

主 编 / 希 扬

体现改革精神
强化综合训练

囊括试题精华
最新高考宝典

GAOKAOJUESHENG

高考决胜

8000 题

理科综合

本册主编 / 屠新民 杨冬莲

抓住机遇 迎接挑战

清华、北大在等着你!



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

理 科 综 合

高考决胜

800

题

高考决胜 800 题



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

· 桂林 ·

编委名单

主 编：希 扬
副 主 编：黄文斐 孙济占
编 委：黄文斐 孙济占 冯桂云 李大为 罗炳宽
全仁经 徐 凡 侯德庆 郑中兴 郑福民
邱新华
本 册 主 编：屠新民 杨冬莲
本册副主编：牛鸿卫 陈贵岭
本 册 编 者：屠新民 牛鸿卫 陈贵岭 周 玉 谭红臣
李 林 杨福合 张静娟

高考决胜 800 题 · 理科综合

本册主编 屠新民 杨冬莲

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 36 号 邮政编码：541001)

北海日报印刷厂印刷

*

开本：890×1 240 1/32 印张：14.25 字数：542 千字

2001 年 7 月第 1 版

2001 年 7 月第 1 次印刷

印数：00 001~20 000 册

ISBN 7-5633-3247-2/G · 2157

定价：14.30 元

序 言

“3+综合”考试要考查的综合有两种形式：一是文科综合、理科综合，二是大综合。无论哪种形式，理科综合内容都是必考内容。我国现有的理科教材，数学、物理、化学、生物都是独立自成体系，尽管新教材从素质教育的新理念出发，教师教学中突出了综合能力的培养，但教材的独立性难以避免。本书从理科各科知识之间的有机联系出发，将数学、物理、化学、生物等理科知识融为一体，突出理科知识与经济繁荣、社会公正、生态安全的可持续发展的有机联系，使之成为评价人与自然、社会发展的有效手段，为中学生提供一本将数学、物理、化学、生物知识综合起来，应用于生活实际的理科综合典型名题集。

我们衷心的希望中学生朋友从本书所给出的综合性典型名题中，学会举一反三、发散性思考的方法，灵活运用本书给出的解题技巧与思维，正确掌握综合题的解法，在高考中解好综合题，攀登上中学阶段学习的顶峰，考出最佳成绩，升入如愿的大学。

作者

目 录

序言	(1)
第一篇 理科综合考试的命题指导思想	(1)
第二篇 化学与物理、生物等综合名题例析	(3)
第一部分 元素与化合物综合题	(3)
第二部分 基本概念与基本理论综合题	(21)
第三部分 有机化学综合题	(40)
第四部分 化学实验及计算综合题	(65)
第五部分 跨学科综合题	(82)
第二篇参考答案	(97)
第三篇 物理与化学、生物、数学综合名题例析	(113)
第一部分 力学综合题	(113)
第二部分 电学综合题	(136)
第三部分 光学综合题	(155)
第四部分 热学综合题	(162)
第五部分 压轴题库	(170)
第三篇参考答案	(173)

第四篇 生物与物理、化学综合名题例析 (174)

第一部分 细胞综合题 (174)

第二部分 生物的新陈代谢综合题 (195)

第三部分 生物的生殖和发育综合题 (217)

第四部分 生命活动的调节综合题 (230)

第五部分 遗传和变异综合题 (240)

第六部分 生命的起源和生物的进化综合题 (263)

第七部分 生物与环境综合题 (276)

第四篇参考答案 (302)

第五篇 数学与物理、化学及生物综合名题例析 (309)

第一部分 代数综合题 (309)

第二部分 三角函数综合题 (340)

第三部分 立体几何综合题 (357)

第四部分 解析几何综合题 (369)

第五部分 压轴题库 (375)

第五篇参考答案 (380)

第六篇 综合名题选 (415)

第一部分 理科综合测试题及参考答案 (415)

第二部分 综合科目测试题及参考答案 (428)

附:2000年普通高等学校招生全国统一考试(广东卷)及答案
..... (441)

理科综合考试的命题指导思想

2001年将有18个省、市、自治区实施“3+大综合”或“3+文科综合/理科综合”考试。2002年将会有更多的省、市、自治区参加到这种考查学生创新能力的考试中来。综合性学科的考试通过试点省、市保送生考试的试验,已经得到大、中学校老师、学生以及家长的认同。

基于以上原因,为指导参加“3+综合”的考生学好、复习好理科综合,本书以指导学生学习的学习理论为指导,选编理科知识综合性强、有现实意义、有实际应用价值和考查可能性的名题,点评加分析,给出正确规范的解法,写出解法点评或题目发散、延伸点评,使读者能学一题而解一类,触类旁通,达到提高能力的目的。

1. 理科综合考试的命题指导思想

“综合考试”是高考内容和形式随着我国中学推行素质教育配套实行的一项改革,目的是探索如何有利于学校鉴别和选拔能够融会贯通地运用所学知识、具有创新意识和创新能力的优秀学生的途径和方法。同时,也有利于推动中学不断改进教学,提高教学质量,实施素质教育。

在认知能力的划分中,“综合”被界定为“将被认识对象的各个部分、各种要素、各个方面联系起来,组织成统一的整体”,所以,建立在中学理科科目(生物、物理、化学、数学)基础上的“理科综合”,不是各科目按一定比例的“拼盘”,而是考查学生有机地综合运用所学知识分析问题和流畅地解决问题的能力的一种考试。

“理科综合”测试强调学科内部及学科之间相关内容的渗透、交叉和有机综合,强调理论和实际相结合、学以致用,强调人与自然、人与社会协调发展的现代意识,因而,其命题的立意多以现实生活中的有关理论问题和实际问题为主,要求更加真实和全面地模拟现实。试题不是浅层次地要求学生的事物存在、变化和发展的某一局部、某一层次或某一阶段进行描述,而是要求学生注重对事物的整体结构、功能和作用的认识,以及对事物变化、发展全过程的分析理解。

值得强调的是,根据我国新组建的综合性大学的需要,“理科综合”所涉及的知识将以多样性、复杂性和综合性呈现出来。所强调的能力,主要是选择、加工、

提取信息以及综合运用所学知识分析问题和解决问题。试题首先反映学科之间并列递进关系,也就是选择一段材料,分层次、多角度设问,构成一个问题链,着重考查学生的思维过程;其次是体现学科之间系统包容关系,即设计一个问题,要求调动诸学科知识和方法,从整体上加以把握,着重考查学生的系统思维能力。

2. 理科综合考试的目标与内容

理科综合考试是以中学物理、化学、生物三门课程为基础,结合社会科学各科和有关数学的综合考试。其能力要求应依据教育部确定的综合考试的测试目标及内容,具体如下:

(1) 测试目标

- ①理解事物发展变化过程的能力。
- ②综合运用知识的创新意识和能力。
- ③体现基本的科学精神和人文精神。

(2) 测试内容

- ①了解基本的自然科学现象、规则、定律和规律的内容及意义。
- ②理解自然科学主要概念与结论。
- ③能较完整地描述自然现象。
- ④能认识数据、公式、图形之间的关系;能发现相同的自然现象或社会现象之间的区别;能把握不同的自然现象或社会现象之间的联系。
- ⑤能根据图表、数据解释说明有关概念或能图示相关概念。
- ⑥能阅读、理解、选择、使用适当的资料,提取有效信息和解释相关问题。
- ⑦能通过数据、图表等把握事物的特征、规则或关系;应用所学的知识对自然界各种现象进行系统地分析和多角度、多层面地描述。
- ⑧能分析自然现象和社会现象发展变化的原因,透过现象把握本质。
- ⑨能根据事实作出科学、有效的判断、归纳、推理。
- ⑩能正确评价人与自然、社会的关系。
- ⑪能体现经济繁荣、社会公正、生态安全的可持续发展的价值取向。

第一部分 元素与化合物综合题

元素与化合物是无机化学的重要组成部分,涉及金属元素、非金属元素及与化合物有关的化学理论甚至与其他学科的综合.复习时应以元素周期律为理论指导,以点带面,形成系统知识,并注重求同存异,使矛盾的普遍性(通性)与特殊性(特性)辩证统一.因内容庞杂,故通过对一些典型例题的分析,以期对读者有所裨益.

例题

【例 1】 某工厂排出的废水中含游离氯气,为了除去废水中的游离氯,而且使废水变为中性,有人提出如图 2-1 所示方案.在废水排管的 A、B 处分别注入一定流量的废烧碱溶液和亚硫酸钠溶液.试分析:

(1) A、B 处应加入物质的化学式是: A 处 _____, B 处 _____.

(2) 反应的离子方程式, A 处 _____, B 处 _____.

【分析】 游离氯(Cl_2)可与烧碱、亚硫酸钠反应,因 Cl_2 与 Na_2SO_3 的反应为:
 $\text{Cl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$, 即反应后生成酸,故应使烧碱位于其后,以中和生成的酸,且使其用量便于测量(中和滴定原理).



图 2-1

【解】 (1) A: Na_2SO_3 B: NaOH

(2) A: $\text{Cl}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$ B: $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$

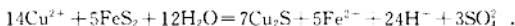
【评注】 本题考查了 Cl_2 的氧化性及其与碱反应的重要知识点和亚硫酸盐的还原性,并与实际结合起来.

【例 2】 矿物胆矾($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$),当它溶于水渗入地下,遇到黄铁矿(FeS_2)时,铜将以辉铜矿(Cu_2S)的形式沉积下来;而铁和硫元素则进入水溶液,该溶液无臭味,透明,绿色,呈强酸性,有的矿区可见到这种强腐蚀性地下水(俗

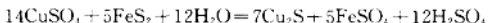
称“黑水”)渗出地面,上述反应可用一个化学方程式表示,试写出配平的化学方程式.

【分析】 本题涉及信息处理能力和氧化还原理论的应用.“无臭味”,就是无 H_2S ;“透明、绿色”,含 Fe^{2+} ;“强酸性”,表明含 H^+ . 因为 CuSO_4 中 +2 价铜离子及 FeS_2 中 -1 价硫离子被还原,所以氧化产物应含 SO_4^{2-} (SO_3^{2-} 酸性条件下难以大量存在,有 S 则混浊).

【解】 分析可知,其离子反应式为:



再由氧化还原的配平方法可配平而得上式,进而可写出其化学方程式为:



【评注】 本题考查了 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、硫及化合物有关知识;另外考查分析问题的严密性及离子方程式和氧化还原方程式的配平技巧.

【思考】 若 1 mol Cu^{2+} 被还原,则同时得到的氧化产物 SO_4^{2-} 是多少摩尔?(答案:3/14 mol)

【例 3】 摄影工艺中的废定影液的 pH 小于 7,其中含有银的复杂化合物.为了回收银,进行如下操作:向盛有定影液的烧杯中,加入少量稀 NaOH 溶液,再加入硫化钠溶液生成黑色沉淀,过滤,将固体移入坩埚中加碳酸钠和硼砂(催化剂)混合加热,放出二氧化碳和氧气.将残留的固体用水洗涤,即得到固体银,而洗涤液中主要含有硫化钠,试回答下列问题:

(1)开始时为何要向废液中加入少量氢氧化钠溶液?

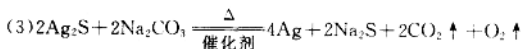
(2)此过程中的黑色沉淀物质是什么?

(3)写出加热时坩埚内发生反应的化学方程式.

【分析】 由废液 $\text{pH} < 7$ 可知,若直接加 Na_2S 将有有毒气体 H_2S 释放;中和后加 Na_2S 有黑色沉淀,该沉淀物质为 Ag_2S ;加热时反应的化学方程式可据叙述分析得知.

【解】 (1)中和酸性,防止加 Na_2S 有 H_2S ↑

(2) Ag_2S (硫化银)



【例 4】 NO 分子因污染空气而不受欢迎.近年来,发现少量的 NO 在生物体内许多组织中存在,它有扩张血管、免疫、增强记忆的功能,因而成为当前生命科学研究热点,NO 亦被称为“明星分子”.请回答下列问题.

(1)NO 对环境的危害在于_____.(填以下项目的编号)

A. 破坏臭氧层

B. 高温下能使一些金属氧化

C. 造成酸雨

D. 与人体内血红蛋白结合

(2) 在含 Cu^+ 离子的酶的活化中心中, 亚硝酸根离子 (NO_2^-) 可转化为 NO , 写出 Cu^+ 和亚硝酸根离子在酸性水溶液中反应的离子方程式: _____.

(3) 在常温下, 在一个体积固定的容器里把 NO 气体压缩到 $1.01 \times 10^4 \text{ kPa}$, 加热到 50°C , 发现气体的压强迅速下降, 压强降至略小于原压强 $2/3$ 就不再改变. 已知其中一种产物 N_2O , 写出上述变化的化学方程式: _____.

(4) 解释(3)中为什么最后的气体总压强小于原压强的 $2/3$. _____.

【分析】 (1) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$, $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 则有酸雨因素; 大气中 $\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{光}} \text{NO} + \text{O}$, $\text{O}_3 + \text{O} = 2\text{O}_2$, 则使臭氧层遭破坏.

(2) 由 $\text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}$, 化合价由 $+3$ 降至 $+2$, 则必有元素失去电子化合价升高, 因而判断出 $\text{Cu}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+}$, 再配平即可.

(3) 由 $\text{NO} \xrightarrow{+2} \text{N}_2\text{O}$, 则另一产物元素化合价将升高, 可能为 NO_2 、 N_2O_4 等. 再由压强为原来的 $2/3$ 可知反应后气体物质的量为原来的 $2/3$. 设 NO 为 3 则新产物为 2, 可知为 NO_2 合理.

(4) 压强小于 $2/3$ 则考查了 NO_2 的缔合性质.

【解】 (1) A、C、D

(2) $\text{Cu}^+ + \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

(3) $3\text{NO} \xrightarrow[50^\circ\text{C}]{100 \text{ atm}} \text{N}_2\text{O} + \text{NO}_2$

(4) 存在化学平衡: $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$

【评注】 本题着重考查了 NO 、 NO_2 、 HNO_3 的性质及氧化还原反应的分析方法.

【例 5】 BGO 是我国研制的一种闪烁晶体材料, 曾用于诺贝尔奖获得者丁肇中的著名实验. 它是锗酸铋的简称. 若知: ①在 BGO 中, 锗处于其最高价态; ②在 BGO 中, 铋的价态与铋跟氯形成的某种共价氯化物时所呈的价态相同, 在此氯化物中铋具有最外层 8 电子稳定结构; ③BGO 可看成是由锗和铋两种元素的氧化物所形成的复杂氧化物, 且在 BGO 晶体的化学式中, 这两种氧化物所含氧的总质量相同, 请填空:

(1) 锗和铋的元素符号分别是 _____ 和 _____.

(2) BGO 晶体的化学式是 _____.

(3) BGO 晶体中所含的铋氧化物的化学式是 _____.

【分析】 锗位于 IVA 族, 因此最高价为 $+4$. 铋位于 VA 族, 有 $+3$ 、 $+5$ 价, 其氯化物为 BiCl_3 或 BiCl_5 , 前者 Bi 符合最外层 8 电子稳定结构. 故 BGO 中二者

氧化物形式分别为 GeO_2 、 Bi_2O_3 。又因 BGO 晶体中两种氧化物所含氧的总质量相同,故二者摩尔比为 3 : 2,晶体化学式为 $2\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{GeO}_2$,即 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ 。或由锆酸铋名称亦可联想 H_4SiO_4 书写形式写出 $\text{Bi}_4(\text{GeO}_4)_3$,再验证之亦可。

【解】 (1)Ge, Bi

(2) $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ [或 $2\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{GeO}_2$ 或 $\text{Bi}_4(\text{GeO}_4)_3$]

(3) Bi_2O_3

【评注】 本题考查了ⅣA、ⅤA族元素的化合价、化学式及最外层8电子稳定结构的判断。值得注意的是主族元素的元素符号是应熟记的内容,否则会造成不必要的失分。

【例6】 呼吸面具中 Na_2O_2 可吸收 CO_2 放出 O_2 ,若用超氧化钾(KO_2)代替 Na_2O_2 也可起到同样的作用。

(1)写出 KO_2 与 CO_2 反应的化学方程式_____。

(2)1 kg Na_2O_2 和 1 kg KO_2 分别和 CO_2 反应,生成的 O_2 的体积比(同温同压下)为_____。

(3)等摩尔 CO_2 分别与足量 Na_2O_2 、 KO_2 反应,生成的 O_2 的体积比(同温同压)为_____。

(4)你认为选用_____作补氧剂更为合适,理由是_____。

【分析】 第(1)问类比 Na_2O_2 可知产物为 K_2CO_3 和 O_2 。第(2)问,由 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$, $4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$,可知二者生成 O_2 的摩尔比为 $\frac{1}{78} \times \frac{1}{2} : \frac{1}{71} \times \frac{3}{4} = 0.61 : 1$,后两问均可由反应关系分析解答之。

【解】 (1) $4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$

(2)0.61 : 1

(3)1 : 3

(4) KO_2 ,因为等质量反应物, KO_2 释放 O_2 多,即 KO_2 释放 O_2 的效率高于 Na_2O_2 。

【评注】 本题将碱金属 Na_2O_2 的性质与实际问题的结合起来,并考查了知识迁移能力。

【例7】 物质 A~H 有如 2-2 图所示的转化关系(部分反应物、生成物没有列出)。其中,B 的浓溶液与单质 X 在加热时才能发生反应①,B 的稀溶液与足量 X 发生反应②,向 C 溶液中滴入 KSCN,溶液呈红色。

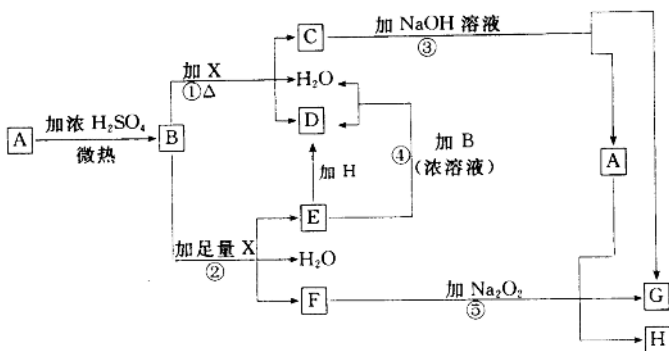


图 2-2

试填写下列空白：

(1) 晶体 A 是(化学式)_____。

(2) 反应②的离子方程式：_____。

(3) 根据图示信息判断，足量 B 的浓溶液与单质 X 共热时能否产生 E，说明理由(写出化学方程式回答)：_____。

(4) 在反应⑤中，若生成物 G 与 H 的物质的量之比为 4 : 1，写出 F 溶液与 Na_2O_2 反应的化学方程式_____。

【分析】 由 A 为晶体，X 为单质，C 遇 KSCN 溶液呈红色，可知：C 含 Fe^{3+} ，B 浓溶液与稀溶液与单质 X 反应不同，则 X 可能有变价，为单质铁；B 为强氧化性物质。再结合 B 浓溶液与单质铁加热时才反应(常温不易反应，联想“钝化”)，故 B 为浓 HNO_3 ，则 C 为 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ，D 为 NO_2 ，E 为 NO ，H 为 O_2 ，F 为 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ [Fe 过量时 $2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{Fe} = 3\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$] 进而由反应⑤知 A 为 NaNO_3 ，G 为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。

【解】 (1) NaNO_3

(2) $3\text{Fe} + 2\text{NO}_3^- + 8\text{H}^+ = 3\text{Fe}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ (或 $\text{Fe} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$; $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$)

(3) 由反应④： $\text{NO} + 2\text{HNO}_3(\text{浓}) = 3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 可知在浓 HNO_3 中不能生成 NO。

(4) $4\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{Na}_2\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{O}_2 \uparrow + 8\text{NaNO}_3$

【评注】 用框图题考查元素化合物是近几年命题常见的形式，本题意在引起大家对框图题的重视，分析时应善于抓关键字词，对于描述的状态、颜色、气味等物理性质及类别均可联想，分类发散思维，从而找出突破点。

【例 8】 磺化煤(代表式 NaR)是一种钠型离子交换剂,它能使硬水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子通过交换除去而软化。海水(已知海水中含 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})的现代淡化方法是使海水按顺序通过两种离子交换树脂,其流程如图 2-3 所示。

(1)现有氢型阳离子交换树脂(HR)和羟型阴离子交换树脂(ROH),则图中离子交换柱中分别装入的离子交换树脂(填代表式):A 柱是 _____,B 柱是 _____。

(2)按上述顺序装柱的理由是 _____。

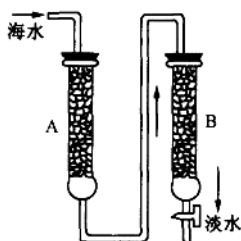
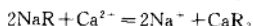
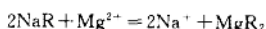
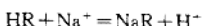
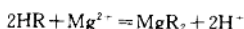


图 2-3

【分析】 类比磺化煤软化硬水的原理:



可知氢型阳离子交换树脂的交换原理:



交换后呈酸性。

羟型阴离子交换树脂的交换原理:



交换后呈碱性。

故若先经过羟型 ROH 树脂,则 $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ 而造成堵塞,而若先经过氢型 HR 则交换后生成 H^+ 呈酸性,可防止 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ 的生成。

【解】 (1) HR ROH

(2)若使海水先通过 ROH 树脂,溶液中会有较多的 OH^- ,这样会使海水中 Mg^{2+} 转化为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 难溶物而堵塞交换柱,使海水淡化失败。

【例 9】 已知含氰化合物(含 CN^-)的废水危害较大, CN^- 浓度仅为 $0.01 \sim 0.04 \text{ mg/L}$ 就能毒杀鱼类,浓度为 0.01 mg/L 就危害浮游生物和甲壳动物。处理它的办法之一是用氧化法使其转化为低毒的氰酸盐(CNO^-),氧化剂常用次氯酸盐,且进一步可降解为无毒的气体。近期研究将某些半导体性质的小颗粒悬浮在溶液中,在光的作用下在小颗粒和溶液界面发生氧化还原反应,但小颗粒的质量不发生变化,如二氧化钛小颗粒表面可以破坏和氧化有毒废物。

(1)二氧化钛在上述反应中的作用是 _____。

(2)氰化物经处理后产生的无毒气体是 _____ 和 _____。

(3)若用 NaClO 溶液处理含 NaCN 的废液,请写出产生另两种盐类的化学方程式。

【分析】 小颗粒质量不发生变化,但影响了反应的进程,因而应为催化剂发生催化作用;从元素化合价变化及“无毒气体”,可知产物为 N_2 和 CO_2 。

【解】 (1)催化

(2) N_2 、 CO_2

(3) $\text{NaClO} + \text{NaCN} = \text{NaCl} + \text{NaCNO}$

【例 10】 1892 年比利时人索尔维以 NaCl 、 CO_2 和 H_2O 为原料生产 Na_2CO_3 ,叫索尔维法,其主要步骤是:

(1)在 NH_3 饱和的 NaCl 溶液中通入 CO_2 制得 NaHCO_3 ;

(2)再将 NaHCO_3 焙烧得纯碱, CO_2 循环使用;

(3)在析出小苏打的母液中加入生石灰, NH_3 循环使用。

1940 年我国著名化学家侯德榜先生,冲破了“索尔维法”技术封锁,并加以改进,用 NaCl 固体代替生石灰,加入母液使 NaHCO_3 晶体析出,生产出纯碱和氯化铵,这便是举世闻名的“侯氏制碱法”,试回答:

(1)向母液中通入氨气的目的与作用是什么?

(2)在氨饱和 NaCl 溶液中通入 CO_2 的两步反应的化学方程式是什么?

(3)不能在 NaCl 溶液中通 CO_2 制 NaHCO_3 的原因是什么?

(4)析出小苏打母液中加入生石灰的反应方程式是什么?

(5)“侯氏制碱法”与“索尔维法”相比其优点是什么?

【解】 (1)使 NaHCO_3 转变为溶解度更大的 Na_2CO_3

(2) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NH}_4\text{HCO}_3$ $\text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NaCl} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$

(3)碳酸酸性比盐酸弱, CO_2 与 NaCl 不反应

(4) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

(5) NH_4Cl 析出可作氮肥,避免生成用途不大的 CaCl_2 ,使原料 NaCl 的利用效率较高,无废渣。

【例 11】 已知: $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{H}^+ = \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_4^+$ 。今有一白色固体,可能是由 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 AgNO_3 、 BaCl_2 、 NH_4Cl 、 KOH 、 Na_2S 中的 2 种或 3 种组成。为确定该白色固体组成,进行以下实验:取白色固体少许,加入适量蒸馏水充分振荡,

得到无色溶液;取无色溶液少许,滴加稀硝酸,有白色沉淀生成。

(1)此白色固体可能含有的物质是:

①第一种可能:_____;

②第二种可能:AgNO₃ 和过量的 KOH,还有_____。

(2)若要进一步确证白色固体的组成,还需要做的实验是:_____。

【分析】 加稀 HNO₃ 有白色沉淀,说明原溶液中可能含有 AlO₂⁻,即固体中至少有 Al₂(SO₄)₃、KOH 且后者过量;或者,原溶液为银氨溶液,含 Ag(NH₃)₂⁺,加 H⁺ 时得 Ag⁺,进而和溶液中 Cl⁻ 形成沉淀。

对这两种情况,均可断定:无 Na₂S,否则与 Al³⁺、Ag⁺ 均可发生水解作用。

【解】 (1)①Al₂(SO₄)₃、KOH(无 Na₂S、BaCl₂) ②过量的 NH₄Cl (涉及反应: NH₄⁺ + OH⁻ = NH₃ · H₂O, Ag⁺ + 2NH₃ · H₂O = Ag(NH₃)₂⁺ + 2H₂O, Ag(NH₃)₂⁺ + 2H⁺ = Ag⁺ + 2NH₄⁺, Ag⁺ + Cl⁻ = AgCl ↓) (2)继续滴加稀 HNO₃ 至溶液明显呈酸性,若白色沉淀溶解,为 Al₂(SO₄)₃、KOH 的混合物;若白色沉淀不溶解,则为 AgNO₃、NH₄Cl、KOH 混合物。

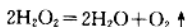
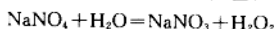
【评注】 该题考查了 Al(OH)₃ 的两性及 AlO₂⁻ 盐的性质,同时也考查了银镜反应时涉及的银氨溶液的有关反应及性质,综合性强。

【例 12】 据报道近来已制得了正硝酸根离子 NO₄³⁻, 可以用 NaNO₃ 和 Na₂O 在 573 K 的条件下反应制得 Na₃NO₄, 问:

(1)NO₄³⁻ 的结构式_____ (用键线式表示)。

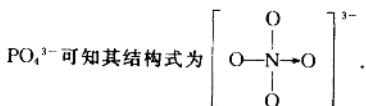
(2)Na₃NO₄ 跟 H₂O 以及 CO₂ 反应剧烈,且都能生成 NaNO₃,其化学方程式分别为:_____。

(3)NaNO₄ 也是存在的,且与水能发生如下反应:



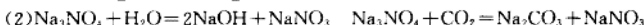
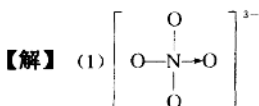
则 NO₄⁻ 中氧元素的化合价为_____。

【分析】 由 NaNO₃ 与 Na₂O 反应生成 Na₃NO₄, 其元素化合价未变;类比



又当其与 H₂O 和 CO₂ 反应时,生成 NaNO₃ 仍为非氧化还原反应,产物回复其起始物态,追溯之可看为 NaNO₃ · Na₂O,因而另一产物可知。

因 N 元素系 V A 族元素,最高价为 +5 价,故 NaNO₄ 中 N 为 +5,而氧元素既有 -2 价,又有 -1 价,其化学式各元素化合价代数和为零。



(3) -2 和 -1

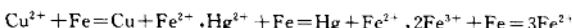
【评注】 本题对能力的考查比较深入, 分析问题的思路可借鉴。

【例 13】 某工厂的污水中含有 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 等离子, 为了充分利用资源和保护环境, 需要回收污水中的铜和汞。请你设计一个回收的实验方案, 要求写明简要的操作步骤和有关的化学方程式或离子方程式。

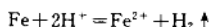
【分析】 此污水中有害物为重金属离子 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} , 要回收可采用还原的方法, 以还原剂 Fe 为例可作如下设计方案。

【解】 (1) 取污水加过量铁屑, 充分搅拌后过滤, 可得滤渣。

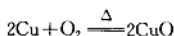
反应方程式:



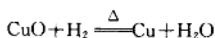
(2) 用足量稀盐酸(或 H_2SO_4) 洗涤滤渣后过滤, 再用水洗可得 Cu 、 Hg 混合物



(3) 加热 Cu 、 Hg 混合物, 汞变为蒸气, 冷却回收汞, 同时 Cu 变为 CuO



(4) 用 H_2 还原 CuO 得 Cu



【评注】 上述方案仅提供了理想的理论思路, 本题亦可采用电解法进行分离和回收, 这与使 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 还原的思路是相通的。

【例 14】 自来水厂通常采用氯气和绿矾($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 进行消毒、净化以改善水质, 请简述其原理并写出必要的化学方程式。

【分析】 Cl_2 可用于自来水消毒, 而 Fe^{3+} 及 Al^{3+} 因易水解生成胶体, 有吸附作用而常用于水的净化。

【解】 (1) Cl_2 与水反应, 生成的 HClO 有杀菌和消毒作用。



(2) Cl_2 可氧化 Fe^{2+} 成为 Fe^{3+} , 产生的 Fe^{3+} 水解生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 可吸附水中悬浊杂质而起到净水作用。

