

高等师范院校教学参考书

无机化学 习题选解

田 荷 珍 主 编
胡 鼎 文

北京师范大学出版社

无机化学习题选解

田荷珍 胡鼎文 主编

北京师范大学出版社

无机化学习题选解

田荷珍 胡鼎文 主编

*

北京师范大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

煤炭工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 13.875 字数: 306千

1986年4月第1版 1986年4月第1次印刷

印数: 1—15,000

统一书号: 13243·88 定价: 2.15元

内 容 简 介

本书是高等师范院校无机化学教学参考书。在这本书里收集了近五百道题，其中一半是作者多年来选用的习题，另一半题是选自国内外无机化学教科书。

本书解题力求简明扼要，并注意规范化。为了提高学生分析问题和解决问题的能力，帮助学生抓住教材主要的、本质的内容，逐步培养学生分析归纳问题的能力，作者在大部分章的开头和结尾编写了概述和解题小结（或反应小结）。

本书可供大学化学系本科学生或专科学生以及中学化学教师参考。

前 言

基于多年的教学实践，深感为初学者提供解题的范例对学好无机化学是颇为有益的。规范化的解题方法可以培养学生的演题能力，从而打好基础、开发智力。

本书在基本原理部分各章的编写格式上，一般分为三部分：一、概述；二、选题解答；三、解题小结。对元素分论各章，编写格式一般分为一、概述；二、选题解答；三、反应小结。概述部分主要是为了帮助学生去抓住教材主要的、本质的内容，逐步培养学生分析归纳问题的能力。书中所解的近五百道题，有一半选自我们多年来使用的习题；另一半题选自国内外无机化学教科书。在解答中力求思路清晰、演算简便，一题只作一解。解题小结或反应小结，是帮助学生在解题的基础上总结本章解题的主要方法和思路或重要反应，逐步培养学生运用知识解决问题和总结概括的能力。

本书基本原理部分及配合物部分的题目由北京师范大学无机化学教研室、非金属部分由南京师范大学无机化学教研室、金属部分由华中师范学院无机化学教研室部分教师解答。参加编写的有梅若兰、李静贞、严振寰、石巨恩、阮德水、程泉寿、张永安、李梓华、阎于华、田荷珍和胡鼎文等老师。全书由田荷珍、胡鼎文修改、统写、并定稿。最后全部书稿请陈伯涛老师审阅。

限于编者的水平有限，时间短促，书中不妥之处在所难免，恳请读者指正。

编者 1984年7月于北京

目 录

第 一 章	一些化学基本概念和定律	1
第 二 章	水 溶液 胶体	21
第 三 章	化学热力学初步	46
第 四 章	化学反应速度和化学平衡	64
第 五 章	电解质溶液和电离平衡	92
第 六 章	原子结构和元素周期律	117
第 七 章	分子结构	146
第 八 章	晶体结构	174
第 九 章	稀有气体	195
第 十 章	氧化还原反应	199
第 十 一 章	卤 素	233
第 十 二 章	氧族元素	245
第 十 三 章	氮族元素	260
第 十 四 章	碳 硅 硼	277
第 十 五 章	非金属元素小结	292
第 十 六 章	金属通论	303
第 十 七 章	碱金属 碱土金属	310
第 十 八 章	铝族 锗分族	320
第 十 九 章	配位化合物	338
第 二 十 章	铜族和锌族元素	373
第 二 十 一 章	过渡元素 (一)	385
第 二 十 二 章	过渡元素 (二)	407
第 二 十 三 章	过渡元素 (三)	420
第 二 十 四 章	核化学	424

第一章 一些化学基本概念和定律

一、概 述

1. 分子、原子和基本粒子

概念	分 子	原 子	基本粒子
含义	保持物质化学性质的最小微粒。	物质进行化学反应的基本微粒。	在物质结构层次上比原子更小的微粒。
关系	由原子组成的。	由基本粒子构成的。	可能是由层次上更小的物质(夸克)组成的。

2. 元素、核素、同位素

概念	元 素	核 素	同 位 素
定义	原子核里质子数(即核电荷数)相同的一类原子的总称。	具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子。	质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子。
注意	元素与单质、原子是不同的,不能混淆。	有多核素元素,也有单一核素元素。	与同量素不同。

3. 原子量和分子量

原子量与原子质量的比较

原 子 量	原 子 质 量
某元素一个原子的平均质量对核素 ^{12}C 一个原子的质量的 $1/12$ 之比	某核素的一个原子的质量
同种元素的原子量都相同	除单一核素元素外, 同种元素不同核素的原子质量不同
没有单位	以“原子质量单位”(常用 u 表示)为单位(核素 ^{12}C 一个原子质量的 $1/12$ 为“1 原子质量单位”)
与核素丰度有关	与核素丰度无关

原子量的符号为 $A_r(E)$, A 代表原子, r 表示相对, E 代表元素。如氧元素的原子量等于 15.9994 , 可表示为 $A_r(\text{O}) = 15.9994$ 。

分子量等于组成该分子各原子的原子量之总和(严格说, 应为一切物质的每个式单位的平均质量与一个 ^{12}C 核素原子量的 $1/12$ 的比值)。分子量的符号为 M_r 。如

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 1.0079 + 15.9994 = 18.0152$$

计算分子量时必须写出正确分子式, 根据分子式所表示的分子组成进行加和, 便可求出分子量。但要注意对于不是由分子聚集而成的物质, 没有单个分子存在, 没有分子式。这些物质只有实验式(或称化学式), 因而只能求出其式量来。

4. 摩尔、国际单位制

(1) 摩尔概念:

“物质的量”是一个物理量, 符号是 n , 这个量的单位是摩尔, 单位符号是 mol 。它是表示物系中所含基本单元数

目的。可以叙述为：物质的量是以阿佛加德罗数为计算单位，表示物质的基本单元（结构微粒）数目多少的物理量（也可称为物元量）。

摩尔是由克分子发展而来的，但它比克分子的意义广泛，适合于一切结构粒子。因为所计量的物系的基本微粒可以是分子、原子、离子，也可以是光子、电子等。所以它是物理和化学上计量“物质的量”的统一标度。

（2）国际单位制：

国际单位制（简称SI制）是1960年第11届国际计量大会建议的一个单位制。它是以米、千克、秒公制（MKS）为基础而制定出的，所以也可以说是米制的现代化形式。我国政府1984年3月4日正式公布了“中华人民共和国法定计量单位”，就是以SI制为基础，保留了少数目前还常用的非国际单位制单位。

SI制的构成：

SI	{	单位	{	基本单位（七个基本单位）
				辅助单位（两个辅助单位）
				导出单位（很多导出单位）
		词头（主要是表示进位关系）		
				十进位倍数和分数单位

关于计量单位和词头的使用规则、正确的书写方法、读法均有严格规定，需用时还可参阅有关资料。

如：某物质的量 n = 多少摩尔，

不能叫某物质的摩尔数 = 多少摩尔，

温度 20°C 应读作20摄氏度，不能读成摄氏20度，

10^{-9}m 应称为纳米nm，不能叫做毫微米等等。应按具体规定来使用。

详细的可参考：“物理化学量和单位的符号与术语手册”
(技术标准出版社81年第一版)周宁怀、姚国琦译。

5. 理想气体定律

(1) 理想气体状态方程式。

有两种形式：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \dots\dots = \text{恒量} \quad \dots\dots (1)$$

和 $PV = nRT \quad \dots\dots (2)$

可根据具体情况来选用。一般在理想气体发生状态变化
时用(1)式，而在没有状态变化或气体的数量发生变化
(如发生化学反应)时用(2)式。

注意方程式适用范围，避免应用于低温和高压的场合，
否则要产生很大偏差。应用(2)式还应注意， R 的数值要
与压力和体积的单位相对应，

PV 的单位	atm·l	atm·cm ³	mmHg·l	Pa·m ³ (或 J)	Pa·dm ³	cal
R 数值	0.08206	82.06	62.363	8.3143	8314.3	1.987
R 的单位	atm·l/ mol·K	atm·cm ³ / mol·K	mmHg·dm ³ / mol·K	Pa·m ³ /mol·K (或 J/mol·K)	Pa·dm ³ / mol·K	cal/ mol·K
常应 用于	理想气体定律和平衡常数变 换等方面的计算。			热力学，电化学等方面计算。		

对于 R 数值不要死记硬背，应会根据 $R = \frac{PV}{nT}$ 和 P, V —

些单位变换关系来进行推算，应记住这些单位的换算：1atm =
101325Pa = 760mmHg, 1卡 = 4.18J, 1米³ = 1000l(dm³) =
10⁶ml(cm³)。

(2) 气体扩散定律 (Graham's law)。

在同温同压下, 气体的扩散速度 (渗流速度) 与气体密度 (或分子量) 的平方根成反比:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

常用于分离不同气体和求算气态物质的分子量。

(3) 混合气体的分压定律。

混合气体的总压力等于组份气体分压之和, 某组份气体分压的大小和它在气体混合物中的体积分数 (或物质的量分数 X_i) 成正比。

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots P_i$$

$$P_i = P_{\text{总}} \frac{V_i}{V_{\text{总}}} = P_{\text{总}} X_i$$

混合气体中每一种气体组份都分别遵循理想气体状态方程式

$$P_i V_{\text{总}} = n_i RT$$

$$P_{\text{总}} V_{\text{总}} = n_i RT$$

要注意通常用排水取气法或在水面上方收集的某一气体, 总是包含水蒸气的, 就是个混合气体的体系, 就要用分压定律来处理这方面的问题。

二、选题解答

1. 核素 ^{12}C 的丰度为98.892% (原子质量为12u), 核素 ^{13}C 的丰度为1.108% (原子质量为13.0034u), 计算碳的原子量。

解:

$$\begin{aligned}
 A_r(\text{C}) &= \frac{{}^{12}\text{C}\text{的原子质量} \times \text{丰度} + {}^{13}\text{C}\text{的原子质量} \times \text{丰度}}{{}^{12}\text{C}\text{的原子质量} \times \frac{1}{12}} \\
 &= \frac{12.00\text{u} \times 98.892\% + 13.0034\text{u} \times 1.108\%}{12.00\text{u} \times \frac{1}{12}} \\
 &= 12.01
 \end{aligned}$$

答：碳的原子量为12.01。

2. 天然存在的溴含有 50.54% 的 ${}^{79}\text{Br}$ (原子质量为 78.9183u) 和 49.46% 的 ${}^{81}\text{Br}$ (原子质量为 80.9163u)。计算溴的原子量。

解：

$$\begin{aligned}
 A_r(\text{Br}) &= \frac{\text{溴元素的平均原子量}}{{}^{12}\text{C}\text{的原子质量} \times \frac{1}{12}} \\
 &= \frac{78.9183\text{u} \times 50.54\% + 80.9163\text{u} \times 49.46\%}{12.00\text{u} \times \frac{1}{12}} \\
 &= 79.91
 \end{aligned}$$

答：溴的原子量为79.91。

3. 用同量的Ag分别制成AgCl和AgI，二者的质量比 $\frac{\text{AgI}}{\text{AgCl}}$ 是1.63810。若已知银的原子量为107.868，氯的原子量为35.453，求碘的原子量。

解：

根据质量比可知 $M_{\text{AgI}} = 1.63810 \times M_{\text{AgCl}}$

$$107.868 + A_r(\text{I}) = 1.63810 \times (107.868 + 35.453)$$

$$A_r(\text{I}) = 1.63810 \times (107.868 + 35.453) - 107.868$$

$$= 126.906$$

答：碘的原子量为126.906。

4. 在相同条件下，2.00升某气体重3.04克，8.00升氮气重10.00克，求该气体的分子量。

解：

同温同压下，两种气体的分子量之比等于同体积的两种气体的质量比。

由题意知8.00升氮气重10.00克，则2升重2.50克。设另一种气体的分子量为 M_x

$$\begin{aligned} \text{则} \quad \frac{M_x}{M_{N_2}} &= \frac{m_x}{m_{N_2}} \\ M_x &= \frac{M_{N_2} m_x}{m_{N_2}} \\ &= 28.0 \times \frac{3.04}{2.50} \\ &= 34.0 \end{aligned}$$

答：该气体的分子量为34.0。

5. 相同条件下，对HCl和NH₃来说，何种气体的扩散速度快？快多少？

解：Mr(NH₃) = 17

$$Mr(HCl) = 36.5$$

依格拉罕姆气体扩散定律，NH₃分子量比HCl小，所以NH₃的扩散速度快

$$\frac{v_{NH_3}}{v_{HCl}} = \sqrt{\frac{M_{HCl}}{M_{NH_3}}} = \sqrt{\frac{36.5}{17}} \approx 1.5(\text{倍})$$

答：NH₃的扩散速度大约为HCl的1.5倍。

6. 实验测得H₂的扩散速度是一未知气体扩散速度的2.9

倍，求这个未知气体的近似分子量。

解：取 H_2 的分子量为2.0

依格拉罕姆气体扩散定律

$$\frac{v_{H_2}}{v_*} = \sqrt{\frac{Mr_{(*)}}{2.0}} = 2.9$$

$$Mr_{(*)} \approx 17$$

答：未知气体的近似分子量为17。

7. 倘若在 $0^\circ C$ ， O_2 的平均速度为 4.25×10^4 厘米·秒 $^{-1}$ ，在相同温度下， CO_2 的平均速度是多少？

解：温度相同时，理想气体的平均动能相等。

$$\frac{1}{2} m_{O_2} v_{O_2}^2 = \frac{1}{2} m_{CO_2} v_{CO_2}^2$$

$$v_{CO_2}^2 = v_{O_2}^2 \left(\frac{m_{O_2}}{m_{CO_2}} \right)$$

$$v_{CO_2} = v_{O_2} \sqrt{\frac{m_{O_2}}{m_{CO_2}}}$$

$$= v_{O_2} \sqrt{\frac{32.00}{44.00}}$$

$$= (4.25 \times 10^4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}) \times (0.853)$$

$$= 3.62 \times 10^4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

答：在 $0^\circ C$ ， CO_2 分子平均速度为 $3.62 \times 10^4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

8. 在 $0^\circ C$ ， O_2 分子平均运动速度为 4.25×10^4 厘米·秒 $^{-1}$ ，在 $40^\circ C$ 的平均运动速度应为多少？

解：气体分子动能变化与绝对温度成正比

$$\frac{\frac{1}{2} m v_{0^\circ C}^2}{\frac{1}{2} m v_{40^\circ C}^2} = \frac{273}{273 + 40} = \frac{273}{313}$$

$$\frac{v_{0^{\circ}\text{C}}}{v_{40^{\circ}\text{C}}} = \sqrt{\frac{273}{313}}$$

$$\begin{aligned} v_{40^{\circ}\text{C}} &= \sqrt{\frac{313}{273}} v_{0^{\circ}\text{C}} \\ &= 1.07 \times 4.25 \times 10^4 \\ &= 4.55 \times 10^4 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

答：在40℃的O₂平均速度为4.55×10⁴cm·s⁻¹。

9. 已知某气体和相同状况下同体积空气质量之比为1.52,求这种气体物质的分子量(空气的平均分子量为29)。

解：设某气体的分子量为M_A, 质量为m_A。

$$\text{则} \quad \frac{M_A}{M_{\text{空气}}} = \frac{m_A}{m_{\text{空气}}} = 1.52$$

$$\begin{aligned} M_A &= M_{\text{空气}} \times 1.52 \\ &= 29 \times 1.52 \\ &= 44 \end{aligned}$$

答：该气体的分子量为44。

10. 在300℃时, 磷的蒸气对空气的相对密度是4.28, 磷的原子量为31, 空气的平均分子量为29, 问气态磷分子是由几个磷原子组成的?

解:

由题意知

$$\begin{aligned} \frac{m_{\text{P}_x}}{m_{\text{空气}}} &= \frac{M_{\text{P}_x}}{M_{\text{空气}}} = 4.28 \\ M_{\text{P}_x} &= 4.28 M_{\text{空气}} \\ &= 4.28 \times 29.0 \\ &= 124 \end{aligned}$$

一个磷分子中含有磷原子的个数为 $\frac{124}{31} = 4$

答：气态磷分子是由 4 个磷原子组成的。

11. 在 100°C 和 $2 \times 10^5 \text{Pa}$ 压力下, 33.3 升气体 CF_4 中含有多少物质的量的 CF_4 ?

解：根据气态方程式： $P = 2 \times 10^5 \text{Pa}$ $T = 373\text{K}$ $R = 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $V = 3.33 \times 10^{-2} \text{m}^3$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{2 \times 10^5 \text{Pa} \times 3.33 \times 10^{-2} \text{m}^3}{8.314 \text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 373\text{K}}$$

$$= 2\text{mol}$$

答：含有 CF_4 2mol 。

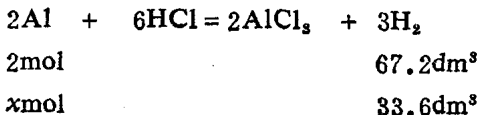
12. 在 300K 和 101325Pa 压力下, H_2 占有 36.9dm^3 的体积, 试问多少物质的量的铝和足量的盐酸反应才能产生这些氢气?

解：

先计算在 273K 和 101325Pa 压力下, H_2 占有的体积(压力不变)。

$$V_{273\text{K}} = \frac{T_{273\text{K}} \times V_{300\text{K}}}{T_{300\text{K}}} = \frac{273 \times 36.9}{300} \\ = 33.6\text{dm}^3$$

列比例, 1mol H_2 在 273K 和 101325Pa 压力下 占 22.4dm^3 体积



$$67.2:33.6 = 2:x$$

$$x = \frac{33.6 \times 2}{67.2}$$

$$= 1(\text{mol})$$

答：1mol Al与足量HCl作用，才能产生在300K和101325 Pa压力下占有33.6dm³体积的H₂。

13. 27℃ 3039750Pa时，一气筒含有480克的氧气，若此筒被加热到100℃，然后启开活门（温度保持100℃）一直到气体压力降低到101325Pa时，问共放出多少重的氧气？

解：

先根据气态方程式求出气筒的体积

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

$$V = \frac{m}{MP}RT$$

$$= \frac{(480\text{g}) \times (8314 \cdot 3\text{Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \times 300\text{K}}{(32.0\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) \times (3039750\text{Pa})}$$

$$= 12.3(\text{l})$$

再根据气态方程式求压力降到101325Pa时，气筒内剩余氧气的质量 m_{O_2}

$$m_{\text{O}_2} = \frac{PV}{RT}M$$

$$= \frac{(101325\text{Pa}) \times (12.3\text{l}) \times (32.0\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})}{(8314.3\text{Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \times (373\text{K})}$$

$$= 12.9(\text{g})$$

放出氧气的质量为

$$480\text{ g} - 12.9\text{ g} = 467.1\text{ g}$$