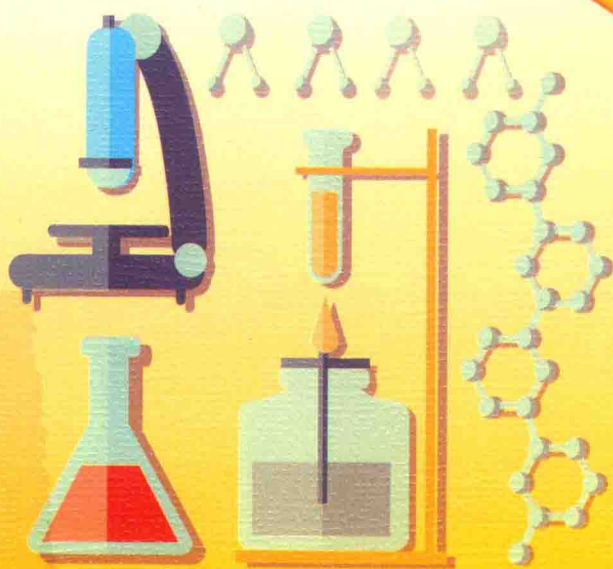


基础化学

陈西良 曹光豫 李延垒 ◎主 编



天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

基础化学

主 编 陈西良

曹光豫

李延垒

副主编 欧 旦

陈素彬

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社出版

图书在版编目(CIP)数据

基础化学 / 陈西良, 曹光豫, 李延垒主编. — 天津:
天津科学技术出版社, 2018.6

ISBN 978-7-5576-0948-1

I. ①基… II. ①陈… ②曹… ③李… III. ①化学
IV. ①06

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第071375号

责任编辑: 石 崑

责任印制: 兰 毅

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社出版

出 版 人: 蔡 颢

天津市西康路35号 邮编 300051

电话(022)23332369 (编辑室)

网址: www.tjkjcbbs.com.cn

新华书店经销

三河市宏顺兴印刷有限公司

开本: 787×1092 1/16 印张35.5 字数 800 000

2018年6月第1版第1次印刷

定价: 88.00元

前 言

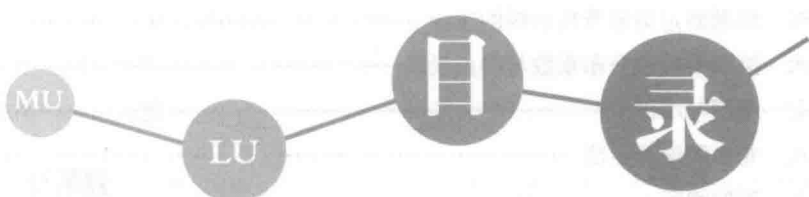
为了贯彻执行教育部全面提高教育质量,培养造就高素质人才以及加强教材建设的精神,我们编写了这本具有思想性、科学性、先进性、启发性和适用性的基础化学教材。化学是一门实用性很强的学科,是化学、化工、材料、制药、环保、石油、冶金和食品等专业的一门重要的专业基础。本书主要包括三部分内容:无机化学、有机化学和实验部分。

全书内容跨度颇大,且深浅度适中、简明、适用。本书在重点阐述基础化学的基础知识和基本理论的基础上,内容编排从易到难、循序渐进,力求使其内容的广度和深度切合学习实际。

本书在介绍理论知识的同时,还增添一些与之相关的反映当代高新科技的案例和阅读材料,内容新颖,富有趣味性和启发性。

本书在编写过程中参考大量书刊资料,并从网上下载相关资料,谨向各位作者致谢!由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中难免存在疏漏和不当之处,恳请读者给予批评指正。

编者
2018年6月



目 录

项目一 溶液和胶体	1
任务一 溶液	1
任务二 水的性质和稀溶液的依数性	7
任务三 胶体	13
项目二 化学反应速率与化学平衡	19
任务一 化学反应速率	19
任务二 化学平衡	31
任务三 化学平衡的移动	36
任务四 有关化学平衡及其移动的计算	40
任务五 反应速率与化学平衡的综合应用	42
项目三 电解质溶液和离解平衡	52
任务一 强电解质溶液	52
任务二 水的离解和溶液的 pH 值	53
任务三 弱酸、弱碱的离解平衡	56
任务四 同离子效应和缓冲溶液	60
任务五 盐类的水解	64
任务六 酸碱质子理论	70
项目四 滴定分析法和酸碱滴定	76
任务一 概述	77
任务二 滴定分析法概述	79

任务三 水溶液中的酸碱平衡	90
任务四 酸碱指示剂	96
任务五 酸碱滴定类型及指示剂的选择	101
任务六 溶液中酸碱分布系数与终点误差	108
任务七 应用与示例	111
任务八 非水酸碱滴定法	114
任务九 碱的滴定	120
任务十 酸的滴定	123
项目五 氧化还原和电化学	135
任务一 氧化还原反应	136
任务二 原电池	140
任务三 电极电势	141
任务四 电极电势的应用	147
任务五 元素电势图和电势 - pH 图	154
项目六 物质的结构	162
任务一 氢原子结构	163
任务二 多电子原子结构	170
任务三 元素性质的周期性	179
任务四 共价键理论	184
任务五 杂化轨道理论与分子几何构型	190
任务六 分子间力	194
任务七 离子键与离子晶体	200
任务八 其他类型晶体	205
项目七 配位化合物	216
任务一 配位化合物的基本概念	217
任务二 配位化合物的化学键理论	220
任务三 配位平衡	231
任务四 配位化学的制备和应用	235
项目八 若干元素和化合物	245
任务一 s 区元素选述	246

任务二 碱金属和碱土金属元素的化合物	249
任务三 p 区元素选述	255
任务四 d 区、ds 区元素通性	281
任务五 d 区元素	282
任务六 ds 区元素	293
项目九 开链烃	312
任务一 烷烃的通式、同系列和同分异构现象	313
任务二 烷烃的命名	314
任务三 烷烃的分子结构	317
任务四 烷烃的物理性质	320
任务五 烷烃的化学性质	321
任务六 重要的饱和烷烃	326
任务七 烯烃的结构	327
任务八 烯烃的同分异构现象和命名	327
任务九 烯烃的物理性质	330
任务十 烯烃的化学性质	331
任务十一 烯烃加成反应的历程	333
任务十二 诱导效应与马氏规则的理论解释	334
任务十三 重要的烯烃	335
任务十四 炔烃的结构和命名	336
任务十五 炔烃的物理性质	337
任务十六 炔烃的化学性质	338
任务十七 炔烃的来源及其制备方法	341
任务十八 二烯烃的分类和命名	342
任务十九 共轭二烯烃的结构及共轭效应	343
任务二十 1,3-丁二烯的化学性质	344
项目十 环 烃	352
任务一 脂球烃的分类	353
任务二 环烷烃的命名方法	354
任务三 环烷烃的性质	355
任务四 环的张力——张力分子	357

任务五 苯的凯库勒结构	359
任务六 苯的同系物的异构现象和命名	359
任务七 苯及其同系物的物理性质	361
任务八 苯及其同系物的化学性质	362
任务九 苯环亲电取代反应的定位规律和应用	364
任务十 重要的单环芳烃	366
任务十一 稠环芳烃	367
项目十一 卤代烃	372
任务一 卤代烷烃	372
任务二 卤代烯烃和卤代芳烃	381
项目十二 醇、酚和醚	387
任务一 醇	387
任务二 酚	394
任务三 醚	401
任务四 硫醇和硫醚	404
项目十三 醛、酮、醌	408
任务一 醛、酮	409
任务二 醌	423
项目十四 羧酸及其衍生物	429
任务一 羧酸	430
任务二 羧酸衍生物	437
任务三 碳酸衍生物	443
项目十五 取代酸及旋光异构	448
任务一 取代酸	449
任务二 旋光异构	453
项目十六 胺类有机化合物	460
任务一 胺的命名	461

任务二	胺的物理性质	462
任务三	胺的化学性质	463
任务四	重要代表物	467
项目十七	碳水化合物	474
任务一	单糖	475
任务二	双糖	481
任务三	多糖	483
项目十八	杂环化合物	488
任务一	分类和命名	488
任务二	几种重要环系的结构与性质	490
任务三	某些母体杂环及衍生物举例	496
任务四	生物碱	498
项目十九	实验部分	504
实验室需知		504
实验一	电子天平的使用和溶液的配制	529
实验二	酸碱滴定	531
实验三	醋酸电离度和电离常数的测定	532
实验四	粗食盐的提纯	533
实验五	溴乙烷的制备	535
实验六	乙酸乙酯的制备	537
实验七	己二酸的制备	538
实验八	环己烯的制备	539
附 录		541
附表 1	本书所用的有关单位	541
附表 2	常用的物理化学常数	543
附表 3	常见物质的标准摩尔生成焓、标准摩尔吉布斯函数、标准摩尔熵 (298.15K, 100kPa)	544
附表 4	常见弱电解质的解离常数	548
附表 5	常用缓冲溶液的配制	549

附表 6 常见难溶电解质的溶度积(298K)	550
附表 7 配离子的积累稳定常数(298K)	551
附表 8 常见氧化还原电对的标准电极电势(298 K)	552
附表 9 不同温度下水的饱和蒸气压	554
附表 10 常用元素的熔点和沸点	556
参考文献	558

项目一 溶液和胶体

项目概述

溶液与胶体在自然界中是普遍存在的。江、河、湖、海是最大的水溶液体系,云、烟、雾、石油、细胞液等则为胶体,与工农业生产和生命活动密切相关。

项目重点

- 溶液
- 水的性质和稀溶液的依数性
- 胶体

任务驱动

溶液浓度有哪几种表示方法?

任务一 溶液

在自然界中,纯物质极少,溶液是最主要的物质存在形式。不了解溶液性质就不能了解生命现象。人的生命活动离不开各种溶液,如日常饮料和人体组织间液、血液、淋巴液及各种腺体的分泌液等都属于溶液,临床上的许多药物常常需要配制成溶液(生理盐水、葡萄糖溶液)才能使用。食物的消化吸收、生命过程必需的氧气吸收和二氧化碳排泄以及体内的新陈代谢反应都在溶液中进行。因此,溶液对人类的生产和生命活动具有极其重要的意义。

此外,在许多工业过程中,反应必须在溶液中才容易发生和控制,溶剂环境影响化学反应的机理和速率,如许多无机物的制备、金属的电化学腐蚀等。在农业上,植物从土壤里获得各种养料也要成为溶液才能由根部吸收。土壤的水分中溶解了多种物质形成土壤溶液,因此土壤溶液里就含有植物需要的养料。许多肥料,如人粪尿、牛马粪、农作物秸秆、野草等,在施用以前都要经过腐熟的过程,目的之一是使复杂、难溶的有机物变成简单、易溶的物质,这些物质能溶解在土壤溶液里,供农作物吸收。

可以说,没有溶液就没有生命。因此,学习溶液相关知识对我们有重要的意义。

一、溶液的一般概念

1. 溶液

一种物质以分子、原子或更小的质点分散于另一物质中,组成的均匀、稳定的体系称为“溶液”。溶液是混合物,被溶解的物质称为“溶质”,能溶解溶质的物质称为“溶剂”。

物质在常温时有固体、液体和气体三种状态,因此溶液也有三种状态;大气本身就是一种气体溶液,是由氮气、氧气、稀有气体等组成的气体混合物;固体溶液混合物常称“固溶体”,如黄铜是铜和锌的溶液(合金)。而在日常生活和工业上所指的溶液,一般来说是专指液体溶液,特别是水溶液,不指明溶剂的溶液一般都是指水溶液。液体溶液包括两种,即能够导电的电解质溶液和不能导电的非电解质溶液。

溶液是由两种或两种以上化学性质可区别的物质所组成的均匀混合物,组成比例有一定的连续变化范围,溶液的性质随组成比例而连续变化。溶液的基本特征表现为均匀性和稳定性,均匀性是指在这个单一相中物质的分散程度达到分子水平,也就是说溶液中任意一处的密度、组成和性质完全相同;稳定性是指在外界条件如温度、压力、溶剂量不变时,溶质和溶剂长期不会分离(透明)。图 1-1 给出糖水溶液的制备过程,得到的糖水溶液中任意一处的密度、组成和性质完全相同,且外界条件不变时,蔗糖和水不会分离。

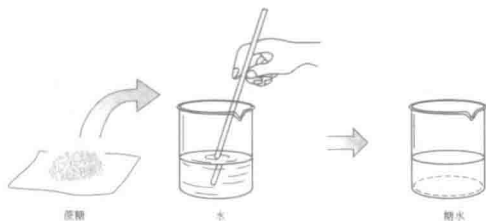


图 1-1 糖水溶液的制备

2. 溶解度

在一定的温度和压力下,某物质在 100 g 溶剂(通常为水)里达到饱和状态时,所含溶质的量,叫作这种物质在这种溶剂里的“溶解度”。溶解度用字母 s 表示,其单位是“g/100 g 溶剂”。在未注明的情况下,通常溶解度指的是物质在水里的溶解度。例如,在 20℃ 时,100 g 水里最多能溶 36 g 氯化钠(这时溶液达到饱和状态),我们就说在 20℃ 时,氯化钠在水里的溶解度是 36 g。

溶解度和溶解性是一种物质在另一种物质中的溶解能力,通常用易溶、可溶、微溶、难溶或不溶等粗略概念表示。溶解度是衡量物质在溶剂里溶解性大小的尺度,是溶解性的定量表示。

溶解度的主要影响因素是温度,随温度的变化,溶解度会呈现出不同的变化趋势,如图 1-2 所示。

溶解度曲线表示某物质在不同温度下的溶解度或溶解度随温度的变化情况。曲线的坡度越大,说明溶解度受温度影响越大;反之,说明受温度影响较小。

如图 1-2 所示,大多数固体物质的溶解度是随温度的升高而增大的,如硝酸铵、硝酸钠、硝酸钾等。少数固体物质的溶解度受温度的影响很小,如氯化钠。还有极少数固体物质

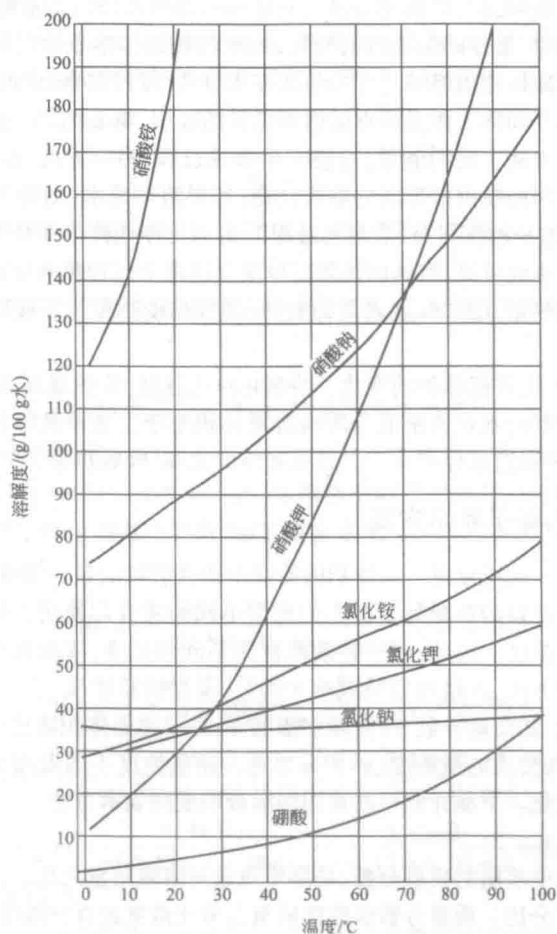


图 1-2 固体物质的溶解度曲线

的溶解度随温度的升高而减小,如氢氧化钙。

物质的溶解度大小主要取决于溶质和溶剂的本性以及温度等因素。溶质和溶剂的本性主要是指物质的溶解过程,一般规律是相似相溶原理,即溶质分子与溶剂分子的结构越相似,相互溶解越容易;溶质分子的分子间力与溶剂分子的分子间力越相似,越易互溶。相似相溶原理是一个关于物质溶解性的经验规律,例如水和乙醇可以无限制地互相溶解,乙醇和煤油只能有限地互溶。因为水分子和乙醇分子都有一个 $-OH$ 基,分别跟一个小的原子或原子团相连,而煤油则是由分子中含 $8 \sim 16$ 个碳原子组成的混合物,其烃基部分与乙醇的乙基相似,但与水毫无相似之处。

在一定温度下,一种或多种物质分散到另一种物质中的过程称为“溶解”,是一个物理学过程。将固体溶质放入水中后,固体表面的分子或离子由于本身的运动及受到水分子的吸引,脱离固体表面而逐渐分散到水中,这是固体的溶解过程。在溶解的同时,已溶解的溶质微粒在不停地运动,当它们与未溶解的固体表面碰撞时,又可重新被吸引到固体表面,这一过程称为“结晶”。在一定条件下,当这两个相反过程的速率相等时,即达到一个动态平衡,

此时溶液的浓度不再增加,称为“饱和溶液”;还能继续溶解溶质的溶液称为“不饱和溶液”。

物质在溶解过程中,常伴随着热量的变化,如硝酸铵固体溶于水时吸热,而氢氧化钾固体溶于水时则放热。固体物质溶解过程的热效应来自两个过程热效应的总和:一方面,溶质微粒在溶解过程中离开固体表面必须克服内部微粒的吸引,需要消耗一定能量,溶质微粒还要进一步扩散也需要消耗一定的能量,这是一个吸热过程;另一方面,在溶解过程中存在溶质微粒和溶剂分子之间的吸引而形成的溶剂合物(如果溶剂是水,则称为“水合物”或“水合离子”,用aq表示),这一过程称为“溶剂化过程”,溶剂化作用使体系势能降低而放出能量,这是一个放热过程。由此可见,溶解的热效应取决于这两个过程热效应的相对大小,如果放出的热量多于吸收的热量,溶解时就表现为放热;若放出的热量少于吸收的热量,则溶解时表现为吸热。

在溶解的过程中,也伴随体积的变化。溶剂化作用越强,放热就越多,溶液体积减小;反之,溶液体积增大。例如,水和酒精混合所得溶液体积小于二者单独体积之和,放出较多的热量;苯和醋酸混合所得溶液体积大于二者单独体积之和,吸收热量。

二、溶液浓度的若干表示方法

溶液浓度是指在一定质量或一定体积的溶液中所含溶质的量。溶液的浓度是表达溶液中溶质跟溶剂相对存在量的数量标记。人们根据不同的需要和使用方便,往往需要用不同的方法来表示溶液的浓度。因此,同一种溶液使用不同的标准,浓度就有不同的表示方法。表示溶液浓度有多种方法,大致可归纳成两大类:一类是质量浓度,表示一定质量的溶液里溶质和溶剂的相对量,如质量分数、质量摩尔浓度等;另一类是体积浓度,表示一定量体积溶液中所含溶质的量,如物质的量浓度、体积分数等。质量浓度不因温度变化而变化,而体积浓度随温度变化而变化。下面介绍一些常用的溶液浓度的表示方法。

1. 质量分数(ω_B)

质量分数指溶液中溶质的质量分数,是溶质质量与溶液质量之比,也指混合物中某种物质质量占总质量的百分比。质量分数也称作质量百分比浓度或百分浓度,其公式表示如下:

$$\omega_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-1)$$

式中, m_B 为溶质B的质量(kg); m 为混合物的质量(kg); ω_B 为溶质B的质量分数。

质量分数是日常生活和生产中常用的浓度,没有量纲。例如5g氯化钠溶于95g水配成100g溶液,质量分数是5%。此外,农村选种常用浓度为16%的食盐溶液,就是每100g溶液里含有16g食盐和84g水。由于能从质量分数表中直接看出溶质的多少,使用简明,所以广泛用于工农业中。

需要注意的是,医疗0.9%生理盐水的0.9%是体积分数,含义是将0.9g氯化钠溶于水配成100ml的溶液。

2. 质量浓度(ρ_B)

单位体积混合物中组分B的质量称为该组分的质量浓度,用公式表示为

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-2)$$

式中, m_B 为溶质B的质量(kg); V 为混合物的体积(m^3); ρ_B 为溶质B的质量浓度($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)。

3. 物质的量分数(x_B)

在研究溶液的某些性质时,必须考虑溶质、溶剂的相对量,经常用物质的量分数来表示。物质的量分数也可称为“摩尔分数”。物质的量分数 x_B 的定义如下:物质 B 的物质的量 n_B 与混合物的物质的量 n 之比,即

$$x_B = \frac{n_B}{n} \quad (1-3)$$

式中, n_B 为溶质 B 的物质的量(mol); n 为混合物总的物质的量(mol); x_B 为溶质 B 的物质的量分数。

对于双组分系统的溶液来说,若溶质的物质的量为 n_B ,溶剂的物质的量为 n_A ,则其物质的量分数分别为

$$x_B = \frac{n_B}{n_B + n_A}, x_A = \frac{n_A}{n_B + n_A}, x_A + x_B = 1$$

任何一个多组分系统, $\sum x_i = 1$ 。

【例 1-1】求 $\omega(\text{NaCl}) = 10\%$ 的 NaCl 水溶液中溶质和溶剂的物质的量分数。

【解】根据题意,100 g 溶液中含有 NaCl 10 g,水 90 g。即 $m(\text{NaCl}) = 10 \text{ g}$,而 $m(\text{H}_2\text{O}) = 90 \text{ g}$,因此

$$\begin{aligned} n(\text{NaCl}) &= \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{10 \text{ g}}{58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 0.17 \text{ mol} \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{90 \text{ g}}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5.0 \text{ mol} \\ x(\text{NaCl}) &= \frac{n(\text{NaCl})}{n(\text{NaCl}) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.17 \text{ mol}}{(0.17 + 5.0) \text{ mol}} \approx 0.03 \\ x(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{NaCl}) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{5.0 \text{ mol}}{(0.17 + 5.0) \text{ mol}} \approx 0.97 \end{aligned}$$

4. 物质的量浓度(c_B)

以单位体积溶液里所含溶质 B 的物质的量来表示溶液组成的物理量,叫作溶质 B 的物质的量浓度,用符号 c_B 表示,常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,即

物质的量浓度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) = 溶质的物质的量(mol)/溶液的体积(L)

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-4)$$

式中, c_B 为溶质 B 的物质的量浓度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$); n_B 为溶质 B 的物质的量(mol); V 为溶液的体积(L)。

物质的量浓度简称“浓度”,使用时应注明基本单元。基本单元可以是原子、分子、离子或其他粒子,也可以是某些粒子的特定组合,但无论是何种粒子或何种组合形式,都应以其化学式来表示。例如, $c(\text{KMnO}_4) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(1/5\text{KMnO}_4) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的两个溶液,两种溶液浓度数值相同,但是它们所表示 1 L 溶液中所含 KMnO_4 的质量是不同的,前者为 15.8 g,后者为 3.16 g。

化学定量分析常涉及溶液的配制和溶液浓度的计算,利用化学反应进行定量分析时,用物质的量浓度来表示溶液的组成更为方便。

【例 1-2】将 36 g 的 HCl 溶于 64 g H_2O 中,配成溶液,所得溶液的密度为 $1.19 \text{ g} \cdot$

ml^{-1} 。求 $c(\text{HCl})$ 为多少?

【解】 已知 $m_1(\text{HCl}) = 36 \text{ g}$; $m(\text{H}_2\text{O}) = 649$; $d = 1.19 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M(\text{HCl}) = 36.46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$m_2(\text{HCl}) = 1.19 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 1000 \text{ mL} \times \frac{36 \text{ g}}{36 \text{ g} + 64 \text{ g}} = 428.4 \text{ g}$$

因为

$$n_B = \frac{m_B}{M_B}, c_B = \frac{n_B}{V}, c_B = \frac{m_B}{M_B \cdot V}$$

$$\text{所以 } c(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl}) \cdot V} = \frac{428.4 \text{ g}}{36.46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.0 \text{ L}} \approx 11.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

【例 1-3】用分析天平称取 $1.2346 \text{ g K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 基准物质,溶解后转移至 100.0 mL 容量瓶中定容,试计算 $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ 和 $c(1/6\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ 。

【解】 已知 $m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 1.2346 \text{ g}$; $M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 294.18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$M\left(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) = \frac{1}{6} \times 294.18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 49.03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)}{M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \cdot V} = \frac{1.2346 \text{ g}}{294.18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 100.0 \text{ mL} \times 10^{-3}} \approx 0.04197 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c\left(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) = \frac{m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)}{M\left(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) \cdot V} = \frac{1.2346 \text{ g}}{49.03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 100.0 \text{ mL} \times 10^{-3}} \approx 0.2518 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c\left(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) = 6c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) \quad n\left(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) = 6n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$$

5. 质量摩尔浓度(m_B)

溶液中某溶质 B 的物质的量与溶剂的质量之比,称为该溶质的质量摩尔浓度。

$$m_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (1-5)$$

式中, m_B 为溶质 B 的质量摩尔浓度($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$); n_B 为溶质 B 的物质的量(mol); m_A 为溶剂的质量(kg)。

质量摩尔浓度与物质的量浓度相比,前者不随温度变化,在要求精确浓度时,必须用质量摩尔浓度表示。对于一般稀溶液来说,密度近似等于水的密度,可以近似认为 $c(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) = m(\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$,这种近似常用于计算中。

由于 B 的质量摩尔浓度与温度无关,在热力学处理中也比较方便。在电化学中也主要采用该浓度表示电解质的浓度。

【例 1-4】 50 g 水中溶解 0.585 g NaCl ,求此溶液的质量摩尔浓度。

【解】 NaCl 的摩尔质量 $M(\text{NaCl}) = 58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$b(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl}) \cdot m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.585 \text{ g}}{58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 50 \text{ g} \times 10^{-3}} \approx 0.2 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

三、几种溶液浓度之间的关系

1. 物质的量浓度与质量分数

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{m_B}{M_B V} = \frac{m_B}{M_B m / \rho} = \frac{\rho m_B}{M_B m} = \frac{\omega_B \rho}{M_B} \quad (1-6)$$

式中, c_B 为溶质 B 的物质的量浓度; ρ 为溶液的密度; ω_B 为溶质 B 的质量分数; M_B 为溶质 B 的摩尔质量。

2. 物质的量浓度与质量摩尔浓度

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{n_B}{m/\rho} = \frac{n_B \rho}{m} \quad (1-7)$$

式中, c_B 为溶质 B 的物质的量浓度; ρ 为溶液的密度; m 为溶液的质量; n_B 为溶质 B 的物质的量。

若系统是一个两组分系统, 且 B 组分的含量较少, 则溶液的质量 m 近似等于溶剂的质量 m_A , 上式可近似成为

$$c_B = \frac{n_B \rho}{m} = \frac{n_B \rho}{m_A} = b_B \rho \quad (1-8)$$

若该溶液是稀的水溶液, 则 $c_B \approx b_B$ 。

【例 1-5】在常温下取 NaCl 饱和溶液 10.00 ml, 测得其质量为 12.003 g, 将溶液蒸干, 得 NaCl 固体 3.173 g。求: (1) 物质的量浓度; (2) 质量摩尔浓度; (3) 饱和溶液中 NaCl 和 H_2O 的物质的量分数; (4) NaCl 饱和溶液的质量分数。

【解】(1) NaCl 饱和溶液的物质的量浓度为

$$c(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{V} = \frac{3.173 \text{ g} / (58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})}{10.00 \times 10^{-3} \text{ L}} \approx 5.43 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(2) NaCl 饱和溶液的质量摩尔浓度为

$$b(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3.173 \text{ g} / (58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})}{(12.003 - 3.173) \times 10^{-3} \text{ kg}} \approx 6.15 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

(3) NaCl 饱和溶液中

$$n(\text{NaCl}) = 3.173 \text{ g} / (58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) \approx 0.0543 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = (12.003 - 3.173) \text{ g} / (18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) \approx 0.491 \text{ mol}$$

$$x(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{n(\text{NaCl}) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.0543 \text{ mol}}{0.0543 \text{ mol} + 0.491 \text{ mol}} \approx 0.10$$

$$x(\text{H}_2\text{O}) = 1 - x(\text{NaCl}) = 1 - 0.10 = 0.90$$

(4) NaCl 饱和溶液的质量分数为

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3.173 \text{ g}}{12.003 \text{ g}} \approx 0.2644 = 26.44\%$$

任务二 水的性质和稀溶液的依数性

一、水的性质

水是地球上最常见的物质之一, 是包括人类在内所有生命生存的重要资源, 也是生物体最重要的组成部分。水在生命演化中起到重要的作用。人类很早就开始对水产生认识, 东西方古代朴素的物质观中都把水视为一种基本的组成元素, 水是中国古代五行之一, 西方古代的四元素说中也有水。

水是自然资源的重要组成部分, 是所有生物的结构组成和生命活动的主要物质基础。