



高等学校理工类课程学习辅导丛书

无机化学简明教程 学习指南

配套《无机化学简明教程》

■ 天津大学无机化学教研室 编

■ 王兴尧 主编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



高等学校理工类课程学习辅导丛书

无机化学简明教程学习指南

WUJI HUAXUE JIANMING JIAOCHENG XUEXI ZHINAN

配套《无机化学简明教程》

■ 天津大学无机化学教研室 编

■ 王兴尧 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书为配合《无机化学简明教程》(天津大学无机化学教研室编)而编写的学习指南。

全书分四部分,包括无机化学课程基本要求和学习方法;思考题、习题解析;学习效果自我检测;无机化学若干专题。全书内容简明扼要、深浅适中,便于自学。

本书适于高等学校各专业学习无机化学课程(少学时)时使用,尤其是适用于工科化学工程与工艺专业。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学简明教程学习指南/王兴尧主编;天津大学无机化学教研室编. —北京:高等教育出版社,2011.8

ISBN 978-7-04-032704-5

I. ①无… II. ①王…②天… III. ①无机化学-高等学校-教学参考资料 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP数据核字(2011)第 098415 号

策划编辑 付春江

责任编辑 顾姚星

封面设计 于文燕

版式设计 马敬茹

插图绘制 尹 莉

责任校对 刘 莉

责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京市文林印务有限公司
开 本 787×1092 1/16
印 张 11.75
字 数 280 000
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2011 年 8 月第 1 版
印 次 2011 年 8 月第 1 次印刷
定 价 16.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 32704-00

前 言

为配合教育部化学工程与工艺(本科)专业认证工作的实施提供适应教学改革发展趋势的优质教学资源,我们编写了《无机化学简明教程》教材,本书《无机化学简明教程学习指南》为该教材学习的配套参考书。

本书由王兴尧主编,由杨宏孝审定。各部分内容、使用建议及编者如下。

第一部分:无机化学课程(少学时)基本要求和学习方法。由崔建中、杨宏孝编写。

该部分把各章内容学习要求划分为“了解”(或“学习”)、“理解”(或“熟悉”)、“掌握”(或“学会”、“能”)三个层次,并指出学习重点,作为教师教学选材的依据和学生自学、复习的指导。同时提示学生要把握好“课堂听课”、“课下复习”、“答疑、解惑”、“做实验”、“自主探索求知”等学习环节,并在了解课程特点基础上确定自己的学习策略。

第二部分:思考题、习题解析。第2、3、8、13、14章由颜秀茹编写,第1、4、5章由王兴尧编写,第10、11章由马亚鲁编写,第9、12章由李丹峰编写,第6、7章由王晓东编写。

考虑到培养学生自觉、主动学习的习惯和能力是高等教育的重要任务之一,我们提供思考题、习题的全部解析,有利于从低年级学生实行抽查、抽改作业向高年级学生实行自查、自改作业的教学方法过渡。

第三部分:学习效果自我检测。由王兴尧编写,颜秀茹参与修改工作。

考虑到使用简明教程的无机化学课程其课时一般在48~64学时之间,为此特设计三套学习效果检测题。这三套试题依甲、乙、丙顺序,其题量有所减少、难度有所降低。

第四部分:无机化学若干专题。六大专题分别为:4.1 近代酸碱理论,由崔建中编写。4.2 无机非水体系中的无机化学反应,由王建辉编写。4.3 近代配位化学,由崔建中编写。4.4 材料与无机化学,由王兴尧编写。4.5 生态环境与无机化学,由颜秀茹编写。4.6 绿色化学,由王兴尧编写。

该部分涉及近代化学理论和现代社会关注的化学热点问题,主要提供学时较多或学有余力的学生选读,以扩大知识面;后三个专题也为教师讲授元素化学时提供实例。

限于编者水平,纰漏之处,敬请读者指正。

编者
2010年8月

目 录

第一部分 无机化学课程基本要求和学习方法	1
1.1 无机化学课程的性质、地位和目的	1
1.2 无机化学课程学习的基本要求	1
1.3 把握好无机化学课程的几个学习环节	4
1.4 明了无机化学课程内容特点,确定学习策略	5
1.5 学习参考网站	6
第二部分 思考题、习题解析	9
第1章 化学反应中的质量关系和能量关系	9
第2章 化学反应的方向、速率和限度	16
第3章 酸碱反应和沉淀反应	25
第4章 氧化还原反应与应用电化学	37
第5章 原子结构与元素周期性	46
第6章 分子的结构与性质	50
第7章 固体的结构与性质	55
第8章 配合物的结构与性质	59
第9章 氢、稀有气体	69
第10章 碱金属和碱土金属元素	72
第11章 卤素和氧族元素	76
第12章 氮族、碳族和硼族元素	83
第13章 过渡元素(一)	91
第14章 过渡元素(二)	102
第三部分 学习效果自我检测	113
3.1 自我检测(甲)	114
3.2 自我检测(乙)	120
3.3 自我检测(丙)	125
第四部分 无机化学若干专题	131
4.1 近代酸碱理论	131
4.2 无机非水体系中的无机化学反应	138
4.3 近代配位化学	144
4.4 材料与无机化学	153
4.5 生态环境与无机化学	160
4.6 绿色化学	172

第一部分

无机化学课程基本要求和学习方法

1.1 无机化学课程的性质、地位和目的

无机化学是化学的一个分支,无机化学课程是高等学校化学、化工、药学、轻工、材料、纺织、环境、冶金、地质等专业的第一门化学基础课。本课程提供化学反应的基本原理、物质结构的基础理论、元素及其化合物的基本知识。其目的是培养学生具有独立获取无机化学知识和解决一般无机化学问题的能力,同时也为后继化学及其他课程的学习打好基础。因此它是培养上述各类专业技术人才的整体知识结构及能力结构的重要组成部分。

1.2 无机化学课程学习的基本要求

学习基本要求大体划分三个层次:“了解”(或“学习”)、“理解”(或“熟悉”)、“掌握”(或“学会”、“能”),这三个层次的要求依次提高(带“△”者为重点)。

第1章 化学反应中的质量关系和能量关系

1. 初步了解体系与环境、状态函数、热、功、热力学能的概念和化学计量数、反应进度、恒压反应热、焓变、标准摩尔生成焓的含义。

2. 熟悉热化学方程式的书写和赫斯定律的应用。

△3. 会应用热化学方程式和标准摩尔生成焓计算标准摩尔反应焓变。

第2章 化学反应的方向、速率和限度

1. 初步了解化学反应速率方程和以反应进度定义的反应速率的概念。

2. 能用活化能和活化分子的概念解释浓度、温度、催化剂对反应速率的影响。

3. 初步了解熵、吉布斯自由能的概念,熟悉 $\Delta_r G_m^\ominus$ 及 $\Delta_r G_m$ 的计算,会用 $\Delta_r G_m$ 判断反应的方向,以及由标准吉布斯自由能变计算标准平衡常数。

△4. 深刻理解化学平衡的概念、平衡常数的意义,掌握化学平衡移动的规律,能用平衡常数计算平衡体系各组分的浓度(或分压),以及转化率、产率等。

第3章 酸碱反应和沉淀反应

1. 熟悉溶液的酸碱性、pH、弱电解质的解离平衡与解离度、稀释定律、盐的水解、同离子效应、缓冲溶液、溶解-沉淀平衡、溶度积规则等内容。

△2. 会计算一元弱酸、碱的解离平衡组成(含同离子效应的pH计算)。

△3. 会用溶度积规则判断沉淀的产生、溶解、分步沉淀、沉淀的转化及有关计算。

第4章 氧化还原反应与应用电化学

1. 了解氧化数的概念,初步会用氧化数法和离子电子法配平氧化还原反应式。

2. 了解原电池的构成及表示方法。熟悉氧化还原平衡和理解电极电势的概念,能通过计算说明分压、浓度(含酸度)对电极电势的影响。

△3. 会用电极电势来判断氧化剂(或还原剂)的相对强弱,计算原电池的电动势。会用 $\Delta_r G_m$ 、 E 判断氧化还原反应进行的方向。

4. 熟悉元素的标准电极电势图的应用。

5. 一般了解电池、电解、电镀、金属腐蚀与防腐的原理及应用。

第5章 原子结构与元素周期性

1. 一般了解原子轨道、波函数、概率、概率密度、电子云等概念。初步熟悉波函数、电子云的角度分布图。

2. 了解四个量子数对核外电子运动状态的描述,电子层、亚层、能级、能级组的含义。

△3. 基本掌握原子核外电子排布原理及一般规律,了解各区元素原子电子层结构的特征。

4. 了解电离能、电子亲和能、电负性及主要氧化数的周期性变化。

第6章 分子的结构与性质

1. 能从价键理论理解共价键的形成、特性(方向性、饱和性)和类型(σ 键、 π 键)。

△2. 熟悉杂化轨道理论,掌握分子几何构型与杂化轨道类型的对应关系。

3. 了解键参数、离子键及键型过渡的概念。

4. 初步熟悉分子轨道理论及应用。

5. 熟悉分子间力、氢键、分子极化及其对物质性质的影响。

第7章 固体的结构与性质

1. 了解晶体、非晶体的概念。一般了解晶体内部结构及实际晶体的缺陷。

△2. 初步掌握不同类型晶体(离子、原子、分子、金属晶体,混合型晶体)的结构特征及其与物质性质的关系。

3. 熟悉三种最简单离子晶体的结构类型。了解晶格能对离子化合物熔点、硬度的影响。

4. 了解离子极化的概念,并理解离子极化对物质性质的影响。

第8章 配位化合物

1. 了解配合物的基本概念。配位化合物的组成和命名。

2. 熟悉配合物的价键理论,并能用来说明配合物的空间构型、稳定性和磁性。

△3. 基本掌握配位平衡、稳定常数及有关计算。

4. 了解螯合物的概念和配合物的应用。

第9章 氢、稀有气体

1. 一般了解元素的分类、存在形态。

2. 熟悉单质的制备方法。
- △3. 掌握氢的制备、性质和用途。
4. 了解稀有气体的性质和用途。

第10章 碱金属和碱土金属元素

1. 了解碱金属和碱土金属的通性。
2. 熟悉碱金属和碱土金属的重要反应,氧化物、氢化物的类型与性质。
- △3. 掌握碱金属和碱土金属氢氧化物的性质及其递变规律。
4. 了解碱金属和碱土金属盐类的热稳定性及溶解性。熟悉几种重要盐类的性质及用途。
5. 了解锂和铍的特殊性。
6. 熟悉 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 的鉴定。

第11章 卤素和氧族元素

1. 了解卤素的通性和氟的特殊性,熟悉卤素单质的制备和性质,卤素氧化性和卤素离子还原性的递变规律。
- △2. 掌握卤化氢的制备和性质(还原性、热稳定性,氢卤酸的酸性)。
3. 了解卤化物的溶解性及一般制备方法。
- △4. 掌握氯的含氧酸(次氯酸、氯酸、高氯酸)及其盐(NaClO 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 、 KClO_3 、 KClO_4)的性质及其递变规律和制备方法。溴和碘的含氧酸及其盐性质的递变规律。
5. 熟悉 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的鉴定。
6. 了解氧族元素的通性。
7. 了解氧气、臭氧的结构和性质。
- △8. 掌握过氧化氢的性质、制备和用途,并了解过氧化氢的结构。
9. 熟悉硫化氢和多硫化物的性质。
10. 熟悉金属硫化物在水中的溶解情况及其分类。
- △11. 掌握硫的含氧酸(亚硫酸、硫酸、焦硫酸、硫代硫酸)及其盐的结构、性质、用途。了解硫酸、硫酸根的结构。
12. 熟悉 S^{2-} 、 SO_3^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_4^{2-} 的鉴定。

第12章 氮族、碳族和硼族元素

1. 了解氮族元素的通性。
2. 熟悉氨和铵盐的性质。
- △3. 掌握硝酸、亚硝酸及其盐的性质。了解硝酸和硝酸根的结构。
4. 了解磷的含氧酸的类型,熟悉卤化磷和磷酸及其盐的性质。
5. 熟悉砷、锑、铋的氧化物及其水合物的酸碱性和氧化还原性(及其变化规律)。
6. 熟悉砷、锑、铋的硫化物。了解砷、锑的硫代酸盐及其性质。
7. 熟悉 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 Bi^{3+} 的鉴定。
8. 了解碳族元素的通性和碳单质的结构与性质。
- △9. 掌握碳、硅的氧化物、含氧酸及其盐的性质。
10. 了解单质硅、硅烷、卤化硅及硅酸盐。
11. 了解铝、锡、铅的氧化物及其水合物的碱性(及变化规律)。

△12. 掌握锡(Ⅱ)的还原性和铅(Ⅳ)的氧化性。

13. 熟悉锡、铅的硫化物,了解锡的硫酸盐的性质。

14. 熟悉乙硼烷的结构和性质。

15. 熟悉三氯化铝的结构和性质,铝盐的性质。了解矾的概念。

16. 了解对角线规则。

17. 熟悉 CO_3^{2-} 、 SiO_3^{2-} 、 Sn^{2+} 、 Pb^{2+} 的鉴定。

第13章 过渡元素(一)

1. 了解过渡元素的通性。

2. 熟悉钛金属的性质、用途。了解钛、钒重要化合物的性质。

3. 了解铬族元素单质的性质。熟悉Cr(Ⅲ)和Cr(Ⅵ)重要化合物的性质,其中重点要掌握Cr(Ⅲ)化合物的还原性,Cr(Ⅵ)化合物的氧化性,重金属铬酸盐的难溶性, CrO_4^{2-} 和 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的相互转变。

4. 了解金属锰的性质及用途。锰的重要化合物的性质,其中重点要掌握Mn(Ⅱ)、Mn(Ⅳ)、Mn(Ⅵ)、Mn(Ⅶ)重要化合物的化学性质和各氧化态锰之间相互转化关系。

5. 掌握铁、钴、镍的M(Ⅱ)、M(Ⅲ)氧化态化合物的稳定性变化规律,以及这些化合物性质的差异。熟悉铁、钴、镍重要配合物。

6. 熟悉 CrO_4^{2-} 、 Cr^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 的鉴定。

第14章 过渡元素(二)

1. 了解铜族和锌族元素的通性。了解铜、银、金、锌、汞的性质及用途。

2. 熟悉铜、银的重要化合物的性质,其中重点掌握卤化银的难溶性、感光性,硝酸银的不稳定性,银镜反应, Cu(Ⅱ) 与 Cu(Ⅰ) 的相互转化,铜、银离子的配位性。

3. 熟悉锌、汞的重要化合物的性质,其中重点掌握 Hg(Ⅱ) 与 Hg(Ⅰ) 的相互转化,锌、汞离子的配位性。

4. 熟悉 Cu^{2+} 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 的鉴定。

5. 了解镧系元素的通性,尤其镧系收缩现象。

6. 了解镧系元素重要化合物的性质。

7. 熟悉稀土元素的资源、提取及应用。

8. 了解化工“三废”治理方法。

9. 了解绿色化学的基本概念。

1.3 把握好无机化学课程的几个学习环节

无机化学课程与许多课程类似,有若干个相同的学习环节。

1.3.1 课堂听讲

课堂听讲是学生学习的主要形式。

1. 课前预习。课前争取快速浏览将要讲到的内容,以提高听课的主动性和目的性,提高听课的质量。

2. 集中注意力听课,并随着老师的思路积极思维。

3. 学会有重点的快速记笔记。

大学教材“厚”,内容多,信息量大;难度较高;讲课进度比中学快得多,甚至跳跃式进行;有些内容是教师个人的心得体会和研究成果,是在教材里找不到的内容,这就要求边听课边快速记笔记,把教师讲到的主要内容重点记下来,疑惑之处标上记号。

1.3.2 课下复习

课下要及时复习,复习时以笔记为提纲,详细阅读教材,快速阅读参考书,尽量消化吸收课堂所学内容。然后通过思考题、习题,检验、巩固学习效果。

1.3.3 答疑、解惑

大学有些教学内容课上无法完全讲透彻,教材中由于篇幅的限制不可能所有内容都写全面是常有的事;有些内容甚至课上不讲而要求学生通过自学去掌握的也不罕见。经过个人努力仍有疑惑之处,应在规定答疑时间、地点主动找老师答疑,千万不要把问题积成堆,拖到期末考试前再找老师。

1.3.4 独立完成化学实验

化学是一门以实验为基础的自然科学。通过实验加深对理论、概念、定律、规律的理解;对化学现象的观察,对化学知识的认知;掌握化学实验基本方法及操作;培养科学研究的能力和素养。只看懂化学书本知识而不会做化学实验者,既解决不了实际问题,更谈不上探索未知。为此,要充分重视、认真做好化学实验。

课前要认真做好预习报告。课上仔细听教师指导,严格遵照教师提示认真操作;仔细观察实验现象,记录数据,处理实验报告;培养严肃认真的科学精神和严谨求实的工作作风。

1.3.5 自主探索求知

对于自己感兴趣的或搞不清楚的化学问题,通过查阅参考书、文献资料、工具书、上网等方法主动求索,甚至设计实验方案,争取老师指导、获准到开放实验室进行实验。把学习心得、体会、见解写成读书报告、小论文,以培养独立获取知识和技能的初步能力。

1.4 明了无机化学课程内容特点,确定学习策略

以上提及的学习环节,对不少课程都有普适性,但是每门课程也许还有其特殊性。

无机化学课程体系包含四部分内容:

化学反应原理及规律—物质结构理论及知识—元素化学的知识—化学实践

这四部分内容又可以归纳为:理论—知识—实践。“理论”应侧重于理解及其应用;“知识”在理解的基础上侧重于记忆;“实践”侧重于实验。这就是所谓“理解—记忆—实验”并重的学习策略。显然,理解有利于记忆,记忆又会加深理解。实验可以验证理论,加深、巩固记忆,培养技能和素养,探索新知识、新理论。可见三者相辅相成。

1.4.1 理论应侧重于理解及其应用

化学反应原理部分是以化学反应为主线展开的,包括化学反应中的质量和能量关系;化学反应的方向、速率及限度;几大类典型反应(酸碱、沉淀、氧化还原以及配合反应),从宏观角度,以能量的观点来描述化学反应的变化。物质结构部分则从微观的角度,以静电作用力为主线(如化学键、氢键、分子间力),应用价键理论、分子轨道理论、晶体场理论和静电模型来描述原子、原子团、离子、分子之间结合力所组成物质的几何构型,以及结构与性能之间的关系。

本课程介绍的“理论、规律”应用面最广或应用频率最高的大致有热化学反应方向的判据,

化学平衡及其移动的原理、计算,元素周期律,软硬酸碱规则,静电模型。例如,静电模型普遍适用于阐述无机化学反应现象、过程,诸如原子的电离、加合,化学键的形成、断裂,键型过渡,分子的形成,分子间的力;沉淀的形成、溶解,晶体的形成、破坏,镧系收缩; $R-O-H$ 酸碱性变迁,价层电子对互斥;分子极化、离子极化,晶体场的分裂等,其实质都是静电的吸引和排斥。

但是,必须明确无机化学课程的主体内容是无机物的组成、结构、性质、制备及应用,介绍理论的主要目的是为学习元素化学服务的,同时也为后继课程奠定基础。因此,对某些理论的引入采取“为我所用,够用就行”的原则,如与热力学、动力学、量子力学等有关内容只作粗浅介绍,严格控制深广度,但求准确,不片面追求严格、全面。化学理论将在后继课程——物理化学课程中系统、深入、全面地介绍。

1.4.2 “元素知识”侧重于记忆

元素知识丰富多彩、浩如烟海,对初学者来说,常有庞杂、零乱、琐碎、难记之感。解决的办法如下。

1. 明确基本要求,突出重点去学习、记忆,这对庞杂的内容能起“减肥消肿”的作用。
2. 以无机物性质为核心,以元素周期表导航,纵横联系,对比同族元素的共性与个性;观察同族元素和同周期元素性质的递变规律。让知识系统化、结构化,便于记忆及应用。
3. 学习、运用记忆规律,探索元素化学记忆方法。
 - (1) 培养兴趣,增强记忆;
 - (2) “有意记忆”与“无意记忆”并用;
 - (3) “意义记忆”与“机械记忆”并重;
 - (4) 强化首次感知,重视实验环节;
 - (5) 课堂集中注意力听课;
 - (6) 及时复习,减少遗忘,避免记忆干扰。

就课程学习而言,记忆性的内容应越少越好。但是,对于将来要从事某学科、某专业工作者来说,总有一些必须要记住的基本内容,因为那将成为他(她)终身事业知识结构的组成部分。

1.4.3 化学实践侧重于实验

学习化学的实践活动包括阅读化学专业参考书,查阅化学专业文献、书刊,参观化学研究室、化工厂,化学兴趣小组活动,化学论文报告会和化学实验等,但是应该侧重于做好化学实验。

总之,学习有法,但无定法,勇于创造,贵在得法。

1.5 学习参考网站

1.5.1 无机化学国家级精品课程网站

课程名称	学校	课程负责人	网址(建议在校园网下打开)
无机化学	吉林大学	宋天佑	http://59.72.0.99/software/net/wjhx/inorchem/index.htm
无机化学	天津大学	崔建中	http://jpk.tju.edu.cn/ http://202.113.13.85/wjhx/index.htm
无机化学及实验	大连理工大学	孟长功	http://netclass.dlut.edu.cn/ http://inorchem.dlut.edu.cn/
化学概论	南开大学	车云霞	http://202.113.21.85/jpke.htm

1.5.2 网上教学资源

网站名称	网址
高等学校化学教学资源库	http://210.34.15.8/
中国高校化学化工课程网	http://chem.cncourse.com/chemical/indexdefault?
全国高等学校教学研究中心	http://www.crct.edu.cn/
化学元素周期表	http://www.zdic.net/appendix/f7.htm
化学教育网	http://www.huaxue.com.cn/
化学学科网	http://hx.zxxxk.cn/
教学资源网(化学工业出版社)	http://www.cipedu.com.cn;7091/wwwedu/index.jsp
化学世界(Chemistry World)	http://www.rsc.org/chemistryworld/
美国化学会	http://pubs.acs.org/
英国皇家化学会	http://www.rsc.org/

第二部分

思考题、习题解析

第 1 章 化学反应中的质量关系和能量关系

思考题解析

1. 一气柜如下图所示:

		A
$\text{N}_2(2\text{L})$		$\text{CO}_2(1\text{L})$

假设隔板(A)两侧 N_2 和 CO_2 的 T 、 p 相同。试问:

(1) 隔板两边气体物质的量是否相等? 浓度是否相等?

(2) 抽掉隔板(假设不影响气体体积和气柜密闭性)后,气柜内的 T 和 p 是否会改变? N_2 、 CO_2 的物质的量和浓度是否会改变?

解:(1) 物质的量不等而浓度相等。

(2) T 、 p 不变, N_2 、 CO_2 的物质的量不变, 体积改变, 所以浓度会改变。

2. 标准状况与标准态有何不同?

解:标准状况指气体在 273.15 K 和 101 325 Pa 下的理想气体状态。

气体的标准态是在标准压力($p^\ominus = 100 \text{ kPa}$)下的纯气体的状态;液体或固体的标准态是在标准压力下的纯液体或纯固体的状态。

3. 化学反应方程式的系数与化学计量数有何异同?

解:对某一化学反应方程式来说,化学反应方程式的系数与化学计量数的绝对值相同,但化

学反应方程式的系数为正值,而反应物的化学计量数为负值,生成物的化学计量数为正值。

4. 热力学能、热量、温度三者概念是否相同? 试说明之。

解:三者既有区别又有关联。

(1) 区别:热力学能(旧称内能)是体系内部所有质点及其运动所具有能量的总和,其绝对值难以确定,只有当体系始、终态改变,并与做功或热传递相联系时,才有数量(ΔU)上的意义。因此,它是一个状态函数,其改变量(ΔU)只决定于体系的始、终态,而与体系变化过程的具体途径无关。热量是体系和环境之间因温度的差异而交换或传递的能量,它跟热交换或传递过程紧密相连,不是状态函数。温度表示物体的冷热程度,它是一个状态函数。

(2) 热力学能与热量的关联:改变体系的热力学能有做功和热传递两种方式,而体系热力学能的改变却不一定有热量的交换或传递。

(3) 热力学能与温度的关联:体系热力学能的变化不一定引起体系温度的变化,而体系温度的变化一定会引起体系热力学能的变化。

(4) 热量与温度的关联:热量是热传递的数量;温度反映的是分子无规则运动的剧烈程度。当体系与环境间不存在温度差时,它们之间没有热交换或传递,也就谈不上“热量”。

5. 试用实例说明热和功都不是状态函数。

解:热量是热传递的能量,其大小与过程密切相关,是一个过程量,不是状态函数。体系与环境之间除热以外的其他能量传递形式统称为功,功和热一样,总是与体系变化途径相联系着,它也是一个过程量,不是状态函数。例如,下列化学反应体系:



当在烧杯中进行时,有热效应,体系不做功。但当用它构成原电池时,在恒温下原电池发生反应时,体系就对环境作电功,但却没有热的传递。显然,当上述两过程的始、终态相同时,过程的热和功是不同的,可见热和功都不是状态函数。

6. 判断下列各说法是否正确:

- (1) 热的物体比冷的物体含有更多的热量;
- (2) 甲物体的温度比乙物体高,表明甲物体的热力学能比乙物体大;
- (3) 物体的温度越高,则所含热量越多;
- (4) 热是一种传递中的能量;
- (5) 同一体系:
 - (a) 同一状态可能有多个热力学能值。
 - (b) 不同状态可能有相同的热力学能值。

解:(1) 错;(2) 错;(3) 错;(4) 对;(5) (a) 错,(b) 对。

7. 判断下列各过程中,哪个的 ΔU 最大:

- (1) 体系放出了 60 kJ 热,并对环境做了 40 kJ 功;
- (2) 体系吸收了 60 kJ 热,环境对体系做了 40 kJ 功;
- (3) 体系吸收了 40 kJ 热,并对环境做了 60 kJ 功;
- (4) 体系放出了 40 kJ 热,环境对体系做了 60 kJ 功;

解:根据 $\Delta U = Q + W$, 计算:

- (1) $\Delta U = -60 \text{ kJ} + (-40 \text{ kJ}) = -100 \text{ kJ}$;
- (2) $\Delta U = +60 \text{ kJ} + 40 \text{ kJ} = +100 \text{ kJ}$

(3) $\Delta U = +40 \text{ kJ} + (-60 \text{ kJ}) = -20 \text{ kJ}$; (4) $\Delta U = -40 \text{ kJ} + 60 \text{ kJ} = +20 \text{ kJ}$,

计算可知:(2) 过程的 ΔU 最大。

8. 下列各说法是否正确?

- (1) 体系的焓等于等压反应热;
- (2) 体系的焓等于体系的热量;
- (3) 体系的焓变等于等压反应热;
- (4) 最稳定单质的焓值等于零;
- (5) 最稳定单质的生成焓值等于零;
- (6) 最稳定的纯态单质的标准生成焓等于零;
- (7) 由于 CaCO_3 分解是吸热的, 所以它的标准摩尔生成焓为负值;
- (8) 由于反应焓变的单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以热化学方程式的化学计量数不影响反应的焓变值。

解:(1) 错;(2) 错;(3) 对;(4) 错;(5) 错;(6) 对;(7) 错;(8) 错。

9. 下列纯态单质中, 哪些单质的标准摩尔生成焓不等于零:

- (1) 金刚石; (2) O_3 (臭氧); (3) $\text{Br}_2(\text{l})$; (4) $\text{Fe}(\text{s})$; (5) $\text{Hg}(\text{g})$; (6) 石墨

解:(1)、(2)、(5)。

10. 在一标准态下 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 为下列哪个反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 值?

(1) $\text{C}(\text{金刚石}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$;

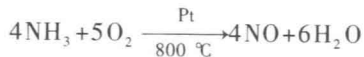
(2) $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$;

(3) $\text{C}(\text{石墨}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$

解:(3)。

习题解析

1. 制备硝酸(HNO_3)的反应如下:



试计算每消耗 1.00 t 氨气可制取多少吨硝酸?

解: 根据反应式, 得出: $n(\text{NH}_3) : n(\text{HNO}_3) = 1 : \frac{2}{3}$,

设可制取 x t 硝酸, 则

$$\frac{1.00 \times 10^6 \text{ g}}{17.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} : \frac{x \times 10^6 \text{ g}}{63.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{1}{\frac{2}{3}}, \quad x = 2.47$$

即每消耗 1.00 t 氨气可制取 2.47 t 硝酸。

2. 在容积为 10.0 L 的真空钢瓶内充入氯气, 当温度为 298.15 K 时, 测得瓶内气体的压力为

$1.0 \times 10^7 \text{ Pa}$, 试计算钢瓶内氯气的质量。

解: 根据 $pV = nRT = \frac{mRT}{M}$, 得

$$m = \frac{MpV}{RT} = \frac{(2 \times 35.453) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.0 \times 10^7 \text{ Pa} \times 10.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}} = 2.9 \times 10^3 \text{ g}$$

3. 一氧气的容积是 32 L, 其中氧气的压力为 $13.2 \times 10^3 \text{ kPa}$ 。规定瓶内氧气压力降至 $1.01 \times 10^3 \text{ kPa}$ 时就要充氧气, 以防混入别的气体。今有实验设备每天需用 101.325 kPa 氧气 400 L, 问一瓶氧气能用几天。

解: 一瓶氧气可用氧气物质的量为 $n_1 = \frac{(p - p_1)V_1}{RT}$

每天需用氧气的物质的量为 $n_2 = \frac{p_2 V_2}{RT}$

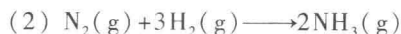
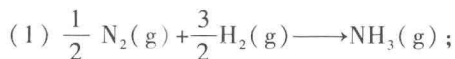
一瓶氧气可用的天数为

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{(p - p_1)V_1}{P_2 V_2} = \frac{(13.2 \times 10^3 - 1.01 \times 10^3) \text{ kPa} \times 32 \text{ L}}{101.325 \text{ kPa} \times 400 \text{ L} \cdot \text{d}^{-1}} = 9.6 \text{ d}$$

4. 一个容积为 21.2 L 的氧气缸安装有在 $24.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下能自动打开的安全阀, 冬季时曾灌入 624 g 氧气。夏季某天阀门突然自动打开了, 试问该天气温达多少摄氏度?

解: $T = \frac{pV}{nR} = \frac{MpV}{mR} = \frac{32.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 24.3 \times 10^5 \text{ Pa} \times 21.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{624 \text{ g} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} = 318 \text{ K} = 44.9 \text{ }^\circ\text{C}$

5. 设有 10 mol $\text{N}_2(\text{g})$ 和 20 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 在合成氨装置中混合, 反应后有 5.0 mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 生成, 试分别按下列反应方程式中各物质的化学计量数 (ν_{B}) 和物质的量的变化 (Δn_{B}), 计算反应进度并作出结论。



解: (1) $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{NH}_3(\text{g})$

反应前 n/mol 10 20 0

反应后 n/mol 10-2.5 20-7.5 5.0

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{N}_2)} \Delta n(\text{N}_2) = \frac{1}{\left(-\frac{1}{2}\right)} \times (-2.5) \text{ mol} = 5.0 \text{ mol}$$

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{H}_2)} \Delta n(\text{H}_2) = \frac{1}{\left(-\frac{3}{2}\right)} \times (-7.5) \text{ mol} = 5.0 \text{ mol}$$

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{NH}_3)} \Delta n(\text{NH}_3) = \frac{1}{1} \times 5.0 \text{ mol} = 5.0 \text{ mol}$$

$$(2) \quad \xi = \frac{1}{\nu(\text{N}_2)} \Delta n(\text{N}_2) = \frac{1}{(-1)} \times (-2.5) \text{ mol} = 2.5 \text{ mol}$$

$$\xi = \frac{1}{\nu(\text{H}_2)} \Delta n(\text{H}_2) = \frac{1}{(-3)} \times (-7.5) \text{ mol} = 2.5 \text{ mol}$$