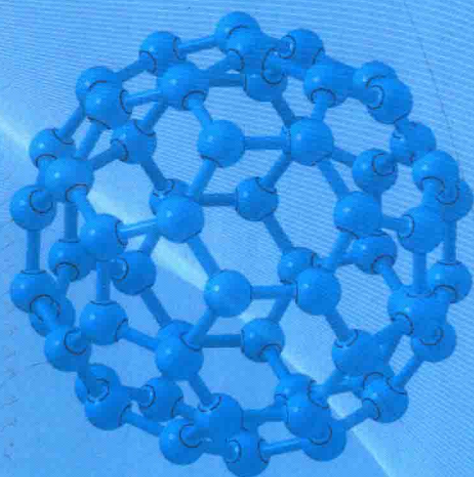


“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材

无机及分析化学 学习指导 (第三版)

胡先文 主编



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材

无机及分析化学学习指导

(第三版)

胡先文 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《无机及分析化学(第四版)》(王运等主编,2016年)配套的学习指导。全书章节顺序与教材基本一致,内容包括学习要求、重难点概要、例题和习题解析、练习题及参考答案。为了方便教学和满足农科学生参加各类考试的需要,本书精心编写了8套模拟试卷和8套研究生入学考试模拟试卷及参考答案。

本书可作为高等农林院校各专业本科生、专科生的课程辅导参考书,也可作为报考硕士研究生的考生进行强化训练的指导书。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学学习指导 / 胡先文主编. —3 版. —北京: 科学出版社, 2017.6

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材

ISBN 978-7-03-053793-5

I. ①无… II. ①胡… III. ①无机化学-高等学校-教学参考资料
②分析化学-高等学校-教学参考资料 IV. ①O61②O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 137507 号

责任编辑: 赵晓霞 / 责任校对: 何艳萍
责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 迷底书装

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>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 3 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2011 年 9 月第 二 版 印张: 20

2017 年 6 月第 三 版 字数: 500 000

2017 年 9 月第十二次印刷

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《无机及分析化学学习指导》

编写委员会

主 编 胡先文

副主编 陈朝晖 侯振雨 栾国有 李巧玲 曹 洋

阎 杰 李幼荣 李慧慧 吴方琼

编 委(按姓名汉语拼音排序)

曹 洋 陈朝晖 程志强 高慧玲 韩晓霞

侯振雨 胡先文 焦晨旭 景红霞 李慧慧

李巧玲 李幼荣 刘永红 栾国有 王 玲

王 运 吴方琼 阎 杰 杨晓迅

第三版前言

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《无机及分析化学(第四版)》(王运等主编, 2016年)配套的学习指导及硕士研究生入学考试参考书。

本书出版十年来, 为学生答疑解惑、提高学生自学能力, 受到广大读者的欢迎。为适应无机及分析化学课程建设与改革的需要, 编者在广泛调研的基础上, 融合国内八所高等学校教学改革与实践的成果对本书进行了修订, 使第三版更利于导学、助学。本书具有以下特点:

(1) 根据课程特点, 将概念与应用结合, 基础与提高结合。理论联系实际, 引导读者灵活运用基础知识, 学以致用, 分析解决实际问题。

(2) 注重自学能力培养, 启发读者多角度开放式思维。引导归纳总结, 做到举一反三, 适合自学。

(3) 结合理论教材和 MOOC 平台资源, 题型新颖, 内容丰富。研究生入学考试模拟试卷针对性强, 加强基础, 突出重点, 避免重复。

参加本次修订的有王运、胡先文、刘永红、李慧慧(绪论、第3章、第5章、第7章, 华中农业大学), 吴方琼、陈朝晖(第1章, 西南大学), 栾国有、程志强(第2章, 吉林农业大学), 韩晓霞、王玲、曹洋(第4章, 宁夏大学), 阎杰(第6章, 仲恺农业工程学院), 李巧玲、景红霞、焦晨旭(第8章, 中北大学), 侯振雨、杨晓迅、高慧玲(第9章、第10章, 河南科技学院), 李幼荣(第11章, 扬州大学)。

本书的修订得到了华中农业大学无机及分析化学课程组全体老师的大力支持, 得到了科学出版社赵晓霞等编辑的指导和帮助, 在此一并表示诚挚的感谢。

书中不妥与疏漏之处恳请同仁和读者批评指正。

编 者

2017年2月

第二版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《无机及分析化学》(第三版)(董元彦等主编)配套的学习指导,也可作为硕士研究生入学考试参考书。

本书自2006年出版以来,得到了广大读者的喜爱和欢迎,起到了答疑解惑、提高学生自学能力的作用。为适应新形势下无机及分析化学课程建设与改革的需要,编者在广泛调研的基础上,联合国内八所高校对本书进行了修订,各取所长,优势互补,在内容和结构等方面融合了多年教学改革与实践的成果,从而使修订后的《无机及分析化学学习指导》更贴近教师、贴近学生、贴近实际。本书具有以下特点。

(1) 增加基本内容框架图。引导读者自主归纳总结,提纲挈领,让点、线、面的知识系统地汇成立体网络结构。

(2) 以少而精、精而新为原则,将内容概要调整为重难点概要。努力做到削枝强干、加强基础、突出重点,既利于概览全貌,又利于把握重点。

(3) 修改、补充部分例题、练习题和考研模拟试题,使之紧扣课程教学大纲,采取理论与实际结合,概念与计算结合,基础与提高结合。引导读者灵活运用基础知识,达到触类旁通、举一反三的目的。

(4) 题型新颖,内容丰富,适于自学。注重对读者综合、类比、联想能力的培养,启发读者多角度开放式思维的形成。

参加本次修订的有张方钰、王运、董元彦、胡先文、刘永红、张新萍(绪论,第3、5、7、12章,华中农业大学),陈朝晖、吴方琼(第1章,西南大学),栾国有、程志强(第2章,吉林农业大学),李莉、韩晓霞、曹洋(第4、13章,宁夏大学),阎杰(第6章,仲恺农业工程学院),黄喜根、黄忠、吴东平(第8章,江西农业大学),侯振雨、陶建中、侯玉霞(第9、10章,河南科技学院)。

本书的修订得到了华中农业大学无机及分析化学课程组全体老师的大力支持,得到了科学出版社的指导和帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

书中不妥与疏漏之处恳请同仁和读者批评指正。

编 者

2011年5月

第一版前言

随着科学技术的飞速发展,学科前沿相互渗透。化学科学的基础知识和基本技能对 21 世纪农林院校的大学生是必不可少的,是大学生科学素质、创新精神和实践能力的重要组成部分。“无机及分析化学”是农林院校最重要的基础课程,该课程是在面向 21 世纪教学改革的进程中,由“普通化学”和“分析化学”整合而成,并在 21 世纪中国高等学校农林类专业数理化基础课程的创新与实践课题研究中加以修改和完善,避免了教学过程中的重复脱节现象,强化了理论与实际的结合,有利于加强对学生素质和能力的培养。

“无机及分析化学”课程内容广泛,理论性和应用性都很强,学生在学习中普遍感到困难。针对学生的困难和课程的特点,结合教师多年的教学经验,我们为农林院校“面向 21 世纪课程教材”《无机及分析化学》(第二版)(科学出版社,2005 年)编写这本配套使用的学习指导书。

本书明确地指出了农林院校对无机及分析化学课程的学习要求,概要地归纳了各章的主要内容,解答了教材中的全部习题,并从易到难列举了各种类型的例题,还提供了多种类型的练习题。为学习方便及满足考研究生复习的需要,本书还收集、整理了若干套模拟试卷,供学生参考。《无机及分析化学》(第二版)教材中的第 12 章“现代仪器分析简介”和第 13 章“元素选述”,在教学中一般由学生自学,本书略去有关这两章的内容。

参加本书编写的有张方钰(第 1, 4 章),董元彦(第 2, 3, 11 章),王运(第 5, 8 章),胡先文(第 6 章),刘永红(第 7 章)和张新萍(第 9, 10 章)。全书由董元彦、王运、张方钰定稿。由于编者水平所限,书中不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2005 年 10 月于武昌狮子山

目 录

第三版前言	
第二版前言	
第一版前言	
绪论	1
第 1 章 分散体系	10
第 2 章 化学热力学基础	28
第 3 章 化学反应速率和化学平衡	45
第 4 章 物质结构基础	66
第 5 章 化学分析	83
第 6 章 酸碱平衡和酸碱滴定法	101
第 7 章 沉淀溶解平衡和沉淀滴定法	123
第 8 章 配位平衡和配位滴定法	140
第 9 章 氧化还原平衡和氧化还原滴定法	164
第 10 章 电势分析法	193
第 11 章 吸光光度法	210
模拟试卷 I	221
模拟试卷 II	225
模拟试卷 III	228
模拟试卷 IV	233
模拟试卷 V	238
模拟试卷 VI	241
模拟试卷 VII	245
模拟试卷 VIII	249
研究生入学考试模拟试卷 I	253
研究生入学考试模拟试卷 II	256
研究生入学考试模拟试卷 III	259
研究生入学考试模拟试卷 IV	263
研究生入学考试模拟试卷 V	267
研究生入学考试模拟试卷 VI	271
研究生入学考试模拟试卷 VII	275
研究生入学考试模拟试卷 VIII	279
参考答案	283

绪 论

0.1 学 习 要 求

1. 了解化学的发展简史,了解什么是无机及分析化学,以及如何学习无机及分析化学。
2. 理解有效数字的概念,掌握有效数字的运算规则。
3. 了解理想气体的一些基本性质,掌握理想气体状态方程和道尔顿分压定律,熟悉气体分压、分体积的基本计算。

0.2 重难点概要

0.2.1 理想气体状态方程

1. 理想气体的定义

理想气体是指气体分子不占体积、没有相互作用力。规定:处于低压(低于数百千帕)高温(高于 273.15K)的实际气体可近似看作理想气体(注:在通常情况下,实际气体按理想气体处理即可,特别是无机及分析化学课程的学习更是如此)。

2. 理想气体状态方程

理想气体状态方程: $pV = nRT$, 还可写为下列形式

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \text{或} \quad pM = \rho RT$$

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

对于某气体从状态 1 过渡到状态 2, 有

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

如果是定压条件下, 则上式变为

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

如果是定容条件下, 则上式变为

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

如果是定温条件下, 则上式变为

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

以上可以看出, 无论公式的形式如何变化, 理想气体状态方程 $pV = nRT$ 是根本, 其他形

式的公式均由其推导而来。

3. 分压定律、分体积定律及相互关系

分压力：指某组分在同一温度下单独占有混合气体的容积时所产生的压力。也就是说混合气体中任一组分的分压力均是在同一温度、同一体积的条件下单独存在所表现的，因此各组分气体的分压力的加和即等于该混合气体的总压力。必须特别指出的是，无论是单一组分还是混合气体，它们所处的温度和占有的体积是相同的。

分体积：指某组分在一定温度和一定压力(总压力)下单独存在时所占据的体积。混合气体中任一组分的分体积是指在温度为 T 和总压为 p 时单独存在所表现的，各分体积的加和是混合气体的总体积。必须注意的是，无论是单一组分还是混合气体，它们所处的温度和压力是相同的。

根据分压定律：

$$p(i) = x(i) \cdot p(\text{总})$$

根据分体积定律：

$$V(i) = x(i) \cdot V(\text{总})$$

对于某体系中某组分气体， $x(i)$ 是相同的，则 $\frac{p(i)}{p(\text{总})} = \frac{V(i)}{V(\text{总})}$ ，根据此公式可以进行分体积和分压力的相互换算。

0.2.2 有效数字及其运算规则

有效数字就是实际上能测量到的数字，在这个数字中，只有最后一位是不确定的，其余各数都是确定的。测量值的有效数字位数与测量方法及所用仪器的准确度有关，因此有效数字不仅表示数值的大小，而且反映测量仪器的精确程度。

有效数字的修约规则是“四舍六入五留双”，即当尾数 ≤ 4 时则舍，当尾数 ≥ 6 时则入，当尾数等于5时，若“5”前面为偶数(包括零)则舍，为奇数则入，总之是保留偶数。对于分析测定中的数据，必须按照有效数字运算规则进行处理，使结果真正符合测量的准确度。

0.3 例题和习题解析

0.3.1 例题

【例题 0-1】 将 pH 分别为 1.07、0.07、0.007、0.70 换算为 H^+ 浓度，则相应的 $c(H^+)$ 分别为多少？

解 $c(H^+)$ 分别为 0.085、0.85、0.984、0.20 mol · L⁻¹。pH=1.07，其有效数字为两位，因此对应的浓度也保留两位有效数字；pH = 0.07，其有效数字同样有两位，此时，小数点后数字前面的“0”仍然是有效数字，因此对应的浓度也保留两位有效数字；pH=0.007，为三位有效数字，因此对应的浓度也保留三位有效数字；pH=0.70，为两位有效数字，即对数值数字后面的“0”同样为有效数字，因此对应的浓度也保留两位有效数字。

【例题 0-2】 $3.625+0.51$ 、 3.25×0.11 ，计算结果分别等于()。

A. 4.14、0.35

B. 4.14、0.36

C. 4.13、0.36

D. 4.13、0.35

解 有效数字运算, 应先一次修约到位再计算:

$$3.625 + 0.51 = 3.62 + 0.51 = 4.13$$

$$3.25 \times 0.11 = 3.2 \times 0.11 = 0.35$$

故答案 D 正确。

【例题 0-3】 利用分光光度法测定某肉制品中残留环境激素二氯苯酚的含量, 今称取样品 0.2312g, 经系列处理后测得二氯苯酚的质量为 1.2×10^{-3} g, 求该肉制品中二氯苯酚的含量。

解 $\frac{0.0012}{0.2312} \times 100\% = 0.52\%$, 结果保留两位有效数字, 因为二氯苯酚的质量测定值为两位有效数字, 假定二氯苯酚的质量测定值为三位有效数字(1.21×10^{-3} g), 因其含量小于 1%, 其结果仍然只能保留两位有效数字。

【例题 0-4】 在 27°C 、101.325kPa 下以排水集气法收集氢气 100mL, 该氢气的分压为多少? 已知 27°C 时水的饱和蒸气压为 3.565kPa。

解 根据道尔顿分压定律, 总压力等于各分压之和, 即 $p(\text{总}) = p(\text{H}_2) + p(\text{H}_2\text{O})$ 。

$$101.325 = p(\text{H}_2) + 3.565 \quad p(\text{O}_2) = 97.76\text{kPa}$$

【例题 0-5】 现有一个 6L、9MPa 的氧气储罐和另一个 12L、3MPa 的氮气储罐, 两个容器由活塞连接, 打开活塞待两种气体混合均匀后(设混合前后温度不变), 求此时氧气、氮气的分压力与分体积。



解 这是定温变化过程, 适合用公式 $p_1V_1 = p_2V_2$ 计算, 由于该过程变化后 N_2 、 O_2 的体积均膨胀到 18L。

$$\text{对于 } \text{O}_2: \quad 9 \times 6 = p(\text{O}_2) \times 18 \quad p(\text{O}_2) = 3\text{MPa}$$

$$\text{对于 } \text{N}_2: \quad 3 \times 12 = p(\text{N}_2) \times 18 \quad p(\text{N}_2) = 2\text{MPa}$$

又根据分压力和分体积之间的计算关系 $\frac{p(i)}{p(\text{总})} = \frac{V(i)}{V(\text{总})}$, 可以计算 N_2 、 O_2 的分体积为

$$V(\text{O}_2) = 10.8\text{L} \quad V(\text{N}_2) = 7.2\text{L}$$

0.3.2 习题解析

【习题 0-1】 处于室温一密闭容器内有水及与水相平衡的水蒸气。现充入不溶于水也不与水反应的气体, 则水蒸气的压力()。

A. 不变

B. 减少

C. 增加

D. 不能确定

答 答案 A 正确。

【习题 0-2】 25°C 时以排水集气法收集氧气于钢瓶中, 测得钢瓶压力为 150.5kPa, 已知 25°C 时水的饱和蒸气压为 3.2kPa, 则钢瓶中氧气的压力为()。

A. 147.3kPa

B. 153.7kPa

C. 150.5kPa

D. 101.325kPa

答 答案 A 正确。

【习题 0-3】 以加热驱除水分法测定 $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 中结晶水的含量时, 称取试样 0.2000g; 已知天平称量误差为 $\pm 0.1\text{mg}$, 分析结果的有效数字应取()。

- A. 一位 B. 四位 C. 两位 D. 三位

答 答案 D 正确。

【习题 0-4】 下列各数中, 有效数字位数为四位的是()。

- A. $c(\text{H}^+) = 0.0003\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $\text{pH} = 10.42$ C. $w(\text{MgO}) = 0.1996$ D. 4000

答 答案 C 正确。

【习题 0-5】 已知某溶液 $\text{pH} = 0.070$, 其氢离子浓度的正确值为()。

- A. $0.85\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $0.8511\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ C. $0.8\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $0.851\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

答 答案 D 正确。

【习题 0-6】 测得某种新合成的有机酸 $\text{p}K_{\text{a}}^{\ominus}$ 值为 12.35, 其 $K_{\text{a}}^{\ominus}$ 值应表示为()。

- A. 4.467×10^{-13} B. 4.47×10^{-13} C. 4.5×10^{-13} D. 4×10^{-13}

答 答案 C 正确。

【习题 0-7】 根据有效数字修约规则, 将下列数据修约为四位有效数字: 3.141 592 6, 0.517 49, 15.454 546, 0.378 502, 7.691 688, 2.362 568, 2.666 50, 2.655 50。

答 3.142, 0.5175, 15.45, 0.3785, 7.692, 2.362, 2.666, 2.656。

【习题 0-8】 在 298K、10.0L 的容器中含有 1.00mol N_2 和 3.00mol H_2 , 设气体为理想气体, 试求容器中的总压和两气体的分压。

答 根据 $pV = nRT$, 可求出总压力, $p \times 10.0 = (1.00 + 3.00) \times 8.314 \times 298$, 得 $p = 991.5\text{kPa}$ 。又根据 $p(i) = x(i) \cdot p$, 可以计算出 $p(\text{N}_2) = 247.9\text{kPa}$, $p(\text{H}_2) = 743.6\text{kPa}$ 。

【习题 0-9】 在 100kPa 和 20°C 时, 从水面上收集 28.40mL 的氢气, 干燥后氢气的体积是多少? 已知在 20°C 水的饱和蒸气压 $p(\text{H}_2\text{O}) = 2.33\text{kPa}$ 。

答 根据题意, $p(\text{H}_2) = 100 - 2.33 = 97.67\text{kPa}$, $\frac{p(\text{H}_2)}{p(\text{总})} = \frac{V(\text{H}_2)}{V(\text{总})}$, $V(\text{H}_2) = 27.74\text{mL}$ 。

【习题 0-10】 根据有效数字运算规则计算下列各值:

(1) $2.386 + 5.2 + 4.56$

(2) $0.0120 \times 25.25 \times 1.057\ 80$

(3) $\frac{3.10 \times 21.14 \times 5.10}{0.001\ 120}$

(4) $\frac{0.098\ 02 \times \frac{(21.12 - 13.40)}{1000} \times \frac{162.21}{3}}{1.4193}$

答 (1) $2.386 + 5.2 + 4.56 = 2.4 + 5.2 + 4.6 = 12.2$

(2) $0.0120 \times 25.25 \times 1.057\ 80 = 0.0120 \times 25.2 \times 1.06 = 0.320$

(3) 2.98×10^5

(4) 0.0288

0.4 练习题

0.4.1 简答题

1. 下列数据各包括了几位有效数字?

- (1) $w = 0.0330$ (2) $m = 10.030\text{g}$ (3) $c(\text{H}^+) = 0.01020\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (4) $K_{\text{a}}^{\ominus} = 8.7 \times 10^{-5}$
 (5) $\text{p}K_{\text{a}}^{\ominus} = 4.74$ (6) $\text{pH} = 10.00$ (7) 998 (8) 1000

2. 按有效数字规则修约下列数字, 要求保留四位有效数字。

- (1) 1.0235 (2) 1.0245 (3) 1.0246 (4) 0.012 585
 (5) 0.010 135 (6) 0.010 145 (7) 12.6549 (8) 12.6589

3. 将 $0.089\text{g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ 沉淀换算为 MgO 的质量, 计算时在下列换算因数($2\text{MgO}/\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$)中哪个数值较为合适: 0.3623, 0.362, 0.36? 计算结果应以几位有效数字报出?

4. 用返滴定法测定软锰矿中 MnO_2 的质量分数, 其结果按下式进行计算:

$$w(\text{MnO}_2) = \frac{\left(\frac{0.8000}{126.07} - 8.65 \times 0.1000 \times 10^{-3} \times \frac{5}{2} \right) \times 86.94}{0.5000} \times 100\%$$

测定结果应以几位有效数字报出?

5. 用加热挥发法测定 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 中结晶水的质量分数时, 使用万分之一的分析天平称样 0.5000g , 测定结果应以几位有效数字报出?

6. 两位分析者同时测定某一试样中硫的质量分数, 称取试样均为 3.5g , 分别报告结果是: 甲 0.042% , 0.041% ; 乙 $0.040\ 99\%$, $0.042\ 01\%$ 。哪一份报告是合理的, 为什么?

7. 数字中的“0”何时是有效数字? 何时不是有效数字?

8. 关于对数数值、非测定数字等有效数字的位数如何确定?

9. 有效数字的修约和结果的保留有哪些要求?

0.4.2 计算题

1. 按有效数字运算规则, 计算下列各式:

(1) $2.187 \times 0.854 + 9.6 \times 10^{-2} - 0.0326 \times 0.008\ 14$

(2) $\frac{0.010\ 12 \times (25.44 - 10.21) \times 26.962}{1.0045 \times 1000}$

(3) $\frac{9.82 \times 50.62}{0.005\ 164 \times 136.6}$

(4) $\text{pH} = 4.03$, 计算 H^+ 的浓度

(5) $213.64 + 4.4 + 0.324\ 42$

(6) $\frac{0.0982 \times (20.00 - 14.39) \times 162.206 / 3}{1.4182 \times 1000} \times 100$

2. 27°C 时在一密闭筒内, 盛有压力为 $1.00p^\ominus$ 的 N_2 0.823L , 如果在相同温度下气体的体积为 0.456L , 试求气体的压力(用 kPa 表示)。($p^\ominus = 100\text{kPa}$)

3. 有一科学家研究低温下 H_2 的性质, 取 $1p^\ominus$ 下 25°C 时 H_2 的体积 2.50L , 然后在等压下将 H_2 冷却到 -200°C , 这时 H_2 的体积为多少升?

4. 一气球内充以 10m^3 的 He , 其压力为 $p^\ominus$, 温度为 30°C 。将其升空到某个高度时, 高空压力为 $0.6p^\ominus$, 温度降低到 -20°C , (1)假设此气球在升空过程中, 气体内外的压力和温度总是很相近的, 此时 He 的体积为多少立方米? (2)计算欲充满此气球所需 He 的质量。

5. 试求 200K 、 100kPa 时 N_2 的密度。

6. 30°C 时把一个具有活塞的烧瓶抽成真空, 其质量为 134.567g , 再将此烧瓶充满水, 其

质量为 1067.9g, 若在 98.15kPa 下向瓶中充入气体, 则质量为 137.456g, 试求算此气体的摩尔质量。

7. 计数管的原料需要 0.95(物质的量分数)的丁烷(C_4H_{10})和 0.05 的氩气(Ar)所组成的混合气。今在一体积 40.0L 的钢瓶中, 在温度为 298K 下配制此混合气, 配制方法是先将钢瓶抽成真空, 再充以丁烷使瓶中压力达到 101.3kPa, 然后再加压充入氩气。试求: (1)要使混合气达到原料气的浓度要求, 应充入氩气多少千克? (2)最后瓶中压力为多大?

8. 有一含酸性组分 CO_2 的混合气体, 在常温下取样品气体 100mL, 经烧碱(NaOH)溶液吸收后, 在相同室温和常压下测得剩余气体的体积为 99.5mL, 此混合气中 CO_2 的物质的量分数为多大?

9. NO_2 冷却到室温时, 会按下式反应生成一种二聚体 N_2O_4 :



现将高温下的 15.2g NO_2 充入 10.0L 烧瓶, 将此烧瓶冷却到 25°C , 测得烧瓶中气体的总压力为 50.65kPa, 试求算 NO_2 和 N_2O_4 的分压和物质的量分数。

10. 某日白天的温度为 32°C , 气压为 98.37kPa, 空气湿度为 80%; 晚间温度为 20°C , 气压为 99.30kPa, 试求算在晚间将从空气中凝结出百分之几的露水。(已知 32°C 时水的饱和蒸气压为 4.80kPa、 20°C 时水的饱和蒸气压为 2.33kPa)

练习题参考答案

0.4.1 简答题

1. (1)三位; (2)五位; (3)四位; (4)两位; (5)两位; (6)两位; (7)不确定; (8)不确定。

2. (1)1.024; (2)1.024; (3)1.025; (4)0.012 58; (5)0.010 14; (6)0.010 14; (7)12.65; (8)12.66。

3. 0.36, 两位。

4. 四位。

5. 四位。

6. 甲的合理, 因为称量有效数字是两位。

7. 要理解这一问题, 关键是要认识有效数字的本质问题。有效数字是指实际能测量到的数字, 数字中间的“0”和数字后面的“0”是测量所得, 是有效数字, 数字前面的“0”不是测量所得, 因而不是有效数字, 仅用来定位。例如, 0.1020 中数字中间的“0”和末位的“0”都是有效数字, 而离解常数 0.000 018 中的前五个“0”是定位的, 不是有效数字, 为了避免混淆, 应当用 1.8×10^{-5} 的指数形式表示, 它是两位有效数字。

8. 对数数值(pH、pM、 $\text{p}K_a^\ominus$ 、 $\lg K^\ominus$ 等)的有效数字位数只取决于小数部分的位数, 整数部分只代表该数为 10 的多少次方, 起定位作用。例如, $\text{pH}=4.75$, 只有小数点后的“75”是有效数字, 因而该 pH 的有效数字是两位, 如将其换算为 H^+ 浓度, 则应表示为 $c(\text{H}^+)=1.8 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 保留两位有效数字, 即与原 pH 的有效数字保持一致。

计算式中的倍数、分数、指数或自然对数的底 e 等为非测量所得数字, 可视为无误差数字, 其有效数字的位数是无限的, 在计算时根据实际情况保留合适的有效数字位数。例如, 计算式 $\frac{\sqrt{2} \times 0.1025}{10\,000 \times 25.36 \times 10^{-3}}$, 其结果应保留四位有效数字, 在运算时, 分子中的 $\sqrt{2}$ 应取 1.414, 分母中的 10 000 可写作 1.000×10^4 。

9. 分析测试过程中, 由于对同一待测对象采取的测量方法和手段不同, 得到系列有效数字位数不同的数据, 在对结果进行处理时, 必须按有效数字运算规则进行修约, 修约的目的是简化计算过程, 确保计算结果的准确性, 因此要求必须先修约后计算。一般只要求对原始数据进行修约, 对于多步运算不能连续进行修约,

以避免产生修约误差。例如, $2.235+0.45$, 应修约为 $2.24+0.45=2.69$, 若直接相加后再修约其结果为 2.68 , 2.68 不是按有效数字运算规则求得的, 是无效的。又如, $1.0456 \times 0.688 \times 0.568$, 应先修约为 $1.04 \times 0.688 \times 0.568$, 再直接计算出结果, 中途不必修约, 其结果应为 0.406 。

对于一个分析对象, 往往会得到多个测定数据, 但计算结果保留有效数字的位数应以测量绝对误差最大的或有效数字最少的那个数字为准, 同时还应考虑所测组分含量的多少。例如, 称取某试样 0.426g , 用滴定法测定其含量, 消耗标准溶液体积 25.35mL , 某人处理结果得到两个值 13.45% 和 13.4% , 显然应取 13.4% , 与称量误差一致。又如, 称取 $0.2356\text{g K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ 试样, 分析其结晶水的含量, 有效数字应保留几位? 显然, 根据要求一般只保留三位有效数字, 因为水的理论含量在 10% 以下。对于相对误差、相对平均偏差、标准差等表示偏差或误差的, 由于其值本来就比较小, 因此有效数字的保留一般只要求保留一位, 最多保留两位。

0.4.2 计算题

1. (1) 1.97 ; (2) $0.004\ 139$; (3) 704.7 ; (4) $9.3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; (5) 218.3 ; (6) 2.10 。

2. 气体状态的变化是在等温下发生的, 故根据理想气体状态方程有

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$(1.00 \times 100) \times 0.823 = p_2 \times 0.456$$

$$p_2 = 180\text{kPa}$$

3. 由于此实验是在等压条件下进行, 故根据理想气体状态方程有

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \frac{2.50}{298.15} = \frac{V_2}{73.15}$$

$$V_2 = 0.613\text{L}$$

4. (1) 在气球中 He 的物质的量 n 是不变的, 因此可以用

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

$$V_2 = V_1 \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = 10 \times \frac{p^\ominus \times 253.15}{0.6 p^\ominus \times 303.15} = 14(\text{m}^3)$$

(2) 欲求算充气所需的 He 的质量, 可先用下式求算 He 的物质的量 n , 得

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{101\ 325 \times 10}{8.314 \times 303.15} = 402(\text{mol})$$

$$M(\text{He}) = 4.00\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = n \cdot M = 402 \times 4.00 = 1.61 \times 10^3(\text{g}) = 1.61(\text{kg})$$

5. 密度的定义是单位体积气体的质量, 即

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{nM}{V} \quad (\rho: \text{密度}; n: \text{物质的量}; M: \text{摩尔质量})$$

在此状态下的 N_2 看作理想气体, 则

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT} = \frac{28.0 \times 100}{8.314 \times 200} = 1.68(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$$

6. 首先要知道此烧瓶的体积

$$V = \frac{1067.9 - 134.567}{1.00} = 933.3(\text{mL})$$

未知气体的质量为

$$m = 137.456 - 134.567 = 2.889(\text{g})$$

此气体在瓶中的密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2.889}{933.3} = 3.095 \times 10^{-3} (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$$

$$M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{3.095 \times 8.314 \times 304.15}{98.15} = 79.7 (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

7. (1) 根据道尔顿分压定律 $p(i) = x(i) \cdot p(\text{总})$, 有

$$p(\text{C}_4\text{H}_{10}) = x(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot p(\text{总}) \quad p(\text{Ar}) = x(\text{Ar}) \cdot p(\text{总})$$

$$\frac{p(\text{C}_4\text{H}_{10})}{p(\text{Ar})} = \frac{x(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot p(\text{总})}{x(\text{Ar}) \cdot p(\text{总})} \quad \frac{101.3}{p(\text{Ar})} = \frac{0.95}{0.05}$$

$$p(\text{Ar}) = 5.33 \text{ kPa}$$

$$m(\text{Ar}) = \frac{pV M(\text{Ar})}{RT} = \frac{5.33 \times 40.0 \times 39.95}{8.314 \times 298} = 3.44 (\text{g})$$

(2) $p(\text{最后}) = p(\text{C}_4\text{H}_{10}) + p(\text{Ar}) = 101.3 + 5.33 = 106.6 (\text{kPa})$

8. 此混合气的总体积 $V(\text{总}) = 100 \text{ mL}$, 按分体积的概念, $V(\text{CO}_2)$ 应是 V 与其他组分气体分体积之差, 即

$$V(\text{CO}_2) = 100 - 99.5 = 0.5 (\text{mL})$$

由分体积定律可知

$$x(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{总})} = \frac{0.5}{100} = 0.005$$

9. 按分压定律, 在 25°C 反应平衡混合物中

$$p(\text{NO}_2) + p(\text{N}_2\text{O}_4) = 50.65 \text{ kPa}$$

即

$$n(\text{NO}_2) \frac{RT}{V} + n(\text{N}_2\text{O}_4) \frac{RT}{V} = 50.65 \text{ kPa}$$

$$n(\text{NO}_2) + n(\text{N}_2\text{O}_4) = 50.65 \times \frac{V}{RT} = 50.65 \times \frac{10.0}{8.314 \times 298.15} = 0.204 (\text{mol}) \quad (\text{a})$$

已知反应前起始 NO_2 的物质的量 $n(\text{NO}_2) = \frac{15.2}{46.01} = 0.330 (\text{mol})$, 而在反应前后 N 原子总的物质的量是不变的。则在 25°C 时, $n(\text{NO}_2)$ 和 $n(\text{N}_2\text{O}_4)$ 应有下列关系

$$n(\text{NO}_2) + 2n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.330 \text{ mol} \quad (\text{b})$$

将式(a)减去式(b)可得

$$n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.330 - 0.204 = 0.126 (\text{mol})$$

$$n(\text{NO}_2) = 0.204 - 0.126 = 0.078 (\text{mol})$$

$$x(\text{NO}_2) = \frac{n(\text{NO}_2)}{n(\text{NO}_2) + n(\text{N}_2\text{O}_4)} = 0.38$$

$$x(\text{N}_2\text{O}_4) = 1.00 - 0.38 = 0.62$$

$$p(\text{NO}_2) = p(\text{总}) \cdot x(\text{NO}_2) = 50.65 \times 0.38 = 19.25 (\text{kPa})$$

$$p(\text{N}_2\text{O}_4) = p(\text{总}) \cdot x(\text{N}_2\text{O}_4) = 50.65 \times 0.62 = 31.40 (\text{kPa})$$

10. 白天

$$p(\text{水汽}) = 4.80 \times 0.8 = 3.84 (\text{kPa})$$

$$p(\text{干空气}) = 98.37 - 3.84 = 94.53 (\text{kPa})$$

而由分压定律可知

$$\frac{n(\text{水汽})}{n(\text{干空气})} = \frac{p(\text{水汽})}{p(\text{干空气})} = \frac{3.84}{94.53} = 0.041$$

即白天每摩尔干空气中所含水汽的量为 0.04mol。

晚间

$$p'(\text{水汽}) = 2.33\text{kPa}$$

$$p'(\text{干空气}) = 99.30 - 2.33 = 96.97(\text{kPa})$$

$$\frac{n'(\text{水汽})}{n'(\text{干空气})} = \frac{p'(\text{水汽})}{p'(\text{干空气})} = \frac{2.33}{96.97} = 0.024$$

即晚间每摩尔干空气中所含水汽的量为 0.024mol，所以晚间从空气中凝结的水量占白天水汽的百分数为

$$\frac{0.041 - 0.024}{0.041} \times 100\% = \frac{0.017}{0.041} \times 100\% = 41\%$$