

科学版

大学化学习题精解系列

无机化学

习题精解

(上)

(第二版)

周井炎 李东风 吴映辉 编

- ◆ 简述基本概念与原理
- ◆ 精选国内外典型试题
- ◆ 传授解题思路与技巧
- ◆ 课程学习与考研复习的理想读物



科学出版社

www.sciencep.com

大学化学习题精解系列

无机化学习题精解(上)

(第二版)

周井炎 李东风 吴映辉 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为《大学化学习题精解系列》之一,是原《大学基础课化学类习题精解丛书》之《无机化学习题精解(上)》的第二版。

本书从国内外大量文献中精选出有代表性的习题,结合相关基础知识要点给出具体的解题思路和步骤,以达到强化知识结构、加深理解及熟练解题的目的。本书根据近几年的教学发展增补了新的知识点,强化了重点部分,进一步提高了教学适用性。

本书内容包括气体定律,相变、液态,溶液,化学热力学基础,化学反应速率,化学平衡,酸碱平衡和沉淀溶解平衡,原子结构,氧化还原与电化学,化学键和分子结构,配位化合物等共11章。

本书可作为综合性大学以及理工、师范、农林、医药等有关专业学生和硕士研究生备考者的参考用书,亦可供有关教师及分析化学工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学习题精解(上)/周井炎,李东风,吴映辉编. —2版. —北京:科学出版社,2005

(大学化学习题精解系列)

ISBN 7-03-013201-7

I. 无… II. ①周… ②李… ③吴… III. 无机化学-高等学校-解题 IV. O61-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 037980 号

责任编辑:王志欣 胡华强 吴寅泰 宛楠/责任校对:包志虹

责任印制:安春生/封面设计:陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1999年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005年1月第 二 版 印张:17

2005年1月第六次印刷 字数:321 000

印数:25 101—29 100

定价:20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

序

我国将开始全面实施《高等教育面向 21 世纪教育内容和课程体系改革计划》，按照新的专业方案，实现课程结构和教学内容的整合、优化，编写出版一批高水平、高质量的教材来。其目标就是转变教育思想，改革人才培养模式，实现教学内容、课程体系、教学方法和手段的现代化，形成和建立有中国特色高等教育的教学内容和课程体系。

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与实践，通过演算和思考，不仅能考查对知识的理解和运用程度，巩固书本知识，而且培养了科学的思维方法和解题能力。在学习中，若仅是为了完成作业、应付考试，或舍身于题海，则会徒然劳多益少，趣味索然。反之，若能直取主题，举一反三，便可收事半功倍之效，心旷神怡。

本套丛书共分 8 卷，是从大学主干基础课的四大化学：无机化学、有机化学、物理化学和分析化学等课程中精选得来，包括了综合性大学、高等院校理科和应用化学类本科生从一年级至四年级的基本知识和能力运算。各书每章在简明扼要的基本知识或主要公式后，针对性挑选系列练习题，对每题均给出解题思路、方法和步骤，使同学能加深对相关章节知识的理解和掌握，以及运用知识之灵活性，并便于读者随时翻阅，不致在解题过程中因噎废食，半途而废。

约请参加本套丛书编写的有北京大学、南京大学、武汉大学、华中科技大学和华中师范大学等长期在教学第一线从事基础教学和科学研究的教师们，他们积累有丰富的教学经验和科研成果，相得益彰，并且深入同学实际，循循善诱。不管教育内容和课程体系做如何的更动调整，集四大化学的精选题解都具有提纲挈领的功力，因其中筛选以千计的题条几囊括了化学类题海之精英，包含各类题型和不同层面的难度及其变化。融会贯通的结果将熟能生巧，并对其他“高、精、尖”难题迎刃而解。工欲善其事，必先利其器。历年来综合性大学、高等院校理科化学专业及应用化学专业本科生、研究生和出国留学人员的沙场战绩证明，本套丛书将是对他们十分有用并必备的学习工具。

我们对北京大学、南京大学、武汉大学、华中科技大学、华中师范大学和科学出

版社等有关领导给予的大力支持和积极帮助深表感谢。

鉴于首次组织著名大学的化学教授和专家们分别执写基础化学课目,虽经认真磋商和校核,仍难免存在错误和不妥之处,还望专家和读者们不吝赐教和指正,以便我们今后工作中加以改进,不胜感谢。

唐任寰

1999年5月于北京大学燕园

目 录

序

第一章 气体定律	1
(一) 概述	1
(二) 习题及解答	2
第二章 相变 液态	10
(一) 概述	10
(二) 习题及解答	10
第三章 溶液	17
(一) 概述	17
(二) 习题及解答	18
第四章 化学热力学基础	34
(一) 概述	34
(二) 习题及解答	36
第五章 化学反应速率	56
(一) 概述	56
(二) 习题及解答	57
第六章 化学平衡	79
(一) 概述	79
(二) 习题及解答	80
第七章 酸碱平衡和沉淀溶解平衡	99
(一) 概述	99
(二) 习题及解答	102
第八章 原子结构	137
(一) 概述	137
(二) 习题及解答	139
第九章 氧化还原与电化学	156
(一) 概述	156
(二) 习题及解答	159
第十章 化学键和分子结构	208
(一) 概述	208

(二) 习题及解答	209
第十一章 配位化合物	231
(一) 概述	231
(二) 习题及解答	237

第一章 气体定律

(一) 概 述

各种物质总是以一定的聚集状态存在的,通常有气态、液态和固态,称“物质三态”。当然,现在人们发现物质还有第四、第五态,例如等离子体,是物质的第四种状态。气体的基本特征是它的扩散性和可压缩性。所以气体本身既没有固定的体积又没有固定的形状,所谓气体的体积指的是它们所在容器的体积。

描述气体的状态时常用到四个物理量:物质的量 n , 体积 V , 压力 p 和热力学温度 T 。理想气体状态方程定量的描述了这四个物理量之间的关系,是本章的基础和重点:

$$pV = nRT$$

在不同的特定条件下,该方程有着不同的表达形式,各种表达形式有着不同的应用。

(1) n 一定时, p 、 V 、 T 改变,则有:

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

(2) n 、 T 一定时即为 Boyle 定律:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

(3) n 、 p 一定时即为 Charles 定律:

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

(4) T 、 p 一定时即为 Avogadro 定律:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

将 $n = \frac{m}{M}$ 或 $\rho = \frac{m}{V}$ 代入理想气体状态方程,则有:

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p}$$

利用上式不仅可以推算气体的密度,还可以计算气体的摩尔质量 M ,并由此推断其分子式。

理想气体与实际气体之间的偏差可以应用半经验性的 van der Waals 方程来

修正:

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

在理想气体状态方程基础上, Dalton 提出了气体分压定律, 即

$$p_i = \frac{n_i RT}{V}$$

$$p_{\text{总}} = \sum p_i \quad (p_i = \frac{n_i}{n_{\text{总}}} p_{\text{总}})$$

其中, 分压力等于在相同温度下, 组分气体单独占有与混合气体相同体积时所产生的压力。Dalton 分压定律是处理理想混合气体的基本定律, 也是处理与气体有关的化学平衡、反应速率等问题中经常应用的重要公式。

本章的另一个重点是气体分子运动论。其基本要点有: ①气体分子是很小的粒子, 彼此间的距离比分子的直径大许多, 分子本身的体积与气体占有的体积相比可忽略不计; ②气体分子以不同的速度在各个方向上处于永恒的无规则运动中。除了短暂的碰撞外, 气体分子间的相互作用很弱, 可忽略不计; ③气体分子间的碰撞和对器壁的碰撞是弹性碰撞, 碰撞时无能量的损失; ④气体分子的平均平动动能与热力学温度成正比。

气体分子运动论从微观对气体的宏观行为做了定量的描述。由此可推导出许多有意义的结论, 例如: 在相同条件下, 气体分子的运动速率与其摩尔质量成反比。

(二) 习题及解答

1-1 实际气体与理想气体更接近的条件是()。

(A) 高温高压 (B) 高温低压 (C) 低温高压 (D) 低温低压

解: B。主要因为真实气体之所以产生偏差是因为气体分子有体积且分子间有作用力, 高温及低压的条件下, 这两种因素的影响相应削弱。

1-2 22℃和 100.0kPa 下, 在水面上收集 100g H₂, 在此温度下水的蒸气压为 2.7kPa, 则 H₂ 的体积应为()。

(A) 1.26L (B) 2.45L (C) 12.6L (D) 24.5L

解: A。

1-3 10℃、101.3kPa 下, 在水面上收集到 1.5L 某气体, 则该气体的物质的量为(已知 10℃水的蒸气压为 1.2kPa)()。

(A) $6.4 \times 10^{-2} \text{mol}$ (B) $6.5 \times 10^{-2} \text{mol}$
(C) $1.3 \times 10^{-3} \text{mol}$ (D) $7.9 \times 10^{-4} \text{mol}$

解: A。

1-4 将 5.0L 压力为 200kPa 的 O_2 和 15.0L 压力为 100kPa 的 H_2 同时混合在 20L 的密闭容器中,在温度不变的条件下,混合气体的总压力为()。

- (A) 120kPa (B) 125kPa (C) 180kPa (D) 300kPa

解: B。由于温度保持不变,则 $p_{\text{总}} V_{\text{总}} = p_{H_2} V_{H_2} + p_{O_2} V_{O_2}$

由此
$$p_{\text{总}} = \frac{100 \times 15 + 200 \times 5}{20} = 125(\text{kPa})$$

1-5 在 1000℃ 和 98.7kPa 下,硫蒸气的密度为 $0.597\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,此时硫的分子式应为()。

- (A) S_8 (B) S_4 (C) S_2 (D) S

解: C。
$$M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{0.597 \times 8.314 \times 1273}{98.7} = 64(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

则 1 分子中硫原子的个数为 $64/32 = 2$,所以此时硫的分子式为 S_2 。

1-6 已知氯气的相对分子质量为 71,且臭氧与氯气的扩散速率的比值是 1.193。试求臭氧的分子式。

解: 已知 $\frac{V_{\text{臭氧}}}{V_{\text{Cl}_2}} = \sqrt{\frac{M_{\text{Cl}_2}}{M_{\text{臭氧}}}} = 1.193$, 所以

$$M_{\text{臭氧}} = \frac{M_{\text{Cl}_2}}{1.193^2} = \frac{71}{1.193^2} = 49.9$$

$49.9/16 \approx 3$, 则臭氧的分子式为 O_3 。

1-7 对于 A、B 两种气体的混合气体,下列公式中不正确的是()。

- (A) $p_{\text{总}} V_{\text{总}} = n_{\text{总}} RT$ (B) $p_A V_A = n_A RT$
(C) $p_{\text{总}} V_A = n_A RT$ (D) $M_{\text{混}} = \frac{\rho_{\text{混}} RT}{p_{\text{总}}}$

解: B。

1-8 一定体积的氢和氮混合气体,在 27℃ 时压力为 202kPa,加热使气体膨胀至原体积的 4 倍时,压力变为 101kPa。问(1)膨胀后混合气体的温度是多少?(2)若混合气体中 H_2 的质量分数是 25.0%,原始混合气体中 H_2 的分压是多少?(Ne 相对原子质量为 20.2)

解: (1) 混合气体状态改变时,物质的量没有改变,因而

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{202 \times V}{300} = \frac{101 \times 4V}{T_2}$$

则
$$T_2 = 600\text{K}$$

(2) 由于
$$n_{H_2} : n_{Ne} = \frac{25.0/2.0}{75/20.2} = 3.37$$

$$\text{则} \quad p_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{H}_2} + n_{\text{Ne}}} p = \frac{3.37}{3.37 + 1} \times 202 = 156(\text{kPa})$$

1-9 已知 57℃, 水饱和蒸气压为 17.3kPa, 将空气通过 57℃ 的水, 用排水法在 101.3kPa 下收集 1.0L 气体, (1) T 不变, 将气体加压至 202.6kPa, 求气体总体积; (2) 将此气体降温至 10℃, 总气体体积为多少? (10℃ 水的蒸气压为 1.226kPa)

$$\begin{aligned} \text{解: (1)} \quad p_{\text{空}} V &= p'_{\text{空}} V' \quad (V' \text{ 不包括水汽}) \\ (101.3 - 17.3) \times 1.0 &= (202.6 - 17.3) V' \\ V' &= 0.45\text{L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(2)} \quad \frac{pV}{T} &= \frac{p'V'}{T'} \quad (V' \text{ 不包括水汽}) \\ \frac{(101.3 - 17.3) \times 1.0}{330} &= \frac{(101.3 - 1.2) \times V'}{283} \\ V' &= 0.72\text{L} \end{aligned}$$

1-10 20℃, 1.0L 的反应器中装有 1489.48kPa 的 NH_3 , 加热至 350℃ 时, 在催化剂的作用下, NH_3 按下式分解: $\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2(\text{g})$ 。平衡时, 混合气体总压为 5066.25kPa, 试求 NH_3 的解离度 α 及平衡时各气体的分压。

解: 设 NH_3 解离前的物质的量为 n , 则平衡时 NH_3 的物质的量为 $n - \alpha n$, N_2 为 $\frac{1}{2} \alpha n$, H_2 为 $\frac{3}{2} \alpha n$ 。由题中所给条件, 由 $n = p_1 V / RT_1$ 即可求出 n ; 再由平衡时总压、温度、体积均已知, 可得 $n(1 + \alpha) = p_2 V / RT_2$ 从而求得 α , 进而求得各气体物质的量分数及分压。

$$\begin{aligned} n &= p_1 V / (RT_1) = (1489.84 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3}) / (8.314 \times 293) = 0.6116(\text{mol}) \\ n(1 + \alpha) &= p_2 V / (RT_2) = (5066.25 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3}) / (8.314 \times 623) \\ &= 0.9781(\text{mol}) \end{aligned}$$

$$\text{则} \quad \alpha = \frac{0.9781}{0.6111} - 1 = 0.6 \quad \text{即 } \alpha = 60\%$$

$$p_{\text{NH}_3} = \frac{n(1 - \alpha)}{n(1 + \alpha)} = \frac{1 - 0.6}{1 + 0.6} \times 5066.25 = 1266.56(\text{kPa})$$

$$p_{\text{N}_2} = \frac{\frac{1}{2} \alpha n}{n(1 + \alpha)} = \frac{0.6}{2(1 + 0.6)} \times 5066.25 = 949.92(\text{kPa})$$

$$p_{\text{H}_2} = 5066.25 - 1266.56 - 949.92 = 2849.77(\text{kPa})$$

1-11 N_2 储罐中温度为 227℃, 压力为 500kPa, H_2 罐温度为 27℃, 但不知压力。两罐以旋塞相连, 打开旋塞, 平衡后测得气体混合物温度为 400K, 总压力为 400kPa。试求混合前 H_2 之压力是多少?

解:由 $n_{\text{总}} = n_{\text{N}_2} + n_{\text{H}_2}, \quad n = pV/(RT)$

$$\text{则} \quad \frac{400 V_{\text{总}}}{400R} = \frac{500 V_{\text{N}_2}}{500R} + \frac{p_{\text{H}_2} V_{\text{H}_2}}{300R}$$

$$\text{即} \quad V_{\text{总}} = V_{\text{N}_2} + \frac{p_{\text{H}_2} V_{\text{H}_2}}{300}$$

$$\text{又} \quad V_{\text{总}} = V_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2}, \quad V_{\text{H}_2} = p_{\text{H}_2} V_{\text{H}_2}/300$$

$$\text{所以} \quad p_{\text{H}_2} = 300\text{kPa}$$

1-12 将等质量的 O_2 和 N_2 分别放在体积相等的 A、B 两个容器中,当温度相等时,下列说法正确的有()。

- (A) N_2 分子碰撞器壁的频率小于 O_2
- (B) N_2 的压力大于 O_2
- (C) O_2 分子的平均动能($\bar{E}_k$)大于 N_2
- (D) O_2 和 N_2 的速率分布图是相同的
- (E) O_2 和 N_2 的能量分布图是相同的

解: B、E。(A)不正确,因为 $v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$, $M_{\text{N}_2} < M_{\text{O}_2}$, 则 $v_{\text{N}_2} > v_{\text{O}_2}$ 。所以应该是 N_2 分子碰撞频率大。(C)不正确,因为分子平均动能 $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$, 温度相同时, $\bar{E}_k$ 相同。

1-13 范德华状态方程中, b 是实际气体分子自身的体积造成的()。

- (A) 体积增加的量
- (B) 体积减小的量
- (C) 体积减小的校正项系数
- (D) 体积增加的校正项系数

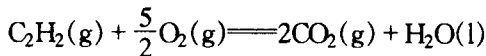
解: D。

1-14 在 25°C 时,取 1.0L 甲烷和乙炔的混合气体,测其压力为 8.4kPa,当此混合气体完全燃烧并除去水分后,所余 CO_2 在 25°C 和 1.0L 时的压力为 12.8kPa。计算混合气体中各组成气体的摩尔分数。

$$\text{解: } n_{\text{混合}} = n_{\text{CH}_4} + n_{\text{C}_2\text{H}_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{8.4 \times 1.0}{8.31 \times 298} = 0.0034(\text{mol})$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{pV}{RT} = \frac{12.8 \times 1.0}{8.314 \times 298} = 0.0052(\text{mol})$$

$$\text{由方程式: } \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$$



$$n_{\text{CO}_2}(\text{g}) = n_{\text{CH}_4}(\text{g}) + 2n_{\text{C}_2\text{H}_2}(\text{g}) = 0.0052(\text{mol})$$

$$\text{则} \quad n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 0.0052 - 0.0034 = 0.0018(\text{mol})$$

$$n_{\text{CH}_4} = 0.0034 - 0.0018 = 0.0016(\text{mol})$$

所以混合气体中 CH_4 的摩尔分数 $=0.0016/0.0034=0.47=47\%$

$$\text{C}_2\text{H}_2 \text{ 的摩尔分数} = 1 - 0.47 = 0.53 = 53\%$$

1-15 将 10g Zn 加入到 100cm^3 盐酸中,产生的 H_2 在 20°C 及 101.3kPa 下进行收集,体积为 2.0L ,问(1)气体干燥后,体积是多少? (20°C 饱和水的蒸气压力为 2.33kPa) (2)反应是 Zn 过量还是 HCl 过量?

$$\text{解: (1) } p_{\text{H}_2} = p_{\text{总}} \frac{V_{\text{H}_2}}{V_{\text{总}}} = 101.3 \times \frac{V_{\text{H}_2}}{2.0} = 101.3 - 2.33 = 98.97(\text{kPa})$$

解之得

$$V_{\text{H}_2} = 1.95\text{L}$$

$$(2) n_{\text{H}_2} = \frac{p_{\text{H}_2} V}{RT} = \frac{(101.3 - 2.33) \times 2.0}{8.314 \times 293} = 0.0813(\text{mol})$$

生成 0.0813mol H_2 需要 0.0813mol Zn, 即 5.32g Zn, 所以 Zn 过量。

1-16 在 25°C , 一个 50.0L 的密闭容器中充满 O_2 , 压力为 99.2kPa , 将 6.0g 乙烷注入该容器并加热, 待乙烷完全燃烧后, 问(1)当容器温度为 300°C 时, 气体的压力是多少? (2)待容器冷却至 90°C , 压力是多少? (已知 300°C 、 90°C 和 25°C 饱和水蒸气压分别为 8590.3kPa 、 70.0kPa 和 3.17kPa)

解: 燃烧方程式为: $2\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 7\text{O}_2(\text{g}) = 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2(\text{g})$

$$n_{\text{O}_2} = pV/RT = (99.2 \times 50.0)/(8.314 \times 298) = 2.00(\text{mol})$$

$$n_{\text{C}_2\text{H}_6} = 6.00/30 = 0.200(\text{mol})$$

C_2H_6 完全燃烧需要 O_2 为 $(7/2) \times 0.200 = 0.700(\text{mol})$

剩余 O_2 为 $2.00 - 0.700 = 1.30(\text{mol})$

生成 H_2O 为 $0.20 \times 3 = 0.60(\text{mol})$

生成 CO_2 为 $0.20 \times 2 = 0.40(\text{mol})$

(1) 当 $T = 573\text{K}$ 时, 若 H_2O 为气体

$$p = p_{\text{O}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}} + p_{\text{CO}_2} = \frac{(0.60 + 0.40 + 1.30) \times 8.314 \times 573}{50.0}$$

$$= 219(\text{kPa}) < 8590.3\text{kPa}$$

则假设合理。

(2) 当 $T = 363\text{K}$ 时, 若 H_2O 为气体

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}RT}{V} = 36.2\text{kPa} < 70.0\text{kPa}$$

则此时水全部气化。所以此时

$$p = \frac{p_1}{T_1} T = \frac{219}{573} \times 363 = 139(\text{kPa})$$

1-17 15°C, 101kPa 下, 将 2.00L 干燥空气徐徐通入 CS₂ 液体中, 通气前后称量 CS₂ 液体, 得知失重 3.01g, 求 CS₂ 液体在此温度下的饱和蒸气压。

解: 失去的 CS₂ 的物质的量为 $3.01/76.0 = 0.0396(\text{mol})$

干燥的空气的物质的量为 $(101 \times 2.00)/(8.314 \times 288) = 0.0844(\text{mol})$

则 CS₂ 在混合气体中的分压即为它的饱和蒸气压

$$p_{\text{CS}_2} = 101 \times \frac{0.0396}{0.0396 + 0.0844} = 32.3(\text{kPa})$$

1-18 将 50mL H₂S 与 60mL O₂ 在一定温度压力下混合, 然后按下式反应:



直到其中一个反应物全部耗尽, 并使体系恢复到反应前的条件, 则生成 SO₂ 的体积是()。

- (A) 40mL (B) 50mL (C) 60mL (D) 110mL

解: A。

1-19 在标准状态下, 气体 A 的密度为 0.09g/L, B 为 1.43g/L, 气体 A 对气体 B 的相对扩散速率为()。

- (A) 2:1 (B) 1.5:1 (C) 16:1 (D) 4:1

解: D。按 Graham 扩散定律, 对于气体 A 和 B:

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}} = \left(\frac{1.43}{0.09}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{4}{1}$$

1-20 扩散速率三倍于水蒸气的气体是()。

- (A) He (B) H₂ (C) CO₂ (D) CH₄

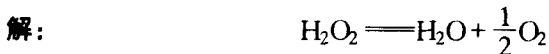
解: B。

1-21 估算太阳中心温度的方法之一是依据理想气体状态方程。若假定太阳中心气体的平均摩尔质量为 2.0g/mol, 压力为 $1.3 \times 10^{11} \text{ kPa}$, 相应密度为 $1.4 \times 10^3 \text{ g/L}$, 则太阳中心温度为()K。

- (A) 2.2×10^7 (B) 3.1×10^{10} (C) 1.1×10^7 (D) 1.6×10^{10}

解: A。

1-22 临床上有时利用静脉注射 H₂O₂ 水溶液以提供氧气来抢救呼吸道疾病患者或有害气体中毒者。若每次注射 0.3% H₂O₂ 溶液 300g, 问 H₂O₂ 完全分解后, 相当于在 27°C 和 96.3kPa 压力下吸入多少升空气?



则 $0.3\% \times 300 = 0.9\text{g}$ 的 H₂O₂ 可提供 $(0.9/34) \times (1/2) = 0.013(\text{mol})$ 的 O₂。

由 $pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{0.013 \times 8.314 \times 300}{96.3} = 0.34(\text{L})$

又已知 O_2 约占空气体积的 21%, 则 0.34L 氧气折合空气:

$$0.34/(21\%) = 1.6(L)$$

则相当于吸入 1.6L 空气。

1-23 有两个体积相同的球形容器, 内充 N_2 , 中间有连通管, 其体积可忽略不计。当把两球同时浸于沸水中, 球内压力为 101kPa。若将其中一个球仍浸在沸水中, 另一球浸入冰水中, 此时球内压力应是多少?

解: 设球的体积为 V , 当两球都在沸水中时

$$101 \times (2V) = nR \times 373 \quad (1)$$

若一球在沸水中, 另一球在冰水中, 两球平衡时压力为 p , 在沸水中有 $n_1 \text{ mol } N_2$, 而在冰水中有 $n_2 \text{ mol } N_2$, 则

$$n_1 + n_2 = n$$

$$n_1 \times 373 = n_2 \times 273$$

$$p(2V) = n_1 R \times 373 + n_2 R \times 273$$

$$= n_1 R \times 373 + n_1 R \times 373 = 2n_1 R \times 373 \quad (2)$$

式(1)除以式(2), 得

$$\frac{(1)}{(2)} = \frac{101}{p} = \frac{n}{2n_1} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{373}{273} \right) = 1.18$$

$$p = 85.6 \text{ kPa}$$

1-24 10.0L 干燥空气 (20°C , 101kPa) 缓慢地通过溴苯 (C_6H_5Br), 当溴苯质量减少 0.475g 时, 干燥空气即为溴苯饱和。求 20°C 溴苯 (相对分子质量 157) 的蒸气压。

$$\text{解: } n_{C_6H_5Br} = \frac{0.475}{157} = 3.03 \times 10^{-3} (\text{mol})$$

$$n_{\text{air}} = \frac{101 \times 10.0}{8.31 \times 293} = 0.415 (\text{mol})$$

$$p = 101 \times \frac{3.03 \times 10^{-3}}{3.03 \times 10^{-3} + 0.415} = 0.688 (\text{kPa})$$

1-25 298K 时, 0.100mol 液态苯在一个可通过提高活塞而改变体积的容器中蒸发 (饱和蒸气压为 12.3kPa), 求 (1) 体积增至多大时液体恰巧消失? (2) 当体积为 12.0L 和 30.0L 时苯的蒸气压分别为多少? (3) 100kPa 下, 4L 空气慢慢地鼓泡通过足量的苯中, 苯将损失多少?

解: (1) 因苯恰好全变为气体, 则可用理想气体状态方程计算气体的体积, 此时压力即为苯在 298K 时的饱和蒸气压:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p}$$

$$= \frac{0.100 \times 8.314 \times 298}{12.3} = 20.1(\text{L})$$

(2) 当体积为 $12.0\text{L} < 20.1\text{L}$ 时,说明还有液态苯存在,为气液共存状态,故此
时 $p = p_{\text{饱和}} = 12.3\text{kPa}$ 。

当体积为 $30.0\text{L} > 20.1\text{L}$ 时,苯将只以气体存在,故

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{0.100 \times 8.314 \times 298}{30.0} = 8.24(\text{kPa})$$

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

所以

$$p_{\text{空气}} = 100\text{kPa} - 12.3\text{kPa} = 87.7\text{kPa}$$

$$4\text{L 空气的体积变化为 } V = \frac{p_{\text{总}} \times 4}{p_{\text{空气}}} = \frac{100 \times 4}{87.7} = 4.56(\text{L})$$

该体积即为 100kPa 下混合气体体积,也就是苯蒸气的体积。由 $pV = nRT$ 有

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{12.3 \times 4.56 \times 78}{8.314 \times 298} = 1.77(\text{g})$$

1-26 将氨水与盐酸各 1 滴,分别放在 1m 长的玻璃管的两端, NH_3 气和 HCl 气各自向管内扩散。两种气体将在管中什么地方相遇而生成白色烟雾?

解:此题可根据两气体扩散速率与两物质摩尔质量的平方根成反比的关系求解。

$$\frac{v_{\text{NH}_3}}{v_{\text{HCl}}} = \frac{\sqrt{M_{\text{HCl}}}}{\sqrt{M_{\text{NH}_3}}} = \sqrt{\frac{36.5}{17.0}} = 1.47$$

设两气体相遇生成白烟的时间为 t 离 NH_3 一端距离为 $x\text{m}$,则

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{x}{t}; \quad V_{\text{HCl}} = \frac{1-x}{t}$$

$$\text{代入上式,则有} \quad \frac{V_{\text{NH}_3}}{V_{\text{HCl}}} = \frac{\frac{x}{t}}{\frac{1-x}{t}} = 1.47$$

解得

$$x = 0.60\text{m}$$

故两气体将在距 NH_3 一端 0.60m 处生成白烟。

(吴映辉)

第二章 相变 液态

(一) 概 述

液体也是一种流体,其可压缩性比气体差得多而略大于固体。液体分子做无规则运动,没有确定的位置,分子间的平均距离与气体相比小很多,而接近固体。即物质处于固、液、气三态时,其微观粒子间的距离是有差异的。

液体的特征与液体分子间的相互作用有关。液体分子靠得较近,相互作用较显著,足以使液体具有一定的体积,但还不能保持一定的形状。

应该注意的是,相与物质的状态不同。通常任何气体均可无限混合,所以系统内无论有多少种气体都只有一个气相;液相则按其互溶程度可以是一相、两相或多相共存。对于固体,如果系统中不同种固体达到了分子程度的均匀混合,即形成了“固溶体”,就是一个相,否则就有多个相。相变主要讨论气、固、液体三者之间的相互转化(如凝固、熔化、蒸发、沸腾、升华),以及三相之间的相平衡。相图是描述相变化的较为直观的表达法。

本章的习题多以基本概念的物理意义为基础,通过运用理想气体状态方程、分压定律等公式,来计算并判断某具体条件下物质的状态或分析容器的内压。

本章的基本概念主要有以下几点。

饱和蒸气压:气液平衡时蒸气的压力称为饱和蒸气压,常简称为蒸气压。它表示液体分子向外逸出的趋势,其大小取决于液体的本性而与液体的量无关。蒸气压总是随温度的升高而增大。

三相点:气-固-液三相同时共存的平衡状态点。

此外,根据已知条件,应用 Clapeyron-Clausius 方程,可推算液体的蒸发热 $\Delta_{\text{vap}}H$ 、其他温度下的蒸气压、正常沸点:

$$\lg \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta_{\text{vap}}H}{2.303R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_2 \times T_1} \right)$$

(二) 习题及解答

2-1 固态 SO_2 的蒸气压与温度的关系式为 $\lg p = 9.716 - 1871.2/T$; 液态 SO_2 的蒸气压与温度的关系式为 $\lg p = 7.443 - 1425.7/T$, 则 SO_2 在三相点的温度为 ___ K, 压力为 ___ kPa。