

高等学校试用教材

普通化学

浙江大学普通化学教研组编

人民教育出版社

高等学校试用教材

普通化学

浙江大学普通化学教研组编

JY1142/18



人民教育出版社

普通化学

浙江大学普通化学教研组编

*

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海新华印刷厂印装

*

1978年3月第1版 1978年10月第2次印刷

书号 13012·0147 定价 0.79元

前 言

普通化学是一门关于物质及其变化规律的基础课，是培养又红又专高级技术人材所必需的一门基础课。在本课程中应当系统地讲授化学基本理论和知识；运用辩证唯物主义观点阐明化学规律；贯彻理论联系实际原则，反映工科院校的特点，适当地结合工程专业并反映现代科学技术的新成就。本课程的教学目的是使学生掌握必需的化学基本理论、基本知识和基本技能；了解这些理论、知识和技能在工程上的应用；培养分析和解决一些化学实际问题的能力；培养辩证唯物主义观点；为今后学习后继课程及新理论、新技术打下比较宽广而巩固的化学基础，以适应四个现代化的需要。

本书是根据 1977 年 11 月高等学校工科基础课化学课程教材编写会议制订的《高等学校工科基础课普通化学教材编写大纲(初稿)》编写的。编写时，以马列主义、毛泽东思想为指导，努力贯彻理论联系实际的原则，教材内容力求精简，由浅入深，通俗易懂，便于自学。

本书的基本理论以化学平衡和物质结构理论为主。化学平衡理论主要用来判断化学反应进行的方向及程度；物质结构理论主要用来解释物质的物理、化学性质。叙述部分联系周期系阐明单质、化合物性质的递变规律。理论部分和叙述部分适当地穿插，以加强相互联系。

在内容安排上，化学平衡以讨论水溶液中的反应为主，兼顾气体及高温反应的平衡；叙述部分以介绍物质的通性为主，兼顾工程

上某些主要的无机物和有机物的特性。在化学运算方面, 通过溶液浓度、当量定律、化学平衡等必要的计算, 熟悉基本运算方法, 进一步巩固基本概念。在联系生产实际方面, 通过工程材料、金属腐蚀及其防止、工业用水、工业用油及其处理等内容的介绍, 加深对基本理论的理解和运用。

由于工科各类专业对化学知识要求不同, 学生的程度亦有差异, 因此使用本书时, 务希结合学生实际与专业要求, 加以适当增减。

参加本书编写工作的有李博达(编写第一章)、陈克(编写第五、六章)、李明馨(编写第七、八章)、刘湘兰(编写第九章)、陈时淇(编写第三章)、张瑜(编写第二、四章)等同志。由于编写人水平有限, 加之时间仓促, 缺点错误及不当之处希读者批评指正!

浙江大学普通化学教研组

1978年2月

目 录

前言	1
第一章 化学基本计算	1
§1-1 化学方程式	1
§1-2 溶液浓度和当量定律	5
§1-3 气体状态方程和分压定律	9
§1-4 热化学方程式和盖斯定律	13
本章小结	16
复习思考题	17
习题	18
第二章 化学反应速度与化学平衡	21
§2-1 化学反应速度	21
§2-2 化学平衡	29
§2-3 化学平衡的移动	36
本章小结	42
复习思考题	43
习题	45
第三章 溶液与胶体	48
§3-1 溶液的通性	48
§3-2 弱电解质的电离平衡	53
§3-3 水的电离平衡和 pH 值	60
§3-4 多相离子平衡	67
§3-5 络离子的离解平衡	71
§3-6 离子互换反应	73
§3-7 胶体	76

本章小结	83
复习思考题	84
习题	85
第四章 氧化还原与电化学	87
§4-1 氧化还原反应	87
§4-2 原电池和电极电位	93
§4-3 电解	104
§4-4 金属腐蚀及其防止	115
§4-5 化学电源	122
本章小结	126
复习思考题	127
习题	128
第五章 原子结构与周期系	130
§5-1 原子核外电子的运动状态	131
§5-2 原子核外电子的分布与周期系	136
§5-3 元素的性质和原子结构的关系	144
本章小结	153
复习思考题	155
习题	156
第六章 化学键与晶体结构	158
§6-1 化学键	159
§6-2 极性分子与非极性分子	165
§6-3 分子间力与氢键	167
§6-4 晶体的基本类型	170
§6-5 金属晶体的紧密堆积与合金基本类型	178
本章小结	182
复习思考题	183
习题	185
第七章 单质	187
§7-1 单质的物理性质	187

§7-2 单质的化学性质	202
§7-3 镧系元素	214
§7-4 锕系元素及核反应	217
本章小结	223
复习思考题	225
习题	226
第八章 无机化合物	228
§8-1 卤化物	228
§8-2 氧化物	236
§8-3 含氧酸盐	243
§8-4 碳化物、氮化物、硼化物	251
§8-5 氢化物	256
§8-6 络合物	261
本章小结	267
复习思考题	269
习题	270
第九章 有机化合物	272
§9-1 有机化合物的特征和分类	273
§9-2 链烃及其衍生物	276
§9-3 环烃及其衍生物	288
§9-4 工业用油及有机溶剂	295
§9-5 高分子化合物的一般概念	305
§9-6 高分子化合物的合成	308
§9-7 高分子化合物各论	314
§9-8 高分子化合物的结构与物理-机械性能	327
本章小结	332
复习思考题	332
习题	335

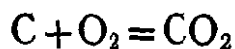
第一章 化学基本计算

内容提要 扼要复习化学方程式的意义及计算, 介绍摩尔、摩尔质量等概念; 扼要复习溶液配制、浓度间的相互换算和当量定律及其应用; 介绍气体状态方程式和分压定律等概念, 以及有关的计算和应用; 介绍生成热、燃烧热等概念和热效应的计算。

§1-1 化学方程式

一、化学方程式的意义

用元素符号和分子式(或化学式, 见 §6-4) 来表示化学反应的式子叫做化学方程式或化学反应式, 简称反应式。例如:



表示碳和氧作用生成二氧化碳的反应。

化学方程式是从实践中总结出来的, 是客观事实的反映, 绝不能随意臆造。

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)个数比和重量比等。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; 它们之间的重量比是:

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

二、摩 尔

在化学方程式中，元素符号和分子式前面的系数分别表示原子或分子的数目。但是在生产和科学实验中，参加反应的物质都不单是几个原子或分子，而是亿万个原子或分子。为了实际需要，国际单位制中，增加了物质的数量单位——摩尔(中文符号摩，国际符号 mol)^①；并规定：1 摩尔的物质所含结构微粒的数目和 0.012 千克碳-12 所含的原子数目相同。结构微粒可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子或这些粒子的特定组合体。

根据实验测定：1 摩尔任何物质所含的结构微粒数目均为 6.02×10^{23} (目前测定的精确数值是 6.02252×10^{23})。即 1 摩尔的分子含有 6.02×10^{23} 个分子，1 摩尔的原子含有 6.02×10^{23} 个原子，1 摩尔的离子含有 6.02×10^{23} 个离子，等等。1 摩尔物质的质量叫做摩尔质量。例如，碳-12 原子的摩尔质量是 0.012 千克/摩 (即 12 克/摩)。

根据原子量的涵义和硅的原子量为 28.085，则

$$\frac{1 \text{ 个硅原子的质量}}{1 \text{ 个碳-12 原子的质量}} = \frac{28.085}{12}$$

同样，
$$\frac{1 \text{ 摩尔硅原子的质量}}{1 \text{ 摩尔碳-12 原子的质量}} = \frac{28.085}{12}$$

已知碳-12 的摩尔质量为 12 克/摩，则硅原子的摩尔质量为 28.085 克/摩。

同样，由钠的原子量为 22.98977，可推算出钠原子的摩尔质量为 22.98977 克/摩；铁的原子量为 55.84，也可推算出铁原子的摩尔质量为 55.84 克/摩，等等。

^① 1971 年 10 月第十四届国际计量大会决定增加的第七个基本单位。参考：中国计量科学院化学室分析组，“摩尔——国际单位制第七个基本单位”，化学通报，1973 年，第一期，第 42 页。

归纳上列计算可得结论：1 摩尔的原子，它的质量如以克作单位，则数值上等于它的原子量(相当于旧单位中的克原子量)。

$$\text{又} \quad \frac{1 \text{ 个氧分子的质量}}{1 \text{ 个碳-12 原子的质量}} = \frac{31.998}{12}$$

$$\text{同样,} \quad \frac{1 \text{ 摩尔氧分子的质量}}{1 \text{ 摩尔碳-12 原子的质量}} = \frac{31.998}{12}$$

可以推算出，氧分子的摩尔质量为 31.998 克/摩；同理，也可以推算出氮分子的摩尔质量为 28.0134 克/摩，等等。

归纳上列计算可得结论：1 摩尔的分子，它的质量如以克作单位，则数值上等于它的分子量(相当于旧单位中的克分子量)。

又 64 克氧相当于 2 个摩尔的氧：

$$\frac{64 \text{ 克}}{32 \text{ 克}} = 2$$

即摩尔数为 2。可列通式：

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

从上述可见，引入摩尔单位后，不仅将无法称量的原子、分子等微粒的微观量变成可以称量的宏观量，而且将原子、分子的数目和原子量、分子量联系起来，给化学计算带来了很大的方便。这样，化学方程式中反应物与生成物的系数之比，也就可以代表它们的摩尔数之比。

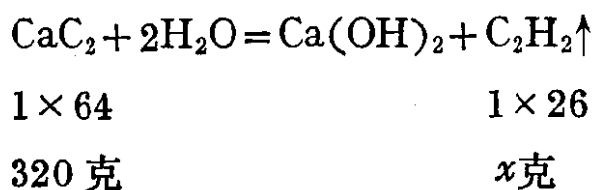
三、根据化学方程式的计算

“理论的基础是实践，又反过来为实践服务。”应用化学方程式可以从理论上根据已知原料的量，计算出产品的量；或根据需要产品量，计算出原料量。

例 电石是含有杂质的碳化钙，碳化钙和水作用，产生乙炔。

问：320 克碳化钙完全作用后，产生乙炔多少克？多少摩尔？在标准状况^①下，其体积为多少升？

解：写出化学方程式，并在相应的分子式下面，写出系数和分子量的乘积或摩尔数。然后在这些数字下面，再写出题目中的已知数，并设未知数为 x ：

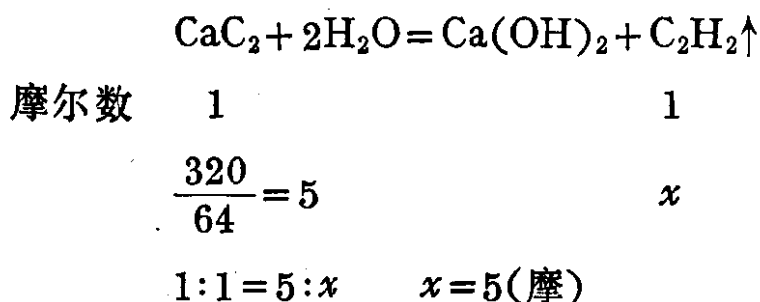


列出比例式：

$$\begin{aligned} 64:26 &= 320:x \\ x &= 130(\text{克}) \end{aligned}$$

即乙炔的产量是 130 克。

又 C_2H_2 的摩尔质量是 26 克/摩，则 130 克的 C_2H_2 相当于 $\frac{130}{26} = 5$ 摩的 C_2H_2 。或用摩尔数比直接进行计算：



又已知 1 摩尔的任何气体，在标准状况下占有 22.4 升的体积。则

$$22.4 \times 5 = 112(\text{升})$$

答：乙炔的产量是 130 克、5 摩、112 升(标准状况)。

^① 指温度 0°C ，压力 1 大气压。

§1-2 溶液浓度和当量定律

一、溶液浓度

许多化学反应是在溶液中进行的。但是，参加反应的往往是溶质。因此，在研究这类反应的数量关系时，必须知道溶液中溶质和溶剂的相对含量，即溶液浓度。由于溶质、溶剂和溶液的量可以用不同的单位来表示，因此，表示溶液浓度的方法很多。下面介绍最常用的几种方法。

1. 重量百分浓度 溶液的浓度用溶质的重量占全部溶液重量的百分率表示的叫做重量百分浓度，用符号%表示。例如，25%葡萄糖注射液就是指100克注射液中含葡萄糖25克。

2. 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叫做摩尔浓度，用符号*M*表示。例如，1升浓硫酸中含18.4摩尔的 H_2SO_4 ，则浓度为18.4*M*。

3. 当量浓度 在介绍当量浓度之前，我们先复习当量和克当量等概念。

凡能同1.008份氢起作用，或含有1.008份可被置换的氢，或含有同1.008份氢相当的化合物的重量，叫做该化合物的当量。顾名思义，当量是物质起反应时彼此相当的重量的重量。按此可推知：

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{酸的分子量}}{\text{酸分子中参加反应的氢原子数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{碱的分子量}}{\text{碱分子中参加反应的氢氧根数}}$$

$$\text{盐的当量} = \frac{\text{盐的分子量}}{\text{盐分子中金属原子数} \times \text{金属的化合价}}$$

应当指出，同一物质在不同的反应中，它的当量也可能不同。例如：



在反应式(1)中, H_2SO_4 有两个氢原子参加反应, 所以此 H_2SO_4 的当量为 $\frac{98}{2} = 49$; 而在反应式(2)中, H_2SO_4 只有一个氢原子参加反应, 因此该 H_2SO_4 的当量为 $\frac{98}{1} = 98$ 。

若一定量的物质其重量以克作单位, 在数值上等于其当量, 则此一定的量叫做克当量。若令 W 代表物质的重量(克), E 代表1克当量的物质的重量(克), 则这一定量的物质的克当量数可用下式表示:

$$\text{克当量数} = \frac{W}{E}$$

溶液浓度用1升溶液中所含溶质的克当量数来表示的叫做当量浓度, 用符号 N 表示。例如, 1升浓盐酸中含12.0克当量的 HCl , 则浓度为 $12.0N$ 。

温度的改变会影响溶液的体积, 因此会使溶液的摩尔浓度和当量浓度改变。但是, 温度的改变却不会影响重量百分浓度的数值。

二、溶液浓度的相互换算

溶液浓度的表示方法可归纳为两类, 即重量浓度(如重量百分浓度)和体积浓度(如摩尔浓度、当量浓度)。这两类浓度可以根据溶液中溶质的量不变, 通过密度作桥梁, 而相互换算。

例 浓硫酸的密度为1.84克/毫升, 重量百分浓度为98.0%。求它的摩尔浓度和当量浓度。

解: 先计算1升浓硫酸中所含溶质(H_2SO_4)的量:

$$1000 \text{ 毫升} \times 1.84 \text{ 克/毫升} \times 98.0\%$$

再计算 1 升浓硫酸中所含溶质的摩尔数:

$$\frac{1000 \text{ 毫升} \times 1.84 \text{ 克/毫升} \times 0.98}{98 \text{ 克}} = 18.4$$

浓硫酸的摩尔浓度为 18.4 M。

因 1 摩尔的 H_2SO_4 等于 2 克当量的 H_2SO_4 , 又已知浓硫酸的摩尔浓度为 18.4M, 所以它的当量浓度为 36.8N。

答: 浓硫酸的浓度为 18.4M 和 36.8N。

三、当量定律

在任何化学反应中, 物质相互作用时, 其重量之比等于它们的当量之比, 这个规律叫做当量定律。设 W_1 、 W_2 分别代表两种物质的重量(克), E_1 、 E_2 分别代表两种物质的克当量, 则当量定律可用数学式表达如下:

$$\frac{W_1}{E_1} = \frac{W_2}{E_2}$$

此式并说明了物质是以相同克当量数作用的。

如设 N_1 、 N_2 代表两种溶液的当量浓度, V_1 、 V_2 代表两种溶液中溶质完全作用时所需的溶液体积, 则得

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

当 V 以升为单位时, 意味着相互作用的两种物质的克当量数相等。如 V 以毫升为单位, 则表示它们的毫克当量数^①相等。

例 1 设纯碱中只含有 Na_2CO_3 及其它无酸碱性的杂质。为了测定其中 Na_2CO_3 的百分率, 称取样品 0.1319 克, 并用盐酸溶

① 1 毫克当量 = $\frac{1}{1000}$ 克当量。

液与其完全作用，结果需用 $0.1078N$ 盐酸溶液 22.83 毫升。求样品中含 Na_2CO_3 的重量及其百分率。

解：HCl 的克当量数为 $NV = 0.1078 \times \frac{22.83}{1000}$ ，设样品中含 Na_2CO_3 重为 W 克，1 克当量 Na_2CO_3 重 $\frac{106}{2} = 53$ 克，则 Na_2CO_3 的克当量数为 $\frac{W}{53}$ 。HCl 和 Na_2CO_3 的克当量数应相等，故得

$$\frac{W}{53} = 0.1078 \times \frac{22.83}{1000}$$

$$W = 0.1305 \text{ 克}$$

样品中含 Na_2CO_3 的百分率为：

$$\text{Na}_2\text{CO}_3\% = \frac{0.1305}{0.1319} \times 100\% = 98.9\%$$

答：样品中含 Na_2CO_3 0.1305 克，百分率为 98.9% 。

例 2 欲配制 2000 毫升 $0.200N$ 的硫酸溶液，求需用 $36.8N$ 浓硫酸多少毫升。

解：浓硫酸加水配成稀硫酸，稀释前后，溶液中所含溶质的毫克当量数不变。设 V_1 为所需 $36.8N$ 浓硫酸毫升数，将有关数据代入公式：

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

得 $36.8 V_1 = 0.200 \times 2000$

$$V_1 = \frac{0.200 \times 2000}{36.8} = 10.9 \text{ (毫升)}$$

答：需用 $36.8N$ 浓硫酸 10.9 毫升。

§1-3 气体状态方程式和分压定律

一、气体状态方程式

在标准状况下 1 摩尔的气体有一定的体积。但在生产和科学实验中,所采用的温度和压力,往往不是标准状况的。因此,必须介绍气体状态方程式及其应用。

从物理学中知道,在压力不变时,一定量的气体的体积 V 和温度 T ^① 成正比,即 $V \propto T$ 。又在温度不变时,一定量的气体的体积 V 和压力 P 成反比,即 $V \propto \frac{1}{P}$ 。

综上所述, $V \propto \frac{T}{P}$, 设 C 为比例常数,则可写成 $V = C \frac{T}{P}$, 即

$$PV = CT \text{ 或 } \frac{PV}{T} = C$$

C 是常数。如采用 1 摩尔的气体, C 便是 1 个固定的值。如以通用气体常数(或简称气体常数) R 表示,则得气体状态方程式^②:

$$PV = RT$$

1 摩尔的气体在 273K(即 0°C)和 1 大气压下的体积为 22.4 升,将这些数据代入上式,得

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{1 \times 22.4}{273} = 0.082 \frac{\text{升} \cdot \text{大气压}}{\text{开} \cdot \text{摩}}$$

如压力采用毫米汞柱,体积采用毫升,则

$$R = 62400 \frac{\text{毫升} \cdot \text{毫米汞柱}}{\text{开} \cdot \text{摩}}$$

① 热力学温度(绝对温度 T)的单位名称是开尔文,中文符号开,国际符号 K, $T = 273.15 + t$ (t 表示摄氏温度)。

② 此方程式只适用于一般的温度和压力条件,当气体压力很大和温度很低时,就显示出很大的误差。