

无机及分析化学学习指导

主 编 杨正亮 张院民

副 主 编 龚 宁 王海强

参编人员 李荣华 单丽伟 孙西宁

赵 冉 郑胜礼

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学学习指导/杨正亮,张院民主编. —杨凌:西北农林科技大学出版社,
2006

ISBN 7-81092-295-5

I. 无… II. ①杨… ②张… 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. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 118656 号

无机及分析化学学习指导

杨正亮 张院民 主编

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编: 712100
电 话	总编室: 029—87093105	发行部: 87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	西安华新彩印有限责任公司	
版 次	2006 年 10 月第 1 版	
印 次	2006 年 10 月第 1 次	
开 本	787 mm×1092 mm	1/16
印 张	5.75	
字 数	133 千字	
印 数	1—5,000 册	

ISBN 7-81092-295-5/O·4

定价: 8.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

前 言

《无机及分析化学》综合了原来《普通化学》和《分析化学》两门化学基础课程的内容,同时课时也进行了相应的压缩,所以使得该课程体现出学习时间较为紧促,内容繁多、章节独立、主次很难把握等特点。这就给学生学习这门课程带来了一定难度和困难,加之学习对象为大一新生,学习习惯处于转型阶段,学习难度无形中加大。所以,如何更好地学习这门课程就需要学生学习和掌握科学的学习方法,以保证学生能够在较短的时间内学好该门课程,为今后课程的学习打下坚实的化学基础。为此,编者根据自身的多年教学实践经验和往届学生的学习心得,整理和编辑了这本教学指导书,希望能够帮助学生更好地掌握本门课程。

由于本门课程是一门化学基础课程,包括了许多化学不同学科方面的基本概念和基础知识。因而所学的新概念、新名词和计算公式特别多,学生在短时间内接受会有一定难度,更不用说站在高点去鸟瞰知识的结构全局。为方便大家学习,我们特地把各章重要知识点罗列出来,希望能够“以点带面”,通过掌握各个知识点来学习相关化学知识,起到一个骨架的作用。并且把各个知识点划分为4个层次的“学习要求”,便于学生学习时自己把握对知识点的掌握程度。为使大家对课本中繁多的知识点和概念之间的联系有所了解和方便学习记忆,本书特地将每个章节的内容绘制成了结构图,使大家在学习时可以遵循相应的线索和规律进行理解和记忆,同时对课程的内容有个整体的概念和印象。另外,本书也收集了一些习题,书中涉及到的计算问题都是以帮助学生理解和掌握概念为出发点,目的是通过做习题能更好地掌握基本概念,最后通过概念理解和掌握更好地学习相关化学知识。

通俗地讲,本门课程既是学习化学知识的过程,也是学习有关化学发展历史的一个过程。“化学可以给人以知识,化学史可以给人以智慧。”化学概念与化学理论的形成和发展都有其实实验依据和历史背景。在客观真理发展的历史长河中,某一个阶段内人类的认识总有其相对性和局限性。因此,已经建立的化学理论又需要在科学与生产实践中不断地得到修正和完善。这个特点在第

四章的物质结构简介中体现的尤为突出和明显。

作为一门基础课程,必须说明的是本门课程的目的要求学生掌握化学学科各个方面的一些基本知识,本书每一章节实际就是一门独立的化学课程,学生应该通过学习了解各个方面化学知识,为以后的专业发展奠定坚实的化学基础。所以,编者建议在学习本门课程的过程中,首先要抱着一种“接受”、“领会”以及“掌握”的心态,只有如此,才能更快更好地学好这门课,以后才能深入。“力求入门,掌握基础”这是我们的学习目的。

最后,编者真诚希望大家能够借助本书的思路和指导顺利完成本门课程的学习,为将来的学习和工作奠定坚实的化学基础、培养出良好的学习习惯和思考方式。

编 者

2006 年 9 月

目 录

前言

第一章 溶液与胶体	1
一、学习提示	1
二、学习指导	1
三、内容框架图	3
四、难点解答	3
五、典型练习	5
第二章 化学反应的能量和方向	8
一、学习提示	8
二、学习指导	8
三、内容框架图	10
四、难点解答	10
五、典型练习	14
第三章 化学反应的速率和限度	16
一、学习提示	16
二、学习指导	16
三、内容框架图	17
四、难点解答	18
五、典型练习	19
第四章 物质结构简介	22
一、学习提示	22
二、学习指导	23
三、内容框架图	24
四、难点解答	25
五、典型练习	30
第五章 分析化学概论	33
一、学习提示	33
二、学习指导	33
三、内容框架图	34
四、难点解答	35
五、典型练习	35
第六章 酸碱平衡与酸碱滴定法	37
一、学习提示	37
二、学习指导	37

三、内容框架图	39
四、难点解答	40
五、典型练习	42
第七章 沉淀溶解平衡与沉淀滴定法	46
一、学习提示	46
二、学习指导	46
三、内容框架图	47
四、难点解答	47
五、典型练习	48
第八章 配位化合物与配位滴定法	50
一、学习提示	50
二、学习指导	50
三、内容框架图	52
四、难点解答	52
五、典型练习	54
第九章 氧化还原反应与氧化还原滴定法	57
一、学习提示	57
二、学习指导	57
三、内容框架图	59
四、难点解答	59
五、典型练习	61
第十章 电位分析与电导分析	64
一、学习提示	64
二、学习指导	64
三、内容框架图	65
四、难点解答	65
五、典型练习	66
第十一章 吸光光度分析法	67
一、学习提示	67
二、学习指导	67
三、内容框架图	68
四、难点解答	69
五、典型练习	69
附录	
1.《无机及分析化学》课程教学要求与考试范围	71
2.《无机及分析化学》课程考试题型介绍	76
3. 化学的分支学科简介	76
4. 本书常用符号	78
5. 本书常用常数	80
6. 四面体、八面体、三角双锥、二十面体手工模型制作	80

第一章 溶液与胶体

一、学习提示

本章初学时,感觉新概念较多,没有一条从头贯穿到尾的规律线索。实际上本章的内容是围绕分散系来组织的,本章是依照分散系中分散质粒子体积由小到大的顺序排列的,三种分散系将本章内容分为三大部分:溶液、胶体、粗分散系(乳状液)。

在第一部分——溶液,除介绍了常用的溶液浓度的表示方法和计算方法外,重点介绍了难挥发非电解质稀溶液的物理性质——依数性,重点把握其定义中与溶质的粒子数目相关这一关键点来理解概念和掌握依数性的计算规律。必须明白的一点是:沸点上升、凝固点下降、饱和蒸汽压下降和渗透压,这四点特征对于任何溶液与纯溶剂相比较都是存在的,唯一有普遍规律并可以计算的溶液是难挥发非电解质稀溶液。

另外一个需要重点学习掌握的主要内容就是另外一个特殊的分散系——溶胶的一些基本性质和微观结构,结构决定性质是自然界的一个普遍法则,溶胶的特殊性质主要是由于胶粒的大小所产生的特殊表面性质所引起的,所以在学习过程中要善于思考结构和性质的联系,方便学习和认识溶胶体系。

对于粗分散系——乳状液这部分内容中,主要了解表面活性剂对乳状液形成和稳定的作用。核心内容也是在水相和油相的界面性质的改变上。

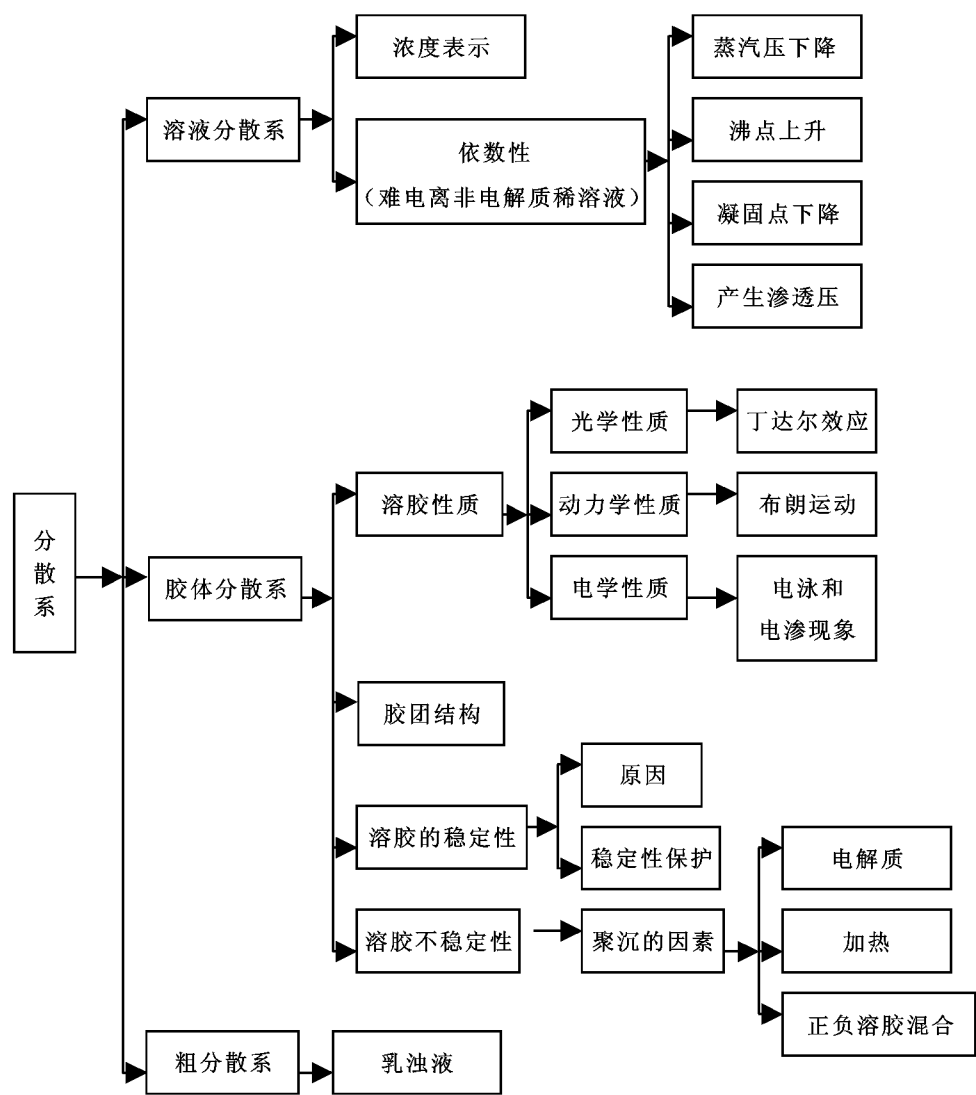
二、学习指导

序 号	内 容	性 质	学 习 要 求				备 注
			一般了解	一般掌握	熟练掌握	重点掌握	
1	分散系	概念	★				
2	分散系类型	概念	★				
3	相 态	概念		★			
4	胶 体	概念		★			
5	分散度	概念		★			
6	比表面	概念		★			
7	基本单元	概念			★		即计数单位

续表：

序 号	内 容	性 质	学 习 要 求				备 注
			一般了解	一般掌握	熟练掌握	重点掌握	
8	溶液浓度	概念			★		
9	水的三相图	概念	★				
10	稀溶液的依数性	概念			★		
11	稀溶液的依数性计算公式适用范围	概念			★		
12	稀溶液的依数性计算	计算		★			
13	稀溶液依数性的应用	概念			★	★	
14	表面吸附	概念		★			
15	吸附规律和类型	概念		★			
16	溶 胶	概 念		★			
17	溶胶性质及其原理	概念			★		3 个
18	电泳与电渗	概念			★		
19	胶团结构的书写	概念			★	★	书本与课堂
20	胶体类型	概念			★		正负溶胶
21	溶胶稳定性的主要原因	概念			★	★	
22	溶胶不稳定性	概念		★			即聚沉现象
23	感胶离子序	概念	★				
24	溶胶主要聚沉因素	概念			★	★	3 个
25	电解质聚沉值与聚沉能力关系	概念			★	★	
26	离子类型与聚沉	概念			★		
27	离子聚沉能力判断	概念			★	★	
28	离子聚沉能力	概念			★		
29	溶胶保护	概念		★			
30	表面活性物质	概念	★				表面活性剂
31	乳浊液	概念	★				
32	乳浊液类型	概念	★				2 个

三、内容框架图



四、难点解答

1. 在书写胶团结构时如何确定电位离子和反离子？

在书写胶团结构时正确地确定电位离子和反离子,是正确书写一个胶团结构式的关键。

电位离子一般是溶液里过量的沉淀剂中与胶核组成相同或性质相似的离子。在确定胶核后首先可以确定的就是电位离子。然后根据电位离子确定反离子。

反离子顾名思义就是与电位离子共同组成的沉淀剂中,与电位离子电荷符号相反的那部分离子。

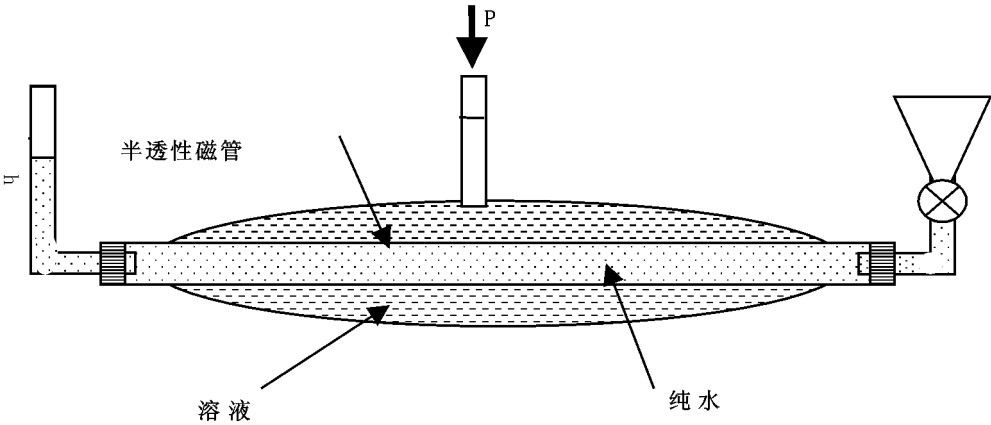
如: AgNO_3 与过量的 KCl 形成 AgCl 溶胶, Cl^- 是参与胶核 AgCl 的组成,是与其结构

相关的离子,所以 Cl^- 为电位离子,则 K^+ 离子为反离子。如果是 AgNO_3 过量, Ag^+ 则为电位离子, NO_3^- 离子为反离子。

2. 如何理解离子半径和水合离子半径

对同族简单离子而言,不管是阳离子还是阴离子其离子半径均随原子序数增加而增大,对水合离子而言,阴离子水合半径也随原子序数增加而增大,这主要是由于它与水分子是配位键或氢键形式结合,即一个简单的阴离子只与一个水分子紧密结合,而与其他水分子以松散形式结合;而阳离子水合半径随原子序数增加而减小,这主要有两方面原因,其一原子序数小的离子,原子核外电子数少,对核电荷屏蔽力弱,使原子核对外表现出很强的静电力;其二原子序数小的离子比原子序数大的离子半径小,在离子周围表现出相对较强的正电场,所以,对同主族同价阳离子而言,原子序数小的吸引水分子的数目相对较多,而原子序数大的吸引水分子的数目相对较少,即阳离子水合半径随原子序数增加而减小。

3. 渗透压的测定



渗透压测定示意图

内管镀有亚铁氰化铜 $[\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 的无釉磁管,其半透性很好。右侧与带活塞的漏斗相联,用以加水,左侧连接一毛细玻璃管,管上有一水平刻度(h),玻璃外管上方连接口可以调节压力。

测定时,外管添加溶液,内管通过漏斗注水直至左侧毛细管液面达到刻度线 h 处。因内管蒸汽压大于外管。水由内管向外渗透,液面 h 发生变化,如果在外管上方连接口加适当压力(P),则可阻止水的渗透而维持左侧液面 h 不变,按照定义所加压力(P)就是该溶液的渗透压力。

顺便一提的是,渗透压的产生与分子的运动密切相关,所以其计算公式与气体压力公式相似,而且公式里都有 R 这个常数。

4. 相概念的理解

相:指的是系统中化学性质和物理性质完全相同的部分。这是一个物理化学名词。

区分不同的相不仅要看化学性质是否相同还要看物理性质是否相同。

注意:单质不等于单相。

单相体系可以是单质:如 O_2, N_2 , 在体系中的任意部分的密度、压力、温度、透光率等物理性质都一致,而且化学性质也一致,则为单相。

但是像碘酒、糖水等混和物系统中在体系中的任意部分的密度、压力、温度、透光率都一致,而且化学性质也一致,则也为单相系统。

物理性质不同的一定是多相系统。如:冰水混合物的化学性质完全一致,但是物理性质密度、折光率、硬度、形状等绝然不同,所以是一个多相体系。

最简单的区分相的方法是看有没有界面的存在,如一堆沙子,就有很多相,因为沙粒与沙粒之间有界面的存在。但是需要注意的是,这个界面不一定用肉眼能看到,如溶胶体系中胶粒与溶剂之间就有界面的存在但是我们却不能用肉眼看到溶胶溶液中界面的存在。

五、典型练习

(说明:题型最多集中于依数性和胶体稳定性、聚沉以及胶团结构等方面,少量计算集中于依数性方面,考试考察题量一般为 3~5 道)

(一)填空题

1. 将 1.17 g NaCl ($M(\text{NaCl}) = 58.44$) 溶于 200 g 水中,计算此溶液的质量摩尔浓度_____。
2. 将 12 mL $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 溶液和 100 mL $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液混合,制备 AgCl 溶胶,胶团结构式为_____。
3. 渗透压不同的两种溶液用半透膜相隔时,渗透压大的溶液将迫使渗透压小的溶液液面有所_____ (上升/下降)。
4. 电解质 NaNO_3 、 Na_2SO_4 、 MgCl_2 和 AlCl_3 对某溶胶的相对聚沉值分别为 300、148、12.5 和 0.17,则它们聚沉能力的相对大小顺序为:_____。
5. 将 4.5 g 某非电解质溶于 125 g 水中 ($K_f = 1.86$),凝固点为 -0.37°C ,计算溶质的摩尔质量_____。
6. 用稀 AgNO_3 和 KI 溶液制备 AgI 溶胶,所得溶胶与有关强电解质的聚沉值分别为 NaCl $7500 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 MgCl_2 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 AlCl_3 $0.70 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。则该溶胶的胶团结构式为_____其在电场中发生电泳时向_____移动。
7. 将 2.6 g 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ (摩尔质量为 $60.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) 溶于 50.0 g 水中,尿素的质量摩尔浓度为_____;标准压力下,凝固点、沸点各为_____和_____。(已知 $K_f = 1.86^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$; $K_b = 0.512^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)。
8. 用稀 AgNO_3 和 KI 溶液制备 AgI 溶胶,所得溶胶与有关强电解质的聚沉值分别为 NaCl $7500 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 MgCl_2 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 AlCl_3 $0.70 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。则该溶胶的胶团结构式为_____,其中各部分的名称分别是_____,_____、_____。
9. 把 $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KCl 溶液 10 mL 与 $0.0050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液 90 mL 混合制备 AgCl 溶胶,电泳时胶粒向_____极移动,其胶团结构式为_____。
10. 将 2.6 g 某非电解质溶于 100.0 g 水中,测得其凝固点为 -0.81°C (已知凝固点降低常数 $K_f = 1.86^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$) 则该溶质的摩尔质量为_____。
11. 把 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KBr 溶液 80 mL 与 $0.0050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液 20 mL 混合制备 AgBr 溶胶,电泳时胶粒向_____极移动,其胶团结构式为_____。

12. NaCl 、 Na_2SO_4 、 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 和 Na_3PO_4 对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 正溶胶的聚沉能力从小到大的顺序为:_____。

13. 相同浓度的 NaCl 、 Na_2SO_4 、 $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 三种电解质溶液,引起某溶胶发生聚沉的所需溶液量分别为 1.0 mL、0.25 mL 合 0.05 mL,试问该溶胶是_____溶胶(正/负),上面三种电解质对该溶胶的聚沉能力强弱顺序为:_____,聚沉值大小顺序为:_____,其中起主要聚沉作用的离子分别是:_____。

14. 浓度相同的 KCl 、 Na_2SO_4 、甘油($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)以及葡萄糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)四份溶液,常温下,试问四份溶液的渗透压大小顺序为:_____,蒸汽压高低顺序:_____,凝固点高低顺序:_____。

(二)选择题

- 土壤中 NaCl 含量较高时,植物难以生存,这主要与下列稀溶液性质有关的是()。
A. 蒸汽压下降 B. 沸点升高 C. 冰点下降 D. 渗透压
- $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的下列溶液,凝固点下降程度最大的是()。
A. 葡萄糖 B. KNO_3 C. $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ (甘油) D. Na_2SO_4
- 土壤中养分的保持和释放是()。
A. 分子吸附 B. 电离作用 C. 离子选择性吸附 D. 离子交换吸附
- As_2O_3 溶胶在电场中向正极移动,要使发生聚沉,下列电解质中聚沉能力最强的是()。
A. NaCl B. CaCl_2 C. Na_3PO_4 D. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- 下列溶液浓度均为 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,凝固点最低的是()。
A. NaCl 溶液 B. BaCl_2 溶液 C. HAc 溶液 D. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 、 Na_2SO_4 、甘油、葡萄糖溶液,其渗透压从大到小的顺序为()。
A. $\text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{甘油} > \text{葡萄糖溶液}$
B. $\text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{甘油} = \text{葡萄糖溶液}$
C. $\text{甘油} > \text{葡萄糖溶液} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$
D. $\text{甘油} = \text{葡萄糖溶液} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$
- 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的下列溶液,冰点最低的是()。
A. NaCl B. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ C. Na_2SO_4 D. HAc

(三)简答题

1. 同体积不同浓度的 NaCl 与 AgNO_3 溶液混合制取 AgCl 溶胶,试问所制取的溶胶类型、胶团结构以及在电场中移动的方向如何?

(说明:溶胶涉及的电场方向,包括电泳和电渗两种,如果没有具体指明,一般指电泳方向。)

2. 溶胶稳定的因素有那些?促使聚沉的办法有那些?用电解质聚沉溶胶时有何规律?

溶胶稳定的因素主要是胶粒带电,其他有布朗运动和溶剂化膜等;促使聚沉的办法有加入电解质、加热和按比例混合正负溶胶等;用电解质聚沉溶胶时,表现为哈迪—叔尔采规律,

即离子电荷数越高,则其聚沉能力越强。

(说明:胶体稳定性的原因主要有胶粒带电、布朗运动以及溶剂化膜等方面,但以胶粒带电贡献最大,所以一般回答胶粒带电即可。)

3. 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 、 Na_2SO_4 、甘油($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)、葡萄糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)溶液,试问这四种溶液的渗透压、沸点、凝固点和蒸汽压大小顺序。

依数性问题,故看溶液中的粒子数量多少,由于电离作用, NaCl 溶液相当 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Na_2SO_4 溶液相当 $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,甘油和葡萄糖溶液不发生电离,故粒子数量浓度为 $0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。故四种溶液的依数性大小顺序为: $\text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{甘油}(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = \text{葡萄糖}(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$ 。

4. 将 $0.008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{BaCl}_2$ 溶液和 $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SO}_4$ 溶液等体积混合,制得一种 BaSO_4 溶胶,试比较 AlCl_3 、 MgSO_4 、 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 三种电解质对该溶胶的聚沉能力,并说明为什么?

第二章 化学反应的能量和方向

一、学习提示

化学反应是旧的化学键断裂与新的化学键的形成过程,在这样的过程中总是伴随能量的吸收和释放,吸收的能量用于破坏旧的化学键,新的化学键的形成则会释放能量。一个化学反应的能否发生与能量紧密相关,能量的变化与化学反应能否发生之间的关系就是化学热力学主要研究和探讨的内容。热力学中用状态函数焓、熵、自由能来表示系统能量状态,系统的状态发生改变,则状态函数也发生相应的改变。一个系统的变化方向能否发生有两个因素决定:系统自发地向能量低的状态转变;系统自发地向混乱度最大的状态转变。

如何认识这一陌生的领域?前人从理论模型的基础上建立了一套科学理论,定义了一批概念,建立了相关公式和关系式。这些东西经过实践证明是科学可行的,对人们认识化学反应能量变化和方向起到很大帮助。因为能量的形式和反应的过程千差万别,要在这样多的内容基础上建立出一套理论体系,那么这个理论体系中的概念和理论都必须是高度抽象和概括的。所以,本章的概念和理论刚接触时大家感到学习起来很抽象。我们应该抱着一个接受学习的心态去学习,理解每一个概念的含义,领会掌握每一个关系式或公式,善于联系各个概念的联系。最后,把重点放在化学反应自身、利用这些概念和公式计算化学反应的能量问题上。

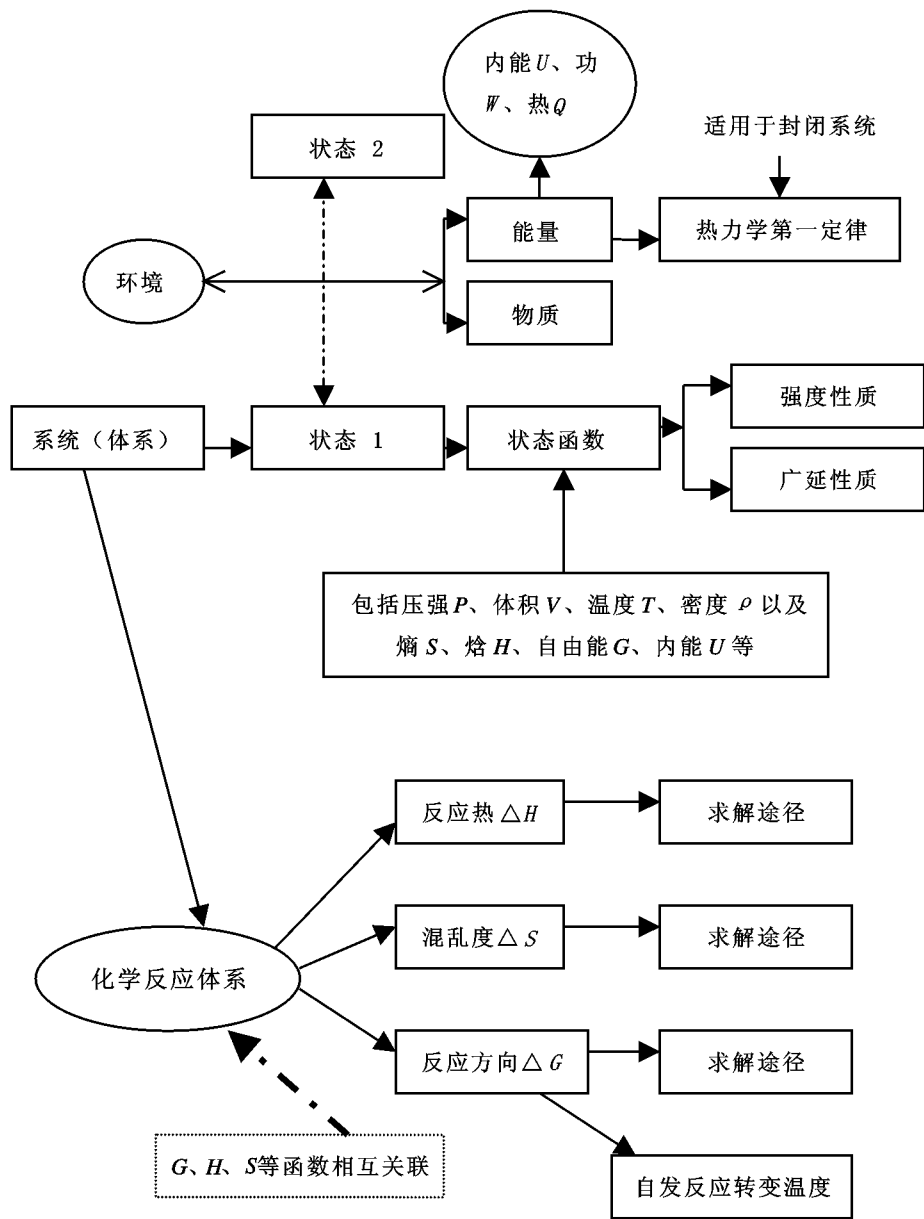
二、学习指导

序 号	内 容	性 质	学 习 要 求				备 注
			一般了解	一般掌握	熟练掌握	重点掌握	
1	系 统	概念	★				
2	环 境	概念	★				
3	系统类型	概念		★			3 个
4	状态函数的含义	概念			★		
5	状态函数的性质和特点	概念			★		
6	系统强度性质的含义和特点	概念		★			不具加和性,与量无关
7	系统广延性质的含义和特点	概念		★			有加和性,与量相关
8	过 程	概念			★		前后两个状态点进行考察
9	途 径	概念			★		还要考察整个具体路线

续表:

序 号	内 容	性 质	学 习 要 求				备 注
			一般了解	一般掌握	熟练掌握	重点掌握	
10	等(定)压过程	概念		★			
11	等(定)容过程	概念		★			
12	热	概念		★			状态变化, 热才可出现
13	功	概念		★			
14	符号规定	概念		★			理解含义
15	体积功	概念/ 计算			★		体积变化, 才可出现
16	热力学第一定律及其应用	概念/ 计算			★		理解含义, 封闭体系
17	定容热 Q_v	概念/ 计算			★		假设条件下的公式表达
18	定压热 Q_p	概念/ 计算			★		假设条件下的公式表达
19	反应进度 ξ	概念	★				
20	摩尔焓变	概念			★		
21	热化学方程式含义和书写	概念		★			
22	热化学定律 (Hess 定律) 及其应用	概念/ 计算			★		注意存在和应用的 前提条件
23	标准摩尔生成焓含义 和应用	概念/ 计算			★		条件, 计算反应热 (焓变)
24	标准摩尔燃烧焓含义 和应用	概念/ 计算			★		条件, 计算反应热 (焓变)
25	系统混乱度	概念		★			
26	熵(S)	概念		★			
27	标准摩尔熵	概念			★		
28	吉布斯自由能 G	概念		★			
29	标准摩尔生产吉布斯 自由能	概念			★		含义, 应用
30	反应方向与自由能	概念/ 计算			★		
31	吉布斯—亥姆霍兹方 程及应用	概念/ 计算			★	★	非常重要, 热力学核 心
32	定压时, 温度变化与反 应方向的关系	概念/ 计算			★	★	吉布斯—亥姆霍兹方 程的一个重要应用
33	转变温度 T 转含义和 计算	概念/ 计算			★		吉布斯—亥姆霍兹方 程的一个重要应用
34	反应热(反应焓变)	概念			★		条件(定压, 体积功 为 0)
35	反应式加减时各函数 的关系	概念/ 计算			★		具有加和性

三、内容框架图



四、难点解答

1. 本章在学习过程中,抽象概念较多,容易使学生学完后没有头绪,感觉无从下手,鉴于此,在学习过程中要明确概念、对每一个概念是如何引入的要作为重点。概括而言,本章主要内容是三个概念(H 、 S 、 G)、三个计算(ΔH 、 ΔS 、 ΔG)、一个判断(用 ΔG 判断一个过程的自发性)。

(1) 什么是体系的状态？热力学中状态函数有哪些？其特征如何？

体系的一系列物理量(如温度 T 、体积 V 、物质的量 n 、压强 P 、内能 U 、焓 H 、熵 S 、吉布斯自由能 G 等)的统称叫做体系的状态。如果其中的一个或者几个物理量发生改变时,体系即由一种状态变为另一种状态。决定系统状态的物理量(如物质的量 n 、体积 V 、温度 T 、压强 P 、内能 U 、焓 H 、熵 S 、吉布斯自由能 G 等)叫做状态函数。

值得注意的是,功(W)和热(Q)不是状态函数,因为功和热是系统发生变化的结果,如果系统不发生变化,就无从谈起功和热。作为状态函数必须满足以下基本特征:状态函数的变化量取决于体系的初始状态和终了状态,跟变化途径无关;因为功和热与系统变化的具体途径有关。状态一定,状态函数一定。

状态函数的增量运算服从盖斯定律。例如:对于一个化学反应“反应物 $\rightarrow$ 生成物”,则有 $\Delta U = \sum U_{\text{生}} - \sum U_{\text{反}}$, $\Delta H = \sum H_{\text{生}} - \sum H_{\text{反}}$, $\Delta S = \sum S_{\text{生}} - \sum S_{\text{反}}$, $\Delta G = \sum G_{\text{生}} - \sum G_{\text{反}}$

(2) 什么叫做焓 H 、熵 S 、吉布斯自由能 G 、焓变 ΔH 、熵变 ΔS 和自由能变 ΔG ？

化学反应具有热效应的原因是反应物和生成物的能量(以热量表示)水平不同所致。热焓(简称焓)用 H 表示,是一个热力学状态函数,数学式 $H = PV + U$,由于 U 、 P 、 V 都是状态函数,所以焓(H)也是一个状态函数。 H 的具体值无法测定而只能测定变化过程中终态与初态的差值。焓变(ΔH)是生成物的焓(H)与反应物的焓(H)反的差值,它可以测定。

体系的熵(S)也是一个状态函数。熵是结构单元(分子、原子、离子等)无序性或混乱度(热运动)的度量(可以测定)。量纲为 $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 即表示 1 mol 物质温度升高 1K(度)由于热运动增加而储存的能量。一般把 1 个大气压下体系的熵增加量叫做熵变(ΔS), $\Delta S = \sum S_{\text{生}} - \sum S_{\text{反}}$ 。

体系的吉布斯自由能(G)也是一种状态函数。物质的全部能量水平为焓(H),在恒温恒压下,仅有一部分能自由的转化为其他形式的能量(做出最大有用功)及吉布斯自由能(G),其余的则以热能的形式存在(TS 表示),即 $G = H - TS$ 。自由能变(ΔG)是恒温恒压下体系由一种状态变到另一种状态时所能做的最大有用功,即 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 。

(3) 什么叫做物质的标准状态？什么是标准摩尔生成焓？什么是标准摩尔燃烧焓？

标准压力 P (一个大气压)时的纯气体、纯液体、纯固体,以及浓度为 $1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时的状态称为各物质的标准状态。对于温度没有规定,因此随着温度递变,严格的说可以有无限多个物质的标准态,为了描述方便,IUPAC 推荐选择 298.15K。

标准摩尔生成焓是指在标准状态和温度 T 下,由最稳定的单质生成(合成)1 mol 某物质时的标准焓变(所对应的能量)。由定义可知在标准状态和温度 T 下,最稳定的单质的标准摩尔生成焓为零。如 298K 下, $\text{C(s, 石墨)} + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta_f H_m^\ominus = -393.51 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 即就是 298K 下 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的标准摩尔生成焓是 $-393.51 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,即生成 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 会放出 393.51 kJ 的热量。

标准摩尔燃烧焓是指在标准态下 1 mol 某物质完全燃烧生成标准产物是的标准焓变(所对应的能量)。例如, 298 K 下, $\text{C(s, 石墨)} + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta_c H_m^\ominus = -393.51 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

即就使指 298K 下 1 mol C(s, 石墨) 完全燃烧变为 $\text{CO}_2(\text{g})$ 所释放的热量为 393.51 kJ。同样对于 298 K 下 C(s, 石墨) 的燃烧反应分析可知:该条件下 C(s, 石墨) 的标准燃烧焓 $\Delta_c H_m^\ominus$ 等于该条件下 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\ominus$ 。

由于很多物质具有同素异形体,一般选其在 298.15K 时较稳定的形态作为最稳定单质