

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材



21世纪化学规划教材

基础课系列

普通化学原理 (第4版) 习题解析

北京大学化学学院普通化学原理教学组 编

博
雅

普通高等院校“十一五”国家级规划教材配套教材
21世纪化学规划教材·基础课系列

普通化学原理(第4版)

习题解析

北京大学化学学院普通化学原理教学组 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

普通化学原理(第4版)习题解析/北京大学化学学院普通化学原理教学组编.—3版.—北京:北京大学出版社,2015.2

(21世纪化学规划教材·基础课系列)

ISBN 978-7-301-25430-1

I. ①普… II. ①北… III. ①普通化学—高等学校—题解 IV. ①O6-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第018070号

- 书 名 普通化学原理(第4版)习题解析
著作责任者 北京大学化学学院普通化学原理教学组 编
责任编辑 郑月娥
标准书号 ISBN 978-7-301-25430-1
出版发行 北京大学出版社
地 址 北京市海淀区成府路205号 100871
网 址 <http://www.pup.cn>
电子信箱 zye@pup.pku.edu.cn
新浪微博 @北京大学出版社
电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62767347
印刷者 北京大学印刷厂
经 销 者 新华书店
787毫米×1092毫米 16开本 12印张 300千字
1996年9月第1版 2006年6月第2版
2015年2月第3版 2015年2月第1次印刷
印 数 48501~51500册
定 价 28.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

内 容 简 介

本书是《普通化学原理》(第 4 版)教材的配套教学辅导用书。本书在《普通化学原理习题解析》(2006 年,第 2 版)的基础上进行了改进和充实,旨在帮助读者在演练习习题时进行相关内容的复习、学习和总结。此外,新一版的习题解析按新版教材同步更新了附录数据,并按最新数据更新了习题的解答,使之与新版教材相适应。

本习题解析注重培养学生灵活运用所学化学原理和概念的能力,强调通过做习题提高学生的综合能力和独立思考能力。本书是北京大学化学学院普通化学教学组多年教学工作的积累,其中很多习题都曾在教学实践中长期使用,并收到了较好的教学效果。

本书可作为高等院校化学类各专业基础课的教学辅助用书或其他专业普通化学课程的参考书,亦可作为化学爱好者自学的参考材料。

第3版编者的话

本书是与北京大学华彤文等编著的《普通化学原理》第4版(北京大学出版社,2013)相配套的习题解析,既可以与教材配合使用,也可以单独使用。本书旨在帮助读者在学习中巩固所学知识,检验学习效果,提高分析和解决问题的能力。

习题演练是学习中一个重要的环节,也是对课堂学习的重要补充。通过做习题,不仅可以考察自己对知识的理解和掌握情况,也可以巩固所学知识,培养科学的思维方式。知识的掌握是一个“学习-强化-再学习-提高”的过程,其中,“强化”和“再学习”对提高水平至关重要。而做习题恰恰可以帮助读者强化所学知识,有助于读者及时发现自身不足之处并加以改进,从而使读者可以更加深入地理解化学原理并且更好地应用所学原理解决问题。在这本《习题解析》中,有的习题考察基本原理,用于检验读者对于所学概念的掌握程度,它们可以帮助读者把不同概念联系起来,达到融会贯通的目的;有的习题包含了经典的化学反应或实验,有助于读者拓展知识面、开阔视野;还有的习题综合了多个知识点,要求读者能够灵活地应用所学知识,充分发挥自身的潜能。

做习题的要点在于:① 认真审题:在解题之前,应当充分了解题目的已知条件和要求,并分析其中涉及的概念和原理。② 理清思路:将已知条件和待求解的问题合理关联起来。不少习题有不止一种解法,应当选择最合适的解题途径。③ 认真总结:总结每个习题涉及的基本概念的解题要点,掌握知识之间的联系,梳理自己的思路,举一反三。④ 再学习:在很多情况下,不可能通过一次学习掌握所有的知识要点,但是可以在系统的习题演练和总结的基础上重读有关章节,从而能够更全面和更深入地理解化学概念和原理。

这本《习题解析》是在《普通化学原理习题解答》(第2版)(北京大学出版社,2006)一书的基础上修订而成的,它也是北京大学普通化学教研组20多年教学经验的积累和总结。先后参加本书解题工作的有:华彤文、杨骏英、杨以文、陈景祖、刘淑珍等老师。1989年由杨以文按照《普通化学原理》第1版的习题将解答执笔整理成册,作为讲义印发;1995年由陈景祖、刘淑珍按教材第2版习题执笔整理,杨骏英、华彤文审校后于1996年出版《普通化学原理习题解答》;2006年由陈景祖、严洪杰整理习题解答,由卞江、王颖霞撰写“内容提要”,出版了《普通化学原理习题解答》(第2版)。

本次修订,基本保持了《普通化学原理习题解答》(第2版)的框架,参考《普通化学原理》第4版的内容,对原有习题进行了少量删减,根据热力学数据的变化对习题进行了修订。对各章的“内容提要”进行了修改,进一步突出书中相关基本概念和公式,以帮助读者复习概念、梳理思路、掌握知识的要点和重点。我们真诚感谢本书的责任编辑郑月娥副编审,以及赵学范编审对全书的细致审稿,感谢她们为本书的出版付出的艰辛劳动。

本书仍难免会有疏漏不当之处,敬请读者随时给予批评指正,我们将不胜感激。

编者

2014年12月

第2版编者的话

本书是与北京大学华彤文、陈景祖等编著的《普通化学原理》第3版(北京大学出版社, 2005)相配套的习题解析,既可以与教材配合使用,也可以单独使用。本书旨在帮助读者在学习中巩固所学知识,检验学习效果,提高分析和解决问题的能力。

习题演练是学习过程中一个重要的环节,也是对课堂学习的重要补充。通过做习题,不仅可以考察自己对知识的理解和掌握情况,也可以巩固所学知识,培养科学的思维方式。知识的掌握是一个“学习—强化—再学习—提高”的过程,其中,“强化”和“再学习”对提高水平至关重要。而做习题恰恰可以帮助读者强化所学知识,有助于读者及时发现自身不足之处并加以改进,从而使读者可以更加深入地理解化学原理并且更快地提高。在这本《习题解析》里面,有的习题考察基本原理,用于检验读者对于所学概念的掌握程度,它们可以帮助读者把不同概念联系起来,达到融会贯通的目的;有的习题包含了经典的化学反应或实验,有助于读者拓展知识面、开阔视野;还有的习题综合了多个知识点,要求读者能够灵活地应用所学知识,充分发挥自身的潜能。

做习题的要点在于:① 认真审题:在解题之前,应当充分了解题目的已知条件和要求,并分析其中涉及的概念和原理;② 理清思路:不少习题有不只一种解法,因此读者应当选择最合适的解题途径;③ 认真总结:总结一下每个习题的要点和涉及的概念,对于自身快速提高很有好处,有助于读者掌握知识之间的联系,举一反三;④ 再学习:在很多情况下,不可能通过一次学习掌握所有的知识要点,但是可以在系统的习题演练和总结的基础上重读有关章节,从而能够更全面和更深入地理解化学概念和原理。

这本习题解析是在《普通化学原理习题解答》(北京大学出版社,1996)一书的基础上全面修订而成,它也是北京大学普通化学教学组长期教学经验的积累和总结。1989年由杨以文按照《普通化学原理》(第一版)的习题将解答执笔整理成册,作为讲义印发;1995年由陈景祖、刘淑珍按教材第二版习题执笔整理,杨骏英、华彤文审校后于1996年出版《普通化学原理习题解答》。

本次修订中,按新版的手册全面更新了本书涉及的数据,对原有习题进行了必要的修改,有删有增,总量略有增加,并为某些习题增加了注释和提示;特别是在每章前面增加了“内容提要”,对书中的基本概念、公式进行总结和归纳,以帮助读者复习概念、梳理思路、掌握课程的要点和重点。

本书各章的“内容提要”由卞江、王颖霞根据当前教学情况执笔整理;“习题解析”则由严洪杰、陈景祖执笔修改整理;全书由华彤文审阅。最后,我们真诚感谢本书的责任编辑赵学范编审,感谢她为本书出版付出的艰辛劳动。

本书仍难免会有疏漏不当之处,敬请读者随时给予批评指正,我们将不胜感激。

编者
2006年4月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
内容提要	(1)
第 2 章 气体	(3)
内容提要	(3)
习题解析	(5)
第 3 章 相变·液态	(12)
内容提要	(12)
习题解析	(13)
第 4 章 溶液	(19)
内容提要	(19)
习题解析	(21)
第 5 章 化学热力学	(27)
内容提要	(27)
习题解析	(30)
第 6 章 化学平衡	(39)
内容提要	(39)
习题解析	(42)
第 7 章 化学反应速率	(52)
内容提要	(52)
习题解析	(54)
第 8 章 酸碱平衡	(64)
内容提要	(64)
习题解析	(66)
第 9 章 沉淀溶解平衡	(76)
内容提要	(76)
习题解析	(77)
第 10 章 氧化还原·电化学	(85)
内容提要	(85)
习题解析	(88)
第 11 章 原子结构	(96)
内容提要	(96)
习题解析	(100)

第 12 章 化学键与分子结构	(107)
内容提要	(107)
习题解析	(111)
第 13 章 晶体与晶体结构	(120)
内容提要	(120)
习题解析	(124)
第 14 章 配位化合物	(130)
内容提要	(130)
习题解析	(133)
第 15 章 元素化学	(144)
内容提要	(144)
习题解析	(147)
第 16 章 化学与社会发展	(156)
内容提要	(156)
附录	
A. 元素名称和相对原子质量	(158)
B. 1 SI 单位制的词头	(159)
B. 2 一些非推荐单位、导出单位与 SI 单位的换算	(160)
B. 3 一些常用的物理化学常数	(160)
C. 1 不同温度下的水蒸气压	(161)
C. 2 常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 S_m^\ominus	(162)
C. 3 弱酸、弱碱的电离平衡常数	(168)
C. 4 常见难溶电解质的溶度积	(169)
C. 5 酸性溶液中的标准电极电势	(170)
C. 6 碱性溶液中的标准电极电势	(172)
C. 7 常见配(络)离子的稳定常数	(174)
D. 1 元素周期表与原子价层的电子结构	(175)
D. 2 原子半径	(176)
D. 3 元素的第一电离能	(177)
D. 4 主族元素的第一电子亲和能	(178)
D. 5 元素的电负性	(179)
D. 6 金属原子化热和熔点	(180)
D. 7 离子半径	(181)
D. 8 地壳与海水中元素的丰度	(182)

第 1 章 绪 论

普通化学课程是高等学校化学及相关专业的重要基础课。作为化学学科的入门课程,“普通化学”主要介绍化学的基本概念、原理、方法及其发展历程。通过学习,使读者对化学的基本原理和规律有一定的认识和了解,能够运用所学化学原理解决一些基础的化学问题,并逐步掌握化学研究中分析问题与解决问题的思路与方法,为今后更深入的专业学习打下良好的基础。本章概述化学学科的特点和发展历程,介绍化学主要分支学科的研究内容,讨论化学与其他学科交叉渗透,展望化学的未来。

内 容 提 要

1.1 什么是化学?

化学是研究物质的组成、结构、性质和化学变化及其能量变化规律的科学。化学最突出的特点是合成并研究新物质。

化学是一门基础学科,它对诸多学科领域的发展作出了突出贡献,因此化学又被称做“中心科学”。

1.2 化学变化的特征

(1) 化学变化涉及化学键的断裂和形成,因而是一种质变。

(2) 化学变化发生在原子水平上,不涉及原子核的变化(核化学除外),因此在化学反应前后物质的总量守恒,没有原子的消失和产生。

也不排除化学变化和物理变化同时发生的情况。例如,在白锡向灰锡转化的相变过程中,虽然组成没有变化,但是化学结构却发生了变化,因此也是化学变化。

1.3 化学的疆域

在自然科学领域,化学属一级学科。化学的传统领域包括无机化学、有机化学、分析化学、物理化学和高分子化学等基础分支,这些分支学科也被称为二级学科。随着科学的发展,化学各个分支领域也在变化之中,学科之间的交叉融合和相互渗透日趋增加。近年来,随着新兴化学领域的开拓,一些新的化学分支,如生命化学、材料化学、理论化学、信息化学、环境化学、绿色化学、组合化学和能源化学等等,受到越来越多的关注。

1.4 化学:一门以实验为基础的科学

化学是一门以实验为基础的科学。化学工作者在认识自然规律的基础上,通过化学实验创造新物质、发现新规律,推动化学的发展。我国化学家傅鹰先生说过:“实验是最高法庭。”

因此,在我们开始大学化学学习的时候,要培养科学的实验态度,要重视实验技能的训练,熟练掌握实验技巧,为今后的实验探索打好基础。同时,我们也要不断加强理论素养,培养从实验数据中总结和发现规律的能力。

1.5 化学:面向未来

从化学作为一门科学诞生以来,化学领域的重大发现和突破进展有力地推动了人类社会的发展和现代文明的形成。我国化学家傅鹰先生曾说:“化学给人以知识,化学史给人以智慧。”所以,当我们走进化学领域的时候,我们不仅要熟练掌握化学的基本原理,也要用心体会前人曾经遇到过的问题和挑战,以及他们在开拓和创新过程中的思想历程,从前人的智慧中汲取灵感。在教材中有多处结合实验数据和历史发展来介绍化学概念,如电离学说和依数性、原子结构和量子概念等。

随着知识的积累,化学将迈入一个全新的时代,并具有以下三种主要发展趋势:

- (1) 重视解决重大实际问题;
- (2) 与相关学科领域相互借鉴,开拓化学新领域;
- (3) 面向复杂体系的研究。

第 2 章 气 体

气体是我们认识宏观物质世界的第一步。前人通过实验经验和理论推理,清晰地描述了气体的基本运动规律。气体运动服从统计规律。本章的重点是学习和掌握理想气体定律并能熟练应用。对于初学者,特别要注意清晰地理解分压、分体积和扩散速率等基本概念,通过习题练习来复习和巩固相关的知识。

2.1~2.4 节介绍关于气体定律的实验总结;2.5 和 2.6 节是从微观角度论证气体定律,将实验可测的宏观量与气体分子的质量、气体运动的速率等关联起来;2.7 节讨论的是实际气体的状态方程,学习时应从实际气体的特点出发,在与理想气体的对比中加深对气体的理解。

内 容 提 要

2.1 理想气体定律

理想气体定律(又称理想气体状态方程、Clapeyron 方程):

$$pV = nRT$$

理想气体定律是本章最重要的公式之一。使用时需特别注意的两点是:它的前提条件以及公式中各物理量的单位。

1. 使用理想气体定律的前提条件

- (1) 气体分子间距离很大,分子间吸引力可忽略不计;
- (2) 气体分子自身很小,分子所占体积可忽略不计。

2. 理想气体定律中各物理量的单位

使用理想气体定律时最易出现的一个错误是摩尔气体常数 R 单位的误用。由于 R 的单位与 p 和 V 的单位相关,所以应当熟悉各单位之间的换算关系,这是保证正确解题的前提。

(1) 压力(又称压强)单位的换算

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 101.3 \text{ kPa}$$

(2) R 的不同取值

$$R = \frac{pV}{nT}$$

$$= 8.31 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$= 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$= 0.0831 \text{ bar} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$= 0.0821 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$= 62.4 \text{ mmHg} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

2.2 气体化合体积定律和 Avogadro 假说(定律)

Avogadro 假说在 19 世纪末得以证明,故现在叫做 Avogadro 定律。这两个定律的重要意义是在化学领域中建立起了分子的概念,并成为现代化学的核心。它们的表述如下:

气体化合体积定律——在恒温恒压下,气体反应中各气体的体积互成简单整数比。

Avogadro 定律——在相同的温度与相同的压力下,相同体积的气体的物质的量相同。

2.3 气体分压定律

Dalton 气体分压定律表述为:在温度与体积恒定时,混合气体的总压力等于各组分气体分压力之和;某气体分压等于总压力乘该气体摩尔分数或体积分数。

以二组分混合气体为例,混合气体总压等于各气体分压之和:

$$p_{\text{total}} = p_1 + p_2$$

混合气体中某种气体的分压力等于该组分气体独占总体积时的压力:

$$p_1 = \frac{n_1 RT}{V_{\text{total}}}$$

同理,二组分混合气体的总体积等于各组分气体分体积之和:

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2$$

混合气体中某种气体的分体积等于该组分气体在总压力下的体积:

$$V_1 = \frac{n_1 RT}{p_{\text{total}}}$$

2.4 气体扩散定律

Graham 气体扩散定律表述为:等温等压条件下,气体的隙流速率(v , $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$)和它的密度(ρ)的平方根成反比。由于气体的密度与其摩尔质量(M)成正比,有

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$$

2.5 气体分子运动论

气体分子运动论从微观上描述气体分子的运动规律,是本章的难点之一。理解气体分子运动论的关键是理解它的三点假设,即

(1) 气体由大量分子组成,分子是具有一定质量的微粒。与气体所占体积以及分子间的距离相比,分子本身的体积是很小的,分子间距离很大,分子间作用力很小,所以分子运动自由,并且容易被压缩。

(2) 分子不断做无规则热运动,并均匀分布于整个容器空间。无规则的分子运动不做功,就没有能量损失,体系的温度不会自动降低。

(3) 分子运动时不断相互碰撞,同时也撞击器壁而产生压力,这种碰撞是完全弹性的,撞击后能量没有损失。

从微观粒子箱模型出发,可以导出如下结论:

(1) 气体分子统计速率(均方根速率)与温度的关系

$$\overline{v^2} = \frac{3RT}{M}$$

(2) 理想气体分子平均动能与温度的关系

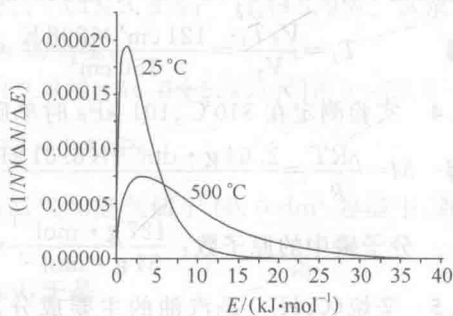
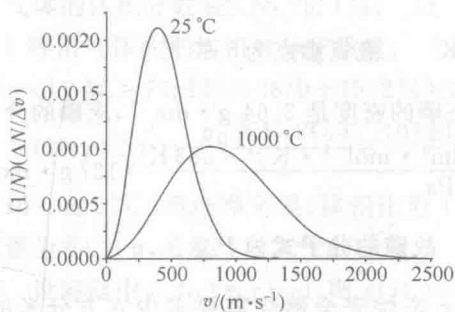
$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} kT$$

气体分子运动论的意义在于,从一个简单的微观模型出发,推导出本章前几节介绍的各个气体定律,如理想气体状态方程、气体扩散定律以及气体分压定律等,从而将微观世界的规律与宏观世界的现象联系在一起。因此,气体分子运动论反映了经典粒子运动的基本规律。

2.6 分子的速率分布和能量分布

大量气体分子的行为服从经典统计规律,即 Maxwell-Boltzmann 分布律。

气体分子速率分布和能量分布分别为



2.7 实际气体和 van der Waals 方程

理想气体状态方程只是对于实际情况的近似,只有在温度不太低和压力不太高的条件下才适用,而在实际情况下要作相应的校正。van der Waals 气体方程就是对理想气体状态方程的一种修正。

van der Waals 实际气体状态方程为

$$\left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

其中, a 和 b 称为 van der Waals 常数, a 用于校正压力, b 用于校正体积。

实际气体的压缩系数 Z ,用于比较实际气体的实验值与理想值之间的偏差:

$$Z = \frac{pV}{nRT}$$

习 题 解 析

2.1 在 25 °C 时,若电视机用显像管的真空度为 4.0×10^{-7} Pa, 体积为 2.0 dm^3 , 试求管中气体的分子数(N)。

解
$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{4.0 \times 10^{-10} \text{ kPa} \times 2.0 \text{ dm}^3}{8.31 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} = 3.2 \times 10^{-13} \text{ mol}$$

$$N = 3.2 \times 10^{-13} \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1.9 \times 10^{11}$$

2.2 一个体积为 40.0 dm^3 的氮气钢瓶(黑色),在 $22.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,使用前压力为 12.6 MPa ,使用后压力降为 10.1 MPa ,估计总共用了多少千克氮气。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad n &= n_{\text{前}} - n_{\text{后}} = \frac{p_{\text{前}} V}{RT} - \frac{p_{\text{后}} V}{RT} = \frac{(p_{\text{前}} - p_{\text{后}}) V}{RT} \\ &= \frac{(12.6 - 10.1) \text{ MPa} \times 10^3 \text{ kPa/MPa} \times 40.0 \text{ dm}^3}{8.31 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 295.7 \text{ K}} \\ &= 41 \text{ mol} \\ m(\text{N}_2) &= 41 \text{ mol} \times 28.0 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.3 标准参考温度计都是气体体积温度计,根据气体体积膨胀划分刻度,优质的水银温度计常用气体体积温度计校准。某定压氢气温度计在 $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 101 kPa 时体积为 150 cm^3 ,在沸腾的液氨中体积降为 121 cm^3 ,求液氨的沸点。

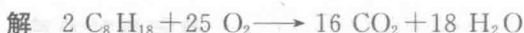
$$\text{解} \quad T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1} = \frac{121 \text{ cm}^3 \times 298 \text{ K}}{150 \text{ cm}^3} = 240 \text{ K} \quad \text{液氨沸点为 } -33 \text{ }^\circ\text{C}。$$

2.4 实验测定在 $310 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 101 kPa 时单质气态磷的密度是 $2.64 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$,求磷的分子式。

$$\text{解} \quad M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{2.64 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3} \times 8.31 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 583 \text{ K}}{101 \text{ kPa}} = 127 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

分子磷中的原子数: $\frac{127 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{31 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 4$, 故磷的分子式为 P_4 。

2.5 辛烷(C_8H_{18})是汽油的主要成分, 100 g 辛烷完全燃烧需要多少立方分米的空气($22.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 101 kPa)?



$$2 \times 114 \text{ g} \quad 25.0 \text{ mol}$$

$$100 \text{ g} \quad n(\text{O}_2)$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{25.0 \text{ mol} \times 100 \text{ g}}{2 \times 114 \text{ g}} = 11.0 \text{ mol}, \quad n(\text{空气}) = \frac{11.0 \text{ mol}}{0.21} = 52 \text{ mol}$$

$$V(\text{空气}) = \frac{n(\text{空气}) RT}{p} = \frac{52 \text{ mol} \times 8.31 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 295.7 \text{ K}}{101 \text{ kPa}} = 1.3 \times 10^3 \text{ dm}^3$$

2.6 在标准状态下 $1.00 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$ 通过炽热的炭层后,完全转变为 CO ,这时温度为 $900 \text{ }^\circ\text{C}$ 、压力为 101 kPa ,求 CO 的体积。

解 $\text{CO}_2 + \text{C} \longrightarrow 2\text{CO}$ $1.00 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$ 通过炭层后生成 $2.00 \text{ m}^3 \text{ CO}$ 。

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \quad V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{2.00 \text{ m}^3 \times (273 + 900) \text{ K}}{273 \text{ K}} = 8.59 \text{ m}^3$$

2.7 在 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 99.0 kPa 时用排水集气法要收集 1.50 dm^3 氧气,至少要取多少克 KClO_3 (用 MnO_2 作催化剂)进行热分解? 已知: 在 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, $p(\text{H}_2\text{O}) = 2.34 \text{ kPa}$ 。

$$\text{解} \quad n(\text{O}_2) = \frac{p(\text{O}_2) V}{RT} = \frac{(99.0 - 2.34) \text{ kPa} \times 1.50 \text{ dm}^3}{8.31 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}} = 5.95 \times 10^{-2} \text{ mol}$$



$$2.00 \times 123 \text{ g}$$

$$3.00 \text{ mol}$$

m

$$5.95 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m(\text{KClO}_3) = \frac{2.00 \times 123 \text{ g} \times 5.95 \times 10^{-2} \text{ mol}}{3.00 \text{ mol}} = 4.88 \text{ g}$$

2.8 在恒温条件下,将下列3种气体装入250 cm³的真空瓶中,混合气体的分压力、总压力各是多少?

(1) 250 Pa 的 N₂ 50 cm³; (2) 350 Pa 的 O₂ 75 cm³; (3) 750 Pa 的 CO₂ 150 cm³。

$$\text{解 } p(\text{N}_2) = \frac{250 \text{ Pa} \times 50 \text{ cm}^3}{250 \text{ cm}^3} = 50 \text{ Pa}$$

$$p(\text{O}_2) = \frac{350 \text{ Pa} \times 75 \text{ cm}^3}{250 \text{ cm}^3} = 105 \text{ Pa}$$

$$p(\text{CO}_2) = \frac{750 \text{ Pa} \times 150 \text{ cm}^3}{250 \text{ cm}^3} = 450 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{总}} = 50 \text{ Pa} + 105 \text{ Pa} + 450 \text{ Pa} = 605 \text{ Pa}$$

2.9 人在呼吸时,呼出气体的组成与吸入空气的组成不同,在36.8°C与101 kPa时某典型呼出气体的体积分数是: N₂ 75.1%; O₂ 15.2%; CO₂ 3.8%; H₂O 5.9%。试求:

(1) 呼出气体的平均相对分子质量; (2) CO₂ 的分压。

$$\text{解 } (1) M_r = 75.1\% \times 28.0 + 15.2\% \times 32.0 + 3.8\% \times 44.0 + 5.9\% \times 18.0 = 28.6$$

$$(2) p(\text{CO}_2) = \frac{p_{\text{总}} \times V(\text{CO}_2)}{V_{\text{总}}} = \frac{101 \text{ kPa} \times 3.8}{100} = 3.8 \text{ kPa}$$

2.10 在27°C,将纯净干燥、体积比为1:2的氮气和氢气储于60.0 dm³容器中,混合气体总质量为64.0 g,求氮气与氢气的分压。

解 设容器中 $n(\text{N}_2) = x \text{ mol}$, 则 $n(\text{H}_2) = 2x \text{ mol}$, 于是

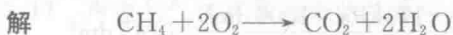
$$64.0 \text{ g} = x \text{ mol} \times 28.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 2x \text{ mol} \times 2.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$x = 2.00, \quad n(\text{N}_2) = 2.00 \text{ mol}, \quad n(\text{H}_2) = 4.00 \text{ mol}$$

$$p(\text{N}_2) = \frac{2.00 \text{ mol} \times 8.31 \text{ kPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{60.0 \text{ dm}^3} = 83.1 \text{ kPa}$$

$$p(\text{H}_2) = 166 \text{ kPa}$$

2.11 200 cm³ N₂ 和 CH₄ 的混合气与 400 cm³ O₂ 点燃起反应后,用干燥剂除去水分,干气的体积为 500 cm³。求原来混合气中 N₂ 和 CH₄ 的体积比(各气体体积都是在相同的温度、压力下测定的)。



反应式表明,除去水分后,体积由起始的3体积变成1体积,即减少的体积为起始 CH₄ 体积的2倍。现体积减少

$$\Delta V = (200 \text{ cm}^3 + 400 \text{ cm}^3) - 500 \text{ cm}^3 = 100 \text{ cm}^3$$

$$V(\text{CH}_4) = \frac{1}{2} \times 100 \text{ cm}^3 = 50.0 \text{ cm}^3, \quad V(\text{N}_2) = 200 \text{ cm}^3 - 50.0 \text{ cm}^3 = 150 \text{ cm}^3$$

$$V(\text{N}_2) : V(\text{CH}_4) = 3 : 1$$

2.12 45 cm³ CO、CH₄、C₂H₂ 的混合气体与 100 cm³ O₂ 完全燃烧并冷却到室温且干燥后,体积变为80 cm³;用 KOH 吸收 CO₂ 并干燥之后,体积缩减为 15 cm³。求原混合气中 CO、CH₄、C₂H₂ 的体积分数。

解 混合气中 CO、CH₄、C₂H₂ 完全燃烧后,产生 CO₂ 及消耗 O₂ 的体积列于下表中:

反应式	产生的 CO ₂ 的体积	消耗 O ₂ 的体积
$2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$	$V(\text{CO})$	$\frac{1}{2}V(\text{CO})$
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$V(\text{CH}_4)$	$2V(\text{CH}_4)$
$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$2V(\text{C}_2\text{H}_2)$	$\frac{5}{2}V(\text{C}_2\text{H}_2)$

$$\text{产生的 CO}_2 \text{ 的体积} = 80 \text{ cm}^3 - 15 \text{ cm}^3 = 65 \text{ cm}^3$$

$$\text{消耗的 O}_2 \text{ 的体积} = 100 \text{ cm}^3 - 15 \text{ cm}^3 = 85 \text{ cm}^3$$

$$\begin{cases} V(\text{CO}) + V(\text{CH}_4) + 2[45 \text{ cm}^3 - V(\text{CO}) - V(\text{CH}_4)] = 65 \text{ cm}^3 \\ \frac{1}{2}V(\text{CO}) + 2V(\text{CH}_4) + \frac{5}{2}[45 \text{ cm}^3 - V(\text{CO}) - V(\text{CH}_4)] = 85 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

解之,得

$$V(\text{CO}) = 10 \text{ cm}^3, \quad \varphi(\text{CO}) = 10 \text{ cm}^3 / 45 \text{ cm}^3 = 22\%$$

$$V(\text{CH}_4) = 15 \text{ cm}^3, \quad \varphi(\text{CH}_4) = 15 \text{ cm}^3 / 45 \text{ cm}^3 = 33\%$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 20 \text{ cm}^3, \quad \varphi(\text{C}_2\text{H}_2) = 20 \text{ cm}^3 / 45 \text{ cm}^3 = 44\%$$

2.13 在 57°C, 让空气通过水, 用排水集气法在 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下, 把气体收集在一个带活塞的瓶中。此时, 湿空气体积为 1.00 dm^3 。已知: 在 57°C, $p(\text{H}_2\text{O}) = 17 \text{ kPa}$; 在 10°C, $p(\text{H}_2\text{O}) = 1.2 \text{ kPa}$, 问:

- (1) 温度不变, 若压力降为 $5.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ 时, 该气体体积变为多少?
- (2) 温度不变, 若压力增为 $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时, 该气体体积又变为多少?
- (3) 压力不变, 若温度升高到 100°C, 该气体体积应是多少?
- (4) 压力不变, 若温度降为 10°C, 该气体体积应是多少?

解 (1) $V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{1.00 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1.00 \text{ dm}^3}{5.00 \times 10^4 \text{ Pa}} = 2.00 \text{ dm}^3$

(2) 57°C, $p(\text{H}_2\text{O}) = 17 \text{ kPa}$

$$p_2(\text{空气})V_2 = p_1(\text{空气})V_1, \quad V_2 = \frac{(100 - 17) \text{ kPa} \times 1.00 \text{ dm}^3}{(200 - 17) \text{ kPa}} = 0.45 \text{ dm}^3$$

(3) $V_2 = \frac{V_1 \times T_2}{T_1} = \frac{1.00 \text{ dm}^3 \times 373 \text{ K}}{330 \text{ K}} = 1.13 \text{ dm}^3$

(4) $\frac{p_2(\text{空气})V_2}{T_2} = \frac{p_1(\text{空气})V_1}{T_1}, \quad V_2 = \frac{(100 - 17) \text{ kPa} \times 1.00 \text{ dm}^3 \times 283 \text{ K}}{(100 - 1.2) \text{ kPa} \times 330 \text{ K}} = 0.72 \text{ dm}^3$

2.14 已知在 40°C 三氯甲烷(CHCl_3)的蒸气压为 49.3 kPa。若有 4.0 dm^3 干空气在 40°C、98.6 kPa 条件下缓慢通过三氯甲烷, 并收集之。试求:

- (1) 为 CHCl_3 所饱和的空气, 在该条件下的体积应是多少?
- (2) 这 4.0 dm^3 干空气带走多少克 CHCl_3 ?

解 (1) $n(\text{空气})$ 不变, $T = 313 \text{ K}$

$$p_1(\text{空气})V_1 = p_2(\text{空气})V_2$$

$$V_2 = \frac{98.6 \text{ kPa} \times 4.0 \text{ dm}^3}{98.6 \text{ kPa} - 49.3 \text{ kPa}} = 8.0 \text{ dm}^3$$