

中等专业学校试用教材

工科非化工专业通用

化 学

高等教育出版社

目 录

绪言	1
第一章 化学基本计算	4
第一节 摩尔	4
第二节 气体摩尔体积	8
第三节 摩尔浓度	10
第四节 根据化学方程式的计算	13
第五节 热化学方程式	17
本章小结	18
复习思考题	19
习题	19
第二章 物质结构 元素周期系	21
第一节 原子核和同位素	21
第二节 原子核外电子的运动状态	23
第三节 原子核外电子的排布	26
第四节 原子结构和元素性质的关系 元素周期律	33
第五节 元素周期表	36
第六节 化学键	42
*第七节 分子间作用力 氢键	50
本章小结	52
复习思考题	53
习题	54
第三章 非金属元素及其化合物	57
第一节 硫及其化合物	57
第二节 氧化-还原反应方程式的配平	66
第三节 氮及其化合物	69
第四节 化学反应速度和化学平衡	80

第五节 碳和硅	90
第六节 环境保护	104
本章小结	109
复习思考题	112
习题	113
第四章 电解质溶液	116
第一节 电离度和电离平衡	116
第二节 水的离子积 *pH 值及其计算	120
第三节 盐的水解	124
*第四节 当量和当量浓度	128
本章小结	137
复习思考题	138
习题	139
第五章 电化学概论	140
第一节 原电池	140
*第二节 电极电位	144
第三节 电解及其应用	149
第四节 金属腐蚀及其防止	156
第五节 化学电源	162
本章小结	168
复习思考题	169
习题	170
第六章 金属通论	171
第一节 金属的晶体和金属键	172
第二节 金属的物理性质	172
第三节 金属的化学性质	174
第四节 金属的存在、冶炼和合金	176
第五节 镁和钙	181
第六节 铝	188
第七节 锡和铅	191

第八节 过渡元素概述	194
第九节 铜、锌和铁	198
*第十节 镧系元素和锕系元素简介	205
本章小结	209
复习思考题	211
习题	212
第七章 有机化合物	215
第一节 有机化合物的特征	216
第二节 烃	216
*第三节 煤的干馏 石油	230
第四节 烃的衍生物	232
*第五节 碳水化合物	244
第六节 高分子有机化合物的一般概念	247
第七节 高分子化合物的合成	248
第八节 高分子化合物的性质	251
第九节 一些常见的高分子化合物	258
本章小结	266
复习思考题	268
习题	269

附：元素周期表

101	镭系元素	镭系元素
81	铊	铊
82	铅	铅
83	铋	铋
84	钋	钋
85	砷	砷
86	氡	氡
87	钫	钫
88	镭	镭
89	锕系元素	锕系元素
90	钍	钍
91	镤	镤
92	铀	铀
93	镎	镎
94	钚	钚
95	镅	镅
96	锔	锔
97	锿	锿
98	镄	镄
99	钔	钔
100	铈	铈
101	镱	镱

绪 言

化学是研究物质的组成、结构、性质、变化以及合成等的一门基础自然科学。通过对物质的研究,了解和掌握物质的运动规律,就可以利用自然,改造自然,为人类生活需要和社会发展创造物质条件。我们运用化学原理和方法,可以利用自然界的天然资源,制造各式各样的物品,包括各种无机物、有机物、高分子化合物、金属、非金属以及自然界不存在的一些人工合成的物品,供应农业、轻工业、重工业、交通运输业等生产建设和人民物质生活的需要。

化学对于我国在本世纪内,实现农业、工业、国防和科学技术现代化具有重要的作用。

在农业方面,为了促进农业大幅度的增产,农林牧副渔得到全面发展,在很大的程度上,要依赖化学科学的成就。农业方面需要新型的复合肥料,需要尽快制出高效、无污染的新农药,来防治农作物的病虫害。农业还要研究和发展植物激素。植物激素是植物生长和发育的必要物质,但它在植物体内含量很稀少,提取的方法又复杂。化学合成了许多类似的物品,用来刺激植物的生长,提高农作物的产量。还有,林业和农副产品的综合利用,如木材干馏可得醋酸,木材经过水解可得酒精,可以从棉子壳、玉米芯、花生壳等物质中提取糠醛等化工产品,变一用为多用,变废为宝,既能促进农林牧副渔全面发展,又有利于化工生产。从以上几方面可以看出,化学对农业的重要作用。

在工业现代化和国防现代化方面,化学的作用更为突出。工业和国防离不开金属和能源。冶炼金属就是利用化学上的氧化还原反应,将矿石中的金属还原出来。因此大力开发、提炼各种金属,离不开化学。能源中的煤、石油和天然气等的大力开发、提炼和综合利用(如合成树脂、合成橡胶、合成纤维、合成洗涤剂、染料和医药等),也离不开化学,所以化学对发展工业生产和提高人民物质生活水平有着密切的关系。机械制造业也广泛应用化学。如金属锈蚀原因的探讨,并由此来研究防止的方法。有些金属太硬,不易切削加工。可以利用化学方法,使它变软,待加工后,再使它变硬。用电解加工的方法代替车床的切削,既方便又精确。用电化学抛光代替喷砂抛光,可以得到更高的光亮度,又可以防止污染。用高分子化合物制造机械零件(如齿轮等),既节省润滑油,又清洁,又无噪音,而且这种机件的加工方法很简便。国防上,化学不仅与常规武器生产有关,而且与国防现代化有密切关系。导弹的生产、人造卫星的发射,也需要提供很多具有特殊性能的化学产品,如高能燃料,以及耐高温、耐辐射的材料等。

另外,水利、建筑方面需要各种硅酸盐材料,电气工业需要高绝缘性能材料,机械工业需要耐磨、耐蚀材料,高速飞行需要各种具有特殊性能的金属材料等。

总之,生产愈发达,化学这门科学对农业、工业、国防和科学技术各方面的作用就愈显著。

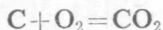
中等专业学校的化学课是在初中化学的基础上进一步学习和掌握化学基础知识和基本技能,不断提高学生的科学文化水平,培养辩证唯物主义的观点,逐步提高分析问题和解决问题的能力,并为继续学习有关专业课和进一步深造打下必要的基础。

中等专业学校工科非化工专业的化学课的主要内容是介绍化学元素及其化合物的性质，以及这些元素和化合物在工农业生产和日常生活中的用途，特别是工程材料的性质和用途。本书将阐述物质结构、化学平衡、溶液和电化学等基础理论，并在这些理论基础上，进一步讨论元素和化合物的性质，使感性认识提高到理性认识，从而对一些重要的元素和化合物有一个明确的、概括的认识，以期达到举一反三的效果，使我们对物质世界的认识可以更全面一些，更深入一些。

第一章 化学基本计算

第一节 摩 尔

我们在初中学习过，用元素符号和分子式来表示化学反应的式子，叫做化学方程式或化学反应式。例如：



表示碳和氧作用生成二氧化碳的反应。

化学方程式不仅表明了反应物和生成物，还表明了它们之间的微粒（原子、分子等）个数比和质量比等。例如，看了上面的化学方程式，就可以知道：每 1 个碳原子与 1 个氧分子作用，生成 1 个二氧化碳分子；它们之间的质量比是：

$$\text{C}:\text{O}_2:\text{CO}_2=12:32:44=3:8:11$$

但是在生产和科学实验中，参加反应的物质，都不是几个原子或分子，而是亿万个原子或分子。为了实际需要，国际单位制中，增加了物质的量的单位——摩尔^①，并规定：

1 摩尔的物质所含的微粒数目和 0.012 千克碳-12^②所含的原子数目相同。微粒可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子或是这些粒子的特定组合。

根据实验测定：0.012 千克碳-12 含有 6.02×10^{23} 个碳原子。由此可知：1 摩尔的任何物质都含有 6.02×10^{23} 个微粒。即

① 1977 年 5 月 27 日颁发的《中华人民共和国计量管理条例(试行)》规定采用。

② 碳-12(即原子核中含有 6 个质子和 6 个中子的碳原子)的原子量是 12。

1 摩尔的碳原子含有 6.02×10^{23} 个碳原子,

1 摩尔的氧原子含有 6.02×10^{23} 个氧原子,

1 摩尔的氧分子含有 6.02×10^{23} 个氧分子,

1 摩尔的水分子含有 6.02×10^{23} 个水分子,

1 摩尔的氢离子含有 6.02×10^{23} 个氢离子,

1 摩尔的氢氧离子含有 6.02×10^{23} 个氢氧离子,

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

0.5 摩尔的氧分子含有 $\frac{1}{2} \times 6.02 \times 10^{23}$ 个氧分子。

同样地 1 摩尔碳-12 的质量是 12 克 (0.012 千克)。

我们可以运用它来推知任何物质 1 摩尔的质量。

根据元素的原子量,可以得知:

1 个碳原子和 1 个氧原子的质量比是 12:16, 1 摩尔碳原子和 1 摩尔氧原子的原子数又相同,因此, 1 摩尔碳原子和 1 摩尔氧原子的质量比也必定是 12:16。已知 1 摩尔碳原子的质量是 12 克,则 1 摩尔氧原子的质量应为 16 克。

同样可推知: 1 摩尔氢原子的质量是 1 克,

1 摩尔硫原子的质量是 32 克。

1 摩尔的原子,它的质量如以克作单位,在数值上等于它的原子量。

同样 1 摩尔的分子,它的质量如以克作单位,在数值上等于它的分子量。由此,我们可以直接推知:

氮的原子量是 14, 1 摩尔氮原子的质量是 14 克;

铁的原子量是 56, 1 摩尔铁原子的质量是 56 克;

氢气的分子量是 2, 1 摩尔氢气的质量是 2 克;

氧气的分子量是 32, 1 摩尔氧气的质量是 32 克;

CO_2 的分子量是 44, 1 摩尔 CO_2 的质量是 44 克;

H_2O 的分子量是 18, 1 摩尔 H_2O 的质量是 18 克。

当摩尔应用于表示离子的质量的时候, 由于电子的质量太微小, 失去或得到的电子的质量可以略去不计。这样:

1 摩尔 H^+ 离子的质量是 1 克,

1 摩尔 OH^- 离子的质量是 17 克,

1 摩尔 Cl^- 离子的质量是 35.5 克等。

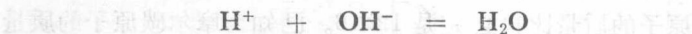
应用摩尔来衡量物质的量, 在科学技术上带来了很大的方便, 它可使化学方程式中反应物与生成物的系数比, 除了表示原子、分子或离子的系数比, 还可以代表它们的摩尔数之比。



1 摩尔 1 摩尔 1 摩尔



2 摩尔 1 摩尔 2 摩尔 1 摩尔



1 摩尔 1 摩尔 1 摩尔

关于物质的摩尔数和质量的关系

1 摩尔物质的质量通常也叫做该物质的摩尔质量, 摩尔质量的单位是克/摩尔。 物质的质量、摩尔质量和摩尔数之间的关系可用下式表示:

$$\text{摩尔数} = \frac{\text{物质的质量(克)}}{\text{摩尔质量(克/摩尔)}}$$

〔例 1〕 90 克水的摩尔数是多少?

〔解〕 水的分子量是 18, 1 摩尔水的质量是 18 克, 即水的摩尔质量是 18 克/摩尔。

$$\text{水的摩尔数} = \frac{90 \text{ 克}}{18 \text{ 克/摩尔}} = 5 \text{ 摩尔}$$

答：90 克水等于 5 摩尔水。

〔例 2〕 2.5 摩尔铜的质量是多少克？含有多少个铜原子？

〔解〕 铜的原子量是 63.5，铜的摩尔质量是 63.5 克/摩尔。

2.5 摩尔铜的质量 = 2.5 摩尔 $\times$ 63.5 克/摩尔

$$= 158.8 \text{ 克}$$

2.5 摩尔铜含有的原子数 = 2.5 摩尔 $\times 6.02 \times 10^{23}$ 个/

摩尔 = 1.51×10^{24} 个

答：2.5 摩尔铜的质量等于 158.8 克，含有 1.51×10^{24} 个铜原子。

〔例 3〕 中和 0.2 摩尔的 H^+ 离子，需要 NaOH 或 KOH 各多少克？

〔解〕 先计算中和 0.2 摩尔 H^+ 离子，需要 OH^- 离子的摩尔数。写出中和的离子方程式。



1 摩尔 1 摩尔

从离子方程式可以看出，1 摩尔 H^+ 离子恰好与 1 摩尔 OH^- 离子相中和，因此，中和 0.2 摩尔 H^+ 离子也就需要 0.2 摩尔的 OH^- 离子。

再计算所需 NaOH 或 KOH 的摩尔数。写出在水溶液中的电离方程式



1 摩尔 1 摩尔



1 摩尔 1 摩尔

从上面电离方程式看出，1 摩尔 NaOH 或 KOH 能电离出 1 摩尔 OH^- 离子。因此中和 0.2 摩尔的 H^+ 离子，需要 0.2 摩尔

NaOH 或 KOH。

最后, 计算 0.2 摩尔 NaOH 或 KOH 的质量, 即是中和 0.2 摩尔 H^+ 离子所需要的量。

NaOH 的分子量是 40, KOH 的分子量是 56。NaOH 的摩尔质量是 40 克/摩尔, KOH 的摩尔质量是 56 克/摩尔。

0.2 摩尔 NaOH 的质量 = 0.2 摩尔 $\times$ 40 克/摩尔 = 8 克,

0.2 摩尔 KOH 的质量 = 0.2 摩尔 $\times$ 56 克/摩尔 = 11.2 克。

答: 中和 0.2 摩尔 H^+ 离子需要 8 克 NaOH 或 11.2 克 KOH。

第二节 气体摩尔体积

对于固态或液态的物质来说, 1 摩尔各种物质的体积是不相同的。例如, $20^{\circ}C$ 时, 实验测得 1 摩尔铁的体积是 7.1 厘米³, 1 摩尔铝的体积是 9.5 厘米³, 1 摩尔铅的体积是 18.3 厘米³(图 1-1), 1 摩尔水的体积是 18 厘米³, 1 摩尔纯硫酸的体积是 54.1 厘米³, 1 摩尔蔗糖的体积是 215.5 厘米³(图 1-2)。

但是, 对气体来说, 情况就大不相同了。我们分别计算 1 摩尔氢气、氧气和一氧化碳在标准状况下(温度是 $0^{\circ}C$, 压力是 1 个大气压)的体积。

氢气的摩尔质量是 2.016 克/摩尔, 它在标准状况下的密度是 0.0899 克/升, 1 摩尔氢气在标准状况下所占体积为:

$$\frac{2.016 \text{ 克/摩尔}}{0.0899 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升/摩尔}$$

氧气的摩尔质量是 32 克/摩尔, 它在标准状况下的密度是 1.429 克/升, 1 摩尔氧气在标准状况下所占的体积为:

$$\frac{32 \text{ 克/摩尔}}{1.429 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升/摩尔}$$

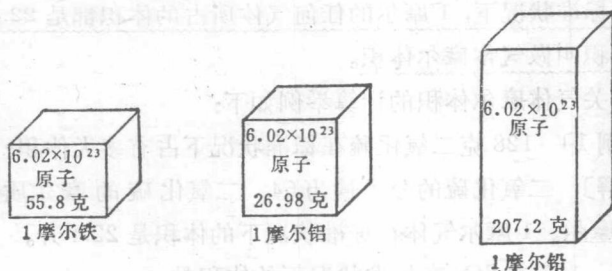


图 1-1 一摩尔的几种金属



图 1-2 1 摩尔的几种化合物

一氧化碳的摩尔质量是 28.01 克/摩尔，它在标准状况下的密度是 1.250 克/升，1 摩尔一氧化碳在标准状况下所占的体积为：

$$\frac{28.01 \text{ 克/摩尔}}{1.250 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升/摩尔}$$

同样也可以算出，1 摩尔任何气体在标准状况下所占的体积都约等于 22.4 升(图 1-3)。

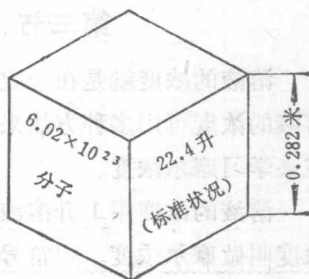


图 1-3 气体摩尔体积

在标准状况下, 1 摩尔的任何气体所占的体积都是 22.4 升, 这个体积叫做气体摩尔体积。

有关气体摩尔体积的计算举例如下:

〔例 1〕 128 克二氧化硫在标准状况下占有多大体积?

〔解〕 二氧化硫的分子量为 64, 二氧化硫的摩尔质量是 64 克/摩尔。1 摩尔气体在标准状况下的体积是 22.4 升。

∴ 128 克 SO_2 在标准状况下的体积是:

$$\frac{128 \text{ 克}}{64 \text{ 克/摩尔}} \times 22.4 \text{ 升/摩尔} = 44.8 \text{ 升}$$

答: 128 克二氧化硫在标准状况下占 44.8 升。

〔例 2〕 已知氨在标准状况下每升的质量为 0.76 克, 求氨的分子量。

$$\begin{aligned} \text{〔解〕 氨的摩尔质量} &= 0.76 \text{ 克/升} \times 22.4 \text{ 升/摩尔} \\ &= 17 \text{ 克/摩尔} \end{aligned}$$

1 摩尔氨是 17 克, 在数值上与氨的分子量一致, 可知氨的分子量是 17。

答: 氨的分子量为 17。

第三节 摩尔浓度

溶液的浓度就是在一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量。溶液的浓度可用多种方法来表示, 初中已学习过百分比浓度, 现在来学习摩尔浓度。

溶液的浓度用 1 升溶液中所含溶质的摩尔数来表示的溶液浓度叫做摩尔浓度。用符号 M 表示。

$$\text{摩尔浓度}(M) = \frac{\text{溶质的摩尔数(摩尔)}}{\text{溶液的体积(升)}}$$

1 升溶液中含硫酸 1 摩尔(98 克), 叫 1 摩尔浓度硫酸溶液, 简写为 $1M\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液。

1 升溶液中含硫酸 2 摩尔(196 克), 叫 2 摩尔浓度硫酸溶液, 简写为 $2M\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液。

1 升溶液中含氯化钠 0.5 摩尔(29.25 克), 叫 0.5 摩尔浓度氯化钠溶液, 简写为 $0.5M\text{NaCl}$ 溶液。

关于摩尔浓度的计算如下:

〔例 1〕 在 200 毫升稀盐酸中溶有 0.73 克 HCl , 计算该溶液的摩尔浓度。

〔解〕 HCl 的分子量是 36.5, 其摩尔质量为 36.5 克/摩尔。

$$0.73 \text{ 克 } \text{HCl} \text{ 的摩尔数} = \frac{0.73 \text{ 克}}{36.5 \text{ 克/摩尔}} = 0.02 \text{ 摩尔}$$

$$\begin{aligned} 1000 \text{ 毫升溶液中 } \text{HCl} \text{ 的摩尔数} &= 0.02 \text{ 摩尔} \times \frac{1000 \text{ 毫升}}{200 \text{ 毫升}} \\ &= 0.1 \text{ 摩尔} \end{aligned}$$

1 升溶液中溶质的摩尔数, 即是该溶液的摩尔浓度, 所以这种稀盐酸的摩尔浓度是 $0.1M$ 。

或把已知盐酸的体积毫升数换算为升数即

$$200 \text{ 毫升} = 0.2 \text{ 升}$$

直接代入公式:

$$\text{摩尔浓度}(M) = \frac{0.02 \text{ 摩尔}}{0.2 \text{ 升}} = 0.1 \text{ 摩尔/升}$$

答: 这种稀盐酸的摩尔浓度是 $0.1M$ 。

〔例 2〕 怎样配制 500 毫升 $0.1M$ 的 NaOH 溶液?

〔解〕 NaOH 的分子量是 40, 它的摩尔质量是 40 克/摩尔。

0.1 摩尔 NaOH 的质量为:

$$40 \text{ 克/摩尔} \times 0.1 \text{ 摩尔} = 4 \text{ 克}$$

500 毫升 0.1M 溶液中所含 NaOH 的克数是:

$$0.5 \text{ 升} \times 4 \text{ 克/升} = 2 \text{ 克}$$

答: 制备 500 毫升 0.1M 的 NaOH 溶液需 2 克 NaOH。

配制方法是: 在天平上称取 2 克 NaOH, 放在烧杯中, 用少量蒸馏水溶解。将溶液移入 500 毫升容量瓶(图 1-4)。用蒸馏水洗涤烧杯 3~4 次, 每次洗下来的水都注入容量瓶中, 最后将蒸馏水稀释到瓶颈刻度处, 盖上瓶塞摇匀即可。

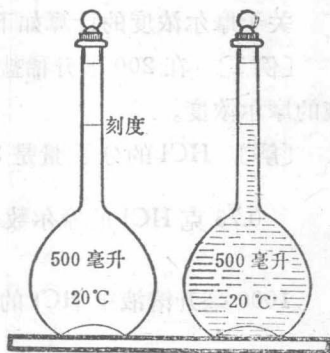


图 1-4 容量瓶

〔例 3〕 实验室常用 36.5% 盐酸溶液 (密度 1.19 克/毫升)。

问 36.5% 盐酸溶液相当于多少摩尔浓度?

百分比浓度和摩尔浓度之间, 可以通过溶液的密度来互相换算。因溶液的体积、密度、百分比浓度和该溶液中所含溶质的质量之间有如下关系:

$$\text{溶液的体积(毫升)} \times \text{密度(克/毫升)} = \text{溶液的质量(克)}$$

$$\text{溶液的质量} \times \text{百分比浓度} = \text{溶质的质量}$$

$$\text{因此, 溶液的体积} \times \text{密度} \times \text{百分比浓度} = \text{溶质的质量}$$

〔解〕 HCl 的摩尔质量为 36.5 克/摩尔。

36.5% 的盐酸的摩尔浓度

$$= \frac{1 \text{ 升 } 36.5\% \text{ 盐酸中 HCl 的质量}}{\text{HCl 的摩尔质量}}$$

$$= \frac{1000 \text{ 毫升} \times 1.19 \text{ 克/毫升} \times 36.5\%}{36.5 \text{ 克/摩尔}}$$

$$\approx 12M$$

答: 36.5% 盐酸摩尔浓度为 12M。

〔例 4〕 配制 500 毫升 0.5M 的盐酸溶液需要 36.5% 盐酸 (密度 1.19 克/毫升) 多少毫升?

〔解〕 HCl 的摩尔质量为 36.5 克/摩尔

500 毫升 0.5M 盐酸溶液含 HCl 的克数为:

$$0.5 \text{ 升} \times 0.5 \text{ 摩尔/升} \times 36.5 \text{ 克/摩尔} = 9.1 \text{ 克}$$

因为, 溶液的体积 $\times$ 密度 $\times$ 百分比浓度 = 溶质的质量。

所以需要 36.5% 盐酸溶液的体积为:

$$\frac{9.1 \text{ 克}}{1.19 \text{ 克/毫升} \times 36.5\%} = 21 \text{ 毫升}$$

或先计算出 36.5% 盐酸的摩尔浓度为 12M (见上例)。

500 毫升 0.5M 盐酸溶液含 HCl 的摩尔数为:

$$0.5 \text{ 升} \times 0.5 \text{ 摩尔/升} = 0.25 \text{ 摩尔}$$

需要 36.5% 盐酸溶液的体积为:

$$0.25 \text{ 摩尔} / 12 \text{ 摩尔/升} = 0.021 \text{ 升} = 21 \text{ 毫升}$$

答: 需要 36.5% 盐酸溶液 21 毫升。

取 36.5% 盐酸溶液 21 毫升, 按照配制方法, 加蒸馏水稀释到 500 毫升, 即配制成 500 毫升 0.5M 的盐酸溶液。

第四节 根据化学方程式的计算

化学方程式可以反映出, 在化学反应过程中的反应物和生成物的质量和气体体积间的关系。例如: