

王后雄学案

教材完全解读

总策划：熊辉



修订版

高二化学(上)

丛书主编：王后雄

本册主编：张敏



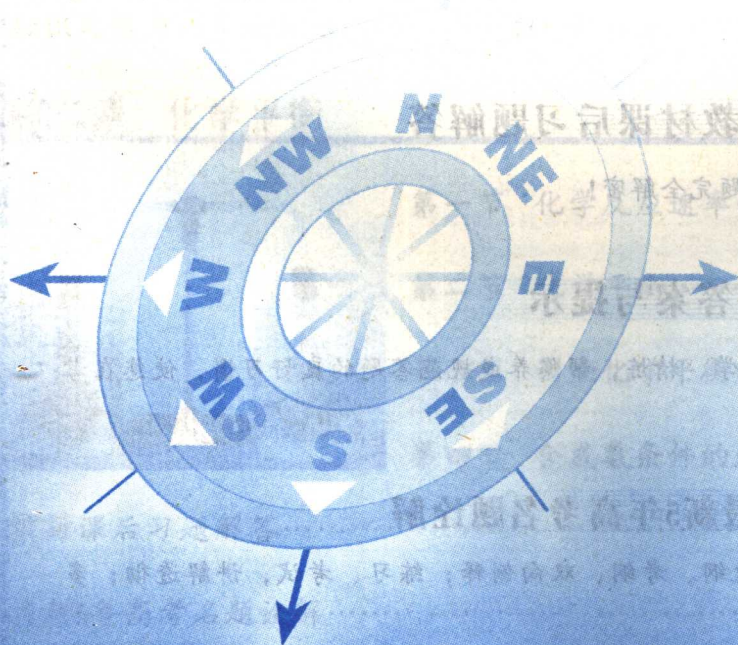
中国青年出版社

教材完全解读

高二化学(上)

王后雄学案

主编：张 敏
编委：杨昌英 刘信芳
李家俊 田汉平
郑梅花 赵旭阳
黄 飞 汪 阳
韦 鹏 刘华文
薛学贵 周尧冠
项子丰 余心红
曾黎星 董正友
何国良 王本正



中国青年出版社

(京)新登字 083 号

图书在版编目(CIP)数据

教材完全解读. 高二化学. 上: 2006 年修订版/张敏主编. —4 版. —北京:
中国青年出版社, 2006
ISBN 7-5006-5315-8

I. 教... II. 张... III. 化学课—高中—教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 021490 号

策 划: 熊 辉
责任编辑: 李 扬
封面设计: 小 河

教材完全解读
高二化学
2006 年修订版

中国青年出版社出版 发行

社址: 北京东四 12 条 21 号 邮政编码: 100708

网址: www.cyp.com.cn

编辑部电话: (010)64034328

北京中青人出版物发行有限公司电话: (010)64001911

聚鑫印刷有限责任公司印制 新华书店经销

889×1194 1/16 12 印张 323 千字

2003 年 7 月北京第 1 版 2006 年 5 月北京第 4 版 2006 年 5 月第 11 次印刷

印数: 152001—160000 册

定价: 17.70 元

本书如有任何印装质量问题, 请与出版部联系调换

联系电话: (010)84035821

教材知识体系·名师学法指津.....1

第一章 氮族元素

第一节 氮和磷.....7

第二节 氨 铵盐.....13

第三节 硝酸.....19

第四节 氧化还原反应方程式的配平.....24

第五节 有关化学方程式的计算.....28

教材课后习题解答.....31

最新5年高考名题诠解.....36

知识与能力同步测控题.....44



第二章 化学平衡

第一节 化学反应速率.....47

第二节 化学平衡.....51

第三节 影响化学平衡的条件.....55

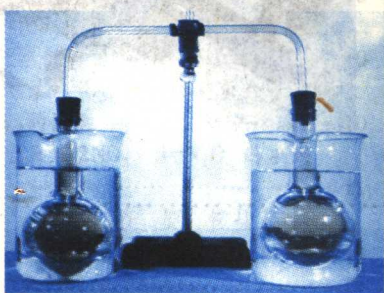
第四节 合成氨条件的选择.....63

教材课后习题解答.....67

最新5年高考名题诠解.....69

知识与能力同步测控题.....76

期中测试卷.....79

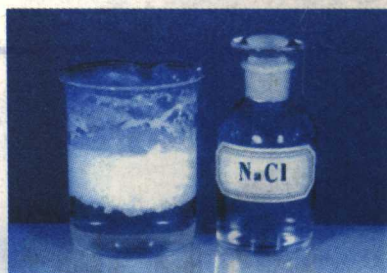


目

录

—— 中学教材诠释学生版

第三章 电离平衡



第一节 电离平衡.....82

第二节 水的电离和溶液的pH.....87

第三节 盐类的水解.....91

第四节 酸碱中和滴定.....97

教材课后习题解答.....101

最新5年高考名题诠释.....104

知识与能力同步测控题.....110

第四章 几种重要的金属

第一节 镁和铝.....113

第二节 铁和铁的化合物.....121

第三节 金属的冶炼.....125

第四节 原电池原理及其应用.....128



教材课后习题解答.....132

最新5年高考名题诠释.....136

知识与能力同步测控题.....146

期末测试卷.....149

答案与提示.....152

第一章 氮族元素

第一节 氮和磷

1. 氮族元素 7
 - (1) 氮族元素在元素周期表中的位置 7
 - (2) 氮族元素的原子结构特点 7
 - (3) 氮族元素的主要性质 7
2. 氮气 7
 - (1) 氮气的分子结构 8
 - (2) 氮气的物理性质 8
 - (3) 氮气的化学性质 8
 - (4) 氮气的主要用途 8
3. 氮的氧化物 8
 - (1) 氮的氧化物的种类 8
 - (2) NO 的主要性质 8
 - (3) NO₂ 的主要性质 8
4. 磷的单质的性质 9
5. 磷的化合物的性质 9
 - (1) P₂O₅ 的性质 9
 - (2) H₃PO₄ 的性质 9
6. 氮的氧化物溶于水的计算 10
 - (1) NO、NO₂ 的混合气体溶于水的计算 10
 - (2) NO₂、O₂ 的混合气体溶于水的计算 10
 - (3) NO 和 O₂ 的混合气体溶于水的计算 10
 - (4) NO、NO₂、O₂ 三种混合气体溶于水的计算 10
7. 氮元素的化学活动性与氮分子的稳定性的区别 10
8. 隐含反应 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 的应用 11

第二节 氨 铵盐

1. 氨气的结构、性质和用途 13
 - (1) 氨气的分子结构 13
 - (2) 非极性分子和极性分子 13
 - (3) 氨气的物理性质 13
 - (4) 氨气的化学性质 14
 - (5) 氨的用途 14
2. 氨的制备方法 14
 - (1) 氨的实验室制法 14
 - (2) 氨的工业制法 15
3. 铵盐的性质 15
4. 判断实验装置图是否错误的方法 15
5. 液氨、氨水、铵根离子的比较 15
6. 喷泉实验 16

第三节 硝 酸

1. 硝酸的组成、性质与用途 19
 - (1) 硝酸的物理性质 19
 - (2) 硝酸的化学性质 19
 - (3) 硝酸的主要用途 20
2. 化学试剂存放的一般规律 20
3. 硝酸与其他酸的比较 21
4. 硝酸的强氧化性的特殊表现 21
5. 氮及其化合物之间的相互转化 22
- 第四节 氧化还原反应方程式的配平 22
 1. 氧化还原反应方程式的配平 24
 - (1) 氧化还原反应的本质和特征 24
 - (2) 氧化还原反应的有关概念 24
 - (3) 氧化还原反应方程式的配平——化合价升降法 24
 2. 氧化还原反应方程式的配平技巧 25
 - (1) 观察法 25
 - (2) 零价配平法 25
 - (3) 1, n 法 25
 - (4) 平均化合价法 25
 - (5) 待定系数法 25
 - (6) 离子——电子法 26
 - (7) 缺项配平法 26
 3. 氧化还原反应方程式的配平是高考热点 26
- 第五节 有关化学方程式的计算 28
 1. 有关化学方程式的计算 28
 - (1) 计算的基本思路 28
 - (2) 计算的一般步骤 28
 - (3) 计算的常用方法 28
 - (4) 计算的一般类型 28
 - (5) 有一种反应物过量的计算 28
 - (6) 多步反应的计算 29
 - (7) 计算的注意事项 29
 2. 化学计算常用的解题方法和技巧 29
 - (1) 守恒法 29
 - (2) 差量法 29
 - (3) 关系式法 30
 - (4) 平均值法 30
 - (5) 讨论法 30
 - (6) 其他方法 30
 3. 借助数学工具解决化学计算问题 30

第二章 化学平衡

第一节 化学反应速率

1. 化学反应速率 47
 - (1) 化学反应速率的概念 47
 - (2) 化学反应速率的表示方法 47

- (3) 化学反应速率的表达式 47
- (4) 化学反应速率的计算规律 47
- (5) 有关化学反应速率的注意事项 47
2. 影响化学反应速率的因素 47
 - (1) 内因(主要因素) 47
 - (2) 外界条件对化学反应速率的影响 48
3. 比较化学反应速率大小的方法 49
4. 外界条件的变化对可逆反应的反应速率的影响 49

第二节 化学平衡

1. 可逆反应 51
 - (1) 可逆反应的概念 51
 - (2) 可逆反应发生的条件 51
 - (3) 可逆反应的性质 51
2. 化学平衡 51
 - (1) 化学平衡的研究对象 51
 - (2) 化学平衡状态的建立 51
 - (3) 化学平衡状态的概念 52
 - (4) 化学平衡状态的特征 52
3. 判断可逆反应达到平衡状态的标志 52
 - (1) 直接判断法 52
 - (2) 间接判断法 52
 - (3) 特例判断法 52
4. 等效平衡原理及其应用 53
 - (1) 等效平衡原理的概念 53
 - (2) 等效平衡的分类与判断 53
 - (3) 等效平衡原理的应用 53
- 第三节 影响化学平衡的条件 55
 1. 化学平衡的移动 55
 - (1) 化学平衡的移動的概念 55
 - (2) 化学平衡的移動的实质 55
 - (3) 化学平衡的移動的标志 55
 - (4) 化学反应速率、化学平衡的建立及化学平衡的移動之间的关系 55
 2. 影响化学平衡的条件 55
 - (1) 浓度对化学平衡的影响 55
 - (2) 压强对化学平衡的影响 55
 - (3) 温度对化学平衡的影响 56
 - (4) 勒夏特列原理 56
 - (5) 催化剂对化学平衡的移動无影响 56
 - (6) 化学平衡的移動的应用 56
 3. 分析化学平衡移动的一般思路 57
 4. 有关化学平衡的图象题的解法 58
 5. 有关化学平衡图象题的解题技巧 60
 6. 惰性气体的加入对化学平衡的影响 60

(1) 恒温恒容下, 向化学平衡体系中通入“惰性气体”, 化学平衡不移动 60

(2) 恒温恒压下, 向化学平衡体系中通入“惰性气体”, 化学平衡将向气体体积增大的方向移动 61

第四节 合成氨条件的选择

1. 外界条件对化学反应速率和化学平衡的影响小结 63

2. 合成氨条件的选择 63

(1) 合成氨反应的特点 63

(2) 合成氨生产的要求 63

(3) 合成氨条件的选择的依据 63

(4) 合成氨条件的理论分析 63

(5) 合成氨的适宜条件 64

(6) 合成氨生产的发展前景 64

3. 有关化学平衡的基本计算及解题方法 64

(1) 必须掌握的有关平衡的几个基本关系 64

(2) 有关化学平衡计算题的一般解法——三段式法 65

4. 化学平衡的移动与平衡混合物的平均相对分子质量($\bar{M}$)之间的变化规律 65

(1) 只有气体参与的可逆反应, 平衡移动的方向与平衡混合物的($\bar{M}$)的变化规律 65

(2) 有固体或液体参与的可逆反应, 平衡移动的方向与平衡混合物的($\bar{M}$)的变化规律 65

第三章 电离平衡

第一节 电离平衡

1. 强、弱电解质与结构的关系 82

(1) 电解质与非电解质 82

(2) 强电解质与弱电解质 82

(3) 强、弱电解质与结构的关系 82

(4) 强、弱电解质的比较 82

2. 弱电解质的电离平衡 83

(1) 电离平衡的概念 83

(2) 电离平衡的特征 83

(3) 影响电离平衡的条件 84

(4) 电解质的电离方程式的书写 84

3. 判断电离平衡移动的方向、电离程度、离子浓度的变化的方法 84

4. 一元强酸与一元弱酸的比较 85

(1) 同体积、同浓度的一元强酸与一元弱酸的比较 85

(2) 同体积, 同 $c(\text{H}^+)$ 的一元强酸与

一元弱酸的比较 85

第二节 水的电离和溶液的 pH

1. 水的电离和水的离子积 87

(1) 水是极弱的电解质 87

(2) 水的离子积只随温度而变化 87

(3) 影响水的电离平衡的因素 87

2. 溶液的酸碱性和 pH 88

(1) 引进 pH 概念的必要性 88

(2) 溶液的 pH 的概念 88

(3) 溶液的酸碱性与溶液的 pH 之间的关系 88

(4) 溶液的 pH 的范围 88

3. 溶液的 pH 的计算方法 88

(1) 单一溶液(酸、碱)的 pH 计算 88

(2) 两种强酸(或强碱)混合时 pH 的计算 88

(3) 强酸与强碱混合反应后溶液的 pH 的计算 88

(4) 酸或碱稀释后的 pH 的计算 89

4. 强酸、强碱混合后的溶液的 pH 计算的公式 89

第三节 盐类的水解

1. 盐类的水解 91

(1) 盐类的水解的实质 91

(2) 盐类的水解的类型和规律 91

(3) 盐类的水解离子方程式的书写 92

(4) 影响盐类水解的因素 92

2. 盐类的水解的应用 93

(1) 应考虑盐类的水解的几种情形 93

(2) 不需考虑的盐类的水解的几种情形 94

3. 判断溶液中离子浓度大小的方法 94

4. 盐与盐混合时的“双水解”问题 95

第四节 酸碱中和滴定

1. 酸碱中和滴定的概念 97

2. 中和滴定的实验仪器和试剂 97

(1) 中和滴定的实验仪器 97

(2) 中和滴定所用的试剂 97

3. 酸碱指示剂的选择 97

4. 中和滴定的操作步骤 98

5. 中和滴定的数据处理 99

6. 酸碱中和滴定的误差分析 99

第四章 几种重要的金属

第一节 镁和铝

1. 金属简介 113

(1) 金属元素在周期表中的位置 113

(2) 金属元素的原子结构特征 113

(3) 金属的物理通性 113

(4) 金属的化学通性 113

(5) 金属结构与性质的关系 113

(6) 合金的概念和性质 113

2. 镁和铝的物理性质及其比较 113

3. 镁和铝的化学性质及其比较 114

4. 镁和铝的氧化物的性质及其比较 115

5. 镁和铝的氢氧化物的性质及其比较 115

6. 镁、铝及其化合物之间的转化关系 117

(1) 镁及其化合物之间的相互转化 117

(2) 铝及其化合物之间的相互转化 117

7. 图象计算题的解题技巧 118

8. 既能与酸反应又能与碱反应的物质归纳 119

第二节 铁和铁的化合物

1. 铁的性质 121

(1) 原子结构特征及其在元素周期表中的位置 121

(2) 物理性质 121

(3) 化学性质 121

2. 铁的重要化合物 122

(1) 铁的氧化物的性质比较 122

(2) 铁的氢氧化物的性质比较 122

3. Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的检验 122

(1) Fe^{3+} 离子的检验 122

(2) Fe^{2+} 离子的检验 122

4. 铁与稀硝酸反应规律 123

5. “铁三角”的相互转化 123

第三节 金属的冶炼

1. 从金属矿石中提炼金属的步骤 125

2. 金属冶炼的反应原理 125

3. 冶炼金属的方法 125

4. 金属的回收和资源保护 125

5. 判断金属的活动性强弱的规律 126

6. 金属活动性顺序表及金属的有关规律 126

第四节 原电池原理及其应用

1. 原电池原理 128

2. 原电池形成的条件 128

3. 原电池的电极反应式的书写 128

4. 金属的腐蚀及其防护 128

5. 金属腐蚀的快慢的判断 129

6. 常见的化学电源简介 130

教材知识体系·名师学法指津

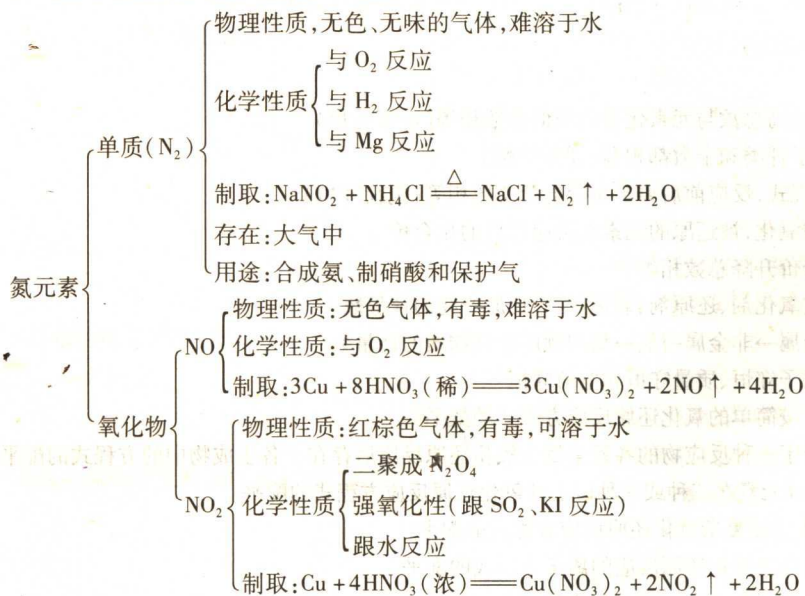
一、全书知识结构图解

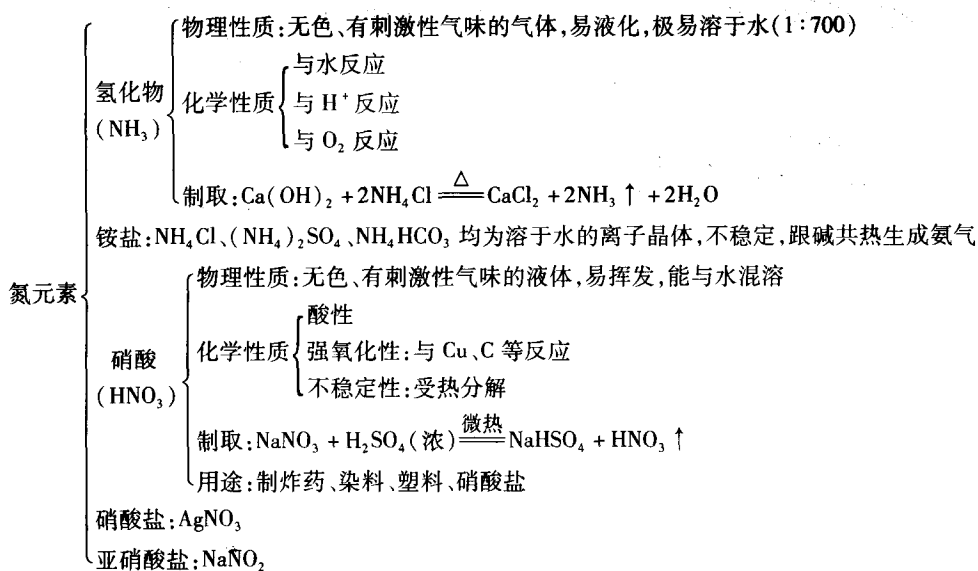
1. 氮族元素知识结构图解

(1) 氮族元素的性质及递变规律

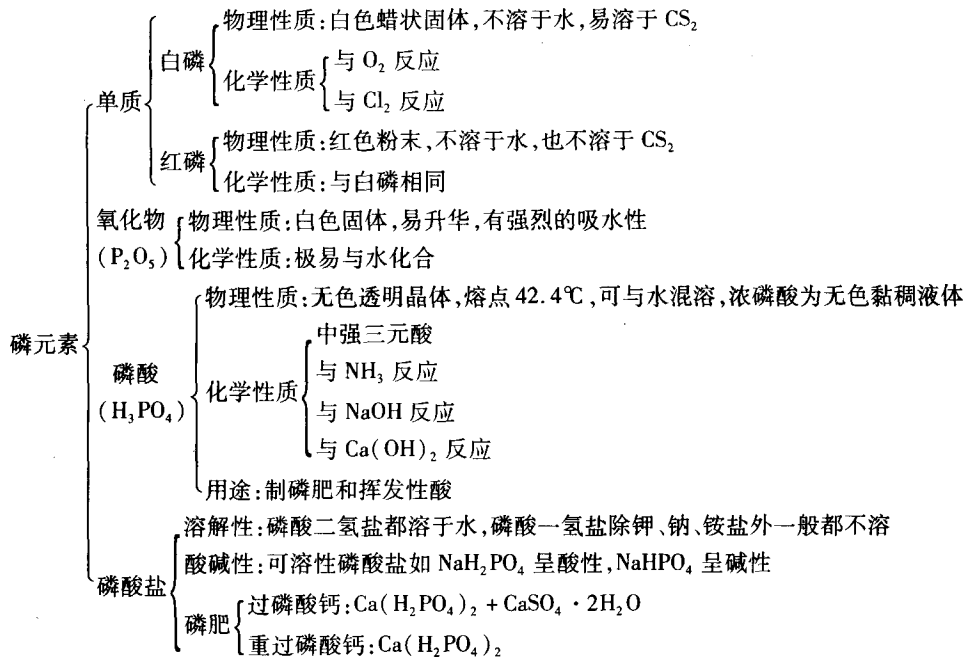
元素名称	氮	磷	砷	锑	铋
元素符号	N	P	As	Sb	Bi
原子序数	7	15	33	51	83
电子层数	→增多				
原子半径	→增大				
最外层电子数	→相等				
最高正价	+5	+5	+5	+5	+5
负价	-3	-3	-3	~	~
最高价氧化物	N ₂ O ₅	P ₂ O ₅	As ₂ O ₅	Sb ₂ O ₅	Bi ₂ O ₅
对应的水化物	HNO ₃	H ₃ PO ₄	H ₃ AsO ₄	H ₃ SbO ₄	~
酸性	→减弱				
气态氢化物	NH ₃	PH ₃	AsH ₃	~	~
热稳定性	→减弱				
单质的色、态	无色气体	白、红色固体	灰色固体	银白色金属	银白或微红色金属
密度	→增大				
溶沸点	→升				
非金属性、得电子能力、氧化性	→减弱				
金属性、失电子能力、还原性	→增强				

(2) 氮及其化合物的性质、制法和用途

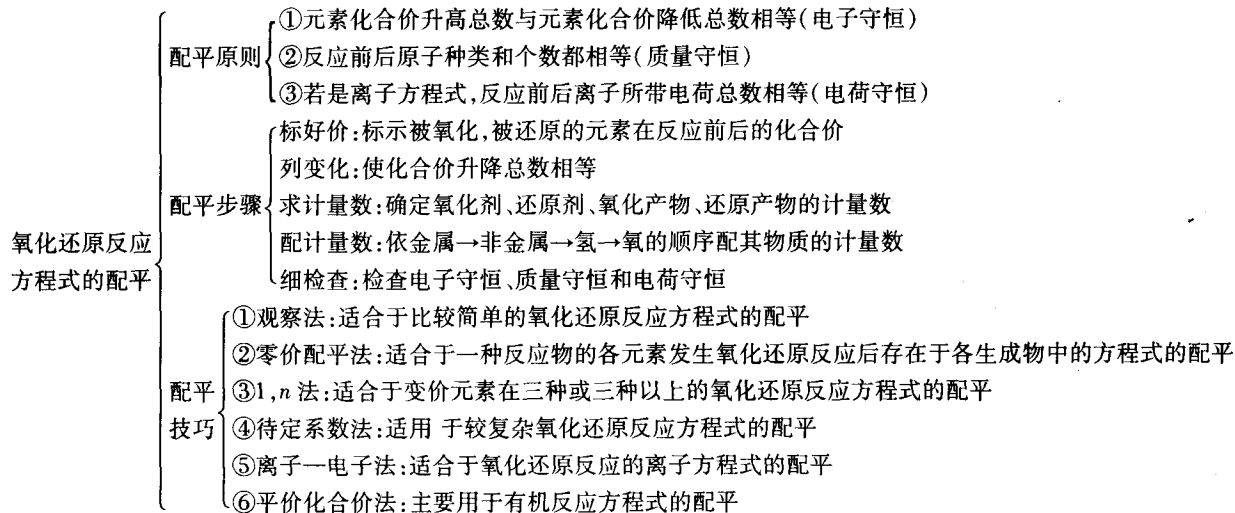




(3) 磷及其化合物的重要性质



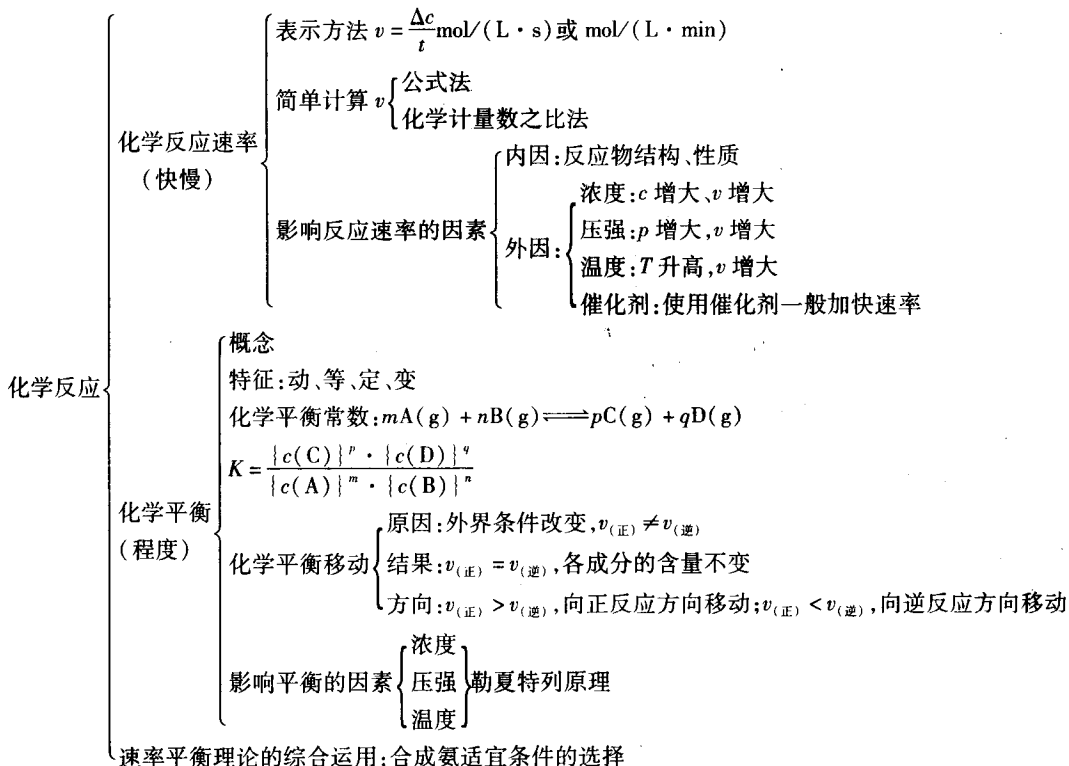
(4) 氧化还原反应方程式的配平



(5) 有关化学方程式的计算

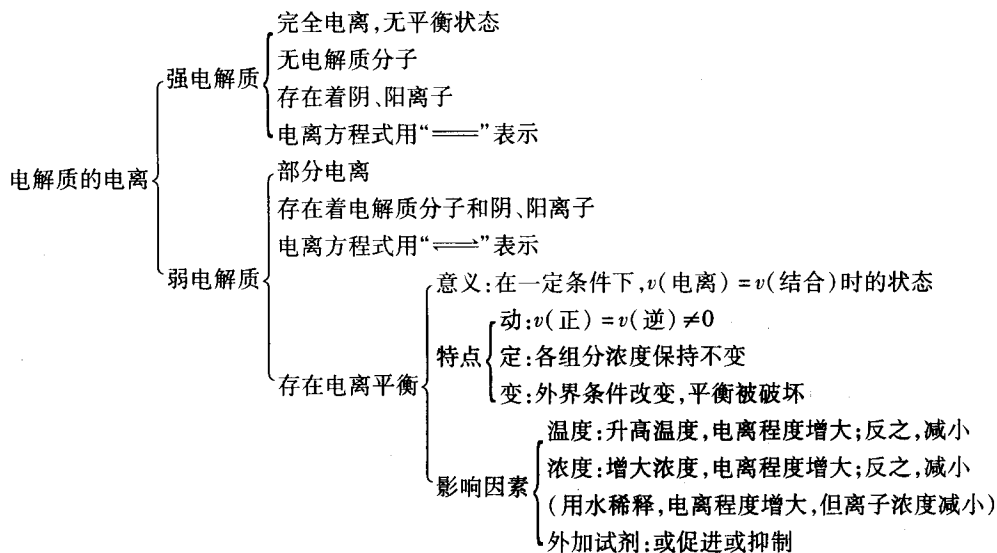
① 有一种反应物过量的计算 ② 多步反应的计算

2. 化学平衡知识结构图解

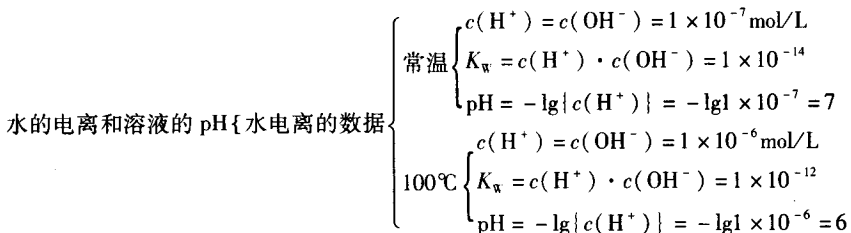


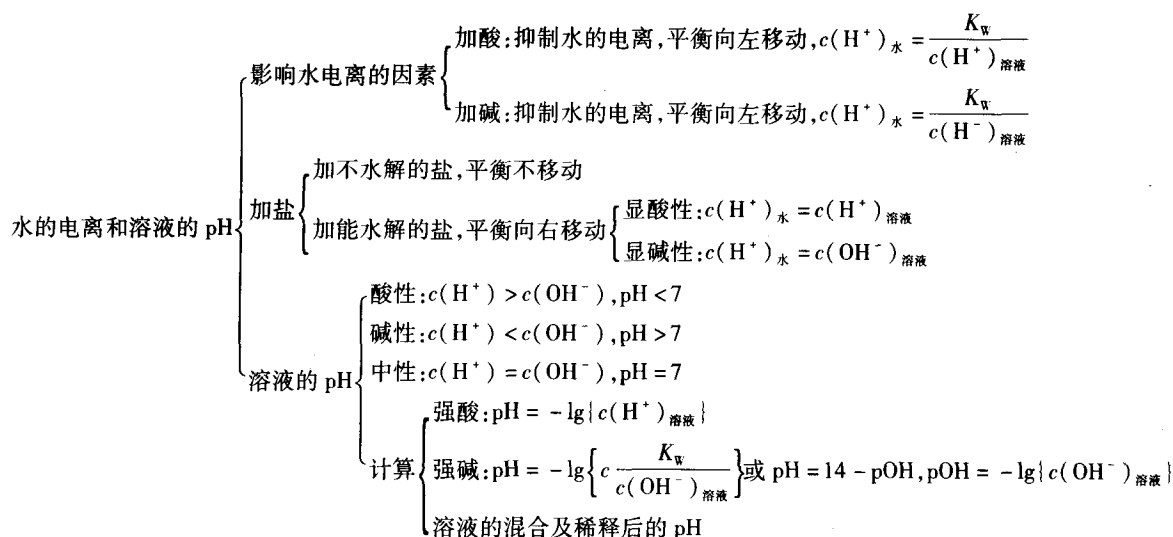
3. 电离平衡知识结构图解

(1) 强、弱电解质的电离及弱电解质的电离平衡

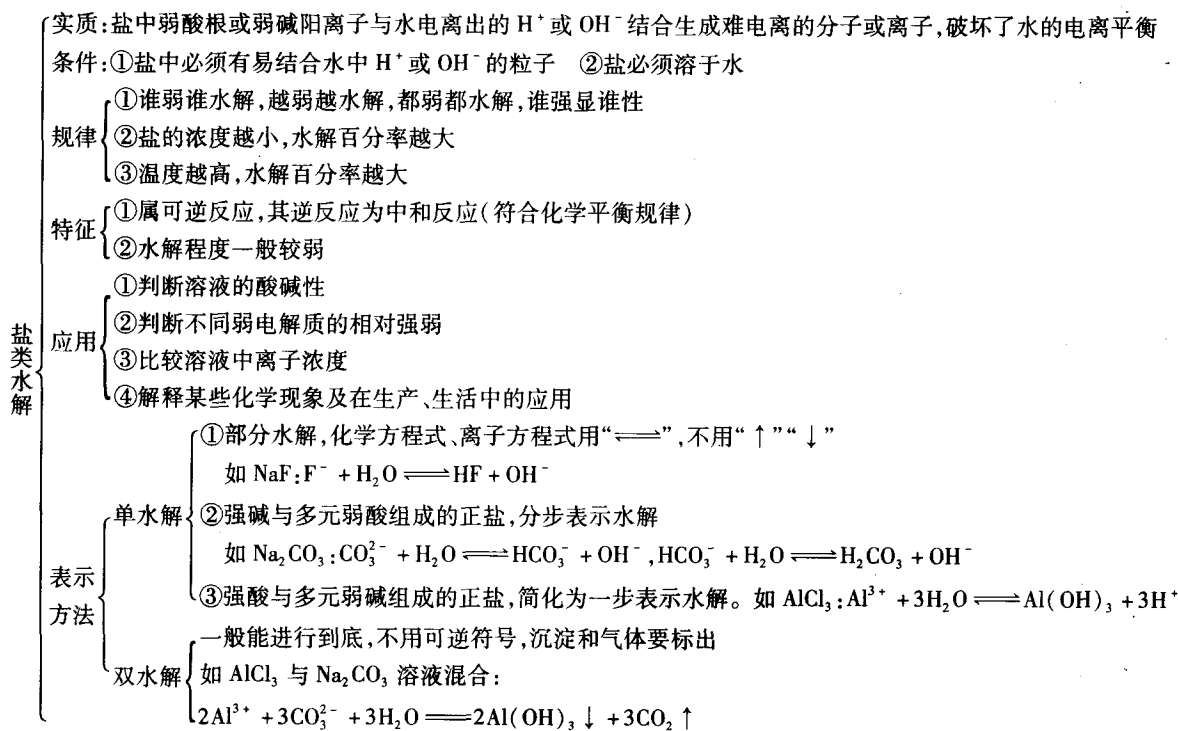


(2) 水的电离和溶液的 pH

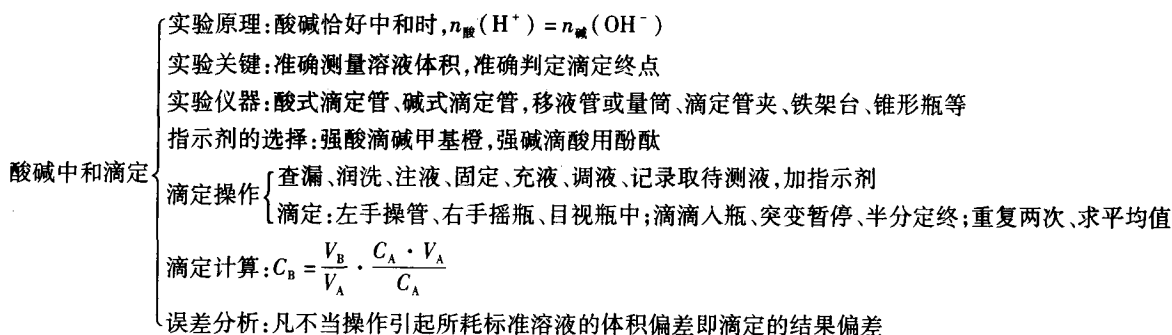




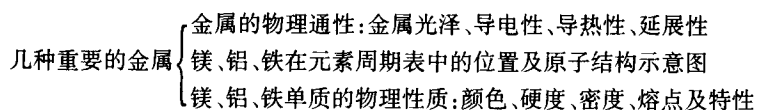
(3) 盐类的水解

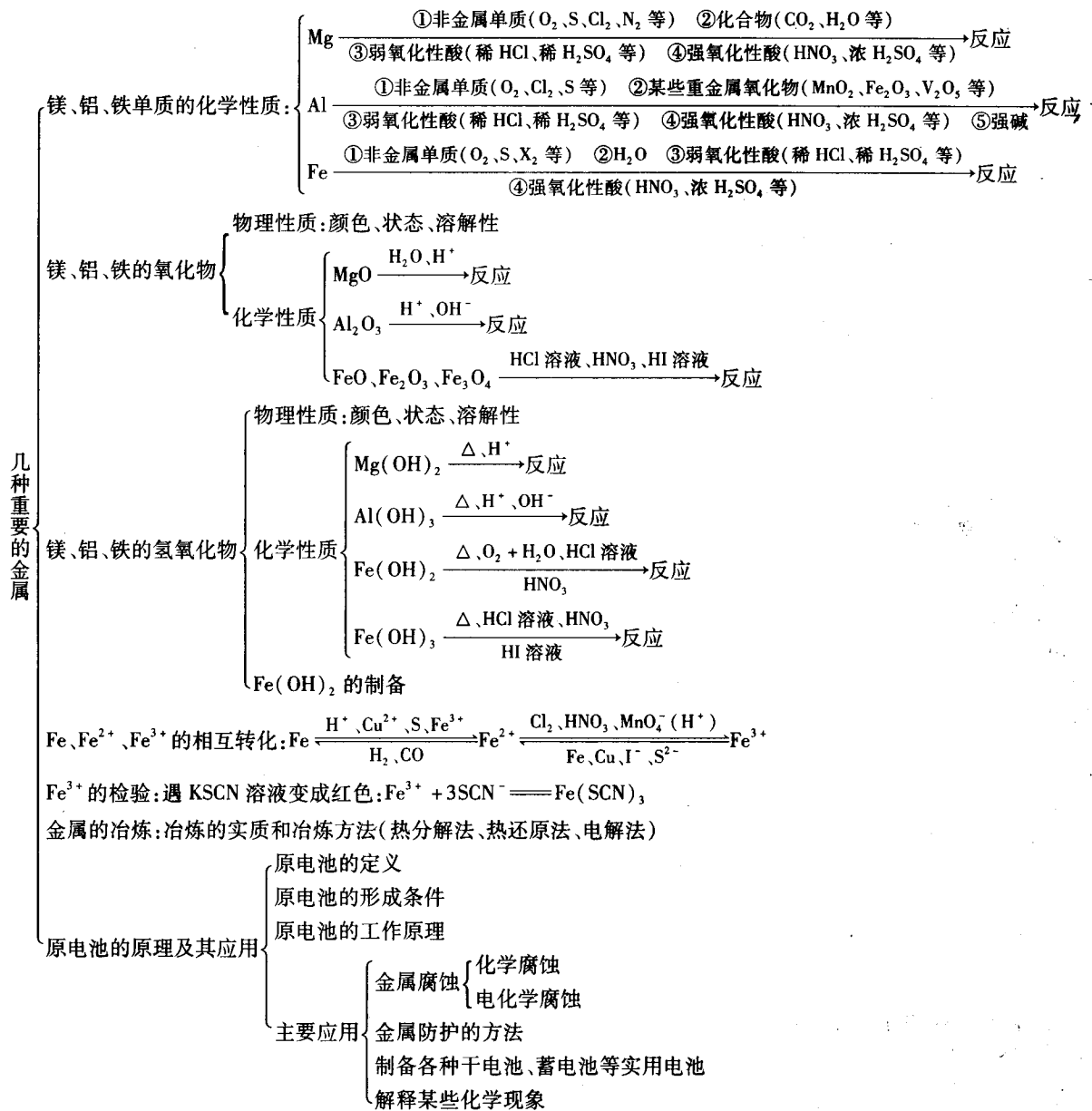


(4) 酸碱中和滴定



4. 几种重要的金属知识结构图解





二、学法指导

1. 对元素及其化合物的学习可采用“四步学习法”

(1) 明确知识主线、程序化研究物质

如非金属元素及其化合物的有序学习顺序为: 气态氢化物 $\leftarrow$ 非金属单质 $\rightarrow$ 氧化物 $\rightarrow$ 氧化物对应的水化物 $\rightarrow$ 含氧酸盐

因此我们可以确定氮及其化合物的知识主线为: $NH_3 \leftarrow N_2 \xrightarrow[NO_2]{NO} HNO_3 \rightarrow NaNO_3$

在横线上依次有序地研究主线所表示的单质及各类化合物, 在纵线上依次指结构、性质、用途、制法、存在、保存等程序化地研究每一种具体物质。

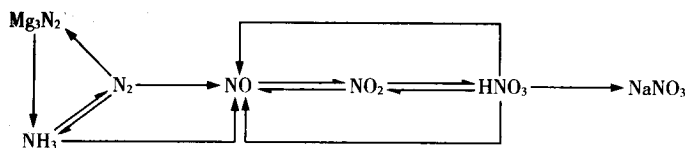
(2) 加强理论指导, 抓住知识要点

物质的结构决定物质的性质, 物质的性质联系着物质的用途、制法、存在等, 因此在学习时要以物质结构理论、氧化还原反应理论为指导, 抓住知识要点, 学习元素及其化合物的知识。

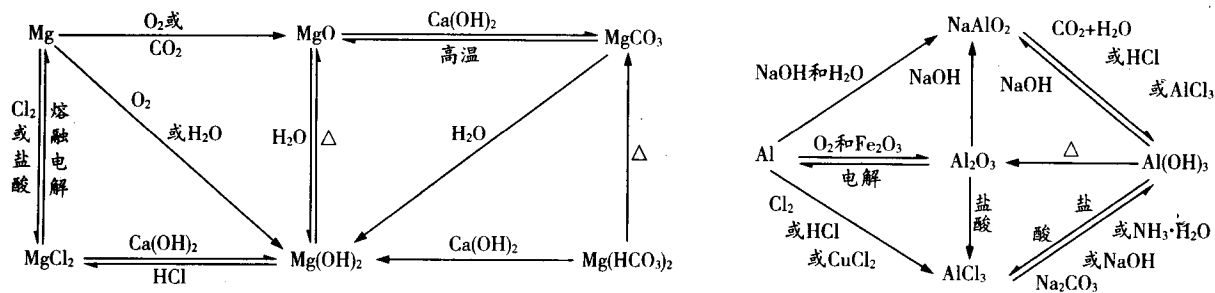
(3) 加强横向联系, 构建知识网络

在学习各种物质的同时, 要纵横联系, 构建网络。和谐、对称、简练的知识网络, 给人以化学美的启示。要能把一章甚至多章元素及其化合物的知识连接在一起, 并熟练记忆和写出图示中转化的化学方程式。

如氮及其化合物的相互转化图如下:



又如镁、铝及其化合物的相互转化图解如下:



(4) 加强对比联想, 精记重要知识

在学习过程中要通过对比、联想、归纳、总结等方法, 精记重要知识, 并找出元素性质的内在联系, 拓宽知识视野, 加深对已学知识的记忆和理解, 以达到触类旁通的目的, 并使知识条理化、系统化、网络化, 形成知识树。

2. 对“化学平衡”理论的学习应注意以下几点:

化学平衡是中学化学的重要理论之一, 是中学化学中所涉及的电离平衡、水解平衡等知识的核心, 对很多知识的学习和理解起着指导作用。在学习“化学平衡”理论时应注意以下几点:

(1) 要准确理解有关概念的内涵与外延, 善于揭示概念间的内在联系, 并应用所学概念和有关规律, 特别要准确掌握化学反应速率、化学平衡状态和化学平衡的移动三个不同的概念, 弄清三者的范畴及相互联系。

(2) 要准确把握外界条件对化学反应速率和化学平衡的影响, 学会用化学平衡移动原理来解决有关的平衡问题。尤其是对等效平衡原理, 化学平衡实质的理解与应用。

(3) 要重视化学实验, 认真观察和理解课本上安排的有关实验, 弄清实验现象, 发生的反应及说明的问题, 通过典型实验得出一般规律; 加深对所学概念、理论的理解和应用, 提高解决实际问题的能力。

(4) 通过合成氨适宜生产条件的选择, 加深对化学反应速率和化学平衡理论在实际生产中应用的理解。

(5) 要学会看图、析图和用图, 多加强练习, 做到学、练、纠相结合。

3. 对“电离平衡”知识的学习要做到以下几点:

(1) 要注意新旧知识的联系, 将上章所学的有关化学平衡的知识、规律和方法, 应用于学习电离平衡、水解平衡的过程之中, 这样可降低学习的难度, 并有利于建立新的知识体系。

(2) 充分利用教材中的示意图、演示实验, 以直观克抽象, 能帮助我们探究化学现象的本质, 理解学习的有关理论知识, 减少理论学习的枯燥感, 往往会使学习收到事半功倍的效果。

(3) 程序化学习知识, 夯实双基。本章内容结构紧密, 逻辑性强, 层层深入, 环环相扣, 学习时, 可采用“定义→实质→影响因素→有关应用”的基本模式程序化学习电离平衡、盐的水解平衡、溶液的 pH、酸碱中和滴定等知识, 在学习的每一个环节上打好基础, 积极思考, 防止知识与应用的脱节。

(4) 积极参与问题的讨论, 注意在讨论中探究问题的本质。要主动参与到课本设置的几个讨论题的讨论活动中去, 在讨论中解除疑惑, 在讨论中发现真理, 在讨论中寻求创新。

(5) 要重视理念联系实际, 提高运用所学理论知识解决实际问题的能力。

4. 对“原电池原理”的知识的学习

(1) 紧抓新旧知识的相互联系

关于原电池原理及应用的学习, 我们可以从已学过的氧化还原反应入手, 逐步过渡到原电池的构造及工作原理; 以置换反应 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$ 为例, 先分析该反应中电子转移的方向及数目, 再结合物理知识(电荷的定向移动形成电流)。从而逐步过渡到化学能与电能的转化, 原电池的正负极和电极反应等知识。

(2) 加强理论知识的指导作用

可以用氧化还原反应理论来指导原电池原理的学习与应用。原电池实质上是在不同的电极上发生的自发的氧化还原反应并产生了电流的装置, 用电子转移的观点来分析所发生的反应, 既可以加深对具体反应的理解, 又能理解和掌握原电池原理。

(3) 注意学科间综合能力的培养

原电池原理及其应用的电化学知识与物理学中的电学知识有一定的联系, 在学习时要注意用好有关材料, 提高学科间知识的综合能力, 以适应高考的新要求。

对于氧化还原反应方程式的配平和有关化学方程式的计算, 要遵循守恒原则, 熟练解题步骤, 规范化学用语, 活用解题技巧。

当然, 法无定法, 在学习化学时, 只要我们加强基础, 注重联系, 重视实验, 加强应用, 学好化学应是指日可待。

第一章

氮族元素

第一节 氮和磷

重难点聚焦

1. 氮族元素

(1) 氮族元素位于现在的长式元素周期表的第 VA 族, 包括氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb)、铋(Bi) 5 种元素。

(2) 从原子结构上看, 氮族元素的原子最外层都有 5 个电子, 但各原子的核电荷数、电子层数、原子半径各不相同。

(3) 主要性质:

① 相似性

a. 最高正化合价都是 +5, 正化合价还有 +3, 最低负化合价都是 -3 (Sb、Bi 没有负化合价)。

b. 最高价氧化物的水化物 (HRO_3 或 H_3RO_4) 都显酸性。

注意: A. Sb、Bi 是金属元素, 主要化合价为 +3、+5 价, 没有负化合价

B. 因氮的原子半径小, 它只有一种最高价含氧酸 HNO_3 , 而磷元素有两种最高价含氧酸 (HPO_3 和 H_3PO_4)。

② 递变性: (周期表中从上到下)

a. 原子半径逐渐增大。

b. 元素的金属性逐渐增强, 而非金属性逐渐减弱, 其中氮、磷是非金属, 砷虽然是非金属, 但已显示有一定的金属性, 而锑、铋已具有较明显的金属性。

c. 气态氢化物的稳定性逐渐减弱, 而其还原性逐渐增强。

d. 最高价含氧酸的酸性逐渐减弱, 其中硝酸 (HNO_3) 是一元强酸, 磷酸 (H_3PO_4) 是三元中强酸, 其余都是弱酸。

e. 其单质的性质也呈现有规律性的变化。如按 $\text{N} \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{As} \rightarrow \text{Sb} \rightarrow \text{Bi}$ 的顺序, 其单质的状态由气态 → 固态转化; 其单质的密度逐渐增大; 其单质的熔、沸点由 $\text{N} \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{As}$ 逐渐升高而 $\text{Sb} \rightarrow \text{Bi}$ 逐渐降低。

注意: 氮族元素的非金属性比同周期的氧族元素、卤素的非金属性都要弱。例如:

A. 最高价氧化物的水化物的酸性:



B. 气态氢化物的稳定性: $\text{RH}_3 < \text{H}_2\text{R} < \text{HR}$

C. 氢化物的还原性: $\text{RH}_3 > \text{H}_2\text{R} > \text{HR}$

2. 氮气

名师诠释

◆ [考题 1] 下列说法正确的是 ()。

A. 第 VA 族元素都是非金属元素

B. 磷比氮更难与氢化合生成气态氢化物

C. 气态氢化物的稳定性: $\text{PH}_3 < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O}$

D. 酸性: $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$

[解析] 第 VA 族元素中砷虽然是非金属, 但已表现出一些金属性, 而锑、铋已表现出比较明显的金属性, 属于金属元素。故选项 A 是不正确的; 氮、磷为同主族元素, 磷的非金属性弱于氮, 所以单质与氢化合时, 磷比氮困难, 且生成的氢化物的稳定性 PH_3 弱于 NH_3 , 故选项 B 是正确的; 氮、氧为同周期元素, 氮的非金属性弱于氧, 所以生成的氢化物的稳定性 NH_3 弱于 H_2O , 故选项 C 是正确的; 氮、磷为同主族元素, 氮的非金属性强于磷, 所以最高价含氧酸的酸性 HNO_3 强于 H_3PO_4 是正确的。但磷、硫为同周期元素, 磷的非金属性弱于硫, 则 H_3PO_4 的酸性弱于 H_2SO_4 , 可见选项 D 是不正确的。

[答案] B、C

◆ [考题 2] 砷为第四周期 VA 族元素, 根据它在元素周期表中的位置推测, 砷不可能具有的性质是 ()。

A. 砷在通常情况下是固体

B. 可以有 -3、+3、+5 等多种化合价

C. As_2O_3 对应水化物的酸性比 H_3PO_4 弱

D. 砷的还原性比磷弱

[解析] 依 $\text{N} \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{As}$ 的顺序, 其单质的熔、沸点逐渐升高, 其通常情况下的状态分别为气 → 固 → ?, 可推知砷的单质应为固体; 已知磷有 -3、+3、+5 价, 而砷与磷同主族相邻周期, 同为非金属, 可见砷也应有 -3、+3、+5 价; 氮族元素从上到下, 其最高价含氧酸的酸性逐渐减弱, 其单质的还原性逐渐增强, 则 As_2O_3 对应水化物的酸性比 H_3PO_4 的弱, 而砷的还原性应比磷的强。

[答案] D

◆ [考题 3] 关于氮族元素的下列叙述中, 正确的是 ()。

A. 最高化合价为 +5

B. 氢化物的通式为 RH_3

C. 非金属性从上到下递增

D. 其最高价含氧酸都是一元强酸

[解析] 氮族元素位于周期表的 VA 族。其最高正化合价为 +5, 最低负化合价为 -3, 因而, 其氢化物的通式为 RH_3 , 其最高价含氧酸的通式为 HRO_3 或 H_3RO_4 。随着核电荷数的增加, 氮族元素的非金属性逐渐减弱, 最高价含氧酸的酸性逐渐减弱, 其中硝酸是一元强酸, 磷酸是三元中强酸, 其余的酸都是弱酸。

[答案] A

[点评] 熟知同主族元素性质的相似性与递变规律是解答本类

(1) 分子结构

氮气的分子式为 N_2 ; 电子式为 $N::N$; 结构式为 $N \equiv N$ 。

其分子中 $N \equiv N$ 键很牢固, 使氮分子的结构很稳定。

氮气是由非极性键结合的非极性分子。

(2) 物理性质

纯净的氮气是一种无色无味的气体, 密度比空气的稍小, 难溶于水。

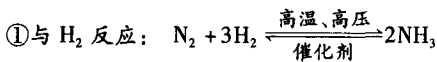
注意: a. 氮气的溶解度和沸点都低于相同条件下氧气的溶解度和沸点。

b. N_2 与 CO 、 C_2H_4 的相对分子质量相同。

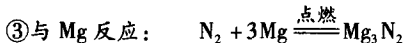
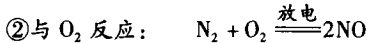
c. 可用排水法收集 N_2 。

(3) 化学性质

通常状况下, 氮气的化学性质不活泼, 很难与其他物质发生化学反应, 但在高温、高压、放电等条件下, N_2 能与 H_2 、 O_2 、 Mg 等发生化学反应。



(工业上利用这一反应合成氨)



注意: 氮气和酸、碱、高锰酸钾等均不反应, 也不能在空气或氧气中燃烧。

(4) 主要用途:

① 氮气是合成氨、制硝酸的重要原料;

② 氮气常用作保护气, 用于焊接金属、填充灯泡、保存农副产品等;

③ 液氮可用作冷冻剂, 用于医学、高科技领域。

3. 氮的氧化物

(1) 氮的氧化物有 N_2O 、 NO 、 N_2O_3 、 NO_2 、 N_2O_4 、 N_2O_5 等 6 种。

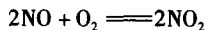
(2) 其中 N_2O_3 是亚硝酸 (HNO_2) 的酸酐, N_2O_5 是硝酸 (HNO_3) 的酸酐。

(3) 仅 NO_2 是红棕色气体, 其余氮的氧化物都是无色气体。

(4) 氮的氧化物都有毒, 都是大气污染物。

(5) NO 、 NO_2 简介

① NO 是无色、无味、不溶于水的气体。它不与水反应, 但很容易被空气中的 O_2 氧化成红棕色的 NO_2 气体。



② NO_2 是红棕色、有刺激性气味的有毒气体, 易溶于水, 与水反应生成 HNO_3 和 NO 。



③ NO 、 NO_2 是大气污染物。空气中的 NO 、 NO_2 污染物主要来自石油产品和煤燃烧的产物、汽车尾气以及制硝酸工厂的废气等。 NO 易与血红蛋白结合, 使血红蛋白失去携氧功能, 造成人体中毒, 这与 CO 导致人体中毒

试题的惟一途径。同时也要注意氮族元素与卤族元素、氧族元素、碳族元素性质纵横向比较, 借以加深对元素周期律理论的理解, 形成一套完整的指导元素及化合物学习的理论体系。

◆【考题 4】关于氮气的性质的说法中, 错误的是()。

- A. 通常状况下, 氮气的化学性质不活泼
- B. 氮气可在氧气中燃烧, 生成一氧化氮气体
- C. 通常状况下, 氮气在水中的溶解度很小
- D. 在一定条件下跟氢气化合时, 氮气是还原剂

【解析】由于氮分子中 $N \equiv N$ 键很牢固, 使氮分子的结构很稳定, 通常状况下, 氮气的化学性质不活泼, 很难与其他物质发生反应; 氮气不能在氧气中燃烧, 但在放电条件下, 氮气可与氧气直接化合生成一氧化氮气体; 在一定条件下, 氮气与氢气化合生成氨, 反应过程中氮元素的化合价降低, 氮气是氧化剂; 通常状况下, 氮气在水中的溶解度很小, 1 体积的水只能溶解大约 0.02 体积的氮气。

【答案】B、D

◆【考题 5】相同质量的镁条分别在氧气、氮气和空气中充分燃烧, 所得的固体产物的质量由大到小的顺序是____; 过量的镁条分别在相同状况下与相同体积的氧气、氮气和空气中充分燃烧, 生成的固体产物的质量由大到小的顺序是____。

【解析】根据 $2Mg + O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2MgO$, $3Mg + N_2 \xrightarrow{\text{点燃}} Mg_3N_2$ 可知, 当 Mg 为 1 mol 时, 在 O_2 中燃烧, 质量增加 16g; 在 N_2 中燃烧, 质量增加 9.33g。相同质量的镁条在 O_2 、 N_2 和空气中充分燃烧生成固体物质质量由大到小的顺序是: $O_2 > \text{空气} > N_2$ 。

当气体物质的量为 1 mol 时, 生成 MgO 为 2 mol (质量为 80g), 生成 Mg_3N_2 为 1 mol (质量为 100g), 故生成固体产物的质量由大到小的顺序是: $N_2 > \text{空气} > O_2$ 。

◆【考题 6】Murad 等三位教授最早提出 NO 分子在人体内有独特功能。近年来此领域的研究有很大发展, 因此这三位教授荣获 1998 年诺贝尔医学及生理学奖。关于 NO 的下列叙述不正确的是()。

- A. NO 可以是某些含低价氮的物质被氧化的产物
- B. NO 不是亚硝酸的酸酐
- C. NO 可以是某些含高价氮物质被还原的产物
- D. NO 是红棕色气体

【解析】在 NO 分子中, N 元素呈 +2 价, 是 N 的中间价态, 它既可以是含低价氮物质被氧化的产物, 也可以是含高价氮物质被还原的产物。 NO 和 HNO_2 两种分子中 N 元素的化合价不同, 可知 NO 不是亚硝酸酐。 NO 是无色气体, NO_2 才是红棕色气体。

【答案】D

◆【考题 7】在硝酸生产过程中所排放出来的废气中含 NO 和 NO_2 , 它们污染环境, 现用氨催化还原法将它们转化为无毒气体_____(填化学式) 直接排入空气中, 写出有关反应的化学方程式_____。

假设 NO 和 NO_2 的物质的量之比为 1:1, 则两者的混合物相当于一种酸酐, 写出由烧碱溶液吸收这种酸酐的化学方程式_____。

【解析】由 N 元素的化合价分析: NO 中为 +2 价, NO_2 为 +4 价, NH_3 中为 -3 价, 且 NH_3 作还原剂, 发生氧化还原反应, 其产物中 N 的价态应介于 +2 (+4) 和 -3 价之间, 只能为零价, 且 N_2 稳定、无

类似。空气中的 NO_2 是造成光化学烟雾的主要原因。

注意: NO_2 气体和溴蒸气都能使湿润的碘化钾淀粉试纸变蓝,故不能用湿润的碘化钾淀粉试纸来鉴别 NO_2 气体和溴蒸气。可用水或 AgNO_3 溶液来鉴别它们。你能指出用水或 AgNO_3 溶液鉴别 NO_2 气体和溴蒸气的实验现象吗?

4. 磷的单质的性质

白磷与红磷的比较

单质	白磷	红磷
分子结构	P_4 , 正四面体型, 键角 60° , 分子晶体	结构复杂, 分子晶体
物理性质	颜色状态	白色蜡状固体
	溶解性	暗红色粉末
	毒性	既不溶于水, 也不溶于二硫化碳
	着火点	剧毒
化学性质	①与 O_2 反应: $4\text{P} + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{P}_2\text{O}_5$ (白烟)	无毒
	②与 Cl_2 反应: $\begin{cases} \text{Cl}_2 \text{ 不足: } 2\text{P} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_3 \text{ (白雾)} \\ \text{Cl}_2 \text{ 过量: } 2\text{P} + 5\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_5 \text{ (白烟)} \end{cases}$	
保存方法	贮存水中	密封保存
相互转化	白磷 $\xrightarrow[\text{加热到 } 416^\circ\text{C 以上再冷却}]{\text{隔绝空气加热到 } 260^\circ\text{C}}$ 红磷	
主要用途	都可用于制造强度较高的磷酸	
	制燃烧弹、烟幕弹等	制农药、安全火柴等

注意: (1) P_4 只能代表白磷, 而 P 既可代表红磷也可代表白磷。

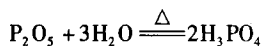
(2) 白磷和红磷互为同素异形体, 两者间的相互转化属化学变化。

5. 磷的化合物的性质

(1) 五氧化二磷(P_2O_5)

五氧化二磷(P_2O_5) 是白色固体, 具有极强的吸水性, 是良好的酸性干燥剂, 但不能干燥 NH_3 等碱性物质。

五氧化二磷是酸性氧化物, 具有酸性氧化物的通性。如与热水反应能生成磷酸, 与强碱反应可生成盐和水。

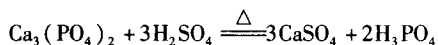


(2) 磷酸(H_3PO_4)

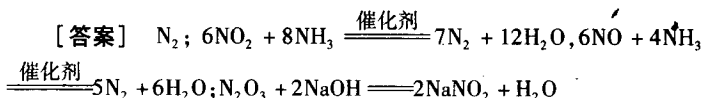
①纯净的磷酸是无色晶体, 有吸湿性, 能与水以任意比例混溶。常用的浓磷酸是无色黏稠的液体, 较稳定, 难挥发, 无毒。

②磷酸具有酸的通性。磷酸为三元中强酸, 与碱反应时, 当两者的物质的量之比不同时, 可生成不同的盐。

③工业上可用磷矿石与浓 H_2SO_4 反应来制取磷酸。



毒, 第一空得解; 第三空中 NO 与 NO_2 的物质的量之比为 $1:1$, 其 N 原子与 O 原子的物质的量之比为 $2:3$, 恰好相当于亚硝酸酐 N_2O_3 , 而 N_2O_3 与碱反应生成相应的盐(亚硝酸盐)和水, 因而可写出方程式。



◆ [考题 8] 关于磷的下列叙述中, 正确的是()。

- A. 红磷没有毒性而白磷剧毒
- B. 白磷在空气中加热到 260°C 可转变为红磷
- C. 白磷可用于制造安全火柴
- D. 少量白磷应保存在水中

[解析] 红磷无毒而白磷剧毒; 白磷在空气中加热到 260°C 会燃烧, 不能转变为红磷, 但白磷隔绝空气加热到 260°C 才可转变为红磷; 白磷着火点低, 容易自燃, 且有剧毒, 不能用于制造安全火柴, 而着火点较高且无毒的红磷可用来制安全火柴; 少量白磷应保存在水中。

[答案] A、D

◆ [考题 9] 含 0.1mol P 的红磷在一定量的氯气中燃烧后, 质量增加了 15g , 所得产物为()。

- A. 只有 PCl_3
- B. 只有 PCl_5
- C. 有 PCl_3 和 PCl_5
- D. 无法确定

[解析] 根据原子守恒, 15g 为参加反应的 Cl_2 的质量, 则 $n(\text{Cl}) = \frac{15\text{g}}{35.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.423\text{mol}$, 故 $n(\text{P}) : n(\text{Cl}) = 1 : 4.23$, 介于 $1:3$ 和 $1:5$ 之间, 所以产物为 PCl_3 和 PCl_5 的混合物。

[答案] C

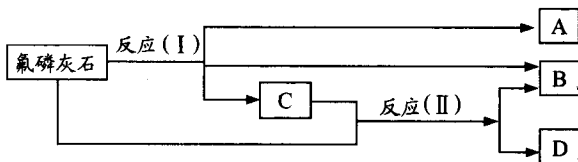
◆ [考题 10] 下列说法中, 正确的是()。

- A. P_2O_5 是常用的干燥剂, 可用于干燥 H_2 、 O_2 、 NH_3 等气体
- B. 将 P_2O_5 与冷水反应能生成磷酸
- C. 磷酸与烧碱反应时, 无论两者量的比例如何, 都只能生成磷酸钠
- D. 磷酸主要用于制磷肥, 也用于食品、纺织等工业

[解析] P_2O_5 是酸性干燥剂, 不能用于干燥 NH_3 等碱性气体; 将 P_2O_5 与热水反应能生成磷酸, 与冷水反应时生成的不是磷酸; 磷酸与烧碱反应时, 会因两者的量的不同而生成不同的盐, 既可能生成磷酸钠, 也可能生成磷酸二氢钠, 还可能生成磷酸一氢钠, 或者它们的混合物。

[答案] D

◆ [考题 11] 工业上常用氟磷灰石 [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$] 为原料, 按下图所示制取磷酸、磷酸二氢钙和氢氟酸, 图中反应 (I) 为氟磷灰石跟另一种原料反应, 生成 A、B、C 三种物质, 其中产物 C 又跟氟磷灰石发生反应 (II), 生成 B 和磷酸二氢钙。



试写出下列反应的化学方程式:

反应 (I) _____; 反应 (II) _____。

[解析] 氟磷灰石 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 可认为是 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 CaF_2 的固定组成物, 则由 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 、 CaF_2 与浓 H_2SO_4 反应的化学方程式不难类推 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 与浓 H_2SO_4 的反应方程式:



方法·技巧平台

6. NO_x 或 NO_x、O₂ 溶于水的计算

(1) NO、NO₂ 的混合气体溶于水时涉及反应:

$3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 可利用气体体积变化差值进行计算。

(2) NO₂ 和 O₂ 的混合气体溶于水时涉及反应:

$4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$, 其计算如下表:

$x = \frac{V(\text{NO}_2)}{V(\text{O}_2)}$	反应情况	所列方程
$0 < x < 4/1$	O ₂ 过量, 剩余气体为 O ₂	$\frac{V(\text{NO}_2)}{[V(\text{O}_2) - V_{\text{剩}}]} = 4:1$
$x = 4/1$	恰好完全反应	$\frac{V(\text{NO}_2)}{V(\text{O}_2)} = 4:1$
$x > 4/1$	NO ₂ 过量, 剩余 NO	$\frac{[V(\text{NO}_2) - 3V_{\text{剩}}]}{V(\text{O}_2)} = 4:1$

注: $V(\text{NO}_2) + V(\text{O}_2) = V_{\text{总}}$ 在表中未列出。

(3) NO、O₂ 的混合气体溶于水时涉及反应:

$4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$, 其计算如下表:

$x = \frac{V(\text{NO})}{V(\text{O}_2)}$	反应情况	所列方程
$0 < x < 4/3$	O ₂ 过量, 剩余 O ₂	$\frac{V(\text{NO})}{[V(\text{O}_2) - V_{\text{剩}}]} = 4:3$
$x = 4/3$	恰好反应, 无气体剩余	$\frac{V(\text{NO})}{V(\text{O}_2)} = 4:3$
$x > 4/3$	NO 过量, 剩余 NO	$\frac{[V(\text{NO}) - V_{\text{剩}}]}{V(\text{O}_2)} = 4:3$

(4) NO、NO₂、O₂ 三种混合气体溶于水中, 可先由反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 求出其生成 NO 的体积, 再加上原混合气体中的 NO 的体积即为 NO 的总体积, 再按(3)的方法进行计算。

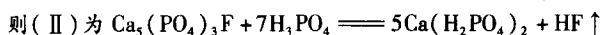
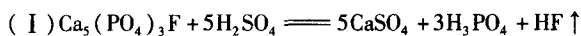


综合·创新拓展

7. 氮元素的化学活动性与氮分子的稳定性的区别

元素的性质取决于元素的原子结构。氮的原子半径小, 吸引电子的能力较强, 故表现出较强的化学活动性, 所以说氮元素是一种较为活泼的非金属元素。

氮气的稳定性则取决于氮分子的结构。氮分子是由两个氮原子共用 3 对电子结合而成的, 氮分子中有 3 个共价键 ($\text{N} \equiv \text{N}$), 它的键能很大 (946 kJ/mol), 当氮气参加化学反应时, 必须打开(破坏)分子中的 3 个共价键, 这就需要吸收很高的能量。因



[点评] 把陌生的物质 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 分组化解为 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaF_2 再结合已知物质 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 、 CaF_2 的性质来类推推出未知物质 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 的性质, 是化学解题的一种重要方法——演绎推理法。

◆[考题 12] 在一支容积为 30 mL 的试管内充满 NO₂ 和 O₂ 的混合气体, 把试管倒置于水中, 充分反应后剩余 5 mL 气体, 则原混合气体中 NO₂ 和 O₂ 的体积各是多少? (气体体积均在相同条件下测定)

[解析] 根据有关反应 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$, $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 可推知剩余的 5 mL 气体既可能是 O₂, 也可能是 NO, 需分别进行讨论。

(1) 若剩余气体是 O₂, 则参加反应的 NO₂ 和 O₂ 的总体积为 $30\text{ mL} - 5\text{ mL} = 25\text{ mL}$, 根据反应方程式 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 可知, 参加反应的 NO₂ 的体积为 $\frac{4}{5} \times 25\text{ mL} = 20\text{ mL}$, 则原混合气体中 O₂ 的体积为 $30\text{ mL} - 20\text{ mL} = 10\text{ mL}$ 。

(2) 若 NO₂ 过量, 剩余 5 mL 气体应为 NO, 则过量的 NO₂ 为 $3 \times 5\text{ mL} = 15\text{ mL}$, 因而参加反应的 NO₂ 和 O₂ 的总体积为 $30\text{ mL} - 15\text{ mL} = 15\text{ mL}$, 根据反应方程式 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 可知, 参加反应的 O₂ 的体积为 $\frac{1}{5} \times 15\text{ mL} = 3\text{ mL}$, 则原混合气体中 NO₂ 的体积为 $30\text{ mL} - 3\text{ mL} = 27\text{ mL}$ 。

◆[考题 13] 一支试管中充有 20 mL NO 气体, 倒置于水槽中, 现向其中通入一定量的 O₂, 试管内最终有 4 mL 气体, 则通入 O₂ 的体积可能是()。

A. 12 mL B. 15 mL C. 10 mL D. 19 mL

[解析] NO、O₂ 的混合气体溶于水时可由总反应式 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 进行求算。剩余气体可能是 NO, 也可能是 O₂, 需进行如下讨论:

(1) 当最终 4 mL 气体为 NO 时, 则耗用的 NO 为 $20\text{ mL} - 4\text{ mL} = 16\text{ mL}$, 需通入的 O₂ 的体积为 $\frac{3}{4} \times 16\text{ mL} = 12\text{ mL}$ 。

(2) 当最终 4 mL 气体为 O₂ 时, 则 NO 耗尽, 需通入的 O₂ 的体积为 $\frac{3}{4} \times 20\text{ mL} + 4\text{ mL} = 19\text{ mL}$ 。

[答案] A、D

◆[考题 14] 下列说法中, 正确的是()。

- A. 氮气很不活泼, 是因为 N₂ 分子内存在的 N≡N 键很牢固
- B. 氮气既可用排水法收集, 也可用排空气法收集
- C. 氮元素的非金属性比磷的强, 所以氮气比白磷活泼
- D. 越是活泼的金属或非金属, 越是不可能以游离态形式存在

[解析] 单质的活泼性与元素的非金属性是两个不同的概念, 如氮元素是较活泼的非金属, 氮原子很活泼, 但氮气中因含有很牢固的 N≡N 键而很不活泼, 在自然界中能以游离态存在; 尽管氮元素的非金属性比磷的强, 但由于破坏白磷分子内的共价键所需的能量比破坏氮气中的共价键所需的能量要少, 使白磷比氮气活泼; 一种气体该如何收集, 与其物理性质和化学性质都有关系, 若其密度与空气相当并易与空气反应的应用排水法收集, 若其密度与空气相差较大且能溶于水的应用排空气法收集, 可见 N₂ 宜用排水法收集而不宜用排空气法收集。