



全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

无机化学学习指导

(供中药学、药学、制药工程、
→ 化工及相关专业使用)

主编●杨怀霞 刘幸平

中国医药科技出版社

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

无机化学学习指导

(供中药学、药学、制药工程、化工及相关专业使用)

主 编 杨怀霞 刘幸平
副主编 黎勇坤 卞金辉
杨爱红 庞维荣
邹淑君



中国医药科技出版社

内 容 提 要

《无机化学学习指导》是全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材《无机化学》的配套学习用书。为方便学生复习和练习，各章节内容编排次序与理论教材同步，命题范围与现行全国高等院校本科教学大纲相关要求和规划教材内容一致，尽量覆盖较多知识点。第1章绪论，仅设有复习思考题答案；第2~11章均设有知识导航、重难点答疑、复习思考题及习题参考答案、补充习题参考答案等；书后精选了13套综合测试题，并附有参考答案。本书可使学生复习、巩固和强化所学知识，也为自我测试学习效果，参加各类考试提供参考。

图书在版编目（CIP）数据

无机化学学习指导 / 杨怀霞，刘幸平主编. —北京：中国医药科技出版社，2014.8

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5067 - 6804 - 7

I. ①无… II. ①杨… ②刘… III. ①无机化学 - 中医学院 - 教学参考资料

IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 122445 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行：010 - 62227427 邮购：010 - 62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787 × 1092 mm $\frac{1}{16}$

印张 12

字数 240 千字

版次 2014 年 8 月第 1 版

印次 2014 年 11 月第 2 次印刷

印刷 三河市百盛印装有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 6804 - 7

定价 26.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

中国医药科技出版社全国高等医药教育 教材工作专家委员会

主任委员 邵明立

副主任委员 肖培根 陈冀胜 刘昌孝 李连达 周俊

委员 (按姓氏笔画排序)

朱 华 (广西中医药大学)

刘 文 (贵阳中医学院)

许能贵 (广州中医药大学)

杨 明 (江西中医药大学)

李 钦 (河南大学药学院)

李金田 (甘肃中医学院)

张万年 (宁夏医科大学药学院)

周桂桐 (天津中医药大学)

段金廌 (南京中医药大学)

高树中 (山东中医药大学)

彭 成 (成都中医药大学)

彭代银 (安徽中医药大学)

曾 渝 (海南医学院)

秘书长 吴少祯

办公室 赵燕宜 浩云涛

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

编写委员会

主任委员 彭 成（成都中医药大学）

副主任委员 朱 华（广西中医药大学）

曾 渝（海南医学院）

杨 明（江西中医药大学）

彭代银（安徽中医药大学）

刘 文（贵阳中医学院）

委 员 （按姓氏笔画排序）

王 建（成都中医药大学）

王诗源（山东中医药大学）

尹 华（浙江中医药大学）

邓 赟（成都中医药大学）

田景振（山东中医药大学）

刘友平（成都中医药大学）

刘幸平（南京中医药大学）

池玉梅（南京中医药大学）

许 军（江西中医药大学）

严 琳（河南大学药学院）

严铸云（成都中医药大学）

杜 弢（甘肃中医学院）

李小芳（成都中医药大学）

李 钦（河南大学药学院）

李 峰（山东中医药大学）

杨怀霞（河南中医学院）

杨武德（贵阳中医学院）

吴启南（南京中医药大学）

何 宁 (天津中医药大学)
张 梅 (成都中医药大学)
张 丽 (南京中医药大学)
张师愚 (天津中医药大学)
张永清 (山东中医药大学)
陆兔林 (南京中医药大学)
陈振江 (湖北中医药大学)
陈建伟 (南京中医药大学)
罗永明 (江西中医药大学)
周长征 (山东中医药大学)
周玖瑶 (广州中医药大学)
郑里翔 (江西中医药大学)
赵 骏 (天津中医药大学)
胡昌江 (成都中医药大学)
郭 力 (成都中医药大学)
郭庆梅 (山东中医药大学)
容 蓉 (山东中医药大学)
巢建国 (南京中医药大学)
康文艺 (河南大学药学院)
傅超美 (成都中医药大学)
彭 红 (江西中医药大学)
董小萍 (成都中医药大学)
蒋桂华 (成都中医药大学)
韩 丽 (成都中医药大学)
曾 南 (成都中医药大学)
裴 瑾 (成都中医药大学)

秘 书 长 王应泉

办 公 室 赵燕宜 浩云涛 何红梅 黄艳梅

本书编委会

- 主 编 杨怀霞 刘幸平
- 副主编 黎勇坤 卞金辉 杨爱红 庞维荣 邹淑君
- 编 者 (以姓氏笔画排序)
- 于智莘 (长春中医药大学)
- 王 萍 (湖北中医药大学)
- 卞金辉 (成都中医药大学)
- 朱 鑫 (河南中医学院)
- 刘幸平 (南京中医药大学)
- 刘育辰 (贵阳中医学院)
- 许向群 (江西中医药大学)
- 杨 春 (贵州理工学院)
- 杨 婕 (江西中医药大学)
- 杨怀霞 (河南中医学院)
- 杨爱红 (天津中医药大学)
- 吴巧凤 (浙江中医药大学)
- 吴品昌 (辽宁中医药大学)
- 吴培云 (安徽中医药大学)
- 邹淑君 (黑龙江中医药大学)
- 张洪江 (南京中医药大学翰林学院)
- 张浩波 (甘肃中医学院)
- 林 舒 (福建中医药大学)
- 罗 黎 (山东中医药大学)
- 庞维荣 (山西中医学院)
- 孟祥茹 (郑州大学)
- 徐 飞 (南京中医药大学)
- 黄 莺 (湖南中医药大学)
- 黄宏妙 (广西中医药大学)
- 黎勇坤 (云南中医学院)

出版说明

在国家大力推进医药卫生体制改革，健全公共安全体系，保障饮食用药安全的新形势下，为了更好的贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010 - 2020 年）》和《国家药品安全“十二五”规划》，培养传承中医药文明，具备行业优势的复合型、创新型高等中医药院校药学类专业人才，在教育部、国家食品药品监督管理总局的领导下，中国医药科技出版社根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》，组织规划了全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材的建设。

为了做好本轮教材的建设工作，我社成立了“中国医药科技出版社高等医药教育教材工作专家委员会”，原卫生部副部长、国家食品药品监督管理局局长邵明立任主任委员，多位院士及专家任专家委员会委员。专家委员会根据前期全国范围调研的情况和各高等中医药院校的申报情况，结合国家最新药学标准要求，确定首轮建设科目，遴选各科主编，组建“全国普通高等中医药院校药学类‘十二五’规划教材编写委员会”，全面指导和组织教材的建设，确保教材编写质量。

本轮教材建设，吸取了目前高等中医药教育发展成果，体现了涉药类学科的新进展、新方法、新标准；旨在构建具有行业特色、符合医药高等教育人才培养要求的教材建设模式，形成“政府指导、院校联办、出版社协办”的教材编写机制，最终打造我国普通高等中医药院校药学类核心教材、精品教材。

全套教材具有以下主要特点。

一、教材顺应当前教育改革形势，突出行业特色

教育改革，关键是更新教育理念，核心是改革人才培养体制，目的是提高人才培养水平。教材建设是高校教育的基础建设，发挥着提高人才培养质量的基础性作用。教育部《关于普通高等院校“十二五”规划教材建设的几点意见》中提出：教材建设以服务人才培养为目标，以提高教材质量为核心，以创新教材建设的体制机制为突破口，以实施教材精品战略、加强教材分类指导、完善教材评价选用制度为着力点。鼓励编写、出版适应不同类型高等学校教学需要的不同风格和特色的教材。而药学类高等教育的人才培养，有鲜明的行业特点，符合应用型人才培养的条件。编写具有行业特色的规划教材，有利于培养高素质应用型、复合型、创新型人才，是高等医药院校教学改革的体现，是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010 - 2020 年）》的体现。

二、教材编写树立精品意识，强化实践技能培养，体现中医药院校学科发展特色

本轮教材建设对课程体系进行科学设计，整体优化；根据新时期中医药教育改革现状，增加与高等中医药院校药学职业技能大赛配套的《中药传统技能》教材；结合药学应用型特点，同步编写与理论课配套的实验实训教材，独立建设《实验室安全与管理》教材。实现了基础学科与专业学科紧密衔接，主干课程与相关课程合理配置的目标；编写过程注重突出中医药院校特色，适当融入中医药文化及知识，满足 21 世纪复合型人才培养的需要。

参与教材编写的专家都以科学严谨的治学精神和认真负责的工作态度，以建设有特色的、教师易用、学生易学、教学互动、真正引领教学实践和改革的精品教材为目标，严把编写各个环节，确保教材建设精品质量。

三、坚持“三基五性三特定”的原则，与行业法规标准、执业标准有机结合

本套教材建设将应用型、复合型高等中医药院校药学类人才必需的基本知识、基本理论、基本技能作为教材建设的主体框架，将体现高等中医药教育教学所需的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性作为教材建设灵魂，在教材内容上设立“要点导航、重点小结”模块对其加以明确；使“三基五性三特定”有机融合，相互渗透，贯穿教材编写始终。并且，设立“知识拓展、药师考点”等模块，和执业药师资格考试、新版《药品生产质量管理规范》(GMP)、《药品经营管理质量规范》(GSP) 紧密衔接，避免理论与实践脱节，教学与实际工作脱节。

四、创新教材呈现形式，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化

本轮教材建设注重数字多媒体技术，相关教材陆续建设课程网络资源，藉此实现教材富媒体化，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化，帮助院校及任课教师在 MOOCs 时代进行的教学改革，提高学生学习效果。前期建设中配有课件的科目可到中国医药科技出版社官网 (www.cmstp.com) 下载。

本套教材编写得到了教育部、国家食品药品监督管理总局和中国医药科技出版社全国高等医药教育教材工作专家委员会的相关领导、专家的大力支持和指导；得到了全国高等医药院校、部分医药企业、科研机构专家和教师的支持和积极参与，谨此，表示衷心的感谢！希望以教材建设为核心，为高等医药院校搭建长期的教学交流平台，对医药人才培养和教育教学改革产生积极的推动作用。同时精品教材的建设工作漫长而艰巨，希望各院校师生在教学过程中，及时提出宝贵的意见和建议，以便不断修订完善，更好的为药学教育事业发展和保障人民用药安全服务！

中国医药科技出版社

2014 年 7 月

《无机化学学习指导》是全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材《无机化学》的配套教学用书。无机化学是高等学校药学类相关专业学生学习的的第一门专业基础课，课程内容与高中化学知识相衔接，具有承上启下作用，它是培养专业人才的整体知识结构和能力结构的重要组成部分，同时也是后继各专业实践课程的基础。本课程教学对于学生专业知识体系的构建、自主学习意识的培养、综合素质的训练都有至关重要的作用。在多年的教学实践中，我们深切地体会到习题的设计和演算对于无机化学基本知识的掌握，学生自主学习能力的培养十分重要。本教材编写目的是使学生在课堂学习的同时，复习、巩固和强化所学知识，也为自我测试学习效果，参加各类考试提供参考。

本教材在编写过程中，始终坚持“三基五性三特定”的基本原则，在确保内容的科学性、系统性、合理性、适用性和精炼性的同时，充分考虑学生自我拓展知识能力的培养和自主学习意识的训练。为便于学生全面学习和掌握无机化学的基本知识，命题范围与现行全国高等院校本科教学大纲相关要求和规划教材内容一致，编排次序与相应教材同步，并尽量覆盖较多知识点。主要内容包括各章习题及补充习题参考答案、综合测试题等。第1章绪论仅设有复习思考题答案，第2~11章均设有知识导航、重难点答疑、复习思考题及习题参考答案、补充习题及参考答案等；书后精选了13套综合测试题，并附有答案。以方便学生复习和测试学习效果。每章知识导航，对于重点内容进行了梳理和总结，有助于学习者建立较完整系统的知识体系框架，培养综合运用所学知识分析解决问题的能力；补充习题及综合练习题型与现行各类考试一致，有助于学生熟悉各类题型，顺利通过考试。

本学习指导是由来自全国20多所院校的一线教师充分调研各校教学现状，结合多年来的教学实践认真编写、反复审阅完成。具体编写分工是：绪论（杨婕）、溶液（黎勇坤、徐飞）、化学平衡（罗黎、张浩波）、酸碱平衡（吴培云、林舒）、沉淀溶解平衡（朱鑫、于智莘）、氧化还原反应（吴品昌、黄莺）、原子结构（刘幸平、许向群）、分子结构（庞维荣、杨春）、配位化合物（黄宏妙、吴巧凤）、主族元素（杨爱红、王萍）、副族元素（卞金辉、杨怀霞）等。另外刘幸平、吴培云、邹淑君、刘育辰、张洪江等老师参加了审稿工作。在本书的成稿过程中得到参编院校领导和各位同行的大力支持和帮助，中国医药科技出版社教材办公室对本书在编排形式方面也给予了热情的指导与帮助，在此一并表示衷心感谢！

本教材可供高等中医院校药学、中药学、制药工程、化工类专业学生使用，也可供自学考试应试人员、从事无机化学、基础化学教学的教师参考。

鉴于编写时间仓促，加之编者学识水平有限，书中疏漏和错误之处在所难免，恳请各位同行和读者提出宝贵建议，以便再版时修订完善！

编者

2014年5月

第一章 绪论	1
第二章 溶液	2
第三章 化学平衡	9
第四章 酸碱平衡	17
第五章 沉淀溶解平衡	35
第六章 氧化还原反应	43
第七章 原子结构	57
第八章 分子结构	69
第九章 配位化合物	81
第十章 主族元素	98
第十一章 副族元素	108
综合练习题	118
综合练习一	118
综合练习二	123
综合练习三	129
综合练习四	134
综合练习五	139
综合练习六	144
综合练习七	149
综合练习八	155
综合练习九	159
综合练习十	164
综合练习十一	169
综合练习十二	173
综合练习十三	177

第一章 绪 论

一、复习思考题及参考答案

1. 什么是化学，化学学科有哪些分支学科，化学家的工作是什么？

解：化学是一门研究物质的结构、组成、性质及其变化规律的科学；它在原子和分子水平上，研究物质间的变化规律和变化过程中的能量关系。

化学研究的范围极其广阔，按研究的对象或研究的目的不同，可将化学学科分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学和高分子化学等五大分支学科。

化学家的工作有：研究自然界并试图了解它；创造自然界不存在的新物质和完成化学变化的新途径。

2. 简述无机化学的发展历史。

解：无机化学是化学学科中发展最早的分支学科，由于最初化学研究的大多是无机物，可以说化学的发展史也就是无机化学的发展史。根据化学发展的特征，可分为古代化学（17 世纪以前）、近代化学（从 17 世纪中叶到 19 世纪末，涉及元素概念的提出、燃烧的氧化理论、原子学说、元素周期律、无机化学等化学分支学科的形成等）和现代化学（19 世纪末开始，涉及微观粒子运动规律、原子和分子结构的本质揭示、形成交叉学科等）三个重要的发展历史阶段。

3. 无机化学与药学有什么联系？

解：无机化学与药学是相互关联的，某些无机物质可直接作为药物，目前在新药开发中，以无机物为主的制剂也大量出现。20 世纪 60 年代末，在无机化学与生物学的交叉中逐渐形成了生物无机化学（bioinorganic chemistry）这门新兴学科，它主要研究具有生物活性的金属离子（含少数非金属）及其配合物的结构 - 性质 - 生物活性之间的关系以及在生命环境内参与反应的机制。药物无机化学是近十多年来十分活跃的一个方面。

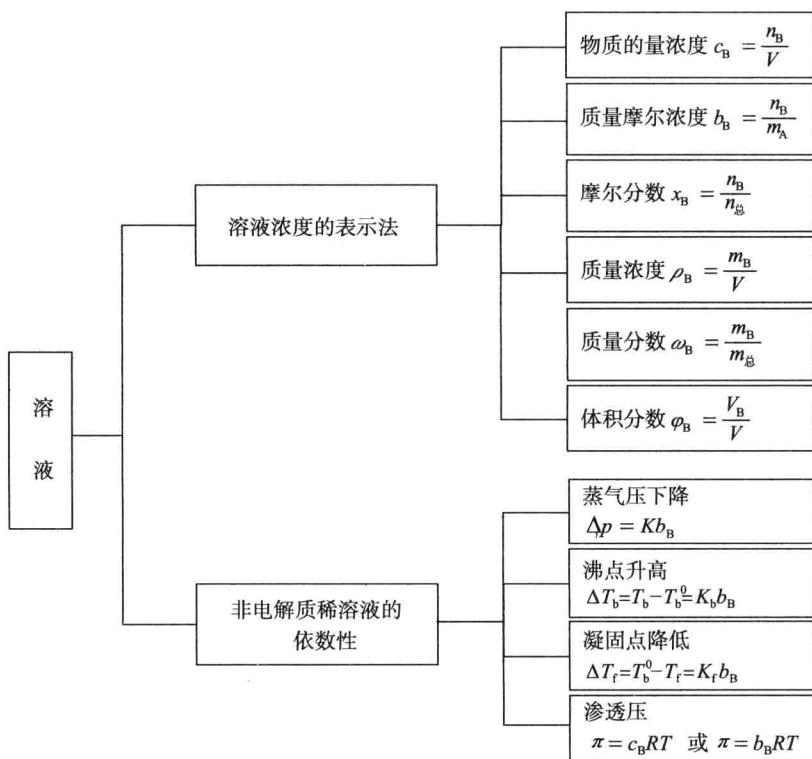
4. 我国从古至今对无机药物的研究包括哪些领域？

解：我国从古至今对无机药物的研究主要在矿物类中药领域。矿物类中药主要成分是无机化合物或单质，它是中药富有特色的组成部分。从古代开始，矿物药在中医药学的发展上有其独特的作用。直至今，随着科技的发展和医疗水平的提高，矿物类中药的研究逐渐系统、深入，涉及内容广泛，包括药物的成分、理化性质、质量标准、炮制方法、配伍和剂型等，尤其是对矿物药治病物质基础的研究，在实际应用和理论探索方面有着重要的意义。

中医药中使用难溶有毒金属的矿物有其独到之处。目前，人们正在研究金、汞、砷化合物的药理、毒理作用，以及如何通过化合物改造、制剂优化等方法解决活性和毒性的矛盾，有可能改变医学界对重金属药物认识上的片面性，开拓新型无机药物。

第二章 溶 液

一、知识导航



二、重难点解析

1. 浓度的表示方法如何分类？请简要说明。

解：浓度的表示方法分为两大类：一类是用一定体积的溶液中所含溶质的量来表示，如 c_B 、 ρ_B 、 φ_B ，配制这类浓度的溶液较为方便，但因体积受温度影响，从而浓度数值也受温度影响；另一类是用溶液中所含溶质与溶剂的相对量来表示，如 b_B 、 x_B 、 ω_B ，这类浓度数值不受温度影响，但配制不便。

2. 稀溶液的依数性是否都可以用来测定溶质摩尔质量？请简要说明。

解：四种依数性均可用于测定溶质的摩尔质量。大多数溶剂的 $K_f > K_b$ ，对同一溶液来说其凝固点降低值比沸点升高值大，实验误差较小；沸点法和蒸气压法通常都需对溶液进行加热，较高温度下溶质可能遭受破坏或者变性，溶剂挥发也会导致溶液浓度发生变化，从而产生较大的误差，而凝固点降低法是在低温下进行的，不会有上述

问题。另外，直接测定渗透压比较困难；对于挥发性溶质，测定摩尔质量不能用沸点法或蒸气压法，只能用凝固点降低法。鉴于上述原因，在测定溶质的摩尔质量时，凝固点降低法应用最广。溶液的渗透压特别适用于测定高分子化合物的摩尔质量。

三、复习思考题及习题参考答案

(一) 复习思考题及参考答案

1. 用质量摩尔浓度和物质的量浓度表示物质的浓度时，各有何优缺点？

解：质量摩尔浓度 b_B 表示的是一定质量的溶剂中所含溶质的物质的量，这种表示法的优点是浓度数值不受温度影响，缺点是配制不便；物质的量浓度 c_B 表示的是一定体积的溶液中所含溶质的物质的量，其优点是配制方便，缺点是体积受温度影响，从而浓度数值也受温度影响。

2. 考虑到细胞膜为一渗透膜，试解释何以含盐与醋之莴苣沙拉于数小时内即行软化？

解：莴苣细胞膜外为高渗溶液，膜内渗透压小于膜外，细胞膜内细胞液向膜外渗透，使细胞萎缩，即莴苣会软化。

3. 相同质量的乙醇、甘油、葡萄糖和蔗糖分别溶于 100ml 水中，将这几种溶液以相同速度降温冷冻，最先结冰和最后结冰的分别是？如果换成相同物质的量的乙醇、甘油、葡萄糖和蔗糖，结果又怎样？请加以说明。

解：最先结冰的是蔗糖溶液，最后结冰的是乙醇溶液。因乙醇、甘油、葡萄糖和蔗糖的摩尔质量分别为 46g/mol、92g/mol、180g/mol、342g/mol，乙醇摩尔质量最小，则其质量摩尔浓度最大，凝固点下降最多，溶液凝固点最低，故最后结冰。蔗糖摩尔质量最大，则其质量摩尔浓度最小，凝固点下降最少，溶液凝固点最高，故最先结冰。如溶质物质的量相同，则溶液的质量摩尔浓度相同，凝固点下降值相同，同时结冰。

4. 稀溶液的四种依数性之间有何联系？请加以说明。

解：沸点升高、凝固点降低和渗透压等性质的起因均与溶液的蒸气压下降有关，

它们之间可以通过浓度联系起来： $b_B = \frac{\Delta p}{K} = \frac{\Delta T_b}{K_b} = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{\pi}{RT}$

(二) 习题及参考答案

1. 试计算下列常用试剂的物质的量浓度、质量摩尔浓度及摩尔分数。

(1) 质量分数为 0.98，密度 d 为 1.84g/cm³ 的浓硫酸。

(2) 质量分数为 0.28，密度 d 为 0.90g/cm³ 的浓氨水。

解：(1) H₂SO₄ 的摩尔质量为 98g/mol，物质的量浓度为：

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{溶液}}} = \frac{\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times d}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \times 1000 = \frac{0.98 \times 1.84}{98} \times 1000 = 18.4 (\text{mol/L})$$

设溶液的总质量为 100g，则

$$b_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{100 \times 0.98/98}{100 \times 2\%} \times 1000 = 500 (\text{mol/kg})$$

$$x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{98/98}{98/98 + (100 - 98)/18} = 0.90$$

(2) 氨水的摩尔质量为 17g/mol, 物质的量浓度为:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{溶液}}} = \frac{\omega_{\text{NH}_3} \cdot d}{M_{\text{NH}_3}} \times 1000 = \frac{0.28 \times 0.90}{17} \times 1000 = 15 (\text{mol/L})$$

$$b_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{100 \times 0.28/17}{100 \times 72\%} \times 1000 = 22.8 (\text{mol/kg})$$

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_{\text{NH}_3} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{28/17}{28/17 + (100 - 28)/18} = 0.29$$

2. 100ml 质量浓度为 18.0g/L, 密度为 1.01g/ml 的氯化钠溶液和 150ml 质量浓度为 29.6g/L, 密度为 1.02g/ml 的氯化钾溶液充分混合后, 假设混合前后体积没有发生变化, 求混合溶液中 NaCl 的物质的量浓度、摩尔分数、质量摩尔浓度各是多少?

解:
$$n_{\text{NaCl}} = \frac{100 \times 18.0 \times 10^{-3}}{58.5} = 0.0308 (\text{mol})$$

$$c_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V_{\text{溶液}}} = \frac{0.0308}{(100 + 150) \times 10^{-3}} = 0.123 (\text{mol/L})$$

$$n_{\text{KCl}} = \frac{150 \times 29.6 \times 10^{-3}}{74.5} = 0.0596 (\text{mol})$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{(100 \times 1.01 - 100 \times 18 \times 10^{-3}) + (150 \times 1.02 - 150 \times 29.6 \times 10^{-3})}{18} = 13.76 (\text{mol})$$

$$x_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{n_{\text{NaCl}} + n_{\text{KCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.0308}{0.0308 + 0.0596 + 13.76} = 0.00222$$

$$b_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.0308}{13.76 \times 18 \times 10^{-3}} = 0.124 (\text{mol/kg})$$

3. 浓度均为 0.01mol/kg 的葡萄糖、HAc、NaCl、BaCl₂ 的水溶液, 凝固点最高、渗透压最大的分别是?

解: NaCl、BaCl₂ 是强电解质, HAc 是弱电解质, 葡萄糖是非电解质。在水溶液中, 其质点数大小依次为: BaCl₂ > NaCl > HAc > 葡萄糖。葡萄糖溶液中的粒子数最少, 凝固点降低的最小, 故凝固点最高。BaCl₂ 溶液中的粒子数最多, 所以渗透压最大。

4. 将 0.115g 奎宁溶解在 1.36g 樟脑中, 其凝固点为 169.60℃, 试计算奎宁的摩尔质量 (已知樟脑的凝固点为 179.80℃, $K_f = 39.70\text{K} \cdot \text{kg/mol}$)。

解: 设奎宁摩尔质量为 M , 根据公式 $\Delta T_f = K_f b_B$

$$\text{得 } b_B = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{179.80 - 169.60}{39.70} = 0.257 (\text{mol/kg})$$

$$\text{由 } \frac{0.115/M}{1.36 \times 10^{-3}} = 0.257 (\text{mol/kg}) \quad M = 329 (\text{g/mol})$$

5. 如果 30g 水中含有甘油 C₃H₈O₃ 1.5g, 求算溶液的沸点 (已知水的 $K_b = 0.512\text{K} \cdot \text{kg/mol}$)。

解: 先计算溶液的质量摩尔浓度, 已知甘油的摩尔质量 92g/mol

$$\text{则 } b_B = \frac{n_B}{m_A} = \frac{1.5/92}{30/1000} = 0.543 (\text{mol/kg})$$

$$\text{根据 } \Delta T_b = T_b - T_b^0 = K_b b_B = 0.512 \times 0.543 = 0.278 ^\circ\text{C}$$

溶液的沸点是 $100^{\circ}\text{C} + 0.278^{\circ}\text{C} = 100.278^{\circ}\text{C}$

6. 试求 17°C 时, 含 17.5g 蔗糖的 150ml 溶液的渗透压是多少?

解: 先计算溶液的物质的量浓度, 蔗糖 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 的摩尔质量为 342g/mol 。

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{17.5/342}{0.15} = 0.341 (\text{mol/L})$$

根据 $\pi = c_B RT = 0.341 \times 8.314 \times (17 + 273) = 822 (\text{kPa})$

7. 相同温度下乙二醇 $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$ 溶液和葡萄糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 溶液渗透压相等, 相同体积的溶液中两者质量之比是多少?

解: 根据 $\pi = c_B RT$, 渗透压相同且温度、体积均相同时, 则溶质物质的量相同。故两溶液中乙二醇和葡萄糖质量之比即其摩尔质量之比。 $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$ 摩尔质量为 62g/mol , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 摩尔质量为 180g/mol , 则质量之比为 $62/180 \approx 1/3$ 。

四、补充习题及参考答案

(一) 习题补充

1. 判断题

- (1) 非电解质稀溶液的依数性包括溶液的沸点降低。 ()
- (2) 浓度分别为 0.01mol/L 和 0.01mol/kg 的蔗糖溶液, 前者蔗糖含量高。 ()
- (3) 冰置于 273K 的盐水中, 冰会逐渐融化为水。 ()
- (4) 凝固点下降常数 K_f 的数值主要与溶剂有关。 ()
- (5) 渗透的方向是从高渗溶液往低渗溶液进行。 ()
- (6) 0.01mol/L 甘油溶液与 0.01mol/L KCl 溶液的沸点相等。 ()
- (7) 饱和溶液一定为浓溶液。 ()

2. 单项选择题

- (1) 质量分数为 0.70 , 密度为 1.56g/ml 的 NaOH (摩尔质量 40g/mol) 溶液的物质的量浓度 (mol/L) 是 ()
A. 30.2 B. 20.1 C. 17.9 D. 16.8 E. 27.3
- (2) 稀溶液的依数性是 ()
A. $\Delta p, T_b, T_f, \Delta\pi$ B. $\Delta p, \Delta T_b, \Delta T_f, \pi$ C. $p, T_b, T_f, \Delta\pi$
D. $p, \Delta T_b, \Delta T_f, \Delta\pi$ E. $\Delta p, T_b, T_f, \pi$
- (3) 等质量摩尔浓度的乙二醇、甘油、蔗糖、氯化钠、氯化钙溶液, 凝固点最低的是 ()
A. 乙二醇 B. 氯化钠 C. 甘油 D. 氯化钙 E. 蔗糖
- (4) 配制质量分数为 0.25 的硫酸锌滴眼液 100ml , 需硼酸多少克才能使溶液等渗 ()
A. 1.91 B. 2.98 C. 3.01 D. 2.59 E. 3.08
- (5) 植物的抗盐碱、抗旱能力与溶液的哪项性质有关 ()
A. 蒸气压下降 B. 沸点升高 C. 凝固点降低 D. 渗透压 E. 沸点降低
- (6) 将 5.0g 某物质溶于 100g 苯中, 测得该溶液的凝固点为 5.0°C , 则该物质的摩

尔质量 (g/mol) 是 (纯苯的凝固点 5.53°C , $K_f = 5.10\text{K} \cdot \text{kg/mol}$) ()

- A. 120 B. 481 C. 157 D. 422 E. 343

(7) 下列属于生理等渗溶液的是 ()

- A. 0.1mol/L NaCl 与 0.1mol/L 乙醇
 B. 0.9% (g/ml) NaCl 与 0.28mol/L 葡萄糖
 C. 0.2mol/L NaCl 与 0.2mol/L HAc
 D. 0.4% (g/ml) NaCl 与 0.4% (g/ml) 葡萄糖
 E. 0.9% (g/ml) NaCl 与 0.60mol/L 蔗糖

(8) 若将某高于药典规范浓度的生理盐水注入血管, 将导致 ()

- A. 血细胞中部分水渗出细胞 B. 血液中部分水渗入血细胞内
 C. 溶血现象 D. 内外相等的渗透 E. 无影响

3. 多项选择题

(1) 有关稀溶液依数性叙述正确的是 ()

- A. 只取决于溶质的粒子数而与溶质的本性无关
 B. 稀溶液依数性共有: 蒸气压下降、沸点升高和凝固点降低
 C. 沸点升高、凝固点降低和渗透压的起因均与溶液的蒸气压下降有关
 D. 非电解质的稀溶液不一定都遵守依数性规律
 E. 稀溶液的蒸气压下降是因为溶液的部分表面被难挥发的溶质粒子占据, 在单位

时间内逸出液面的溶剂分子数减少

(2) 下列哪几种溶液的浓度表示方法与溶液温度无关 ()

- A. 质量摩尔浓度 B. 摩尔分数
 C. 物质的量浓度 D. 质量分数
 E. 体积分数

(3) 配制 2L 浓度为 1.0mol/L 的 HCl 溶液, 下列操作正确的是 ()

- A. 取 332ml 质量分数为 0.20 , 密度为 1.10g/ml 的盐酸稀释配制
 B. 取 570ml 质量分数为 0.10 , 密度为 1.30g/ml 的盐酸稀释配制
 C. 取 550ml 1.0mol/L 的稀盐酸与 240ml 6.03mol/L 的稀盐酸混合稀释配制
 D. 取 550ml 1.0mol/L 的稀盐酸与 550ml 6.03mol/L 的稀盐酸混合稀释配制
 E. 取 450ml 2.0mol/L 的稀盐酸与 650ml 4.03mol/L 的稀盐酸混合稀释配制

(4) 下列现象与渗透压有关的是 ()

- A. 冬季在汽车水箱中加入甘油 B. NaCl 易溶于水
 C. 用食盐腌制蔬菜进行储藏 D. 盐碱地的农作物长势不良, 甚至枯萎
 E. 红细胞置于蒸馏水中会发生破裂

(5) 下列哪些物质在水中溶解度较好 ()

- A. 甲醇 B. 乙醇 C. AgNO_3 D. 苯 E. PbCl_2

4. 填空题

(1) 非电解质稀溶液的依数性包括_____、_____、_____和_____。

(2) 渗透现象发生需满足的基本条件是_____和_____。