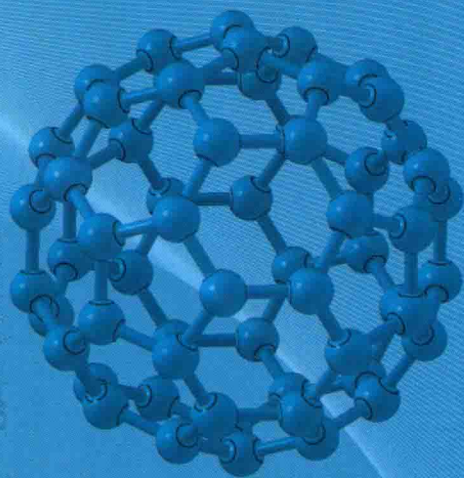


化学核心教程立体化教材系列

无机化学核心教程 学习指导 (第二版)

张丽荣 王 莉 宋晓伟 刘松艳 于杰辉 编
吉林大学化学学院



科学出版社

化学核心教程立体化教材系列

无机化学核心教程学习指导

(第二版)

张丽荣 王 莉 宋晓伟 刘松艳 于杰辉 编

吉林大学化学学院



科学出版社

内 容 简 介

本书是《无机化学核心教程(第二版)》(科学出版社,徐家宁,2015)的配套学习参考书。

本书共16章,各章顺序与主教材完全相同。第1~9章为化学基本原理,第10~16章为无机元素化学。在内容结构上,每章包括两部分:第一部分为内容提要,将各章的重点和难点进行总结和归纳;第二部分为习题解答,按照主教材中各章习题的顺序,对每一个习题的解题思路、方法和过程都进行了详尽的阐述。

本书可以作为各类高等院校化学类及相关专业的学生学习无机化学、普通化学等课程的参考书,以及相关课程的考研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学核心教程学习指导/张丽荣等编. —2版. —北京:科学出版社,2017.3

化学核心教程立体化教材系列

ISBN 978-7-03-052226-9

I. ①无… II. ①张… III. ①无机化学-高等学校-教学参考资料
IV. ①O61

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第054219号

责任编辑:赵晓霞 / 责任校对:刘亚琦
责任印制:赵 博 / 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>

保定市中华美凯印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年3月第 二 版 印张:17 1/4

2017年9月第四次印刷 字数:428 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

本书是《无机化学核心教程(第二版)》(科学出版社,徐家宁,2015)的配套学习参考书。2015年6月《无机化学核心教程(第二版)》的编写工作完成并出版发行,书中不仅对相应的知识内容进行了补充和修改,同时对每章书后的习题也做了适当的调整和补充;在保留大部分第一版习题内容的基础上,第二版的习题在数量、难易程度和广度上都有了合理的编排和补充。

做习题是课程学习的必要环节,通过对课堂学习内容的实践和应用,检验学生对知识的掌握情况,并进一步补充和巩固学习内容,提高学生分析和解决问题的能力。作为配套参考书,本书的各章顺序与《无机化学核心教程(第二版)》完全相同。在内容结构上仍保留了第一版的形式:第一部分为内容提要,将各章的重点和难点进行总结和归纳;第二部分为教材各章习题的解答。在习题解答的过程中,我们对每道习题的解题思路、方法和过程都进行了详尽的阐述,期望能够帮助学生解惑并加深对知识内容的理解。

参与本书编写的均为工作在教学一线的教师,先后讲授过无机化学及多门相关的课程,具有丰富的教学经验和方法,对无机化学教学内容有较深刻的理解,能够从不同的角度和深度对问题进行阐述,循循善诱,使学生融会贯通。

本书由宋晓伟(第1、2、3章),王莉(第4、5、6、12、13章),张丽荣(第7、8、9、10、11、14、16章),刘松艳(第15章),于杰辉(第2、3、4、12、13、14章部分习题解答)编写,并由张丽荣统一修改、定稿。

由于编者水平所限,书中难免存在疏漏和不妥之处,诚请广大读者和专家不吝赐教和指正,使本书不断完善。

张丽荣

2016年11月于吉林大学化学学院

第一版前言

做习题是课程学习的必要环节,通过做习题的过程检验课程学习的效果,从而加深对无机化学基本内容的深入理解,提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书是为配合《无机化学核心教程》(科学出版社,2011年)学习编写的配套学习指导书,既可作为综合性大学、师范院校及其他理工类院校无机化学、普通化学等课程学习的参考书,也可作为无机化学、普通化学等课程考研复习的参考书。

本书共16章,各章顺序与《无机化学核心教程》完全相同。每章都包括两部分内容:第一部分为内容提要,对本章的重点和难点内容进行总结和归纳;第二部分为习题解答,对主教材中的全部习题进行详细解答。

参加本书编写的几位编者都是无机化学教学第一线的教师,都承担过无机化学、无机及分析化学、普通化学、无机化学实验等课程的教学,有丰富的教学经验,对无机化学教学内容有较为深刻的理解。

本书由张丽荣主编。参加编写的人员有:王莉(第1、9、15、16章的习题解答),于杰辉(第2、3、4、12、13、14章的习题解答),张丽荣(第5、6、7、8、10、11章的习题解答),徐家宁(各章的内容提要),最后由张丽荣统一修改、补充、定稿。

由于编者水平所限,疏漏和不妥之处在所难免,诚请广大读者批评指正,使本书在重印时进一步完善。

编者

2012年4月于吉林大学化学学院

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 化学基础知识	1
一、内容提要	1
1.1 气体	1
1.2 液体	2
二、习题解答	4
第 2 章 化学热力学基础	10
一、内容提要	10
2.1 热力学第一定律	10
2.2 热化学	11
2.3 状态函数 焓	13
2.4 吉布斯自由能	13
二、习题解答	14
第 3 章 化学反应速率	24
一、内容提要	24
3.1 反应速率的概念	24
3.2 反应物浓度对反应的影响	25
3.3 反应机理的探讨	26
3.4 反应速率理论简介	26
3.5 温度和催化剂对化学反应速率的影响	27
二、习题解答	28
第 4 章 化学平衡	37
一、内容提要	37
4.1 化学平衡与平衡常数	37
4.2 K^\ominus 与 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的关系	39
4.3 化学平衡的移动	40
二、习题解答	41
第 5 章 原子结构与元素周期律	56
一、内容提要	56
5.1 微观粒子运动的特点	56
5.2 核外电子运动状态的描述	56
5.3 核外电子排布和元素周期律	59
5.4 元素基本性质	60

二、习题解答	61
第 6 章 分子结构与化学键理论	70
一、内容提要	70
6.1 离子键与离子晶体	70
6.2 共价键理论	72
6.3 分子间作用力和氢键	75
6.4 离子极化作用	76
6.5 金属键与金属晶体	77
二、习题解答	78
第 7 章 解离平衡和沉淀溶解平衡	96
一、内容提要	96
7.1 强电解质的解离	96
7.2 弱电解质的解离平衡	96
7.3 盐的水解	99
7.4 酸碱理论简介	101
7.5 沉淀溶解平衡	101
二、习题解答	102
第 8 章 氧化还原反应	115
一、内容提要	115
8.1 基本概念	115
8.2 氧化还原反应方程式的配平	117
8.3 电池反应热力学	118
8.4 化学电源与电解	120
8.5 图解法讨论电极电势	121
二、习题解答	122
第 9 章 配位化合物	139
一、内容提要	139
9.1 配合物的基本概念	139
9.2 配位化合物的价键理论	140
9.3 配位化合物的晶体场理论	141
9.4 配位化合物的稳定性	143
二、习题解答	145
第 10 章 卤素	157
一、内容提要	157
10.1 卤素单质	157
10.2 氢化物	158
10.3 卤化物、卤素互化物和拟卤素	158
10.4 卤素的含氧化合物	160
二、习题解答	161

第 11 章 氧族元素	169
一、内容提要	169
11.1 氧及其化合物	169
11.2 硫及硫化物	171
11.3 硫的含氧化合物	171
11.4 硒、碲的化合物	173
二、习题解答	174
第 12 章 氮族元素	184
一、内容提要	184
12.1 氮的单质和氢化物	184
12.2 氮的含氧化合物	186
12.3 磷及其化合物	188
12.4 砷、锑、铋	190
二、习题解答	191
第 13 章 碳族元素和硼族元素	200
一、内容提要	200
13.1 碳及其化合物	200
13.2 硅及其化合物	201
13.3 锗、锡、铅	203
13.4 硼及其化合物	204
13.5 铝、镓、铟、铊	206
二、习题解答	206
第 14 章 s 区元素和稀有气体	216
一、内容提要	216
14.1 碱金属	216
14.2 碱土金属	218
14.3 氢	219
14.4 稀有气体	219
二、习题解答	220
第 15 章 铜副族和锌副族	228
一、内容提要	228
15.1 铜副族元素	228
15.2 锌副族元素	231
二、习题解答	234
第 16 章 过渡元素	244
一、内容提要	244
16.1 过渡元素通性	244
16.2 钛副族元素	244
16.3 钒副族元素	245
16.4 铬副族元素	246

16.5 锰副族元素	248
16.6 铁系和铂系元素	249
16.7 内过渡元素	252
二、习题解答	253

第 1 章 化学基础知识

一、内容提要

1.1 气 体

1.1.1 理想气体

理想气体是在实际气体的基础上抽象出的理想化模型，是忽略了气体分子之间的引力和气态分子所占体积的气体。也就是说，理想气体分子之间、分子与器壁之间所发生的碰撞没有能量损失，气体体积可无限压缩。在高温、低压条件下实际气体可近似看作理想气体。

理想气体状态方程为

$$pV = nRT$$

在不同条件下，理想气体状态方程有不同的表达形式。

当 n 一定时，有

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

当 n 、 T 一定时，有波义耳定律

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

当 n 、 p 一定时，有盖·吕萨克定律

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

当 T 、 p 一定时，有阿伏伽德罗定律

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

将 $n = \frac{m}{M}$ ， $\rho = \frac{m}{V}$ 代入理想气体状态方程，可求气体的摩尔质量

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p}$$

1.1.2 实际气体

当理想气体分子之间的相互引力不可忽略时，实际气体分子与器壁碰撞所产生的压力要比相同质量的理想气体的压力小；而当实际气体分子自身的体积不可忽略时，只有将实际气体的体积 V 减去其分子自身的体积，才能得到相当于理想气体的自由空间(气体分子可以自由运动且体积可以无限压缩)。实际气体的状态方程为

$$\left[p + a \left(\frac{n}{V} \right)^2 \right] (V - nb) = nRT$$

式中, a 和 b 为气体的范德华常数。

1.1.3 气体分压定律

当某组分气体单独存在并占有总体积时所具有的压力, 称为该组分气体的分压, 用 p_i 表示, 则

$$p_i V = n_i RT$$

当某组分气体单独存在且具有总压时所占有的体积, 称为该组分气体的分体积, 用 V_i 表示, 则

$$p V_i = n_i RT$$

某组分气体的物质的量占混合气体物质的量的分数称为摩尔分数, 用 x_i 表示。

$$x_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad \text{或} \quad x_i = \frac{V_i}{V}$$

当 p 、 T 一定时, 混合气体中某组分气体的摩尔分数等于体积分数(某组分气体的分体积占混合气体总体积的分数)。

$$x_i = \frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{V_i}{\sum V_i}$$

混合气体的总压等于各组分气体的分压之和, 也称道尔顿分压定律。

$$p = \sum p_i$$

由气体分压的概念, 得

$$p_i = p x_i$$

1.1.4 气体扩散定律

同温同压下, 气体的扩散速率与其密度的平方根成反比。

$$\frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}}$$

气体的扩散速率也与摩尔质量的平方根成反比。

$$\frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

1.2 液 体

1.2.1 溶液的浓度

物质的量浓度: 在 1 dm^3 溶液中含有溶质的物质的量, 称为该溶质的物质的量浓度, 也称为体积摩尔浓度。

质量摩尔浓度: 在 1000 g 溶剂中含有溶质的物质的量, 称为该溶质的质量摩尔浓度, 用符号 b 表示。

$$b_{\text{质}} = \frac{n_{\text{质}}}{m_{\text{剂}} / 1000}$$

质量分数：溶质的质量 $m_{\text{质}}$ 与溶液的质量 m 之比称为溶质的质量分数，用 w 表示。

$$w_{\text{质}} = \frac{m_{\text{质}}}{m}$$

摩尔分数：溶液中溶质的物质的量 $n_{\text{质}}$ 与溶液的总物质的量 n 之比，称为溶质的摩尔分数，用符号 $x_{\text{质}}$ 表示。

$$x_{\text{质}} = \frac{n_{\text{质}}}{n} = \frac{n_{\text{质}}}{n_{\text{质}} + n_{\text{剂}}}$$

对于稀的水溶液，其质量摩尔浓度与摩尔分数之间的关系近似为

$$x_{\text{质}} = \frac{b}{55.56}$$

1.2.2 液体的气化与凝固

液体的气化只在液体的表面进行，称为蒸发；液体的气化在液体的表面和内部同时进行，称为沸腾。

纯溶剂的饱和蒸气压：在密闭容器中，纯溶剂分子的凝聚速度和蒸发速度相等时，体系达到动态平衡，蒸气的压力不再改变，所产生的压力称为该温度下纯溶剂的饱和蒸气压。

溶液的饱和蒸气压：单位时间内在溶液表面凝聚的分子数目与蒸发的分子数目相等时的蒸气压，称为溶液的饱和蒸气压。

拉乌尔定律：在一定温度下，稀溶液的饱和蒸气压 p 等于纯溶剂的饱和蒸气压 p^* 与溶剂在溶液中所占的摩尔分数 $x_{\text{剂}}$ 的乘积。

$$p = p^* x_{\text{剂}}$$

1.2.3 稀溶液的依数性

难挥发的非电解质稀溶液的某些性质只与溶液的浓度有关，称为稀溶液的依数性，包括蒸气压降低、凝固点(冰点)降低、沸点升高和渗透压。

蒸气压降低：稀溶液的饱和蒸气压的降低值与溶液的质量摩尔浓度成正比。

$$\Delta p = kb$$

沸点升高：难挥发、非电解质的稀溶液的沸点升高值 ΔT_b 与其质量摩尔浓度成正比。

$$\Delta T_b = k_b b$$

凝固点降低：难挥发、非电解质的稀溶液的凝固点降低值 ΔT_f 与其质量摩尔浓度成正比。

$$\Delta T_f = k_f b$$

式中， k_b 、 k_f 分别为沸点升高常数、凝固点降低常数，单位为 $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

渗透压：稀溶液的渗透压与溶液的浓度、温度的关系和理想气体状态方程相似。

$$\Pi V = nRT$$

二、习题解答

1. 下列实际气体中, 哪种气体的性质最接近理想气体? 为什么?



解 理想气体是在实际气体的基础上抽象出的理想化模型, 是忽略了气体分子之间的引力和气态分子所占体积的气体。同样, 根据实际气体的范德华方程, 可以得出结论, 实际气体的分子体积越小, 分子间的作用力越小, 气体越接近理想气体。在本题所给出的实际气体中, 单原子分子 He 的体积和分子间作用力均最小, 其性质最接近理想气体。

2. 127 °C 时, 体积为 10.0 dm³ 的密闭真空容器中充入 1.0 mol H₂、0.5 mol O₂ 和分压为 150 kPa 的 Ar。求:

(1) 容器内混合气体的总压;

(2) 在容器内以电火花引燃, 使 H₂ 和 O₂ 发生反应直至完全, 冷却至 25 °C, 求此时容器中气体的总压(忽略水的蒸气压)。

解 (1) 由混合气体的分压定义可知

$$p_{\text{Ar}}V = n_{\text{Ar}}RT$$

$$150 \times 10^3 \text{ Pa} \times 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = n_{\text{Ar}} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (127 + 273) \text{ K}$$

则 $n_{\text{Ar}} = 0.451 \text{ mol}$ 。

根据道尔顿分压定律

$$\frac{n_{\text{Ar}}}{n_{\text{H}_2}} = \frac{p_{\text{Ar}}}{p_{\text{H}_2}} \quad \frac{n_{\text{Ar}}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{p_{\text{Ar}}}{p_{\text{O}_2}}$$

将 $p_{\text{Ar}} = 150 \text{ kPa}$, $n_{\text{Ar}} = 0.451 \text{ mol}$, $n_{\text{H}_2} = 1.0 \text{ mol}$, $n_{\text{O}_2} = 0.5 \text{ mol}$ 代入上式, 求得

$$p_{\text{H}_2} = 332.59 \text{ kPa} \quad p_{\text{O}_2} = 166.30 \text{ kPa}$$

则

$$p_{\text{总}} = p_{\text{Ar}} + p_{\text{H}_2} + p_{\text{O}_2} = 150 \text{ kPa} + 332.59 \text{ kPa} + 166.30 \text{ kPa} = 648.89 \text{ kPa}$$

(2) H₂ 与 O₂ 按物质的量比 2 : 1 完全反应, 生成 H₂O, 25 °C 为液体, 由题意知此时容器内只有 Ar 气体, 则此时总压为 Ar 气体压力。

由理想气体状态方程 $pV = nRT$, 得

$$p \times 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.451 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273 + 25) \text{ K}$$

$$p = 111.74 \text{ kPa}$$

3. 在 40 °C 时, 使 10.0 g 氯仿(CHCl₃)在真空容器中蒸发为气体, 容器的体积应为多大? 相同温度下, 将 101.3 kPa、3 dm³ 空气缓慢通过足量的氯仿时, 氯仿将失重多少? 已知液态氯仿在 40 °C 时的饱和蒸气压为 49.3 kPa。

解 (1) 将 $n = \frac{m}{M}$ 代入 $pV = nRT$, 得

$$V = \frac{mRT}{pM}$$

真空容器的体积为

$$V = \frac{mRT}{pM} = \frac{10.0 \text{ g} \times 8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (40 + 273) \text{ K}}{49.3 \times 10^3 \text{ Pa} \times 119.35 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4.42 \text{ dm}^3$$

(2) 空气通过氯仿后, 温度和空气的物质的量不变, 则空气与氯仿混合气体的体积为

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{101.3 \times 10^3 \text{ Pa} \times 3 \text{ dm}^3}{(101.3 - 49.3) \times 10^3 \text{ Pa}} = 5.84 \text{ dm}^3$$

空气通过氯仿时, 带走氯仿的质量为

$$m = \frac{pV_2 M}{RT} = \frac{49.3 \times 10^3 \text{ Pa} \times 5.84 \text{ dm}^3 \times 119.35 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (40 + 273) \text{ K}} = 13.2 \text{ g}$$

4. 在 25 °C 和 100 kPa 时, 于水面上方收集 10 dm³ 空气, 然后将其压缩到 200 kPa。已知 25 °C 时水的饱和蒸气压为 3167 Pa, 求压缩后气体的质量和水蒸气的摩尔分数。

解 (1) 气体压缩前空气的分压为

$$(100 \times 10^3 - 3167) \text{ Pa} = 96833 \text{ Pa}$$

将 $n = \frac{m}{M}$ 代入混合气体的分压定律, 得空气的质量为

$$m_{\text{空}} = \frac{p_{\text{空}} V_{\text{总}} M}{RT} = \frac{96833 \text{ Pa} \times 10 \text{ dm}^3 \times 29.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 11.33 \text{ g}$$

气体压缩后空气的分压为

$$(200 \times 10^3 - 3167) \text{ Pa} = 196833 \text{ Pa}$$

气体压缩后的体积为

$$V = \frac{96833 \text{ Pa} \times 10 \text{ dm}^3}{196833 \text{ Pa}} = 4.92 \text{ dm}^3$$

气体压缩后水蒸气的质量为

$$m_{\text{水}} = \frac{p_{\text{水}} V_{\text{总}} M_{\text{水}}}{RT} = \frac{3167 \text{ Pa} \times 4.92 \text{ dm}^3 \times 18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 0.11 \text{ g}$$

压缩后气体的质量为

$$m_{\text{气}} = m_{\text{空}} + m_{\text{水}} = 11.33 \text{ g} + 0.11 \text{ g} = 11.44 \text{ g}$$

(2) 压缩后水蒸气的物质的量为

$$n_{\text{水}} = \frac{p_{\text{水}} V_{\text{总}}}{RT} = \frac{3167 \text{ Pa} \times 4.92 \text{ dm}^3}{8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 6.29 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

压缩后气体总的物质的量为

$$n_{\text{气}} = \frac{p_{\text{总}} V_{\text{总}}}{RT} = \frac{200 \times 10^3 \text{ Pa} \times 4.92 \text{ dm}^3}{8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 3.97 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

压缩后水蒸气的摩尔分数为

$$x_{\text{水}} = \frac{n_{\text{水}}}{n_{\text{总}}} = \frac{6.29 \times 10^{-3} \text{ mol}}{3.97 \times 10^{-1} \text{ mol}} = 1.58 \times 10^{-2}$$

5. 在相同的温度和压力下, 同时打开分别充有 NH₃ 和气体 A 的长颈瓶瓶塞。一段时间后测得, 盛有 NH₃ 的气瓶减重 0.17 g, 盛有气体 A 的气瓶减重 0.37 g。求气体 A 的相对分

子质量。

解 设 NH_3 和气体 A 的相对分子质量分别为 $M_r(\text{NH}_3)$ 和 $M_r(\text{A})$, 扩散速率分别为 u_{NH_3} 和 u_{A} , 扩散时间为 t , 根据气体扩散定律, 得

$$\frac{u_{\text{NH}_3}}{u_{\text{A}}} = \sqrt{\frac{M_r(\text{A})}{M_r(\text{NH}_3)}}$$

所以

$$\frac{0.17 \text{ g}/M_r(\text{NH}_3)t}{0.37 \text{ g}/M_r(\text{A})t} = \sqrt{\frac{M_r(\text{A})}{17}}$$

$$M_r(\text{A}) = 80.5$$

6. 在 25°C 时, 将 C_2H_6 和过量 O_2 充入 2.00 dm^3 氧弹中, 压力为 200 kPa 。点燃并完全燃烧后将气体通入过量的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液中, 过滤、洗涤、干燥, 得 4.00 g 沉淀。求原混合气体的组成(CaCO_3 的摩尔质量为 $100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

解 生成 CO_2 的物质的量为

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{4.00 \text{ g}}{100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0400 \text{ mol}$$

生成 CO_2 的反应为



则生成 CO_2 所消耗的 C_2H_6 的物质的量为 0.0200 mol 。

原混合气体的物质的量为

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{200 \times 10^3 \text{ Pa} \times 2.00 \text{ dm}^3}{8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 0.161 \text{ mol}$$

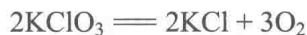
原混合气体中 O_2 的物质的量为

$$n_{\text{O}_2} = 0.161 \text{ mol} - 0.0200 \text{ mol} = 0.141 \text{ mol}$$

原混合气体的组成为: C_2H_6 0.0200 mol , O_2 0.141 mol 。

7. 将一定量的 KClO_3 加热分解, 反应结束后固体质量减少 0.64 g , 生成的 O_2 用排水集气法收集。计算常温常压下所收集气体的体积(水的饱和蒸气压为 3.17 kPa)。

解 分解反应为



损失的质量全部生成 O_2 , 则生成 O_2 的物质的量为

$$n_{\text{O}_2} = \frac{0.64 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.020 \text{ mol}$$

气体中 O_2 的分压为

$$p_{\text{O}_2} = 101.3 \text{ kPa} - 3.17 \text{ kPa} = 98.13 \text{ kPa}$$

收集气体的体积为

$$V_{\text{O}_2} = \frac{0.020 \text{ mol} \times 8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{98.13 \times 10^3 \text{ Pa}} = 0.505 \text{ dm}^3$$

8. 实验室欲配制 1.0 dm^3 浓度为 $2.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的 H_2SO_4 溶液, 现已有 300 cm^3 密度为

1.07 g·cm⁻³ 的 10% H₂SO₄ 溶液, 求向此 H₂SO₄ 溶液补加密度为 1.84 g·cm⁻³ 的 98% H₂SO₄ 的体积。

解 设所需 H₂SO₄ 总质量为 $m_{\text{总}}$, 总体积为 $V_{\text{总}}$ 。

300 cm³ 密度 1.07 g·cm⁻³ 的 10% H₂SO₄ 质量为 m_1 , 需增补的 H₂SO₄ 质量为 m_x , 体积为 V_x 。

$$m_{\text{总}} = 2.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 1.0 \text{ dm}^3 \times 98.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 245.0 \text{ g}$$

$$m_1 = 300 \text{ cm}^3 \times 1.07 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 10\% = 32.1 \text{ g}$$

$$m_x = m_{\text{总}} - m_1 = 245.0 \text{ g} - 32.1 \text{ g} = 212.9 \text{ g}$$

$$1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times V_x \times 98\% = 212.9 \text{ g}$$

则 $V_x = 118.07 \text{ cm}^3$ 。

9. 在一个密闭钟罩内有两杯水溶液, 甲杯中含 0.213 g 尿素 CO(NH₂)₂ 和 20.00 g 水, 乙杯中含 1.68 g 非电解质 A 和 20.00 g 水, 在恒温下放置足够长的时间达到平衡, 甲杯水溶液总质量变为 16.99 g。求 A 的相对分子质量。

解 水从甲杯向乙杯转移, 至平衡时, 两溶液的饱和蒸气压相等, 即

$$p_{\text{甲}} = p_{\text{乙}}$$

由拉乌尔定律知, $b_{\text{甲}} = b_{\text{乙}}$ 。

根据 $b_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{m_{\text{A}}}$, 得

$$\frac{0.213 \text{ g}}{60 \times (16.99 - 0.213) \text{ g}} = \frac{1.68 \text{ g}}{M_{\text{r}}(\text{A}) \times [20.00 + (20.00 + 0.213 - 16.99)] \text{ g}}$$

$$M_{\text{r}}(\text{A}) = 341.74$$

10. 将 0.100 dm³ CuSO₄ 溶液蒸干后, 得 4.994 g 水合晶体, 再将其于 300 °C 加热脱水至恒量, 得 3.192 g 无水固体。已知 CuSO₄ 的摩尔质量为 159.6 g·mol⁻¹。试确定水合硫酸铜晶体的化学式、原 CuSO₄ 溶液的物质的量浓度。

解 无水硫酸铜的物质的量为

$$n_{\text{CuSO}_4} = \frac{3.192 \text{ g}}{159.6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$$

水合硫酸铜晶体的结晶水的物质的量为

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{4.994 \text{ g} - 3.192 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$$

水合硫酸铜晶体的结晶水的数目为

$$\frac{0.1 \text{ mol}}{0.02 \text{ mol}} = 5$$

所以水合硫酸铜晶体的化学式为 CuSO₄·5H₂O。

原 CuSO₄ 溶液的物质的量浓度为

$$\frac{3.192 \text{ g} / 159.6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.100 \text{ dm}^{-3}} = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

11. 在密闭容器中放入 2 个容积为 1 dm³ 的烧杯, A 杯中装有 300 cm³ 水, B 杯中装有 500 cm³ 10% NaCl 溶液。最终达到平衡时将会呈现什么现象? 为什么?

解 最终达到平衡时, A 杯中的水将会全部消失, B 杯溶液的体积达到 800 cm^3 。由于 A 杯中纯水的饱和蒸气压大于 B 杯 NaCl 溶液的饱和蒸气压, 水的蒸气压对 NaCl 溶液是过饱和的, 因此 NaCl 溶液表面不断有 H_2O 分子凝结进入溶液中, A 杯中的水不断蒸发变成水蒸气以维持水表面的水蒸气和水平衡。足够长的时间后, A 杯中的水将会全部消失, 转入装 NaCl 溶液的 B 杯中。

12. 四氢呋喃、甘油、乙二醇和甲醇都可用作汽油防冻剂, 你认为选用哪种物质更合适? 简要说明原因。

解 乙二醇更合适。四氢呋喃价格偏高, 从经济效益考虑不合适; 甲醇价格便宜, 相对分子质量小, 但甲醇毒性大, 易挥发, 不适合用作防冻剂; 从价格和相对分子质量大小进行综合考虑, 甘油和乙二醇都可作防冻剂, 但甘油黏度大, 使用起来不如乙二醇方便。

13. 把一小块 0°C 的冰放在 0°C 的水中, 另一小块 0°C 的冰放在 0°C 的盐水中, 现象有什么不同? 为什么?

解 把 0°C 的冰放在 0°C 的水中, 冰水共存, 冰不会融化; 而 0°C 的冰放在 0°C 的盐水中, 冰会融化。冰的凝固点是 0°C , 此温度冰和水可以共存; 根据稀溶液依数性, 盐水的凝固点低于 0°C , 0°C 的冰吸热融化为 0°C 的水, 盐水温度降低, 因此只要冰不是太多, 温度降低不会使盐水结冰, 故冰将融化。

14. 试判断下列各组物质中哪种制冷效果最好, 并解释原因。

冰, 冰+食盐, 冰+ CaCl_2 , 冰+ $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

解 冰制冷的最佳效果为 0°C , 效果差; 食盐(NaCl)溶解度较小, 且解离出的离子少, 因而(冰+食盐)制冷效果不如(冰+ CaCl_2); 而无水 CaCl_2 溶解过程伴随水合反应, 水合放热, 反而会影响制冷效果。综上所述, (冰+ $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)制冷效果较为理想。

15. 浓度相同的 NaCl 和 AlCl_3 溶液, 哪种溶液的凝固点高? 为什么?

解 浓度相同的溶液, 解离出的粒子数越多, 凝固点降低值越大, 则溶液的凝固点越低。NaCl 解离出的粒子数少, 因此溶液的凝固点高。

16. 将 3.24 g 硫溶于 40 g 苯中, 该苯溶液的沸点升高 0.81 K , 请给出硫在苯溶液中的分子式。已知苯的沸点升高常数 $k_b=2.53 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

解 溶液的质量摩尔浓度为

$$b_{\text{硫}} = \frac{n_{\text{硫}}}{m_{\text{苯}}/1000} = \frac{m_{\text{硫}}/M_{\text{硫}}}{m_{\text{苯}}/1000}$$

由

$$\Delta T_b = k_b b = k_b \cdot \frac{m_{\text{硫}}/M_{\text{硫}}}{m_{\text{苯}}/1000}$$

得

$$M_{\text{硫}} = k_b \cdot \frac{m_{\text{硫}}}{\Delta T_b \times m_{\text{苯}}/1000} = 2.53 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{3.24 \text{ g}}{0.81 \text{ K} \times (40/1000) \text{ kg}} = 253 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

设硫在苯溶液的分子式为 S_n , 则

$$n = \frac{253}{32} = 8$$

所以, 苯溶液中硫的分子式为 S_8 。