

面向21世纪课程教材配套参考书

现代化学基础 学习指导与题解

胡忠鲢 韩凤兰 梁 渠 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向21世纪课程教材配套参考书

现代化学基础 学习指导与题解



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内 容 提 要

本书是与面向 21 世纪课程教材和普通高等教育“十一五”国家级规划教材《现代化学基础》(第三版)(胡忠铤主编)相配套的教学参考书,章节顺序与主教材保持一致。全书各章由学习基本要求、基本内容、综合练习和习题解答四部分构成。

本书可作为高等院校本、专科近化学化工类专业开设化学基础课的教学参考书,也可供学习此类课程的科学技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代化学基础学习指导与题解/胡忠铤,韩凤兰,
梁渠主编. —北京:高等教育出版社,2010.6
ISBN 978-7-04-028877-3

I. ①现… II. ①胡…②韩…③梁… III. ①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 032507 号

策划编辑	郭新华	责任编辑	刘 佳	封面设计	杨立新
责任绘图	尹文军	版式设计	余 杨	责任校对	殷 然
责任印制	朱学忠				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京联兴盛业印刷股份有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2010 年 6 月第 1 版
印 张	20.5	印 次	2010 年 6 月第 1 次印刷
字 数	390 000	定 价	30.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28877-00

编写说明

《现代化学基础》(第三版)为面向 21 世纪课程教材和普通高等教育“十一五”国家级规划教材。该教材为近化学化工类专业本、专科培养当代新型专业科技人才而编写的化学基础课程简明教材。《现代化学基础学习指导与题解》是《现代化学基础》(第三版)的配套教学用书,编写本书的主要目的是帮助学生了解各章学习要求,归纳、总结、巩固课程教材中所学的理论知识,引导学生理解和掌握每个章节的知识要点,进而形成较完整的知识体系。长期教学实践表明,引导学生在复习的过程中多做习题,能使他们对所学基本知识和基本理论加深理解与灵活应用,并能进一步提高分析问题、解决问题的能力。为了收到良好的教学效果,要求学生在认真复习课程基本内容的基础上,完成每一章的习题,然后对照习题解答,检查学习效果。相信照此坚持做下去,一定会取得良好的学习效果。

全书由学习基本要求、基本内容、综合练习、习题解答四部分组成。

本书的编写是在《现代化学基础》(第二版)习题解析及《现代化学基础》(第三版)配套的《学习指导与题解(试用)》基础上完成的。

参加本书编写的有成都理工大学、昆明理工大学、西南交通大学、郑州大学、北方民族大学、宁夏大学的教师:胡忠鰵(二、三、四章),梁渠(十六、十七章),李绛(十一章),胡瑾(二十二章),司云森(七章),陈阵(九章),胡显智(十四、十五章),杨保民(十八、十九、二十章),童志平(一、十三章),陈宜佖(八章),王剑锋(十二、八章),徐军(八、十二章),姬鸿斌(五、六、十一章),韩凤兰(十八、十九、二十、二十一章),续京(十、五、六、十一章)。参加习题解答编写的还有:王关民(五、六、七章),刘光灿(十二、十三章)、李奕霖(十三、十二章),张勇(十四、十五章),杨鹏元(二十一章)。本书主编为胡忠鰵、韩凤兰、梁渠,副主编为司云森、童志平、徐军。

由于编写时间仓促,水平有限,错误不足之处在所难免,敬请指正。

编者

2010 年 2 月

目 录

第一章 物质的聚集状态	1
1.1 学习基本要求	1
1.2 基本内容	1
1.3 综合练习	6
1.4 习题解答	6
第二章 原子结构和元素周期律	13
2.1 学习基本要求	13
2.2 基本内容	13
2.3 综合练习	19
2.4 习题解答	20
第三章 分子结构和晶体结构	26
3.1 学习基本要求	26
3.2 基本内容	26
3.3 综合练习	33
3.4 习题解答	34
第四章 配位化合物结构	40
4.1 学习基本要求	40
4.2 基本内容	40
4.3 综合练习	45
4.4 习题解答	46
第五章 热力学第一定律	51
5.1 学习基本要求	51
5.2 基本内容	51
5.3 综合练习	57
5.4 习题解答	60
第六章 热力学第二定律	68
6.1 学习基本要求	68
6.2 基本内容	68
6.3 综合练习	76
6.4 习题解答	79
第七章 相平衡	88

7.1	学习基本要求	88
7.2	基本内容	88
7.3	综合练习	92
7.4	习题解答	96
第八章	化学平衡	105
8.1	学习基本要求	105
8.2	基本内容	105
8.3	综合练习	109
8.4	习题解答	112
第九章	水溶液中的离子平衡	119
9.1	学习基本要求	119
9.2	基本内容	119
9.3	综合练习	124
9.4	习题解答	126
第十章	电解质溶液	133
10.1	学习基本要求	133
10.2	基本内容	133
10.3	综合练习	136
10.4	习题解答	137
第十一章	氧化还原反应和电化学	141
11.1	学习基本要求	141
11.2	基本内容	141
11.3	综合练习	144
11.4	习题解答	147
第十二章	化学动力学	160
12.1	学习基本要求	160
12.2	基本内容	160
12.3	综合练习	167
12.4	习题解答	170
第十三章	界面现象和胶体溶液	176
13.1	学习基本要求	176
13.2	基本内容	176
13.3	综合练习	180
13.4	习题解答	181
第十四章	主族元素	184

14.1	学习基本要求	184
14.2	基本内容	184
14.3	综合练习	199
14.4	习题解答	201
第十五章	副族元素	206
15.1	学习基本要求	206
15.2	基本内容	206
15.3	综合练习	212
15.4	习题解答	214
第十六章	有机化合物	222
16.1	学习基本要求	222
16.2	基本内容	222
16.3	综合练习	233
16.4	习题解答	239
第十七章	高分子化合物	244
17.1	学习基本要求	244
17.2	基本内容	244
17.3	综合练习	252
17.4	习题解答	253
第十八章	酸碱滴定分析	257
18.1	学习基本要求	257
18.2	基本内容	257
18.3	综合练习	262
18.4	习题解答	263
第十九章	配位滴定分析	273
19.1	学习基本要求	273
19.2	基本内容	273
19.3	综合练习	277
19.4	习题解答	279
第二十章	氧化还原滴定法和重量分析法	287
20.1	学习基本要求	287
20.2	基本内容	287
20.3	综合练习	292
20.4	习题解答	293
第二十一章	现代分析测试技术	302

21.1 学习基本要求	302
21.2 基本内容	302
21.3 综合练习	306
21.4 习题解答	310
第二十二章 化学与环境保护	314
22.1 学习基本要求	314
22.2 基本内容	314
主要参考著作	318

第一章 物质的聚集状态

1.1 学习基本要求

1. 掌握理想气体的状态方程、分压定律和分体积定律并熟练地进行不同条件下的各种计算。
2. 掌握实际气体的范德华方程的意义并能熟练应用于实际气体的计算。
3. 掌握溶液浓度的各种表示方法并能熟练地进行溶液各种浓度的计算。
4. 掌握稀溶液的依数性及其应用。

1.2 基 本 内 容

1.2.1 气体

1. 理想气体状态方程

(1) 理想气体 分子之间无相互作用力,分子自身不占体积。

(2) 理想气体状态方程

① 玻意耳(Boyle)定律 温度恒定时,一定量气体的压力和它体积的乘积为恒量。其数学表达式为

$$pV = \text{恒量}(n, T \text{ 一定})$$

应用此定律时需注意:温度必须是恒定的,且不能太低;压力不能太大。

② 查理-盖吕萨克(Charles - Gay Lussac)定律 压力恒定时,一定量气体的体积对热力学温度的商值为恒量。其数学表达式为

$$\frac{V}{T} = \text{恒量}(n, p \text{ 一定})$$

与玻意耳定律一样,其应用范围和限制也相同。

③ 克拉贝龙(Clapcyron)气体定律(理想气体状态方程) 一定量气体的体积和压力的乘积与热力学温度成正比。其数学表达式为

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

对于物质的量为 n 的气体,有

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

注意:①用理想气体状态方程进行计算时,务必注意各物理量的单位;②只有理想气体才可以用上述气态方程进行计算。许多实际气体,特别是那些不易液化的气体,如 H_2 , N_2 , O_2 , He 等,在常温、常压下其性质近似于理想气体。

(3) 气体分压定律与分体积定律 温度为 T 时,各组分单独占据容器时所具有的压力定义为混合气体中 i 组分的分压力,用符号 p_i 表示,有

$$p_i = \frac{n_i RT}{V}$$

在温度与体积恒定时,混合气体的总压等于各组分气体分压之和,这就是理想气体的道尔顿分压定律(law of partial pressure)。即

$$p = p_1 + p_2 + \cdots + p_k = \sum_{i=1}^k p_i$$

温度为 T , 压力为 p 时,各组分单独存在时所占有的体积定义为混合气体中各组分的分体积,用符号 V_i 表示,有

$$V_i = \frac{n_i RT}{p}$$

在温度和压力恒定时,混合气体的体积等于组成该混合气体的各组分的分体积之和,这就是理想气体的阿马格分体积定律(law of partial volume)。即

$$V = V_1 + V_2 + \cdots + V_k = \sum_{i=1}^k V_i$$

注意:在使用上述各公式时,务必注意实验条件,分清分压、总压、分体积和总体积,并选用合适的公式计算。

2. 实际气体

为了修正由于气体分子自身所占体积而使实测气体体积大于理想气体体积,以及实际气体分子间的相互吸引力,造成实测压力小于理想气体的压力,范德华(van der Waals)提出了一个半经验性的气态修正方程,其数学表达式为

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

式中, a 为范德华压力常数, $\frac{n^2 a}{V^2}$ 为压力修正项; b 为范德华体积常数, nb 为体积修正项。

范德华方程比理想气体状态方程具有更宽的温度和压力应用范围,虽然它不是很精确的计算公式,但是计算结果很接近实际情况。

1.2.2 液体

1. 纯净液体

(1) 液体的微观结构 液体的结构既类似于固体,又类似于气体,它不仅具

有一定程度上的短程有序性,而且具有较低的长程有序性,即“近程有序而远程无序”。

(2) 液体的蒸气压与液体的沸点 在一定温度下,当液体的蒸发速率等于蒸气的凝结速率时,该液体和它的蒸气处于平衡状态。此时蒸气所具有的压力称为该温度下的饱和蒸气压,简称蒸气压,单位为 Pa(帕)或 kPa(千帕)。随着温度的升高,饱和蒸气压必然增大。当温度升到使液体蒸气压等于外界压力时,液体就会沸腾,此时的温度称为该液体的沸点(boiling point, T_b)。提及液体的沸点,必须同时指明外界压力,习惯上将外界压力等于 101.325 kPa 时的沸点称为正常沸点。

2. 溶液

一种物质以分子或离子的状态均匀地分散在另一种物质中得到的分散系统称为溶液(solution)。表 1.1 为常用浓度的表示方法。

表 1.1 常用浓度的表示方法

	符号	定义	说 明
物质 B 的摩尔分数	x_B	$x_B \stackrel{\text{def}}{=} n_B / n$	n_B 为 B 的物质的量, n 为溶液的物质的量。 x_B 是量纲一的量
质量摩尔浓度	b_B	$b_B \stackrel{\text{def}}{=} n_B / m_A$	n_B 为溶质 B 的物质的量, m_A 为溶剂 A 的质量。 b_B 的单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
物质的量浓度	c_B	$c_B \stackrel{\text{def}}{=} n_B / V$	n_B 是溶质 B 的物质的量, V 是溶液的体积。 c_B 的单位常用 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
质量分数	w_B	$w_B \stackrel{\text{def}}{=} m_B / m$	m_B 是溶质 B 的质量, m 是溶液的质量, w_B 是量纲一的量
质量浓度	ρ_B	$\rho_B \stackrel{\text{def}}{=} m_B / V$	m_B 是溶质 B 的质量, V 是溶液的体积。 ρ_B 的单位常用 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-3}$ 或 $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$

3. 稀溶液的通性(稀溶液的依数性)

对于难挥发非电解质稀溶液,溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低以及渗透压等性质只与溶液浓度有关,而与溶质的性质无关。这一通性称为稀溶液的依数性。

(1) 蒸气压下降

① 溶液的蒸气压下降

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

式中, Δp 为溶液的蒸气压下降; p_A^* 为纯溶剂的蒸气压; p_A 为溶液的蒸气压。

拉乌尔定律(Raoult's law) 一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压与溶剂的摩尔分数成正比,比例常数为纯溶剂的蒸气压。

$$p_A = p_A^* x_A$$

拉乌尔定律的另一种表述为: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,比例常数为纯溶剂的蒸气压,其数学表达式为

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

② 拉乌尔定律的定性解释 当溶液中溶解了少量难挥发的非电解质后,溶剂部分表面被溶质分子所占据,减少了溶剂分子的蒸发机会,致使溶液的蒸气压低于同温度下纯溶剂的蒸气压。溶液浓度越大,溶液蒸气压下降越多。

亨利定律(Henry's law) 一定温度和平衡条件下,气体在液体里的溶解度 x_B 与该气体的平衡分压 p_B 成正比。

$$p_B = k_{x,B} x_B$$

式中, $k_{x,B}$ 为比例系数,称为亨利常数,单位与 p_B 相同。又因理想液态混合物中任一组分 B 存在全部浓度范围都能符合上式,故当 $x_B = 1$ 时, $k_{x,B} = p^*$, 所以 $p_B = p_B^* x_B$, 这就是拉乌尔定律。由此可见,从热力学的观点来看,对于理想液态混合物,拉乌尔定律和亨利定律没有区别。

(2) 沸点升高

① 溶液的沸点升高 在拉乌尔定律适用范围内,溶液沸点的升高与溶液的质量摩尔浓度成正比,即

$$\Delta T_b = K_b \cdot b_B$$

式中, b_B 为溶液的质量摩尔浓度; K_b 为溶剂的摩尔沸点升高常数,它取决于溶剂的特性而与溶质性质无关,单位为 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ 。

② 定性解释(以水溶液为例) 纯水正常沸点为 $100^\circ C$,而由于水溶液蒸气压下降, $100^\circ C$ 时并不沸腾,只有温度继续升高至溶液蒸气压与外界大气压相等时,溶液方可沸腾。

(3) 凝固点降低 凝固点是指固态与液态呈平衡时的温度,即固相蒸气压与液相蒸气压相等时的温度。

① 凝固点降低 在拉乌尔定律适用范围内,溶液凝固点的降低与溶液的质量摩尔浓度成正比,即

$$\Delta T_f = K_f \cdot b_B$$

式中, b_B 为溶液的质量摩尔浓度; K_f 为溶剂的摩尔凝固点降低常数,取决于溶剂的特性而与溶质本性无关,单位为 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ 。

② 定性解释(以水溶液为例) 纯水的正常凝固点为 $0^\circ C$,按拉乌尔定律,在 $0^\circ C$ 时,水溶液的蒸气压应低于纯水的蒸气压,所以,水溶液在 $0^\circ C$ 时并不结冰。当温度继续下降时,由于冰的蒸气压下降率大于水溶液的蒸气压下降率,因此,

只有当温度降至水溶液和冰的蒸气压相等时,溶液才能凝固,所以溶液的凝固点低于纯溶剂的凝固点。

(4) 渗透压

① 渗透 纯溶剂通过半透膜扩散到溶液中,并使其稀释的现象。

② 渗透压 刚好足以阻止渗透过程进行所外加的压力。

③ 溶液渗透压定律 一定温度下,稀溶液的渗透压(Π)与溶液的物质的量浓度($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$)成正比。其数学表达式为

$$\Pi = cRT = \frac{n}{V}RT$$

或

$$\Pi V = nRT$$

注意:①在整个浓度范围内都遵守拉乌尔定律的溶液称为理想溶液;②稀溶液的依数性仅适用于难挥发、非电解质的稀溶液,三者缺一不可;③利用稀溶液的依数性可以测定溶质的摩尔质量,计算溶液的沸点、凝固点、溶液浓度等。

1.2.3 固体

固体的结构对固体的物理性质起决定作用,它分为晶体和非晶体(无定形体)。自然界中大多数固态物质是晶体,但非晶体也较常见,如玻璃、石蜡、沥青等。在固体中,晶体的类型、结构、性质是我们研究的重点。

1. 晶体的特征

(1) 晶格 晶格是一个几何概念。组成晶体的质点(分子、原子、离子)以确定的位置点在空间作规则排列,这些点群具有的一定几何形状,称为晶格。每个质点在晶格中所占有的位置称为晶格的结点。

(2) 晶胞 晶格中能代表晶体结构一切特征的最小结构基本单元称为单元晶胞(简称晶胞)。晶胞在空间无限地周期性地重复就成为晶格。所以,晶体的性质取决于晶胞的大小、形状、质点的种类(分子、原子、离子),以及它们之间的相互作用力(静电作用力、范德华力及氢键等)。

(3) 晶格的类型 晶胞为平行六面体,可以用六面体的3个边长 a, b, c (称为晶轴)和3个棱边的夹角 α, β, γ 来描述(这六个数值称为晶胞参数)。参数之间的相互关系是由晶体内部的对称性决定的。按对称性特征不同,晶体可分为七大晶系、十四种晶格。

2. 晶体的类型

根据晶体中晶格结点上质点的不同和质点间的相互作用力,晶体大致可以分为四大类:离子晶体、原子晶体、分子晶体和金属晶体(见第三章)。另外还有混合键型晶体(过渡型晶体)。

1.3 综合练习

选择题

1. 恒压下,等体积的 $\text{H}_2(\text{g})$ 与 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 混合后进行反应,待反应完成后,生成物的体积与反应前的体积相比()。

- (1) 体积增加 1 倍; (2) 体积增加 2 倍;
(3) 体积减小一半; (4) 没有变化

2. 对任何气体,下列说法不正确的是()。

- (1) 通过扩散小孔时,速率相同;
(2) 等温等压下,气体的密度相同;
(3) 常压下,加热气体时,气体以相同的速率扩散;
(4) 恒温时,压缩气体,气体以相同的速率收缩;
(5) 同温同压下,相同体积中含有相同的气体分子数目

3. 同一条件下,分别在水面和汞面上收集了等体积的 H_2 ,问在这两种液面上收集的 H_2 的质量()。

- (1) 相等; (2) 在汞面上收集的 H_2 的量多些;
(3) 在水面上收集的 H_2 的量多些

4. 物质的量浓度 c 与质量摩尔浓度 b 间的关系是()。

- (1) $c > b$; (2) $c < b$; (3) $c = b$

答案:1. (4); 2. (1)(2)(4); 3. (2); 4. (2)。

1.4 习题解答

1. 在 25°C 时,将电解水所得的氢和氧混合气体 54.0 g ,注入 60.0 dm^3 的真空容器内,氢和氧的分压各为多少?

解:依据题意

$$n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) = 2 : 1$$

$$2\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times n(\text{H}_2) + 32\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times n(\text{O}_2) = 54.0\text{ g}$$

则 $n(\text{O}_2) = 1.5\text{ mol}$, $n(\text{H}_2) = 3.0\text{ mol}$

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{n(\text{H}_2) + n(\text{O}_2)}{V} RT = \frac{1.5\text{ mol} + 3.0\text{ mol}}{60.0 \times 10^{-3}\text{ m}^3} \times$$

$$8.314\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15\text{ K} = 1.86 \times 10^5\text{ Pa} = 186\text{ kPa}$$

$$p(\text{H}_2) = p \times x(\text{H}_2) = 186\text{ kPa} \times \frac{3.0\text{ mol}}{3.0\text{ mol} + 1.5\text{ mol}} = 124\text{ kPa}$$

$$p(\text{O}_2) = p \times x(\text{O}_2) = 186 \text{ kPa} \times \frac{1.5 \text{ mol}}{3.0 \text{ mol} + 1.5 \text{ mol}} = 62 \text{ kPa}$$

2. 将压力为 100 kPa 的氢气 150 cm³, 压力为 50 kPa 的氧气 75 cm³ 和压力为 30 kPa 的氮气 50 cm³ 压入 250 cm³ 的真空瓶内, 求:

(1) 混合物中各气体的分压; (2) 混合气体的总压; (3) 各气体的摩尔分数。

解: (1) 混合物中各气体的分压:

$$p_{\text{分}}(\text{H}_2) = p(\text{H}_2) \frac{V_1}{V_2} = 100 \text{ kPa} \times \frac{150 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{250 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 60 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{分}}(\text{O}_2) = p(\text{O}_2) \frac{V_1}{V_2} = 50 \text{ kPa} \times \frac{75 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{250 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 15 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{分}}(\text{N}_2) = p(\text{N}_2) \frac{V_1}{V_2} = 30 \text{ kPa} \times \frac{50 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{250 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 6 \text{ kPa}$$

(2) 混合气体的总压:

$$p = p_{\text{分}}(\text{H}_2) + p_{\text{分}}(\text{O}_2) + p_{\text{分}}(\text{N}_2) = 60 \text{ kPa} + 15 \text{ kPa} + 6 \text{ kPa} = 81 \text{ kPa}$$

(3) 各气体的摩尔分数:

$$x(\text{H}_2) = \frac{p_{\text{分}}(\text{H}_2)}{p} = \frac{60 \text{ kPa}}{81 \text{ kPa}} = 0.741$$

$$x(\text{O}_2) = \frac{p_{\text{分}}(\text{O}_2)}{p} = \frac{15 \text{ kPa}}{81 \text{ kPa}} = 0.185$$

$$x(\text{N}_2) = \frac{p_{\text{分}}(\text{N}_2)}{p} = \frac{6 \text{ kPa}}{81 \text{ kPa}} = 0.074$$

3. 下列几种化学试剂均为实验室常用试剂, 分别计算它们的物质的量浓度和质量摩尔浓度。

(1) 浓盐酸, 含 HCl 37.0%, 密度 1.19 g · cm⁻³; (2) 浓硫酸, 含 H₂SO₄ 98.0%, 密度 1.84 g · cm⁻³; (3) 浓硝酸, 含 HNO₃ 70.0%, 密度 1.42 g · cm⁻³; (4) 浓氨水, 含 NH₃ 28.0%, 密度 0.90 g · cm⁻³。

解: 设取溶液体积为 1.0 dm³, 或质量为 1 kg。

$$n = \frac{V\rho w}{M} \quad c = \frac{n}{V} = \frac{\rho w}{M} \quad b = \frac{\frac{m w}{M}}{m(1-w)} = \frac{w}{M(1-w)}$$

$$(1) \quad c(\text{HCl}) = \frac{1.19 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.37}{36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 12.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$b(\text{HCl}) = \frac{0.37}{36.5 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times (1 - 0.37)} = 16.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$(2) \quad c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1.84 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.98}{98.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 18.4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$b(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0.98}{98.0 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times (1 - 0.98)} = 500 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$(3) c(\text{HNO}_3) = \frac{1.42 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.70}{63.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 15.8 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

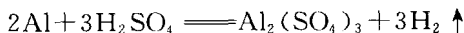
$$b(\text{HNO}_3) = \frac{0.70}{63.0 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times (1 - 0.70)} = 37.0 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$(4) c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{0.90 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.28}{17.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 14.8 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{0.28}{17.0 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times (1 - 0.28)} = 22.9 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

4. 在 30℃ 和 102 kPa 压力下, 用 47.0 g 铝和过量的稀硫酸反应可以得到多少升干燥的氢气? 如果上述氢气是在相同条件下的水面上收集的, 它的体积是多少?

解: 依据题意, 根据反应:



$$n(\text{H}_2) : n(\text{Al}) = 3 : 2$$

$$(1) n(\text{Al}) = \frac{47.0 \text{ g}}{27.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.74 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \times n(\text{Al}) = 1.5 \times 1.74 \text{ mol} = 2.61 \text{ mol}$$

$$pV = nRT$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{干}} = \frac{nRT}{p} = \frac{2.61 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 303.15 \text{ K}}{102 \times 10^3 \text{ Pa}}$$

将 1 Pa = 1 N · m⁻² 1 J = 1 N · m 代入, 得

$$V(\text{H}_2)_{\text{干}} = 6.45 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 64.5 \text{ dm}^3$$

(2) 查表得 30℃ 水的蒸气压 $p(\text{水}) = 4.25 \times 10^3 \text{ Pa}$, 则

$$V(\text{H}_2)_{\text{湿}} = \frac{nRT}{p - p(\text{水})} = \frac{2.61 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 303.15 \text{ K}}{(102 - 4.25) \times 10^3 \text{ Pa}}$$

$$= 6.73 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 67.3 \text{ dm}^3$$

5. 在 25℃ 时, 初始压力相同的 5.0 dm³ 氢和 15 dm³ 氧压缩到体积为 10.0 dm³ 的真空容器中, 混合气体的总压力是 150 kPa。试求:

(1) 两种气体的初始压力; (2) 混合气体中氮和氧的分压; (3) 如果温度升到 210℃, 容器的总压。

解: (1) 两种气体的初始压力:

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

$$p_{\text{初}} = \frac{p_2 V_2}{V_{\text{初}}} = \frac{150 \text{ kPa} \times 10.0 \text{ dm}^3}{5.0 \text{ dm}^3 + 15 \text{ dm}^3} = 75 \text{ kPa}$$

$$(2) n(\text{N}_2) : n(\text{O}_2) = V_{\text{初}}(\text{N}_2) : V_{\text{初}}(\text{O}_2) = 5.0 : 15 = 1 : 3$$

$$x(\text{N}_2) = \frac{n(\text{N}_2)}{n} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$x(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2)}{n} = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$p(\text{N}_2) = px(\text{N}_2) = 150 \text{ kPa} \times 0.25 = 37.5 \text{ kPa}$$

$$p(\text{O}_2) = px(\text{O}_2) = 150 \text{ kPa} \times 0.75 = 112.5 \text{ kPa}$$

$$(3) \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} \times p_1 = \frac{483.15 \text{ K}}{298.15 \text{ K}} \times 150 \text{ kPa} = 243.1 \text{ kPa}$$

6. 在 1000°C 和 97 kPa 压力下, 硫蒸气的密度是 $0.5977 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。试求:

(1) 硫蒸气的摩尔质量; (2) 硫蒸气的化学式。

解: (1) 硫蒸气的摩尔质量

$$\begin{aligned} M &= \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho VRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} \\ &= \frac{0.5977 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 1273.15 \text{ K}}{97 \times 10^3 \text{ Pa}} \\ &= 65.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

(2) 设硫蒸气的化学式为 S_x

$$x = \frac{M}{32.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{65.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{32.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 2$$

硫蒸气的化学式为 S_2 。

7. 1 mol N_2 在 0°C 时体积为 $70.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ 。(1) 用理想气体状态方程;

(2) 用范德华方程计算其压力。

解: (1) 用理想气体状态方程计算:

$$\begin{aligned} p &= \frac{nRT}{V} = \frac{1 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273.15 \text{ K}}{70.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3} \\ &= 32.3 \times 10^6 \text{ Pa} = 32.3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

(2) 用范德华方程计算:

查表得 N_2 $a = 0.141 \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 0.0391 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\begin{aligned} p &= \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2} = \frac{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273.15 \text{ K}}{70.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} - 0.0391 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} - \\ &\quad \frac{0.141 \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}}{(70.3 \times 10^{-6})^2 (\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})^2} = 44.3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

8. 45°C 时, 5.20 dm^3 容器内装有 3.50 mol NH_3 , 试计算 NH_3 的压力。

(1) 用理想气体状态方程; (2) 用范德华方程。

解: (1) 用理想气体状态方程计算: