

江苏省中小学教学研究重点课题（2019JK13-ZB04）
基于高中化学学业质量标准的教学与评价研究
江苏省教育科学“十三五”规划课题（B-b/2020/02/63）
基于学业质量标准的高中化学核心素养评价指标体系研究

素养为本的高考化学题型训练
——质量标准视野下的高考化学复习研究

刘江田 主编

课题组编写

前 言

2010-2012 年期间，教育部组织开展了基础教育精品课程示范研究项目，成立了由北京师范大学化学教育研究所主持、北京海淀、山东潍坊和江苏南京三个实验区共同参加的高中化学精品课程建设团队，进行精品课程建设实验研究。在此基础上，2011 年我们申报了《高中化学精品课程建设理论与实践研究》省重点课题。按照精品课程建设的思想，遵循高中化学课程标准的要求，以“新课程理念溶解于实践再结晶出来”为课程建设的基本思路，以“基于核心内容实现观念建构”为内容选取与组织的基本取向，以“促进学生认识发展和素养提升”为教学设计与实施的基本原则，对高中化学必修模块、选修模块以及必修学业水平测试和高考复习课程的核心内容进行整体性设计与实践。2015 年-2019 年我们完成了江苏省中小学教学研究第 11 期重点课题《基于核心素养的高中化学教学评一致性研究》(2015JK11-Z004) 研究，在此基础上，2019 年申报江苏省中小学教学研究重点课题 (2019JK13-ZB04)《基于高中化学学业质量标准的教学与评价研究》、江苏省教育科学“十三五”规划课题《基于学业质量标准的高中化学核心素养评价指标体系研究》。以课题引领全市教研，促进教师对化学学科核心素养、学业质量标准和教学评一致性的理解，从而使研究能够及时有效地指导实践，整体优化高中化学课程与教学设计，促进校本教研和教师专业发展，促进化学教育质量的持续提升。

高三年级第三次模拟考试之后到高考前的一个月时间，是高三复习的关键时期，为了帮助全市高三化学教师和学生把握复习重点，提高复习效率，课题组将研究成果编写成此《素养为本的高考化学题型训练》。本课程基于学科核心素养教、学、评一致性的基本思想，依据课程标准、学业质量标准、中国高考评价体系 and 高考化学试题对学科核心素养评价的特点，深入研究新高考题型的情境任务、必备知识、关键能力、学科素养、核心价值及考查要求，按照江苏新高考题型分类编写。各题型聚焦化学核心素养，针对考点和前期复习遗留的问题，瞄准提升空间，精选复习功能强大的典型题目，进行专题强化和归纳概括。所选题目力求新颖、典型，有利于学生强化必备知识、关键能力、学科素养和核心价值，达到查漏补缺、纠正错误、举一反三之目的。

由于编写时间紧迫，难免存在疏漏之处。恳请师生将发现的问题及时反馈，以便于进一步完善和分享。

编写：洪晓堂、张玉娟、孙永辉、钱 华、厉业余

审读：陈思明

主编：刘江田

南京市教学研究室 刘江田

2021 年 5 月

素养为本的高考化学题型训练

第一部分 选择题

一、化学与科学、技术、社会、环境

1. 2020年11月24日,嫦娥5号在长征5号火箭巨大的推力下前往月球,经过20多天旅程后带着月壤返回。这是中国航天“探月工程”向世界展示出“中国力量”,下列有关说法正确的是
- A. 嫦娥5号上升起的“高科技国旗”具有“耐热性、耐高低温、抗静电”等特点,它是以高性能的芳纶纤维材料为主的复合材料
- B. 嫦娥5号带回的月壤中含有珍贵的 ^3He ,它与地球上的 ^4He 互为同素异形体
- C. 长征5号火箭采用液氢、煤油、液氧作为推进剂,液氢、煤油、液氧都属于纯净物
- D. 登月中所用北斗系统的导航卫星,其计算机芯片材料是高纯度的二氧化硅

【参考答案】A

【试题解析】B选项, ^3He 与 ^4He 互为同位素;C选项,煤油是混合物;D选项芯片材料一般是晶体硅。

【典型错误】本题学生得分率一般较高,当然也要注意关注社会热点问题,从化学的视角解决生活中的问题。

【要点归纳】围绕与化学应用相关的社会热点设置选项,判断其中的化学基本原理,体现科学精神与社会责任,是近年来江苏高考试题的稳定题型。

热点事件的关注:新型冠状病毒的防治、碳减排和碳中和、资源的可持续发展、新能源的开发利用、新材料的研发和利用、臭氧层空洞、温室效应、光化学烟雾、赤潮、酸雨、工业“三废”处理、汽车尾气、室内污染、食品污染、正确使用食品添加剂、PM2.5、重金属污染及古典记载的化学物质。

典型物质的关注: H_2O 、 CH_4 、 Si 、 SiO_2 、 SO_2 、 CO_2 等。

【经典再现】下列措施有利于节能减排、保护环境或与社会可持续发展理念相符合的是_____。


- ①加快化石燃料的开采与使用
- ②研发易降解的生物农药
- ③应用高效洁净的能源转换技术
- ④田间焚烧秸秆
- ⑤推广使用节能环保材料
- ⑥改进汽车尾气净化技术,减少大气污染物的排放
- ⑦开发利用可再生能源,减少化石燃料的使用
- ⑧研发可降解高分子材料,减少“白色污染”
- ⑨过度开发矿物资源,促进地方经济发展
- ⑩用氢气做环保燃料电池的燃料

【参考答案】②③⑤⑥⑦⑧⑩

二、化学用语

2. 酒精检测仪涉及反应: $2\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{CH}_3\text{COOH} + 11\text{H}_2\text{O}$ 。下列有关说法正确的是

A. 中子数为16的硫原子可表示为 $^{16}_{16}\text{S}$

B. K^+ 的结构示意图为 

C. 基态 Cr^{3+} 的电子排布式为 $[\text{Ar}]3\text{d}^3$

D. CH_3COOH 分子中有6个 σ 键

【参考答案】C

【试题解析】A选项,中子数为16的硫原子可表示为 $^{32}_{16}\text{S}$;B选项, K^+ 的核电荷数为19;C选项正确;D选项, CH_3COOH 分子中有7个 σ 键,碳氧双键中也含有1个 σ 键。

【典型错误】


错选 D，主要是认为碳氧双键之间存在 π 键就没有 σ 键。错选 A，在原子符号表达方式中左上角应是质量数，质量数=质子数+中子数，所以质量数应等于 32。错选 B，钾离子的核电荷数为+19，观察不仔细导致错误。

【要点归纳】


选项	注意要点	
核素符号	质子数、中子数、质量数之间的关系	
	核素的符号表达	
	质子数与元素符号的对应关系	
电子式	离子键	四种简单离子的组合： Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 O^{2-}
		原子团的出现： NH_4^+ 、 OH^- 、 O_2^{2-}
		原子团与简单离子的组合： NH_4Cl 、 NaOH 、 Na_2O_2
	共价键	氢化物： CH_4 、 NH_3 、 H_2O 、 HCl
		含重键的物质： N_2 、 CO_2 、 C_2H_4 、 C_2H_2 等
		复杂化合物： CH_2O 、 COCl_2 、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、 CCl_4 等 (注意 O、N、Cl 等原子的孤对电子) 如： NF_3 的电子式 $\text{F}:\ddot{\text{N}}:\text{F}$ 、 CH_2F_2 的电子式 $\text{H}\overset{\text{F}}{\underset{\text{F}}{\text{C}}}\text{H}$ ，未标出孤对电子而错误。
原子结构示意图简图	当原子变为离子时，核电荷数不发生改变。 离子的核外电子排布满足稳定结构	
有机物的结构简式	官能团在苯环上的位置	
	官能团中各原子与苯环连接的顺序(如： $-\text{NO}_2$ 、 $-\text{OH}$ 等)	
球棍模型和比例模型	如甲烷的球棍模型为  、比例模型为 	
概念辨析	分子式、实验式、结构式、结构简式等	


【经典再现】下列化学用语或表达方式正确的是_____。

(1) 中子数为 20 的 Ar 原子： ${}_{18}^{38}\text{Ar}$

(2) 氯离子的结构示意图：

(3) 氯化铵的电子式： $[\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}:\text{H}]^+\text{Cl}^-$

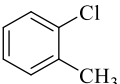
(4) 乙烯分子的球棍模型：

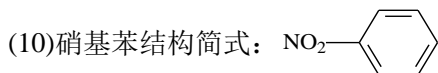
(5) 二氧化碳分子比例模型：

(6) 次氯酸的结构式： $\text{H}-\text{Cl}-\text{O}$

(7) 二氧化硅的结构式： $\text{O}=\text{Si}=\text{O}$

(8) 2-溴丙烷的结构简式： $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$

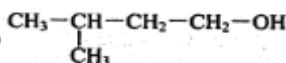
(9) 对氯甲苯的结构简式：



(11)黄铁矿主要成分的化学式： FeS

(12)钾长石(KAlSi_3O_8)写成氧化物形式： $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$

(13)由 Na 和 Cl 形成离子键的过程： $\text{Na}^{\times} + \cdot\ddot{\text{Cl}}\cdot \longrightarrow \text{Na}^+ [\ddot{\text{Cl}}]^-$

(14)的名称：2-甲基-4-丁醇

(15)碳酸氢钠的电离方程式： $\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

【参考答案】(1)(4)(12)(13)

三、物质的结构、性质、应用及转化

请阅读下列材料，回答 3~5 题。以电解饱和食盐水为基础制取氯气、氢气、烧碱等产品的工业称为氯碱工业。氯及其化合物广泛应用于日常生活中，例如常用的含氯消毒剂“84”消毒液（含有 NaClO ）、清洁剂“洁厕灵”（含有盐酸）等。“84”消毒液与“洁厕灵”不能混合使用。

3. 下列氯及其化合物的性质与用途具有对应关系的是

- A. Cl_2 能溶于水，可用于工业制盐酸
- B. ClO_2 有强氧化性，可用于自来水消毒
- C. HClO 不稳定，可用作棉、麻的漂白剂
- D. FeCl_3 溶液呈酸性，可用于蚀刻印刷电路板

【参考答案】B

【试题解析】 ClO_2 可用于自来水消毒，是利用它的强氧化性，故 B 正确；

【典型错误】A. 工业上是利用氯气与 H_2 反应生成 HCl ，氯化氢溶于水制盐酸，而不是氯气和水反应，故 A 错误；C. 次氯酸可用作棉、麻的漂白剂，是利用次氯酸的强氧化性，故 C 错误；D. 铁离子具有氧化性，能与 Cu 反应，所以 FeCl_3 溶液可用于蚀刻印刷电路板，与其酸性无关，故 D 错误。

【要点归纳】实验是认识化学的起点，而实验背后的原理是学生能够将化学知识得以推演的基础，因此对实验中的相关原理的认识与理解，是解决类似问题的关键。如：

- (1) 粗锌与稀硫酸反应制氢气比纯锌快，是因为原电池反应比一般氧化还原反应快；
- (2) 烯烃、炔烃能使溴水、酸性高锰酸钾溶液褪色，分别发生加成反应和氧化反应；
- (3) SO_2 能使溴水、酸性高锰酸钾溶液褪色，皆因 SO_2 的还原性；
- (4) 常温下铁、铝在浓硫酸和浓硝酸中“钝化”，“钝化”不是不反应，而是反应很快终止，仍能体现浓硫酸和浓硝酸的强氧化性；
- (5) 实验室制取乙炔时，使用饱和食盐水代替水在反应速率控制角度的意义；
- (6) 用 84 消毒液、 ClO_2 等做杀菌消毒剂来杀菌消毒；
- (7) 水玻璃可用于生产黏合剂和防火剂等。

4. 下列有关 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 说法正确的是

- A. 增加水的量，氯气能完全转化
- B. 反应 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 在常温下能自发进行，则该反应的 $\Delta H > 0$
- C. 向饱和氯水中加入 CaCO_3 固体， $c(\text{HClO})$ 减小
- D. 反应中断裂非极性共价键及极性共价键

【参考答案】D

【试题解析】反应中断裂了Cl—Cl非极性共价键、H—OH极性共价键，D正确。

【典型错误】A. 氯气与水反应是可逆反应，氯气不能完全转化，A错误；B. 反应 $\text{Cl}_2+\text{H}_2\text{O}\rightleftharpoons\text{HCl}+\text{HClO}$ 为熵减反应，但是该反应在常温下能自发进行，则该反应的 $\Delta H<0$ ；C. 向饱和氯水中加入 CaCO_3 固体， CaCO_3 固体与HCl反应，使平衡正移， $c(\text{HClO})$ 增大。

【要点归纳】本题重在考察学生对反应原理、物质结构中若干重要命题的理解与掌握。涉及到的主要知识点有：化学反应过程中能量的微观分析、反应的自发性问题、反应条件对平衡的影响等。

5. “洁厕灵”与“84”消毒液混合会发生反应： $2\text{HCl}+\text{NaClO}=\text{Cl}_2\uparrow+\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ 。下列有关说法**不正确**的是

- A. 工业上常用 H_2 和 Cl_2 反应制取HCl
- B. 工业上常用NaOH溶液与 Cl_2 反应制取NaClO
- C. Cl_2 有毒，主要损伤人的喉黏膜和肺
- D. 用“84”消毒液消毒衣服时，要用热水稀释后再浸泡，热水温度越高越好

【参考答案】D

【试题解析】“84”消毒液消毒衣服时先用温水稀释后再浸泡一段时间，但温度不能高于 50°C ，HClO温度高时易分解，降低漂白效果。

【典型错误】A. 工业上常用 H_2 和 Cl_2 在点燃的条件下生成HCl，HCl溶于水，成为盐酸。B. 在常温下，将氯气通入NaOH溶液可以得到以NaClO为有效成分的漂白液。C. 氯气是一种有毒气体，主要损伤人的喉黏膜和肺，严重时窒息致死。因此，使用氯气时要十分注意安全。

【要点归纳】本题重在提醒学生回归课本，需要学生牢记元素化合物的相关知识，主要关注主干知识以及主干知识中相对不熟悉的内容，不能有任何遗漏。例如：

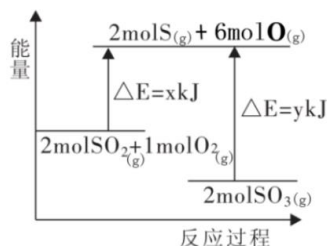
- (1) 钠能与盐溶液反应可产生氢气
- (2) 过氧化钠可使酚酞溶液褪色
- (3) 碳酸氢钠与氢氧化钙溶液混合，产生沉淀
- (4) 明矾能与水反应生成氢氧化铝胶体
- (5) 过量铝粉加到氯化铁溶液中，有铁析出
- (6) 铁常温下能与浓硝酸、浓硫酸反应
- (7) 氯化铁溶液能溶解铜
- (8) 氯气能被碳酸钠溶液吸收
- (9) 氢氟酸能腐蚀玻璃
- (10) 二氧化硫能使品红溶液褪色，只能使紫色石蕊变红
- (11) 加热条件下，浓硫酸能溶解铜、碳单质
- (12) 二氧化氮能被氢氧化钠溶液吸收

【经典再现】请阅读下列材料，回答3~5题。某兴趣小组的同学在某风景区收集雨水样品A，测得该地雨水的 $\text{pH}=5.6$ ，在另一工业区收集雨水样品B，并测得该地雨水的 $\text{pH}<5.6$ ，并且随着时间的推移雨水的 pH 先变小再不变，该小组的同学讨论后认为可能发生的氧化还原反应为： $2\text{SO}_2+\text{O}_2\rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ 、 $2\text{H}_2\text{SO}_3+\text{O}_2=2\text{H}_2\text{SO}_4$

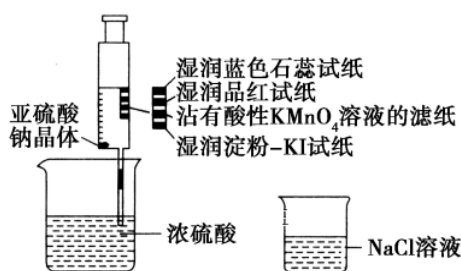
3. 下列有关 SO_2 的说法正确的是

- A. SO_2 的空间构型为直线形
- B. 能使滴加酚酞的氢氧化钠溶液褪色，说明 SO_2 是酸性氧化物
- C. SO_2 能使酸性高锰酸钾溶液褪色，体现其漂白性
- D. SO_2 的水溶液能导电，所以 SO_2 是电解质

4. 反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 的能量变化如图所示, 下列说法正确的是



- A. 吸热反应一定要加热后才能发生
 B. 对于反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 达到限度时, 增大容器容积能增大正反应速率
 C. $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = (y - x) \text{ kJ/mol}$
 D. 1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ 参加反应, 转移的电子数目约等于 $4 \times 6.02 \times 10^{23}$
5. 如图, 在注射器中加入少量 Na_2SO_3 晶体, 并吸入少量浓硫酸(以不接触纸条为准)。则下列有关说法正确的是



- A. 湿润淀粉-KI 试纸未变蓝说明 SO_2 的氧化性弱于 I_2
 B. 蓝色石蕊试纸先变红后褪色
 C. NaCl 溶液可用于除去实验中多余的 SO_2
 D. 品红试纸、沾有酸性 KMnO_4 溶液的滤纸均褪色, 证明 SO_2 具有漂白性

【参考答案】3.B 4.D 5.A

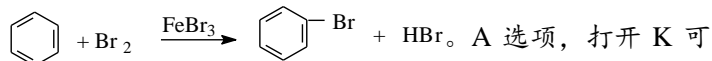
四、物质制备、混合物分离和除杂

6. 实验室制备溴苯的反应装置如下图所示, 关于实验操作或叙述错误的是

- A. 向圆底烧瓶中滴加苯和溴的混合液前需先打开 K
 B. 实验中装置 b 中的液体逐渐变为浅红色
 C. 装置 c 中的碳酸钠溶液的作用是吸收溴化氢
 D. 反应后的混合液经稀碱溶液洗涤、结晶, 得到溴苯

【参考答案】D

【试题解析】实验室制备溴苯的反应原理为:



A 选项, 打开 K 可以平衡气压, 便于苯、液溴顺利流下; B 选项, 反应放热, 溴易挥发, b 中四氯化碳因吸收挥发出来的溴蒸气而逐渐变为浅红色; C 选项, 该反应有溴化氢生成, 不能直接排入大气, 可以与碳酸钠溶液反应被吸收。D 选项, 反应后的混合液溴苯中含有溴, 经稀碱洗涤后分层, 故需用分液法分离, 不能用结晶法提纯, 说法错误。

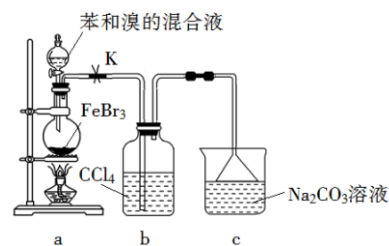
【典型错误】D 选项容易把注意点放在如何除去溴苯中的溴上, 而忽视了洗涤后的操作方法应用分液而不是结晶。

【要点归纳】对实验操作的考察, 近年来有向专题化发展的倾向。老师们可以选择有专题性的实验素材, 将基本实验操作融合起来。

熟悉的物质分离方法: 过滤、结晶、蒸馏、萃取、分液、洗气;

常见物质制备和除杂: 如 H_2 、 O_2 、 CO_2 、 Cl_2 、 NH_3 、 NO 、 NO_2 、乙烯、乙酸乙酯等;

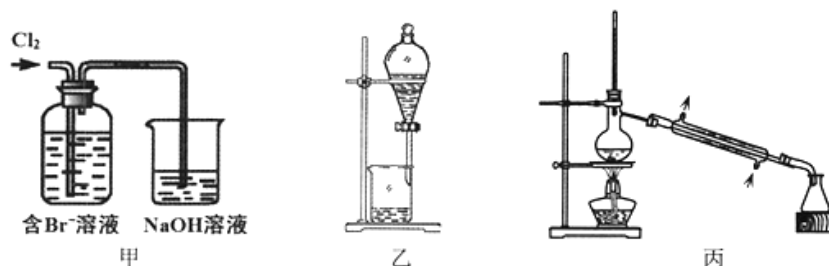
基本操作: pH 试纸、托盘天平、量筒、滴定管的使用要求和读数要求等。



【经典再现】

6-1 从某含 Br^- 废水中提取 Br_2 的过程包括：过滤、氧化、萃取（需选择合适萃取剂）及蒸馏等步骤。已知：

物质	Br_2	CCl_4	正十二烷
密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	3.119	1.595	0.753
沸点/ $^{\circ}\text{C}$	58.76	76.8	215~217

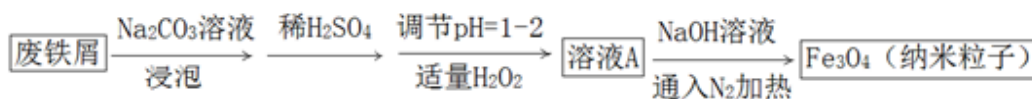


下列说法不正确的是

- A. 甲装置中 Br^- 发生的反应为： $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$
- B. 甲装置中 NaOH 溶液每吸收 0.1 mol Cl_2 ，转移 0.1 mol e^-
- C. 用乙装置进行萃取，溶解 Br_2 的有机层在下层
- D. 用丙装置进行蒸馏，先收集到的是 Br_2

【参考答案】C

6-2 工业废弃物的资源化回收利用，可以更大限度的发挥原材料的价值，以下是工业生产纳米磁性氧化铁的流程，下列说法不正确的是



- A. 用 Na_2CO_3 溶液浸泡是为了除去废铁屑表面的铁锈
- B. 加适量的 H_2O_2 是为了将部分 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+}
- C. 若生产中不通入 N_2 ，暴露在空气中生产，将不能得到高纯度产品
- D. 溶液 A 中 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的浓度比为 1:2

【参考答案】A

五、元素周期表、元素周期律

7. X、Y、Z、W 均为短周期元素，原子序数依次递增。X 和 W 是同一主族，Y 元素最外层电子数是电子层数的 3 倍，Z 元素在元素周期表中的周期数等于族序数，W 元素的基态原子最高能级和最低能级填充电子的数目相等。下列说法不正确的是

- A. 原子半径： $Z > X > Y$
- B. 第一电离能大小： $Z > W > X$
- C. 简单氢化物稳定性： $Y > X > W$
- D. Z、W 的最高价氧化物均可与氢氧化钠溶液反应

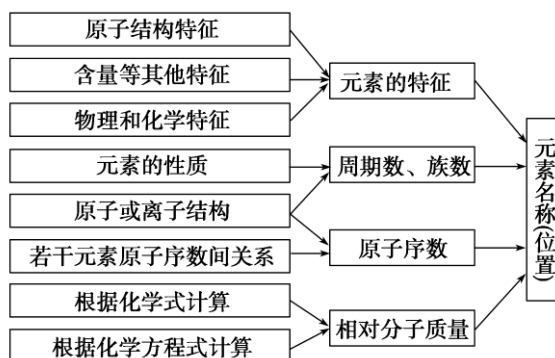
【参考答案】B

【试题解析】 Y 元素是 O，Z 元素是 Al，W 元素是 Si，X 元素是 C。A 选项，原子半径 $\text{Al} > \text{C} > \text{O}$ ，A 正确；B 选项，第一电离能， $\text{Al} < \text{Si} < \text{C}$ ，B 不正确；C 选项，简单氢化物的稳定性与元素的非金属性有关，非金属性越强氢化物越稳定，非金属性 $\text{O} > \text{C} > \text{Si}$ ，稳定性是 $Y > X > W$ ，所以 C 正确；D 选项，Z、W 的最高价氧化物分别是 Al_2O_3 和 SiO_2 均可以与 NaOH 溶液反应。

【典型错误】 对四种元素推断有误或原子半径大小比较不清，对 Al_2O_3 和 SiO_2 的性质不熟悉导致错选。

【要点归纳】

1. 元素推断的一般思路



2. 分类例析

类型1 由周期表中的位置推断

熟记主族元素在周期表中的特殊位置，如：

- (1) 族序数等于周期数的元素：H、Be、Al。
- (2) 族序数等于周期数2倍的元素：C、S。
- (3) 最高正价与最低负价代数和为零的短周期元素：C、Si。

类型2 由结构特点推断元素

熟悉下列短周期元素原子的结构特点

- (1) 原子核中无中子的原子： ^1H 。
- (2) 最外层只有一个电子的元素：H、Li、Na。
- (3) 最外层有两个电子的元素：Be、Mg、He。
- (4) 最外层电子数等于次外层电子数的元素：Be、Ar。
- (5) 最外层电子数是次外层电子数2倍的元素：C；3倍的：O；4倍的：Ne。
- (6) 电子层数与最外层电子数相等的元素：H、Be、Al。
- (7) 次外层电子数是最外层电子数2倍的元素：Li、Si。

类型3 由性质特征推断元素

牢记某些短周期元素的特殊性

- (1) 原子半径最小的元素是H，最大的是Na。（除稀有气体以外）
- (2) 气体单质密度最小的元素是H，原子核中只有质子没有中子的元素是H，原子序数、电子层数、最外层电子数都相等的元素也是H。
- (3) 与水反应最剧烈的金属单质是Na，非金属单质是 F_2 。
- (4) 气态氢化物最稳定的元素是F，只有负价而无正价的元素也是F。
- (5) 没有最高正价的元素是O、F。
- (6) 短周期最高价氧化物对应水化物的酸性(碱性)最强的元素是Cl(Na)。
- (7) 气态氢化物和最高价氧化物对应的水化物反应生成离子化合物的是N。
- (8) 单质及其最高价氧化物都是原子晶体的元素是Si。
- (9) 单质硬度最大的元素是C，单质熔沸点最高的元素是C。
- (10) 形成化合物种类最多的元素是C或H。
- (11) 单质、最高价氧化物及最高价氧化物对应的水化物，既能与盐酸反应又能与氢氧化钠溶液反应的元素是Al。
- (12) 地壳中含量最多的金属元素是Al，含量最多的元素是O。

【经典再现】短周期主族元素X、Y、Z、W的原子序数依次增大，X是地壳中含量最多的元素，Y原子的最外层有2个电子，Z的单质晶体是应用最广泛的半导体材料，W与X位于同一主族。下列说法正确的是

- A. 原子半径： $r(\text{W}) > r(\text{Z}) > r(\text{Y}) > r(\text{X})$
- B. 由X、Y组成的化合物是离子化合物
- C. Z的最高价氧化物对应水化物的酸性比W的强
- D. W的简单气态氢化物的热稳定性比X的强

【参考答案】D

六、化学实验中的物质变化

8. NaClO 是漂白液的有效成分，某研究小组探究 NaClO 溶液的性质，设计了下列实验：

装置图	试剂 X		实验现象
	①	0.2 mol·L ⁻¹ 盐酸	产生黄绿色气体
	②	0.2 mol·L ⁻¹ KI-淀粉溶液	溶液变蓝
	③	0.2 mol·L ⁻¹ FeSO ₄ (H ⁺) 和 KSCN 混合溶液	溶液变红
	④	0.2 mol·L ⁻¹ AlCl ₃ 溶液	产生白色沉淀

下列判断不正确的是

- A. 实验①中发生的反应： $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 B. 实验②中发生的反应： $\text{ClO}^- + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ = \text{Cl}^- + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 C. 实验③中该条件下氧化性强弱： $\text{ClO}^- > \text{Fe}^{3+}$
 D. 实验④中 ClO^- 与 Al^{3+} 相互促进水解： $\text{Al}^{3+} + 3\text{ClO}^- + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{HClO}$

【参考答案】B

【试题解析】漂白液的有效成分 NaClO，其水溶液显碱性，有强氧化性。A 选项，NaClO 有强氧化性，在酸性溶液中能与 Cl^- 发生氧化还原反应产生氯气，A 正确；B 选项，NaClO 有强氧化性，能与 I^- 发生氧化还原反应产生碘单质， $\text{ClO}^- + 2\text{I}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{Cl}^- + \text{I}_2 + 2\text{OH}^-$ ，但是产生的碘单质立即与 OH^- 反应，不能使淀粉溶液蓝色；C 选项，因为遇到 KSCN 显红色，所以在酸性溶液中 NaClO 将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ，所以氧化性 $\text{ClO}^- > \text{Fe}^{3+}$ ；D 选项 ClO^- 水解显碱性， Al^{3+} 水解显酸性，相互促进水解，发生双水解产生氢氧化铝沉淀，D 正确。

【典型错误】会错选 D，对 ClO^- 与 Al^{3+} 相互促进水解的原理不清楚，认为氢氧化铝不应该沉淀。忽略溶液酸碱性背景，将②视同为①类似。

【要点归纳】以具体物质性质为情境背景，进行离子方程式正误判断，一方面要全面掌握典型物质的化学性质，尤其是酸碱性、氧化还原性；另一方面要熟悉判断离子方程式是否正确的依据：

①产物是否符合客观事实

如： $\text{Fe} + \text{H}^+$ 只能生成 Fe^{2+} ， CO_2 与苯酚钠反应只能生成 HCO_3^- ，次氯酸钙溶液中通入二氧化硫生成 CaSO_4 ，体系酸碱性对产物的影响。此外对氧化还原反应的产物要能准确的判断。

②化学式是否进行合理拆分

只可以拆三类物质：可溶性强酸、可溶性强碱和绝大多数可溶性盐！

③必须遵循守恒原则

所有离子方程式必须遵循电荷守恒和质量守恒；

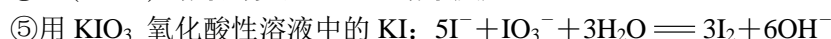
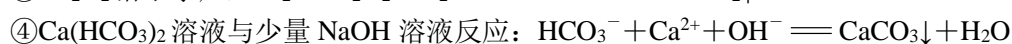
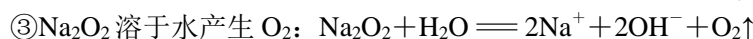
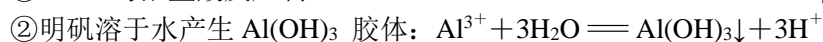
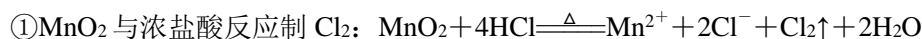
属于氧化还原反应的离子方程式还必须遵循电子守恒

④同一物质中不同离子在方程式中的比例关系

若物质完全反应(少量)，必须严格按照化学式的组成关系确定方程式中的比例关系；若物质不完全反应(过量)，则具体问题具体分析。

【经典再现】

8-1 下列表示对应化学反应的离子方程式正确的是_____。



⑥向 NH_4HCO_3 溶液中加入过量的 NaOH 溶液并加热： $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

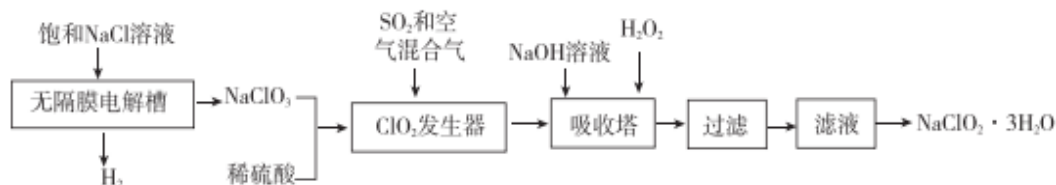
⑦将过量 SO_2 通入冷氨水中： $\text{SO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{HSO}_3^- + \text{NH}_4^+$

⑧醋酸溶液与水垢中的 CaCO_3 反应： $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

⑨ NO_2 与水的反应： $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NO}_3^- + \text{NO} + 2\text{H}^+$

【参考答案】④⑦⑨

8-2 二氧化氯 (ClO_2) 是一种黄绿色到橙黄色的气体，是国际上公认的安全、无毒的绿色消毒剂。下面是二氧化氯的制备及由二氧化氯来制备一种重要的含氯消毒剂——亚氯酸钠 (NaClO_2) 的工艺流程图。



下列说法正确的是

A. 在无隔膜电解槽中阳极的电极反应式： $\text{Cl}^- - 6\text{e}^- + 6\text{OH}^- = \text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$

B. 发生器中发生反应的离子方程式： $2\text{ClO}_3^- + \text{O}_2 + 2\text{H}^+ = 2\text{ClO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

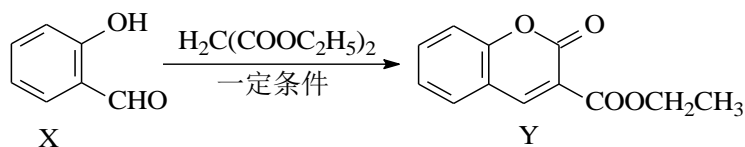
C. 发生器中发生反应的离子方程式： $\text{ClO}_3^- + \text{SO}_2 = \text{SO}_4^{2-} + \text{ClO}_2$

D. 吸收塔内发生反应的离子方程式： $2\text{OH}^- + 2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{ClO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$

【参考答案】A

七、有机物结构和性质

9、Y 是合成抗凝血药的中间体，可由 X 通过下列反应制备。下列说法不正确的是



A. X 分子中所有原子在同一平面上

B. X、Y 均能与溴水反应

C. 可用 FeCl_3 溶液鉴别 X、Y

D. 1 mol Y 与足量 NaOH 溶液反应，最多消耗 3 mol NaOH

【参考答案】A

【试题解析】A 项，X 分子中 $-\text{OH}$ 上的氢原子有可能不在苯环平面上，故 A 项错误；B 项，X 分子中苯环 $-\text{OH}$ 的邻位、对位上的氢原子能被溴原子取代，Y 分子中碳碳双键能与 Br_2 发生加成反应，B 项正确；C 项，X 含有酚羟基，能与 FeCl_3 溶液发生显色反应，但 Y 不能，C 项正确；D 项，1 mol Y 中的 1 mol 酚酯基完全水解，可消耗 2 mol NaOH ，另外 1 mol 酯基完全水解，可消耗 1 mol NaOH ，总共消耗 3 mol NaOH ，D 项正确。

【典型错误】误认为 1 mol 酚酯基与 1 mol 醇酯基完全水解消耗 NaOH 的量均为 1 mol。

【要点归纳】

认识和理解有机化合物的结构、确定其含有的官能团、根据官能团特征分析其可能具有的性质。

1. 强化对有机化合物的结构及官能团的识别，即能根据有机物结构正确辨认其含有的官能团，如：酯基和羧基、羟基等。
2. 强化官能团的特征性质的理解和掌握。如酯基在酸性或碱性条件下能水解；酯基、羧基、酚羟基与 Na 、 NaOH 、 NaHCO_3 能否发生反应，以及含有这些官能团的有机物与 NaOH 溶液反应，最多消耗 NaOH 的物质的量等。

发生水解反应的基或官能团

官能团	—X	(R ₁)—COO—(R ₂)	RCOO ⁻	C ₆ H ₅ O ⁻	二糖	多糖	
代表物	溴乙烷	乙酸乙酯	醋酸钠	苯酚钠	蔗糖	淀粉	纤维素

3. 理解典型的有机化学反应类型及其发生反应的结构要求。如醇和卤代烃能发生消去反应，但不是所有的醇或卤代烃均能发生；再如醇的催化氧化，它要求醇羟基相连碳原子上必须有氢原子等等。

(1) 发生加成反应的基/官能团

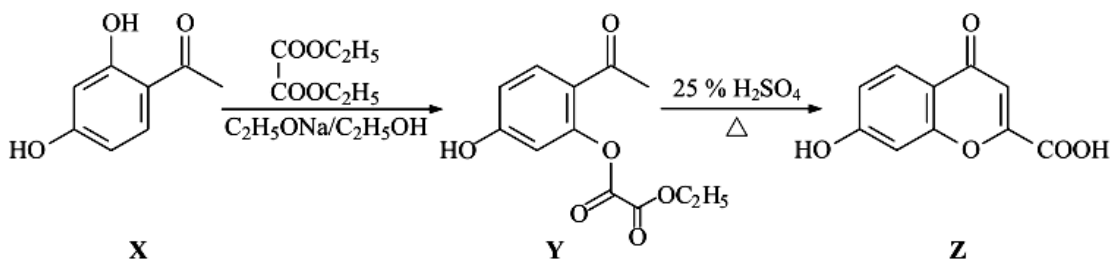
基/官能团		—C≡C—			
代表物	乙烯	乙炔	甲苯	丙酮	乙醛
无机物	卤素、氢气、水等		氢气等	氢气等	氢气等

(2) 发生氧化反应的官能团 (不含燃烧)

		—C≡C—	RCH ₂ —OH	—CHO	
代表物	乙烯	乙炔	乙醇	乙醛	甲苯
KMnO ₄	褪色	褪色	褪色	褪色	褪色
催化氧化	与 O ₂ 生成乙醛		在铜或银催化下与 O ₂ 生成乙醛	与 O ₂ 生成乙醛	

4. 掌握有机物中不同化学环境氢原子种类、环状有机物中手性碳原子的判断方法。对官能团的基本性质的认识依然是预测有机物性质的关键的知识储备。

【经典再现】异黄酮类化合物是药用植物的有效成分之一。一种异黄酮类化合物 Z 的部分合成路线如图：



下列说法正确的是

- A. 1 mol X 与足量溴水反应，最多消耗 1 mol Br₂
- B. 1 mol Y 最多能与 3 mol NaOH 反应
- C. Z 分子中含有手性碳原子
- D. 能用饱和 NaHCO₃ 溶液鉴别 Y 和 Z

【参考答案】D

八、物质结构与电化学原理

阅读下列资料，完成 10~11 题：NiOOH 可用作镍氢电池的电极材料，其一种制备方法如下：①向 NiSO₄ 溶液中滴加 NaOH 溶液，可制得 Ni(OH)₂ 沉淀；②将 Ni(OH)₂ 在空气中加热至恒重即可制得 NiOOH。

10. 关于反应制备 NiOOH 的实验，下列说法不正确的是

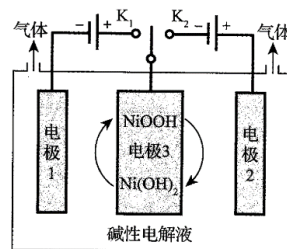
- A. SO₄²⁻ 具有正四面体构型
- B. Ni³⁺ 基态电子排布式为 [Ar]3d⁷
- C. 步骤①完成的标志是上层清液滴加 NaOH 溶液不再出现浑浊
- D. 步骤②完成时，所得固体质量比原 Ni(OH)₂ 固体质量大

11. 利用太阳能光伏电池电解水制高纯氢的工作示意图如右图所示。通过控制开关连接 K_1 或 K_2 , 可交替得到 H_2 和 O_2 。下列说法**不正确**的是

- A. 制 H_2 时, 连接 K_1
 B. 制 H_2 时, OH^- 由电极 1 向电极 3 移动
 C. 制 O_2 时, 电极 3 的电极反应式为

$$Ni(OH)_2 + OH^- - e^- = NiOOH + H_2O$$

 D. 制 O_2 时, 电解液 pH 增大



【参考答案】 10.D 11.C

【试题解析】

10. A 项, 根据价层电子对互斥模型, 中心原子 S 上孤电子对数为 0, 可推测 SO_4^{2-} 空间构型为正四面体形, A 项正确; B 项, Ni 基态电子排布式为 $[Ar]3d^84s^2$, 失去 4s 的 2 个电子和 3d 的 1 个电子后, Ni^{3+} 基态电子排布式为 $[Ar]3d^7$, B 项正确; C 项, 上层清液滴加 NaOH 溶液不再出现浑浊, 说明 Ni^{2+} 已沉淀完全, 步骤①已完成, C 项正确; D 项, 步骤②发生反应的

化学方程式为 $4Ni(OH)_2 + O_2 \xrightarrow{\Delta} 4NiOOH + 2H_2O$, 即 $Ni(OH)_2$ 转化为 $NiOOH$ 时, 固体质量减轻, D 项错误。

【典型错误】认为 Ni 转化为 Ni^{3+} 时, 先失去 3d 的 3 个电子, 即认为 Ni^{3+} 基态电子排布式 $[Ar]3d^54s^2$; 认为 $Ni(OH)_2$ 因吸收 O_2 转化为 $NiOOH$, 固体质量增加。

【试题解析】

11. 由图示知, 当连接 K_1 时, 电极 3 发生: $Ni(OH)_2 + OH^- - e^- = NiOOH + H_2O$, 故电极 3 为阳极, 电极 1 为阴极, 发生反应: $2H_2O + 2e^- = H_2 \uparrow + 2OH^-$, 总反应为 $2Ni(OH)_2$

$\xrightarrow{\text{通电}} 2NiOOH + H_2 \uparrow$, 此时是制 H_2 反应, 可见 A 项、B 项均正确; 当连接 K_2 时, 电极 3

发生: $NiOOH + e^- + H_2O = Ni(OH)_2 + OH^-$, 故电极 3 为阴极, 电极 2 为阳极, 发生反应:

$4OH^- - 4e^- = 2H_2O + O_2 \uparrow$, 总反应为 $4NiOOH + 2H_2O \xrightarrow{\text{通电}} 4Ni(OH)_2 + O_2 \uparrow$, 此时是制 O_2 反应, 可见 C 项错误、D 项均正确。

【典型错误】不能根据图示中箭头表示分析物质的转化, 不能根据 Ni 元素化合价的变化, 判断阴极、阳极, 以及阴极、阳极发生的准确反应的电极反应式。

【要点归纳】

解决电化学问题的能力要求:

- 1、能建立原电池工作模型, 判断原电池的正负极、电解质中离子的移动方向等;
- 2、能明确氧化还原反应中电子转移的计量关系;
- 3、掌握电极反应式的书写规则。因此, 在复习氧化还原反应、原电池和电解池等内容时, 要学会根据化合价的变化分析电子转移的方向和数目, 根据电子得失情况判断电极, 书写电极反应式还需要考虑介质的影响。

可以根据典型的原电池和电解池工作原理模型, 掌握原电池、电解池的电极判断方法, 电子和离子移动的方向, 电极反应式的书写规则, 总反应式与电极反应式的关系等, 并做一些举一反三的练习, 学会应用。

【经典再现】

阅读下列资料, 完成 10~11 题: 硼氢化钠 ($NaBH_4$) 既是一种重要的储氢材料, 又是具有广泛应用的还原剂。 $NaBH_4$ 在水溶液中的稳定性随着溶液 pH 升高而增大。

在氮气气氛保护下, 向一定量的 $FeCl_2$ 溶液中逐滴加入一定量的 $NaBH_4$ 溶液, 可制得纳米铁粉, 反应的离子方程式为 $2BH_4^- + Fe^{2+} + 6H_2O = Fe \downarrow + 2B(OH)_3 + 7H_2 \uparrow$ 。

NaBH₄-H₂O₂ 燃料电池有望成为低温环境下工作的便携式燃料电池，其工作原理如图所示。

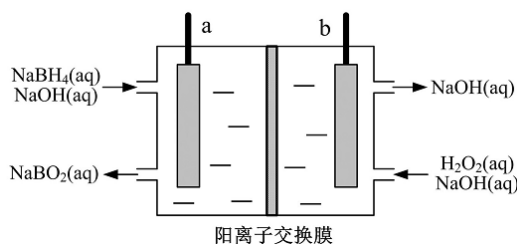
10. 关于 NaBH₄ 与 FeCl₂ 反应制备纳米铁粉的实验，下列说法正确的是

- A. BH₄⁻ 具有正方形构型
- B. Fe²⁺ 转化为 Fe 得到的 2 个电子基态时填充在 3d 轨道上
- C. 反应中 Fe²⁺ 和 H₂O 都是氧化剂
- D. 降低反应液的 pH 有利于提高纳米铁粉的产率

11. 下列有关 NaBH₄-H₂O₂ 燃料电池的说法正确的是

- A. 电池工作时，电能主要转化为化学能
- B. a 电极上的反应为

$$\text{BH}_4^- + 8\text{OH}^- - 8\text{e}^- = \text{BO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O}$$
- C. 放电过程中电极 b 区的溶液 pH 下降
- D. 放电过程中 1 mol H₂O₂ 参与反应，失去 $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个电子



【参考答案】10.C 11.B

九、实验探究与解释结论

12. 室温下，通过如下实验探究草酸（H₂C₂O₄）的性质

实验	实验操作和现象
1	用pH试纸测定0.1 mol·L ⁻¹ H ₂ C ₂ O ₄ 溶液的pH约为1.3
2	向0.1 mol·L ⁻¹ H ₂ C ₂ O ₄ 溶液中滴加酸性KMnO ₄ 溶液，紫色褪去
3	将0.1 mol·L ⁻¹ H ₂ C ₂ O ₄ 滴入少量NaHCO ₃ 溶液中，产生气泡
4	将浓度均为0.01 mol·L ⁻¹ H ₂ C ₂ O ₄ 和Ca(OH) ₂ 溶液等体积混合，产生白色沉淀

由上述实验所得结论正确的是

- A. H₂C₂O₄呈弱酸性，0.1 mol·L⁻¹ H₂C₂O₄溶液中存在：

$$c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$$
- B. 实验2说明H₂C₂O₄具有漂白性
- C. 实验3说明酸性：H₂C₂O₄ > H₂CO₃
- D. 依据实验4的现象，不能得出K_{sp} < 2.5 × 10⁻⁵的结论

【参考答案】C

【试题解析】A选项，0.1 mol·L⁻¹ H₂C₂O₄溶液如果是强酸，则pH约为0.7，pH约为1.3，说明不完全电离，呈弱酸性。根据0.1 mol·L⁻¹ H₂C₂O₄溶液中的质子守恒，得到c(OH⁻) = c(H⁺) + c(HC₂O₄⁻) + 2c(H₂C₂O₄)，A错误；B选项，H₂C₂O₄溶液使酸性KMnO₄溶液褪色是H₂C₂O₄溶液还原性的体现，B错误；C选项H₂C₂O₄滴入少量NaHCO₃溶液中，产生的气泡为二氧化碳，所以酸性：H₂C₂O₄ > H₂CO₃，C正确；D选项，将浓度均为 0.01 mol·L⁻¹ H₂C₂O₄和Ca(OH)₂溶液等体积混合，c(Ca²⁺) = 5 × 10⁻³，而H₂C₂O₄呈弱酸性，所以c(C₂O₄²⁻) < 5 × 10⁻³，产生的白色沉淀为CaC₂O₄，所以K_{sp} < 2.5 × 10⁻⁵，D错误。

【典型错误】易错选 A，忽略 H₂C₂O₄ 分子中有两个 H，简单认为 0.1 mol·L⁻¹ H₂C₂O₄ 溶液中存在：c(OH⁻) = c(H⁺) + c(HC₂O₄⁻) + c(H₂C₂O₄)。

【要点归纳】

1. 熟练掌握常见离子及物质的检验方法

- (1) 常见阳离子的检验：H⁺、Na⁺、K⁺、Ba²⁺、Al³⁺、Ag⁺、NH₄⁺、Fe²⁺、Fe³⁺等
- (2) 常见阴离子的检验：OH⁻、Cl⁻、Br⁻、I⁻、SO₄²⁻、SO₃²⁻、CO₃²⁻等
- (3) 常见物质的检验：H₂、CO₂、Cl₂、SO₂、NH₃、C₂H₄等
- (4) 有机物的检验：碳碳双键或三键、卤代烷、乙醇、苯酚、乙醛或葡萄糖、淀粉、蛋白质。
- (5) 常见物质的检验或对反应过程的证明

		检验方法
离子的检验	SO_4^{2-}	先加入盐酸(无明显现象), 再加 BaCl_2 溶液, 有白色沉淀
	Cl^-	加入 AgNO_3 溶液产生不溶于 HNO_3 的白色沉淀
	NH_4^+	加入 NaOH 溶液, 微热, 产生能使湿润的红色石蕊试纸变蓝色的气体。
	Fe^{2+}	向溶液中先加入 KSCN 溶液, 不变色; 再加入合适的氧化剂(如 Cl_2 、 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}^+$ 等), 溶液变红色。
	Fe^{3+}	加入 KSCN 溶液, 显红色。
	$\text{Na}^+(\text{K}^+)$	用洁净铂丝蘸取待检物, 置于酒精灯火焰上灼烧, 若焰色为黄色(透过蓝色钴玻璃, 若焰色为紫色), 则待检物中含 $\text{Na}^+(\text{K}^+)$ 。
反应过程的证明	苯酚与浓溴水发生取代反应	检测溶液的酸度变化。酸性显著增强, 说明是取代反应。 类比: 烷烃与 Cl_2 的取代反应证明; 苯与液溴的取代反应证明。
	卤代烃中卤素元素的检验	加入 NaOH 溶液, 加热。进而向反应混合液中加入硝酸酸化, 再加入 AgNO_3 溶液, 观察产生沉淀的颜色。
	二糖或多糖水解产物的检验	二糖或多糖在酸性条件下(加入稀硫酸)水解, 先用 NaOH 溶液中和其酸性, 再加入新制的 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液(或银氨溶液), 加热(或水浴加热), 以检验葡萄糖的存在。
	难溶物溶度积相对大小的证明	依据等浓度条件下的反应先后顺序进行判断; 通过沉淀转化的趋势进行判断。

2. 重视实验过程的分析 and 结论的形成, 重视实验结论形成的条件。
3. 加强思维逻辑性、严密性训练。如 CO_2 能使澄清石灰水变浑浊, 但能使澄清石灰水变浑浊的气体不一定是 CO_2 等。特别提示:
 - (1) 氧化(还原)性强弱的比较: 依据自发氧化还原反应(电解反应、歧化反应、归中反应不可以作为判断依据)
 - (2) 酸性强弱的比较: 依据酸与盐间的复分解反应(注意挥发性酸对后续反应的干扰)
 - (3) 溶度积大小的比较: 依据相同浓度下生成沉淀(组成相似)的顺序(若从沉淀转化的角度判断注意溶液浓度可能导致逆向转化)
4. 有关溶液中离子浓度的大小判断, 一般可分为单一溶液或混合溶液, 解决问题的基本方法主要为: 一是守恒思想的运用, 特别是电荷守恒和物料守恒的结合; 二是常数的运用, 尤其是电离常数、水的离子积和水解常数的综合; 三是内在反应的正确判断。

【经典再现】

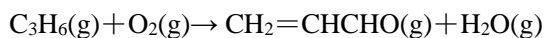
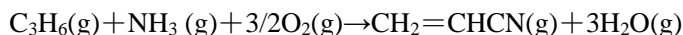
12-1 室温下, 将 0.05 mol NaHCO_3 固体溶于水配成 100 mL 溶液, 向溶液中加入下列物质, 有关推断正确的是

选项	加入物质	推断
A	$0.05 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$	溶液中部分离子浓度关系: $3c(\text{Na}^+) = 2[c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$
B	$0.005 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2$	离子方程式为: $\text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^- = \text{BaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
C	$50 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$	反应结束后, $c(\text{Na}^+) = c(\text{SO}_4^{2-})$
D	$20 \text{ mL } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHSO}_4$ 溶液	溶液中 $\frac{c(\text{CO}_3^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)}$ 增大

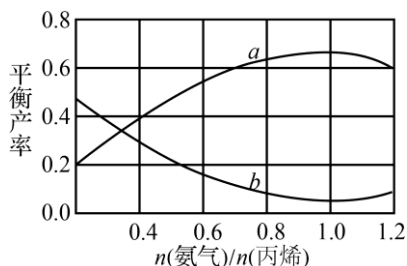
【参考答案】C

十、化学反应速率和化学平衡

13. 以丙烯、氨气和空气(空气中 O_2 体积分数约为 20%)为原料,在催化剂条件下生产丙烯腈($CH_2=CHCN$)的过程中会同时生成副产物丙烯醛,发生的主要反应如下:



在恒压、460℃时,保持丙烯和氨气的总进料量和空气的进料量均不变,丙烯腈和丙烯醛的平衡产率随进料气中 $n(\text{氨气})/n(\text{丙烯})$ 的比值变化的曲线如图所示。下列说法正确的是



- A. 图中曲线 a 表示丙烯腈的平衡产率随 $n(\text{氨气})/n(\text{丙烯})$ 比值的变化
 B. 增大压强有利于提高反应速率和丙烯腈的平衡产率
 C. 使用合适的催化剂可以使丙烯腈的平衡产率达到 100%
 D. 由图可知,原料氨气、丙烯和空气的理论最佳进料体积比为 2 : 2 : 3

【参考答案】A

【试题解析】A 项:氨气占比增加有利于丙烯腈的合成,据图可知当 $n(\text{氨气})/n(\text{丙烯})$ 比值小于 1 时,随着比值增大 a 曲线代表的物质平衡产率增加,所以 a 为丙烯腈, A 正确; B 项:合成丙烯腈的反应为气体系数之和增大的反应,增大压强不利于反应正向进行, B 错误; C 项:可逆反应中反应物的转化率不可能达到 100%, C 错误; D 项:据图可知当 $n(\text{氨气})/n(\text{丙烯})$ 比值为 1 时,丙烯腈的平衡产率最大,丙烯醛的平衡产率最小,根据合成丙烯腈的反应可知氧气的量为氨气的量的 1.5 倍为最佳配比,而氧气占空气的 20%,所以原料氨气、丙烯和空气的理论最佳进料体积比为 1:1:7.5,即 2 : 2 : 15, D 错误。

【典型错误】错误一是不能准确认识 $n(\text{氨气})/n(\text{丙烯})$ 比值过大时 $n(\text{丙烯})$ 偏小会导致丙烯腈的平衡产率反而减小;错误二是不知道催化剂只能改变化学反应速率,不能影响平衡移动;错误三是没有看清空气的体积。

【要点归纳】

从近年来的高考试题和江苏省适应性考试分析,此类考题中,常涉及以下考点:

- (1) 根据盖斯定律求算反应的 ΔH 。
 (2) 平均反应速率: $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$, 计算时不要忽视反应容器的体积。
 (3) 转化率和平衡常数的有关计算“利用三段式分析”,如:

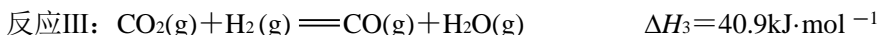
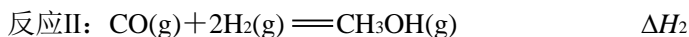
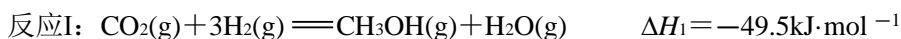
	$X(g) \rightleftharpoons Y(g) + 2Z(g)$		
开始/mol·L ⁻¹	a	b	c
转化/mol·L ⁻¹	x	x	$2x$
平衡/mol·L ⁻¹	$a-x$	$b-x$	$c+2x$

计算平衡常数时不要忽视反应容器的体积,即代入平衡常数表达式的是浓度而不是物质的量。

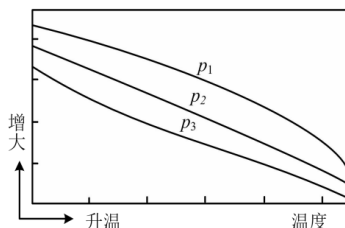
(4) 依据不同温度下反应物的转化率(生成物的产率)大小比较或反应体系中物质的含量大小比较或平衡常数大小的比较,可判断反应的焓变。即焓变看不同温度下有关物理量如转化率、产率、含量、平衡常数等的大小。

(5) 改变物质的量平衡移动的方向,通常比较 Q_c 和 K 相对大小。只要将具体数据代入通过适当变形能比较两者大小即可,而不必都计算出结果后再比较。

【经典再现】在二氧化碳加氢制甲醇的反应体系中，主要发生反应的热化学方程式为



在体积为 1 L 的恒容密闭容器中通入 1 mol CO_2 和 3 mol H_2 ，发生上述反应， CO_2 的平衡转化率随温度和压强的变化如图所示。下列说法正确的是



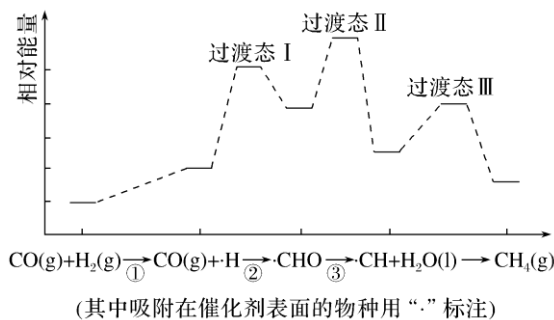
- A. $\Delta H_2 = 90.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 在某温度下，平衡时容器中 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 为 0.3 mol， $\text{CO}(\text{g})$ 为 0.3 mol，则反应III的平衡常数为 0.25
- C. 压强 p_1 、 p_2 、 p_3 由小到大的顺序为 $p_1 < p_2 < p_3$
- D. 高温、高压一定有利于提高 CO_2 的平衡转化率

【参考答案】 B

【解析】 A 项: $\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3 = -90.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，A 错误；B 项: 根据元素守恒， $c(\text{CO}_2) = 1 - 0.3 - 0.3 = 0.4 \text{ mol/L}$ ， $c(\text{H}_2\text{O}) = 2 - 0.3 - 0.3 - 0.4 \times 2 = 0.6 \text{ mol/L}$ ， $c(\text{H}_2) = 3 - 0.6 - 0.6 = 1.8 \text{ mol/L}$ ，反应III的平衡常数 $K = \frac{0.3 \times 0.6}{0.4 \times 1.8} = 0.25$ ，B 正确；C 项: 相同温度下，增大压强，反应I、反应II平衡正向移动，反应III平衡不移动， CO_2 的平衡转化率增大， $p_1 > p_2 > p_3$ ，C 错误；D 项: 反应I、反应II为放热反应，高温平衡逆向移动，不利于提高 CO_2 的平衡转化率，D 错误。

十一、反应机理

14. CO 甲烷化反应为: $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 。下图是使用某种催化剂时转化过程中的能量变化(部分物质省略)，其中步骤②反应速率最慢。



下列说法不正确的是

- A. 步骤①只有非极性键断裂
- B. 步骤②速率最慢的原因可能是其活化能最高
- C. 步骤③需要吸收热量
- D. 使用该催化剂不能有效提高 CO 的平衡转化率

【参考答案】 C

【试题解析】 A 项: 步骤①只有 H—H 共价键断裂，A 正确；B 项: 反应活化能高，化学反应速率慢，B 正确；C 项: 步骤③中，反应物的总能量高于生成物的总能量，反应放出热量，C 错误；D 项: 催化剂只能改变化学反应速率，不能影响平衡移动，D 正确。

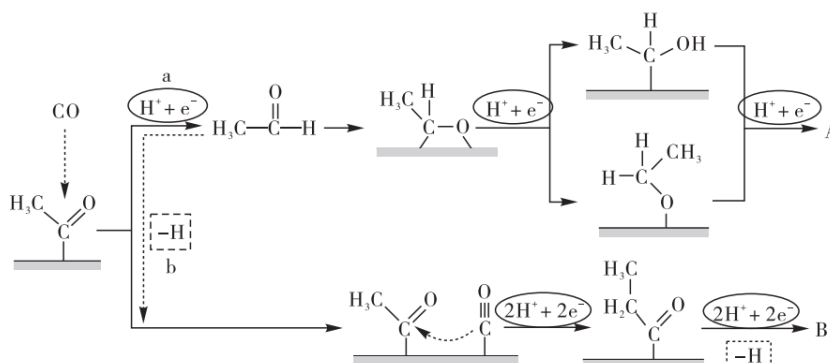
【典型错误】 错误一是不能准确分析每一个步骤的反应机理；错误二是不能准确分析每一个步骤的能量变化；错误三是不能正确认识催化剂。

【要点归纳】

从江苏省适应性考试和近几年部分全国卷分析，此类考题中，常涉及以下考点：

- (1) 化学键的断裂与生成方式、位置。
- (2) 化学反应中能量变化分析。
- (3) 催化剂的反应机理、作用。
- (4) 活化能大小对化学反应速率的影响。
- (5) 反应机理的表达（文字结合方程式）。

【经典再现】 14-1 乙醛在铜表面电催化制备 B(A 是副产物)的机理如下图所示，下列说法错误的是



- A. 铜在催化过程中，发生了化合价的变化
- B. 需要外加电源提供活泼的氢原子
- C. 副产物 A 的结构简式是 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCHOHCH}_3$
- D. 产物 B 是正丙醇

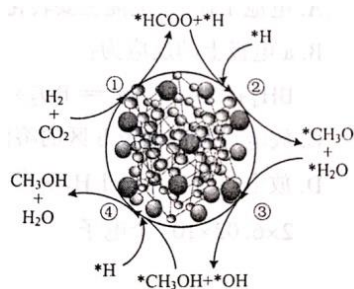
【参考答案】 C

【试题解析】 A 项：由图知反应物有 CH_3CHO 、 CO 、由 $\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{H}$ 反应生成的氢原子、铜催化剂，催化剂铜参与了反应，过程中发生了化合价的变化，A 正确；B 项：反应物氢原子是 $\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{H}$ 反应的产物，这是需要外加电源的，且题干“在铜表面电催化制备 B”强调了电的作用，B 正确；C 项：反应物乙醛和氢原子，副产物 A 是 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ，不是 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCHOHCH}_3$ ，C 错误；D 项：最后一步反应历程可知产物为 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ，D 正确。

14-2 将 CO_2 转化为有机燃料是实现碳资源可持续利用的有效途径。我国学者提出的 CO_2 催化加氢合成 CH_3OH 的机理如图(其中吸附在催化剂表面的物种用*标注)所示。

下列说法正确的是

- A. 催化剂的使用能提高 CO_2 的平衡转化率
- B. CO_2 催化加氢合成 CH_3OH 总反应的 $\Delta S > 0$
- C. 反应④中存在共价键的断裂和共价键的生成
- D. 反应机理表明 H_2O 参与了 CO_2 合成 CH_3OH 的反应



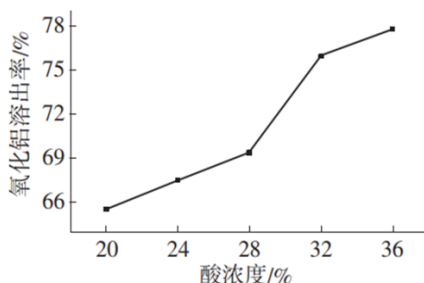
【参考答案】 D

【试题解析】 A 项：催化剂只能改变化学反应速率，不能提高反应物的平衡转化率，A 错误；B 项： CO_2 催化加氢合成 CH_3OH 是气体分子数减少的反应，故该反应的 $\Delta S < 0$ ，B 错误；C 项：反应④中只有共价键的生成，不存在共价键的断裂，C 错误；D 项： H_2O 参与了 CO_2 合成 CH_3OH 的反应，D 正确。

第二部分 非选择题

15. 以高铝粉煤灰（主要成分 Al_2O_3 、 SiO_2 ，杂质为 CaO 、 Fe_2O_3 等）为原料可制备铝。

- (1) 1220°C 时，高铝粉煤灰与纯碱、焦炭焙烧，部分 Al_2O_3 转化为易溶的偏铝酸钠，反应的化学方程式为 ▲。
- (2) 向焙烧后的产物中加入稀盐酸，其他条件不变时，酸的浓度与氧化铝溶出率的关系如图所示。



工业上实际使用 32% 的盐酸，其原因是 ▲。

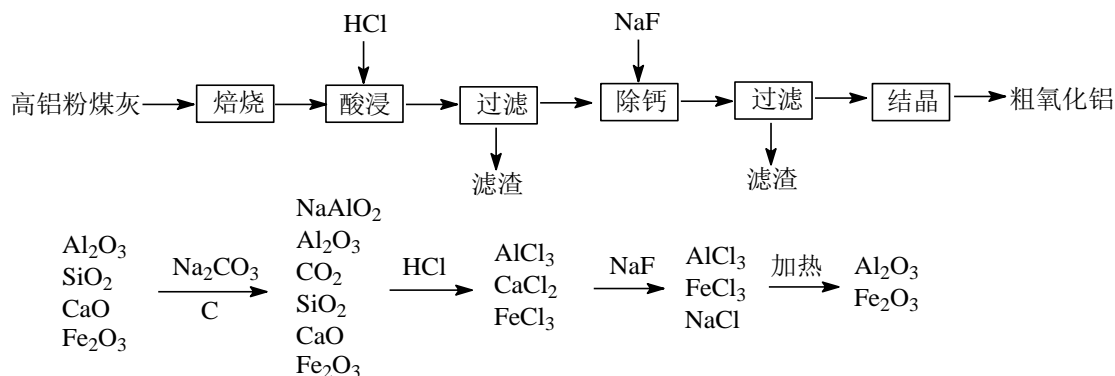
- (3) 向酸浸后的滤液中加入 NaF ，使 Ca^{2+} 转化为 CaF_2 沉淀除去。若溶液的 pH 偏低，将会导致 CaF_2 沉淀不完全，其原因是 ▲。 [$K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)=5.3 \times 10^{-9}$ ， $K_{\text{a}}(\text{HF})=6.3 \times 10^{-4}$]
- (4) 除杂后的溶液经蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥得到粗氧化铝。粗氧化铝中含有的杂质为 ▲（填化学式）。
- (5) 粗氧化铝经过提纯后得到高纯氧化铝。电解熔融的 Al_2O_3 得到 Al ，阳极的石墨易消耗，原因是 ▲。
- (6) 现有 102 t 高铝粉煤灰（ Al_2O_3 质量分数为 55.22%），如果铝元素的回收率为 75%，可以得到 ▲ t 铝（计算结果保留小数点后一位）。

【参考答案】

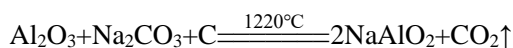
- (1) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} \xrightarrow{1220^\circ\text{C}} 2\text{NaAlO}_2 + \text{CO}_2 \uparrow$
- (2) 此时氧化铝的溶出率较高，盐酸浓度越高，对设备的要求越高，成本越高
- (3) pH 偏低形成 HF ，导致溶液中 F^- 浓度减小， CaF_2 沉淀不完全
- (4) Fe_2O_3
- (5) 石墨电极被阳极上产生的 O_2 氧化
- (6) 22.4

【试题解析】

本题以“高铝粉煤灰制备铝”的工艺为命题背景，以铝、铁等元素化合物知识为载体考查学生陌生方程式的书写、pH 的控制、物质推断等知识。遇到这类题目时，我们不妨建立以下的模型：



(1) 根据题意, 氧化铝与 Na_2CO_3 及焦炭反应生成 NaAlO_2 , 反应的化学方程式为



(2) 选用 32% 的酸浓度是因为氧化铝的溶出率已经达到 75% 以上, 盐酸浓度越高, 对设备的要求越高, 成本越高

(3) 若溶液的 pH 偏低, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 增大, 因为 $K_a(\text{HF}) = 6.3 \times 10^{-4}$, H^+ 与 F^- 反应生成 HF, 导致 $c(\text{F}^-)$ 减小, 使 CaF_2 沉淀不完全

(4) 酸浸之后, Fe^{3+} 进入滤液中, 未被除去, 因此粗氧化铝的主要杂质是 Fe_2O_3

(5) 电解熔融 Al_2O_3 , 电解过程中作阳极的石墨易消耗, 原因是石墨电极被阳极上产生的 O_2 氧化

(6) 根据元素守恒, 可制得纯 Al 的质量 $m = 102 \text{ t} \times 55.22\% \times 75\% \times \frac{54}{102} = 22.4 \text{ t}$

【要点归纳】

要点 1 如何正确书写陌生情境下的化学方程式或离子方程式

(1) 根据信息正确判断出反应物和生成物。

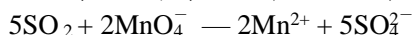
(2) 根据氧化还原反应得失电子守恒配平相关物质的计量数。

(3) 根据反应的条件 (溶液的酸碱性) 在方程式两边补充 H^+ 、 OH^- 、 H_2O 。

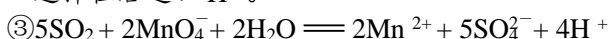
(4) 根据元素守恒或电荷守恒配平。

例 1: SO_2 与酸性 KMnO_4 溶液反应

① 根据得失电子守恒配平化合价有变化的原子。

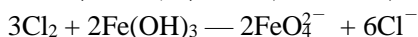


② 观察电荷: 应在方程式左边加 OH^- 或在方程式右边加 H^+ , 由于条件为酸性介质, 应选择右边加 H^+ 。

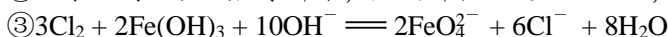


例 2: 在强碱溶液中 Cl_2 与 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 反应生成 FeO_4^{2-}

① 根据得失电子守恒配平化合价有变化的原子



② 观察电荷: 强碱性条件下, 应选择左边加 OH^- , 生成物中有 H_2O 生成。



要点 2 如何控制生产条件?

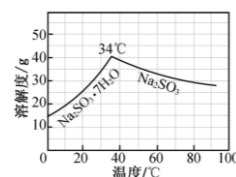
(一) 原料预处理阶段

研磨、粉碎、 喷洒	1. 增大反应物的接触面积, 达到 加快反应速率 和 提高原料转化率、利用率、浸取率 目的。 2. 增大接触面积的具体措施有: 固体用粉碎、研磨的方法, 液体用喷洒的方法、气液逆流等方式。
浸出	浸取、溶解: 向固体中加入适量溶剂, 使其中可溶性的物质溶解或通过反应进入溶液, 分成水浸、酸浸、碱浸、醇浸等。 水浸: 是为了分离水溶性和非水溶性的物质。 酸浸: 是为了溶解金属、金属氧化物、调节 pH 等。 碱浸: 是为了除去金属表面的油污、溶解酸性氧化物、溶解铝及其化合物 (除去铝片表面的氧化膜)、调节 pH 等。 醇浸: 是为了提取有机物质。
浸出率	1. 浸出率: 实际浸取量与理论浸取量的比值。 2. 提高浸取率可从反应物接触面积、反应物浓度、温度、溶剂性质等方面思考, 适当延长浸出时间、多次浸取等也有助于提高浸出率。
灼烧	煅烧、焙烧: 是指在高温下使固体原料分解、反应或改变结构。如煅烧高岭土使其中的 Al_2O_3 能溶于酸, 海带提取碘前将干海带高温灼烧成灰烬, 使海

	带中的有机物转化为 CO_2 和 H_2O 而除去。 CuS 不溶于稀硫酸，焙烧后生成氧化铜易溶于硫酸。
搅拌、加热	加速溶解，加快反应速率，提高浸出率（或利用率、生成物产率）。
增大反应物浓度、加压	1.可加快反应速率。 2.加压一般是提高气体反应物浓度措施，在固体、液体反应的体系中并不适宜。 3.生产中常使 廉价易得的原料适当过量 ，以提高另一原料的利用率。 (生产中也采取 移出生成物 方式提高原料利用率)
催化剂	使用催化剂可提高反应速率， 不能提高平衡转化率，但是可以提高限定时间转化率。
表面处理	如 NaOH 溶液除去金属表面油污，或用化学法除去金属表面氧化物等。

(二) 分离与提纯中条件的控制

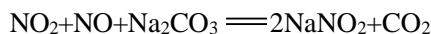
控制 pH	目的：1.抑制某离子水解。 2.使某些金属离子形成氢氧化物沉淀而分离。如：增大 pH（消耗 H^+ ）促使 Fe^{3+} 生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 除杂。如除去 Cu^{2+} 溶液中混有的 Fe^{3+} ，可加入 CuO 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 等物质。 使某些金属离子形成胶体，胶体具有吸附性。 3.与物质的性质有关，如氧化性、还原性、不稳定性等。
控制体系的环境氛围	1.营造还原性氛围，防止还原性物质被氧化，如加入铁粉防止 Fe^{2+} 被氧化。 2.加入氧化剂进行氧化，如加入绿色氧化剂 H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化转化为 Fe^{3+} 。 3.在空气中要考虑 O_2 、 H_2O 、 CO_2 等是否参与反应或能否达到隔绝空气，防氧化、水解、潮解等目的 4.通入空气：①氧化某离子(如 SO_3^{2-} 、 Fe^{2+})；②起搅拌作用 5.蒸发或结晶时加对应酸或碱抑制某物质水解。如：从溶液中析出 FeCl_3 、 CuCl_2 、 AlCl_3 、 MgCl_2 、 ZnCl_2 等溶质时，应在 HCl 的气流中加热，以抑制其水解
控制温度	$T^\circ\text{C}$ 水浴、冰水浴、油浴（高于 100°C ） 1.加热：加速溶解、加快反应速率。 2.控制在 $T_1-T_2^\circ\text{C}$ 或保持温度在某 $^\circ\text{C}$ 左右：温度太低反应速率太慢（溶解速率太慢），温度太高某物质容易分解（如 H_2O_2 、 NH_4HCO_3 、 NaHCO_3 等）。或者考虑平衡移动、防止副反应的发生、催化剂活性。 3.低温： ①防止某物质在高温时 分解 （如氨水、 H_2O_2 、 NH_4HCO_3 等铵盐、浓 HNO_3 、 NaHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 KMnO_4 、 AgNO_3 等物质)； ②防止某物质 挥发或者气体逸出 （如氨水、苯、乙醇等有机物、 HCl 、 HNO_3 、液 Br_2 、 SO_2 、 Cl_2 、 H_2S ）或碘升华； ③防止失去结晶水（在溶液中不用，低温干燥时常用)； ④降温（减压）可以减少能源成本，降低对设备的要求。
蒸发与结晶	1.蒸发浓缩、冷却结晶（溶解度随温度变化较大的物质析出，如 KNO_3 ）。 2.蒸发浓缩、趁热过滤（溶解度随温度变化较小的物质析出，如 NaCl ）。 3.从溶液中得到晶体：蒸发浓缩（至表面有晶膜出现）—冷却结晶—过滤—洗涤—干燥；或者蒸发浓缩（至有大量晶体析出）—趁热过滤—洗涤—干燥。 4.要防止失去结晶水或分解：可用减压烘干，低温干燥、或常温下晾干。） 5.真空干燥：防止失去结晶水，防止被氧化。 6. Na_2SO_3 的溶解度曲线如图，则从 Na_2SO_3 溶液中制备无水 Na_2SO_3 的操作是： <u>加热浓缩溶液至有大量晶体析出，在高于 34°C 条件下趁热过滤，用少量无水乙醇洗涤，干燥，密封包装。</u>



趁热过滤	若首先析出的是产品，则防止降温时析出杂质而影响产品纯度(目的是 提高产品纯度)；若首先析出的是杂质，则防止产品在降温时结晶而损耗(目的是 减少产品的损耗)。
产品洗涤	1.冰水洗涤的目的：①洗去晶体表面的杂质离子；②减少某晶体在洗涤过程中的溶解损耗。 2.乙醇洗涤的目的：①洗去晶体表面的杂质离子；②降低溶解量，减少某晶体在洗涤过程中的溶解损耗；③且便于干燥。 3.判断洗净： 【特别提醒：洗涤后不能检验 NH₄⁺，浓度低，现象不明显】 。 SO ₄ ²⁻ ：取少许最后一次的洗涤液，滴入盐酸酸化，无明显现象，再滴入 BaCl ₂ 溶液，若不出现白色浑浊，则已洗涤干净。 Cl ⁻ ：取少许最后一次的洗涤液，滴入硝酸酸化的 AgNO ₃ 溶液，若不出现白色浑浊，则已洗涤干净。 Fe ³⁺ ：滴入 KSCN 溶液，若不出现血红色，已洗涤干净。 Fe ²⁺ ：滴入 KSCN 溶液，无明显现象，再滴入 H ₂ O ₂ 或 Cl ₂ ，若不出现血红色，已洗涤干净。或者滴入 K ₃ [Fe(CN) ₆]，若不出现蓝色，已洗涤干净。

【经典再现】 烟气的脱硫、脱硝技术是目前研究的热点。

(1) Na₂CO₃ 溶液能吸收燃煤烟气中的 NO_x，发生的化学反应有：

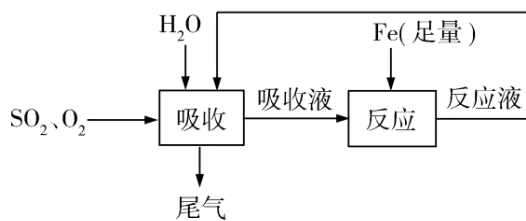


①NO₂ 能与 Na₂CO₃ 反应有两种盐生成，反应的化学方程式为 ▲。

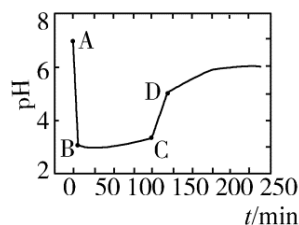
②在吸收过程中可适当通入空气，目的是 ▲。

③一定温度下，Fe 可以将 NO 还原为 N₂。随着烟气中氧气浓度的增加，NO 的还原率急速下降，可能的原因 ▲。

(2) 研究人员按图甲流程进行“燃煤烟气的脱硫研究”模拟实验。实验中，对循环的反应液的 pH 进行跟踪检测，测得 pH 随时间的变化曲线如图乙所示 (A 点为纯水的 pH)。



甲



乙

①吸收时，温度不宜过高的原因是 ▲。

②AB 段，pH 下降的主要原因是 ▲。

③CD 段，反应液的 pH 发生突变的主要原因是 ▲。

【参考答案】

(1) ① $2\text{NO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{CO}_2$

② 确保氮的氧化物能被完全吸收

③ O₂ 优先与 Fe 反应生成铁的氧化物

(2) ① 温度过高，SO₂ 的溶解度下降

② SO₂ 与水反应生成 H₂SO₃

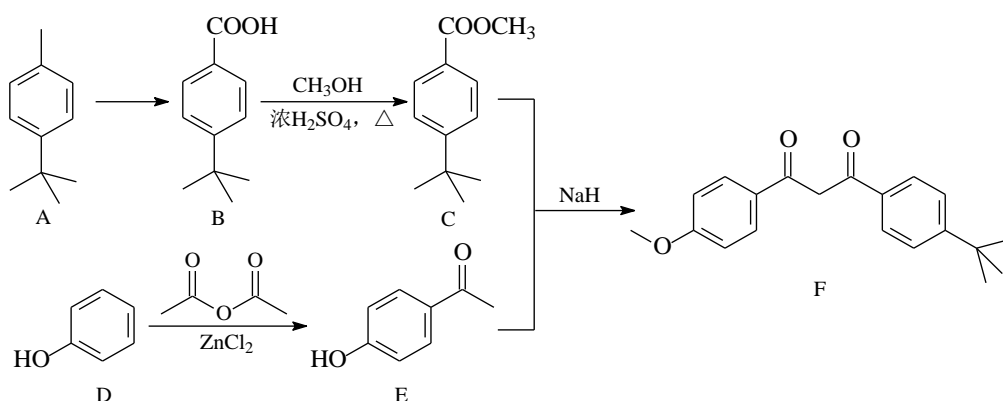
③ 生成的 Fe²⁺ 对 H₂SO₃ 氧化生成 H₂SO₄ 的反应有催化作用

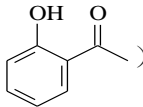
【试题解析】

本题以“烟气脱硫脱硝”的工艺流程为命题背景，将硫、氮的化合物性质、溶液 pH 的变化、温度控制、陌生方程式的书写等知识融合在生产工艺中，一方面考查学生对新信息的处理能力，另一方面也考查了学生灵活运用化学知识，解决实际问题的能力和学生思维的全面性和深刻性。

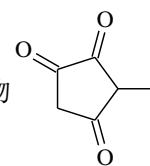
- (1) ①NO₂能与Na₂CO₃反应是歧化反应,生成两种盐是NaNO₂和NaNO₃。②吸收时,NO₂可以被Na₂CO₃反应,但是NO与NO₂物质的量之比控制为1:1的时候才能被吸收,因此通入适量空气,可以使部分NO转变为NO₂,从而被Na₂CO₃完全吸收。③一定温度下,Fe可以将NO还原为N₂。随着烟气中氧气浓度的增加,NO的还原率急速下降,原因应该是发生了副反应,反应物Fe可以与O₂反应生成铁的氧化物。
- (2) ①将SO₂通入到反应液中溶解而被吸收,气体的溶解度随着温度的升高而降低,所以为了SO₂的吸收效果较好,不宜采用过高的温度。②在水中不断通入SO₂,SO₂溶于水生成H₂SO₃,H₂SO₃与Fe的反应较慢,故AB段溶液的pH降低。③将反应液导入到吸收装置中,Fe²⁺对H₂SO₃氧化成H₂SO₄起到了催化剂的作用,Fe与H₂SO₄的反应较快,反应液的酸性很快减弱。

16. 化合物F是一种防晒剂的有效成分,其合成路线如下:



- (1) A→B 的反应条件为 ▲。
- (2) D→E 的反应类型为 ▲。
- (3) E 与它的同分异构体 G () 相比,沸点更高的是 ▲。
- (4) F 的一种同分异构体同时满足下列条件,写出该同分异构体的结构简式: ▲。
- ①分子中有 2 个苯环且能发生水解反应;
②分子中只有 3 种不同化学环境的氢。

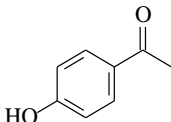
(5) 写出以 CH₃CH=CHCH₃、CH₃CH₂OH 和 HOOC—COOH 为原料制备化合物

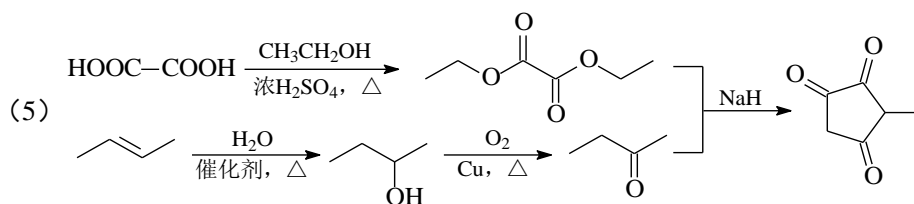
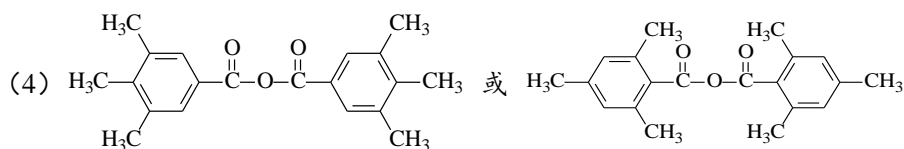


的合成路线(无机试剂和有机溶剂任用,合成路线示例见本题题干)。

【参考答案】

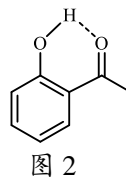
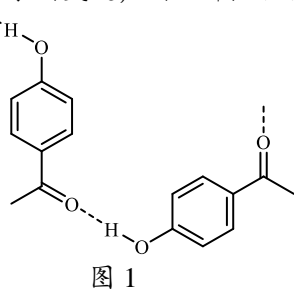
- (1) 酸性 KMnO₄ 溶液, Δ
(2) 取代反应

(3) E 或 

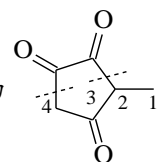
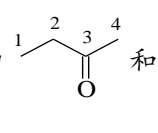


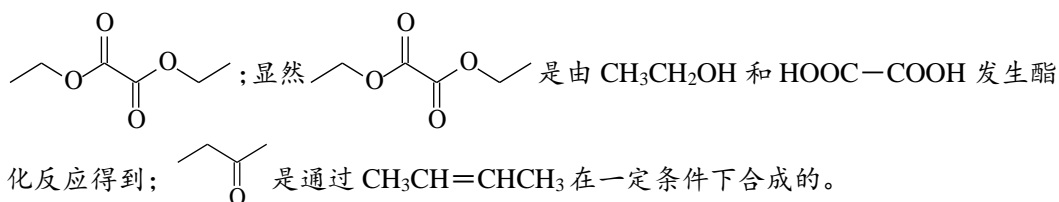
【试题解析】

- (1) 与苯环相连的第一个碳原子 (α -碳) 上有氢原子时, 可被酸性 KMnO_4 溶液氧化为 $-\text{COOH}$ 。故 A 中 $-\text{CH}_3$ 能被酸性 KMnO_4 溶液氧化为 $-\text{COOH}$, 而 $-\text{C}(\text{CH}_3)_3$ 不能被酸性 KMnO_4 溶液氧化。
- (2) 由 D、E 结构分析, D 与 $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ 反应除生成 E 外, 还生成了 CH_3COOH , 可见 $\text{D} \rightarrow \text{E}$ 是取代反应。
- (3) E 能形成分子间氢键 (如图 1 所示), 使沸点升高; G 能形成分子内氢键 (如图 2 所示), 不能形成分子间氢键, 因而沸点较低。



- (4) 根据同分异构体能发生水解知, 其分子中含 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-$, 根据水解产物只有 1 种且只有 3 种不同化学环境的氢知, 其分子高度对称, 因此剩余的 1 个 O 原子可以组合成 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$, 再根据分子中有 2 个苯环知, 1 个苯环应该在 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$ 两侧, 剩余的 6 个碳原子平均分布在 $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$ 两侧, 最后根据对称性原则即可写出答案。

- (5) 根据反应 $\text{C} + \text{E} \rightarrow \text{F}$ 分析, 合成化合物  的中间体为  和



【典型错误】

- (1) 不能从分子间氢键与分子内氢键对物质沸点的影响去思考物质的性质; (2) 同分异构体的推断错误, 不能有效依据对称性原则书写, 导致所写答案不符合要求; (3) 合成思路的设计, 不能正确设计合成路线, 反应条件漏写或错误, 导致表达不规范。

特别提醒：

反应	正确条件	错误条件	反应	正确条件	错误条件
醇消去	$\xrightarrow[\Delta]{\text{浓H}_2\text{SO}_4}$	$\xrightarrow[\Delta]{\text{NaOH醇溶液}}$	苯环上的卤代	$\xrightarrow[\text{FeX}_3]{\text{X}_2}$	$\xrightarrow{\text{光照}}{\text{X}_2}$
卤代烃消去	$\xrightarrow[\Delta]{\text{NaOH醇溶液}}$	$\xrightarrow[\Delta]{\text{浓H}_2\text{SO}_4}$	醇→醛酮	$\xrightarrow[\text{Cu}, \Delta]{\text{O}_2}$	$\xrightarrow{\text{O}_2}$ 催化剂
醇→卤代烃	$\xrightarrow[\Delta]{\text{HX}}$	$\xrightarrow[\Delta]{\text{X}_2}$	硝化	$\xrightarrow[\Delta]{\text{浓HNO}_3, \text{浓H}_2\text{SO}_4}$	$\xrightarrow[\Delta]{\text{浓HNO}_3}$
醇→卤代烃	$\xrightarrow[\Delta]{\text{HX}}$	$\xrightarrow[\Delta]{\text{X}_2}$	硝化	$\xrightarrow[\Delta]{\text{浓HNO}_3, \text{浓H}_2\text{SO}_4}$	$\xrightarrow[\Delta]{\text{浓HNO}_3}$

【要点归纳】

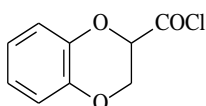
一、未知物或副产物的判断

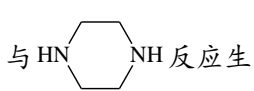
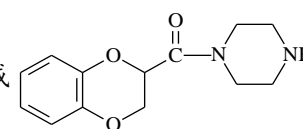
1. 流程中未知物的判断：

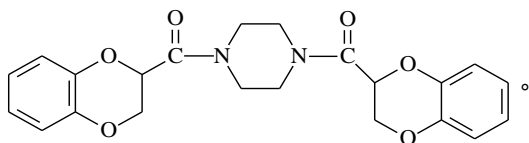
- (1) 圈出前后两种物质的相同点与不同点；
- (2) 分析反应条件可能给予的暗示；
- (3) 结合其他所给已知条件（如分子式、性质等）推断；
- (4) 试写该物质的结构简式，最后用所有已知信息（如分子式是否正确等）验证；

2. 副产物的判断

- (1) 按“流程中未知物”方法判断；
- (2) 值得一提的是：在物质旧键断裂的过程中，断键的部位可能不同，这样也是产生副

产物的重要途径，故在分析流程的每一步时，要适当留心观察；如 

与  反应生成  外，副产物可能为



二、限定条件下同分异构体的结构简式书写方法

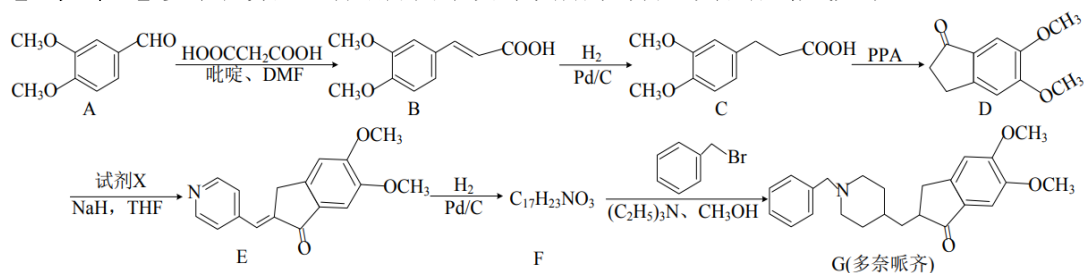
- 1、确定分子式、核心原子数、基团和官能团——根据限定结构或性质条件，写出结构单元；
- 2、确定不饱和度、剩余原子数——观察剩余 C、O 等原子的个数和剩余不饱和度，考虑 C、O 等原子可能存在形式，形成结构单元；
- 3、根据不同化学环境氢的种类尝试组合——将结构单元按照一定顺序组装成分子；
- 4、检查验证所写简式结构是否符合限定条件——根据分子式、不同环境的氢等其他信息进行筛选，检查，确保答案正确；

注意：①若限制条件中有关于不同化学环境氢的种类的限定，一般来说要写的有机物是相对最对称的，可考虑各种对称因素；②结构简式的规范书写。

三、合成路线设计解题方法

- 1、明确目标产物，认真筛选题干流程中一些对应物质结构特点、转化类型、反应条件，特别注意一些非高中要求的反应可视为已知信息。
- 2、剖析目标产物，分析目标产物骨架，明确原料与目标产物结构的异同点在哪里，选择原料、路线(正向、逆向思维，结合题给信息)。
- 3、选择合理的路线，清晰由什么基本反应完成，分析目标分子骨架，是否要成环、开环等。
- 4、调整合成的顺序，确定目标分子中官能团的引入、保护、转化顺序。
- 5、流程的第一步最为重要，准确使用原料和题给信息和反应条件进行转化。

【经典再现】多奈哌齐是一种治疗阿尔茨海默病的药物，其合成路线如下：

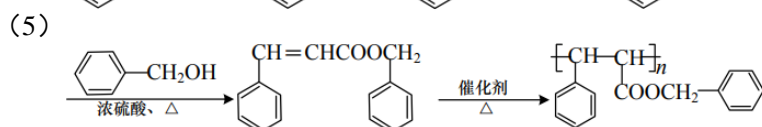
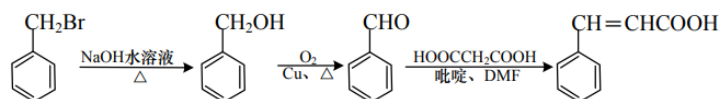
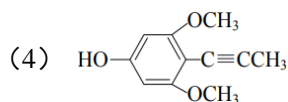
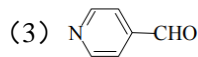
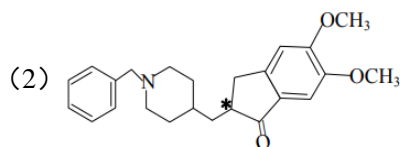


- (1) F→G 的反应类型为 ▲。
- (2) 用“*”标出 G 中的手性碳原子 ▲。
- (3) D→E 中加入试剂 X 的分子式为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}$ ，写出 X 的结构简式：▲。
- (4) D 的一种同分异构体 Y 同时满足下列条件，写出该同分异构体的结构简式：▲。
 - ① Y 能与 FeCl_3 发生显色反应
 - ② 1 mol Y 与足量溴水反应时最多能消耗 4 mol Br_2
 - ③ Y 分子中不同化学环境的氢原子数目比为 6: 3: 2: 1

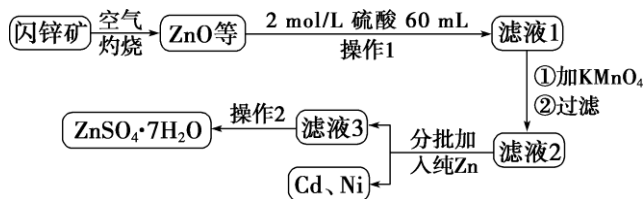
(5) 设计以 和 $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$ 为原料制备 的合成路线(无机试剂、有机溶剂任用，合成路线示例见本题题干)。

【参考答案】

(1) 取代反应



17. 医用 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 内服做催吐剂，外服做滴眼液，用途广泛。工业上以闪锌矿(主要成分为 ZnS ，含少量 FeS 、 MnS 、 CdS 、 NiS 等杂质)为原料，制备流程如图：



0.1 mol/L 金属阳离子沉淀的 pH 如表：

金属阳离子	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}	Cd^{2+}
开始沉淀 pH	8.1	6.7	1.9	6.1	7.2	7.7
完全沉淀 pH	10.1	9.0	3.2	8.2	9.2	9.7

- 灼烧闪锌矿会产生有毒气体，其分子式为 $\underline{\text{SO}_2}$ ，操作 1 需要在 90°C 下反应 20 min，其目的是 $\underline{\text{为了让硫酸与固体充分反应}}$ 。
- 滴入 KMnO_4 溶液、控制 $\text{pH}=4$ 可以除去 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 。除尽 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 的标志是 $\underline{\text{溶液变为无色并不再产生沉淀}}$ ，写出除去 Mn^{2+} 的离子方程式： $\underline{3\text{Mn}^{2+}+2\text{MnO}_4^-+2\text{H}_2\text{O}=\text{5MnO}_2\downarrow+4\text{H}^+}$ 。
- 分批加入纯 Zn 的目的是 $\underline{\text{置换溶液中的 Cd}^{2+}$ 、 Ni^{2+} ，以便过滤去除}。
- 从滤液 3 得到 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 的实验方案为： $\underline{\text{在滤液中边搅拌边滴加 } 2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ 硫酸调节 pH 小于 } 6.1, \text{ 蒸发浓缩至出现晶膜, 冷却结晶, 用布氏漏斗抽滤并用蒸馏水洗涤晶体 } 2\sim 3 \text{ 次, 干燥后得到晶体}}$ 。(实验中须用到的试剂和仪器： $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸、蒸馏水、布氏漏斗)
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 样品中 Zn^{2+} 含量测定如下：准确称量 $m \text{ g}$ 样品溶解，配制成 100.00 mL 溶液，取 25.00 mL 于锥形瓶中，滴加 $\text{pH}=10$ 的氨水-氯化铵的缓冲溶液，用铬黑 T 做指示剂滴定到终点，消耗 $V \text{ mL}$ 0.10 mol/L 的 EDTA 标准溶液，EDTA 和 Zn^{2+} 反应的关系式为 $\text{Zn}^{2+}\sim\text{EDTA}$ ；取蒸馏水 25.00 mL 于锥形瓶中，滴加 $\text{pH}=10$ 的氨水-氯化铵的缓冲溶液，用铬黑 T 做指示剂滴定到终点，消耗 $V_0 \text{ mL}$ 0.10 mol/L 的 EDTA 标准溶液。计算 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 样品的纯度为 $\underline{\frac{11.48(V-V_0)}{m}\%}$ 。

【参考答案】

- SO_2 为了让硫酸与固体充分反应
- 溶液变为无色并不再产生沉淀 $3\text{Mn}^{2+}+2\text{MnO}_4^-+2\text{H}_2\text{O}=\text{5MnO}_2\downarrow+4\text{H}^+$
- 加入纯 Zn 的目的是置换溶液中的 Cd^{2+} 、 Ni^{2+} ，以便过滤去除；分批的目的是便于随时监测溶液中 Cd^{2+} 、 Ni^{2+} 的残留情况，保证既除去 Cd^{2+} 、 Ni^{2+} ，又不浪费过多纯 Zn
- 在滤液中边搅拌边滴加 $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸调节 pH 小于 6.1，蒸发浓缩至出现晶膜，冷却结晶，用布氏漏斗抽滤并用蒸馏水洗涤晶体 2~3 次，干燥后得到晶体
- $\frac{11.48(V-V_0)}{m}\%$

【试题解析】

- 据流程，灼烧闪锌矿会产生有毒气体的分子式为 SO_2 ，操作 1 需要 90°C 下反应 20 min，目的是为了硫酸与固体充分反应，故答案为： SO_2 ；为了让硫酸与固体充分反应
- 滴入 KMnO_4 溶液、控制 $\text{pH}=4$ ，使 Fe^{3+} 转换为氢氧化铁沉淀， Mn^{2+} 与高锰酸根离子反应 $3\text{Mn}^{2+}+2\text{MnO}_4^-+2\text{H}_2\text{O}=\text{5MnO}_2\downarrow+4\text{H}^+$ ，当实验中溶液变为无色并不再产生沉淀时说明除尽 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} ，故答案为：溶液变为无色并不再产生沉淀； $3\text{Mn}^{2+}+2\text{MnO}_4^-+2\text{H}_2\text{O}=\text{5MnO}_2\downarrow+4\text{H}^+$
- 加入纯 Zn 与 Cd^{2+} 、 Ni^{2+} 发生置换反应，生成的 Cd、Ni 可通过过滤除去
- 滤液 3 的主要成分为硫酸锌，为得到 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ，防止锌离子水解，可以在滤液中边搅拌边滴加 2 mol/L 硫酸调节 pH 小于 6.1，将溶液加热蒸发出出现晶膜，再冷却结晶，最后用布氏漏斗抽滤，洗涤干燥得到晶体
- 准确称量 $m \text{ g}$ 样品溶解、配制 100.00 mL 溶液，取 25.00 mL 于锥形瓶，滴加 $\text{pH}=10$ 的氨水-氯化铵的缓冲溶液，用铬黑 T 做指示剂滴到终点、消耗 0.10 mol/L 、 $V \text{ mL}$ 的 EDTA，EDTA 和 Zn^{2+} 反应简写为： $\text{EDTA}+\text{Zn}^{2+}=\text{Zn}(\text{EDTA})$ ，取蒸馏水 25.00 mL 于锥形瓶，

滴加pH=10的氨水-氯化铵的缓冲溶液,用铬黑T做指示剂滴到终点、消耗0.10 mol/L、 V_0 mL的EDTA,则锌离子消耗的EDTA的物质的量为 $0.1 \text{ mol/L} \times (V - V_0) \times 10^{-3} \text{ L}$,则样品中锌离子的物质的量为 $0.1 \text{ mol/L} \times (V - V_0) \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{100.00 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}}$,其 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

质量为 $0.1 \text{ mol/L} \times (V - V_0) \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{100.00 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} \times 287 \text{ g/mol} = 0.1148(V - V_0) \text{ g}$,则样品

的纯度为 $\frac{0.1148(V - V_0)}{m} \times 100\% = \frac{11.48(V - V_0)}{m} \%$

【典型错误】除尽 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 现象描述不完整,易漏掉“溶液变为无色”。

【要点归纳】实验计算综合题包含基本操作、实验设计以及定量实验。

1. 有关基本操作的叙述

基本操作	一般答题模式
检查装置的气密性	对xxx装置进行加热,若xxx处出现气泡,停止加热,若xxx处出现一段稳定的水柱,则说明气密性良好
测溶液的pH	用洁净的玻璃棒蘸取xxx溶液,点在pH试纸中央,与标准比色卡对照
检验是否完全沉淀	沉淀静置,取少量上层清液滴加xxx(定量实验可直接继续滴加xxx),无沉淀,证明沉淀完全(也可滴加反向沉淀剂,证明原沉淀剂过量来说明沉淀完全)
检验沉淀是否洗净(或溶液中是否存在某离子)	取少量最后一次洗涤滤液,滴加xxx试液,若出现xxx现象,说明沉淀已洗净
洗涤沉淀的方法	用洗涤剂(蒸馏水或其他试剂,也可用热洗涤剂)沿着玻璃棒注入过滤器(或漏斗)中至浸没沉淀,静置,待洗涤剂自然流出,重复操作2~3次
判断到达滴定终点	锥形瓶中的溶液由xxx色变成xxx色(也可能是无色),且半分钟内不变色

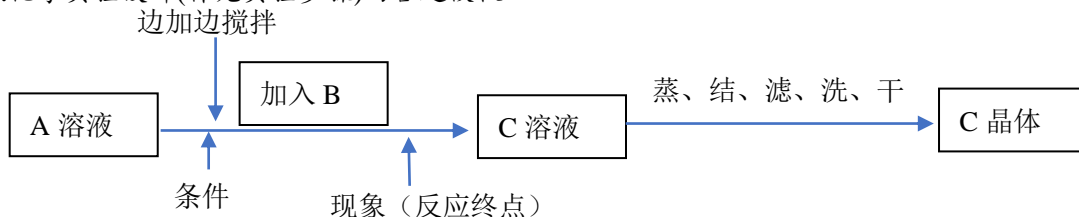
2. 常见的实验条件控制

化学 实验 条件 控制	→ 量控	——反应因量不同而导致产物不同
	→ 浓控	——反应因浓度不同而导致产物不同
	→ 状态控	——物质的状态对反应速率的影响
	→ 温控	——反应因温度不同而导致产物不同
	→ 速控	——反应需改变速率
	→ 酸碱控	——溶液的酸碱性对化学反应的影响

3. 化学实验设计(补充实验步骤)的思维模型

- ①明确实验目的
- ②依据实验目的分析实验原理
- ③依据实验原理选择实验试剂与仪器
- ④依据物质性质或反应条件选择实验条件
- ⑤规范表述实验操作、现象与结论

4. 化学实验设计(补充实验步骤)的答题模板



边搅拌下,边滴加足量XX试剂:至固体恰好完全溶解;充分反应至不再产生气体;至pH为XX;产生大量沉淀,静置,在上层清液中再滴加XX试剂,不再产生沉淀。

5. 化学计算题的解题通常分三步：

读题——明确解题目的；

审题——寻找解题思路；

答题——准确规范解答；

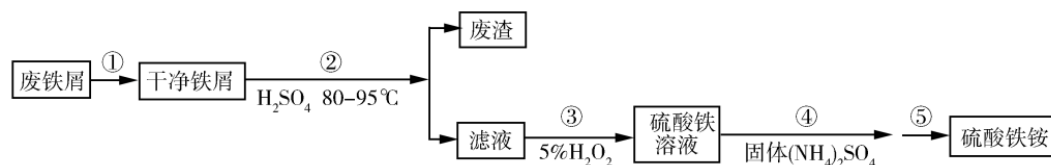
常见的计算类型、方法技巧规律前已总结，关键是如何清晰审题、分清题型、熟练运用这些解题方法和技巧准确解题，即如何“开窍”。所以计算中我们要注重以下方法：

(1) 清晰审题：抓住关键词，注意各物质量的单位，理清题目中隐含的条件，理清量的变化，如某混合液稀释到 100 mL，再另取 25.00 mL 进行实验等。

(2) 有序演算，准确解题。结合实际，利用真实的背景进行相关的化学计算。要以物质的量为基本。梳理已知条件（注意隐含条件）与所求量（未知量）之间的关系时，要将已知条件（数据）转化为计算时需要的数据（比如将质量转化为物质的量），正确建立已知量与未知量之间的比例关系，判断反应是否完全。

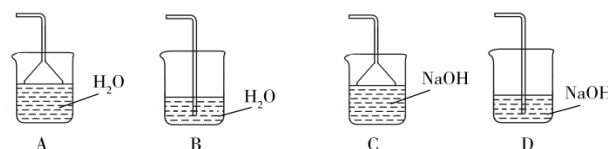
(3) 总结试题特点，归纳提炼解题思想，多利用元素守恒、电子得失守恒的思想来解题。尽可能通过关系式法解决多步计算的问题。关注化学学科思想（如质量守恒、电荷守恒、电子得失守恒、极端分析等）等在化学计算中的运用。

【经典再现】 硫酸铁铵 $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}]$ 是一种重要铁盐。为充分利用资源，变废为宝，在实验室中探究采用废铁屑来制备硫酸铁铵，具体流程如下：



回答下列问题：

- 步骤①的目的是去除废铁屑表面的油污，方法是 ▲。
- 步骤②需要加热的目的是 ▲，温度保持 80~95 °C，采用的合适加热方式是 ▲。铁屑中含有少量硫化物，反应产生的气体需要净化处理，合适的装置为 ▲（填标号）。



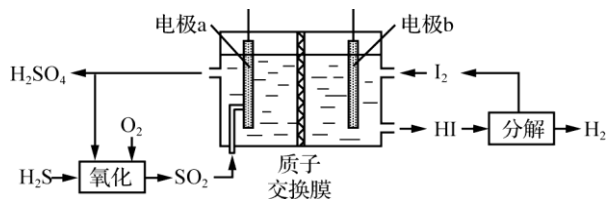
- 步骤③中选用足量的 H_2O_2 ，理由是 ▲。分批加入 H_2O_2 ，同时为了 ▲，溶液要保持 pH 小于 0.5。
- 步骤⑤的具体实验操作 ▲。
- 采用热重分析法测定硫酸铁铵晶体样品所含结晶水数，将样品加热到 150 °C 时，失掉 1.5 个结晶水，失重 5.6%。硫酸铁铵晶体的化学式为 ▲。

【参考答案】

- 碱煮水洗
- 加快反应 热水浴 C
- 将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ；不引入杂质 防止 Fe^{3+} 水解
- 加热浓缩，冷却结晶，过滤洗涤干燥
- $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

18. 硫化氢的转化是资源利用和环境保护的重要研究课题。

(1) 通过电化学循环法可将 H_2S 转化为 H_2SO_4 和 H_2 (如题 18 图—1 所示)。其中氧化过程发生如下两步反应： $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{S} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2$ 。



题 18 图—1

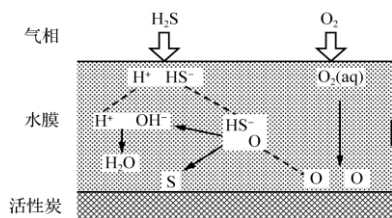
①电极 a 上发生反应的电极反应式为 ▲。

②理论上 1 mol H_2S 参加反应可产生 H_2 的物质的量为 ▲。

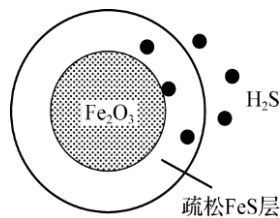
(2) 表面喷淋水的活性炭可用于吸附氧化 H_2S ，其原理可用题 18 图—2 表示。其它条件不变时，水膜的酸碱性与厚度会影响 H_2S 的去除率。

①适当增大活性炭表面的水膜 pH， H_2S 的氧化去除率增大的原因是 ▲。

②若水膜过厚， H_2S 的氧化去除率减小的原因是 ▲。



题 18 图—2



题 18 图—3

(3) Fe_2O_3 可用作脱除 H_2S 气体的脱硫剂。 H_2S 首先与表面的 Fe_2O_3 产生疏松多孔的产物 FeS ，随着反应的进行， Fe_2O_3 不断减少，产物层不断加厚，可用题 18 图—3 所示。失效的脱硫剂可在氧气中加热重新转化为 Fe_2O_3 实现“再生”。

①实验表明用 Fe_2O_3 脱除纯 H_2S 反应一段时间后，因为产生的 S 单质将疏松 FeS 堵塞，反应速率明显减小。 Fe_2O_3 与 H_2S 反应的化学方程式为 ▲。

②“再生”时若 O_2 浓度过大、反应温度过高，“再生”后的脱硫剂脱硫效果明显变差的原因可能是 ▲。

【参考答案】

(1) ① $\text{SO}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ ② 2 mol

(2) ① OH^- 浓度增大，促进 $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$ 平衡向正反应方向移动， HS^- 浓度增大
② 若水膜过厚，活性炭表面的溶解氧浓度减小，产生的 O 减少

(3) ① $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{FeS} + \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$

② 部分 FeS 与 O_2 反应转化为 FeSO_4 [或 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$] 使脱硫剂其不再疏松多孔

【试题解析】

(1) ① 电极 a 为阳极， $\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ ，电极反应式为： $\text{SO}_2 - 2\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

② $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \sim \text{O}_2 \sim 2\text{H}_2$ ，1 mol H_2S 参加反应可产生 2 mol H_2

(2) ① 适当增大活性炭表面的水膜 pH， $c(\text{OH}^-)$ 增大，促进 $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$ 平衡向正反应方向移动， HS^- 浓度增大， H_2S 的氧化去除率增大

② 水膜过厚，活性炭表面的溶解氧浓度减小，产生的活性 O 减少， H_2S 的氧化去除率减小

(3) ① H_2S 首先与表面的 Fe_2O_3 产生疏松多孔的产物 FeS ，同时生成 S 单质，所以反应方程式为： $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{FeS} + \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$

②O₂ 浓度过大、反应温度过高,“再生”后的脱硫剂中部分 FeS 与 O₂ 反应转化为 FeSO₄[或 Fe₂(SO₄)₃],使脱硫剂 FeS 不再疏松多孔

【典型错误】

- (1) 不能理解反应机理的本质。
- (2) 不能迅速准确把握分析问题的视角。
- (3) 结合反应原理的图示信息提取和分析能力不够。
- (4) 原电池原理、电极反应、电极产物等概念不清。

【要点归纳】

一、反应热与盖斯定律

1. 书写热化学方程式的注意事项

- (1) 化学计量数只表示物质的量,不是粒子数,计量数可以是分数,计量数最好不都是分数或带有公约数。
- (2) ΔH 与物质的状态有关,不要漏掉状态。
- (3) ΔH 与化学计量数成正比,化学计量数变 ΔH 也变。
- (4) ΔH 的符号、数值和单位不要写错或漏掉。
- (5) 反应条件如“高温”、“催化剂”、“点燃”等不必注明。
- (6) 要注明测定反应热的条件;反应热 ΔH 与测定条件(温度、压强等)有关。因此书写热化学方程式时应注明 ΔH 的测定条件。绝大多数 ΔH 是在 25 °C、101 kPa 下测定的,可不注明温度和压强。

2. 常见的吸热、放热过程

- (1) 常见的吸热过程:氢氧化钡晶体和氯化铵反应、碳和水蒸气反应、碳和二氧化碳反应、弱电解质的电离、水解反应、熔化、汽化;NH₄NO₃ 溶于水、HI 分解。
- (2) 常见的放热过程:中和反应、燃烧反应、金属与酸反应、Na₂O₂+H₂O、Na₂O₂+CO₂。

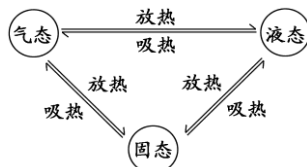
3. 可逆反应的反应热

不论化学反应是否可逆,热化学方程式中的反应热 ΔH 表示反应进行到底(完全转化)时的能量变化。如 $2\text{SO}_2(\text{g})+\text{O}_2(\text{g})\rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H=-197\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 是指 2 mol SO₂(g)和 1 mol O₂(g)完全转化为 2 mol SO₃(g)时放出的能量,即化学平衡的移动不会改变 ΔH 的值,但反应放出或吸收的热量会发生变化。

4. 比较反应热大小的四个注意要点

(1) 反应物和生成物的状态

物质的气、液、固三态的变化与反应热量的关系



- (2) ΔH 的符号:比较反应热的大小时,不要只比较 ΔH 数值的大小,还要考虑其符号。
- (3) 参加反应物质的量:当反应物和生成物的状态相同时,参加反应物质的量越多,放热反应的 ΔH 越小,吸热反应的 ΔH 越大。
- (4) 反应的程度:参加反应物质的量和状态相同时,反应的程度越大,热量变化越大。

5. 盖斯定律应用的“三步”分析法

第一步:分析目标反应和已知反应,明确目标反应的反应物和生成物以及需要约掉的物质。

第二步:将每个已知热化学方程式两边同乘以某个合适的数,使已知热化学方程式中某种反应物或生成物的化学计量数与目标热化学方程式中的该反应物或生成物的化学计量数一致,热化学方程式中的 ΔH 也进行相应的换算;同时约掉目标反应中没有的物质。

第三步:将已知热化学方程式进行叠加,相应的热化学方程式中的 ΔH 也进行叠加。

以上可概括为找目标→看来源→变方向→调系数→相叠加→得答案。

二、图表探究

用图表表述化学反应过程或者呈现信息情境是近几年高考化学综合试题常见的表达方式。如何读出图表中有效有用信息成为解题关键。一般读图要注意:

1. 认清坐标系,弄清纵坐标、横坐标所代表的意义,并与有关原理相结合。此步特别要注

意不要被习惯思维控制，想当然认为横坐标就是时间或温度等等。有时还要注意双坐标系问题。

- 看清起点，分清反应物、生成物。起点不一定是原点，也不一定在纵坐标上，如上题 A 点，在横坐标上，判断关键还是纵坐标、横坐标所代表的量之间的关系；反应物一般是浓度或物质的量减少的物质，生成物一般是浓度或物质的量增大的物质，如要确定方程式计量数之比，则要观察图表中一定时间内各物质的物质的量变化情况。
- 看清曲线的交点。此点往往是几种情况的临界点，看清理解此点所代表的意义往往就能明白曲线变化的关系。

三、氧化还原反应

氧化还原反应主要是定量计算问题，关键是先写出方程式，再守恒计算。

1. 书写信息型氧化还原反应的步骤(三步法)

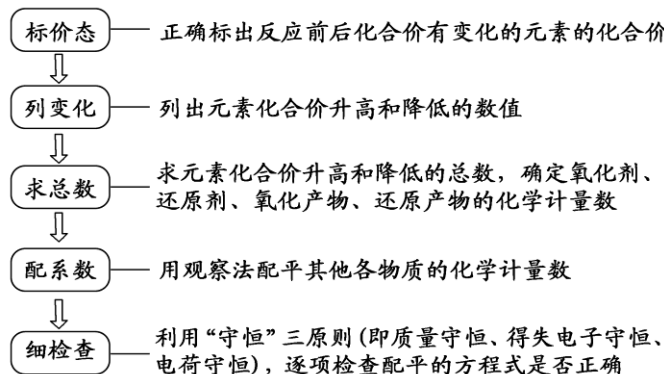
第 1 步：根据氧化还原顺序规律确定氧化性最强的为氧化剂，还原性最强的为还原剂；根据化合价规律及题给信息和已知元素化合物性质确定相应的还原产物、氧化产物；根据氧化还原反应的守恒规律确定氧化剂、还原剂、还原产物、氧化产物的相应化学计量数。

第 2 步：根据溶液的酸碱性，通过在反应方程式的两端添加 H^+ 或 OH^- 的形式使方程式两端的电荷守恒。

第 3 步：根据原子守恒，通过在反应方程式两端添加 H_2O (或其他小分子) 使方程式两端的原子守恒。

条件	补项原则
酸性条件下	缺 H(氢)或多 O(氧)补 H^+ ，少 O(氧)补 H_2O (水)
碱性条件下	缺 H(氢)或多 O(氧)补 H_2O (水)，少 O(氧)补 OH^-

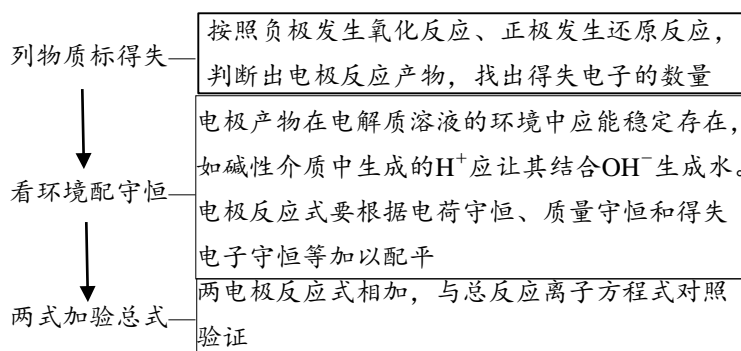
2. 一般氧化还原反应的配平步骤 (从几次模拟考试看到，配平能力还需提高)



四、电极方程式书写

1. 原电池电极反应式的书写

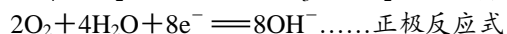
(1) 一般电极反应式的书写



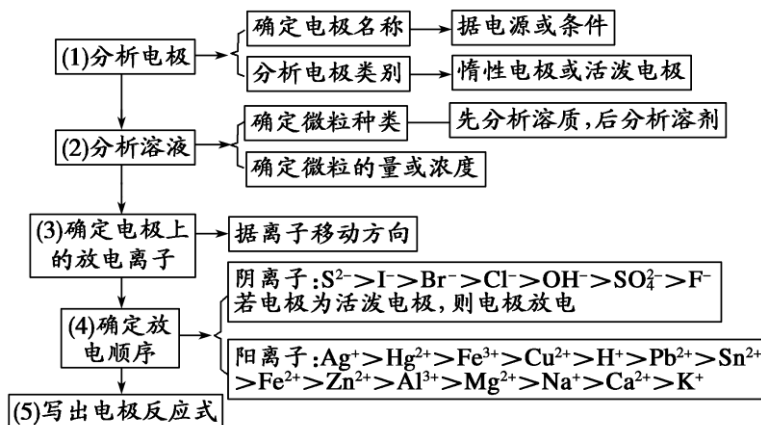
(2) 复杂电极反应式的书写

复杂的电极反应式 = 总反应式 - 较简单一极的电极反应式

如 CH_4 碱性燃料电池负极反应式的书写：



2. 电解池电极反应式的书写步骤



【经典再现】含氮物质的过量排放会污染大气或水体,研究氮及其化合物的性质及转化,对降低含氮物质的污染有着重大的意义。

- (1) 在一定条件下,浓度为 5% 的尿素[CO(NH₂)₂]吸收液可以脱除烟气中的 NO_x。不同吸收反应温度下,测得 NO_x 的脱除率变化如图 1 所示(已知:尿素的分解温度是 160°C)。

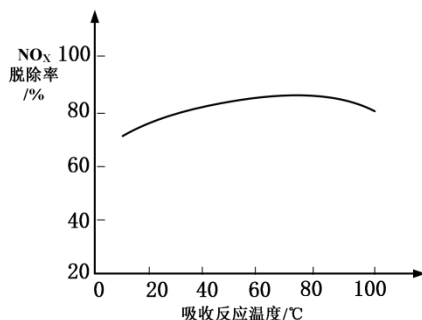


图 1

- ①当温度大于 80°C 时, NO_x 的脱除率随温度升高而降低的原因是 ▲。
- ②写出在 70~80°C 条件下,尿素和烟气中 NO_x 反应的化学方程式为 ▲。
- (2) Co²⁺ 容易形成配合物, [Co(NH₃)₆]Cl₂ 等物质可与 NO 反应生成新的配合物脱除烟气中的 NO, 不同配合物脱除 NO 的能力有所差异。
- ①溶液中 pH 对 NO 的配位脱除率的影响如图 2 所示。图中 pH=9.75 时, NO 脱除率更低, 其原因可能是 ▲。
- ②验证该可能性的实验方法是 ▲。

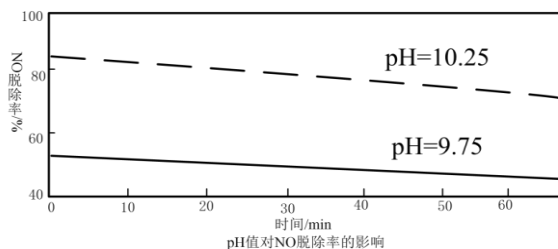


图 2

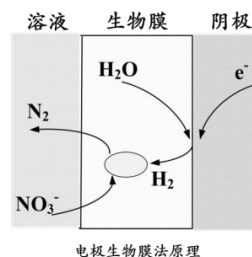


图 3

- (3) 电极生物膜法也能有效去除水体中的 NO₃⁻, 进行生物的反硝化反应。其可能反应机理如图 3 所示。以必要的化学用语及文字来描述此过程为 ▲。

【参考答案】

- (1) ①当温度大于 80°C 时, 吸收剂尿素发生水解的副反应程度(速率)增加, 从而使 NO_x 的脱除率降低



- (2) ①pH 越低, H^+ 浓度增大, 和 NH_3 发生反应, 导致 Co^{2+} 和 Cl^- 反应生成的配合物 $[Co(NH_3)_5Cl]Cl$ 不易与 NO 配位脱除
 ②取两份等量的 $[Co(NH_3)_6]Cl_2$ 溶液, 向其中一份加入一定量稀硝酸, 然后向两份中加入足量的硝酸银溶液, 充分反应, 过滤、洗涤、干燥、称量所得沉淀质量, 加入硝酸的溶液所得沉淀质量更小
- (3) H_2O 在阴极得电子生成氢气, $2H_2O+2e^- \rightleftharpoons H_2\uparrow+2OH^-$, 氢气与硝酸根离子在生物膜中发生脱硝反应, $2NO_3^-+5H_2 \rightleftharpoons N_2\uparrow+2OH^-+2H_2O$

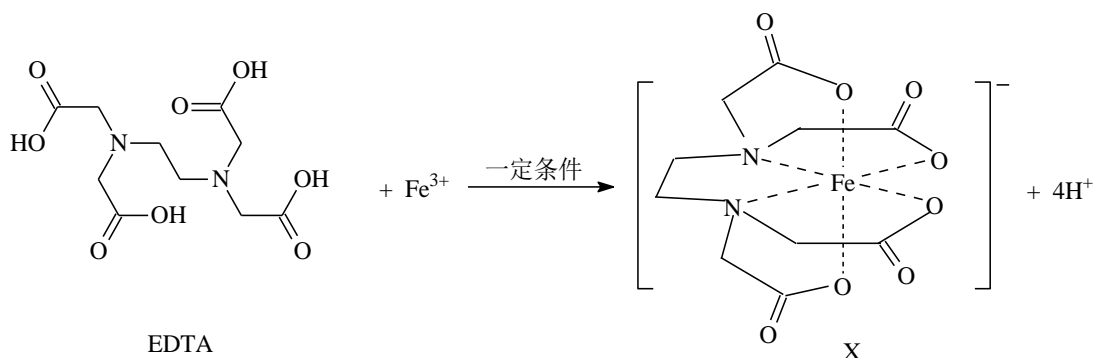
【试题解析】

- (1) ①温度升高促进尿素水解, 导致 NO_x 的脱除率降低
 ②氧化还原反应配平, 注明反应条件
- (2) ①pH 越低, $c(H^+)$ 增大, H^+ 可与 NH_3 发生反应, Co^{2+} 和 Cl^- 反应生成配合物 $[Co(NH_3)_5Cl]Cl$, 该配合物不易与 NO 配位脱除
 ②设计实验证明酸性条件下 Co^{2+} 和 Cl^- 反应生成配合物 $[Co(NH_3)_5Cl]Cl$, NO 脱除率降低。可设计如下定量测定的对比实验 (酸性条件下外界的一部分 Cl^- 作为配体生成新的配合物): 取两份等量的 $[Co(NH_3)_6]Cl_2$ 溶液, 向其中一份加入一定量稀硝酸, 然后向两份中加入足量的硝酸银溶液, 充分反应, 过滤、洗涤、干燥、称量所得沉淀质量, 加入硝酸的溶液所得沉淀质量更小
- (3) 用必要的化学用语及文字来描述生物的反硝化反应, 要用文字准确表达微粒在某电极上得失电子发生相应的还原或氧化反应, 并结合电极反应式、化学方程式等化学用语解释反应机理及反应本质。依据反应机理图, 反硝化反应的过程可描述为: H_2O 在阴极得电子生成氢气, $2H_2O+2e^- \rightleftharpoons H_2\uparrow+2OH^-$, 氢气与硝酸根离子在生物膜中发生脱硝反应, $2NO_3^-+5H_2 \rightleftharpoons N_2\uparrow+2OH^-+2H_2O$

【要点归纳】

- 计算 ΔH 思维模型
 - 筛选计算依据
 - 确定计算方法①选择加减法②调整化学计量数
 - 列出计算公式
 - 代入数据运算
- 定量分析氧化还原思维模型
 - 理清参加反应与被氧化(还原)的关系
 - 理清被氧化(还原)与被谁氧化(还原)的关系
 - 理清系列反应中电子转移的踪迹
 - 依据电子守恒进行相关计算
- 书写陌生反应方程式思维模型
 - 找准目标
依据信息(文字、图像)并结合反应规律写出主要反应物与生成物
 - 正确配平
 - ①选择守恒视角——电子守恒(氧化还原反应)、电荷守恒(离子反应)、质量守恒(所有反应)
 - ②补充缺项物质——依据体系酸碱性, 补充必要的酸或碱。
 - 完善细节
 - ①依据事实标明反应条件
 - ②基于意义, 规范使用 \rightleftharpoons 、 \uparrow 、 \downarrow
- 解释实验现象思维模型: 依据物质性质判断; 依据化学反应原理分析
- 控制反应条件思维模型: 依据物质性质判断; 依据化学反应原理判断

19. X 是合成碳酸二苯酯的一种有效的氧化还原催化助剂, 可由 EDTA 与 Fe^{3+} 反应得到。



- (1) Fe^{3+} 基态电子排布式为 ▲ 。
- (2) EDTA 是常用金属离子螯合剂。
 - ① EDTA 中碳原子杂化轨道类型为 ▲ ；
 - ② EDTA 中所含四种元素的电负性由小到大的顺序为 ▲ ；
 - ③ 1 mol EDTA 分子中含有 σ 键的数目为 ▲ 。
- (3) EDTA 与正二十一烷 ($\text{C}_{21}\text{H}_{44}$) 的相对分子质量非常接近, 但 EDTA 的沸点 ($540.6\text{ }^\circ\text{C}$) 比正二十一烷 ($\text{C}_{21}\text{H}_{44}$) 的沸点 ($100\text{ }^\circ\text{C}$) 高的原因是 ▲ 。
- (4) X 中的配位原子是 ▲ 。

【参考答案】

- (1) $[\text{Ar}]3d^5$
- (2) ① sp^2 和 sp^3 ② $\text{H} < \text{C} < \text{N} < \text{O}$ ③ 35 mol
- (3) EDTA 分子间存在氢键
- (4) N、O

【试题解析】

- (1) 依据核外电子排布规律, 可知 Fe^{3+} 基态电子排布式为 $[\text{Ar}]3d^5$
- (2) ① 羧基碳、羰基碳为 sp^2 杂化, 饱和碳为 sp^3 杂化。② 元素的非金属性 $\text{H} < \text{C} < \text{N} < \text{O}$, 三种元素电负性由大到小的顺序为 $\text{H} < \text{C} < \text{N} < \text{O}$ 。③ 35 mol
- (3) 正十一烷分子间不存在氢键, EDTA 分子间存在氢键
- (4) 配位原子为 N、O

【典型错误】

- (1) 误写成 Fe 或 Fe^{2+} 基态电子排布式
- (2) 漏写 sp^2 或 sp^3 , 把第一电离能和电负性混淆。忽略键线式中的 C—H 键
- (3) 只回答氢键, 而不强调分子间氢键
- (4) 漏写 N 或者 O

【要点归纳】

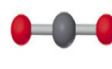
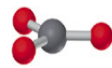
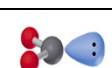
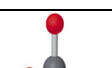
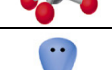
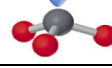
一、核外电子排布式

熟记 1—36 号元素在周期表中的位置, 核外电子排布式及价电子排布式, 特别是 Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn 等元素原子 (离子) 核外电子排布式及价电子排布式。审题仔细, 看清楚是要回答核外电子排布式还是价电子排布式, 是基态原子的还是离子的。

二、电离能、电负性大小判断

1. 规律: 在周期表中, 电离能、电负性从左到右逐渐增大, 从上往下逐渐减小;
2. 特性: 同周期主族元素, 第IIA族 (ns^2) 全充满、VA族 (np^3) 半充满, 比较稳定, 所以其第一电离能大于同周期相邻的IIIA和VIA族元素;
3. 方法: 我们常常应用化合价及物质类别判断电负性的大小, 如 O 与 Cl 的电负性比较: a. HClO 中 Cl 为 +1 价、O 为 -2 价, 可知 O 的电负性大于 Cl; b. Al_2O_3 是离子化合物、 AlCl_3 是共价化合物, 可知 O 的电负性大于 Cl。

三、VSEPR模型和分子(离子)立体模型的确定

价层电子对数	中心原子杂化方式	电子对的空间构型	σ 键电子对数	孤电子对数	电子对的排列方式	分子的空间构型	实例
2	sp	直线形	2	0		直线	CO ₂ 、BeCl ₂ 、HCN
3	sp ²	平面三角形	3	0		平面三角形	BF ₃ 、SO ₃ 、HCHO、CO ₃ ²⁻ 、NO ₃ ⁻
			2	1		V形	SnCl ₂ 、PbCl ₂
4	sp ³	正四面体	4	0		正四面体	CH ₄ 、CCl ₄ 、SiCl ₄ 、SO ₄ ²⁻ 、NH ₄ ⁺ 、PO ₄ ³⁻
			3	1		三角锥形	NH ₃ 、PCl ₃ 、PH ₃ 、NCl ₃ 、SO ₃ ²⁻ 、ClO ₃ ⁻ 、H ₃ O ⁺
			2	2		V形	H ₂ O、H ₂ S

注意：价层电子对互斥模型说的是价层电子对的空间构型，而分子的空间构型指的是成键电子对空间构型，不包括孤电子对。

- ①当中心原子无孤电子对时，两者的构型一致；
- ②当中心原子有孤电子对时，两者的构型不一致。

四、判断分子或离子中中心原子的杂化轨道类型的一般方法

(1) 看中心原子有没有形成双键或三键。如果有1个三键，则其中有2个 π 键，用去了2个p轨道，则为sp杂化；如果有1个双键则其中有1个 π 键，则为sp²杂化；如果全部是单键，则为sp³杂化。

(2) 由分子的空间构型结合价电子对互斥理论判断。没有填充电子的空轨道一般不参与杂化，1对孤电子对占据1个杂化轨道。如NH₃为三角锥形，且有一对孤电子对，即4条杂化轨道应呈正四面体形，为sp³杂化。

五、氢键的存在及对物质性质的影响

(1) 关于氢键：由已经和电负性很强的原子形成共价键的氢原子与另一个分子中电负性很强的原子之间形成的作用力。表示为A—H...B—(A、B为N、O、F，—表示共价键，...表示氢键)。氢键不属于化学键，属于一种较弱的作用力，其大小介于范德华力和化学键之间。氢键存在于水、醇、羧酸、酰胺、氨基酸、蛋白质、结晶水合物等中。

(2) 氢键对物质性质的影响：①溶质分子和溶剂分子间形成氢键，溶解度骤增。如氨气极易溶于水；②分子间氢键的存在，使物质的熔沸点升高；③有些有机物分子可形成分子内氢键，则此时的氢键不能使物质的熔沸点升高。

六、物质熔沸点高低比较规律

1. 一般情况下，不同类型晶体的熔沸点高低规律：原子晶体>离子晶体>分子晶体，如：金刚石>NaCl>Cl₂；金属晶体>分子晶体，如：Na>Cl₂(金属晶体熔沸点有的很高，如钨、铂等，有的则很低，如汞等)。

2. 形成原子晶体的原子半径越小、键长越短，则键能越大，其熔沸点就越高，如：金刚石>石英>碳化硅>晶体硅。

3. 形成离子晶体的阴阳离子的电荷数越多，离子半径越小，则晶格能越大，熔沸点就越高，如：MgO>MgCl₂，NaCl>CsCl。

4. 金属晶体中金属离子半径越小，离子所带电荷数越多，其形成的金属键越强，金属单质的熔沸点就越高，如Al>Mg>Na。

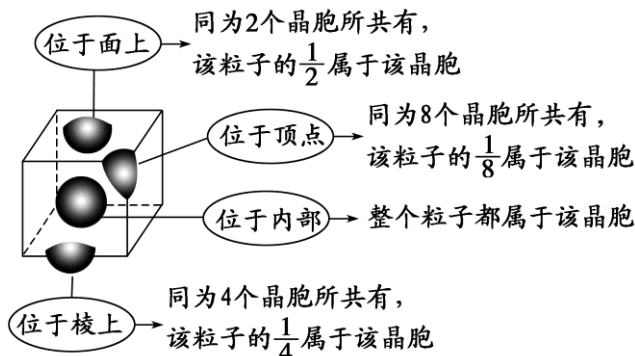
5. 分子晶体的熔沸点比较规律

- ①相对分子质量差别不太大，能形成分子间氢键的物质熔沸点一般比较高。

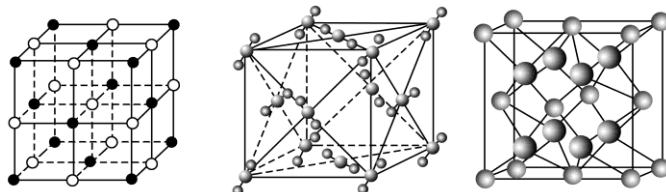
- ②组成和结构相似的分子，相对分子质量越大，其熔沸点就越高，如： $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$ ；
 ③相对分子质量相等的分子，分子极性越大，其熔沸点就越高，如： $\text{CO} > \text{N}_2$ ；
 ④同分异构体分子中，支链越少，其熔沸点就越高，如：正戊烷 $>$ 异戊烷 $>$ 新戊烷；
 芳香烃及其衍生物，侧链之间越靠近，其沸点越高，如：邻二甲苯 $>$ 间二甲苯 $>$ 对二甲苯。

七、晶胞结构

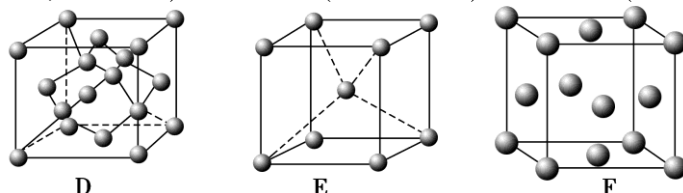
晶胞中微粒数目的计算方法——均摊法



熟记几种常见的晶胞结构及晶胞含有的粒子数目



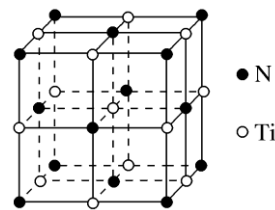
- A. NaCl (含 4 个 Na^+ ，4 个 Cl^-) B. 干冰 (含 4 个 CO_2) C. CaF_2 (含 4 个 Ca^{2+} ，8 个 F^-)



- D. 金刚石 (含 8 个 C) E. 体心立方 (含 2 个原子) F. 面心立方 (含 4 个原子)

【经典再现】 TiO_2 是一种性能优良的半导体光催化剂，能有效地吸附有机污染物（如甲醛、甲苯等）和含氮化合物（如 NH_3 、 CN^- 等），并能将它们转化为 CO_2 和 N_2 等小分子物质。

- (1) Ti 基态核外电子排布式为 ▲ 。
 (2) 甲苯中 C 原子轨道杂化类型为 ▲ 。
 (3) 氨气极易溶于水，除因为它们都是极性分子外，还因为 ▲ 。
 (4) 含 CN^- 的污水毒性极大，用 NaClO 先将 CN^- 氧化为 CNO^- 后在酸性条件下再将 CNO^- 氧化为无污染的气体，则与 CNO^- 互为等电子体的分子为 ▲ 。
 (5) 某含钛配合物，化学式为 $[\text{TiCl}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2$ ，1 mol 该配合物中 σ 键的数目为 ▲ 。
 (6) 某氮化钛晶体的晶胞如图所示，该晶胞中氮原子配位数为 ▲ 。



【参考答案】

- (1) $[\text{Ar}]3d^24s^2$ 或 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^24s^2$
 (2) sp^3 、 sp^2
 (3) 氨气与水分子间存在氢键
 (4) CO_2
 (5) 16 mol
 (6) 6