

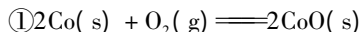
例析化学反应原理综合题的考查方式

江苏省海门市证大中学 226100 沈卫星

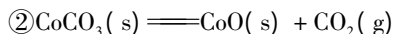
化学反应原理是中学化学核心内容之一,主要包括化学反应与能量变化、电化学原理、化学平衡、溶液中离子平衡等主干知识,要求学生能将所学相关化学知识和科学方法,解决与化学相关的生产、生活实际和科学研究中的简单化学问题,注重化学问题解决过程和结果并作出合理的解释和运用,因此化学反应原理综合题在高考中占重要比例,必定考查核心知识,也体现出考查学生运用化学反应原理解决实际问题的能力、思维和方法,下面举例说明。

例 1 钴及其化合物可应用于催化剂、电池、颜料与染料等。

(1) CoO 是一种油漆添加剂,可通过反应①②制备。



$$\Delta H_1 = a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



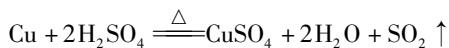
$$\Delta H_2 = b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

则反应 $2\text{Co(s)} + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CoCO}_3(\text{s})$ 的 $\Delta H =$ _____。

► 化学式为 $\text{CuSO}_4 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$, 则有: $0.57 \times \frac{160}{160 + 18n} = 0.51$, 解得 $n = 1$, 所以 200°C 时固体物质的化学式为 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

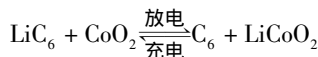
(2) 由图像可知当温度超过 258°C 时, 剩余物质恰好是 CuSO_4 , 高温下分解的化学方程式是 $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{570^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{SO}_3 \uparrow$; CuO 溶于硫酸生成 CuSO_4 , 结晶析出生成胆矾即 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 由图像可知 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 存在的最高温度是 102°C ;

(3) SO_3 溶于水生成硫酸, 浓硫酸在加热时与铜反应的化学方程式为:



(4) 因为 $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = c(\text{Cu}^{2+}) \cdot$

(2) 某锂电池的电解质可传导 Li^+ , 电池反应式为:



① 电池放电时负极的电极反应式为 _____, Li^+ 向 _____ 极移动(填“正”或“负”)。

② 一种回收电极中 Co 元素的方法是: 将 LiCoO_2 与 H_2O_2 、 H_2SO_4 反应生成 CoSO_4 。该反应的化学方程式为 _____。

(3) BASF 高压法制备醋酸采用钴碘催化循环过程如图 1 所示, 该循环的总反应方程式为 _____(反应条件无需列出)。

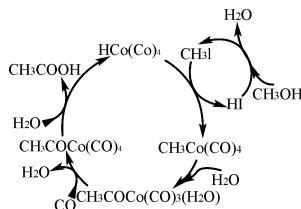


图 1

(4) 某含钴催化剂可催化去除柴油车尾气中

$c^2(\text{OH}^-) = 2.2 \times 10^{-20}$, 当溶液的 $\text{pH} = 8$ 时, $c(\text{OH}^-) = 10^{-6}$, 所以 $c(\text{Cu}^{2+}) = 2.2 \times 10^{-8}$; 硫酸铜溶液中通入过量 H_2S 气体时反应的化学方程式为: $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuS}$, 忽略溶于体积变化根据原子守恒可知生成的硫酸的浓度是 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 所以 H^+ 浓度是 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

答案:

(1) $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

(2) $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{570^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{SO}_3 \uparrow$
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}, 102^\circ\text{C}$

(3) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$

(4) $2.2 \times 10^{-8}; 0.2$

(收稿日期: 2017-05-10)

的碳烟(C)和 NO_x 。不同温度下,将 10 mol 模拟尾气(成分如表 1 所示)以相同的流速通过该催化剂,测得所有产物(CO_2 、 N_2 、 N_2O)与 NO 的相关数据结果如图 2 所示。

表 1

模拟尾气	气体			碳烟
	NO	O_2	He	
物质的量分数 或物质的量	0.25%	5%	94.75%	a mol

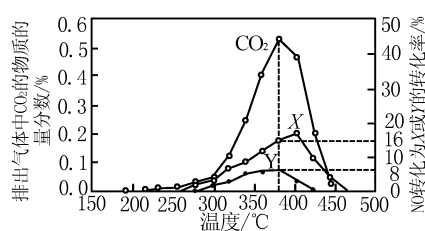


图 2

①380℃时,测得排出的气体中含 0.45 mol O_2 和 0.0525 mol CO_2 ,则 Y 的化学式为_____。

②实验过程中采用 NO 模拟 NO_x ,而不采用 NO_2 的原因_____。

解题导引 本题是一道化学反应原理综合题,涉及化学反应与能量变化关系、电化学原理、化学平衡原理在生态环境保护中的应用。

(1)考查了盖斯定律应用。由①-② $\times 2$ 可得 $2\text{Co}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CoCO}_3(\text{s})$, $\Delta H = \Delta H_1 - 2\Delta H_2 = (a - 2b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2)考查了原电池原理,负极是失去电子,发生氧化反应,元素化合价升高的电极,由题中信息该电池可传导 Li^+ ,由电池总方程式可写出负极的电极方程式: $\text{LiC}_6 - \text{e}^- = \text{Li}^+ + \text{C}_6$ 。 Li^+ 向正极移动;②由 LiCoO_2 中 Co 为 +3 价, CoSO_4 中 Co 为 +2 价,可以判断 H_2O_2 在这反应作中还原剂,反应方程式: $2\text{LiCoO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Li}_2\text{SO}_4 + 2\text{CoSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。

(3)以图示形式展现高压法制备醋酸采用钴碘催化循环过程,考查学生图示信息获取、加工、处理能力,也是解决本题的难点,要理清所加试剂和产物,由图示信息可判断该循环总反应的实质是 CO 与 CH_3OH 合成 CH_3COOH ,则答案为: $\text{CO} +$

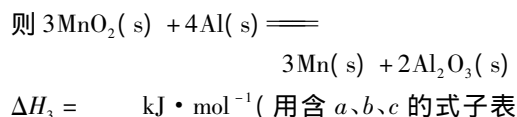
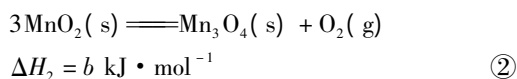
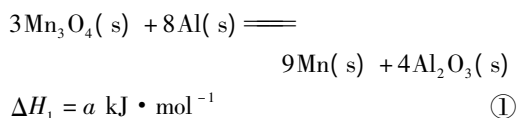
$\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ 。

(4)本问考查了化学平衡原理的实际应用,①化学式的判断及 X 和 Y 的物质的量与 NO 转化率之间的等式关系是解题的易错点和难点。

①10 mol 模拟尾气中含有 0.025 mol NO, 0.5 mol O_2 ,380℃时,测得排出的气体中含 0.45 mol O_2 和 0.0525 mol CO_2 ,因此反应的氧气为 0.05 mol,根据图像反应的 NO 为 $(8\% + 16\%) \times 0.025 \text{ mol} = 0.006 \text{ mol}$,根据 N 守恒,生成的 N_2 或 N_2O 的物质的量分别为 0.001 mol 和 0.002 mol,设 N_2O 的物质的量为 x,根据 O 原子守恒 $0.006 \text{ mol} + 0.05 \text{ mol} \times 2 = 0.0525 \text{ mol} \times 2 + x$,解得 $x = 0.001 \text{ mol}$,因此 Y 为 N_2O ,故答案为: N_2O ;

②真实的尾气中的 NO_x 以 NO 为主,而且 NO 较 NO_2 稳定, NO_2 气体中存在 N_2O_4 ,不便于定量测定,因此实验过程中采用 NO 模拟 NO_x ,而不采用 NO_2 ,故答案为:真实的尾气中的 NO_x 以 NO 为主。

例 2 I. 锰是在地壳中广泛分布的元素之一,其单质和化合物在工农业生产中有着重要的作用。已知 Al 的燃烧热为 $\Delta H = -c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,金属锰可用铝热法制得。其余相关热化学方程式为:



II. 无机和有机氰化物在工农业生产中应用广泛,尤其是冶金工业常用氰化物,含氰废水的处理显得尤为重要。含氰废水中的氰化物常以 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 和 CN^- 的形式存在,工业上有多种废水处理办法。

(1)电解处理法:用如图 3 所示装置处理含 CN^- 废水时,控制溶液 pH 为 9~10 并加入 NaCl,一定条件下电解,阳极产生的 ClO^- 将 CN^- 氧化为

无害物质而除去。铁电极为____(填“阴极”或“阳极”),阳极产生 ClO^- 的电极反应为____,阳极产生的 ClO^- 将 CN^- 氧化为无害物质而除去的离子方程式为____。

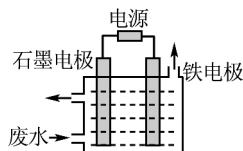


图 3

(2) UV(紫外光线的简称) - H_2O_2 氧化法。

实验过程:取一定量含氰废水,调节 pH,加入一定物质的量的 H_2O_2 ,置于 UV 工艺装置中,光照一定时间后取样分析。

【查阅资料】①在强碱性溶液中 $4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 更稳定;

② $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 转化为 CN^- 容易被 H_2O_2 除去;

③ HCN 是有毒的弱酸,易挥发。

【问题设计】①废水中的 CN^- 经以下反应实现转化: $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A} + \text{NH}_3 \uparrow$, 则 A 是____(用符号表示)。

②含氰废水在不同 pH 下的除氰效果如图 4 所示, pH 选择的最佳范围应为____(a. 7 ~ 10; b. 10 ~ 11; c. 11 ~ 13)。解释该 pH 不宜太大的原因____。

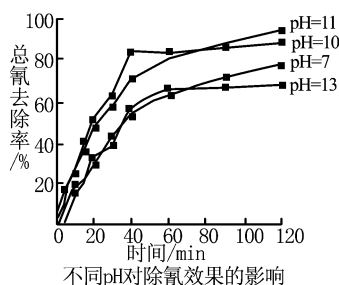


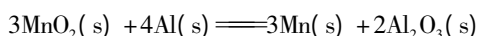
图 4

解题导引 本题考查了热化学方程式、电解原理和应用、离子方程式的书写、物质的推断和化学反应条件的控制。

I 考查了盖斯定律的应用,由题意 Al 的燃烧热为 $\Delta H = -c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则写出 $4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$

$$\Delta H = -4c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (3)$$

则根据盖斯定律将方程式进行变换, (① + 3 × ② + ③) / 3 即得



则该反应

$$\Delta H = (a + 3b - 4c) / 3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}。$$

II (1) 以电解法处理含氰废水为载体考查了电解原理及其应用,依据电解原理和题中提供信息:阳极产生的是 ClO^- , 因此铁作阴极,阳极是失电子,化合价升高,控制溶液的 pH 在 9 ~ 10,说明溶液显碱性,阳极反应式为: $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$; ClO^- 将 CN^- 氧化成无害物质,碱性环境中转化成 CO_3^{2-} 和 N_2 , 因此离子方程式为: $5\text{ClO}^- + 2\text{CN}^- + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons 2\text{CO}_3^{2-} + \text{N}_2 \uparrow + 5\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 以氧化法处理含氰废水,提供相关信息,考查了物质推断、反应条件的选择及对所选择的条件给出合理解释。①根据原子守恒、电荷守恒,较易判断 A 为 HCO_3^- ; ②由不同 pH 对除氰效果的影响图示信息可判断:应选择除氰率最高的即 pH 在 10 ~ 11,故选项 b 正确;根据题中信息查阅资料①, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 在碱性条件下更稳定,难以除去,故解释该 pH 不宜太大的原因是:若碱性太强,溶液中 $4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons 4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 生成 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 后难以除去。

化学反应原理综合题的考查方式取材“新”、“热”,但落点还是“旧”、“原”,近几年考查化学反应与能量的转化关系仍然是将盖斯定律与反应热相结合,也可能出现反应热与能源相结合,或反应热与电化学相结合;考查电化学仍然以新型电池为载体考查原电池和电解池的工作原理、电极方程式的书写等,也可能会与生产、生活实际相联系考查电化学、金属的腐蚀与防护知识;化学平衡与溶液中的离子平衡仍然与实际生产相联系,有可能还与元素及其化合物知识相结合,综合考查。所以在平时学习中注重总结,多积累基本知识,培养基本技能,能针对性多加训练,解决此类大部分问题还是可能的。

(收稿日期:2017-04-10)