



教育部高等农林院校理科基础课程
教学指导委员会推荐示范教材配套辅导教材

普通化学 学习指导

Guidance for
General Chemistry

● 孙 英 卜平宇 主编



$$K_w^\ominus = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$\text{pH} = -\lg[c(\text{H}^+)]$$

$$\text{pOH} = -\lg[c(\text{OH}^-)]$$



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE



教育部高等农林院校理科基础课程
教学指导委员会推荐示范教材配套辅导教材

普通化学 学习指导

Guidance for
General Chemistry

孙英 卜平宇 主编



$$K_w^\ominus = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$\text{pH} = -\lg[c(\text{H}^+)]$$
$$\text{pOH} = -\lg[c(\text{OH}^-)]$$



石油工业出版社
· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

普通化学学习指导/孙英,卜平宇主编. —北京:中国农业大学出版社,2010.9
ISBN 978-7-5655-0095-4

I. ①普… II. ①孙… ②卜… III. ①普通化学-高等学校-教学参考资料 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 171061 号

书 名 普通化学学习指导
作 者 孙 英 卜平宇 主编

策划编辑 魏秀云 董夫才

责任编辑 王艳欣 洪重光 冯雪梅

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail: cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2010 年 9 月第 1 版 2011 年 5 月第 2 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 9.5 印张 226 千字

定 价 16.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编写委员会

主 编 孙 英 卜平宇

副 主 编 (按姓氏拼音排序)

敖特根	陈媛梅	杜慧玲	冯志彪	韩春平	胡晓娟
李子荣	曲宝涵	张 莉	赵海香	赵茂俊	

编写人员 (按姓氏拼音排序)

阿 娟	敖特根	卜平宇	陈媛梅	程年寿	丁立军
杜慧玲	杜士杰	冯志彪	郭继虎	韩春平	胡晓娟
惠 妮	李子荣	孟 磊	曲宝涵	孙 英	肖振平
张 莉	赵海香	赵茂俊	郑其格		

**教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会
推荐示范教材编审指导委员会**

主 任 江树人

副主任 杜忠复 程备久

委 员(以姓氏笔画为序)

王来生 王国栋 方炎明 李宝华 张文杰 张良云
杨婉身 吴 坚 陈长水 林家栋 周训芳 周志强
高孟宁 戚大伟 梁保松 曹 阳 焦群英 傅承新

**教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会
推荐化学类示范教材编审指导委员会**

主 任 周志强

委 员(以姓氏笔画为序)

王 志 王俊儒 兰叶青 叶 非 刘文丛 李 斌
陈长水 杜凤沛 周 杰 庞素娟 赵士铎 贾之慎
廖蓉苏

出版说明

在教育部高教司农林医药处的关怀指导下,由教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会(以下简称“基础课教指委”)推荐的本科农林类专业数学、物理、化学基础课程系列示范性教材现在与广大师生见面了。这是近些年全国高等农林院校为贯彻落实“质量工程”有关精神,广大一线教师深化改革,积极探索加强基础、注重应用、提高能力、培养高素质本科人才的立项研究成果,是具体体现“基础课教指委”组织编制的相关课程教学基本要求的物化成果。其目的在于引导深化高等农林教育教学改革,推动各农林院校紧密联系教学实际和培养人才需求,创建具有特色的数理化精品课程和精品教材,大力提高教学质量。

课程教学基本要求是高等学校制定相应课程教学计划和教学大纲的基本依据,也是规范教学和检查教学质量的依据,同时还是编写课程教材的依据。“基础课教指委”在教育部高教司农林医药处的统一部署下,经过批准立项,于2007年底开始组织农林院校有关数学、物理、化学基础课程专家成立专题研究组,研究编制农林类专业相关基础课程的教学基本要求,经过多次研讨和广泛征求全国农林院校一线教师意见,于2009年4月完成教学基本要求的编制工作,由“基础课教指委”审定并报教育部农林医药处审批。

为了配合农林类专业数理化基础课程教学基本要求的试行,“基础课教指委”统一规划了名为“教育部高等农林院校理科基础课程教学指导委员会推荐示范教材”(以下简称“推荐示范教材”)。“推荐示范教材”由“基础课教指委”统一组织编写出版,不仅确保教材的高质量,同时也使其具有比较鲜明的特色。

一、“推荐示范教材”与教学基本要求并行 教育部专门立项研究制定农林类专业理科基础课程教学基本要求,旨在总结农林类专业理科基础课程教育教学改革经验,规范农林类专业理科基础课程教学工作,全面提高教育教学质量。此次农林类专业数理化基础课程教学基本要求的研制,是迄今为止参与院校和教师最多、研讨最为深入、时间最长的一次教学研讨过程,使教学基本要求的制定具有扎实的基础,使其具有很强的针对性和指导性。通过“推荐示范教材”的使用推动教学基本要求的试行,既体现了“基础课教指委”对推行教学基本要求的决心,又体现了对“推荐示范教材”的重视。

二、规范课程教学与突出农林特色兼备 长期以来各高等农林院校数理化基础课程在教学计划安排和教学内容上存在着较大的趋同性和盲目性,课程定位不准,教学不够规范,必须科学地制定课程教学基本要求。同时由于农林学科的特点和专业培养目标、培养规格的不同,对相关数理化基础课程要求必须突出农林类专业特色。这次编制的相关课程教学基本要求最大限度地体现了各校在此方面的探索成果,“推荐示范教材”比较充分反映了农林类专业教学改革的新成果。

三、教材内容拓展与考研统一要求接轨 2008年教育部实行了农学门类硕士研究生统一入学考试制度。这一制度的实行,促使农林类专业理科基础课程教学要求作必要的调整。“推荐示范教材”充分考虑了这一点,各门相关课程教材在内容上和深度上都密切配合这一考试制度的实行。

四、多种辅助教材与课程基本教材相配 为便于导教导学导考,我们以提供整体解决方案的模式,不仅提供课程主教材,还将逐步提供教学辅导书和教学课件等辅助教材,以丰富的教学资源充分满足教师 and 学生的需求,提高教学效果。

乘着即将编制国家级“十二五”规划教材建设项目之机,“基础课教指委”计划将“推荐示范教材”整体运行,以教材的高质量和新型高效的运行模式,力推本套教材列入“十二五”国家级规划教材项目。

“推荐示范教材”的编写和出版是一种尝试,赢得了许多院校和老师的参与和支持。在此,我们衷心地感谢积极参与的广大教师,同时真诚地希望有更多的读者参与到“推荐示范教材”的进一步建设中,为推进农林类专业理科基础课程教学改革,培养适应经济社会发展需要的基础扎实、能力强、素质高的专门人才做出更大贡献。

中国农业大学出版社

2009年8月

内 容 提 要

本书是为配合中国农业大学出版社出版的示范教材《普通化学》而编写的一本配套教学参考书,可供高等农、林、牧、水产类各专业学生学习普通化学课程时参考使用,也可作为高等农林院校教师的教学参考书及硕士研究生入学考前复习用书。

本书涵盖了高等农、林、牧、水院校普通化学课程的全部基本内容,也涵盖了高等农、林、牧、水院校研究生入学考试题所必需的知识点。本书共 10 章,各章主要分为三部分:第一部分简明阐述各章的内容要点;第二部分为典型例题;第三部分为单元测试及解答,题型包括判断题、选择题、填空题、计算题和简答题。为了便于学生全面掌握普通化学课程的知识点,书末附有 4 套模拟试卷。

前言

普通化学是高等农、林、牧、水院校本科生的一门重要基础课,是招收生物类、生产类等专业硕士研究生时必考的基础课程。为了使学生在有限的准备时间内准确地把握课程的基本概念,更深刻地理解普通化学的基本原理及其简单应用,我们组织了一批长期从事普通化学一线教学、教学经验丰富的骨干教师编写此书。本书是为配合中国农业大学出版社出版的示范教材《普通化学》而编写的一本配套教学参考书。

本书涵盖了高等农、林、牧、水院校普通化学课程的全部基本内容,并针对近几年硕士研究生入学考试考查的主要内容做了重点分析。本书不仅可供高等农、林、牧、水产类各专学生学习普通化学课程时参考使用,也可作为高等农林院校教师的教学参考书及硕士研究生入学考前复习用书。

在编写过程中,我们力求使本书具有以下特点:

1. 紧扣高等农林院校普通化学的课程内容与教学基本要求,结合教学和教材的内容,简明阐述各章的内容要点,对其中的重点、难点和易混淆之处做了进一步分析。

2. 紧密与示范教材《普通化学》的教学内容相呼应,所选例题主要以示范教材《普通化学》的各章习题为素材,通过对典型例题的解析,帮助学生正确理解基本概念、掌握解题的思路和技巧,加深对普通化学基本原理的理解。

3. 紧跟研究生入学考试出题思路,针对研究生入学考试中带有普遍性、典型性的问题,各章精选了部分自测题并配有答案。自测题的内容涵盖了研究生入学考试题所必需的知识。学生通过做自测题,可自我测试复习的效果,查缺补漏,做到精益求精。

另外,为了让学生熟悉普通化学期末考试及研究生入学考试试题的难度、题量、各章节内容的分布,本书还配有4套模拟试卷。学生在对全课程进行充分复习之后,可利用模拟试卷进一步检查自身对知识的理解和掌握、做题的速度、时间分配等方面的情况。

本书在编写过程中参考了许多相关的普通化学方面的习题集、习题解答、学习指导等参考书,在此对这些参考书的作者表示感谢。

参加本书编写工作的有:安徽科技学院李子荣、程年寿,北京林业大学陈媛梅,河北北方学院赵海香、杜士杰,河南农业大学胡晓娟、孟磊,东北农业大学冯志彪、肖振平,青岛农业大学曲宝涵、惠妮,山西农业大学杜慧玲、郭继虎,沈阳农业大学卜平宇、郑其格,内蒙古农业大学敖特根、阿娟、丁立军,内蒙古民族大学韩春平,四川农业大学赵茂俊,中国农业大学孙英、张莉,全书由主编修改、统稿。中国农业大学出版社为本书的顺利出版给予了大力的支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于编写目的和篇幅所限,本书内容不是很全面。同时,由于编者的水平所限,难免会有疏漏之处,还请同行专家和使用此书的同学指正,以待改进。

编者

2010年7月6日

C 目录

CONTENTS

第 1 章 气体和溶液	1
内容要点	1
典型例题	4
单元测试及解答	7
参考答案	9
第 2 章 原子结构与元素周期律	10
内容要点	10
典型例题	15
单元测试及解答	19
参考答案	20
第 3 章 分子结构	21
内容要点	21
典型例题	23
单元测试及解答	25
参考答案	27
第 4 章 化学热力学基础	29
内容要点	29
典型例题	33
单元测试及解答	37
参考答案	43
第 5 章 化学平衡	46
内容要点	46
典型例题	47
单元测试及解答	53
参考答案	55
第 6 章 化学动力学基础	57
内容要点	57
典型例题	59
单元测试及解答	60
参考答案	62

第 7 章 酸碱反应	64
内容要点	64
典型例题	68
单元测试及解答	75
参考答案	77
第 8 章 沉淀反应	78
内容要点	78
典型例题	79
单元测试及解答	83
参考答案	86
第 9 章 氧化还原反应	88
内容要点	88
典型例题	93
单元测试及解答	97
参考答案	100
第 10 章 配位反应	103
内容要点	103
典型例题	107
单元测试及解答	112
参考答案	115
模拟试卷	116
期末考试模拟试卷 1	116
期末考试模拟试卷 1 答案	119
期末考试模拟试卷 2	121
期末考试模拟试卷 2 答案	123
期末考试模拟试卷 3	124
期末考试模拟试卷 3 答案	127
期末考试模拟试卷 4	128
期末考试模拟试卷 4 答案	131
参考文献	133

内容要点

1. 理想气体状态方程和道尔顿分压定律

分子本身没有体积,分子间没有相互作用力的气体称为理想气体。理想气体是一种理想化的模型,严格遵守理想气体状态方程:

$$pV = nRT$$

实际气体只有在低压、高温时才近似遵守理想气体状态方程。

混合理想气体的总压等于各组分气体的分压之和,称之为道尔顿分压定律。

$$p = \sum_i p_i = \sum_i n_i \frac{RT}{V} = n \frac{RT}{V}$$

2. 溶液的基本性质

一定温度下,液体与其蒸气平衡时蒸气的压力称为该温度下液体的饱和蒸气压,简称蒸气压,用符号 p^* 表示。蒸气压是液体的重要性质,它与液体的本质和温度有关。各种液体的蒸气压均随温度的升高而增大。对于某一确定物质而言,蒸气压仅与温度有关。

通常情况下,液体的沸点是指其蒸气压等于 101.325 kPa 时的温度,称为正常沸点,简称为沸点,用符号 T_b 表示。沸点与外界压力有关,所以记录沸点时往往注明外界压力。

在压力为 101.325 kPa 的空气中,固态物质与液态物质达到平衡状态时的温度称为液体的凝固点,也称为液体的冰点或固体的熔点,用符号 T_f 表示。液体的凝固点随外压的升高而升高。

蒸气压、沸点和凝固点是液体纯物质的基本特性,当将两种或多种液体纯物质混合成溶液时,这些性质也将随溶液的组成不同而发生变化。

3. 溶液组成标度

溶液组成标度常用的表示方法有质量分数、物质的量浓度、质量摩尔浓度、物质的量分数、质量浓度等。

(1) 溶质 B 的质量分数 B 的质量与混合物的质量之比,称为 B 的质量分数。B 的质量

分数用 w_B 表示:

$$w_B = \frac{m_B}{\sum_A m_A}$$

式中: m_B 为 B 的质量, SI 单位为 kg; $\sum_A m_A$ 为混合物的质量, SI 单位为 kg; 质量分数的 SI 单位为 1。

(2) 溶质 B 的物质的量浓度 溶质 B 的物质的量浓度是指 B 的物质的量除以混合物的体积, 在不可能混淆时, 可简称为浓度。溶质 B 的物质的量浓度用符号 c_B 表示:

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

式中: n_B 为物质 B 的物质的量, SI 单位为 mol; V 为混合物的体积, SI 单位为 m^3 ; 物质的量浓度的 SI 单位为 $mol \cdot m^{-3}$, 常用单位为 $mol \cdot L^{-1}$ 。在使用物质的量浓度时必须注明物质的基本单元。

(3) 溶质 B 的质量摩尔浓度 溶液中溶质 B 的物质的量除以溶剂的质量, 称为溶质 B 的质量摩尔浓度。溶质 B 的质量摩尔浓度用 b_B 表示:

$$b_B = \frac{n_B}{m_A}$$

式中: n_B 为溶质 B 的物质的量; m_A 为溶剂的质量; 质量摩尔浓度的 SI 单位为 $mol \cdot kg^{-1}$ 。在使用质量摩尔浓度时必须注明物质的基本单元。

(4) 溶质 B 的物质的量分数 溶质 B 的物质的量与混合物的物质的量之比, 称为溶质 B 的物质的量分数, 又称为溶质 B 的摩尔分数。溶质 B 的摩尔分数用 x_B 表示:

$$x_B = \frac{n_B}{\sum_A n_A}$$

式中: n_B 为溶质 B 的物质的量; $\sum_A n_A$ 为混合物的物质的量; 摩尔分数的 SI 单位为 1。

对于一个两组分的溶液系统来说, 溶质的摩尔分数 x_B 与溶剂的摩尔分数 x_A 分别为:

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

所以 $x_A + x_B = 1$ 。

若将这个关系推广到任何一个多组分系统中, 则有: $\sum_B x_B = 1$ 。

(5) 溶质 B 的质量浓度 溶质 B 的质量与混合物体积之比称为溶质 B 的质量浓度。溶质 B 的质量浓度用 ρ_B 表示:

$$\rho_B = \frac{m_B}{V}$$

式中: m_B 为溶质 B 的质量; V 为混合物的体积; 质量浓度的 SI 单位为 $kg \cdot m^{-3}$, 常用单位为 $g \cdot L^{-1}$ 。

(6) 几种溶液组成标度之间的关系

① 物质的量浓度与质量分数 若溶质 B 的质量分数为 w_B 的溶液, 密度为 ρ , 则该溶液的物质的量浓度与质量分数的关系为:

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{m_B}{M_B V} = \frac{m_B}{M_B m / \rho} = \frac{\rho m_B / m}{M_B} = \frac{w_B \rho}{M_B}$$

式中, m 为溶液的质量。

②物质的量浓度与质量摩尔浓度 若已知溶液的密度 ρ 和溶液的质量 m , 则有:

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{n_B}{\frac{m}{\rho}} = \frac{n_B \rho}{m}$$

若该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 近似等于溶剂质量 m_A , 上式可近似为:

$$c_B = \frac{n_B \rho}{m} \approx \frac{n_B \rho}{m_A} = b_B \rho$$

若该溶液是稀的水溶液, 则:

$$c_B / (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) \approx b_B / (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

4. 稀溶液的通性及其重要应用

稀溶液是指溶质对溶剂的作用力可忽略的溶液, 是一种理想的溶液模型。稀溶液中溶剂的性质与纯溶剂的差别, 仅在于其摩尔分数降低。所以, 虽然各种溶液各有其特性, 但有几种性质是一般稀溶液所共有的, 这类性质只与溶质的粒子数目有关, 与溶质本性无关, 并且测定了一种性质还能推算其他几种性质。这类性质称为稀溶液的通性或依数性, 包括蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压。

(1)稀溶液的蒸气压下降——拉乌尔(Roult)定律 在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压等于纯溶剂的饱和蒸气压与溶液中溶剂摩尔分数的乘积。其数学表达式为:

$$p = p^* x_A$$

式中: p 为溶液的蒸气压, p^* 为溶剂的饱和蒸气压, SI 单位均为 Pa; x_A 为溶剂的摩尔分数。

对于一个两组分系统来说, 由于 $x_A + x_B = 1$, 即 $x_A = 1 - x_B$, 所以:

$$p = p^* (1 - x_B) = p^* - p^* x_B$$

$$\Delta p = p^* - p = p^* x_B$$

式中: Δp 为溶液蒸气压的下降; x_B 为溶质的摩尔分数。

因此, 拉乌尔定律又可表述为: 在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降与溶质的摩尔分数成正比。在稀溶液中, 溶质 B 的摩尔分数

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \approx \frac{n_B}{n_A} = \frac{n_B \times M_A}{n_A \times M_A} = b_B M_A$$

即溶质 B 的摩尔分数与 B 的质量摩尔浓度成正比, 故:

$$\Delta p = p^* x_B = p^* b_B M_A = k b_B$$

所以, 拉乌尔定律还可表述为: 在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降与溶质的质量摩尔浓度成正比。

(2)稀溶液的沸点升高和凝固点降低 难挥发非电解质稀溶液沸点升高和溶质的质量摩尔浓度成正比, 即

$$\Delta T_b = K_b b_B$$

式中: ΔT_b 为难挥发非电解质稀溶液的沸点升高, 单位为 K; K_b 为溶剂沸点升高常数, 单位

为 $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

沸点升高常数 K_b 只与溶剂的性质有关,而与溶质的性质以及浓度无关。常见溶剂的 K_b 可以从相关的数据表中查得。若已知溶剂的 K_b 值,就可以根据沸点升高 ΔT_b 求算溶质的摩尔质量 M 。

非电解质稀溶液凝固点下降与溶质的质量摩尔浓度成正比:

$$\Delta T_f = K_f b_B$$

式中: ΔT_f 为溶液凝固点下降,单位为 K ; K_f 为溶剂凝固点下降常数,单位为 $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

凝固点下降常数 K_f 只与溶剂的性质有关,而与溶质的性质以及浓度无关。凝固点下降公式不仅适用于难挥发非电解质稀溶液,也适用于易挥发的非电解质稀溶液。又因为同种溶剂的凝固点下降常数总是大于沸点升高常数,所以常利用凝固点下降来测定物质的摩尔质量。

(3) 渗透压 在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的渗透压与溶质的物质的量浓度符合范特荷夫(J H Van't Hoff)公式:

$$\Pi = c_B RT$$

式中: Π 为渗透压; R 为摩尔气体常数; T 为热力学温度; c_B 为溶质 B 的物质的量浓度。

通过对溶液渗透压的测定,也能估算出溶质的摩尔质量。常常利用渗透压来测定大分子,如蛋白质、高分子聚合物的摩尔质量。

典型例题

例 1-1 解释下列现象:

(1) 海水鱼和淡水鱼互换生存环境会死亡。

解: 由于淡水鱼和海水鱼细胞的渗透压不同。当淡水鱼放入海水中时,由于其细胞液盐浓度较低,渗透压较小,在海水中就会因细胞大量失水而死亡;当海水鱼放入淡水中时,由于其细胞液盐浓度较高,渗透压较大,在淡水中就会发生反渗透作用使细胞膨胀而死亡。

(2) 盐碱地上种植作物难以生长。

解: 由于盐碱地中盐浓度较大,植物细胞的渗透压较小,植物细胞易脱水而死亡。

(3) 下雪天在街道上撒盐。

解: 将食盐撒在雪上,食盐溶于雪表面的水中,形成了溶液,使溶液的凝固点降低,致使雪不断融化,进而防止路面结冰。

(4) 海水较河水难结冰。

解: 海水中盐的浓度较河水大,形成稀溶液,使海水表面的蒸气压较河水低,使海水在较低的温度下结冰。

(5) 溶液蒸发过程中沸点不断变化。

解: 在溶液蒸发过程中,由于溶剂的不断蒸发,溶液的浓度不断增大,溶液的蒸气压不断降低,所以与纯液体溶剂不同,溶液在沸腾时沸点不能保持恒定,而是不断升高直至溶液达到饱和。

例 1-2 在 17°C 、 99.3 kPa 的气压下,用排水法收集氮气 150 mL 。求在标准状况下该

气体经干燥后的体积。已知 17℃ 时水的饱和蒸气压为 1.93 kPa。

解: 已知 17℃ 时水的饱和蒸气压为 1.93 kPa, 所以

$$p(\text{N}_2) = (99.3 - 1.93) \text{ kPa} = 97.4 \text{ kPa}$$

对 N_2 而言

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{97.4 \text{ kPa} \times 150 \text{ mL} \times 273 \text{ K}}{101.325 \text{ kPa} \times 290 \text{ K}} = 136 \text{ mL}$$

例 1-3 丁烷(C_4H_{10})是一种易液化的气体燃料, 计算在 23℃、90.6 kPa 下, 丁烷气体的密度。

解: 已知 $T = 296 \text{ K}$, $p = 90.6 \text{ kPa} = 9.06 \times 10^4 \text{ Pa}$, C_4H_{10} 的摩尔质量 $M = 58.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 根据理想气体状态方程 $pV = nRT$, 可得:

$$pV = \frac{m}{M}RT = \frac{\rho V}{M}RT$$

所以丁烷的密度为:

$$\rho = \frac{pM}{RT} = \frac{9.06 \times 10^4 \text{ Pa} \times 58.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 296 \text{ K}} = 2.14 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} = 2.14 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

例 1-4 某气体在 293 K、 $9.97 \times 10^4 \text{ Pa}$ 时占有体积 $1.9 \times 10^{-1} \text{ L}$, 其质量为 0.132 g, 试求这种气体的摩尔质量, 它可能是何种气体?

解: 质量为 0.132 g 的气体其所对应的物质的量为:

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{9.97 \times 10^4 \text{ Pa} \times 1.9 \times 10^{-1} \text{ L}}{8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}} = 0.007776 \text{ mol}$$

因此该气体的摩尔质量为:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0.132 \text{ g}}{0.007776 \text{ mol}} = 16.97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

该气体为 NH_3 。

例 1-5 在 273 K 时, 将同一初压的 4.0 L N_2 和 1.0 L O_2 压缩到一个容积为 2.0 L 的真空容器中, 混合气体的总压为 $3.26 \times 10^5 \text{ Pa}$, 试求:

- (1) 两种气体的初压;
- (2) 混合气体中各组分气体的分压;
- (3) 各气体的物质的量。

解: (1) 由于 N_2 和 O_2 两气体间不发生化学反应, 按理想气体处理, 压缩前后物质的量没有发生变化, 则:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

因为 $T_1 = T_2$, 所以

$$p_1 = \frac{p_2 V_2}{V_1} = \frac{3.26 \times 10^5 \text{ Pa} \times 2.0 \text{ L}}{(4.0 + 1.0) \text{ L}} = 1.30 \times 10^5 \text{ Pa}$$

即 N_2 和 O_2 的初压为 $1.30 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

(2) 根据

$$p_i = x_i p = \frac{V_i}{V} p$$

$$p(\text{N}_2) = \frac{4}{4+1} \times 3.26 \times 10^5 \text{ Pa} = 2.61 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p(\text{O}_2) = p_{\text{总}} - p(\text{N}_2) = 3.26 \times 10^5 \text{ Pa} - 2.61 \times 10^5 \text{ Pa} = 6.50 \times 10^4 \text{ Pa}$$

(3) 由 $pV=nRT$ 得:

$$n(\text{N}_2) = \frac{2.61 \times 10^5 \text{ Pa} \times 2.0 \text{ L}}{8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273 \text{ K}} = 0.230 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{6.50 \times 10^4 \text{ Pa} \times 2.0 \text{ L}}{8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273 \text{ K}} = 0.057 \text{ mol}$$

例 1-6 将 7.00 g 结晶草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 溶于 93.0 g 水, 所得溶液的密度为 $1.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 求该溶液的(1)质量分数;(2)质量浓度;(3)物质的量浓度;(4)质量摩尔浓度;(5)摩尔分数。

解: 已知 $\rho = 1.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126.07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 90.04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则:

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{7.00 \text{ g}}{126.07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 90.04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.00 \text{ g}$$

$$(1) \quad w(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{m_{\text{溶液}}} = \frac{5.00 \text{ g}}{(7.00 + 93.0) \text{ g}} = 0.0500$$

$$(2) \quad V = \frac{m_{\text{溶液}}}{\rho} = \frac{(7.00 + 93.0) \text{ g}}{1.025 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = 97.6 \text{ mL}$$

$$\rho(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{V} = \frac{5.00 \text{ g}}{97.6 \text{ mL}} = 0.0512 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$$

$$(3) \quad n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \frac{5.00 \text{ g}}{90.04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0555 \text{ mol}$$

$$c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{V} = \frac{0.0555 \text{ mol}}{97.6 \times 10^{-3} \text{ L}} = 0.569 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$(4) \quad b(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.0555 \text{ mol}}{(93.0 + 7.00 - 5.00) \times 10^{-3} \text{ kg}} = 0.584 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$(5) \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{(93.0 + 7.00 - 5.00) \text{ g}}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5.28 \text{ mol}$$

$$x(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \frac{0.0555 \text{ mol}}{(5.28 + 0.0555) \text{ mol}} = 0.0104$$

例 1-7 今有葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)、蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 和氯化钠三种溶液, 它们的质量分数都是 1%, 试比较三者沸点、渗透压的大小。

解: 根据题意, 三种溶液中氯化钠属于强电解质溶液, 因此, 其沸点上升变化最大, 产生的渗透压也最大。而其余两种非电解质溶液葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)、蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 的溶剂都是水, 即沸点上升常数 K_b 相同, 已知葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 的摩尔质量小于蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 的摩尔质量, 在质量分数都是 1% 的情况下, 葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 的质量摩尔浓度大于蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 的质量摩尔浓度, 因此, 有如下比较结果:

沸点高低顺序: $\text{NaCl} > \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 > \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

渗透压高低顺序: $\Pi(\text{NaCl}) > \Pi(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) > \Pi(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$

例 1-8 在 26.6 g 氯仿中溶解 0.402 g 萘 (C_{10}H_8), 其沸点比氯仿的沸点高 0.455 K, 求