



普通高等教育“十二五”规划教材

普通化学

廖家耀 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

普通化学

廖家耀 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是西南大学化学化工学院普通化学教研组十几年教学经验的总结和教学改革研究的成果。

本书包括分散体系、化学反应基本原理、水溶液中的化学平衡和物质结构四个模块,共12章,介绍了溶液、胶体和乳状液、化学动力学基础、化学热力学基础、化学平衡、酸碱平衡、沉淀溶解平衡、配位离解平衡、氧化还原与电化学基础、原子结构、化学键与分子结构、晶体结构简介相关内容。本书循序渐进地介绍了化学的基础知识和基本理论,强化了胶体和表面化学等相关知识,同时注重化学与工农业生产、生物等各方面的联系,加强了应用方面的介绍,使其具有一定的适用性和选择性。

本书主要适合于高等学校农、林、水产、食品、园林、生命科学等专业以及材料科学、医药学、土木建筑等部分理工科专业使用,也可供其他相关专业的师生及化学爱好者参考;还可作为高等院校非化学专业报考硕士研究生的复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/廖家耀主编. —北京:科学出版社,2012

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-033848-8

I. ①普… II. ①廖… III. ①普通化学-高等学校-教材

IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 043246 号

责任编辑:赵晓霞 / 责任校对:钟 洋

责任印制:张克忠 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012年3月第一次印刷 印张:18 1/2 插页:1

字数:468 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《普通化学》编写委员会

主 编 廖家耀

副主编 宋 丽 李红陵

编 委(按姓氏汉语拼音排序)

曹维荃 李红陵 廖家耀

宋 丽 曾令喜 张建蓉

前 言

化学是在原子、分子和离子层次上研究物质的组成、性质、结构及其变化规律的科学。化学是关系国计民生、与人们的生产生活密不可分的一门实用性学科,现代化学已经渗透到社会生产生活的方方面面。化学基础知识和基本理论是现代公民科学素养不可或缺的一部分,是现代科技工作者知识结构中重要的一环,是理工农医各专业所必备的专业基础。因此,普通化学课程是众多高等学校普遍开设的一门必修的公共基础课。随着科学的发展、社会的进步和教学的多元化,普通化学教材需要不断地推陈出新以适应新的要求和变化。本书的编写人员都具有丰富的教学经验,在长期教学经验的积累和教学改革研究的基础上,吸收了各高等学校的教学成果、跟踪学科最新发展,经深入讨论和研究编写了本书。本书力求在加强基础理论的同时,注重理论与实践的结合。在内容上,主要有以下特点:

(1) 将化学基础知识和基本理论概括为四个部分,按分散体系、化学反应基本原理、水溶液中的化学平衡、物质结构的顺序,科学调整内容,循序渐进地进行介绍。在注重知识结构的完整性基础上,将内容相近的部分总结编排在一起,增强了教材结构的系统性,方便读者学习和理解。

(2) 深入阐述了化学的基础知识和基本理论,也介绍了化学与生命科学、材料科学等的紧密联系,跟踪本学科发展的前沿,展现现代化学的最新研究成果,既加强读者对化学学科的全面认识,又满足差别化教学和个性化培养的要求。

(3) 强化了胶体与表面化学的介绍,使其能更好地满足食品科学、土壤科学和环境科学等专业的需要。将晶体结构独立成章,在深度和广度上加强了相应的内容,以适应材料科学的迅猛发展,使其对材料科学等专业具有一定的适用性。

(4) 在各章节中注重介绍了化学在工农业生产和生活中的直接或间接应用,使读者在学习化学基础知识和基本理论的同时,了解其应用,对身边发生的化学现象从知其然到知其所以然,提高了读者的阅读兴趣和阅读积极性。

(5) 每章后面附有本章小结,对重要概念和公式进行了总结,理清了各章的重点、难点,方便读者的总结归纳与自主学习。精选了例题、思考与练习,使其具有典型性、启发性和实用性,在加强读者对所学理论知识理解的同时,注重培养读者的综合应用能力,提高读者分析和解决问题的水平。

本书分为四篇,共 12 章,绪论及第 2、10~12 章由廖家耀编写,第 1、3 章由宋丽编写,第 4 章由曹维荃编写,第 5、6 章由李红陵编写,第 7、8 章由张建蓉编写,第 9 章由曾令喜编写。本书初稿经副主编宋丽和李红陵两位老师修订,全书最后由主编廖家耀统稿、修改和定稿。本书在申报和编写过程中还得到了西南大学李宗醴、魏沙平、张明晓等老师的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢!

本书在编写过程中参考了大量的文献资料,引用了部分文献的图表和数据,在此对相关文献的作者表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中不妥和疏漏之处在所难免,恭请读者和同行专家批评指正,以期不断改进和完善,编者不胜感谢!

廖家耀

2011年12月

目 录

前言

绪论	1
0.1 化学研究的对象与内容	1
0.2 化学的发展与重要作用	1
0.3 普通化学课程的性质、任务与学习方法	3

第一篇 分散体系

第1章 溶液	7
1.1 溶液的组成标度	7
1.2 稀溶液的依数性	9
1.3 强电解质溶液简介	15
1.4 溶液依数性的应用	16
本章小结	19
思考与练习	20
第2章 胶体和乳状液	21
2.1 胶体	21
2.2 表面活性剂及其作用	31
2.3 乳状液	35
2.4 胶体和乳状液的应用	38
本章小结	43
思考与练习	43

第二篇 化学反应基本原理

第3章 化学动力学基础	47
3.1 化学反应进度与反应速率	47
3.2 浓度对反应速率的影响	49
3.3 温度对反应速率的影响	53
3.4 催化剂对反应速率的影响	55
3.5 反应速率理论简介	57
3.6 化学动力学的应用	60
本章小结	62
思考与练习	63

第4章 化学热力学基础	65
4.1 热力学基本概念	65
4.2 热化学	67
4.3 化学反应的方向	73
4.4 化学热力学的应用	81
本章小结	84
思考与练习	84
第5章 化学平衡	86
5.1 可逆反应与化学平衡	86
5.2 化学平衡常数	87
5.3 化学反应等温方程及其应用	91
5.4 化学平衡移动	94
5.5 化学平衡的应用	98
本章小结	101
思考与练习	102

第三篇 水溶液中的化学平衡

第6章 酸碱平衡	107
6.1 酸碱质子理论	107
6.2 水的质子自递反应与水溶液的酸碱性	111
6.3 水溶液中的酸碱平衡	114
6.4 缓冲溶液	120
6.5 酸碱反应和酸碱平衡的应用	125
本章小结	128
思考与练习	129
第7章 沉淀溶解平衡	131
7.1 沉淀溶解平衡与溶度积	131
7.2 沉淀溶解平衡的移动	133
7.3 沉淀溶解平衡的应用	143
本章小结	144
思考与练习	144
第8章 配位离解平衡	146
8.1 配合物的基本概念	146
8.2 配位离解平衡	154
8.3 配合物的应用	159
本章小结	162
思考与练习	162

第 9 章 氧化还原与电化学基础	164
9.1 氧化还原反应	164
9.2 原电池和电极电势	165
9.3 影响电极电势的因素	170
9.4 电极电势的应用	173
9.5 元素电势图及其应用	176
9.6 极化和超电势	177
9.7 氧化还原反应及电化学的应用	180
本章小结	182
思考与练习	183

第四篇 物质结构

第 10 章 原子结构	187
10.1 原子结构理论的发展	187
10.2 核外电子的运动状态	191
10.3 原子结构与元素周期律	203
本章小结	210
思考与练习	211
第 11 章 化学键与分子结构	213
11.1 离子键与离子型化合物	213
11.2 共价键与分子结构	216
11.3 配位化合物的价键理论	229
11.4 分子和离子极化	234
11.5 分子间力和氢键	238
本章小结	242
思考与练习	243
第 12 章 晶体结构简介	245
12.1 晶体的性质和结构	245
12.2 晶体的类型	248
12.3 单质的晶体结构及其物理性质的周期性	253
12.4 晶体缺陷与晶体材料	255
12.5 液晶简介	257
本章小结	258
思考与练习	259
主要参考文献	260
附录	261
附录 I 本书常用符号	261

附录 II	国际单位制(SI)的基本单位	261
附录 III	用于构成十进倍数和分数单位的词头	262
附录 IV	常见物质标准热力学数据(298.15 K)	262
附录 V	常见有机物标准摩尔燃烧焓(298.15 K)	274
附录 VI	常见弱酸的离解平衡常数(298.15 K)	275
附录 VII	常见弱碱的离解平衡常数(298.15 K)	275
附录 VIII	难溶电解质的溶度积常数(298.15 K)	276
附录 IX	配合物的稳定常数(298.15 K)	278
附录 X	标准电极电势(298.15K)	280
附录 XI	元素的第一电离能、电子亲和能及电负性	284

绪 论

千千万万的物质组成了多彩的世界,物质世界处于永恒的运动变化之中,物质的种类众多,其变化纷繁复杂。化学作为自然科学基础学科之一,是研究物质及其变化规律不可或缺的科学。

0.1 化学研究的对象与内容

客观存在的物质分为实物和场两种基本形态,化学研究的对象是具有静止质量的实物。物质运动的形式主要有机械运动、物理运动、化学运动、生物运动和社会运动等。化学主要研究物质的化学运动,即物质的化学变化。在化学变化中,分子、原子或离子等因核外电子运动状态的改变而发生分解和化合等变化,同时还伴随着物理变化,如光、热、电、颜色等的变化。因此,在研究物质化学变化的同时,还必须研究相关的物理变化。物质的化学变化是基于物质的化学性质,而物质的化学性质又与其组成和结构密切相关。化学变化本身具有一定的规律,但也与外界条件有关。所以化学是在原子、分子或离子层次上研究物质的组成、性质和结构,研究化学变化的内在规律以及外界条件变化影响的科学。

化学研究的对象广泛,内容丰富,随着人们对物质化学变化研究的逐渐深入和细化,到19世纪末,化学逐渐形成了四大基础分支学科,分别是无机化学、有机化学、分析化学和物理化学。无机化学主要研究元素的单质以及除碳氢化合物及其衍生物之外的化合物,有机化学主要研究碳氢化合物及其衍生物,分析化学主要研究物质组成和结构的测定方法以及测定原理,物理化学是运用物理学的原理和实验方法以及数学的处理方法研究物质化学变化及其基本规律。科学的发展日新月异,现代化学的研究范畴在不断地深化和扩展,各分支学科相互交叉,在化学学科内部产生了量子化学、结构化学、材料化学、表面化学、电化学、绿色化学等大量的专业学科,化学与其他学科之间也在不断地相互渗透、相互融合,从而涌现出了许多新的边缘学科和应用学科,如放射化学、激光化学、计算化学、生物化学、环境化学、食品化学、药物化学、土壤化学等。这些新兴学科、应用学科在科技高度发展的当今社会中正展示出强大的活力,重要性日益增加。

0.2 化学的发展与重要作用

0.2.1 化学的发展

化学的发展与人类文明的进步息息相关。与任何一门学科一样,从人类的自发应用到形成系统的科学,从古代化学到近代化学,直至现代化学,化学经历了一个漫长的发展过程。

原始人类从自然中学会了火的应用,这是人类最早利用的化学反应,它使人类从蛮荒进入文明。早期的人类在制陶、炼铁、鞣革等活动中,积累了一些零星的化学知识;在炼丹、制药、造纸等活动中,提高了实验技术,这是一个漫长的古代化学时期。此时还远谈不上化学科学,但一些先贤在已有的零星的化学知识的基础上,已经开始思考宇宙和物质的结构问题,如我国商

代的《易经》提出的五行八卦学说,公元前 5 世纪古希腊的安培多克尔(Empedocles)提出的物质由水、火、气、土组成的四原质学说等。

英国化学家波义耳(R. Boyle)1661 年发表了著名的《怀疑派化学家》,首先明确了化学的研究对象,将“化学确立为科学”,这是近代化学的萌芽。天平的使用使化学的研究从定性进入了定量的阶段,由此提出了一系列的基本定律。例如,1748 年俄国的罗蒙诺索夫(Ломоносов)提出了质量不灭定律,1803 年英国化学家道尔顿(J. Dalton)提出了当量定律、原子学说,1811 年意大利化学家阿伏伽德罗(A. A. Avogadro)提出了阿伏伽德罗定律及分子的概念等。1869 年俄国科学家门捷列夫(Менделѣев)建立了元素周期表,使化学提高到了理论的高度,进入了现代化学的快速发展时期。

19 世纪末到 20 世纪初,电子的发现和量子力学的出现,使物质结构理论得到了极大的发展,人们能够从微观上了解物质的性质与结构的关系,为新物质的合成开辟了广阔的天地。随着电子技术、计算机、微波技术等的发展,化学研究的实验手段得到了极大的提高,现代化学也进入了一个崭新的发展阶段,现代化学的研究已从描述深入推理、从静态发展到动态、从定性发展到定量、从宏观深入微观。现代化学研究中,空间分辨率已达原子半径数量级的 10^{-10} m,时间分辨率已达 10^{-15} s 的飞秒级。人们不仅可以从宏观上研究物质的性质和反应,还可以从微观上研究单分子中电子传递的过程和能量的转移,探讨分子间的作用力和电子的运动。人们不仅能够描述慢过程,还能跟踪超快过程。随着理论的深入和实验技术的进步,现代化学正处于蓬勃发展和不断地创新中。

0.2.2 化学的重要作用

化学是关系国计民生、与人们的生产生活密不可分的一门实用性学科。现代社会的工业、农业、国防、医药、卫生、交通、环境、能源以及一切高科技领域,包括人们的衣、食、住、行,都体现着化学的重要作用。早在 1987 年,美国化学家皮门泰尔(G. C. Pimentel)在《化学中的机会——今天和明天》一书中就明确提出“化学是一门中心科学,它与社会发展各方面的需要都有密切关系”。

化学是工农业生产和国防建设的基础,是社会发展的推动力量。在现代工业中,煤化学、石油化工、核化学为人类的生产和生活提供了丰富的能源,金属冶炼、高分子化学为人类的生产和生活提供了性能各异的新材料。在国防建设中,现代化武器装备离不开各种特殊性能的化学产品,如导弹、人造卫星用的高能燃料、高能电池、高敏胶片以及耐高温高压、耐高辐射的材料等。在现代农业中,正是化肥和农药的使用为每年迅速增长的人口提供了维持基本生活条件的数十亿吨粮食,长效、复合化肥的生产,高效、低污染的新农药的研制,生态环境友好型植物生长激素、除草剂的使用等,这些现代农业生产必不可少的环节都是以化学为基础,农副产品的合理储运、综合利用及深加工也需要广泛的应用化学的理论和知识。

21 世纪是生物科学、信息科学和化学共同繁荣的世纪。有人说 21 世纪是生命科学的世纪,是信息科学的世纪,但生命科学与信息科学却是以化学为基础的。从 1828 年韦勒(F. Wohler)合成尿素,1833 年佩恩(A. Payen)发现了第一种酶(淀粉酶),到 1877 年德国化学家霍佩塞勒(H. Seyler)首先提出生物化学概念,生物学一开始就是利用化学作为探索生命奥秘的手段。从 20 世纪中叶以来,色谱、X 射线晶体学、核磁共振、放射性同位素标记以及分子动力学等各种化学物理新技术使生物化学得到了极大的发展,生物分子结构和细胞代谢途径如糖酵解和三羧酸循环等研究获得了空前的成就。生命科学就是在一系列研究成果的基

础上发展起来的。随着化学和生物学的发展,人体中微量元素的作用正在被化学家逐个探明,合成的新药物一批又一批地被研制成功,人类的寿命不断地延长。现代生命科学已经可以利用化学方法在分子及以上水平来研究生命的过程,化学与生命科学相互促进、共同携手,为解决基因组工程、蛋白质生物合成、细胞信息传导等事关人类生命的重要问题作出了巨大的贡献。21 世纪的人类已进入信息化时代,在人们的生产生活中无不涉及信息的采集、传输、处理、控制和存储等。正是在化学的驱动下,信息科学才取得了今天的成就。各种化学传感器的应用为光、热、电、生物等信息的采集提供了便利;超纯的硅、锗等半导体材料的生产开创了微电子新时代,使得计算机能够进入千家万户;高性能磁性材料的研制使得大规模信息的存储和处理成为可能,高纯度石英光导纤维为人类的通信和信息远距离高效传输提供了物质基础。信息科学总是随着化学新材料的出现而不断升级换代,化学与信息科学协调发展、共同繁荣,也许在不久的将来,人工智能、DNA 分子计算机等就会得到实现。

现代人类的衣、食、住、行都与化学密切相关。我们生活在化学的世界里,没有化学科学创造的物质文明,就没有人类的现代生活。合成纤维和合成染料制成的衣物使人类社会鲜艳多姿,即使是纯棉或纯毛,也必须经过化学处理才能成为制衣的原料;日常洗漱用的牙膏、牙刷、毛巾,各种化妆品、清洁用品无不是化学家的杰作。现代农业为人们的餐桌提供了丰富的食物,色香味俱佳食品的加工制造离不开化学的手段,各种食品添加剂或者是用化学的方法从天然产物中提取分离出来的,或者是用纯化学的方法合成的,而食品营养分析、食物的消化吸收无一不是化学过程。现代建筑所用的水泥、油漆、玻璃、塑料等材料都是化学化工的产品。人们出行所穿的皮鞋是化学制品,用以代步的各种交通工具本身就是化学材料的集成,而且其所用的汽油、柴油、润滑剂等都是石油化工的产品。化学研究的成果极大地改变了我们衣、食、住、行的方式和内容,化学也将继续为人类的丰衣足食、宜居便行创造富足的物质条件。

化学是社会发展的需要,是提高公民文化素质的需要。化学与数学、物理学等学科共同成为当代自然科学迅猛发展的基础。化学是一门实用的和创造性的中心科学,化学的核心知识应用于自然科学的方方面面,与其他学科相辅相成,构成了认识自然和改造自然的强大力量。现代的生命科学、材料科学和信息科学等,如果缺少化学的介入,就不能获得创造性的成果;数学和物理学也需要通过化学的中介,才能在生物、材料和信息等学科中发挥较好的作用,因此,化学是联系各自然科学及工程技术的重要媒介,化学知识对于培养高素质的科技人才是不可缺少的。由于化学已经渗透到生产生活的各个角落,所以掌握基础的化学知识、了解基本的化学理论,是作为一个现代人的知识结构中必不可少的内容,是人们文化素质的体现。

0.3 普通化学课程的性质、任务与学习方法

0.3.1 普通化学课程的性质、任务

普通化学并不是化学学科的某一具体分支,普通化学是化学的导言,其主要任务是介绍化学的基本理论、基础知识和基本技能。普通化学将化学的基本理念播撒到人们的心中,普及化学的基础知识,提高人们的化学素养。

普通化学是众多高等学校的一门重要的公共基础课,它与许多专业基础课和专业课有着不可分割的联系,普通化学的学习将为后续的化学课程及其他相关课程打下坚实的化学基础。学好普通化学将使后续的分析化学、有机化学、物理化学等化学课程的学习事半功倍,食品化学、土壤化学、环境化学、生物化学、药物化学等课程是化学在具体学科中的应用,是化学与其

他学科的交叉,普通化学的学习将为这些课程的学习创造良好的条件。即使是与化学无关的专业,学习普通化学也意义重大,它可以锻炼人们的思维能力、丰富人们的知识结构、提高人们的科学素养。

0.3.2 普通化学课程的学习目的

普通化学主要是通过分散体系、化学热力学和动力学、溶液和离子平衡、氧化还原与电化学基础、物质结构等内容的学习以及对现代化学的研究新进展及化学交叉学科和热点领域的了解,使读者获得必需的化学基本理论、基础知识,了解这些理论知识在生产生活实际中的应用,把握化学发展的主要方向,为学习后续课程和将来从事其他工作提供必要的化学基础,使人们学会用化学的方法思考和解决问题。因此,在普通化学课程的学习中,首先应该学习和了解化学的思维方法,培养自主学习的能力;其次是掌握化学的基础知识和基本理论,扩大知识面,打好专业基础;最后是学习化学的基本实验技能,培养严谨的科学态度和习惯,培养发现、分析和解决常见化学问题的能力。

0.3.3 普通化学的学习方法

正确的学习方法是提高学习效率、保证学习效果的前提。每个人都需要在不断总结和交流的基础上,寻找最适合自己的学习方法。大学的课程,课堂讲授容量大、教学进度快,这需要学生尽快适应,及时实现学习方法和学习习惯的转变,通过课前预习、课堂听讲、课后复习、及时练习和必要的课外阅读等重要环节,养成高效率的学习方法,培养较强的自学能力以达到良好的学习效果。

课前预习需要根据教学计划,对教师讲授的内容提前有所了解。听课时要注意合理分配精力,主动跟踪教师的逻辑思维,特别注意预习时不理解的部分。在听课中应及时记下重难点、结论、补充材料以及听不懂的地方,课后必须及时复习,梳理内容、解决难点、记住重点,在熟读教材的基础上多做练习,培养分析、解决问题的能力。

普通化学作为化学学科的导言,其特点是理论性强,涉及的基本概念、基本理论较多,所以要注意基本理论和基本知识的掌握,处理好理解与记忆的关系,明确概念、原理和公式的含义、应用条件及使用范围,在理解的基础上,熟练掌握涉及基本概念和基本原理的重要公式,善于运用分析对比和联系归纳的方法,从例题中体会解题的思路和方法、技巧,能够运用所掌握的理论知识分析、解决实际问题。在普通化学的学习中要注意各个章节内容的前后联系,达到融会贯通;抓住每一章节的重点,做到主次明确,条理清楚;理论联系实际,既掌握知识点,也学习化学的思维方法。

化学是一门实验性的学科,普通化学实验是普通化学课程的重要组成部分,所以在普通化学课程中还要重视实验课程的学习。通过实验不仅可以加深理解、巩固所学到的基本理论和基础知识,而且还可以训练相关的实验基本技能,学习科学的实验方法,培养动手的能力。在实验前要预习实验内容,做到原理清楚、步骤明确。实验过程中要认真观察实验现象,及时正确记录结果。实验结束后要认真处理实验数据,正确地分析实验现象,认真完成实验报告。通过普通化学实验,养成严谨的实验态度和科学的思维方法,培养独立工作和从事科学研究的能力。

书山有路,学海无涯,学习普通化学,掌握化学的基本理论、基础知识,对大家的学习、工作和生活必将大有裨益。辛勤的汗水和良好的学习方法也一定能够获得满意的效果。

第一篇 分散体系

由一种或多种物质分散在另外一种物质中所构成的体系称为分散体系。在自然界和生产实践中,经常碰到的泥浆、牛奶、海水等都是分散体系。分散体系是由分散质和分散剂两部分构成的,分散质是被分散的物质,分散剂是分散或容纳分散质的物质。分散质处于分割成粒子的不连续状态,而分散剂则处于连续的状态。

分散体系的分类方法有多种,常见的有两类。按分散质和分散剂的物理聚集状态分类,可将分散体系分为气态分散系、液态分散系、固态分散系 3 大类共 9 种,如表 A 所示。常见化学反应、生物体内的各种生理生化反应主要是在液体介质中进行的,故本篇主要介绍液态分散系。

表 A 按物理聚集状态分类的分散系

分散质	分散剂	实例
气	气	空气,煤气
液	气	云,雾
固	气	烟雾
气	液	泡沫,水汽
液	液	牛奶,豆浆,农药乳液
固	液	泥浆,油漆,氢氧化铁溶胶
气	固	泡沫塑料,活性炭
液	固	肉冻,硅胶
固	固	各种合金,红宝石,有色玻璃

按照分散质粒子直径大小不同分类,可以把分散体系分为 3 种,如表 B 所示。在研究体系中,组成均匀、具有相同物理和化学性质的一部分称为相,所谓组成均匀是指分散程度达到分子、离子大小的数量级。相与相之间有明确的界面,越过相界面,其性质必然发生突变。只有一个相的体系称为单相体系,有两个或两个以上相的体系称为多相体系,多相体系的特征是具有相界面。表 B 中的三种分散体系既有单相体系,也有多相体系,各种分散体系的性质有明显的区别,但三种分散体系并没有明显的界线,三者之间的过渡是渐变的,某些系统可以同时表现出两种甚至三种分散体系的性质,因此以分散质粒子直径的大小作为分散系分类的依据是相对的。

表 B 按分散质粒子大小分类的各种分散系

类型	粒子直径/nm	分散系名称	主要特征	
分子、离子分散系	<1	真溶液	很稳定,扩散快,能通过滤纸和半透膜,对光的散射极弱	单相体系
胶体分散系	$1\sim 100$	高分子溶液	很稳定,扩散慢,能通过滤纸,不能通过半透膜,光散射弱,黏度大	
		胶体	稳定,扩散慢,能通过滤纸,不能通过半透膜,光散射强	多相体系
粗分散系	>100	乳状液,悬浊液	不稳定,扩散慢,不能通过滤纸和半透膜,无光散射	多相体系

在自然界、日常生活、科学研究及工农业生产中接触得最多的分散体系是溶液和胶体分散系两类,因此,掌握有关溶液和胶体分散系的基础知识对认识自然和科学研究有着重要的意义。

第 1 章 溶 液

分散质粒径小于 1 nm,组成均匀,性质稳定的分散体系称为溶液,溶液中的分散质称为溶质,分散剂称为溶剂。溶液中溶质可以是一种物质,也可以是几种物质。从广义上讲,溶液分为气态溶液、液态溶液和固态溶液,一般没有特殊注明的均指以水为溶剂的液态溶液。它与日常生活和生产实践有着密切的联系,如农药的使用、组织培养液的配制、土壤的改良、工业废水的净化处理等无不与溶液密切相关,因此,了解和掌握有关溶液的基础知识有着重要的意义。

1.1 溶液的组成标度

一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量称为溶液的组成标度。根据不同的需要,溶液的组成标度可以用不同的方法表示,常见的表示方法有以下几种。

1.1.1 物质的量浓度

单位体积的溶液中所含溶质 B 的物质的量称为溶质 B 的物质的量浓度,在不会产生混淆时,简称为浓度,用符号 $c(\text{B})$ 或 c_{B} 表示

$$c_{\text{B}} = \frac{n(\text{B})}{V} \quad (1-1)$$

式中, $n(\text{B})$ 为溶质 B 的物质的量,SI 单位为 mol; V 为溶液的体积,SI 单位为 m^3 ,常用单位为 L; $c(\text{B})$ 单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

1.1.2 质量摩尔浓度

1 kg 溶剂 A 中所含溶质 B 的物质的量称为溶质 B 的质量摩尔浓度,用符号 b_{B} 表示

$$b_{\text{B}} = \frac{n(\text{B})}{m(\text{A})} \quad (1-2)$$

式中, $n(\text{B})$ 为溶质 B 的物质的量,SI 单位为 mol; $m(\text{A})$ 为溶剂 A 的质量,SI 单位为 kg; b_{B} 单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。由于物质的质量不受温度的影响,所以,溶液的质量摩尔浓度与温度无关。

1.1.3 物质的量分数

溶质 B 的物质的量与溶液的总的物质的量之比称为溶质 B 的物质的量分数(或摩尔分数),用符号 x_{B} 表示

$$x_{\text{B}} = \frac{n(\text{B})}{n} \quad (1-3)$$

式中, $n(\text{B})$ 为溶质 B 的物质的量,SI 单位为 mol; n 为溶液总的物质的量,SI 单位为 mol; x_{B} 无单位。

对于一个二组分的溶液体系来说,溶质的物质的量分数 x_{B} 与溶剂的物质的量分数 x_{A} 分别为