

高 职 高 专 教 材

# 基础化学学习指导

赵玉娥 主编

李艳华 王传胜 副主编



化学工业出版社

高职高专教材

# 基础化学学习指导

赵玉娥 主编

李艳华 王传胜 副主编



化学工业出版社

·北京·

《基础化学学习指导》是《基础化学》的配套用书,对《基础化学》各章从基本要求、知识要点、习题解答、自测题与参考答案、模拟试题等方面进行辅导,为期末和总复习提供参考。

本书着眼点在于培养和提高学生的解题能力,通过解题加深对基础知识、基本理论的理解和掌握,提高学生的学习效率。习题解答、自测题及模拟试题均有标准答案,有助于学生检验自己对于基础化学的基本理论、基础知识的掌握程度。

本书主要作为高职高专制药工程、生物工程和化工工艺等相关专业的化学配套教材、教学参考书和学习指导书,也可以作为相关专业人员进行知识更新和继续教育的辅助工具书。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础化学学习指导/赵玉娥主编. —北京:化学工业出版社, 2007.7

高职高专教材

ISBN 978-7-5025-9637-8

I. 基… II. 赵… III. 化学-高等学校:技术学院-教学参考资料 IV. 06

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第076444号

---

责任编辑:于卉

文字编辑:杨欣欣

责任校对:宋玮

装帧设计:韩飞

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×960mm 1/16 印张18½ 字数425千字 2007年7月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

本书是北京市高等教育精品教材、高职高专教材《基础化学》(赵玉娥主编)的配套教材。《基础化学》是高职高专有关专业的一门重要基础课,涵盖了无机化学、有机化学和分析化学的主要内容。鉴于《基础化学》在当前教学实践中普遍存在着课时少、教学内容多、教材例题数量有限等问题,我们编写了这本配套教材,以帮助学生理解掌握课程中的基本概念和基本理论,复习巩固教学内容,培养分析问题、解决问题的能力。

本书是各校长期从事基础化学教学的骨干教师,根据多年教学经验,博采众长编写而成。在内容上体现了重点突出,基本概念清晰,并与《基础化学》教材相呼应。各章由学习基本要求、内容提要、习题解答、自测题与参考答案、模拟试题等部分组成。其中,基本要求采用学习提要的方式列出每章的基本概念、基本理论和基本公式;知识要点通过归纳指出每章的学习重点;习题解答针对重点内容汇集了适量的典型例题,在给出解题指导的同时,着重突出解题过程的化学思维方法和技巧;自测题与参考答案用于促进知识的巩固与检验;模拟试题可为期末复习提供相应的参考。各章的习题题型包含选择题、判断题、简答题与计算题。

本书由赵玉娥教授(北京联合大学生物化学工程学院)主编,参编人员有李艳华副教授(沈阳工业大学)、王传胜副教授(沈阳化工学院)、徐雅君副教授(北京联合大学生物化学工程学院)、孙瑞岩副教授(长春中医药大学)和王桥副教授(首都医科大学)。刘晓宇老师(北京联合大学生物化学工程学院)和杨宏伟老师(北京联合大学生物化学工程学院)等对本书的编写做了文字方面的工作。其他同行教师也为本书的编写给予了大力支持,提出了许多宝贵意见,在此深表谢意。郑文君教授(南开大学)对全书进行了仔细的审阅。

由于编者水平有限,书中的不当之处在所难免,敬请读者指正。

编者  
2007年3月

# 目 录

|                     |    |                          |     |
|---------------------|----|--------------------------|-----|
| 第 1 章 绪论            | 1  | 7.1 学习基本要求               | 78  |
| 1.1 学习基本要求          | 1  | 7.2 内容提要                 | 78  |
| 1.2 内容提要            | 1  | 7.3 习题解答                 | 81  |
| 第 2 章 气体、溶液和胶体      | 3  | 7.4 自测题                  | 86  |
| 2.1 学习基本要求          | 3  | 7.5 自测题参考答案              | 91  |
| 2.2 内容提要            | 3  | 第 8 章 氧化还原平衡与氧化还原滴<br>定法 | 93  |
| 2.3 习题解答            | 7  | 8.1 学习基本要求               | 93  |
| 2.4 自测题             | 10 | 8.2 内容提要                 | 93  |
| 2.5 自测题参考答案         | 13 | 8.3 习题解答                 | 97  |
| 第 3 章 化学热力学基础       | 16 | 8.4 自测题                  | 102 |
| 3.1 学习基本要求          | 16 | 8.5 自测题参考答案              | 110 |
| 3.2 内容提要            | 16 | 第 9 章 物质结构基础             | 113 |
| 3.3 习题解答            | 20 | 9.1 学习基本要求               | 113 |
| 3.4 自测题             | 23 | 9.2 内容提要                 | 113 |
| 3.5 自测题参考答案         | 25 | 9.3 习题解答                 | 120 |
| 第 4 章 化学反应速率和化学平衡   | 28 | 9.4 自测题                  | 127 |
| 4.1 学习基本要求          | 28 | 9.5 自测题参考答案              | 134 |
| 4.2 内容提要            | 28 | 第 10 章 配位平衡和配位滴定法        | 137 |
| 4.3 习题解答            | 32 | 10.1 学习基本要求              | 137 |
| 4.4 自测题             | 36 | 10.2 内容提要                | 137 |
| 4.5 自测题参考答案         | 43 | 10.3 习题解答                | 142 |
| 第 5 章 化学分析          | 47 | 10.4 自测题                 | 145 |
| 5.1 学习基本要求          | 47 | 10.5 自测题参考答案             | 150 |
| 5.2 内容提要            | 47 | 第 11 章 分光光度法简述           | 152 |
| 5.3 习题解答            | 49 | 11.1 学习基本要求              | 152 |
| 5.4 自测题             | 52 | 11.2 内容提要                | 152 |
| 5.5 自测题参考答案         | 56 | 11.3 习题解答                | 155 |
| 第 6 章 酸碱平衡与酸碱滴定法    | 59 | 11.4 自测题                 | 157 |
| 6.1 学习基本要求          | 59 | 11.5 自测题参考答案             | 161 |
| 6.2 内容提要            | 59 | 第 12 章 有机化合物的概述          | 163 |
| 6.3 习题解答            | 63 | 12.1 学习基本要求              | 163 |
| 6.4 自测题             | 67 | 12.2 内容提要                | 163 |
| 6.5 自测题参考答案         | 75 | 12.3 习题解答                | 163 |
| 第 7 章 沉淀-溶解平衡与沉淀分析法 | 78 |                          |     |

|             |                |     |             |               |     |
|-------------|----------------|-----|-------------|---------------|-----|
| 12.4        | 自测题            | 164 | 18.4        | 自测题           | 240 |
| 12.5        | 自测题参考答案        | 164 | 18.5        | 自测题参考答案       | 243 |
| <b>第13章</b> | <b>脂肪烃</b>     | 165 | <b>第19章</b> | <b>杂环</b>     | 246 |
| 13.1        | 学习基本要求         | 165 | 19.1        | 学习基本要求        | 246 |
| 13.2        | 内容提要           | 165 | 19.2        | 内容提要          | 246 |
| 13.3        | 习题解答           | 173 | 19.3        | 习题解答          | 247 |
| 13.4        | 自测题            | 179 | 19.4        | 自测题           | 250 |
| 13.5        | 自测题参考答案        | 185 | 19.5        | 自测题参考答案       | 250 |
| <b>第14章</b> | <b>环烃</b>      | 189 | <b>第20章</b> | <b>糖类</b>     | 252 |
| 14.1        | 学习基本要求         | 189 | 20.1        | 学习基本要求        | 252 |
| 14.2        | 内容提要           | 189 | 20.2        | 内容提要          | 252 |
| 14.3        | 习题解答           | 191 | 20.3        | 习题解答          | 253 |
| 14.4        | 自测题            | 195 | 20.4        | 自测题           | 256 |
| 14.5        | 自测题参考答案        | 198 | 20.5        | 自测题参考答案       | 257 |
| <b>第15章</b> | <b>对映异构</b>    | 201 | <b>第21章</b> | <b>蛋白质</b>    | 259 |
| 15.1        | 学习基本要求         | 201 | 21.1        | 学习基本要求        | 259 |
| 15.2        | 内容提要           | 201 | 21.2        | 内容提要          | 259 |
| 15.3        | 习题解答           | 202 | 21.3        | 习题解答          | 260 |
| 15.4        | 自测题            | 204 | 21.4        | 自测题           | 260 |
| 15.5        | 自测题参考答案        | 204 | 21.5        | 自测题参考答案       | 262 |
| <b>第16章</b> | <b>卤代烃</b>     | 206 | <b>第22章</b> | <b>脂类和生物膜</b> | 264 |
| 16.1        | 学习基本要求         | 206 | 22.1        | 学习基本要求        | 264 |
| 16.2        | 内容提要           | 206 | 22.2        | 内容提要          | 264 |
| 16.3        | 习题解答           | 207 | 22.3        | 习题解答          | 265 |
| 16.4        | 自测题            | 209 | 22.4        | 自测题           | 266 |
| 16.5        | 自测题参考答案        | 212 | 22.5        | 自测题参考答案       | 267 |
| <b>第17章</b> | <b>含氧有机化合物</b> | 214 | <b>第23章</b> | <b>核酸</b>     | 268 |
| 17.1        | 学习基本要求         | 214 | 23.1        | 学习基本要求        | 268 |
| 17.2        | 内容提要           | 214 | 23.2        | 内容提要          | 268 |
| 17.3        | 习题解答           | 220 | 23.3        | 习题解答          | 268 |
| 17.4        | 自测题            | 225 | 23.4        | 自测题           | 269 |
| 17.5        | 自测题参考答案        | 231 | 23.5        | 自测题参考答案       | 271 |
| <b>第18章</b> | <b>含氮有机化合物</b> | 235 | 模拟试题1       |               | 272 |
| 18.1        | 学习基本要求         | 235 | 模拟试题2       |               | 277 |
| 18.2        | 内容提要           | 235 | 模拟试题3       |               | 282 |
| 18.3        | 习题解答           | 237 | 参考文献        |               | 287 |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 学习基本要求

1. 掌握化学研究的对象与内容。
2. 了解化学的分支学科。
3. 了解化学在社会发展中的作用和地位。
4. 了解本课程的内容、特点及要求。

## 1.2 内容提要

### 1. 化学的研究对象

化学是自然科学中的一门重要学科。化学是在分子、原子或离子水平上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中的能量关系的一门科学。简单地说，化学是研究物质变化的科学。

### 2. 化学的分支学科

化学的研究范围极其广泛，按研究的对象或研究的目的不同，可将化学分为无机化学、分析化学、有机化学、物理化学和高分子化学等五大分支学科（即化学的二级学科）。

(1) 无机化学 无机化学研究的对象是元素及其化合物（除碳氢化合物及其衍生物外）。它是化学最早发展起来的一门分支学科。

(2) 分析化学 分析化学研究物质化学组成的定性鉴定和定量测量、物理性能的测试、化学结构的确定以及相应原理，其特定任务是研究解决上述各种表征和测量问题的方法。

(3) 有机化学 有机化学研究碳氢化合物及其衍生物，碳原子的正四面体结构是有机化合物结构的重要基础，故有人认为有机化学就是“碳的化学”。世界上每年合成的近百万个新化合物中的 70% 以上是有机化合物，这些化合物直接或间接地为人类提供大量的必需品。

(4) 物理化学 物理化学应用物理测量方法和数学处理方法来研究物质及其反应，以寻求化学性质与物理性质间本质联系的普遍规律，其主要内容大致包括化学热力学、化学动力学和结构化学三个方面。

(5) 高分子化学 高分子化学研究高分子化合物的结构、性能、合成方法、反应机理、加工成型和应用及高分子溶液的性质等。

### 3. 化学在社会发展中的作用和地位

化学在人类生存、生存质量和安全方面将以新的思路、观念和方式发挥核心科学的作用。20 世纪的化学科学在保证人们衣食住行需求、提高人民生活水平和健康状态等方面起了重大作用。展望未来，人口、环境、资源、能源问题更趋严重，在这些方面，未来的化学将仍然是研究人类赖以生存的物质基础的核心科学。

#### 4. 《基础化学》的内容

《基础化学》是一门为高职高专化学工程、生物工程、制药工程、环境工程等专业开设的基础化学课程。它综合了现代无机化学、有机化学、物理化学、分析化学、生物化学的基本知识、基本理论、基本技能，全书以讲清化学基本知识和基本理论为主，适当考虑在工程中的应用。



# 第 2 章 气体、溶液和胶体

## 2.1 学习基本要求

- ① 掌握理想气体状态方程和分压定律。
- ② 掌握溶液浓度的表示方法和有关计算。
- ③ 理解溶液的蒸气压下降和拉乌尔定律、溶液的沸点升高、溶液的凝固点下降、溶液的渗透压和反渗透。
- ④ 了解胶团的组成、结构和性质。理解胶体的稳定性。

## 2.2 内容提要

### 2.2.1 气体

(1) 理想气体状态方程式 在压力不太高和温度不太低时的气体，温度、压力和体积之间存在如下的关系：

$$pV = nRT$$

式中， $n$  为气体物质的量，mol； $V$  为气体的体积，L； $T$  为气体的热力学温度，K； $p$  为气体的压力，Pa； $R$  为摩尔气体常数，其值为  $8.314\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 。

该式称为理想气体状态方程式，也可表示为另外一种形式：

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

式中， $m$  为气体的质量，g； $M$  为气体的摩尔质量，g/mol。

(2) 理想气体分压定律 混合气体中某一组分气体 B 的分压  $p_B$  等于总压  $p_{\text{总}}$  乘以气体 B 的物质的量分数（摩尔分数） $x_B$ ：

$$p_B = p_{\text{总}} x_B$$

$$x_B = \frac{n_B}{n_{\text{总}}}$$

$$p_B = p_{\text{总}} \frac{n_B}{n_{\text{总}}}$$

若混合气体由 C 和 D 两组分组成，则

$$p_{\text{总}} = p_C + p_D$$

同理，在一定温度和压力下，混合气体中组分 B 的分体积 ( $V_B$ ) 也可以定义为混合气体总体积乘以物质 B 的物质的量分数，即

$$V_B = V_{\text{总}} x_B = V_{\text{总}} \frac{n_B}{n_{\text{总}}}$$

## 2.2.2 分散体系

最简单的分散体系主要由两个部分构成：被分散的物质和对被分散物质起分散作用的物质。其中，被分散的物质通常称为分散相；而对被分散物质起分散作用的物质称为分散介质，或者分散剂。根据被分散物质的颗粒大小，分散体系可以分成三类：分子分散体系（溶液）、胶体分散体系和粗分散体系。

## 2.2.3 溶液及其浓度表示法

(1) 物质的量浓度 单位体积中所含溶质的物质的量称为该物质的物质的量浓度，简称浓度，用符号  $c$  表示

$$c = \frac{n}{V}$$

式中， $c$  为物质的量浓度，mol/L； $n$  为溶质的物质的量，mol； $V$  为溶液的体积，L。

另外一种形式为：

$$c = \frac{m}{MV}$$

式中， $m$  为溶质的质量，g； $M$  为溶质的摩尔质量，g/mol。

(2) 物质的量分数 溶液中某组分物质的量占溶液总物质的量的分数，用符号  $x$  表示。若其溶液是由 A 和 B 两种组分组成的，它们在溶液中的物质的量分别为  $n_A$  和  $n_B$ ，则

$$\text{组分 A 的物质的量分数 } x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

溶液各组分的物质的量分数之和等于 1。

(3) 质量摩尔浓度 用每千克质量溶剂中所含溶质的物质的量表示的浓度叫做质量摩尔浓度，用符号  $b$  表示，即

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

式中， $b_B$  为质量摩尔浓度，mol/kg； $n_B$  为溶质的物质的量，mol； $m$  为溶剂的质量，kg。

(4) 质量分数 溶质的质量与整个溶液的总质量之比称为质量分数，用  $w$  表示，即

$$w_B = \frac{m_B}{m}$$

式中， $m_B$  为溶质的质量，kg； $m$  为溶液的质量，kg。质量分数  $w_B$  量纲为一，过去常用百分含量表示，但不能称为质量百分比浓度。

(5) 质量浓度 物质 B 的质量  $m_B$  与溶液的体积  $V$  之比称为物质 B 的质量浓度，用符号  $\rho_B$  表示。即

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

质量浓度  $\rho_B$  的单位为 kg/m<sup>3</sup> 或 g/L、mg/L。

## 2.2.4 溶解度和分配定律

(1) 相似相溶原理 大量的实验表明，极性物质易溶于极性溶剂中，非极性物质易溶于

非极性溶剂中。两种物质的极性越接近，相互溶解度越大；反之两种物质的极性相差越大，相互溶解度越小；当两种物质的极性相差非常大时，两个物质完全不互溶。这就是著名的“相似相溶原理”。

(2) 分配定律 实验证明，在一定温度和压力下，将同一个溶质同时溶解到两个互不相溶的溶剂中达到平衡时，溶质在这两溶剂中的溶解度之比等于常数。这就是分配定律，数学表达式为：

$$k = \frac{c_A}{c_B}$$

式中， $k$  称为分配系数； $c_A$  和  $c_B$  为溶质在溶剂 A 和溶剂 B 中的物质的量浓度。

### 2.2.5 非电解质稀溶液的依数性

稀溶液的依数性是指溶液的某些性质仅依赖于溶质粒子的数量，而与溶质自身性质无关，包括溶液的蒸气压下降、溶液的沸点升高、溶液的凝固点下降和溶液的渗透压力等。

(1) 溶液的蒸气压下降和拉乌尔定律 向液态溶剂中添加少量的难挥发性的非电解质溶质，则该溶液就会表现出随着溶质总量的增加在溶液液面上蒸气压减小的现象，这一现象称为溶液的蒸气压下降。降低的数值与溶解的非电解质的量有关，而非电解质的种类无关。

拉乌尔依据实验结果，得出如下结论：在一定温度下，难挥发的非电解质稀溶液的蒸气压降低值与溶解在溶剂中的物质的量分数成正比，这种定量关系称为拉乌尔定律。即

$$\Delta p = p^\circ x_{\text{溶质}}$$

式中， $\Delta p$  为溶液的蒸气压降低值； $p^\circ$  为溶剂的蒸气压； $x_{\text{溶质}}$  为溶质的物质的量分数。

拉乌尔定律的另一表达式为：

$$p_{\text{溶液}} = p^\circ x_{\text{溶剂}}$$

式中， $x_{\text{溶剂}}$  为溶剂的物质的量分数。

拉乌尔定律是溶液最基本定律之一。只有稀溶液中的溶剂才服从拉乌尔定律，溶质不服从拉乌尔定律。

(2) 溶液的沸点升高 沸点就是使液体的蒸气压等于外压时的温度。

非电解质稀溶液会随着溶质总量的增加沸点升高，这一现象称为溶液的沸点升高。

若纯溶剂的沸点为  $T_b^\circ$ ，溶液的沸点为  $T_b$ ，则沸点的升高值  $\Delta T_b = T_b - T_b^\circ$ 。

实验表明，溶液的沸点上升值  $\Delta T_b$  与溶液的质量摩尔浓度  $b_B$  成正比：

$$\Delta T_b = K_b b_B$$

式中， $K_b$  为溶剂的沸点升高常数， $^\circ\text{C} \cdot \text{kg}/\text{mol}$ ； $b_B$  为溶液的质量摩尔浓度。

沸点升高常数  $K_b$  只与温度和溶剂的性质有关，与溶质的性质无关。

沸点升高公式只适用于含非挥发性溶质的非电解质稀溶液。

(3) 溶液的凝固点下降 凝固点（或熔点）是在一定外压下（通常是 101.325kPa）物质的固相蒸气压与液相蒸气压相等时的温度。如水的凝固点是冰水共存达平衡时的温度，此时水和冰有共同的蒸气压。

非电解质稀溶液随着溶质总量的增加而凝固点下降，这一现象称为溶液的凝固点下降。用公式表示为：

$$\Delta T_f = T_f^\circ - T_f$$

式中，下角标 f 表示凝固点； $T_f^\circ$  和  $T_f$  表示纯水和溶液的凝固点温度。

实验表明，溶液的凝固点下降值与溶液的质量摩尔浓度  $b_B$  成正比关系：

$$\Delta T_f = K_f b_B$$

式中， $K_f$  为溶剂的凝固点下降常数，单位是  $^\circ\text{C} \cdot \text{kg}/\text{mol}$ ； $b_B$  为溶液的质量摩尔浓度。

凝固点下降常数  $K_f$  只与温度和溶剂的性质有关，与溶质的性质无关。

凝固点下降公式适用于含非挥发性溶质的非电解质稀溶液，也适用于含挥发性溶质的电解质稀溶液。

#### (4) 溶液的渗透压和反渗透

① 渗透压 只能允许比较小的溶剂分子（例如水分子）通过，而不能允许较大的溶质分子（例如蛋白质分子、糖分子等）或者悬浮颗粒通过的膜称为半透膜。只有溶剂分子通过半透膜自动扩散的过程叫渗透。

恰能阻止被半透膜所隔开的溶液与纯溶剂之间的渗透作用的发生而施加于溶液液面上的额外压力称为该溶液的渗透压。或者说渗透压就是阻止纯溶剂中的溶剂分子进入溶液中的最小压力。

温度一定时稀溶液的渗透压与溶液的物质的量浓度  $c_B$  成正比，当浓度一定时稀溶液的渗透压与热力学温度成正比。可用公式表示为

$$\pi = c_B RT$$

式中， $\pi$  为渗透压，kPa； $R$  为摩尔气体常数 [ $8.314\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ]； $T$  为热力学温度，K； $c_B$  为物质的量浓度，mol/L。这一关系式也称为范特霍夫渗透压定律。

② 反渗透 反渗透又称逆渗透，实际上是一种渗透过程的逆过程。

### 2.2.6 胶体溶液

胶体分散系按分散相和分散介质聚集态不同可分成多种类型，其中以固体分散在水中的溶胶为最重要。溶胶中的粒子直径在  $1\sim 100\text{nm}$  之间，它含有百万或上亿个原子，是一类难溶的多分子聚集体。溶胶是多相的高分散体系，具有很高的表面能。

溶胶的基本特征是：多相性、高分散性和热力学不稳定性。溶胶的各种性质都是由这些基本特征引起的。

溶胶除了具有一般溶液的性质外，本身还具有一些特殊的性质。

(1) 光学性质——丁达尔现象 溶胶与其他分散体系相比，最特殊的就是其光学性质。

丁达尔在实验中发现：在暗室中，将一束光线透过溶胶时，在侧面将可以看到光穿过溶胶的路径，呈现出一个光亮的圆锥体。这一现象后来人们称之为丁达尔现象，或者丁达尔效应。

(2) 动力性质——布朗运动 布朗在显微镜下观察悬浮在水中的植物花粉时，发现悬浮在水面上的花粉颗粒总是在做不规则的运动，这就是著名的布朗运动。

(3) 电学性质 胶体颗粒由于各种原因带有电荷以后, 在外电场作用下, 分散相和分散介质发生相对位移的现象, 称胶体的电动现象。常见的有电泳和电渗。

在外电场作用下, 溶胶中的带电粒子在分散介质中向带有相反电荷的电极定向移动的现象称为电泳。实际上溶胶粒子的电泳现象与电解质溶液中粒子的迁移是完全一样的。

## 2.3 习题解答

(1) 有一煤气罐容积为 100L, 27°C 时压力为 500kPa, 经气体分析, 煤气中含 CO 的体积分数 0.600, H<sub>2</sub> 的体积分数 0.100, 其余气体的体积分数为 0.300, 求此储罐中 CO、H<sub>2</sub> 的物质的量。

$$\text{解: } n_{\text{总}} = \frac{p_{\text{总}} V}{RT} = \frac{500 \times 100}{8.314 \times (273 + 27)} = 20.047 \text{ mol}$$

$$x_{\text{CO}} = \frac{n_{\text{CO}}}{n_{\text{总}}} = \frac{V_{\text{CO}}}{V_{\text{总}}} = 0.6$$

$$n_{\text{CO}} = 20.047 \times 0.6 = 12.028 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2} = 20.047 \times 0.1 = 2.005 \text{ mol}$$

(2) 含甲烷和乙烷的混合气体, 在 20°C 时, 压力为 100kPa。已知混合气体中含甲烷与乙烷质量相等, 求它们的分压。

解: 设甲烷质量为  $x(\text{g})$

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{x}{16} \quad n_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{x}{30}$$

$$p_{\text{CH}_4} = \frac{n_{\text{CH}_4} RT}{V}$$

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{n_{\text{C}_2\text{H}_6} RT}{V}$$

$$\frac{p_{\text{CH}_4}}{p_{\text{C}_2\text{H}_6}} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{C}_2\text{H}_6}} = \frac{30}{16} = \frac{15}{8}$$

$$p_{\text{总}} = p_{\text{CH}_4} + p_{\text{C}_2\text{H}_6}$$

$$p_{\text{CH}_4} = 65.22 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{C}_2\text{H}_6} = 34.78 \text{ kPa}$$

(3) 在 20°C 时, 用排水取气法收集到压力为 100kPa 的氢气 300cm<sup>3</sup>, 问去除水蒸气后干燥的氢气体积有多大。

解: 20°C  $p_{\text{总}} = 100 \text{ kPa}$ ,  $V_{\text{总}} = 0.3 \text{ L}$

20°C 时水的饱和蒸气压为 2.33kPa

$$p_{\text{H}_2} V_{\text{总}} = p_{\text{总}} V_{\text{H}_2, \text{干燥}}$$

$$(100 - 2.33) \times 0.3 = 100 \times V_{\text{H}_2, \text{干燥}}$$

$$V_{\text{H}_2} = \frac{97.67 \times 0.3}{100} = 0.293 \text{ L} = 293 \text{ mL}$$

(4) 在 25°C 时, 质量分数为 0.0947 的稀硫酸溶液的密度为  $1.06 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 在该温度下纯水的密度为  $997 \text{ kg/m}^3$ 。计算  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量分数、物质的量浓度和质量摩尔浓度。

$$\text{解: } c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{总}}} = \frac{w_{\text{H}_2\text{SO}_4} \rho V_{\text{总}}}{V_{\text{总}} M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{w_{\text{H}_2\text{SO}_4} \rho}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{1.06 \times 10^3 \times 0.0947}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = 1.024 \text{ mol/L}$$

$$c_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{w_{\text{H}_2\text{O}} \rho}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1.06 \times 10^3 \times (1 - 0.0947)}{18} = 53.312 \text{ mol/L}$$

$$x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{总}}} = \frac{c_{\text{H}_2\text{SO}_4} V_{\text{总}}}{c_{\text{H}_2\text{SO}_4} V_{\text{总}} + c_{\text{H}_2\text{O}} V_{\text{总}}} = \frac{c_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{c_{\text{H}_2\text{SO}_4} + c_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1.024}{53.312 + 1.024} = 0.0188$$

$$b_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} \approx \frac{c_{\text{H}_2\text{SO}_4} V_{\text{总}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} V_{\text{总}}} = \frac{c_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1.024}{997 \times 10^{-3}} = 1.027 \text{ mol/kg}$$

(5) 将 2.50g NaCl 溶于 497.5g 水中配置成溶液, 此溶液的密度为  $1.002 \text{ g/mL}$ , 求 NaCl 溶液的质量摩尔浓度、物质的量浓度和物质的量分数。

$$\text{解: NaCl 溶液的质量摩尔浓度 } b_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{2.50}{58}}{497.5} \times 1000 = 0.0866 \text{ mol/kg}$$

$$\text{物质的量浓度 } c_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{\frac{2.50}{58}}{\frac{497.5 + 2.50}{1.002 \times 1000}} = 0.0863 \text{ mol/L}$$

$$\text{物质的量分数 } x_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{n_{\text{NaCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{2.50}{58}}{\frac{2.50}{58} + \frac{497.5}{18}} = 0.0016$$

(6) 在 25°C 时, 已知氨气在水和氯仿中的分配系数为 2.5, 现测得水中氨气的浓度为  $0.015 \text{ mol/L}$ , 求氨气在氯仿中的溶解度。

解: 令  $\alpha$  表示水,  $\beta$  表示氯仿, 分配系数为:

$$k = \frac{c_{\text{NH}_3}^{\alpha}}{c_{\text{NH}_3}^{\beta}} = \frac{0.015}{c_{\text{NH}_3}^{\beta}} = 2.5$$

$$\text{解得 } c_{\text{NH}_3}^{\beta} = 0.006 \text{ mol/L}$$

(7) 在 30°C 时, 将 35g 氯化钾溶解到 500g 水中, 形成稀溶液, 计算此时溶液的蒸气压。已知 30°C 时水的饱和蒸气压为  $4.24 \text{ kPa}$ 。

解: 根据拉乌尔定律

$$p = p^{\circ} x_A = 4.24 \times \frac{\frac{500}{18}}{\frac{500}{18} + \frac{35}{74.6}} = 4.17 \text{ kPa}$$

(8) 将 0.911g 四氯化碳溶解于 50.0g 苯中形成稀溶液, 凝固点下降了  $0.6^{\circ}\text{C}$ , 求四氯化碳的摩尔质量。

解: 设  $\text{CCl}_4$  的摩尔质量为  $M_B$ , 查表可得苯的凝固点下降常数为  $5.12^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg/mol}$  因为  $\text{CCl}_4$  的质量摩尔浓度为:

$$b_B = \frac{0.911}{50 \times 10^{-3} M_B}$$

又因为凝固点下降公式  $\Delta T_f = K_f b_B$

所以 
$$M_B = \frac{0.911}{50 \times 10^{-3}} \times \frac{K_f}{\Delta T_f} = 18.22 \times \frac{5.12}{0.6} = 155.5 \text{g/mol}$$

(9) 在 25mL 苯中溶解了 0.238g 的萘 (摩尔质量为 128g/mol), 实验测得苯的凝固点下降了  $0.422^{\circ}\text{C}$ 。已知苯的密度为 0.9001g/mL, 求苯的凝固点下降常数  $K_f$ 。

解: 苯的质量  $m_A$  为  $25\text{mL} \times 0.9001\text{g/mL} = 22.5\text{g}$   
萘的质量摩尔浓度为:

$$b_B = \frac{\frac{m_B}{M_B}}{m_A} = \frac{\frac{0.238}{128}}{22.5 \times 10^{-3}} = 0.0826 \text{mol/kg}$$

由凝固点下降公式:

$$\Delta T_f = K_f b_B$$

$$K_f = 0.422 / 0.0826 = 5.11^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg/mol}$$

(10) 50.00g 的  $\text{CCl}_4$  中溶解了 0.5126g 的萘, 沸点上升了  $0.402^{\circ}\text{C}$ 。如果溶解了 0.6216g 未知物 X, 沸点上升了  $0.647^{\circ}\text{C}$ , 求 X 的摩尔质量。

解: 萘的摩尔质量为 128g/mol, 由沸点上升公式  $\Delta T_b = K_b b_B$   
可计算出  $\text{CCl}_4$  的沸点上升常数  $K_b$

$$K_b = \frac{\Delta T_b}{b_B} = \frac{0.402}{\frac{0.5126}{128} \times \frac{1}{50 \times 10^{-3}}} = 5.02^{\circ}\text{C} \cdot \text{kg/mol}$$

当溶解了 0.6216g 的 X 时, 质量摩尔浓度  $b_B$  为:

$$b_B = \frac{\Delta T_b}{K_b} = \frac{0.6216}{5.02 \times 10^{-3}}$$

即 
$$\frac{0.647}{5.02} = \frac{M_X}{0.05}$$

解得未知物 X 的摩尔质量  $M_X = 96.5 \text{g/mol}$

(11) 在 22.5g 的水中溶解了 0.44g 的尿素  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ , 形成的稀溶液沸点为  $100.17^{\circ}\text{C}$ , 求水的沸点上升常数  $K_b$ 。

解: 尿素的摩尔质量为 60g/mol,

尿素的质量摩尔浓度  $b_B = \frac{0.44}{22.5 \times 10^{-3}} = 0.326 \text{ mol/kg}$

沸点上升常数  $K_b = \frac{\Delta T_b}{b_B} = \frac{100.17 - 100}{0.326} = 0.52^\circ\text{C} \cdot \text{kg/mol}$

## 2.4 自测题

### 2.4.1 填空题

- (1) 15% NaCl 溶液的物质的量分数经过计算为\_\_\_\_\_。(M<sub>NaCl</sub> = 58.5g/mol)
- (2) 2.50g 水中溶解 0.585g NaOH, 此溶液的质量摩尔浓度为\_\_\_\_\_。
- (3) 比较相同浓度 (0.01mol/L) 的 NaCl、CaCl<sub>2</sub>、蔗糖三种水溶液的蒸气压及沸点大小。  
蒸气压 (从小到大) 的顺序是\_\_\_\_\_;  
沸点 (从高到低) 的顺序是\_\_\_\_\_。
- (4) 质量浓度相同的蔗糖和葡萄糖稀溶液, 较易沸腾的是\_\_\_\_\_, 较易结冰的是\_\_\_\_\_。
- (5) 产生渗透现象应具备的两个条件是: ①\_\_\_\_\_; ②\_\_\_\_\_。
- (6) 一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降, 沸点升高, 凝固点下降和渗透压, 与一定量溶剂中溶质的\_\_\_\_\_, 与\_\_\_\_\_无关。
- (7) 若半透膜内外溶液浓度不同时, 溶剂分子会自动通过半透膜由\_\_\_\_\_溶液一方向\_\_\_\_\_溶液一方扩散。
- (8) 在电场中溶胶的电泳现象是\_\_\_\_\_的定向运动。
- (9) 难挥发的非电解质溶液的蒸气压下降的原因是\_\_\_\_\_; 沸点升高和凝固点下降原因是\_\_\_\_\_。
- (10) 渗透作用可以发生在\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_之间或两种\_\_\_\_\_的溶液之间。
- (11) 当溶剂中溶解了溶质以后, 溶剂的部分表面被\_\_\_\_\_所占据, 使\_\_\_\_\_蒸发的机会减少, 所以达到平衡时溶液的\_\_\_\_\_低于\_\_\_\_\_的蒸气压。
- (12) 溶胶粒子带电的原因是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

### 2.4.2 选择题

- (1) 有一含 N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 的混合气体, 其中 N<sub>2</sub> 体积分数为 20%、分压为 20.26kPa, 混合气体的总压为 ( )。  
A. 101.3kPa      B. 10.13kPa      C. 30.39kPa      D. 50.65kPa
- (2) 某混合气体, 总压为 100kPa, 甲、乙、丙三种气体各自的物质的量分别为 1mol、4mol、5mol 则甲的分压为 ( )。  
A. 10kPa      B. 100kPa      C. 40kPa      D. 50kPa
- (3) 摩尔是表示物质的 ( ) 的单位, 每摩尔物质含有阿伏加德罗常数个微粒。  
A. 体积      B. 重量      C. 浓度      D. 量



- (4) 血浆中  $K^+$  离子的质量浓度是  $0.195\text{g/L}$ , 则  $K^+$  离子的物质的量浓度是 ( )。
- A.  $7.6\text{mol/L}$       B.  $7.6\text{mmol/L}$       C.  $5\text{mmol/L}$       D.  $5 \times 10^{-3}\text{mmol/L}$
- (5) 已知浓硫酸的密度为  $1.84\text{g/mL}$ , 其中含  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $M=98\text{g/mol}$ ) 为  $96\%$  (质量分数), 其浓度为 ( )  $\text{mol/L}$ 。
- A. 9                  B. 18                  C. 32                  D. 98
- (6) 有一  $\text{KOH}$  溶液 ( $0.5540\text{mol/L}$ )  $100.00\text{mL}$ , 欲配成  $0.5000\text{mol/L}$  的溶液需加水 ( )  $\text{mL}$ 。
- A. 72.30              B. 110.80              C. 89.20              D. 10.80
- (7) 将  $10\text{g}$   $\text{NaOH}$  ( $M=40\text{g/mol}$ ) 溶于  $500\text{mL}$  水中, 其物质的量浓度为 ( )  $\text{mol/L}$ 。
- A. 0.020              B. 0.080              C. 0.100              D. 0.500
- (8) 在  $50\text{g}$  水中含有  $0.1\text{molNaCl}$ , 则  $\text{NaCl}$  的质量摩尔浓度为 ( )  $\text{mol/kg}$ 。
- A. 2                  B. 0.2                  C. 1                  D. 0.1
- (9) 将  $50\text{mL}$   $2.0\text{mol/L}$   $\text{NaOH}$  溶液加水稀释至  $500\text{mL}$ , 其浓度为 ( )  $\text{mol/L}$ 。
- A. 0.1                  B. 0.2                  C. 5                  D. 40
- (10) 物质 B 的质量摩尔浓度是 ( )。
- A. 每升 (L) 溶液中 B 的物质的量 (mol)  
 B. 每升 (L) 溶液中溶质的质量 (kg)  
 C. 每千克 (kg) 溶剂中溶质的物质的量 (mol)  
 D. 每千克 (kg) 溶剂中溶质的质量 (kg)
- (11) 将  $0.90\text{mol/L}$  的  $\text{KNO}_3$  溶液  $100\text{mL}$  与  $0.10\text{mol/L}$  的  $\text{KNO}_3$  溶液  $300\text{mL}$  混合, 所制得  $\text{KNO}_3$  溶液的浓度为 ( )。
- A.  $0.50\text{mol/L}$       B.  $0.40\text{mol/L}$       C.  $0.30\text{mol/L}$       D.  $0.20\text{mol/L}$
- (12) 用  $18\text{mol/L}$  的浓硫酸  $3.5\text{mL}$  配成  $350\text{mL}$  的溶液, 该溶液的物质的量浓度为 ( )。
- A.  $0.25\text{mol/L}$       B.  $0.28\text{mol/L}$       C.  $0.18\text{mol/L}$       D.  $0.35\text{mol/L}$
- (13) 市售浓盐酸的浓度为 ( )  $\text{mol/L}$ 。
- A. 6                  B. 12                  C. 18                  D. 36
- (14) 质量摩尔浓度的优点是 ( )。
- A. 准确度高      B. 使用广泛      C. 计算方便      D. 其值不随温度变化
- (15) 同温同体积的两杯蔗糖溶液, 浓度分别为  $1\text{mol/L}$  和  $1\text{mol/kg}$ , 则溶液中的蔗糖含量应是 ( )。
- A. 一样多      B.  $1\text{mol/kg}$  中多      C.  $1\text{mol/L}$  中多      D. 不一定哪个多
- (16)  $0.1\text{mol/L}$   $\text{KCl}$  水溶液  $100^\circ\text{C}$  时的蒸气压为 ( )。
- A.  $101.3\text{kPa}$       B.  $10.1\text{kPa}$       C. 略低于  $101.3\text{kPa}$       D. 略高于  $101.3\text{kPa}$
- (17) 下列溶液浓度相同, 沸点最高的是 ( )。
- A.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$       B.  $\text{H}_3\text{BO}_3$       C.  $\text{KCl}$       D.  $\text{BaCl}_2$
- (18) 称取同样质量的两种难挥发的非电解质 A 和 B, 分别溶解在  $1\text{L}$  水中, 测得 A 溶