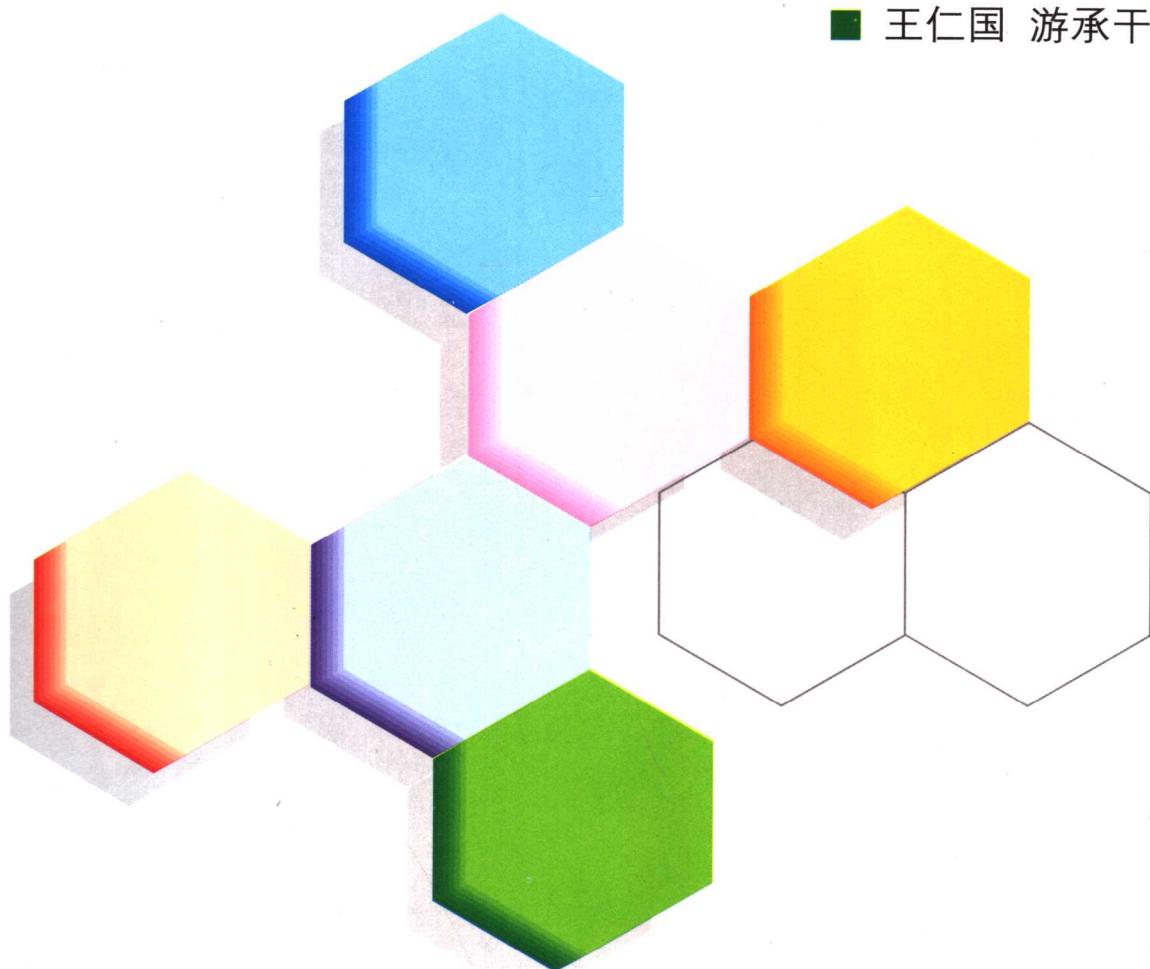


普通及无机化学学习指导

General chemistry and
Inorganic chemistry

■ 王仁国 游承干 主编



四川出版集团 · 四川科学技术出版社

普通及无机化学学习指导

主 编:王仁国 游承干

编 委:赵茂俊 代先祥

周 红 张云松

四川出版集团·四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通及无机化学学习指导/王仁国,游承干主编. - 成都:
四川科学技术出版社,2005. 10
ISBN 7-5364-5850-9

I. 普... II. ①王...②游... III. ①普通化学-自
学参考资料②无机化学-自学参考资料 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 117684 号

普通及无机化学学习指导

主 编 王仁国 游承干
责任编辑 李蓉君
封面设计 韩健勇
版面设计 康永光
责任出版 周红君
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都盐道街3号 邮政编码 610012
成品尺寸 260mm×185mm
印张 13 字数 300 千
印 刷 成都经纬印务有限公司
版 次 2005 年 10 月成都第一版
印 次 2005 年 10 月成都第一次印刷
总 价 17.00 元
ISBN 7-5364-5850-9/G·1091

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。
(028-85651045)

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。
地址/成都盐道街3号
邮政编码/610012

内 容 简 介

本书是为适应 21 世纪高等农林院校普通及无机化学教学改革而编写的一本学习指导书。内容主要包括化学基本原理、化学平衡及物质结构等基本概念和要点,并附有大量习题和题解,共计 13 章。目的在于帮助学生理解、掌握教学大纲要求的知识。

本书可供高等农林院校各相关专业学生复习、自学、考研之用,同时也可供广大教师及非农林院校的学生参考。

前 言

本教学参考书根据普通化学和无机及分析化学的教学大纲,以当前高等农林院校通用的普通化学和无机及分析化学中无机部分的教材内容为基础编写。化学诺贝尔奖得主、著名的化学家鲍林在成功之后有感而言,称他之所以获得目前的成就,得益于在治学期间对大量习题进行了刻苦的练习,从而为以后的发展奠定了坚实基础。为指导学生通过解题进一步加深和掌握教材的内容,培养学生的科学思维方法,有利于进一步发展,此即本书编写的初衷和宗旨。

为方便学生对教材的理解,加深对基础知识的掌握,提高运用知识的能力,本书按相关教材内容和体系进行分章编写,全书共计 13 章。各章提纲挈领,明确要点,解析难点,澄清疑点。各章末均附有巩固和加深理解学习的练习题,并给出了参考答案,以利学生自学。为简略起见,在不影响计算结果的前提下,对于溶液中的相对浓度及标准平衡常数不予标明。在基础知识和基本概念理解掌握的基础上,循序渐进,通过多年来收集的大量资料、历年考试内容以及教学互动的经验总结,本书对出现频率较高的难度系数较大的综合题型,设专章分门别类进行了详细的分析和讨论。为考查学生全面综合运用所学知识的能力,书尾附有 10 套模拟试题及参考答案。

本书主要由四川农业大学王仁国、游承干编写,赵茂俊、代先祥、张云松对习题的解答做了大量工作。云南农业大学周红副教授也参加了本书的部分编写工作。该书作为教材立体化建设的一个新尝试,由四川农业大学资助出版。

由于普通化学教材版本较多,涉及的内容广泛,编者虽庶竭弩钝,戮力萃取其精华,终难面面俱到。书中如有挂一漏万之虞和错误之处,诚请识者批评指正为感。

编者谨识

2005. 7. 22. 于四川雨城雅安

目 录

第一章 气体 溶液	1
一、基本要求	1
二、基本概念与要点	1
三、疑难解析	6
四、练习题	7
五、练习题答案	12
第二章 胶体	13
一、基本要求	13
二、基本概念与要点	13
三、疑难解析	15
四、练习题	16
五、练习题答案	19
第三章 化学反应速度	21
一、基本要求	21
二、基本概念与要点	21
三、疑难解析	24
四、练习题	26
五、练习题答案	32
第四章 化学热力学基础	33
一、基本要求	33
二、基本概念与要点	33
三、疑难解析	39
四、练习题	42
五、练习题答案	45
第五章 化学平衡	46
一、基本要求	46

二、基本概念与要点	46
三、疑难解析	48
四、练习题	52
五、练习题答案	56
第六章 电解质溶液	59
一、基本要求	59
二、基本概念与要点	59
三、疑难解析	65
四、练习题	71
五、练习题答案	75
第七章 沉淀溶解平衡	76
一、基本要求	76
二、基本概念与要点	76
三、疑难解析	78
四、练习题	83
五、练习题答案	85
第八章 原子结构与周期系	86
一、基本要求	86
二、基本概念与要点	86
三、疑难解析	91
四、练习题	95
五、练习题答案	100
第九章 化学键与晶体结构	101
一、基本要求	101
二、基本概念与要点	101
三、疑难解析	107
四、练习题	109
五、练习题答案	113
第十章 配位化合物	114
一、基本要求	114
二、基本概念与要点	114
三、疑难解析	117
四、练习题	121
五、练习题答案	125
第十一章 氧化还原反应	126
一、基本要求	126

二、基本概念与要点	126
三、疑难解析	132
四、练习题	136
五、练习题答案	142
第十二章 综合题	143
一、酸碱与沉淀	143
二、酸碱与配位	145
三、依数性与离解平衡	147
四、酸碱与氧化还原	149
五、沉淀与配位	149
六、沉淀与氧化还原、电化学	153
七、氧化还原与配位	155
八、混合酸碱	158
九、沉淀转化	160
十、配位转化	161
十一、平衡与热力学	161
第十三章 模拟题	163
模拟题一	163
模拟题二	166
模拟题三	169
模拟题四	172
模拟题五	175
模拟题六	179
模拟题七	182
模拟题八	186
模拟题九	190
模拟题十	194

第一章 气体 溶液

一、基本要求

1. 加深理想气体状态方程和分压定律的理解和应用, 熟练掌握其相关计算。
2. 进一步巩固和加深对各种溶液浓度的表示方法的理解, 熟练掌握其相关计算。
3. 了解非电解质稀溶液依数性的内在规律及其对生物生存的关系, 明确各公式的应用范围并掌握其有关计算。

二、基本概念与要点

(一) 气体

1. 理想气体 假想的气体, 其分子看成几何上的点, 物理上的质点, 分子本身没有体积, 分子间无相互作用力。

2. 理想气体状态方程

$$pV = nRT$$

适用范围: 根据理想气体的假定, 对于低压 (不高于 1 大气压) 和高温 (不低于 0℃) 条件下的实际气体, 它们分子的体积与容器相比可忽略, 分子间距离大, 引力也可不计, 可近似看成理想气体, 可用理想气体状态方程进行相关计算。

R 的常用数值及单位:

① 若压力用帕 (Pa : $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$), 体积用立方米 (m^3) 作单位:

$$R = 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8.314 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

② 若压力用 Pa ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$), 体积用升 (L) 或用立方分米 (dm^3) 作单位:

$$R = 8314 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

3. 理想气体方程式的应用

① 计算气体的质量:

$$m = \frac{MpV}{RT}$$

② 测定气体的分子量:

$$M = \frac{mRT}{pV}$$

③ 测定气体的密度:

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$

4. 气体的分压定律

分压: 混合气体中的任一组分气体单独占有与混合气体相同体积、且与混合气体具有相同温度时所产生的压力。它与混合气体中其他气体的存在与否无关。

道尔顿(Dalton)分压定律:相同温度下,混合气体的总压力等于各组分气体分压之和;

分压定律的数学表达式: $p_{\text{总}} = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots p_i + \cdots = \sum p_i$

理想气体状态方程式也适用于混合气体, $p_i V_{\text{总}} = n_i RT$

$$p_{\text{总}} V_{\text{总}} = n_{\text{总}} RT$$

因此:

$$\frac{p_i}{p_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

$$p_i = p_{\text{总}} \frac{n_i}{n_{\text{总}}} = p_{\text{总}} x_i$$

5. 分体积定律

分体积:混合气体中的任一组分气体与混合气体同温同压下,单独存在时所占有的体积。

分体积定律:混合气体的总体积等于各组分气体的分体积之和。

分体积定律的数学表达式: $V_{\text{总}} = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots V_i + \cdots = \sum V_i$

根据理想气体状态方程式

$$p_{\text{总}} V_i = n_i RT$$

$$p_{\text{总}} V_{\text{总}} = n_{\text{总}} RT$$

因此:

$$\frac{V_i}{V_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}}$$

$$V_i = V_{\text{总}} \frac{n_i}{n_{\text{总}}} = V_{\text{总}} x_i$$

6. 明确几个概念及相互关系

理解分压定律的关键在于明确分体积、分压和总体积、总压力的概念及相互之间的关系。

由理想气体定律可知,一定量的某气体在一定温度时,理想气体的压力与它的体积成反比,即 $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$,当压力为 p_1 时,气体占据的体积是 V_1 ;压力为 p_2 时,气体占据的体积是 V_2 ,当每一组分气体是分压时,占据与混合气体相同的总体积;而当组分气体具有与混合气体相同的总压力时,占据的是分体积。组分气体的物质的量没变,关系式为: $p_i \cdot V_{\text{总}} = p_{\text{总}} \cdot V_i$

这与 $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ 是一致的。

体积分数:某组分气体的分体积与总体积之比叫该组分的体积分数($\frac{V_i}{V_{\text{总}}}$)。

同温同压下,气体的物质的量与体积成正比,则某一组分气体的摩尔分数等于它的体积分数($\frac{V_i}{V_{\text{总}}} = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} = \frac{p_i}{p_{\text{总}}} = x_i$)。即每一组分的摩尔分数实际上就是体积分数。

适用条件:符合理想气体行为的混合气体,混合气体不发生反应或反应已达平衡。

(二) 几种常用浓度的表示法

类别	质量浓度 (不受温度的影响)			体积浓度
名称	质量百分浓度	质量摩尔浓度	摩尔分数浓度	物质的量浓度
单位		$\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$		$\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$
定义	$W(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{m_{\text{总}}}$	$b(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{m(\text{A})}$	$x(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{n_{\text{总}}}$	$c(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{V}$

(三)稀溶液的通性

溶液的性质只与溶液单位体积内的溶质的粒子数目多少有关,与溶质的本性无关,如溶液的蒸气压、沸点、凝固点及渗透压等,统称为溶液的依数性或通性。而与溶质的本性有关的溶液的性质,如颜色、密度、导电性及酸碱性等则是溶液的另一类性质。

1. 溶液的蒸气压下降

蒸气压(饱和蒸气压) 在一定温度下,在一密闭容器中,液体和它的蒸气处于平衡(即凝结的速度和蒸发的速度相等)时,蒸气所具有的压力。

对于同一溶剂,蒸气压高,它的能量也高。

溶液的蒸气压下降 在相同温度下溶液中溶剂的蒸气压总是低于纯溶剂的蒸气压,对于非挥发性溶质,如尿素水溶液的蒸气压即是溶剂水的蒸气压,对于挥发性溶质的水溶液,如甲醇水溶液,溶液的蒸气压为甲醇的蒸气压和水的蒸气压的总和,此溶液的蒸气压并未下降,但对溶剂水而言,蒸气压仍然是下降的。因此,溶液的蒸气压指定为溶剂时,则总是下降的。

$$\Delta p(\text{溶液的蒸气压下降值}) = p^*(\text{A})(\text{纯溶剂的蒸气压}) - p(\text{A})(\text{溶液的蒸气压})。$$

蒸气压下降的定量描述——拉乌尔定律。

①在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压 $p(\text{A})$ 与溶剂的物质的量分数 $x(\text{A})$ 成正比,比例常数为纯溶剂的蒸气压 $p^*(\text{A})$ 。

$$\text{数学表达式: } p(\text{A}) = p(\text{A})^* \cdot x(\text{A})$$

拉乌尔定律的另一种描述为

②在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降和溶质的物质的量分数 $x(\text{B})$ 成正比。

$$\text{数学表达式: } \Delta p = p(\text{A})^* \cdot x(\text{B})$$

$$\Delta p = p(\text{A})^* \cdot x(\text{B}) = K_{\text{蒸}} \cdot b(\text{B})$$

$b(\text{B})$ 为质量摩尔浓度,量纲: $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$K_{\text{蒸}} \text{ 的计算: } K_{\text{蒸}} = \frac{p^*(\text{A}) \cdot M(\text{A})}{1000}$$

式中 $p^*(\text{A})$ 是纯溶剂 A 的蒸气压,量纲: kPa

$M(\text{A})$ 是纯溶剂的摩尔质量,量纲: $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

若 $K_{\text{蒸}} = p^*(\text{A}) \cdot M(\text{A})$, 则 M_{A} 的量纲为 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

同一温度,溶剂不同,其 $K_{\text{蒸}}$ 不同;

同一溶剂,温度不同,其 $K_{\text{蒸}}$ 也不同。

溶剂	温度/K	p^*/kPa	$M(\text{A}) \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$	$K(\text{kPa} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1})$
H_2O	298	3.17	0.018	0.057
H_2O	293	2.33	0.018	0.042
C_6H_6	299	13.3	0.078	1.04

因为在溶剂中溶解了难挥发的溶质后,溶剂的部分表面被溶质的粒子所占据,使溶剂分子蒸发的机会减少,所以在达到平衡时溶液的蒸气压低于纯溶剂的蒸气压。溶液的浓度越大,溶液的蒸气压下降越多。

2. 溶液的沸点和凝固点下降

(1) 沸点和凝固点的含义

沸点:液体的蒸气压等于外界压力时的温度。

凝固点:液体蒸气压和固相蒸气压相等时的温度。

(2) 溶液的沸点上升和凝固点下降

溶液的沸点上升(ΔT_b) = 溶液的沸点(T_b) - 纯溶剂的沸点(T_b^*)

溶液的凝固点下降(ΔT_f) = 纯溶剂的凝固点(T_f^*) - 溶液的凝固点(T_f)

对于难挥发的非电解质稀溶液

$$\because \Delta T_b \propto \Delta p, \quad \text{又} \because \Delta p \propto b(B),$$

$$\therefore \Delta T_b \propto b(B)$$

$$\text{则} \quad \Delta T_b = K_b b(B),$$

$$\text{同理} \quad \Delta T_f = K_f b(B)$$

难挥发非电解质稀溶液的沸点上升和凝固点下降与溶液的质量摩尔浓度 $b(\text{B})$ 成正比,比例常数 K_b 为沸点上升常数, K_f 为凝固点下降常数,溶剂不同,数值各异,量纲都为 $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

因为(以水溶液为例)水溶液在 100°C 时,由于蒸气压下降,其蒸气压低于外界的大气压(101.325kPa),此时不能沸腾。只有让温度继续升高,使蒸气压达到 101.325kPa 方能沸腾,所以溶液的沸点高于 100°C ;水溶液在 0°C 时,由于水的蒸气压下降,其蒸气压低于冰的蒸气压(0.6105kPa),此时不能凝固。只有继续降低温度,由水的相图可见,降低相同的温度,冰的蒸气压降低比水的蒸气压降低得更多,随着温度的降低,使水和冰的蒸气压最终达到相等而凝固,所以溶液的凝固点低于 0°C 。

对于难挥发的溶质的溶液,在沸腾时,因蒸气是溶剂分子,若蒸发逸去,则溶液的浓度增大,沸点也将升高;当溶液达凝固点时,析出的固体是纯溶剂,溶液的浓度增大,凝固点也会继续降低。

3. 溶液的渗透压

渗透:溶剂透过半透膜(只对溶剂有透过性的膜)而进入溶液的现象。

渗透压:阻止溶剂通过半透膜进入溶液所施加于溶液的最小的额外压力。

渗透压的规律

当温度一定时,稀溶液的渗透压(π)和溶液的物质的量浓度(用 $c(\text{B})$ 表示)成正比;当浓度不变时,稀溶液的渗透压和绝对温度成正比。

表达式:

$$\pi = c(B)RT$$

或

$$\pi V = n(B)RT \quad (\text{因为 } c = n/V)$$

稀溶液定律(依数定律)——难挥发、非电解质稀溶液的性质(Δp 、 ΔT_b 、 ΔT_f 、 π)是和一定量溶剂(或一定体积的溶液)中所溶解的溶质的物质的量成正比。

对于稀溶液 $c(B) \approx b(B)$

$$\frac{\Delta p}{K_{\text{蒸}}} = \frac{\Delta t_f}{K_f} = \frac{\Delta t_b}{K_b} = \frac{\pi}{RT} = b(B)$$

4. 学习溶液的依数性应注意以下几点

(1) 稀溶液依数性定量计算适用范围

拉乌尔定律是溶液依数性的基石,拉乌尔定律是一经验定律,它的条件是:①一定温度、②稀溶液、③溶质为难挥发非电解质。若符合上述三个条件,则稀溶液的通性只决定于单位体积中溶质的粒子数(或物质的量)而与溶质的本性无关。若不符合上述三个条件,则溶质的本性将对稀溶液的通性产生影响。

(2) 如果溶质不是难挥发的,则不同的溶质产生不同的蒸气压,对溶液的通性将有不同的影响,但对溶液的凝固点下降通常可不考虑溶质的挥发性。

(3) 如果溶质是电解质,由于溶质分子电离产生更多的粒子,增大了对溶液依数性的影响,而且不同电解质其电离的粒子数(即离子数)不同,对溶液的依数性的影响也不同。在相同条件下(浓度相同,溶剂相同),设浓度都为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的水溶液,一般而言:

电解质大于非电解质,如 $\text{NaCl} > \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (葡萄糖), $\text{HAC} > \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$;

强电解质大于弱电解质,如 $\text{HCl} > \text{HAC}$;

能电离出较多离子的电解质大于能电离出较少离子的电解质,如 $\text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$ 。见下表

非电解质水溶液			电解质水溶液		
物质	浓度 ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	ΔT_f (K)	物质	浓度 ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	ΔT_f (K)
甘油	0.100	0.187	(1:1) HCl	0.100	0.352
乙醇	0.100	0.183	KNO_3	0.100	0.331
葡萄糖	0.100	0.186	KCl	0.100	0.345
蔗糖	0.100	0.188			
蔗糖	0.200	0.376	(1:2) Na_2SO_4	0.100	0.434
葡萄糖	0.200	0.372	CaCl_2	0.100	0.494
葡萄糖	0.300	0.558	(2:1) NiCl_2	0.100	0.538

由表看出,强电解质在稀溶液中虽然完全电离,但由于其离子带有相反的电荷,离子间的互吸作用形成离子对等,会减弱对稀溶液通性的影响。例如实验测得 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 的凝固点下降值为 0.352°C ,与相同浓度非电解质溶液的 ΔT_f (0.186°C) 相比,它们凝固点下降值不是两倍关系而是接近两倍。 Na_2SO_4 不是 3 倍而是近 3 倍,随着浓度的增大,离子所带的电荷增多溶质粒子间相互作用加大,偏离越显著。因此,稀溶液定律必须在溶质为难挥发非电解质、而溶液的浓度不高时才适用。

(4) 依数性具有加和性

葡萄糖和蔗糖的混合溶液,它们的浓度分别为 c_1 和 c_2 ,则溶液的渗透压

$$\pi = \pi_1 + \pi_2 = c_1 RT + c_2 RT = (c_1 + c_2) RT$$

三、疑难解析

(一) 疑问解答

1. 气态方程式为什么只能在温度不太低、压力不太大的条件下适用?

解: 气态方程式实际上是一个近似方程式,只有在分子本身没有体积和分子之间没有引力的情况下,才是准确的。而真实气体分子本身有体积,分子之间有引力,只有在较高温度(不低于 0°C)、较低压力(不高于 1 大气压)的情况下,这两个因素可以忽略不计,计算所得的结果能接近实际情况,因此,气态方程式适用于温度偏高压力偏低的情况。

2. 聚集状态相同的物质在一起是否一定是同一相:

解: 不一定。如 Fe 粉与 C 粉混合体,尽管状态相同混合均匀,在显微镜下仍可看到两相的界面。但也有聚集状态相同的物质在一起是同一相,如气体混合物空气。

3. 冰水体系组成相同,可以说是同一相吗?

解: 冰和水共存的体系,其组成虽同是 H_2O ,但水和冰具有不同的物理性质,并且有界面,所以不是同一相,而是两个相。

5. 怎样用实验的方法来计算混合气体中各组分气体的分压?

解: 用压力表测量混合气体的压力,得到的是总压。要直接测量组分气体的分压是很困难的,一般都是通过实验对混合气体进行气体分析,利用不同的吸收剂去吸收不同的气体组分。例如用 KOH 吸收 CO_2 ,用苯三酚的碱溶液吸收 O_2 。混合气体通过某吸收剂后减小的体积被总体积去除,即该被吸收气体组分的体积分数。根据所测出的各组分的体积分数($V_{\text{分}}/V_{\text{总}}$)来计算该组分的分压。因为气体在同温同压下摩尔数与体积成正比,所以各组分的摩尔分数等于它的体积分数,利用分压定律公式可求出各气体组分的分压。所以只要测定混合气体的总压和对混合气体进行气体分析即可。

6. $p_{\text{总}} V_{\text{分}}, p_{\text{分}} V_{\text{总}}$ 的关系式与 $p_1 V_1 = p_2 V_2$, 公式有矛盾吗?

解: 不矛盾。两个关系式都正确地表达了一定量的气体在恒温时,体积与压力成反比的定量关系。 $p_{\text{总}} V_{\text{分}} = p_{\text{分}} V_{\text{总}}$ 表达了混合气体中某组分气体所占据的体积和压力的关系。当它单独占据混合气体总体积时,相对应产生的压力是分压;当它承受混合气体总压力时,相对应的是分体积,所以与压力为 p_1 时气体的体积是 V_1 ; 压力为 p_2 时气体的体积是 V_2 的关系式 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ 是一致的。如果对分体积,分压的概念不理解,就会发生 $p_{\text{总}} V_{\text{总}} = p_{\text{分}} V_{\text{分}}$ 的错误。

(二) 相关计算

对于气体,关键是熟记理想气体状态方程式,掌握各个物理量之间的变换关系及气态方程式的不同表示形式。

【例 1】由 NH_4NO_2 分解制氮气,在 23°C , 95.5kPa 下,用排水集气法收集到 57.5mL 氮气,计算①氮气的分压,②干燥后氮气的体积(已知水在 23°C 时饱和蒸气压为

21.1 mmHg)。

分析 用排水集气法收集的气体,其压力包括水的饱和蒸气压,。所以氮气的分压应等于总压力 95.5 减去 23℃ 时的饱和蒸气压 $21.1 \times 101.3/760 = 2.81$ (kPa)。经干燥后的氮气的体积,是在总压力不变的情况下除去了水蒸气,实际上是求氮气的分体积。总压不变,干燥后的体积必然小于总体积。

$$\text{解 } ① p(N_2) = p_{\text{总}} - p_{\text{水}} = 95.5 - 21.1 \times 101.3/760 \\ = 92.7 \text{ (kPa)}$$

$$② \because p(N_2) \cdot V_{\text{总}} = p_{\text{总}} \cdot V(N_2) \\ \therefore V(N_2) = \frac{92.7 \times 57.5}{95.5} = 55.8 \text{ (mL)}$$

【例 2】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,原料气中还含有其他杂质气体 4% (体积百分数)。原料气总压力 15195 kPa,求氮、氢的分压。

分析 杂质体积百分数为 4%,即体积分数为 0.04,那么氢气和氮气的体积分数之和为 0.96。又知 $V(H_2)/V(N_2) = 3$,可分别求出氢与氮的体积分数,同温同压下,体积分数即是物质的量分数,代入分压定律公式即可求得分压。

$$\text{解 已知 } \frac{V(\text{杂})}{V} = 0.04 \quad \frac{V(H_2)}{V} + \frac{V(N_2)}{V} = 1 - 0.04 = 0.96$$

$$\text{又 } \frac{V(H_2)}{V(N_2)} = 3 \quad \therefore V(H_2) = 3V(N_2)$$

$$\frac{3V(N_2)}{V} + \frac{V(H_2)}{V} = 0.96 \quad \frac{V(N_2)}{V} = 0.24 \quad \frac{V(H_2)}{V} = 0.96 - 0.24 = 0.72$$

$$p(N_2) = p_{\text{总}} \frac{V(N_2)}{V} = 15195 \times 0.24 = 3647 \text{ (kPa)}$$

$$p(H_2) = p_{\text{总}} \frac{V(H_2)}{V} = 15195 \times 0.72 = 10940 \text{ (kPa)}$$

实验中常利用溶液的沸点上升、凝固点下降和渗透压等性质计算溶质的分子量。如:

【例 3】将血红素 1.0g 溶于适量水中,配成 100mL 溶液,测得此溶液的渗透压为 0.366 Pa (20℃)。试求①溶液的物质的量浓度;②血红素的分子量。

$$\text{解 } ① \pi = cRT \quad c = \pi/RT = \frac{0.366}{8.31 \times (273 + 20)} = 1.50 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

② 血红素的分子量为

$$\frac{1.0 \times 1000/100}{1.5 \times 10^{-4}} = 6.7 \times 10^4$$

四、练习题

(一) 选择题

- 在下列哪种情况时,真实气体的性质与理想气体相近()。
 - 低温和高压;
 - 高温和低压;
 - 低温和低压;
 - 高温和高压。
- 在标准状况下,1L 某种气体重 1.16g,该种气体的分子式可能是()。

- A. C_2H_2 B. CO C. O_2 D. NH_3
3. 在一个圆柱形的容器内, 装有 $0.3\text{mol } N_2$, $0.1\text{mol } O_2$ 和 0.1mol 的 He。如果气体的总压力为 101kPa , O_2 的分压是多少 kPa ()。
- A. 40.5 B. 20.2 C. 60.8 D. 101.3
4. 27°C 、 30.39kPa 下测定某气体 1 升的质量为 0.537 克。此气体是 ()。
- A. N_2 B. O_2 C. CH_4 D. CO_2
5. 下列物质中具有最高蒸气压的是 ()。
- A. C_5H_{12} B. C_6H_{14} C. C_7H_{16} D. C_8H_{18}
6. 1g 氢气与 4g 氧气在常温下盛于同一密闭容器中, 氢气与氧气的分压比为 ()。
- A. 1:5 B. 1:4 C. 4:1 D. 5:1
7. 在一定温度下, 某容器中充有质量相同的下列气体, 其中分压最小的气体是 ()。
- A. N_2 B. CO_2 C. O_2 D. H_2
8. 一蔗糖水溶液, 在 101.3kPa 下凝固点为 -0.372°C , 则沸点为 (水的 $K_f = 1.86$, $K_b = 0.52$) ()。
- A. 99.896°C B. 100.104°C C. 101.331°C D. 102.103°C
9. 同体积的甲醛 (CH_2O) 溶液和葡萄糖 ($C_6H_{12}O_6$) 溶液在指定温度下, 渗透压相等, 溶液中甲醛与葡萄糖的质量比为 ()。(原子量 $H = 1$ $O = 16$ $C = 12$)
- A. 6:1 B. 1:6 C. 1:1 D. 1:3
10. 下列水溶液中: ① $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} H_2SO_4$, ② $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} NaCl$, ③ $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} C_6H_{12}O_6$, ④ $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} HAC$, 凝固点的高低顺序是 ()。
- A. ① < ② < ③ < ④ B. ① < ② < ④ < ③
C. ① > ② > ③ > ④ D. ④ > ② > ③ > ①
11. 海水不易结冰的原因 ()。
- A. 海水面积大有利阳光吸收 B. 海水很深, 水量很大温度不易改变
C. 海水中含有 $NaCl$ D. 海水中有各种动物, 运动产生热量
12. 某温度下 $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 糖水的饱和蒸气压为 p_1 , $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐水的饱和蒸气压为 p_2 , 则 ()。
- A. $p_2 > p_1$ B. $p_2 < p_1$ C. $p_2 = p_1$ D. 无法判断
13. 有一半透膜, 将水和某溶质水溶液隔开, 其结果是 ()。
- A. 水向溶液渗透, 并建立渗透平衡
B. 溶液向水渗透, 建立渗透平衡
C. 水向溶液渗透, 不能建立渗透平衡
D. A, C 都有可能, 决定于溶液的浓度、盛水的量及使用的装置的大小
14. 与纯溶剂相比, 溶液的蒸气压 ()。
- A. 一定降低 B. 一定升高 C. 不变
D. 需根据实际情况作出判断, 若溶质是挥发性很大的化合物就不一定降低
15. 下列说法正确的是 ()。

- A. 当液体与其蒸气处于平衡时,蒸气的压力称为液体的饱和蒸气压
 B. 液体混合物的蒸气压等于各纯组分液体的蒸气压之和
 C. 非电解质稀溶液的蒸气压小于相同温度下的纯溶剂的饱和蒸气压
 D. 蒸气压的大小与容器体积的大小有关
16. 将 0.45g 非电解质溶于 30g 水中,使水的凝固点降低 0.15°C ,已知 H_2O 的 $K_f = 1.86\text{K} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$,则该非电解质的摩尔质量($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)是()。
 A. 100 B. 83.2 C. 186 D. 204
17. 下列几种物质中最易溶于水的是()。
 A. 乙醚 B. 四氯化碳 C. 乙酸 D. 硝基苯
18. 下列论述中正确的是()。
 A. 溶解度表明了溶液中溶质和溶剂的相对含量
 B. 溶解度是指饱和溶液中溶质和溶剂的相对含量
 C. 任何物质在水中的溶解度都随着温度的升高而升高
 D. 压力的改变对任何物质的溶解度都影响不大
19. 鱼类在热水中难于生存,其原因是()。
 A. 在热水中鱼类的新陈代谢速率缓慢
 B. 较高温度下,鱼类耗氧量提高,而 O_2 在水中的溶解度反而下降
 C. 温度高时,一些有毒物质易在鱼体内富集
 D. 温度高时,渗透压变小
20. 下列几种溶液的浓度表示与溶液所处温度无关的是()。
 A. 波美度 B. 物质的量浓度
 C. 体积分数 D. 摩尔分数
21. 在 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaCl}$ 溶液中,下列表示浓度的数据接近于 0.1 的是()。
 A. NaCl 的摩尔分数 B. 波美度
 C. NaCl 的质量分数 D. NaCl 的质量摩尔浓度
22. 饮水中残余 Cl_2 可以允许的浓度是 $2 \times 10^{-6}\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$,与此相当的质量摩尔浓度为()。
 A. $3 \times 10^{-6}\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ B. $3 \times 10^{-5}\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
 C. $3 \times 10^{-3}\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ D. $3\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
23. 若氨水的质量摩尔浓度为 $a\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$,则其中 NH_3 的摩尔分数为()。
 A. $\frac{a}{1000/18}$ B. $\frac{a}{[(1000 - 17a)/18] + a}$
 C. $\frac{a}{(1000/18) + a}$ D. 不确定
24. 某难挥发非电解质稀溶液的沸点为 100.400°C ,则其凝固点为()。(水的 $K_f = 1.86, K_b = 0.52$)
 A. -0.110°C B. -0.400°C C. -0.746°C D. -1.45°C
25. 60°C 时,180g 水中溶有 180g 葡萄糖,已知 60°C 时水的蒸气压为 19.9kPa , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 的分子量为 180,则此水溶液的蒸气压应为()。