

中等专业学校教材

物理化学辅助训练

邬宪伟 周晓云 徐刚毅 编



HUAGONG

化学工业出版社

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

物理化学辅助训练/邬宪伟等编. -北京:化学工业出版社, 1995.9

中等专业学校教材

ISBN 7-5025-1573-9

I. 物… II. 邬… III. 物理化学-专业学校-教材 IV. 064

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 14004 号

中等专业学校教材
物理化学辅助训练
邬宪伟 周晓云 徐刚毅 编
责任编辑: 杨 菁
封面设计: 宫 历

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
购书咨询: (010) 64982530
(010) 64918013
购书传真: (010) 64982630
[http: //www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销
北京密云红光印刷厂印装
开本 850mm × 1168mm 1/32 印张 3 $\frac{3}{4}$ 字数 104 千字
1995 年 9 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 5 次印刷
ISBN 7-5025-1573-9/G · 402
定 价: 8.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

物理化学是化工类专业的重要基础课。其内容覆盖面广，且比较抽象。历来被视为教师难教、学生难学的课程。其主要原因在于大多数教材中的习题和例题偏重于计算题，对概念题的安排较少。而在考核过程中往往出现大量的概念题，使学生倍感生疏。根据多年的教学实践，我们体会到学好物理化学的关键不仅是要有好的教材和善于解惑的教师，更重要的是要有一套好的练习题。以引导学生理解概念，掌握重点，突破难点。

《物理化学辅助训练》是根据化工部基础化学 1988 年制定的教学大纲及 1991 年出版的相应教材而编写的。本书内容主要包括与教学内容相应的练习题和综合运用例题，以此补充教材中概念题之不足，帮助学生总结教材的核心内容；突破各章在概念和应用上的难点。

全书共分九章，所用的单位、符号和基本概念与教材一致。在每章的开头均列出一分布表，说明练习题与教学进程的关系，便于教师和学生使用。每章的内容分两部分：第一部分基础练习，全部为填空题，以巩固对基本概念的理解。第二部分为各章综述，包括三方面内容：基本概念，基本公式和基本方法。这部分内容可帮助学生复习本章所学内容，理清思路，抓住重点。基本概念和基本公式是本章内容的概括，基本公式中设计的填空题是为了引导学生复习公式的物理意义，从而完全掌握公式的运用；基本方法旨在突破本章的学习难点，以举例的形式展开解题的思路，指明解题的方法，并注意将物理化学的概念应用于化工生产实际。可作为习题课讨论的内容之一。

本书的前言，第二，三章由邬宪伟执笔，第四，五，六，八章由周晓云执笔，第一，七，九章由徐刚毅执笔，全书由邬宪伟统稿。

初稿完成后，由上海化工学校徐彬同志主审，广西南宁化校陈熙强，河北化校吴晓明，常州化校曹斌同志集体审稿。在审稿过程中，这些同志对本书提出了许多宝贵的意见和建议，在此致以衷心感谢。

编者

1994 年 10 月

目 录

前言	
第一章	气体..... 1
第二章	热力学第一定律..... 9
第三章	热力学第二定律 28
第四章	化学平衡 39
第五章	相平衡 51
第六章	溶液 61
第七章	电化学 74
第八章	表面现象和分散体系 90
第九章	化学动力学和催化作用 98

第一章 气 体

一、基 础 练 习

练习题序号	相对应的章节
1~8	第一节 理想气体状态方程
9~16	第二节 分压定律和分体积定律
17~20	第三节 真实气体
21~24	第四节 气体液化
25~28	第五节 压缩因子

1. 物质的气、液、固三种聚集状态取决于分子间距离和分子间作用力。分子间距离大小的顺序为____>____>____;分子间作用力强弱的顺序为____>____>____。

2. 对于低压气体,使 $p_1V_1 = p_2V_2$ 成立的条件是____和____。图 1-1 中 a, b, c 三条线称为____线,并且有 T_1 ____ T_2 ____ T_3 (>, = 或 <)。

3. 图 1-2 中气体恒压线在温度很低时,用虚线表示,这是因为_____。

4. 理想气体状态方程式实际上包括了三个气体定律,这三个定律是____、____和_____。

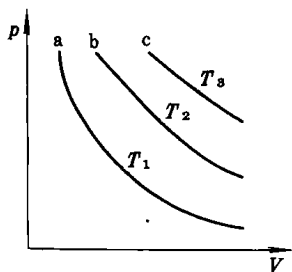


图 1-1 气体恒温线

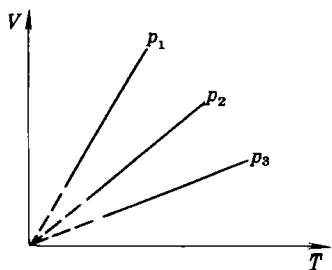


图 1-2 气体恒压线

5. 理想气体模型的基本特征是_____

_____。

6. 按照 SI 制理想气体状态方程式中各个量的单位为 p _____, V _____, T _____, 通用气体常数 R 的数值和单位分别为 _____, _____。

7. 理想气体状态方程式适用的条件是 _____, _____。

8. 理想气体状态方程式 $pV = nRT$, 没有涉及到化学组成。如要考虑到化学组成, 则可引入摩尔质量, 方程形式为 _____ 或 _____。

9. 分压的计算公式为 $p_i = \frac{n_i RT}{V}$, 式中 V 是指 _____, 式 $p_i = p y_i$ 中 p 是指 _____, y_i 是指 _____。

10. 分体积的计算公式 $V_i = \frac{n_i RT}{p}$ 或 $V_i = V y_i$, 式中 p 是指 _____, V 是指 _____。

11. 初始压力均为 101.3 kPa 的 1L 氮气和 1L 二氧化碳装入一抽空的 2500ml 的容器中, 如温度保持不变, 则 $p_{N_2} =$ _____ kPa, $p_{CO_2} =$ _____ kPa。

12. 两个容器, 中间装有一活塞。在左侧的容器装有氧气, 其温度、压力、体积分别为 200K, 303.9 kPa, 2L, 右侧装有氮气, 其温度、压力、体积分别为 600K, 911.7 kPa, 4L, 打开活塞使两种气体混合, 混合后气体温度为 400K, 则此时 $p_{O_2} =$ _____ kPa, $p_{N_2} =$ _____

kPa, $p_{\text{总}} = \underline{\hspace{1cm}}$ kPa。

13. 有 2L 湿空气, 压力为 101.3kPa, 其中水蒸气的分压为 12.33kPa, 假定干空气中 O_2 和 N_2 的体积分数依次为 21% 和 79%, 则 O_2 、 N_2 、水蒸气的分体积依次为 $\underline{\hspace{1cm}}$ L, $\underline{\hspace{1cm}}$ L, $\underline{\hspace{1cm}}$ L, O_2 、 N_2 在湿空气中的分压依次为 $\underline{\hspace{1cm}}$ kPa, $\underline{\hspace{1cm}}$ kPa。

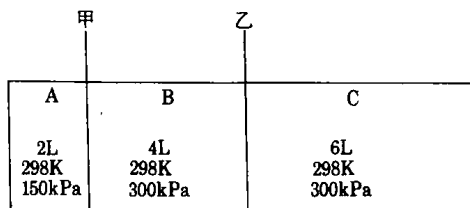


图 1-3 气体混合示意图

14. A、B、C 三种理想气体, 分别装在用甲、乙两块隔板分开的容器内。其温度、压力、体积如图 1-3 所示。若抽掉两块隔板(气体之间不发生化学反应)进行恒温混合, 待达到平衡后, $p_A = \underline{\hspace{1cm}}$ kPa, $p_B = \underline{\hspace{1cm}}$ kPa, $p_C = \underline{\hspace{1cm}}$ kPa, $p_{\text{总}} = \underline{\hspace{1cm}}$ kPa。

15. 气体混合物的压力分数、体积分数和摩尔分数三者是 $\underline{\hspace{1cm}}$ 的, 条件是 $\underline{\hspace{1cm}}$ 或 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

16. 黄铁矿(FeS_2)燃烧后的气体, 在 25°C , 101.3kPa 时测得各组分分压依次为 $p_{\text{SO}_2} = 7.09\text{kPa}$, $p_{\text{O}_2} = 11.14\text{kPa}$, $p_{\text{N}_2} = 82.05\text{kPa}$, 则该混合气体的平均摩尔质量 $\bar{M} = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

17. 真实气体对理想气体产生偏差的主要原因是: 真实气体 $\underline{\hspace{1cm}}$, $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

18. 范德华在 1881 年对理想气体状态方程式进行了修正, 提出了一个适用于实际气体的状态方程, 具体形式为 $\underline{\hspace{1cm}}$, 式中 $\frac{a}{V_m^2}$ 是考虑到 $\underline{\hspace{1cm}}$ 而引入的对 $\underline{\hspace{1cm}}$ 的校正项, 称为 $\underline{\hspace{1cm}}$, b 是由于 $\underline{\hspace{1cm}}$ 而引入的对 $\underline{\hspace{1cm}}$ 的校正项, 称为 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

19. 范德华方程式中 a 和 b 是与气体种类有关的物性常数, a 的单位是_____, b 的单位是_____。对于不同种类的气体, 通常 a 愈大, 表示_____愈大, 愈易_____, b 愈大则表示_____愈大。

20. 真实气体状态方程式众多, 其共同特征有两个方面(1)_____, (2)_____。

21. 真实气体液化的必要条件是_____, 充分条件是_____。

22. 物质处在临界点, 此时看不到气液的分界面, 可以说该状态既_____, _____。

23. 在 CO_2 恒温线图上, 出现水平线段, 它表明_____, 此时____和____都不变。

24. 在 CO_2 恒温线图上, 水平线段随温度上升而____, 表明饱和蒸气与饱和液体的性质随温度升高而_____。

25. 压缩因子 $Z = \frac{pV}{nRT}$, 如果 $Z > 1$, 表示真实气体比理想气体____压缩。

26. 压缩因子是_____的函数, 即可表示成 $Z = f(\text{_____})$ 。

27. 对于不同的气体, 如果 p_r 和 T_r 相同, 则 V_r _____, 这个实验结果称为_____。

28. 高压下混合气体体积的计算, 首先求出_____和_____, 再计算_____和_____, 最后从普遍化压缩因子图上求出_____, 根据公式_____求得体积。

二、本章综述

(一) 基本概念

1. 理想气体

理想气体是一个科学的抽象概念, 客观上并不存在理想气体, 它只能看作是真实气体在压力很低时的一种极限情况。它的特征(特性)是分子本身没有体积, 分子之间没有相互作用力。

2. 分压

混合气体中某组分单独存在时，具有与混合气体相同的体积和温度时所产生的压力。

道尔顿分压定律：混合气体的总压等于组成混合气体的各组分分压之和。

3. 分体积

混合气体中某组分 i 单独存在，并且与混合气体的温度、压力相同时所具有的体积，称为混合气体中组分 i 的分体积。

阿玛格分体积定律：混合气体的总体积等于组成混合气体各组分分体积之和。

4. 临界点

在真实气体 $p-V$ 图上，恒温线上的水平线段随温度上升而缩短，缩短到极限而形成了一个拐点。当温度高于拐点的温度时，气体只能压缩不能液化，拐点是实际气体的临界点，处于临界点的状态称为临界状态。当实际气体处于临界状态时，液态与气态的界面消失，温度高于临界点时，气体便不能液化。因而临界点的温度是实际气体能够液化的最高温度，称为临界温度；在临界温度下能使实际气体液化的最低压力称为临界压力；实际气体在其临界温度与临界压力下的体积称为临界体积。

5. 压缩因子

在相同的温度、压力和物质的量的条件下，真实气体的体积与理想气体的体积之比，表示真实气体偏离理想气体行为的程度。

6. 对比状态

各种气体在相同的对比压力和对比温度下，具有相同的对比体积时，称各种气体处于同一种对比状态。实验表明，当不同的物质具有相同的对比压力和对比温度时，即处于同一对比状态时，他们的一些物理性质如压缩因子、导热系数、比热容、粘度、扩散系数等，都具有简单的关系。

(二)基本公式

1. 理想气体状态方程式

$$pV = nRT$$

适用条件: _____

2. 分压的计算公式

$$p_i = \frac{n_i RT}{V} \text{ 或 } p_i = p y_i$$

适用条件: _____

3. 分体积的计算公式

$$V_i = \frac{n_i RT}{p} \text{ 或 } V_i = V y_i$$

适用条件: _____

4. 范德华方程式

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

适用条件: _____

5. 真实气体状态方程式(用压缩因子)

$$pV = ZnRT$$

适用条件: _____

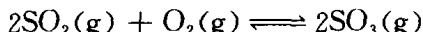
(三) 解题基本方法

压力分数、体积分数和摩尔分数有下列关系

$$\frac{p_i}{p} = \frac{V_i}{V} = \frac{n_i}{n} = y_i$$

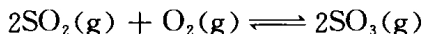
利用上式, 可以从一个能容易测定的量, 来求另一个不易直接测定的量。

例 1-1 将 1mol SO_2 和 1mol O_2 的混和物在 630°C 和 101.3kPa 下, 缓慢通过催化剂 V_2O_5 , 使之转化为 SO_3 , 反应式为



当反应达到平衡后, 对气体混合物加以分析, 测得剩余的氧气为 0.615mol , 求 630°C 时各组分的平衡分压。

解: 在实验时只能直接测得体系的总压, 而不能测得各组分的分压。所以可先求出平衡时各组分的物质的量和总的物质的量, 再利用上式, 就可以求得平衡时各组分的分压。



开始时物质

的量, mol 1 1 0

变化的物质

的量, mol -0.77 -0.385 0.77

平衡时物质

的量, mol 0.23 0.615 0.77

∴平衡时, $n_{\text{总}} = 0.23 + 0.615 + 0.77 = 1.615 \text{ (mol)}$

由 $\frac{p_i}{p} = \frac{n_i}{n}$ 得 $p_i = \frac{n_i}{n} p$

∴平衡时各组分的分压为

$$p_{\text{SO}_2} = \frac{0.23}{1.615} \times 101.3 = 14.43 \text{ (kPa)}$$

$$p_{\text{O}_2} = \frac{0.615}{1.615} \times 101.3 = 38.58 \text{ (kPa)}$$

$$p_{\text{SO}_3} = \frac{0.77}{1.615} \times 101.3 = 48.30 \text{ (kPa)}$$

例 1-2 水蒸气含量为 19.58% (体积百分数) 的某混合气体, 在 240℃ 时, 以流量为 $3877.5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (标准状态) 进入一气体冷却器, 气体被冷却至 50℃, 压力为 96.235 kPa。已知水在 50℃ 时的饱和蒸气压为 12.334 kPa, 求每小时在气体冷却器中冷凝的水量 (用 kg 表示)。

解: 因为经过气体冷却器以后, 有部分水蒸气冷凝成水, 所以气体的物质的量将发生变化, 故先进行物料衡算。

进冷却器各气体

$$n_{\text{总}} = 3877.5 \div 22.4 \times 10^{-3} = 173.1 \times 10^3 \text{ (mol} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

$$n_{\text{水蒸气}} = 173.1 \times 10^3 \times 19.58\% = 33.89 \times 10^3 \text{ (mol} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

$$n_{\text{干气体}} = 173.1 \times 10^3 - 33.89 \times 10^3 = 139.2 \times 10^3 \text{ (mol} \cdot \text{h}^{-1}\text{)}$$

设经过气体冷却器后, 仍留在气体中的水蒸气为 $n'_{\text{水蒸气}}$

出冷却器各气体

$$n'_{\text{总}} = n'_{\text{水蒸气}} + n_{\text{干气体}}$$

由 $\frac{n_i}{n} = \frac{p_i}{p}$ 关系式

得 $\frac{n'_{\text{水蒸气}}}{n'_{\text{水蒸气}} + n_{\text{干气体}}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{总}}}$

水的分压即为该温度时的饱和蒸气压

$$\frac{n'_{\text{水蒸气}}}{n'_{\text{水蒸气}} + 139.2 \times 10^3} = \frac{12.334}{96.235}$$

解得

$$n'_{\text{水蒸气}} = 20.46 \times 10^3 (\text{mol} \cdot \text{h}^{-1})$$

冷凝的水量为 $0.018 \times (33.89 \times 10^3 - 20.46 \times 10^3) = 241.7 (\text{kg} \cdot \text{h}^{-1})$

第二章 热力学第一定律

一、基础练习

练习题序号	相对应的章节
	第一节 基本概念
1~5	第二节 热力学第一定律
6~10	第三节 焓
	第四节 热容与显热的计算
11~14	第五节 可逆过程与最大功
15~18	第六节 热力学第一定律对理想气体的应用
19	第七节 热力学第一定律对相变过程的应用
	第八节 化学反应热效应
20~22	第九节 热化学方程
	第十节 盖斯定律
23~26	第十一节 生成热
	第十二节 燃烧热
27~30	第十三节 热效应与温度的关系

1. 工业生产中，通常用氧弹卡计来测量煤的热值，即每吨煤燃

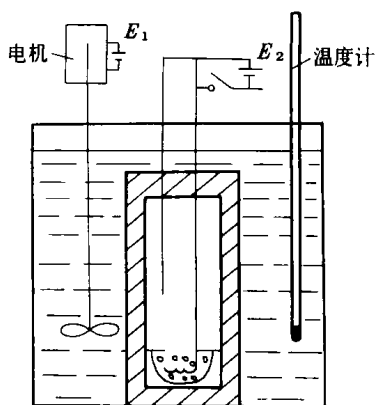


图 2-1 燃烧热测定示意图

烧产生的热量。如图 2-1 所示，在钢制氧弹中放入一定量的煤，充入 2.5~3.0MPa 的氧气。用通电的镍丝点燃后，煤完全燃烧放出热量，使水浴的温度升高。通过测量温度变化推算煤的热值。

(1) 若取弹体及内容物为体系，则在通电时体系为____体系， Q ____0(>, =, <), W ____0(>, =, <)。

(2) 仍取上述物质与空间为体系，在镍丝燃烧后，水浴温度仍在上升，则体系可视为____体系； Q ____0(>, =, <), W ____0(>, =, <)。

(3) 按(2)的条件，在一定时间后水浴温度不再变化，此时该体系可视为____体系。 Q ____0(>, =, <), W ____0(>, =, <)。

(4) 若取固体的煤作为体系，则在燃烧时体系为____体系； Q ____0(>, =, <), W ____0(>, =, <)。

(5) 若要求在煤的燃烧过程中，体系的 $\Delta U = 0$ ，则可以取_____为体系。

2. 通常我们以 n 表示物质的量， p 表示压力， T 表示温度， V 表示体积， U 表示体系的内能。这些都是状态函数。 V_1 表示在 1 状态的体积，下标 1 指状态的序号。试判断下列函数(H , Q , $C_{V,m}$, α , E , A)是否是状态函数，说明是容量还是强度性质。(k 表示常数)

是/否 容量/强度

(1) $H = U + p \cdot V$ _____ _____

(2) $Q = nR \cdot (T_2 - T_1)$ _____ _____

$$(3) C_{v,m} = \frac{1}{n} \cdot \frac{dU}{dT} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$(4) \alpha = \frac{p_1 V_1}{n_1} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$(5) E = U_2 - U_1 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$(6) A_2 = k \exp\left(-\frac{U_2}{RT_2}\right) \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

3. 一封闭体系, 从状态 A 变化到状态 B, 经历两条不同的途径, 如图 2-2 所示, 已知 $Q_2 > Q_1$, 则 W_2 ____ W_1 ($>$, $=$, $<$), $(Q_1 - Q_2) + (W_1 - W_2)$ ____ 0 ($>$, $=$, $<$)。

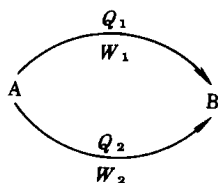


图 2-2 状态变化示意

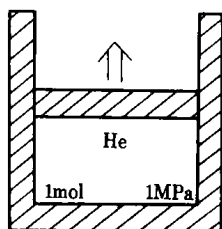


图 2-3 空气膨胀示意

4. 一绝热的气缸内装有 1mol 氦气, 压缩后压力达到 1MPa, 如图 2-3 所示。气体可视为理想气体, 忽略活塞的质量和阻力。

(1) 当外界压力为 100kPa 时膨胀 10^{-3}m^3 , 则

W ____ -1kJ ($>$, $=$, $<$), ΔT ____ 0 ($>$, $=$, $<$)。

(2) 当外界是真空时膨胀 10^{-3}m^3 , 则

$W =$ ____, ΔT ____ ($>$, $=$, $<$)。

(3) 想一想在情况(1)下 ΔT 应该为 ____ K。

5. 热力学第一定律以 $\Delta U = Q - p\Delta V$ 表示的必要条件是(1)

____ (2) ____ (3) ____。

6. 1mol 单原子理想气体, 初态为 101.3kPa, 300K, 经向真空膨胀达到终态 50kPa, 300K。则该理想气体的内能与焓的变化为 ΔU

___ 0, ΔH ___ 0(>, =, <)。若向真空膨胀的同时加热达到终态为 50kPa, 1300K。则该理想气体的内能与焓变化为 ΔU ___ 0, ΔH ___ 0(>, =, <)。

7. 同题 6, 该理想气体放在钢瓶内, 外面是真空, 当打开阀门时气体向真空膨胀, 若取钢瓶内的气体为体系则达到终态 50kPa, 300K 时, 内能与焓变为 ΔU ___ 0, ΔH ___ 0(>, =, <)。

8. 公式 $\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} nC_{p,m}dT$ 适用的条件是过程中(1)没有___; (2)没有___; (3)初终态___。

9. 加热理想气体使其发生相同的温度变化, 恒压加热比恒容加热能耗___(高, 低, 相同)。原因是 ΔH ___ ΔU (>, =, <); 进一步分析是 $C_{p,m}$ ___ $C_{v,m}$ (>, =, <)。

10. 如图 2-4 在室温下有一导热壁的容器, 上部装有一可移动

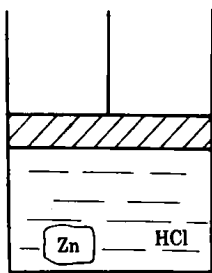


图 2-4 反应示意图

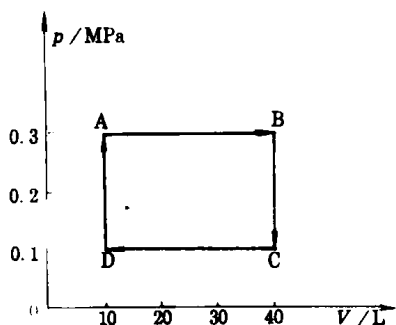


图 2-5 理想气体状态变化图

的活塞。若在容器中同时放入锌块及盐酸, 令其发生化学反应, 取容器内的物质为体系, 则该过程的

$$\left. \begin{array}{l} Q \text{ ___ } 0 \\ W \text{ ___ } 0 \\ \Delta U \text{ ___ } 0 \\ \Delta H \text{ ___ } 0 \end{array} \right\} (>, =, <)$$

11. 如图 2-5 所示, 一定量的理想气体从状态 A 开始, 经历四步