

卫生部规划教材

主编 周长江

无机化学

学习要点及题解

第二军医大学出版社

卫生部规划教材

无机化学

学习要点及题解

主 编 周长江
主 审 魏 红

第二军医大学出版社

内 容 简 介

全书共十二章,包括化学的一些基本概念和定律、溶液、化学热力学基础、化学反应速率和化学平衡、电解质溶液、氧化还原反应、原子结构及元素周期系、化学键和分子结构、配位化合物、*p* 区元素、*s* 区、*d* 区、*ds* 区元素、表面现象和胶体化学的基本概念。每章分为四个部分:要点、例题、习题及自测题,其中习题和自测题均附有参考答案。书后的 8 个附录还汇集了相关的资料和数据。

本书按照卫生部和国家医药管理局制定的无机化学教学大纲编写,可作为与高等医药院校药学类卫生部规划教材《无机化学》配套的教学参考书使用,也可作为高等院校化学、药学、医技、检验等专业本、专科学生的学习参考书,以及作为相关专业本科、大专、中专、职校和技校等师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学学习要点及题解/周长江主编. - 上海:第二军医大学出版社,2001.11

ISBN 7-81060-197-0

I. 无… II. 周… III. 无机化学-高等学校-自学参考资料 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 065957 号

无机化学学习要点及题解

主 编 周长江

责任编辑 尹 茶

第二军医大学出版社出版发行

(上海翔殷路 818 号 邮政编码:200433)

全国各地新华书店经销

上海竞成印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:323 千字

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

印数:1~3000

ISBN 7-81060-197-0/O·004

定价:22.00 元

编写说明

演算习题是学习中的重要环节,是课堂和课本所学知识的初步应用和实践。通过演算和思考,不仅能考察对知识理解和掌握的程度,巩固书本知识,而且能培养科学的思维方法和提高解题能力。为了帮助学生更好地学习无机化学课程,我们根据药学类专科和本科“无机化学教学大纲”的要求,本着既传授知识又开发智能,既统一要求又发展个性的原则,在总结多年来教学工作经验的基础上,参考多种相关教材编写了本书。

本书在指导思想注重理论联系实际,注重基本概念、基本原理和基本计算方法的应用,尤其注意了化学基本原理和元素知识在生物医药方面的一些应用,并突出了结构和物性的内在联系。本书在内容编排上以要点和例题为主,习题为辅,并附有自测题,每章内容由浅入深,由易到难;在编写形式上力求文字简洁、流畅,便于自学。

全书共分为十二章,各章内容自成一体。每章分四个部分:第一部分要点,对本章应掌握的重点、难点和学习线索进行了系统的归纳和概括;第二部分例题,围绕课程的重点和难点,选取了魏红编的《无机化学》(中国医药科技出版社)、专科药学类规划教材《无机化学》(中国医药科技出版社)及本科药学类规划教材《无机化学》(人民卫生出版社)等三套教材中典型的习题作为例题进行分析和解答,供学习时参考,学生在学习时,可以自己先做题,遇到困难时再看解题过程和答案;第三部分习题,是从参考书中精选和自己编写的,附有参考答案,这些习题注重训练学生对基本概念及基本理论的理解和掌握,内容新颖,形式多样;第四部分自测题及参考答案,自测题可以检验学生的学习情况,以便查漏补缺,达到较好的学习效果。书后的附录收录了学习中常用的一些数据和资料,便于学生查阅。

本书可作为高等医药院校药学类卫生部规划教材《无机化学》的配套教学参考书使用,也可作为高等院校化学、药学、医技、检验等专业本、专科学生的学习参考书,以及作为相关专业本科、大专、中专、职校和技校等师生的教学参考书。

本书编写情况:周长江(第一、二、三、五、六、七章),赵卫权(第四、十二章),任宏斌(第八、九、十、十一章),主编周长江,由第二军医大学无机化学教研室主任魏红副教授审定。

由于作者水平有限,书中缺点和错误之处在所难免,恳请读者及同行批评指正。

编 者

2001年8月

目 录

第一章 化学的一些基本概念和定律	(1)
要点	(1)
例题	(2)
习题	(5)
自测题	(6)
第二章 溶液	(9)
要点	(9)
例题	(10)
习题	(16)
自测题	(18)
第三章 化学热力学基础	(21)
要点	(21)
例题	(22)
习题	(26)
自测题	(28)
第四章 化学反应速率和化学平衡	(33)
要点	(33)
例题	(36)
习题	(45)
自测题	(48)
第五章 电解质溶液	(51)
要点	(51)
例题	(55)
习题	(65)
自测题	(68)
第六章 氧化还原反应	(71)
要点	(71)
例题	(73)
习题	(86)
自测题	(89)
第七章 原子结构及元素周期系	(92)
要点	(92)
例题	(95)
习题	(102)
自测题	(104)
第八章 化学键和分子结构	(108)

要点	(108)
例题	(109)
习题	(114)
自测题	(117)
第九章 配位化合物	(121)
要点	(121)
例题	(122)
习题	(128)
自测题	(131)
第十章 p 区元素	(136)
要点	(136)
例题	(140)
习题	(146)
自测题	(150)
第十一章 s 区、 d 区、 ds 区元素	(154)
要点	(154)
例题	(157)
习题	(165)
自测题	(168)
第十二章 表面现象和胶体化学的基本概念	(173)
要点	(173)
例题	(174)
习题	(178)
自测题	(179)
附录	
国际单位制(SI)简介	(181)
基本物理常数	(182)
弱酸和弱碱的电离常数	(183)
部分难溶化合物的溶度积(298 K)	(184)
部分配离子的稳定常数	(188)
标准电极电势	(189)
部分物质的热力学性质	(193)
元素的符号、名称、读音、相对原子质量、主要化合价及英文(拉丁文)名称	(199)

第一章 化学的一些基本概念和定律

要 点

一、一些基本概念

1. 分子、原子、离子及基本粒子

分子是保持物质化学性质的最小单元。原子是物质进行化学反应的基本单元。中性原子若得到或失去电子,本身将变成带电荷的、体积有所变化的粒子,这些粒子称为离子。原子是由质子、中子和电子组成的,质子、中子、电子等这些比原子更小的粒子称为基本粒子。

2. 元素、核素及同位素

元素是原子核内质子数相同的一类原子的总称。核素是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,而中子数不相同的同一种元素的不同原子互称为同位素。

3. 物质的量及其单位——摩尔(mol)

物质的量是以摩尔为单位的物质的数量。摩尔是一个物系中所含物质的数量,如果该物系中所含物质的微观基本单元数目与 $0.012 \text{ kg } ^{12}\text{C}$ 的碳原子数目(6.022×10^{23} 个)相等时,则该物系“物质的量”为 1 摩尔。物质的量及其单位摩尔为本章的重点概念。

4. 相对原子质量、相对分子质量及摩尔质量

一种元素的相对原子质量是该元素 1 摩尔质量对核素 ^{12}C 的 1 摩尔质量的 $\frac{1}{12}$ 的比值。相对分子质量等于组成该分子的各相对原子质量之和。摩尔质量为 1 摩尔物质的质量。

5. 化学反应方程式和离子反应方程式

化学反应方程式是人们依照化学反应的事实,用物质的分子式或化学式表示化学反应的式子,离子反应方程式常用以表示在电解质溶液中进行的离子互换反应及氧化还原反应。通常离子互换反应发生的条件是:有难溶物质生成;有难电离的物质(弱电解质)生成;或有挥发性物(气体)生成。离子反应式只需写出实际参加反应的离子的符号,不参加反应的离子不表示在方程式中。

二、一些基本定律

1. 质量守恒定律、定比定律和倍比定律

质量守恒定律:参加化学反应的全部物质的质量,等于反应后全部产物的质量。定比定律:一种纯净的化合物,无论它的来源如何,无论用何种方法制定,它的组分元素的质量都有一定的比值。倍比定律:当 A、B 两元素互相化合,形成两种或两种以上的化合物时,则在这些化合物中,与一定质量的 A 元素化合的 B 元素的质量,互成简单的整数比。

2. 理想气体定律和理想气体状态方程

理想气体:设气体分子是一个有质量、有位置,但不占有体积的几何点,且分子间无相互作用力,分子之间及分子与器壁之间发生碰撞不造成功能损失。对于一定物质的量的理想气体,

其温度(T)、压力(p)和体积(V)之间存在如下的关系:

$$pV = nRT$$

式中: n 为气体物质的量; R 为气体常数(也称普适气体恒量)。该方程即为理想气体状态方程,是理想气体定律的数学表达式。

3. 道尔顿分压定律

道尔顿分压定律:混合气体的总压力等于各组分气体分压之和;某组分气体分压的大小与它在混合气体中的体积分数成正比。其数学表达式为:

$$p_{\text{总}} = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots p_i = \sum p_i$$

$$p_i = p_{\text{总}} \cdot \frac{V_i}{V_{\text{总}}} = p_{\text{总}} \cdot X_i$$



【例 1-1】 计算下列物质的质量:

(1) 0.1 mol S; (2) 0.05 mol KClO_3 ; (3) 2.2 mol I_2 ; (4) 0.1 mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

解: (1) $m = n \cdot M = 0.1 \times 32.06 = 3 \text{ g}$

$$(2) m = 0.05 \times 122.5 = 6 \text{ g}$$

$$(3) m = 0.02 \times 253.8 = 5 \text{ g}$$

$$(4) m = 0.1 \times 250 = 25 \text{ g}$$

【例 1-2】 计算下列物质的物质的量:

(1) 50.0 g S; (2) 100.0 g NaOH; (3) 12.0 g 葡萄糖; (4) 60.0 g CO_2

$$\text{解: (1) } n = \frac{m}{M} = \frac{50.0}{32.06} = 1.56 \text{ mol}$$

$$(2) n = \frac{100.0}{40.0} = 2.50 \text{ mol}$$

$$(3) n = \frac{12.0}{252.23} = 0.0480 \text{ mol}$$

$$(4) n = \frac{60.0}{44.01} = 1.36 \text{ mol}$$

【例 1-3】 多少摩尔 Fe_2O_3 中含有 8 g 氧? 多少克银所含的原子数与 8 g 氧所含的原子数相等?

解: 因为 1 mol Fe_2O_3 含 3 mol O 原子, 所以

$$n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{1}{3} n_{\text{O}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{m_{\text{O}}}{M_{\text{O}}}$$

$$\frac{1}{3} \times \frac{8}{16.0} = 0.17 \text{ mol}$$

$$\frac{m_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}}} = \frac{m_{\text{O}}}{M_{\text{O}}}$$

$$m_{\text{Ag}} = \frac{m_{\text{O}}}{M_{\text{O}}} \cdot M_{\text{Ag}} = \frac{8}{16.0} \times 107.8 = 53.9 \text{ g}$$

即 0.17 mol FeO₃ 中含有 8 g 氧;53.9 g 银所含原子数与 8 g 氧所含原子数相等。

【例 1-4】 下列说法是否正确? 试通过计算说明。

(1) 1 mol 氢气和 1 mol 氧气所含分子数相同, 所以它们的质量也相同;

(2) 12 g 碳和 12 g 硫的质量相同, 所以它们所含的原子数也相同。

答: (1) 不正确。

$$\therefore m = n \cdot M$$

$$\therefore m_{O_2} = n_{O_2} \cdot M_{O_2} = 1 \times 32.0 = 32.0 \text{ g}$$

$$m_{H_2} = n_{H_2} \cdot M_{H_2} = 1 \times 2.02 = 2.02 \text{ g}$$

(2) 不正确。

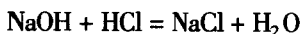
$$\therefore n = \frac{m}{M}$$

$$\therefore n_c = \frac{m_c}{M_c} = \frac{12}{12.0} = 1.0 \text{ mol}$$

$$n_s = \frac{m_s}{M_s} = \frac{12}{32.06} = 0.38 \text{ mol}$$

【例 1-5】 中和 2.8 g NaOH 固体, 需要多少摩尔 HCl?

解:



$$\frac{2.8}{40.0} \quad x$$

$$x = \frac{2.8}{40.0} \times 1/1 = 0.070 \text{ mol}$$

即中和 2.8 g NaOH 固体需要 HCl 0.07 mol。

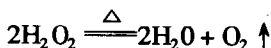
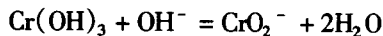
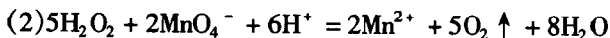
【例 1-6】 根据下列实验现象写出有关化学的反应方程式(可用离子反应方程式表示)。

(1) 碘难溶于水, 但加入 KI 后碘的溶解度增大;

(2) H₂O₂ 能使 KMnO₄ 的酸性溶液褪色;

(3) 在 CrCl₃ 溶液中滴加 NaOH 溶液, 生成灰绿色沉淀, 加入过量的 NaOH 溶液, 则沉淀消失。再加入过量的 H₂O₂, 微热, 得到黄色溶液, 在加热过程中不断产生气体。

解: (1) I₂ + I⁻ = I₃⁻



【例 1-7】 相同条件下, 2.00 L 某气体重 3.04 g, 8.00 L 氮气重 10.00 g, 求某气体的相对分子质量(已知氮气相对分子质量为 28.0)。

解: 某气体的密度: $d_x = \frac{3.04}{2.00} = 1.52 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

氮气的密度: $d_{N_2} = \frac{10.00}{8.00} = 1.25 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

$$\text{据 } \frac{d_x}{d_{N_2}} = \frac{M_x}{M_{N_2}}, \quad \text{则 } M_x = \frac{d_x}{d_{N_2}} \cdot M_{N_2} = \frac{1.52}{1.25} \times 28.0 = 34.5$$

即某气体的相对分子质量为 34.5。

【例 1-8】 恒温条件下,将 1.00×10^5 Pa 压力下的氢气 150 ml, 4.66×10^4 Pa 压力下的氧气 75 ml 以及 3.33×10^4 Pa 压力下的氮气 50 ml 装入 250 ml 的真空容器下,求:(1)混合气体中各组分气体的分压;(2)混合气体的总压。

解:(1)设混合气体的总压力为 $p_{\text{总}}$,其中氢气、氧气和氮气的分压分别为 p_{H_2} 、 p_{O_2} 和 p_{N_2} ,根据理想气体定律和道尔顿分压定律可得:

$$p_{H_2} = \frac{1.00 \times 10^5 \times 150}{250} = 6.00 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{O_2} = \frac{4.66 \times 10^4 \times 75}{250} = 1.4 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_{N_2} = \frac{3.33 \times 10^4 \times 50}{250} = 6.7 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$(2) p_{\text{总}} = p_{H_2} + p_{O_2} + p_{N_2} = 6.00 \times 10^4 + 1.40 \times 10^4 + 6.66 \times 10^3 = 8.07 \times 10^4 \text{ Pa}$$

【例 1-9】 临床上有时用静脉注射 H_2O_2 溶液提供氧气,以抢救有害气体中毒者或呼吸道疾病患者。如每次注射 0.30% H_2O_2 溶液 300 ml,问 H_2O_2 完全分解后,相当于在 300 K 和 9.60×10^4 Pa 压力条件下吸入氧气多少升?(已知 $2H_2O_2 \xrightarrow{\text{分解}} O_2 + 2H_2O$,并设 30% H_2O_2 溶液密度为 $1.0 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$)

$$\text{解: } n_{H_2O_2} = \frac{m_{H_2O_2}}{M_{H_2O_2}} = \frac{0.30\% \times 300 \times 1.0}{34.01} = 0.0264 \text{ mol}$$

由 H_2O_2 分解反应方程式: $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2 \uparrow$

$$\text{可知 } n_{O_2} = \frac{1}{2} n_{H_2O_2} = \frac{1}{2} \times 0.0264 = 0.0132 \text{ mol}$$

根据理想气体状态方程得:

$$V_{O_2} = \frac{nRT}{p} = \frac{0.0132 \times 8.314 \times 300}{9.60 \times 10^4} = 0.343 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.343 \text{ L}$$

即相当于 300 K 和 9.60×10^4 Pa 压力条件下吸入氧气 0.343 L。

【例 1-10】 298 K, 0.100 mol 液态苯在一个可通过提高活塞而改变体积的容器中蒸发(蒸气压为 12.3 kPa),试求:

(1) 体积增加至何值时液体恰巧消失?

(2) 当体积分别为 12.0 L 和 30.0 L 时苯蒸气压是多少?

(3) 101.3 kPa、4 L 空气缓慢地鼓泡通过足量的苯中,苯将损失多少克?

解:(1) 由于苯液体恰好都变成气体,所以可运用理想气体状态方程:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{0.100 \times 8.31 \times 298}{12.3} = 20.1 \text{ L}$$

(2) 当体积为 12.0 L 时,由于苯处于气液共存状态,所以苯的蒸气压即为其饱和蒸气压 12.3 kPa。当体积为 30.0 L 时,苯只以气态存在,所以在 T 不变时:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

由(1)知, $p_1 = 12.3 \text{ kPa}$, $V_1 = 20.1 \text{ L}$

$$\therefore p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{12.3 \times 20.1}{30.0} = 8.24 \text{ kPa}$$

(3)空气通过苯液体后, $p_{\text{总}} = p_{\text{空气}} + p_{\text{苯}}$

$$\therefore p_{\text{空气}} = p_{\text{总}} - p_{\text{苯}} = 101.3 - 12.3 = 89.0 \text{ kPa}$$

这时 4 L 空气体积变为: $V = \frac{101.3 \times 4}{89.0} = 4.55 \text{ L}$

该体积为 101.3 kPa 下混合气体体积,也是苯蒸气的体积。

$$\text{由 } pV = nRT = \frac{w}{M}RT \text{ 得 } w = \frac{pVM}{RT} = \frac{12.3 \times 4.55 \times 78}{8.31 \times 298} = 1.76 \text{ g}$$



1-1 指出下列各对概念的不同:

- | | |
|----------------|---------------------|
| (1)原子和分子; | (2)元素和核素; |
| (3)单质和化合物; | (4)相对原子质量和原子质量; |
| (5)分子式和化学式; | (6)相对分子质量和化学式量; |
| (7)物质的量和物质的质量; | (8)化学反应方程式和离子反应方程式。 |

1-2 判断下列说法正确与否并说明理由:

- (1)“物质的量”就是物质的质量;
- (2)“物质的量”是一个基本物理量;
- (3)“物质的量”的单位是摩尔;
- (4)1 摩尔电子的质量是 548.60 mg,共有 6.02×10^{23} 个电子;
- (5)472.08 g 的 Hg_2Cl_2 是 1 摩尔分子的 Hg_2Cl_2 ; 401.18 g 的 Hg^{2+} 是 1 摩尔离子的 Hg^{2+} ;
- (6)1 摩尔的 Hg_2Cl_2 的质量是 472.08 g。

(答:(1)不对;(2)对;(3)对;(4)对;(5)不对;(6)对)

1-3 计算下列物质的质量:

- (1)0.280 mol O_2 ; (2)0.500 mol NaCl ; (3)2.00 mol H_3PO_4 ; (4)6.00 mol KOH 。

(答:(1)8.96 g; (2)29.2 g; (3)196 g; (4)348 g)

1-4 在测定铁的相对原子质量时,将 7.597 g 纯的 Fe_2O_3 在氢气流中还原,生成 5.31 g 金属铁,已知氧的相对原子质量为 16,试求铁的相对原子质量。

(答:55.82)

1-5 将 3.45 g 锌与过量酸作用,于水面上收集得 0.0945 g 氢气。求锌中杂质的百分含量(假定这些杂质和酸不起作用)。

(答:10.4%)

1-6 根据下列实验现象写出化学反应方程式(可以用离子方程式表示)。

- (1)在氢氧化钠溶液中加入酚酞,溶液变成红色,再加入盐酸,溶液的红色消失;
- (2)硫酸锰(MnSO_4)溶液与铋酸钠(NaBiO_3)固体在硝酸介质中混合,溶液变成紫红色;
- (3)二氯化钴(CoCl_2)溶液中加入氢氧化钠,生成粉红色沉淀,在空气中放置一段时间后,

粉红色沉淀变成棕色沉淀,加入浓盐酸沉淀溶解并放出刺激性气味的气体。

1-7 某一真空容器重 153.679 g,在相同条件下,充满氯气后重为 156.844 g,充满氧气后重为 155.108 g,求氯气的相对分子质量(已知氧气的相对分子质量为 32)。

(答:70.88)

1-8 实验测得 583 K,101 kPa 下气态磷的密度是 $2.64 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,试确定磷的分子式。

(答: P_4)

1-9 280 K 时,一敞口烧瓶盛有某种气体,须加热到什么温度,才能使烧瓶中 $\frac{1}{3}$ 体积的气体逸出?

(答:420 K)

1-10 在 300 K 恒温条件下,将下列 3 种气体装入 10 L 的真空瓶中, Ne :50 kPa,2 L; O_2 :75 kPa,5 L; CO_2 :125 kPa,8 L。求各气体的分压及混合气体的总压。

(答: $p_{\text{Ne}} = 10 \text{ kPa}$; $p_{\text{O}_2} = 37.5 \text{ kPa}$; $p_{\text{CO}_2} = 100 \text{ kPa}$; $p = 147.5 \text{ kPa}$)

1-11 人体肺泡气中, N_2 、 O_2 、 CO_2 的体积百分数分别为 80.5%、14.0%、5.5%。假若肺泡总压力为 100 kPa,在人体正常温度下水的饱和蒸气压为 6.28 kPa,计算肺泡中各组分气体的分压。

(答: $p_{\text{N}_2} = 75.4 \text{ kPa}$; $p_{\text{O}_2} = 13.1 \text{ kPa}$; $p_{\text{CO}_2} = 5.15 \text{ kPa}$)

1-12 在 298 K 和 $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ 压力下,测得某气体的密度是 $1.340 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。在另一实验中测得这种气体的组成是 C:79.8%和 H:20.2%,试求:(1)该化合物的最简式;(2)该化合物的相对分子质量;(3)该化合物的分子式。

(答:(1) CH_3 ; (2)32.8; (3) C_2H_6)

自 测 题

一、是非题(20 分)

- () 1. 纯化合物都是均相物质;均相物质都是纯化合物。
- () 2. 分子是保持物质化学性质的最小单元,而原子是物质进行化学反应的基本单元。
- () 3. 核素是原子核内质子数相同的一类原子的总称。
- () 4. 一种用化学的方法终不能分解成其他两种以上不同性质的物质称为元素。
- () 5. “物质的量”就是物质的质量。
- () 6. 任何原子、分子或离子的摩尔质量,当单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时,数值上等于其相对原子质量、相对分子质量或相对离子质量。
- () 7. 4.4 g CO_2 和 2.8 g N_2 所含的分子数相同。
- () 8. 若某实际气体间距离很远,气体分子间的相互作用力很小可忽略不计,气体分子本身所占体积和它所占容器容积相比可忽略不计,则该实际气体可看成是理想气体。
- () 9. 在盛有 N_2 、 O_2 的密闭容器中,通入 Ar 气后, N_2 、 O_2 的分压都将减少。
- () 10. 在恒温条件下一一定量的混合气体,当体积发生变化时,各组分气体的体积百分数保持不变。

二、选择题(30分)

- () 1. 下列各组符号中,既有同位素,又有同量数的是:
A. $^{65}_{30}\text{Zn}$ 和 $^{65}_{29}\text{Cu}$; $^{36}_{16}\text{S}$ 和 $^{36}_{18}\text{Ar}$ B. $^{35}_{17}\text{Cl}$ 和 $^{36}_{17}\text{Cl}$; ^1_1H 和 ^2_1H
C. $^{14}_6\text{C}$ 和 $^{14}_7\text{N}$; $^{12}_6\text{C}$ 和 $^{13}_6\text{C}$ D. $^{16}_8\text{C}$ 和 $^{18}_8\text{N}$; O_2 和 O_3
- () 2. 下列说法正确的是:
A. 原子的质量就是原子量 B. 元素和核素是同义词
C. 单质、元素、原子都是宏观的概念 D. 以上说法都不对
- () 3. 单质是由同种
A. 元素组成的物质 B. 原子组成的物质
C. 分子组成的物质 D. 纯物质组成的物质
- () 4. 下列哪种说法是严格的、正确的:
A. 某单质的物质的量等于它的质量除以元素的相对分子质量
B. 不是所有化合物都可以用分子式表示
C. 一定量的化合物,其物质的量总是不变
D. 化学式应该包含参加反应各物质的相对数量
- () 5. 某碳氢化合物的相对分子质量为 56.0,经分析,含 C 85.6%,它的分子式应该是:
A. C_3H_{10} B. C_4H_8 C. C_3H_6 D. C_2H_2
- () 6. 指出下列分子式中仅有的一个错者:
A. X_2Cl_3 B. XO C. $\text{B}_2(\text{SO}_4)_3$ D. $\text{X}(\text{OH})_3$
- () 7. 等体积的 O_2 、 N_2 、 Cl_2 ,在相同条件下,其质量之间的关系为:
A. $W_{\text{Cl}_2} < W_{\text{O}_2} < W_{\text{N}_2}$ B. $W_{\text{Cl}_2} > W_{\text{O}_2} > W_{\text{N}_2}$
C. $W_{\text{Cl}_2} > W_{\text{N}_2} > W_{\text{O}_2}$ D. $W_{\text{Cl}_2} < W_{\text{N}_2} < W_{\text{O}_2}$
- () 8. 1 mol 理想气体的体积是:
A. 22.4 L B. 与压力成正比,与热力学温度成反比
C. 与压力和热力学温度成正比 D. 与压力成反比,与热力学温度成正比
- () 9. 在 298 K,总压为 101.325 kPa 时,有一混合气体由以下四种气体组成,四种气体的质量均为 1.0 g,则其中分压最小的是:
A. H_2 B. N_2 C. He D. CO_2
- () 10. 公式 $p_A = \frac{n_A}{n} p$ 的使用条件为:
A. 等温等压 B. 等温等容
C. A 和 B 均可 D. A 和 B 均不对

三、简答题(10分)

1. 在氯化钙溶液中加入碳酸钠溶液,有白色沉淀生成。请写出相应的化学反应方程式,并改写成离子反应方程式。
2. 能否用 $pV = nRT$ 计算混合气体中某一组分气体的摩尔质量和密度? 计算时 p 是总压还是分压? V 是总体积还是分体积?

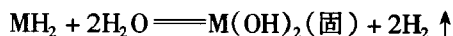
四、计算题(40分)

1. 计算下列物质的物质的量

(1) 22.00 g P

(2) 标准状态下, 11.2 L CO₂

2. 0.3264 g 的某种金属氢化物(MH₂)样品和水按下式进行反应:



释放出来的干燥氢气在 294 K 和 1.013×10^5 Pa 下为 0.375 L, 求金属 M 的相对分子质量, 并从周期表中查出它是什么元素。

3. 在 303 K 时, 于一个 10.0 L 的容器中, O₂、N₂ 和 CO₂ 混合气体的总压为 93.3 kPa。对混合气体进行分析, 其结果是: p_{O_2} 为 26.7 kPa, CO₂ 的质量为 5.00 g。试求: (1) CO₂ 的分压; (2) N₂ 的分压; (3) O₂ 的物质的量。

参 考 答 案

一、1. × 2. √ 3. × 4. × 5. × 6. √ 7. √ 8. √ 9. √ 10. √

二、1. C 2. D 3. A 4. B 5. B 6. A 7. B 8. D 9. D 10. B

三、从略。

四、1. (1) 0.7097 mol; (2) 0.2549 mol; (3) 0.500 mol

2. 40.1; 钙

3. (1) 28.6 kPa; (2) 38.0 kPa; (3) 0.106 mol

第二章 溶 液

要 点

1. 物质的溶解度

一定温度和压力下,一定量饱和溶液中溶质的含量称为溶解度。习惯上用 100 g 溶剂中所能溶解溶质的最大克数来表示溶解度,也可用饱和溶液的浓度来表示,如用 1 L 溶液中,所含溶质的物质的量来表示溶解度。

2. 溶液的浓度

质量-质量百分浓度(%W/W):每 100 g 溶液中所含溶质的克数。质量-体积百分浓度(W/V):每 100 ml 溶液中所含溶质的克数。体积-体积百分浓度(%V/V):每 100 ml 溶液中所含液体溶质的毫升数。物质的量浓度($\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ 或 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $1\text{ mol}\cdot\text{m}^{-3} = 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$):单位体积溶液中所含溶质的物质的量。质量摩尔浓度($\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$):每 1 000 g 溶剂中所含溶质的物质的量。摩尔分数:某物质的物质的量与混合物的总物质的量之比。

3. 稀溶液的依数性

难挥发非电解质稀溶液的某些性质取决于溶液中所含溶质粒子的质点数,而与溶质本身的性质无关。稀溶液的依数性包括溶液的蒸气压(p)下降、沸点(T_b)升高、凝固点(T_f)下降和渗透压(π)。

$$(1)\text{蒸气压下降}(\Delta p): \Delta p = p^{\circ}X_B = k \cdot m$$

式中 k 为比例常数,它等于 $\frac{p^{\circ}M_A}{1000}$, M_A 为溶剂的摩尔质量; m 为溶液的质量摩尔浓度。上式表示在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降(Δp)与溶液的质量摩尔浓度成正比,比例系数取决于纯溶剂的蒸气压和摩尔质量。

$$(2)\text{沸点升高}(\Delta T_b): (\Delta T_b) = k_b \cdot m$$

式中 k_b 为溶液的摩尔沸点升高常数,它与溶剂的摩尔质量、沸点、气化热有关, k_b 值可由理论推算,也可由实验测定。从上式看出,难挥发非电解质稀溶液的沸点升高只与溶液的质量摩尔浓度成正比,而与溶质的本性无关。

$$(3)\text{凝固点降低}(\Delta T_f): \Delta T_f = k_f \cdot m$$

式中 k_f 为溶剂的摩尔凝固点降低常数, k_f 与溶剂的凝固点、摩尔质量以及熔化热有关, k_f 值只决定于溶剂本性。

$$(4)\text{渗透压}(\pi): \pi V = nRT \text{ 或 } \pi = cRT$$

式中 T 是热力学温度(K); V 是溶剂的体积(L); c 是物质的量浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$); R 是气体常数,取值为 $8.314\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$; π 的单位为 kPa。上式表明,在一定条件下,难挥发非电解质稀溶液的渗透压,与溶液中溶质的浓度成正比,而与溶质的本性无关。

例 题

【例 2-1】 简要回答下列各题:

(1)解释下列有关溶液的术语:

溶质 溶剂 溶液 稀溶液 浓溶液 饱和溶液 未饱和溶液 过饱和溶液

(2)哪些因素将影响固体溶质在水中的溶解度?

答:(1)溶质——指被分散(被溶解)的物质,通常被称为分散相。

溶剂——指起分散作用(溶解作用)的物质,通常被称为分散剂。

溶液——通常指一种或几种物质(溶质)以分子、离子或原子状态均匀地分散在另一种物质(溶剂)中所形成的稳定体系,也被称为分子分散系或真溶液。

稀溶液——通常指浓度较低的(约 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下的)溶液。

浓溶液——通常指浓度较高的溶液。

饱和溶液——一定温度下,当某溶质的溶解达到溶解平衡时,其溶液即为该溶质在该温度下的饱和溶液。

未饱和溶液——当溶液的浓度低于该温度下饱和溶液的浓度时,即为未饱和溶液。

过饱和溶液——当溶液的浓度已超过该溶质在该温度下饱和溶液的浓度,但并无溶质固体析出时,即为过饱和溶液。

(2)影响固体溶质溶解度的主要因素是溶质和溶剂的本性。按相似相溶经验规则,溶质和溶剂的极性相近,溶解度较大。影响固体溶质溶解度的主要外界因素是温度,通常情况下,温度升高,大多数固体物质的溶解度增大。

【例 2-2】 293 K 时,20.5 ml $0.110 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl 恰好中和 100 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液,求此温度下 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的溶解度。

解:
$$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

从方程式可知 1 mol $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 要用 2mol HCl 才能中和,HCl 的物质的量为:

$$n_{\text{HCl}} = 0.110 \times 20.5 \times 10^{-3} = 2.26 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的质量为:

$$M_{\text{Ca}(\text{OH})_2} \cdot n_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = 74 \times \frac{2.26 \times 10^{-3}}{2} = 0.0836 \text{ g}$$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液的含水量为: $100 - 0.0836 = 99.9164 \text{ g}$

则 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的溶解度为:

$$\frac{0.0836}{99.9166} \times 100 = 0.0837 \text{ g/100 g 水}$$

【例 2-3】 10 ml 饱和溶液重 12.003 g,蒸干后得到 NaCl 固体 3.173 g,试计算:

- | | |
|----------------|------------------|
| (1)NaCl 的溶解度; | (2)溶液的质量百分浓度; |
| (3)溶液的密度; | (4)溶液的质量-体积百分浓度; |
| (5)溶液的物质的量浓度; | (6)溶液的质量摩尔浓度; |
| (7)NaCl 的摩尔分数。 | |

解: (1) 该温度下, NaCl 的溶解度为: $\frac{3.173}{12.003 - 3.173} \times 100 = 35.93 \text{ g/100 g 水}$

(2) 溶液的质量百分浓度为: $\frac{3.173}{12.003} \times 100\% = 26.44\%$

(3) 溶液的密度为: $\frac{12.003}{10.00} = 1.200 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$

(4) 溶液的质量-体积百分浓度为: $\frac{3.173}{10.00} \times 100\% = 31.73\%$

(5) 已知 NaCl 的相对分子质量为 58.44, 则溶液的物质的量浓度为:

$$\frac{3.173/58.44}{10 \times 10^{-3}} = 5.428 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(6) 溶液的质量摩尔浓度为: $\frac{3.173/58.44}{12.003 - 3.173} \times 1000 = 6.147 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

(7) 10 ml 溶液中, 水的物质的量为: $\frac{12.003 - 3.173}{18.00} = 0.4906 \text{ mol}$

NaCl 的摩尔分数为:

$$\frac{3.173/58.44}{3.173/58.44 + 0.4906} = 0.09963$$

【例 2-4】 一定温度下将氨气通入一盛水的球内至氨不再溶解时为止。已知空球重 3.926 g, 盛氨饱和溶液后共重 6.944 g。将盛液球放入 50.0 ml $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸溶液中, 将球击破, 混匀, 剩余的酸需要 10.4 ml $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液中和。试计算:

(1) 该温度下氨在水中的溶解度;

(2) 溶液的质量百分浓度;

(3) 溶液的质量-体积百分浓度;

(4) 溶液的物质的量浓度;

(5) 溶液的质量摩尔浓度。(已知氨的相对分子质量为 17, 该温度下氨饱和溶液的密度为 $0.915 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

解: (1) 氨的物质的量为: $(50.0 \times 1.0 - 10.4 \times 1.0) \times 10^{-3} = 3.96 \times 10^{-2} \text{ mol}$

氨的质量为: $17 \times 0.0396 = 0.673 \text{ g}$

氨溶液中水的质量为: $(6.944 - 3.926) - 0.673 = 2.345 \text{ g}$

∴ 氨的溶解度为: $\frac{0.673}{2.345} \times 100 = 28.7 \text{ g/100 g 水}$

(2) 溶液的质量百分浓度为: $\frac{0.673}{3.018} \times 100\% = 22.3\%$

(3) 氨溶液体积为: $\frac{3.018}{0.915} = 3.298 \text{ ml}$

溶液的质量-体积百分浓度为: $\frac{0.673}{3.298} \times 100\% = 20.4\%$

(4) 溶液的物质的量浓度为: $\frac{0.673}{17} \times \frac{1000}{3.298} = 12.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(5) 溶液的质量摩尔浓度为: $\frac{0.673}{17} \times \frac{100}{2.345} = 16.9 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

【例 2-5】 计算下列市售化学试剂的物质的量浓度:

(1) 浓 H_2SO_4 ——密度 1.84, 含 H_2SO_4 98% (W/W);