

WUJI HUAXUE XUEXI ZHIDAO

无机化学 学习指导

孙亚秋 张欣 主编

H_2SO_4 HCl

Ag^+ Fe^{3+} Cr^{3+} Co^{2+}

Fe^{3+} Co^{2+} Ni^{2+} Ag^+

Zn^{2+} Cd^{2+} Hg^{2+} Cu^{2+}

Al^{3+} Pb^{2+} Bi^{3+} Cr^{3+}

Co^{2+} Mn^{2+} Al^{3+} Zn^{2+}

Ni^{2+} Cr^{3+} Mn^{2+} Ba^{2+}

Pb^{2+} Ba^{2+} Bi^{3+} Sn^{4+}

Mg^{2+} Al^{3+} Zn^{2+} Pb^{2+}

Ag^+ Pb^{2+} Bi^{3+} Mg^{2+}

K^+ Mg^{2+} Ca^{2+} Ba^{2+}

Cu^{2+} Ni^{2+} Mg^{2+} Al^{3+}

Ag^+ Pb^{2+} Hg^{2+} Cu^{2+}

Pb^{2+} Ag^+ Hg^{2+} Zn^{2+}

Pb^{2+} Bi^{3+} Zn^{2+} K^+

Mg^{2+} Ba^{2+} Zn^{2+} Cd^{2+}

HNO_3

HOAc

H_2S

K_2CrO_4

$\text{K}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)$

Na_2CO_3

Na_2S

NaOAc

NH_4OAc

NH_4Cl ● ● ● ● ● ● ● ●

南开大学出版社

无机化学学习指导

孙亚秋 张 欣 主编

南开大学出版社

天 津

图书在版编目(CIP)数据

无机化学学习指导 / 孙亚秋, 张欣主编. —天津: 南开大学出版社, 2009. 10

ISBN 978-7-310-03238-9

I. 无… II. ①孙…②张… III. 无机化学—高等学校—
教学参考资料 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 169819 号

版权所有 侵权必究

南开大学出版社出版发行

出版人: 肖占鹏

地址: 天津市南开区卫津路 94 号 邮政编码: 300071

营销部电话: (022)23508339 23500755

营销部传真: (022)23508542 邮购部电话: (022)23502200

*

天津泰宇印务有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

880×1230 毫米 32 开本 9.875 印张 278 千字

定价: 18.00 元

如遇图书印装质量问题, 请与本社营销部联系调换, 电话: (022)23507125

内容提要

全书共十九章,前十章为无机化学基本原理,后九章为元素化学。每章分教学要求、重点与难点、精选例题解析、练习题及练习题参考答案五部分。这种结构编排有利于学生在明确学习重点的基础上,提高分析和解决问题的能力,熟练规范化的解题方法。本书可以作为各类高校无机化学和普通化学教师和学生的习题集,也适于高年级学生考研复习之用。

前 言

本书是为综合性大学和师范院校化学专业及相关专业的学生学习无机化学而编写的一本教学参考书。编者通过多年的教学经验,深感通过用例题和练习题的方法帮助学生熟练地掌握好每章的基本概念和基本理论是十分必要的。

本书以普通高等教育“十五”国家级规划教材及面向二十一世纪教材《无机化学》(上、下)为依据编写。全书共十九章,每章分为五部分内容,包括教学要求、重点与难点、精选例题解析、练习题及练习题参考答案。精选例题解析基本概括了每章的重点和难点内容,这样可以启发学生的思维,学会如何正确地分析问题、解决问题;练习题部分可以帮助学生进一步理解每章的基本概念和理论,学生通过解题,可以检查对所学内容的实际掌握情况。

本书由孙亚秋、张欣主编。张欣编写第1~10章,孙亚秋编写第11~19章。最后由孙亚秋补充、修改、整理和定稿。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2009.5

目 录

第一章 化学基础知识	(1)
一、教学要求	(1)
二、重点与难点	(1)
三、精选例题解析	(1)
四、练习题	(5)
五、练习题参考答案	(9)
第二章 化学热力学基础	(10)
一、教学要求	(10)
二、重点与难点	(10)
三、精选例题解析	(10)
四、练习题	(19)
五、练习题参考答案	(27)
第三章 化学反应速率	(28)
一、教学要求	(28)
二、重点与难点	(28)
三、精选例题解析	(28)
四、练习题	(35)
五、练习题参考答案	(40)
第四章 化学平衡	(41)
一、教学要求	(41)
二、重点与难点	(41)
三、精选例题解析	(41)
四、练习题	(50)
五、练习题参考答案	(57)

第五章 原子结构与元素周期律	(58)
一、教学要求	(58)
二、重点与难点	(58)
三、精选例题解析	(58)
四、练习题	(66)
五、练习题参考答案	(73)
第六章 化学键理论概述	(74)
一、教学要求	(74)
二、重点与难点	(74)
三、精选例题解析	(74)
四、练习题	(85)
五、练习题参考答案	(92)
第七章 酸碱解离平衡	(94)
一、教学要求	(94)
二、重点与难点	(94)
三、精选例题解析	(94)
四、练习题	(99)
五、练习题参考答案	(102)
第八章 沉淀溶解平衡	(104)
一、教学要求	(104)
二、重点与难点	(104)
三、精选例题解析	(104)
四、练习题	(111)
五、练习题参考答案	(114)
第九章 氧化还原反应	(116)
一、教学要求	(116)
二、重点与难点	(116)
三、精选例题解析	(116)
四、练习题	(130)
五、练习题参考答案	(140)

第十章 配位化合物	(141)
一、教学要求	(141)
二、重点与难点	(141)
三、精选例题解析	(141)
四、练习题	(150)
五、练习题参考答案	(154)
第十一章 碱金属和碱土金属	(156)
一、教学要求	(156)
二、重点与难点	(156)
三、精选例题解析	(157)
四、练习题	(164)
五、练习题参考答案	(171)
第十二章 碳族元素和硼族元素	(174)
一、教学要求	(174)
二、重点与难点	(174)
三、精选例题解析	(175)
四、练习题	(186)
五、练习题参考答案	(192)
第十三章 氮族元素	(194)
一、教学要求	(194)
二、重点与难点	(194)
三、精选例题解析	(194)
四、练习题	(201)
五、练习题参考答案	(207)
第十四章 氧族元素	(210)
一、教学要求	(210)
二、重点与难点	(210)
三、精选例题解析	(210)
四、练习题	(214)
五、练习题参考答案	(221)

第十五章 卤素	(224)
一、教学要求	(224)
二、重点与难点	(224)
三、精选例题解析	(225)
四、练习题	(229)
五、练习题参考答案	(236)
第十六章 铜副族元素和锌副族元素	(239)
一、教学要求	(239)
二、重点与难点	(239)
三、精选例题解析	(239)
四、练习题	(251)
五、练习题参考答案	(258)
第十七章 铬、锰、钛、钒	(261)
一、教学要求	(261)
二、重点与难点	(261)
三、精选例题解析	(261)
四、练习题	(271)
五、练习题参考答案	(278)
第十八章 铁系元素和铂系元素	(280)
一、教学要求	(280)
二、重点与难点	(280)
三、精选例题解析	(280)
四、练习题	(287)
五、练习题参考答案	(291)
第十九章 无机物性质规律讨论	(294)
一、教学要求	(294)
二、重点与难点	(294)
三、精选例题解析	(294)
四、练习题	(299)
五、练习题参考答案	(303)

第一章

化学基础知识

一、教学要求

1. 掌握理想气体、气体分压、气体分体积等基本概念。
2. 理解并掌握理想气体定律即理想气体状态方程, 道尔顿分压定律。

二、重点与难点

重点:混合气体分压的计算, 理想气体定律及其应用。

难点:分压、分体积、体积分数等概念的理解, R 的数值和单位的选择。

三、精选例题解析

1. 已知 1 L 某气体在标准状况下质量为 2.86 g, 试计算该气体的平均相对分子质量, 并计算其在 17 °C 和 207 kPa 时的密度。

解: 设气体摩尔质量为 M , 气体质量为 m , 则该气体的物质的量 $n = m/M$ 。

由理想气体状态方程 $pV = nRT$, $n = \frac{pV}{RT} = \frac{m}{M}$

$$\text{有 } M = \frac{mRT}{pV} = \frac{2.86 \text{ g} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \times 273 \text{ K}}{101.3 \times 10^3 \text{ Pa} \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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

$$\text{所以 } \rho = \frac{pM}{RT}$$

$$\text{当 } T = (17 + 273) \text{ K} = 290 \text{ K}, P = 207 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\rho = \frac{207 \times 10^3 \text{ Pa} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \times 290 \text{ K}} = 5.49 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

2.410 K 时某容器内装有 0.30 mol N_2 , 0.10 mol O_2 和 0.10 mol He, 当混合气体的总压为 100 kPa 时 He 的分压是多少? N_2 的分体积是多少?

$$\text{解: } p_{\text{He}} = \frac{n_{\text{He}}}{n_{\text{总}}} \cdot p_{\text{总}} = \frac{0.1 \text{ mol}}{(0.1 + 0.1 + 0.3) \text{ mol}} \times 100 \text{ kPa} = 20 \text{ kPa}$$

有理想气体状态方程: $p_{\text{总}} V_{\text{总}} = n_{\text{总}} RT$

$$V_{\text{总}} = \frac{n_{\text{总}} RT}{p_{\text{总}}} = \frac{0.5 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \times 410 \text{ K}}{100 \text{ kPa}} = 17 \text{ L}$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{总}}} \times V_{\text{总}} = \frac{3}{5} \text{ mol} \times 17 \text{ L} = 10 \text{ L}$$

3. 在 100 kPa 和 298 K 时, 有含饱和水蒸气的空气 3.47 L, 如将其中的水除去, 则干燥空气的体积为 3.36 L. 试求在此温度下水的饱和蒸气压。

$$\text{解: } V_{\text{水蒸气}} = 3.47 \text{ L} - 3.36 \text{ L} = 0.11 \text{ L}$$

因为温度不变

$$\text{所以 } p_{\text{水蒸气}} = p_{\text{总}} \times \frac{V_{\text{水蒸气}}}{V_{\text{总}}} = 100 \text{ kPa} \times \frac{0.11 \text{ L}}{3.47 \text{ L}} = 3.17 \text{ kPa}$$

故此温度下水的饱和蒸气压为 3.17 kPa。

4. 氧气在 $1.0132 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、300 K 时体积为 2 L, 氮气在 $2.0265 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、300 K 时体积为 1 L. 现将这两种气体在 1 L 的容器中混合, 如温度仍为 300 K, 问混合气体的总压力是否等于 $3.0397 \times 10^5 \text{ Pa}$, 为什么?

解: 因为混合前后的体积不等, 混合气体的总压力不等于 $3.0397 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。由 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ 得:

$$p_{\text{O}_2} = 1.0132 \times 10^5 \times \frac{2}{1} = 2.0264 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{N_2} = 2.0625 \times \frac{1}{1} = 2.0265 \times 10^5 \text{ Pa}$$

混合气体的总压力为:

$$\begin{aligned} p_{\text{总}} &= 2.0264 \times 10^5 \text{ Pa} + 2.0265 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 4.0529 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

答:混合气体的总压力为 $4.0529 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

5. 合成氨原料气中氢气和氮气的体积比是 3:1, 除这两种气体外, 原料气体中还含有其他杂质气体 4% (体积百分数), 原料气总压力为 $1.52 \times 10^7 \text{ Pa}$, 求氮、氢的分压。

解: 按题意, 氢气、氮气和杂质气体的体积分数分别是 $\frac{96 \times 3}{100 \times 4}$ 、 $\frac{96 \times 1}{100 \times 4}$ 和 $\frac{4}{100}$ 。故氮气和氢气分压为:

$$p_{H_2} = 1.52 \times 10^7 \times \frac{96 \times 3}{100 \times 4} = 1.09 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$p_{N_2} = 1.52 \times 10^7 \times \frac{96 \times 1}{100 \times 4} = 0.36 \times 10^7 \text{ Pa}$$

答: 氢气和氮气的分压分别为 $1.09 \times 10^7 \text{ Pa}$ 和 $0.36 \times 10^7 \text{ Pa}$ 。

6. 将 32.0 g 的氧气和 56.0 g 的氮气盛于 10.0 L 的容器中, 设温度为 300 K, 试计算: 这两种气体的分压; 气体混合物的总压。

解: (1) 由 $p_i V = n_i RT$ 得:

$$p_{O_2} = \frac{\frac{32.0}{32.0} \times 8314.3 \times 300}{10.0} = 2.49 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_{N_2} = \frac{\frac{56.0}{28} \times 8314.3 \times 300}{10.0} = 4.99 \times 10^5 \text{ Pa}$$

气体混合物的总压为:

$$\begin{aligned} p_{\text{总}} &= p_{O_2} + p_{N_2} \\ &= 2.49 \times 10^5 \text{ Pa} + 4.99 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 7.48 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

答: 氧气的分压为 $2.49 \times 10^5 \text{ Pa}$, 氮气的分压为 $4.99 \times 10^5 \text{ Pa}$, 混

合物的总压为 $7.48 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

7. 在 280 K 时, 一敞口烧瓶盛某种气体, 须加热到什么温度, 才能使烧瓶中 $\frac{1}{3}$ 体积的气体逸出?

解: 由于是敞口烧瓶, p 和 V 不变。又由于有 $\frac{1}{3}$ 体积的气体逸出, 则剩余 $\frac{2}{3}$ 体积。

由 $pV = n_1 RT_1 = n_2 RT_2$ 可得出:

$$n_1 T_1 = \frac{2}{3} n_1 T_2$$

故温度为: $T_2 = \frac{3}{2} T_1 = \frac{280 \times 3}{2} = 420 \text{ K}$

答: 须加热到 420 K。

8. 对于一定量的混合气体, 试回答下列问题:

- (1) 恒压下, 温度变化时各组分气体的体积分数是否变化?
- (2) 恒温下, 压力变化时各组分气体的分压是否变化?
- (3) 恒温下, 体积变化时各组分气体的摩尔分数是否变化?

答: (1) 不变。当 p 、 n 一定时, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$, 即体积和温度成正比, 故体积分数不会变。

(2) 改变。因为总压变化, 各组分气体的摩尔分数不变, 故分压也变化。

(3) 不变。因为物质的量没变, 所以摩尔分数不变。

9. 常温下将装有相同气体的体积为 5 L、压力为 $9.1193 \times 10^5 \text{ Pa}$ 和体积为 10 L、压力为 $6.0795 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的两个容器间的连接阀门打开, 问平衡时的压力为多少?

解: 根据气态方程有:

$$n_1 = \frac{p_1 V_1}{RT}, \quad n_2 = \frac{p_2 V_2}{RT}$$

混合后气体的总物质的量为:

$$n_{\text{总}} = n_1 + n_2 = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{RT} = \frac{p_{\text{平}} V_{\text{总}}}{RT}$$

故平衡时的压力为:

$$\begin{aligned} p_{\text{平}} &= \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_{\text{总}}} \\ &= \frac{9.119\ 3 \times 10^5 \times 5 + 6.079\ 5 \times 10^5 \times 10}{5 + 10} \\ &= 7.09 \times 10^5\ \text{Pa} \end{aligned}$$

答:平衡时的压力为 $7.09 \times 10^5\ \text{Pa}$ 。

四、练习题

- 称为核素的是这样一种原子,它具有一定数目的()。
 - 质子和中子
 - 电子和质子
 - 核子和电子
 - 电子和中子
- 原子质量与其无关,而相对原子质量与其有关的是()。
 - 中子数和质子数
 - 核电荷数
 - 核素的丰度
 - $^{12}_6\text{C}$ 原子质量的 $1/12$
- 对单一核素元素而言,它的相对原子质量和原子质量数值相等,后者的单位是()。
 - A
 - u
 - n
 - m
- 一种元素的相对原子质量,是该元素的一定质量与核素 $^{12}_6\text{C}$ 的摩尔质量的 $1/12$ 的比值,这一质量是()。
 - 原子质量
 - 各核素原子质量的平均质量
 - 平均质量
 - 1 mol 原子平均质量
- 同位素即质子数相同而另一种微粒数目不同的同一元素的互称,这另一种微粒数目是()。
 - 质量数
 - 中子数
 - 核电荷数
 - 核外电子层数
- 同量数是具有一定条件的不同元素的互称。这些条件是()。

- A. 质子数相同,质量数不同 B. 质量数相同,质子数不同
C. 质子数相同,中子数不同 D. 中子数相同,质量数不同
7. 红磷和白磷为同素异形体是因为()。
- A. 两者颜色不同 B. 两者物理性质不同
C. 两者结构不同 D. 两者互相转化
8. $^{40}_{20}\text{Ca}$ 和 $^{40}_{22}\text{Ar}$ 两者互为()。
- A. 同位素 B. 同质子异核素
C. 同质子异荷素 D. 同量数
9. 原子核失去一个中子则()。
- A. 原子的化学性质发生变化
B. 使原子中的原子核数增加
C. 原子序数减小
D. 原子的一种物理性质发生变化
10. 对 $^{24}_{12}\text{Mg}$ 、 $^{23}_{12}\text{Mg}$ 、 $^{26}_{12}\text{Mg}$ 三种符号而言,下列说法错误的是()。
- A. 它们代表三种元素 B. 它们代表三种不同的原子
C. 它们代表三种核素 D. 它们代表 Mg 的三种同位素
11. 在 300 K 时,把电解水得到并经干燥的 H_2 和 O_2 的混合气体 40.0 g,通入 60.0 L 的真空容器中, H_2 和 O_2 的分压比为()。
- A. 3 : 1 B. 2 : 1 C. 1 : 1 D. 4 : 1
12. 相对分子质量较小的气体分子的运动速率比相对分子质量较大的气体分子的运动速率()。
- A. 大 B. 小 C. 相同 D. 无一定关系
13. 某组分气体分压力的大小与它在气体混合物中成正比的是()。
- A. 体积之比 B. 质量之比 C. 浓度之比 D. 摩尔分数
14. 在恒温恒压下,把 0.2 L N_2 和 0.3 L O_2 混合,所得混合气体的体积是()。
- A. 0.6 L B. 0.1 L C. 0.5 L D. $\frac{2}{3}$ L
15. 严格地讲,只有在一定的条件下,气体状态方程式才是正确的,这时

- 的气体称为理想气体。这条件是()。
- A. 气体分子间的化学反应忽略不计
B. 各气体的分压和气体分子本身的体积忽略不计
C. 各气体分子的“物质的量”和气体分子间的引力忽略不计
D. 气体分子间的引力,气体分子本身的体积忽略不计
16. 在同温同压下,相同体积的各种气体所含的分子数目是相同的,首先提出这一理论的是()。
- A. 道尔顿
B. 盖·吕萨克
C. 波义尔
D. 阿佛加德罗
17. “物质的量”相同的两种气体于同温度下,在同一容器中混合,该混合气体的压力()。
- A. 等于各种气体单独存在时的压力
B. 等于各种气体单独存在时的压力之积
C. 等于各种气体单独存在时的压力之和
D. 等于各种气体单独存在时的压力之差
18. 某主族元素最高价含氧酸的化学式为 HRO_4 , 它能与氢生成氢化物, 其中氢的含量为 2.74%, 这个元素为()。
- A. N
B. F
C. Cl
D. P
19. 在常温下将装有相同气体的体积为 5 L、压力为 9 kPa 和体积为 10 L、压力为 6 kPa 的两容器间的连接阀门打开, 平衡后的压力为()。
- A. 7 kPa
B. 3 kPa
C. 4 kPa
D. 6 kPa
20. 把 NH_3 和 HCl 气体分别置于一根 100 cm 长的玻璃管的两端, 并使其自由扩散, 两气体将在管内某处相遇而生成白烟, 该处距 NH_3 端()。
- A. 60 cm
B. 50 cm
C. 70 cm
D. 80 cm
21. 在下述条件中, 能使实际气体接近理想气体的是()。
- A. 低温、高压
B. 高温、低压
C. 低温、低压
D. 高温、高压

22. 一种未知气体在一台扩散仪内以 $10.0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率扩散, 在此仪器内, 甲烷气体以 $30.0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度扩散, 此未知气体的相对分子质量为()。
- A. 1.78 B. 5.33 C. 48 D. 144.4
23. 核素和元素的概念正确的是()。
- A. 核素和元素的原子都必须具有一定数目的质子和一定数目的中子
- B. 核素和元素的原子都必须具有一定数目的质子, 但中子数可以不同
- C. 核素和元素都是指一类原子的总称
- D. 核素是某种特定的原子, 它的质子数和中子数都是一定的, 而元素是一类原子的总称, 这类原子的质子数相同, 而中子数可以不同
24. 核素 ^{12}C 的原子质量为 $12.000\ 0 \text{ u}$, 丰度为 98.89% ; 核素 ^{13}C 的原子质量为 $13.003\ 3 \text{ u}$, 丰度为 1.109% , 则 C 的平均原子质量为()。
- A. $13.000\ 8$ B. $12.011\ 0$ C. 12.011 u D. $13.004\ 5$
25. 下列说法正确的是()。
- A. 44 g CO_2 和 32 g O_2 所含的分子数相同, 因而体积不同
- B. 12 g CO_2 和 12 g O_2 的质量相等, 因而“物质的量”相同
- C. 1 mol CO_2 与 1 mol O_2 的“物质的量”相同, 因而它们的分子数相同
- D. 22.4 L CO_2 与 22.4 L O_2 的体积相同, “物质的量”一定相等
26. 将 300 K 、 500 kPa 的 O_2 5 L , 400 K 、 200 kPa 的 H_2 10 L 和 200 K 、 200 kPa 的 N_2 3 L , 三种气体压入 10 L 容器中维持 300 K , 这时气体状态是()。
- A. O_2 的压力降低, N_2 、 H_2 压力增加
- B. H_2 的压力降低, N_2 、 O_2 的压力增加
- C. N_2 的压力不变, 总压力比混合前低
- D. O_2 、 N_2 、 H_2 的压力降低, 总压力比混合前低