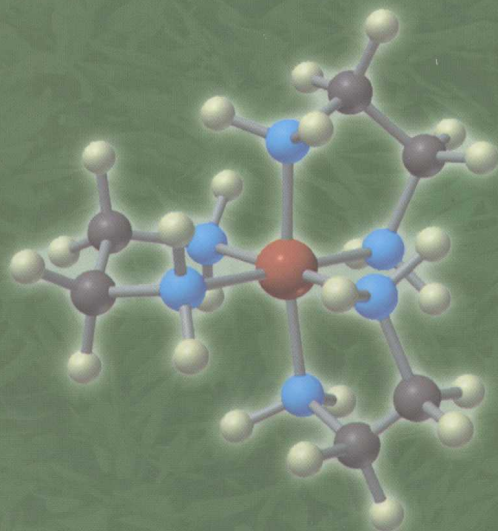


■ 高等学校理工科化学化工类规划教材辅导用书

无机化学基础教程

学习指导

牟文生 主编



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

无机化学基础教程 学习指导

牟文生 主编

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

无机化学基础教程学习指导 / 牟文生主编. — 大连:
大连理工大学出版社, 2008.9

ISBN 978-7-5611-4465-7

I. 无… II. 牟… III. 无机化学—高等学校—教学
参考资料 IV. O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 147917 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连天正华延彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:140mm×203mm 印张:11.625 字数:373 千字
2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

责任编辑:于建辉 唐立敏 责任校对:碧海
封面设计:宋蕾

ISBN 978-7-5611-4465-7 定价:22.00 元

前 言

本书是为了满足使用《无机化学基础教程》(牟文生等编,大连理工大学出版社2007年出版)教师和学生需要所编写的辅导用书。《无机化学基础教程》出版后,以其取材得当、内容精炼、思路清晰、便于教学,特别是适合于少学时(40~60)无机化学课程等特点而受到普遍欢迎。

本书是以大连理工大学无机化学教研室编《无机化学学习指导》为基础,结合编者从事无机化学及实验教学近30年的教学经验编写而成的。

本书共分17章,各章主要有以下内容:

教学基本要求 以教育部颁布的高等工业学校无机化学教学基本要求为依据,列出了各章的学习要求,相当于各章的教学大纲。

重点内容概要 根据教学基本要求,结合当前学生的实际状况,简明扼要地阐述各章的内容要点,帮助学生进行归纳总结,并对其中的难点进一步加以剖析。

教材习题选解 教材中各章的习题是编者根据多年丰富的教学经验而精心选编的,认真解答教材中的习题是学习的重要环节之一,学生认真、独立地完成课后作业是课堂教学的继续和深入。这部分内容主要选取了教材中一些有代表性、难度适中或难度较大的习题,作出详细、规范的解答,其中包括解题思路的阐述、一题多解解法的比较、疑难问题和错误解题方法的分析,以及启发、引导学生进一步思考的相关问题等。

同步自测练习 这部分内容是从大连理工大学无机化学教研室多年的无机化学考试试题中精选出一部分试题,题型多样、综合

● 无机化学基础教程学习指导

性强、难度相当于《高等工业学校无机化学试题库》(高等教育出版社 1998 年出版,本书作者为单元主编之一),可供学生自我检测学习效果时使用。有些题目难度较大,是为学有余力的学生准备的,以提高他们的学习兴趣。同步自测练习多数给出了答案,可供读者参考。

书后附有本科生无机化学(上、下)考试试题和硕士研究生入学考试无机化学试题及参考答案。

本书全部采用《中华人民共和国法定计量单位》,全面贯彻《中华人民共和国国家标准》GB 3100~3102—93《量和单位》的有关规定。

本书也可作为例题与习题集供使用其他版本无机化学、普通化学或大学化学教材的读者参考。

本书的编写工作主要由牟文生完成,于永鲜、周礪、辛钢和张永才参加了部分编写工作。

本书是在无机化学教研室多年教学实践的基础上编写而成的,本书的编写工作得到了教研室许多老师的关心和支持,编者在此表示衷心的感谢。本书实为教研室集体劳动的成果和智慧的结晶。

限于编者的学识水平,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 9 月

目 录

第 1 章 气体和溶液 / 1

教学基本要求 / 1	重点内容概要 / 1	教材习题选解 / 6
同步自测练习 / 14	自测练习参考答案 / 17	

第 2 章 化学反应的能量与方向 / 19

教学基本要求 / 19	重点内容概要 / 19	教材习题选解 / 24
同步自测练习 / 34	自测练习参考答案 / 37	

第 3 章 化学反应速率 / 38

教学基本要求 / 38	重点内容概要 / 38	教材习题选解 / 40
同步自测练习 / 47	自测练习参考答案 / 49	

第 4 章 化学平衡 / 50

教学基本要求 / 50	重点内容概要 / 50	教材习题选解 / 53
同步自测练习 / 66	自测练习参考答案 / 69	

第 5 章 酸碱解离平衡 / 70

教学基本要求 / 70	重点内容概要 / 70	教材习题选解 / 79
同步自测练习 / 92	自测练习参考答案 / 95	

第 6 章 沉淀-溶解平衡 / 97

教学基本要求 / 97	重点内容概要 / 97	教材习题选解 / 102
同步自测练习 / 115	自测练习参考答案 / 119	

第 7 章 氧化还原反应 / 121

教学基本要求 / 121	重点内容概要 / 121	教材习题选解 / 126
同步自测练习 / 141	自测练习参考答案 / 146	

第 8 章 原子结构 / 148

教学基本要求 / 148	重点内容概要 / 148	教材习题选解 / 158
同步自测练习 / 163	自测练习参考答案 / 166	

第 9 章 分子结构 / 167

教学基本要求 / 167	重点内容概要 / 167	教材习题选解 / 172
同步自测练习 / 182	自测练习参考答案 / 184	

第 10 章 固体结构 / 186

教学基本要求 / 186	重点内容概要 / 186	教材习题选解 / 191
同步自测练习 / 196	自测练习参考答案 / 200	

第 11 章 配位化合物 / 201

教学基本要求 / 201	重点内容概要 / 201	教材习题选解 / 207
同步自测练习 / 224	自测练习参考答案 / 230	

第 12 章 s 区元素 / 232

教学基本要求 / 232	重点内容概要 / 232	教材习题选解 / 234
同步自测练习 / 240	自测练习参考答案 / 242	

第 13 章 p 区元素(一) / 244

教学基本要求 / 244	重点内容概要 / 244	教材习题选解 / 249
同步自测练习 / 255	自测练习参考答案 / 258	

第 14 章 p 区元素(二) / 260

教学基本要求 / 260	重点内容概要 / 260	教材习题选解 / 265
同步自测练习 / 269	自测练习参考答案 / 273	

第 15 章 p 区元素(三) / 274

教学基本要求 / 274	重点内容概要 / 274	教材习题选解 / 276
同步自测练习 / 281	自测练习参考答案 / 284	

第 16 章 d 区元素(一) / 286

教学基本要求 / 286	重点内容概要 / 286	教材习题选解 / 292
同步自测练习 / 307	自测练习参考答案 / 312	

第 17 章 d 区元素(二) / 314

教学基本要求 / 314	重点内容概要 / 314	教材习题选解 / 318
同步自测练习 / 328	自测练习参考答案 / 332	

附 录 / 334

无机化学(上)考试试题及参考答案 / 334
无机化学(下)考试试题及参考答案 / 340
硕士生入学考试试题及参考答案(一) / 347
硕士生入学考试试题及参考答案(二) / 353
常用数据表 / 359

第1章 气体和溶液

● 教学基本要求 ●

1. 了解气体的基本特征,理解理想气体的概念,掌握理想气体状态方程及其应用。
2. 掌握混合气体中组分气体分压的概念和分压定律。
3. 掌握溶液浓度的各种表示方法,能熟练地进行相关的计算。
- * 4. 了解难挥发电解质稀溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低、渗透压的概念及其应用,掌握与稀溶液依数性相关的计算。

● 重点内容概要 ●

1. 理想气体状态方程

理想气体是一种假想的气体,其分子本身不占有空间,分子间没有作用力。实际上这种气体并不存在,只是人们研究气体状态变化时提出的一种物理模型。

对于一定量(n)的理想气体,其温度(T)、压力(p)和体积(V)确定后,系统的状态就确定了。 n 、 T 、 V 、 p 之间的数学关系式为

$$pV = nRT \quad (1-1)$$

此式称为理想气体状态方程。式中, p 的单位为 Pa(或 kPa), V 的单位为 m^3 (或 L), T 的单位为 K, n 的单位为 mol。摩尔气体常数 $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (或 $8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)。

符合式(1-1)的气体是理想气体。通常可以把高温低压下的真实气体近似地看作理想气体,在大学基础化学中研究气体的状态变化时,除特殊指明外,可把系统中的气体都看作是理想气体。

在不同的特定条件下,理想气体状态方程有不同的表达形式,各种形式

有不同的应用。

(1) n 一定, p 、 V 、 T 改变时, 则有

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (1-1a)$$

(2) n 和 T 一定时, 即为 Boyle(波义耳) 定律:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (1-1b)$$

(3) n 和 p 一定时, 即为 Charles(查理) 定律:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1-1c)$$

(4) T 和 p 一定时, 即为 Avogadro(阿伏加德罗) 定律:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1-1d)$$

(5) 将 $n = m/M$ 代入式(1-1) 中, 则有

$$M = \frac{mRT}{pV} \quad (1-1e)$$

式中, m 为气体的质量, 单位为 g ; M 为气体的摩尔质量, 单位为 $g \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

摩尔质量 M 和相对分子质量 M_r 之间的关系是:

$$M = M_r \cdot g \cdot \text{mol}^{-1}$$

(6) 由气体的密度 $\rho = m/V$ 可以得到

$$\rho = \frac{pM}{RT} \quad (1-1f)$$

利用上式, 可以在测定气体的密度之后, 计算气体的摩尔质量、相对分子质量, 还可以推断其分子式。

2. 分压定律

理想气体状态方程不仅适用于单一组分的气体, 也适用于多组分的混合气体或其中某一种组分气体。在理想气体混合物中, 若各组分之间不发生化学反应, 也没有任何其他相互作用, 则它们之间互不干扰, 如同各自单独存在一样。混合气体中某组分 B 对器壁产生的压力称为该组分气体的分压力。某组分气体的分压力等于相同温度下该组分气体单独占有与混合气体相同体积时所产生的压力。

$$p_B = \frac{n_B RT}{V} \quad (1-2)$$

混合气体的总压(p)等于各组分气体的分压(p_B)之和。即

$$p = p_1 + p_2 + \cdots = \sum_B p_B \quad (1-3)$$

这一关系称为 Dalton(道尔顿)分压定律。

某组分气体的分压等于该组分气体的摩尔分数与总压的乘积:

$$p_B = \frac{n_B}{n} p \quad (1-4)$$

气体混合物中组分 B 的摩尔分数用 x_B 表示, 即 $x_B = n_B/n$ 。

$$p_B = x_B p$$

* 3. 分体积定律

理想气体混合物中某组分 B 的分体积 V_B 是该组分气体具有与混合气体相同温度和压力时所占有的体积。

$$V_B = \frac{n_B RT}{p} \quad (1-5)$$

混合气体的总体积 V 等于各组分气体的分体积(V_B)之和。即

$$V = V_1 + V_2 + \cdots = \sum_B V_B \quad (1-6)$$

这一关系称为 Amage(阿马格)分体积定律。

某组分气体的分体积等于该组分气体的摩尔分数与混合气体的总体积之积。

$$V_B = \frac{n_B}{n} V = x_B V \quad (1-7)$$

由式(1-4)和式(1-7)可得出:

$$\frac{p_B}{p} = \frac{V_B}{V} = \varphi_B \quad (1-8)$$

此式说明混合气体中某组分气体 B 的分压与总压之比等于该组分气体的分体积与总体积之比(即体积分数 φ_B)。 p_B 是组分气体 B 在温度为 T 、占有体积为 V 时所产生的压力; V_B 是组分气体 B 在温度为 T 、产生压力为 p 时所占有的体积,切不可混淆。

4. 溶液的浓度

(1) 物质的量浓度

溶液中溶质 B 的物质的量浓度 c_B 定义为 B 的物质的量 n_B 除以溶液的体

积 V ：

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-9)$$

其单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 质量摩尔浓度

溶液中溶质 B 的质量摩尔浓度 b_B 定义为溶质 B 的物质的量 n_B 除以溶剂 A 的质量 m_A ：

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (1-10)$$

其单位是 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(3) 质量分数

物质 B 的质量分数 w_B 定义为物质 B 的质量 m_B 与混合物的质量 m 之比：

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-11)$$

其单位是 1。

(4) 摩尔分数

组分 B 的摩尔分数 x_B 定义为组分 B 的物质的量 n_B 与混合物的总物质的量 n 之比：

$$x_B = \frac{n_B}{n} \quad (1-12)$$

其单位是 1。

(5) 质量浓度

物质 B 的质量浓度 ρ_B 定义为物质 B 的质量 m_B 除以混合物的体积 V ：

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-13)$$

其单位是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

5. 稀溶液的依数性

稀溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压力等这些只与溶质的微粒数有关而与溶质本性无关的性质称为稀溶液的依数性。

(1) 稀溶液的蒸气压下降

在一定温度下，纯液体液面上与液体达到平衡状态时蒸气的压力称为该液体的饱和蒸气压，用 p^* 表示，其常用单位是 Pa 或 kPa。

同一温度下,不同液体的蒸气压不同。

液体的蒸气压随温度的升高而增大。

当液体的蒸气压等于外界大气压力时的温度称为该液体的沸点。

在一定温度下,当溶剂中溶入少量难挥发的溶质后达到平衡时,溶液的蒸气压小于纯溶剂的蒸气压,这种现象称为溶液蒸气压的下降。

在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降值与溶质的摩尔分数成正比:

$$\Delta p = p_A^* - p = p_A^* x_B \quad (1-14)$$

这一结论称为 Raoult 定律。式中 p_A^* 为溶剂 A 的蒸气压, x_B 为溶质 B 的摩尔分数。

Raoult 定律的另一种表达形式为

$$\Delta p = kb_B \quad (1-15)$$

即在一定温度下,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

当溶剂中溶入少量难挥发非电解质时,导致溶液的沸点高于纯溶剂的沸点,这种现象称为稀溶液的沸点升高。

溶液的沸点升高与溶液的质量摩尔浓度的关系为

$$\Delta T_b = k_b b_B \quad (1-16)$$

式中, k_b 是溶剂的沸点升高系数,其单位是 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ 。

由式(1-16)和摩量浓度的定义可以推得

$$M_B = \frac{k_b m_B}{\Delta T_b m_A} \quad (1-17)$$

利用式(1-17)可以计算溶质 B 的摩尔质量。

(3) 稀溶液的凝固点降低

液体凝固点是在一定的外压下纯液体与其固体达到平衡时的温度。

当溶剂中溶有难挥发性溶质时,导致溶液的凝固点低于溶剂的凝固点。这种现象称为稀溶液的凝固点降低。

非电解质稀溶液的凝固点降低, ΔT_f 与溶质的质量摩尔浓度成正比:

$$\Delta T_f = k_f b_B \quad (1-18)$$

式中, k_f 称为溶剂的凝固点降低系数,其单位是 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ 。

由式(1-18)可以导出:

$$M_B = \frac{k_f m_B}{\Delta T_f m_A} \quad (1-19)$$

利用式(1-19)可以计算溶质的摩尔质量。

(4) 溶液的渗透压

溶剂分子通过半透膜进入到溶液中的过程称为渗透。用半透膜隔开的两种不同浓度的溶液也会产生渗透,溶剂分子由较稀溶液进入较浓的溶液。

为了保持渗透平衡而在稀溶液的液面上所施加的额外压力称为非电解质稀溶液的渗透压,用符号 Π 表示,其单位是 Pa。

溶液的渗透压与溶液的浓度和温度有关。1886 年 van't Hoff 提出

$$\Pi = c_B RT \quad (1-20)$$

式中, c_B 是溶质的物质的量浓度, R 为摩尔气体常数, T 是热力学温度。

对于浓度很小的水溶液,可以导出

$$M_B = \frac{m_B RT}{\Pi V} \quad (1-21)$$

利用式(1-21)可以通过渗透压法测定高分子化合物的摩尔质量。

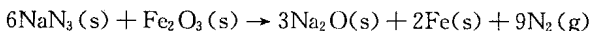
● 教材习题选解 ●

1-3 2008 年北京奥运会火炬以丙烷为燃料。若 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时 2.00 L 丙烷的压力为 102 kPa,试计算丙烷的物质的量。

解 $T = (32 + 273.15)\text{K} = 305.15\text{ K}$, $V = 2.00\text{ L}$, $p = 102\text{ kPa}$ 。根据理想气体状态方程 $pV = nRT$, 则

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{102\text{ kPa} \times 2.00\text{ L}}{8.314\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 305.15\text{ K}} = 8.04 \times 10^{-2}\text{ mol}$$

1-4 汽车安全气囊是用氮气充填的,氮气是在汽车发生碰撞时由叠氮化钠与三氧化二铁在火花的引发下反应生成的:



在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 99.7 kPa 下,要产生 75.0 L N_2 需要叠氮化钠的质量是多少?

解 $6\text{NaN}_3(\text{s}) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \longrightarrow 3\text{Na}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{Fe}(\text{s}) + 9\text{N}_2(\text{g})$

$$n(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{99.7\text{ kPa} \times 75.0\text{ L}}{8.314\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298\text{ K}} = 3.02\text{ mol}$$

$$n(\text{NaN}_3) = \frac{6n(\text{N}_2)}{9} = \frac{6 \times 3.02 \text{ mol}}{9} = 2.01 \text{ mol}$$

$$m(\text{NaN}_3) = M(\text{NaN}_3)n(\text{NaN}_3) = 65.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2.01 \text{ mol} = 131 \text{ g}$$

1-5 丁烷 C_4H_{10} 是一种易液化的气体燃料, 计算在 23°C , 90.6 kPa 下, 丁烷气体的密度。

解 丁烷的摩尔质量 $M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 58.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\rho = \frac{pM}{RT} = \frac{90.6 \text{ kPa} \times 58.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 296.15 \text{ K}} = 2.14 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

1-6 某气体化合物是氮的氧化物, 其中含氮的质量分数 $w(\text{N}) = 30.5\%$; 某一容器中充有该氮氧化物的质量是 4.107 g , 其体积为 0.500 L , 压力为 202.65 kPa , 温度为 0°C 。试求: (1) 在标准状况下, 该气体的密度; (2) 该氧化物的相对分子质量 M_r 和化学式。

解 (1) 已知 $p_1 = 202.65 \text{ kPa}$, $V_1 = 0.500 \text{ L}$, $T_1 = 273.15 \text{ K}$ 。在标准状况下, $T_2 = 273.15 \text{ K}$, $p_2 = 101.325 \text{ kPa}$ 。 n 一定, T 不变时, $p_1V_1 = p_2V_2$, 则

$$V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2} = \frac{202.65 \text{ kPa} \times 0.500 \text{ L}}{101.325 \text{ kPa}} = 1.00 \text{ L}$$

该气体的密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4.107 \text{ g}}{1.00 \text{ L}} = 4.11 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

(2) 该气体的摩尔质量

$$\begin{aligned} M &= \frac{mRT}{p_1V_1} \\ &= \frac{4.107 \text{ g} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273.15 \text{ K}}{202.65 \text{ kPa} \times 0.500 \text{ L}} = 92.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

也可以先根据 $pV = nRT$ 求 n , 再根据 $n = m/M$ 求 M 。

该气体化合物的相对分子质量 $M_r = 92.0$ 。

在该化合物分子中,

$$N(\text{N}) = \frac{92.0 \times 30.5\%}{14.0} = 2.00$$

$$N(\text{O}) = \frac{92.0 \times (1 - 30.5\%)}{16.0} = 4.00$$

所以该氮氧化物的化学式为 N_2O_4 。

1-7 在 0.237 g 某碳氢化合物中, 其 $w(\text{C}) = 80.0\%$, $w(\text{H}) = 20.0\%$ 。22 °C, 756.8 mmHg 下, 体积为 191.7 mL。确定该化合物的化学式。

解 先根据已知条件计算该化合物的物质的量。

$$T = 295 \text{ K}, p = 101.325 \text{ kPa} \times 756.8/760 = 100.9 \text{ kPa}$$

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{100.9 \text{ kPa} \times 191.7 \times 10^{-3} \text{ L}}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 295 \text{ K}} = 7.89 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

再由各元素的质量分数求 C 和 H 的物质的量:

$$n(\text{C}) = \frac{m w(\text{C})}{A(\text{C})} = \frac{0.237 \text{ g} \times 80.0\%}{12.0} = 0.0158 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{m w(\text{H})}{A(\text{H})} = \frac{0.237 \text{ g} \times 20.0\%}{1.008} = 0.0470 \text{ mol}$$

在该化合物分子中,

$$N(\text{C}) = \frac{n(\text{C})}{n} = \frac{0.0158 \text{ mol}}{7.89 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 2.00$$

$$N(\text{H}) = \frac{n(\text{H})}{n} = \frac{0.0470 \text{ mol}}{7.89 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 5.96$$

由此可以确定该碳氢化合物的化学式为 C_2H_6 。

1-8 在容积为 50.0 L 的容器中, 充有 140.0 g 的 CO 和 20.0 g 的 H_2 , 温度为 300 K。试计算: (1) CO 与 H_2 的分压; (2) 混合气体的总压。

$$\text{解 (1)} \quad n(\text{CO}) = \frac{m(\text{CO})}{M(\text{CO})} = \frac{140.0 \text{ g}}{28.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5.00 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{20.0 \text{ g}}{2.02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 9.90 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} p(\text{CO}) &= \frac{n(\text{CO})RT}{V} \\ &= \frac{5.00 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{50.0 \text{ L}} = 249 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(\text{H}_2) &= \frac{n(\text{H}_2)RT}{V} \\ &= \frac{9.90 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{50.0 \text{ L}} = 494 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$(2) \quad p = p(\text{CO}) + p(\text{H}_2) = 249 \text{ kPa} + 494 \text{ kPa} = 743 \text{ kPa}$$

此题(1)中在求得 $p(\text{CO})$ 之后, 可用下列方法计算氢气的分压:

$$p(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CO})} p(\text{CO}) = \frac{9.90 \text{ mol} \times 249 \text{ kPa}}{5.00 \text{ mol}} = 493 \text{ kPa}$$

题(2)中混合气体的总压也可以用下列方法计算:

$$p = \frac{np(\text{CO})}{n(\text{CO})} = \frac{(5.00 + 9.90) \text{ mol} \times 249 \text{ kPa}}{5.00 \text{ mol}} = 742 \text{ kPa}$$

1-9 在实验室中用排水集气法收集制取的氢气。在23℃、100.5 kPa压力下,收集了370.0 mL的气体(23℃时,水的饱和蒸气压2.800 kPa)。试求:(1)23℃时该气体中氢气的分压;(2)氢气的物质的量。

解 $T = (23 + 273) \text{ K} = 296 \text{ K}$

$$(1) p(\text{H}_2) = p - p(\text{H}_2\text{O}) = (100.5 - 2.800) \text{ kPa} = 97.7 \text{ kPa}$$

$$(2) n(\text{H}_2) = \frac{p(\text{H}_2)V}{RT} = \frac{97.7 \text{ kPa} \times 0.370 \text{ L}}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 296 \text{ K}} = 0.0147 \text{ mol}$$

1-10 在激光放电池中气体是由2.0 mol CO₂、1.0 mol N₂和16.0 mol He组成的混合物,总压为0.30 MPa。计算各组分气体的分压。

解 $n = n(\text{CO}_2) + n(\text{N}_2) + n(\text{He})$

$$= 2.0 \text{ mol} + 1.0 \text{ mol} + 16.0 \text{ mol}$$

$$= 19.0 \text{ mol}$$

$$p(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2)}{n} p = \frac{2.0 \text{ mol}}{19.0 \text{ mol}} \times 0.30 \text{ MPa}$$

$$= 0.032 \text{ MPa}$$

$$p(\text{N}_2) = \frac{n(\text{N}_2)}{n} p = \frac{1.0 \text{ mol}}{19.0 \text{ mol}} \times 0.30 \text{ MPa}$$

$$= 0.016 \text{ MPa}$$

$$p(\text{He}) = p - p(\text{CO}_2) - p(\text{N}_2)$$

$$= 0.30 \text{ MPa} - 0.032 \text{ MPa} - 0.016 \text{ MPa}$$

$$= 0.252 \text{ MPa}$$

1-11 10.00 mL NaCl饱和溶液的质量为12.00 g,将其蒸干后得3.17 g NaCl晶体。计算:

(1) 此饱和溶液中NaCl的质量浓度;

(2) 此饱和溶液中NaCl的物质的量浓度;

(3) 此饱和溶液中NaCl的摩尔分数;

(4) 此饱和溶液中NaCl的质量摩尔浓度。

解 (1) 此 NaCl 饱和溶液的质量浓度为

$$\begin{aligned}\rho(\text{NaCl}) &= \frac{m(\text{NaCl})}{V} = \frac{3.17 \text{ g}}{10.00 \times 10^{-3} \text{ L}} \\ &= 317 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

(2) 此 NaCl 饱和溶液中 NaCl 的物质的量为

$$\begin{aligned}n(\text{NaCl}) &= \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{3.17 \text{ g}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.0542 \text{ mol} \\ c(\text{NaCl}) &= \frac{n(\text{NaCl})}{V} = \frac{0.0542 \text{ mol}}{10.00 \times 10^{-3} \text{ L}} \\ &= 5.42 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

(3) 此 NaCl 饱和溶液中溶剂水的物质的量

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{12.00 \text{ g} - 3.17 \text{ g}}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.490 \text{ mol}$$

NaCl 的摩尔分数为

$$\begin{aligned}x(\text{NaCl}) &= \frac{n(\text{NaCl})}{n(\text{NaCl}) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.0542 \text{ mol}}{0.0542 \text{ mol} + 0.490 \text{ mol}} \\ &= 0.0996\end{aligned}$$

(4) 此 NaCl 饱和溶液的质量摩尔浓度为

$$\begin{aligned}b(\text{NaCl}) &= \frac{n(\text{NaCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.0542 \text{ mol}}{(12.00 - 3.17) \times 10^{-3} \text{ kg}} \\ &= 6.14 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}\end{aligned}$$

1-12 在 298.15 K 时,质量分数为 9.47% 的稀 H_2SO_4 溶液的密度为 $1.06 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,在该温度下纯水的密度为 $997 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。计算:

(1) 此稀 H_2SO_4 溶液中 H_2SO_4 的质量摩尔浓度;

(2) 此稀 H_2SO_4 溶液中 H_2SO_4 的浓度;

(3) 此稀 H_2SO_4 溶液中 H_2SO_4 的摩尔分数。

解 (1) 以 m 表示此 H_2SO_4 溶液的质量,则此 H_2SO_4 溶液的质量摩尔浓度为

$$\begin{aligned}b(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m \times 9.47\% / (98 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1})}{m \times (1 - 9.47\%)} \\ &= 1.07 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}\end{aligned}$$

(2) 此 H_2SO_4 溶液的物质的量浓度为