

高等学校教学参考书

无机化学 习题集

(第二版)

杜尧国 马泰儒 王福元 周宁怀 包树元

高等教育出版社

高等学校教学参考书

无机化学习题集

(第二版)

杜尧国 马泰儒 王福元 周宁怀 包树元

高等教育出版社

高等学校教学参考书

无机化学习题集

(第二版)

杜尧国 马泰儒 王福元 周宁怀 包树元

高等教育出版社出版
新华书店上海发行所发行
上海市印刷四厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 14.125 插页 1 字数 350,000

1979年10月第1版 1987年10月第2版

1987年10月第1次印刷

印数 00,001—8,300

ISBN 7-04-000027-X/O·14

书号 13010·01429 定价 3.35 元

再 版 前 言

《无机化学习题集》是高等学校理科无机化学教学用书，与武汉大学、吉林大学等校编写的《无机化学》教材配套使用。

本书自出版以来，在教学中发挥了积极的作用，受到了各方面的鼓励。随着无机化学内容的不断更新和《无机化学》教材的修订，已感到初版《无机化学习题集》不能满足教学的需要。为此，主编单位汇总了各参加编写单位与使用单位的情况和意见，于1982年9月在北京商讨了修订内容和原则，决定在保持初版体系和特点的基础上对以下几个方面作出修订：

1. 新编“热力学函数及其应用”、“核化学”两章的例题和习题；
2. 增多原书各章的例题和习题，使全书的习题量由原来的千余题增加到现在的约1800题；
3. 扩充和增写内容提要；
4. 增补“部分高等院校的无机化学试题”（收集到1984年）；
5. 增编“元素和化合物的热力学数据表”。

1983年8月编者在长春审订了再版《无机化学习题集》的全稿（草稿）。

遵照国务院1984年2月27日发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和“七·五期间要在所有新编教材中普遍使用法定计量单位”的规定，编者于1985年9月在西安武警技术学院研究商定于再版本中统一使用我国法定计量单位，将初版本中不符合法定计量单位的习题予以修改或删减。

参加本书修订工作的有杜尧国（吉林大学）、马泰儒（武警技术学院）、王福元（南开大学）、周宁怀（杭州师范学院）和包树元（广西大学）等五位同志，最后由杜尧国、马泰儒定稿。朱仁同志为本书

责任编辑。

由于编者水平所限，书中的缺点和错误在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

1986.11 月于西安

初 版 前 言

在长期的教学实践中,我们感到要使学生对所学的无机化学基本理论和基本知识能加深理解、灵活应用,并提高分析问题和解决问题的能力,就必须引导学生在复习的基础上多做习题。同时广大师生也迫切要求有一本能适合我国情况的自编无机化学习题集作为教学参考书。因此,我们在收集整理部分高等院校使用过的无机化学习题的基础上参考国内外的一些无机化学教材、习题集编写成这本《无机化学习题集》。

全书共分二十一章,另附有部分高等院校无机化学试题选编。前九章是基本理论部分,后十二章是元素部分。在第一章和第二章中安排了一定量的与中学化学内容有联系的习题以利于衔接。在编写过程中,我们注意了基础理论的充实提高,理论部分与元素部分的相互结合以及循序渐进、突出重点等原则的贯彻。书中的计算题均附有答案,由于计算工具的不同,尾数可能略有不同。本书编有附录,供查阅常数之用。

本书的主要使用对象是高等院校学习无机化学的一年级学生。

参加本书编写工作的有吉林大学、南开大学、广西大学、兰州大学(以上系主编单位)、北京大学、北京师范大学、西北大学、山西大学、武汉大学、中山大学、厦门大学、吉林师范大学、辽宁大学、黑龙江大学、中国科技大学、山东大学、上海师范大学、上海师范学院和河北大学。

1979年5月于南宁召开了本书审稿会,由西北大学和河北大学担任主审。会后推荐吉林大学杜尧国、南开大学王福元、广西大学周宁怀和兰州大学马泰儒四位同志修改定稿。

在本书编写过程中,南开大学姚凤仪同志和广西大学包树元

同志做了许多工作,付出了辛勤的劳动。福州大学和河北师范大学积极提供了许多习题,为编写工作作出了贡献。

由于时间紧迫和水平所限,书中的缺点和错误是难免的,欢迎读者批评指正。

《无机化学习题集》编写组

1979年7月于长春

目 录

第一章	化学的基本概念和基本定律·····	1
第二章	溶液·····	23
第三章	原子结构·····	42
第四章	分子结构和晶体结构·····	60
第五章	热力学函数及其应用·····	77
第六章	化学反应速度与化学平衡·····	103
第七章	酸碱理论与电离平衡·····	140
第八章	沉淀反应·····	165
第九章	氧化还原反应·····	188
第十章	配位化合物·····	219
第十一章	碱金属与碱土金属·····	247
第十二章	卤素·····	258
第十三章	氧族元素·····	270
第十四章	氮族元素·····	282
第十五章	碳族元素·····	296
第十六章	硼族元素·····	308
第十七章	铜分族和锌分族元素·····	320
第十八章	钛分族和钒分族元素·····	334
第十九章	铬分族和锰分族元素·····	342
第二十章	铁系和铂系元素·····	356
第二十一章	镧系元素和锕系元素·····	367
第二十二章	稀有气体·····	372
第二十三章	核化学·····	376
选编部分高等院校的无机化学试题(1978—1984)·····		383

附录.....	414
一、本书所用符号说明	414
二、中华人民共和国法定计量单位	419
三、单位换算表	422
四、一些基本常数	424
五、不同温度下的饱和水蒸气压(Pa)	425
六、一些物质的热力学数据(298K)	427
七、酸碱电离常数	435
八、溶度积常数(18°C)	436
九、标准电极电势	438
十、配离子稳定常数	443
十一、平均键焓(298K)	444

第一章 化学的基本概念 和基本定律

内 容 提 要

1. 原子量、分子量、物质的量的计算；
2. 分子式的确定和根据化学反应方程式进行的有关计算；
3. 扩散定律、气体定律和分压定律的运用；
4. 有关理想气体状态方程式和实际气体状态方程式的计算。

主 要 公 式

$$M = \frac{m}{n} \quad (M \text{ 为摩尔质量, } m \text{ 为物质的质量, } n \text{ 为物质的量})$$



$$|\Delta n_A| : |\Delta n_B| : |\Delta n_P| : |\Delta n_Q| = a : b : p : q$$

反应进行时, 各物质的“物质的量”变化的绝对值(即不考虑正负号)与反应方程式中各自的系数成正比。

$$|\Delta n_A| = |\Delta n_B| \cdot \frac{a}{b}$$

$$|\Delta n_P| = |\Delta n_Q| \cdot \frac{p}{q}$$

$$C \cdot A \approx 6.4 \quad (C \text{ 为比热, } A \text{ 为原子量})$$

迪隆-珀蒂 (Dulong-Petit) 规则认为一般温度下大部分固体元素的比热与其原子量的乘积约等于 6.4, 可据此求出元素的近似原子量; 再从反应关系算出其精确原子量。

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

$$pV = nRT \quad (\text{理想气体状态方程式})$$

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

$$p = \frac{d}{M}RT$$

$$p_{\text{总}} = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$$

$$n_{\text{总}} = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$$

$$x_1 = \frac{n_1}{n_{\text{总}}} = \frac{p_1}{p_{\text{总}}}$$

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = nRT \quad [\text{范德华(van der Waals)实际气体方程式}]$$

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}} \quad [\text{格雷姆(Graham)扩散定律}]$$

例 题

【例一】 在自然界中 $^{12}_6\text{C}$ 的原子质量是 12u (原子质量单位), 丰度为 98.892% ; $^{13}_6\text{C}$ 的原子质量是 13.0033u , 丰度为 1.108% , 求碳的平均原子质量和它的原子量。

$$\begin{aligned} \text{解: 碳的平均原子质量} &= (12 \times 98.892\% \\ &\quad + 13.0033 \times 1.108\%) \text{u} \\ &= 12.011 \text{u} \end{aligned}$$

碳的原子量在数值上等于它的平均原子质量, 只是没有单位, 即 12.011 。

答: 碳的平均原子质量为 12.011u , 原子量为 12.011

【例二】 已知氟的原子序数为 9 , 其原子量为 18.99840 。它只有一种同位素, 计算其质量亏损 Δm 。

答: 以 $^{12}_6\text{C} = 12$ 为原子量标准时, 中子质量 $m_n = 1.00867\text{u}$,

质子质量 $m_p = 1.00728 \text{ u}$, 电子质量 $m_e = 0.000549 \text{ u}$ 。当质子和中子结合成原子核时, 因放出大量能量而有质量亏损 Δm 。 Δm 也可通过爱因斯坦(Einstein)质能联系式 $E = \Delta mc^2$ 进行计算。

$$\Delta m = (10 \times 1.00867 + 9 \times 1.00728 + 9 \times 0.000549 - 18.99840) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta m = 0.15876 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

【例三】 填充下表:

基本单元的数目	对应的物质的量	对应的质量/g	基本单元的摩尔质量/ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
O_2 6.022×10^{23} 个	0.10 mol 的 O_2	3.2	32
	10.0 mol 的 O		
H_2		4.0	
	0.25 mol 的 H_2SO_4		
KMnO_4		31.6	

答:

基本单元的数目	对应的物质的量	对应的质量/g	基本单元的摩尔质量/ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
O_2 6.022×10^{23} 个	0.10 mol 的 O_2	3.2	32
O $10 \times 6.022 \times 10^{23}$ 个	10.0 mol 的 O	160	16
H_2 $2 \times 6.022 \times 10^{23}$ 个	2.0 mol 的 H_2	4.0	2.0
H_2SO_4 $0.25 \times 6.022 \times 10^{23}$ 个	0.25 mol 的 H_2SO_4	24.5	98
KMnO_4 $0.200 \times 6.022 \times 10^{23}$ 个	0.200 mol 的 KMnO_4	31.6	158

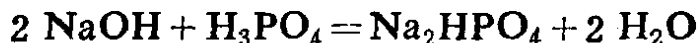
【例四】 25.00 ml 浓度为 $0.05000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液恰好与 31.25 ml 浓度为 $0.02000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_3PO_4 溶液相互作用, 试求出此反应方程式的系数。

解: $\Delta n_{\text{NaOH}} = 0.05000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25.00 \text{ ml} = 1.25 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$\Delta n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0.02000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 31.25 \text{ ml} = 0.6250 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Delta n_{\text{NaOH}} / \Delta n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 2:1$$

故该反应方程式应为:



【例五】 一块金属重 1.0380 g, 与酸充分作用, 产生的氢气于 18°C 和 $0.9866 \times 10^5 \text{ Pa}$ 压力下在水面上收集得 389.5 ml, 该金属比热为 0.093 卡/克·度*, 问这是什么金属。

解: 根据迪隆-珀蒂规则, 该金属的原子量近似为

$$\frac{6.4}{0.093} = 69$$

又据 $pV = \frac{m}{M}RT$

所得 H_2 的质量为 m_1

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{pVM}{RT} \\ &= \left(\frac{0.9866 \times 10^5 \times 389.5 \times 10^{-3} \times 2.016 \times 10^{-3}}{8.314 \times 291.2} \right) \text{ g} \\ &= 0.03200 \text{ g} \end{aligned}$$

生成 1 mol 的 H_2 所需该金属的量为 m_2

$$\begin{aligned} m_2 &= \left(\frac{1.038}{0.03200} \times 2.016 \right) \text{ g} = 65.39 \text{ g} \\ \frac{69}{65.39} &\approx 1 \end{aligned}$$

故该金属应是 Zn。

答: 该金属为 Zn

【例六】 某化合物含碳 54.5%, 氢 9.1%, 氧 36.4%, 又知它的蒸气质量为同温同压下同体积氢气的 44 倍, 求此化合物的化学式和分子式。

* 按照 SI 单位制和我国法定单位制, 卡(cal)应废弃不用, 但为了准确了解迪隆-珀蒂规则的历史, 此处我们仍保留了卡/克·度的单位。

$$\text{解：碳原子数：氢原子数：氧原子数} = \frac{55}{12} : \frac{9.1}{1.0} : \frac{36}{16}$$

$$= 4.5 : 9.1 : 2.3$$

$$= 2 : 4 : 1$$

故其化学式为 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, 化学式量为 44。

根据相对密度法, 其分子量 $M = 44 \times 2.0 = 88$

而

$$\frac{88}{44} = 2$$

故分子式为 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ 。

答：化学式为 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, 分子式为 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

【例七】 现有硝酸铵和硫酸铵的混合物 2.26 g, 加足量碱使之完全转变为氨气, 在标准状况下测得体积为 672 ml, 求混合物中硝酸铵和硫酸铵的质量分数及混合物的含氮量。

解：设 NH_4NO_3 的质量分数为 x , 其物质的量为 n_1 (mol), 查得其摩尔质量为 $88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的质量分数为 $1-x$, 其物质的量为 n_2 (mol), 查得其摩尔质量为 $132 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。又知此二铵盐与过量碱作用时, $1 \text{ mol } \text{NH}_4\text{NO}_3$ 可放出 $1 \text{ mol } \text{NH}_3$, 而 $1 \text{ mol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 可放出 $2 \text{ mol } \text{NH}_3$ 。

$$n_1 \times 88 + n_2 \times 132 = 2.26 \quad (1)$$

$$(n_1 + 2 n_2) 22.4 = 0.672 \quad (2)$$

解之, 得:

$$n_1 = 1.27 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_2 = 8.65 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

所以

$$x = \frac{1.27 \times 10^{-2} \times 88.0}{2.26} = 0.495$$

$$1 - x = 0.505$$

$$\text{总含氮量} = \frac{(2 n_1 + 2 n_2) 14}{2.26} \times 100\%$$

$$= 32.6\%$$

答：硝酸铵和硫酸铵的质量分数分别为 0.495 和 0.505, 混

合物含氮量为 32.6%

【例八】 气体A的分子量为66.0,测得其扩散速度为 $83.3\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$,在同一装置上测定气体B的扩散速度为 $102\text{ml}\cdot\text{s}^{-1}$,求气体B的分子量。

解: 设气体 A、B 的分子量和扩散速度分别为 M_A 、 M_B 、 v_A 、 v_B 。

根据格雷恩扩散定律 $\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$

即
$$\frac{v_A^2}{v_B^2} = \frac{M_B}{M_A}$$

则
$$M_B = \frac{v_A^2}{v_B^2} M_A = \frac{(83.3)^2}{(102)^2} \times 66.0$$
$$= 44.0$$

答: 气体B的分子量为 44.0

【例九】 27°C 时,在 50.0L 的容器中装 2.00kg 氧气,问容器壁承受的压力为多少?

解: 据 $pV = \frac{m}{M}RT$

则
$$p = \frac{mRT}{MV}$$
$$= \left(\frac{2.00 \times 10^3 \times 8.32 \times 300}{32.0 \times 10^{-3} \times 50.0} \right) \text{Pa}$$
$$= 3.12 \times 10^3 \text{kPa}$$

答: 容器壁承受的压力为 $3.12 \times 10^3 \text{kPa}$

【例十】 一容器中含 4.4g 二氧化碳、 16g 氧气和 14g 氮气,在 20°C 时总压力为 $2.0 \times 10^5 \text{Pa}$ 。计算:(1) 二氧化碳、氧气和氮气的分压各是多少?(2) 该容器的体积是多少?

解:(1) 设二氧化碳、氧气、氮气等物质的量和分压分别为 n_{CO_2} 、 n_{O_2} 、 n_{N_2} 、 p_{CO_2} 、 p_{O_2} 、 p_{N_2} , 气态物质的量的总和及各分压的总和

分别为 $n_{\text{总}}$ 与 $p_{\text{总}}$ 。

$$n_{\text{CO}_2} = \left(\frac{4.4}{44} \right) \text{mol} = 0.10 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = \left(\frac{16}{32} \right) \text{mol} = 0.50 \text{ mol}$$

$$n_{\text{N}_2} = \left(\frac{14}{28} \right) \text{mol} = 0.50 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{总}} &= n_{\text{CO}_2} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} \\ &= (0.10 + 0.50 + 0.50) \text{mol} \\ &= 1.10 \text{ mol} \end{aligned}$$

混合气体中某气体的分压等于其摩尔分数与总压的乘积,即

$$\begin{aligned} p_{\text{CO}_2} &= \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{总}}} p_{\text{总}} \\ &= \left(\frac{0.10}{1.10} \times 2.0 \times 10^5 \right) \text{Pa} = 1.8 \times 10^4 \text{Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{O}_2} &= p_{\text{N}_2} = \left(\frac{0.50}{1.10} \times 2.0 \times 10^5 \right) \text{Pa} \\ &= 9.1 \times 10^4 \text{Pa} \end{aligned}$$

(2) 三种气体都充满整个容器,故该容器的体积可用其中某一气体的物质的量及其分压的数据计算。

$$\begin{aligned} V &= \frac{n_{\text{CO}_2} RT}{p_{\text{CO}_2}} \\ &= \left(\frac{0.10 \times 8.3 \times 293}{1.8 \times 10^4} \right) \text{m}^3 \\ &= 1.4 \times 10^{-2} \text{m}^3 = 14 \text{ L} \end{aligned}$$

答: (1) 二氧化碳、氧气、氮气的分压分别为 $1.8 \times 10^4 \text{Pa}$ 、 $9.1 \times 10^4 \text{Pa}$ 和 $9.1 \times 10^4 \text{Pa}$

(2) 容器体积为 14 L

【例十一】 在 15°C 和 100 kPa 压力下,将 3.45 g 锌与过量酸作用,于水面上收集得 1.15 L 氢气。求锌中杂质的百分含量(假

定这些杂质和酸不起作用)。

解：设 m 为 H_2 的质量

据
$$pV = \frac{m}{M}RT$$

则
$$m = \frac{pVM}{RT}$$

查表知 15°C 时的水蒸气压为 1.71 kPa 。

故
$$m = \left[\frac{(100 - 1.71) \times 10^3 \times 1.15 \times 10^{-3} \times 2.02}{8.32 \times 288} \right] \text{g}$$
$$= 0.953 \text{ g}$$

又根据反应式： $\text{Zn} + 2 \text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$

已知与 0.0953 g 氢气相当的锌的质量为

$$\left(\frac{65.4}{2.02} \times 0.0953 \right) \text{g} = 3.08 \text{ g}$$

所以锌的杂质百分含量为

$$\frac{3.45 - 3.08}{3.45} \times 100\% = 10.7\%$$

答：杂质含量为 10.7%

【例十二】 $1.00 \text{ mol H}_2\text{O}$ 在 10.0 L 的容器中加热至 150°C 。分别用理想气体公式和范德华气体公式计算它的压力，并比较计算结果。（已知水的常数： $a = 5.464 \times 10^{-1}$, $b = 0.03049 \times 10^{-3}$ ）

解：根据
$$p = \frac{nRT}{V}$$
$$= \left(\frac{1.00 \times 8.32 \times 423}{10.0 \times 10^{-3}} \right) \text{Pa}$$
$$= 352 \text{ kPa}$$

又据
$$\left(p' + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = nRT$$

则
$$p' = \frac{nRT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$