单位,而不是质量单位。在国际单位制中,物质的质量单位是千克。

阿佛加德罗常数是很大的数值但以摩尔作为物质的量的单位时应用起来就方便多了。因为通过实验测得1摩尔 $^{12}\text{C}$ 的质量是12克,即含 $6.02 \times 10^{23}$ 个碳原子的质量。可以运用它来推算任何1摩尔物质的质量。

根据科学实验测得:1个碳原子的实际质量是 $1.9927 \times 10^{-23}$ 克,一个铁原子的质量是 $9.3 \times 10^{-23}$ 克;1个硫酸分子的质量是 $1.63 \times 10^{-23}$ 克;1个 $\text{OH}^-$ 的质量是 $2.82 \times 10^{-23}$ 克;一个 $\text{Na}^+$ 的质量是 $3.82 \times 10^{-23}$ 克,又因为1摩尔任何物质都含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个微粒。所以1摩尔上述物质的质量为:

1摩尔碳原子的质量为:

$$1.9927 \times 10^{-23} \text{克/个} \times 6.02 \times 10^{23} \text{个/摩尔} = 12 \text{克/摩尔}$$

1摩尔铁原子的质量为:

$$9.3 \times 10^{-23} \text{克/个} \times 6.02 \times 10^{23} \text{个/摩尔} = 56 \text{克/摩尔}$$

1摩尔硫酸分子的质量为:

$$1.63 \times 10^{-23} \text{克/个} \times 6.02 \times 10^{23} \text{个/摩尔} = 98 \text{克/摩尔}$$

1摩尔氢氧根离子的质量为:

$$2.82 \times 10^{-23} \text{克/个} \times 6.02 \times 10^{23} \text{个/摩尔} = 17 \text{克/摩尔}$$

由此可以直接推知:

---

① 阿佛加德罗(Avogadro 1776-1856)意大利物理学家。

1 摩尔任何原子或分子的质量就是以克为单位, 在数值上等于该种原子的原子或该种分子的分子量。

同理可以推广到离子、电子等微粒。

例如: 氢气分子量是 2, 1 摩尔氢分子的质量是 2 克; 水分子量是 18, 1 摩尔水的质量是 18 克; 同理, 1 摩尔  $\text{H}^+$  离子的质量是 1 克; 1 摩尔  $\text{NaCl}$  的质量是 58.5 克; 1 摩尔  $\text{NaOH}$  的质量是 40 克。

通常把 1 摩尔物质的质量称“摩尔质量”, 单位常用克/摩尔或  $\text{g/mol}$ 。

上述概念反过来说, 16 克氧原子是 1 摩尔氧原子, 32 克氧原子便是 2 摩尔氧原子。

物质的质量与物质的摩尔质量和物质的量之间的关系可以归结成如下的简单公式:

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

**【例 1】** 90 克水相当多少摩尔的水?

**【解】** 水的分子量是 18, 水的摩尔质量是 18 克/摩尔,

$$\frac{90\text{g}}{18\text{g/mol}} = 5\text{mol}$$

答: 90 克水相当于 5 摩尔水。

**【例 2】** 2.5 摩尔铜的质量是多少克? 含有多少铜原子?

**【解】** 铜的原子量是 63.5, 铜的摩尔质量是 63.5 克/摩尔。

2.5 mol 铜的质量 =  $63.5\text{g/mol} \times 2.5\text{mol} = 158.8\text{g}$ ,

2.5 mol 铜的原子数 =  $6.02 \times 10^{23}\text{个/mol} \times 2.5\text{mol} = 1.505 \times 10^{24}\text{个}$

答: 2.5 摩尔的铜的质量是 158.8 克, 含有  $1.505 \times 10^{24}$  个铜原子。

**【例 3】** 11.9 克硫酸钠是多少摩尔? 含有多少  $\text{Na}^+$ ?

**【解】** 硫酸钠 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 的分子量是 119,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  的摩尔质量是 119 g/mol。

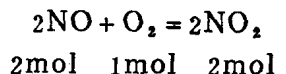
$$\frac{11.9\text{g}}{119\text{g/mol}} = 0.1\text{mol}$$

因为,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  是离子化合物, 1 个  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  里有 2 个  $\text{Na}^+$ , 0.1 摩尔  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  中应当含有  $2 \times 0.1\text{mol Na}^+$ , 所以,

$\text{Na}^+$  离子数 =  $6.02 \times 10^{23}\text{个/mol} \times 0.2\text{mol} = 12.04 \times 10^{22}\text{个}$

答: 11.9 克硫酸钠是 0.1 摩尔, 含有  $12.04 \times 10^{22}$  个  $\text{Na}^+$ 。

应用摩尔来衡量物质的量, 在科学技术上对于研究化学反应中物料的配比带来了很大的方便, 例如:



这个反应式可以读成: 2 摩尔的一氧化氮与 1 摩尔的氧气反应生成 2 摩尔的二氧化氮。反应物的物质的量之比是 2:1。

### 三、气体的摩尔体积

对于固体或液体物质来说 1 摩尔各种物质的体积是各不相同的。例如, 293 K 时, 实验测得 1 摩尔铁的体积是 7.1 厘米<sup>3</sup>, 1 摩尔铝的体积是 10 厘米<sup>3</sup>, 1 摩尔铅的体积是 18.3 厘米<sup>3</sup> (图 1-1), 1 摩尔纯硫酸的体积是 54.1 厘米<sup>3</sup>, 1 摩尔蔗糖的体积是 215.5 厘米<sup>3</sup>, 见图 1-1。

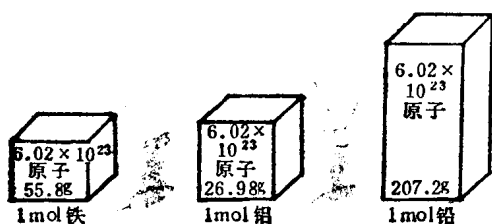


图 1-1 1 摩尔的几种金属

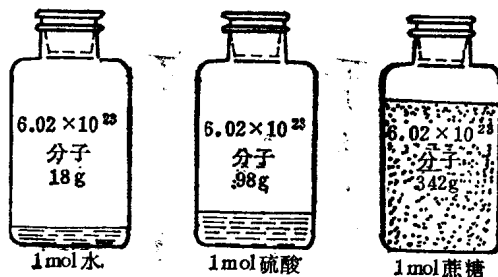


图 1-2 1 摩尔的几种化合物

但是对气体来说，情况就大不相同。下面分别计算 1 摩尔  $H_2$ 、 $O_2$  和  $CO$  的标准状况下（温度 273K，压力是  $1.01325 \times 10^5 Pa$ ）的体积。

$H_2$  的摩尔质量是 2.016g/mol，它在标准状况下的密度是 0.0899g/L，因此 1mol  $H_2$  在标准状况下所占体积是：

$$\frac{2.016g/mol}{0.0899g/L} = 22.4L/mol$$

$O_2$  的摩尔质量是 32 克/摩尔，它在标准状况下的密度是 1.429 克/升，1 摩尔  $O_2$  在标准状况下所占体积是：

$$\frac{32g/mol}{1.429g/L} = 22.4L/mol$$

$CO$  的摩尔质量是 28.01 克/摩尔，它在标准状况下的密度是 1.250 克/升，1 摩尔  $CO$  在标准状况下所占的体积是：

$$\frac{28.01g/mol}{1.250g/L} = 22.4L/mol$$

从上面三个例子 可以看到，1 摩尔的三种气体 在标准状况下所占的 体积都约是 22.4 升。通过大量实验证明，1 摩尔的任何气体在标准状况下所占的体积都约为 22.4 升。

在标准状况下，1 摩尔任何气体所占的体积都约是 22.4 升，这个体积叫气体的摩尔体积。

**【例 1】** 4.4 克  $CO_2$  在标准状况下所占体积是多少升？

**【解】**  $CO_2$  的摩尔质量是 44g/mol

$$CO_2 \text{ 的物质的量} = \frac{4.4g}{44g/mol} = 0.1mol$$

因为在标准状况下，气体的摩尔体积是 22.4 升/摩尔，即摩尔的气体是 22.4 升。

所以 4.4 克  $CO_2$  在标准状况下所占的体积是：

$$22.4L/mol \times 0.1mol = 2.24L$$

答：4.4 克  $CO_2$  在标准状况下所占的体积是 2.24 升。

**【例 2】** 在标准状况下，1 升  $CO_2$  的质量是多少克？

**【解】**  $CO_2$  的摩尔质量是 44 克/摩尔

1 摩尔  $CO_2$  在标准状况下约是 22.4 升

1 升  $CO_2$  的质量是：

$$\frac{44g/mol}{22.4L/mol} = 1.96g/L$$

答：1升 $\text{CO}_2$ 在标准状况下重1.96克。

【例 3】 已知在标准状况下0.24升氨的质量是0.182克，求氨的分子量。

【解】

$$\begin{aligned}\text{氨的摩尔质量} &= \frac{0.182\text{g}}{0.24\text{L}} \times 22.4\text{L/mol} \\ &= 17\text{g/mol}\end{aligned}$$

因为物质的摩尔质量与物质的分子量在数值上一致，所以氨的分子量是17。

## 第二节 物质的量浓度

溶液浓度的表示方法是多种多样的，如比例浓度、质量百分比浓度等，但在实践中对溶液量取它的体积比称取它的质量更为方便，下面将介绍一种以体积来表示的浓度。

### 一、物质的量浓度

过去曾叫做摩尔浓度，按国际单位规定，应称为物质的量浓度。它的定义是：用一升溶液中含溶质的物质的量（摩尔），来表示的溶液浓度叫物质的量浓度。单位是摩/升（ $\text{mol/L}$ ）

根据定义可表达为：

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

如果1升硫酸溶液中含有98克硫酸，而它的摩尔质量为98克/摩尔，那么该溶液的物质的量浓度为1摩尔/升。

1升溶液中含20克的 $\text{NaOH}$ ，该 $\text{NaOH}$ 溶液的物质的量浓度是0.5摩尔/升。

演示1-1在天平上称出29.3克氯化钠，把称好的氯化钠放在烧杯里，用适量蒸馏水使它完全溶解。把制得的溶液小心地用玻璃棒引入1000毫升的容量瓶图1-3，用蒸馏水洗涤烧杯内壁两次，再把每次洗涤水都注入容量瓶。然后缓缓地将蒸馏水直接注入容量瓶直到液面接近刻度2~3厘米处，改用胶头滴管加水到瓶颈刻度处，凹液面与刻度平行，盖上瓶塞反复摇匀。

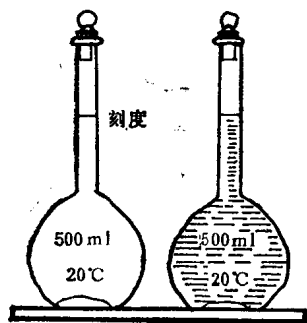


图 1-3 容量瓶

这样配成的溶液就是物质的量浓度为0.5摩尔/升的氯化钠溶液。

### 二、关于物质的量浓度的计算

（一）已知溶质的质量和溶液的体积，计算溶液的物质的量浓度。

【例 1】 在200毫升稀盐酸里溶有0.73克 $\text{HCl}$ ，计算溶液的物质的量浓度

【解】 盐酸的摩尔质量是36.5g/mol，

$$0.73\text{克HCl的量} = \frac{0.73\text{g}}{36.5\text{g/mol}} = 0.02\text{mol}$$

$$1000\text{毫升溶液中HCl的物质的量} = 0.02\text{mol} \times \frac{1000\text{ml}}{200\text{ml}} = 0.1\text{mol}$$

答：这种盐酸的物质的量浓度是0.1mol/L。

(二) 已知溶液的物质的量浓度，计算一定体积的溶液里所含溶质的质量。

**【例 2】** 计算配制500毫升浓度为0.1摩尔/升的NaOH溶液所需NaOH的质量。

**【解】** NaOH的摩尔质量是40g/mol

因此0.1mol的NaOH的质量 = 40g/mol × 0.1mol = 4g

500ml 0.1mol/L NaOH溶液 所含NaOH的质量 =  $\frac{500\text{ml} \times 4\text{g}}{1000\text{ml}} = 2\text{g}$

答：制备500毫升0.1摩尔/升的NaOH溶液需2克NaOH。

(三) 应用物质的量浓度作关于浓溶液稀释的计算。

**【例 3】** 计算配制500毫升浓度为0.1摩尔/升的硫酸溶液需密度为1.836克/毫升的浓硫酸(98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 多少毫升？

**【解】** 根据稀释原则，溶液稀释后，所含溶质的质量不变，也即是溶质的物质的量的多少不变。

硫酸的摩尔质量是98g/mol

稀硫酸溶液中硫酸的质量 =  $\frac{500\text{ml}}{1000\text{ml}} \times 0.1\text{mol/L} \times 98\text{mol/L} = 4.9\text{g}$

则浓硫酸溶液中的硫酸质量也为4.9克。

那么需要密度为1.836g/ml的浓硫酸(98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 的体积是：

$$\frac{4.9\text{g} \div 98\%}{1.836\text{g/cm}^3} = 2.72\text{ml}$$

答：需要浓硫酸(98%) 2.72毫升。

**【例 4】** 500毫升浓度为4摩尔/升的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>与1000毫升浓度为1摩尔/升的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液混合，试求混合后H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的物质的量浓度？

**【解】** 两溶液混合后总溶质H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的物质的量应为：

$$0.5\text{L} \times 4\text{mol/L} + 1\text{L} \times 1\text{mol/L} = 3\text{mol}$$

两溶液混合后总溶液体积为：

$$0.5\text{L} + 1\text{L} = 1.5\text{L}$$

因此混合H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液的物质的量浓度为：

$$\frac{3\text{mol}}{1.5\text{L}} = 2\text{mol/L}$$

答：混合后H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液的物质的量浓度为2摩尔/升

### 第三节 化学方程式及其计算

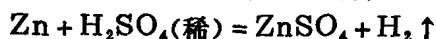
#### 一、化学方程式

化学方程式：用分子式(或化学式)表示化学反应的式子叫化学方程式。

书写方程式需要遵循两个原则，一是要依据客观事实，不能主观臆造；二是要遵守质量守恒定律，方程式两边的原子种类和个数必须相等，方程式需要配平。

由于化学方程式反映了反应物和生成物之间的“质”与“量”的关系。所以在科学实

验和生产实践中,可以根据化学方程式进行一系列的计 算。例如:



分子个数比: 1 1 1 1

物质的量比 (mol): 1 1 1 1

分子量比: 65 98 162 2

摩尔质量比 (g/mol): 65 98 162 2

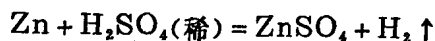
标准状况下气体体积比 (L): 22.4

## 二、化学方程式的有关计算

计算时注意选用相应的比例关系及单位。

【例 1】 制取 322 克硫酸锌需要多少克锌与多少毫升 50% 的稀硫酸 ( $\rho = 1.4$  克/毫升) 作用?

【解】 设需锌为  $x$  克, 需  $y$  mol 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$



$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ mol} & 1 \text{ mol} & 1 \text{ mol} \\ \frac{x \text{ g}}{65 \text{ g/mol}} & y \text{ mol} & \frac{322 \text{ g}}{161 \text{ g/mol}} \end{array}$$

$$1:1 = \frac{x}{65} : \frac{322}{161}$$

$$x = 130(\text{g})$$

$$1:1 = y:2 \quad y = 2 \text{ mol}$$

2 mol 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  质量是:  $98 \text{ g/mol} \times 2 \text{ mol} = 196 \text{ g}$

需 50% 的稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的体积是  $196 \div 50\% \div 1.4 = 280 (\text{ml})$

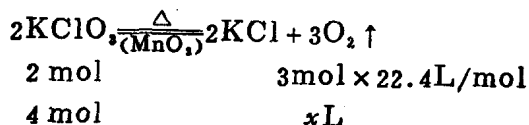
答: 需 50% 的稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液 280 毫升。

【例 2】 把 490 克氯酸钾加热完全分解, 在标准状况下, 可得氧气多少升?

【解】 设可得氧气为  $x$  升

氯酸钾的摩尔质量是:  $122.5 \text{ g/mol}$

490 g 氯酸钾的物质的量是:  $490 \text{ g} \div 122.5 \text{ g/mol} = 4 \text{ mol}$



$$2:3 \times 22.4 = 4:x$$

$$x = 134.4 (\text{L})$$

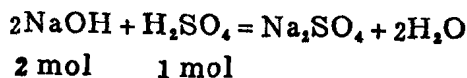
答: 在标准状况下可制得氧气 134.4 升。

【例 3】 中和 1 升浓度为 0.4 摩尔/升的  $\text{NaOH}$  溶液, 需要多少升 浓度为 0.1 摩尔/升的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液?

【解】 设需  $x$  摩尔浓度为 0.1 摩尔/升的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液。

1 升 0.4 摩尔/升的  $\text{NaOH}$  中所含  $\text{NaOH}$  的物质的量为  $1 \text{ 升} \times 0.4 \text{ 摩尔/升} = 0.4 \text{ 摩尔}$ 。

根据反应式列比例关系:



$$0.4\text{mol} \quad x\text{mol}$$

$$\therefore x = \frac{1 \times 0.4}{2} = 0.2(\text{mol})$$

那么需要0.1摩尔/升的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的体积就应该是  $\frac{0.2\text{mol}}{0.1\text{mol/L}} = 2\text{L}$

答: 需要2升浓度为0.1摩尔/升的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液。

【例4】工业上煅烧石灰石来生产石灰, 问:

(1) 煅烧94%  $\text{CaCO}_3$  的石灰石5吨, 能得到生石灰多少吨?

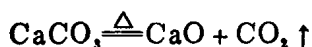
(2) 生成  $\text{CO}_2$  在标准状况下为多少立方米?

(3) 若实际得到的生石灰是2.53吨, 其产率是多少?

(4) 每生产1吨生石灰用去1.98吨石灰石, 其原料的利用率是多少?

【解】(1) 原料中纯  $\text{CaCO}_3 = 5\text{吨} \times 94\% = 4.7\text{吨}$

设能得到生石灰  $x$  吨



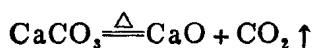
$$100 \quad 56$$

$$4.7\text{吨} \quad x\text{吨}$$

$$x = \frac{4.7 \times 56}{100} = 2.63(\text{吨})$$

(2)  $\text{CaCO}_3$  的摩尔质量为  $100\text{g/mol}$ , 4.7吨的  $\text{CaCO}_3$  的物质的量为

$$4.7 \times 10^6\text{g} \div 100\text{g/mol} = 4.7 \times 10^4\text{mol}$$



$$1\text{mol} \quad \frac{22.4}{1000} \text{m}^3$$

$$4.7 \times 10^4\text{mol} \quad y\text{m}^3$$

$$1 : \frac{22.4}{1000} = 4.7 \times 10^4 : y$$

$$y = \frac{22.4}{1000} \times 4.7 \times 10^4 + 1$$

$$= 1052.8(\text{m}^3)$$

(3) 求得生石灰的理论产量是2.63吨, 现实际产量是2.53吨,

$$\begin{aligned} \therefore \text{产率} &= \frac{\text{实际产量}}{\text{理论产量}} \times 100\% \\ &= \frac{2.53}{2.63} \times 100\% \\ &= 96.2\% \end{aligned}$$

(4) 从(1)中可知生产2.63吨生石灰, 理论上需耗石灰石5吨, 因此生产1吨生石灰理论上需消耗石灰石  $5/2.63 = 1.9(\text{吨})$ , 现实际消耗量为1.98吨。所以,

$$\begin{aligned} \text{原料利用率} &= \frac{\text{理论耗用原料量}}{\text{实际耗用原料量}} \times 100\% \\ &= \frac{1.9}{1.98} \times 100\% \\ &= 96\% \end{aligned}$$

答：能制得 $\text{CaO}$  2.63吨，产率为96.2%，原料利用率为96%。 $\text{CO}_2$ 在标准状况下占1052.8米<sup>3</sup>。

## 第四节 热化学方程式

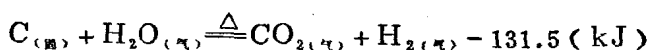
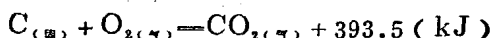
### 一、能量守恒定律

大量精确的实验证明，自然界的一切物质都具有能量，能量有各种不同的形式，它能从一种形式转化为另一种形式，从一个物体传递给另一个物体，但总能量不会改变，也就是说在能量的转化过程中，能量既不消灭，也不产生，这是人类经验总结的能量守恒定律。

### 二、热化学方程式

化学反应常常伴随着能量的变化，通常表现为反应过程中放出热量或吸收热量。放出热量的化学反应叫放热反应。如燃烧反应、中和反应都要放出热量。吸收热量的反应叫吸热反应。如碳酸钙分解，水蒸汽通过赤热的焦炭的反应都要吸收热量。

通常应用摩尔作为物质的量的单位来衡量一定量物质在反应中所放出或吸收的热，测得1摩尔碳在氧气中燃烧时放出约393.5千焦的热，1摩尔碳通过炽热的水蒸汽时需吸收131.5千焦的热量，它们的热化学方程式则表示为：



这种表明反应所放出或吸收热量的化学方程式叫做热化学方程式。

热化学反应方程式的写法可归纳如下：

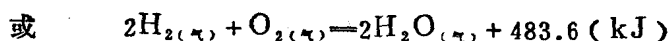
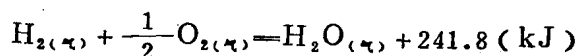
(1) 物质呈现哪一种聚集状态是跟它们含有的能量有关的。为了精确起见，要注明反应物和生成物的状态才能确定放出或吸收的热量多少。

(2) 放出的热量用“+”号表示，吸收的热量用“-”号表示，一律写在等式的右边。

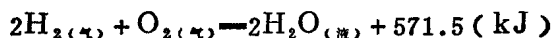
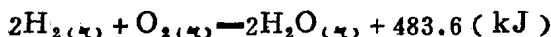
(3) 由于放出或吸收热量的多少与物质的量多少有关，所以分子式前的系数也可用分数表示。

(4) 以上所举反应热的数据是指在压力为 $1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$ ，温度为298K时测得的数据，该条件可以不写在热化学方程式中。如果不为该条件，热化学方程式中应注明反应的压力和温度。

例如在298K， $1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$ ，1摩尔氢气燃烧时放出241.8千焦的热，那么它的热化学方程式表示为：



又如：在298K， $1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$ ，1摩尔氢气燃烧生成气态 $\text{H}_2\text{O}$ 放出241.8千焦的热，1摩尔氢气燃烧生成1摩尔液态水放出285.8千焦的热。它们的热化学方程式可表示为：

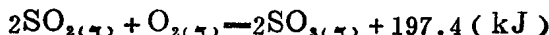


所以,在书写热化学方程式时一定要注明各物质的状态。

### 三、热化学方程式的应用

应用热化学方程式可以计算生产上出现热量的变化。例如,可以计算一定量的二氧化硫变为三氧化硫所放出的热量,在生产上,通过热交换器等设备这些热量可以充分得到利用。

**【例 1】** 制硫酸的接触法中,接触室有热交换的装置,用于利用二氧化硫转化成三氧化硫时放出的热量,计算500千克二氧化硫转化成三氧化硫时所放出的热量。



**【解】** 二氧化硫的摩尔质量是64g/mol

1 摩尔 $\text{SO}_2$ 转化为 $\text{SO}_3$ 放出的热量

$$\frac{197.4}{2} = 98.7\text{kJ/mol}$$

500千克 $\text{SO}_2$ 转化为 $\text{SO}_3$ 放出的热量为:

$$\frac{5 \times 10^5 \text{g} \times 98.7\text{kJ/mol}}{64\text{g/mol}} = 7.7 \times 10^5 \text{kJ}$$

答:500千克二氧化硫转化成三氧化硫将放出 $7.7 \times 10^5$ 千焦的热量。

### 练 习 题

1.下列物质中哪些是直接由原子组成的,哪些是由离子组成的,哪些是由分子组成的?

(1) 氮, (2) 金刚石, (3) 蔗糖( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), (4) 二氧化碳, (5) 食盐, (6) 铁

2.写出下列各物质的名称,并求划线元素的化合价。

(1)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , (2)  $\text{BaO}$ , (3)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , (4)  $\text{KMnO}_4$

3.写出下列物质的分子式并计算它们的摩尔质量。

(1) 硝酸, (2) 碳酸镁, (3) 硫酸铵, (4) 氨, (5) 氯气, (6) 磷, (7) 磷酸钙

4.下列物质物质的量各是多少摩尔?

(1) 0.5千克铝原子, 0.25千克锌原子, 0.064千克硫原子。

(2) 1.5千克蔗糖( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), 0.34千克氮, 117克氯化钠。

5.计算下列物质的质量。

(1) 0.5摩尔硫酸, 2.5摩尔磷酸, 1.5摩尔醋酸( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )。

(2) 1.5摩尔三氯化铝, 1.5摩尔三氯化铁, 1.5摩尔三氧化二铁。

6.  $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 都能跟 $\text{NH}_3$ 反应生成铵盐。写出反应的化学方程式。现有上述三种酸各10摩尔,计算各需要多少摩尔的 $\text{NH}_3$ 才能使反应生成正盐。

7. 0.5摩尔氯酸钾里含有多少摩尔钾原子、氯原子和氧原子?多少克的氯酸钾里含有2摩尔氧原子?

8. 下列各种气体,在标准状况下占有多少体积?

(1) 4.4克氢气, (2) 0.068千克氮, (3) 0.142千克氯气, (4) 56克一氧化碳。

9. 在标准状况时,15克氧气所占的体积比1克氢气所占的体积是大还是小?

10. 在标准状况时,235毫升某种气体的质量是0.406克,计算这种气体的分子量。

11. 试问10克 $\text{NaOH}$ 所含的分子数和20克 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 所含的分子数哪一种多?