

## 大题专练 4 化学实验综合

### 刷题型

1. (1) cdabefg  $\text{HSO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$

(2) ①出现一条光亮的通路 ②  $\frac{10^{-14 \times 3}}{2.8 \times 10^{-39} \times (6.0 \times 10^{-8})^3}$  ③C

(3) ①A ②用 100.0 mL 水溶解 10.0 g 实验产品 >

**突破点** ▶ 模拟工业制备  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  及其性质探究与纯度测定

#### 思路分析

$\text{Na}_2\text{SO}_3$  与稀盐酸反应生成二氧化硫, 通过饱和亚硫酸氢钠溶液除去混有的氯化氢气体, 通过浓硫酸干燥, 使用向上排空气法收集二氧化硫, 尾气使用碱液吸收, 防止污染空气。

**【解析】**(1) 由思路分析可知装置的接口连接顺序为 cdabefg, 其中饱和  $\text{NaHSO}_3$  溶液与  $\text{HCl}$  反应生成氯化钠、水和二氧化硫气体, 反应的离子方程式为  $\text{HSO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ 。

(2) ①光束通过胶体时, 胶体粒子对光线散射而产生丁达尔效应, 通过其他分散系时不能产生丁达尔效应, 则预期的现象为出现一条光亮的通路。②根据题给离子方程式得,  $K =$

$$\frac{c^3(\text{HSO}_3^-)}{c^3(\text{SO}_3^{2-}) \cdot c(\text{Fe}^{3+})} = \frac{c^3(\text{HSO}_3^-) \cdot c^3(\text{H}^+) \cdot c^3(\text{OH}^-)}{c^3(\text{SO}_3^{2-}) \cdot c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{H}^+) \cdot c^3(\text{OH}^-)} = \frac{K_w^3}{K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3] \cdot K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{SO}_3)} = \frac{10^{-14 \times 3}}{2.8 \times 10^{-39} \times (6.0 \times 10^{-8})^3} \textcircled{3} \text{KSCN}$$

只能检验铁离子, 不能检验亚铁离子, A 错误; 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液和亚硫酸根离子、亚铁离子都会发生氧化还原反应, B 错误; 亚铁离子和  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液会生成蓝色沉淀  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , 加入  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  溶液, 若出现蓝色沉淀, 则反应液中存在亚铁离子, 说明发生题述反应, C 正确;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  和亚硫酸根离子、硫酸根离子均会反应生成白色沉淀, D 错误。

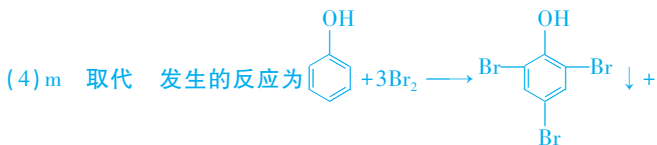
(3) ①由题干可知,  $K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{CO}_3) < K_{\text{a2}}(\text{H}_2\text{SO}_3)$ ,  $K_{\text{h}} = \frac{K_w}{K_{\text{a2}}}$ , 则

$K_{\text{h}}(\text{CO}_3^{2-}) > K_{\text{h}}(\text{SO}_3^{2-})$ , 且质量分数相同的两种溶液,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液物质的量浓度更大,  $25^\circ\text{C}$  时  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的水解程度大于  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的水解程度,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液的碱性更强, pH 更大, 故选 A。②假设实验产品中  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  质量分数高于 93%, 步骤 1 测定  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  质量分数为 93% 的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  混合物溶解所得溶液的 pH, 若实验产品中  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  含量高于 93%, 结合①分析可知, 实验产品溶解所得溶液的 pH 应该小于 a, 故步骤 2 为用 100.0 mL 水溶解 10.0 g 实验产品, 测得  $\text{pH} = b$ , 若  $a > b$ , 则实验产品中  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  含量高于 93%, 假设成立。

2. (1) 2、3 (2) ①c



(3) 30 10



3HBr, 生成的 HBr 使溶液中离子浓度增大程度远大于溴水, 电导率增大程度更大

(5) 若苯酚浓度过大, 则生成的 2,4,6-三溴苯酚溶于过量苯酚,

将难以观察到溶液浑浊的现象,也会给产物分离带来困难

(6) 制备外用膏药、护肤品、外科消毒剂、防腐剂、抗氧化剂、杀虫剂、除草剂、染料、香料、合成树脂等(任写其一即可)

**突破点** ▶ 图像数据分析

**【解析】**(1) 实验 1 无明显现象说明苯酚不一定与 NaOH 溶液反应,实验 2 溶液变澄清说明苯酚与 NaOH 溶液反应,具有酸性,实验 3 无明显现象说明该条件下苯酚不能使紫色石蕊溶液变色,由实验 2、3 的对比现象推测苯酚的酸性较弱。

(2) ①电导率越大,溶液中离子浓度越大,溶液中  $H^+$  浓度越大,酸性越强,曲线 a 的电导率远大于其他三条曲线,推测为盐酸,曲线 d 电导率几乎为零,推测为乙醇溶液,苯酚酸性介于醋酸和乙醇之间,故苯酚溶液的电导率曲线为曲线 c。② $CH_3CO-$  为吸电子基团,能使酚羟基的极性增强,从而使酚羟基中的氢氧键更易断裂,因此  $CH_3CO-C_6H_4-OH$  的酸性比  $C_6H_5-OH$  强, $CH_3CH_2-$  为推电子基团,使酚羟基的极性减弱,因此  $CH_3CH_2-C_6H_4-OH$  的酸性比  $C_6H_5-OH$  弱。

(3) 控制变量,使两个实验中溶液体积、加入浓溴水的量一致,故  $x=30, y=10$ 。

(5) 对于反应量的相关问题应考虑的是反应进行的程度、杂质的产生、实验操作原则(节约试剂、便于分离等),故可结合相似相溶原理,若苯酚浓度过大,则反应中生成的 2,4,6-三溴苯酚溶于过量苯酚,将难以观察到溶液浑浊的现象,也会给产物的分离带来困难。

(6) 苯酚具有还原性,推测其可作抗氧化剂;具有消毒防腐作用,推测可作防腐剂、外用膏药、外科消毒剂等;因本身有毒性,故可作杀虫剂、除草剂等。

3. (1)  $Fe^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$

(2) ①  $Fe^{2+} + Cu^{2+} + SCN^- \rightleftharpoons Fe^{3+} + CuSCN \downarrow$  ② 2 mL  $0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1} FeSO_4$  和  $0.25 \text{ mol} \cdot L^{-1} CuSO_4$  氧化性

(3)  $Fe^{3+} + Cu + Cl^- \rightleftharpoons Fe^{2+} + CuCl$  催化作用

(4)  $FeSO_4$

**突破点** ▶ 物质性质的探究、 $Fe^{3+}$  的检验、铁盐的氧化性探究

#### 题眼透视

探究  $Fe^{3+}$  盐溶液与 Cu 的反应,除已有的关于  $Fe^{3+}$  盐溶液与 Cu 的性质的知识储备外,需要注意利用题干信息: i. CuCl、CuSCN 是难溶于水的白色固体; ii.  $Fe^{2+} + NO \rightleftharpoons [Fe(NO)]^{2+}$  (棕色)。结合实验步骤和控制变量思想进行分析、解决。

**【解析】**(1)  $Fe^{3+}$  水解生成氢离子使溶液显酸性,离子方程式为  $Fe^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$ 。

(2) 甲同学猜想  $Fe^{2+}$  可能在该条件下被  $Cu^{2+}$  氧化了,结合实验现象及已知 I 知,实验 I 中反应 2 天后的溶液中含  $Fe^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ ,则用离子方程式表示甲同学的猜想:  $Fe^{2+} + Cu^{2+} + SCN^- \rightleftharpoons Fe^{3+} + CuSCN \downarrow$ 。②实验 I 反应 2 天后的溶液为  $0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1} FeSO_4$  和  $0.25 \text{ mol} \cdot L^{-1} CuSO_4$  混合溶液,为证实其猜想,应控制变量,故应选用 2 mL  $0.5 \text{ mol} \cdot L^{-1} FeSO_4$  和  $0.25 \text{ mol} \cdot L^{-1} CuSO_4$  的混合溶液,向其中加入 2 滴  $1 \text{ mol} \cdot L^{-1} KSCN$  溶液,观察到溶液迅速变红,产生大量白色沉淀,证明猜想成立。该条件下  $Fe^{2+}$  能被  $Cu^{2+}$  氧化的过程中  $Cu^{2+}$  体现氧化性,故原因可能是  $SCN^-$  增强了  $Cu^{2+}$  的氧化性。

(3) 实验Ⅱ中产生白色固体  $\text{CuCl}$ , 应为铜单质被铁离子氧化为亚铜离子, 亚铜离子和氯离子反应生成  $\text{CuCl}$ , 离子方程式为  $\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{CuCl}$ 。白色固体消失的反应为铁离子继续氧化亚铜离子为铜离子:  $\text{Fe}^{3+} + \text{CuCl} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^-$ , 由此对比实验Ⅰ和实验Ⅱ, 推测氯离子在实验Ⅱ中消耗又被生成, 其作用是催化  $\text{Fe}^{3+}$  溶液与  $\text{Cu}$  反应。

(4) 实验①中有  $\text{NO}$  生成, 若要证明实验Ⅲ所得溶液的颜色不是蓝色, 是因为反应中生成了  $[\text{Fe}(\text{NO})]^{2+}$ , 则实验②中应该引入  $\text{Fe}^{3+}$ , 为控制溶液中阴离子对实验的干扰, 应加入硫酸亚铁进行观察现象。

#### 4. (1) 8.3

(2) AC

(3)  $4\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(4) 0 5

(5) pH 对反应速率的影响

(6) 产生黄色沉淀 反应产物  $\text{I}_2$  和水反应生成  $\text{I}^-$ , 加入  $\text{AgNO}_3$  溶液也能产生黄色沉淀

(7) 将 3 mL  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{KI}$  溶液加入 3 mL  $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液中, 将得到的溶液平均分为两份, 向试管 i 中加入 1 mL  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{AgNO}_3$  溶液, 向试管 ii 中滴加几滴  $\text{KSCN}$  溶液, 若试管 i 中产生黄色沉淀, 试管 ii 中溶液变为红色, 就可以证明该反应为可逆反应

**突破点** ▶ 化学实验探究  $\text{KI}$  还原性

#### 题眼透视

I. 根据  $c = \frac{n}{V}$  及  $m = n \cdot M$  计算溶质的质量。

要结合配制一定物质的量浓度溶液的步骤确定使用的仪器及操作正误。

II. 要采用控制变量方法研究外界条件对化学反应速率的影响, 即只改变一个外界条件, 看这个条件对化学反应速率的影响。

III. 根据反应  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$  中物质转化关系, 要判断该反应是否可逆, 应设计实验证明反应后溶液中还存在不足量的反应物的微粒, 根据  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{I}^-$  的检验方法进行判断, 据此回答。

**【解析】**(1) 配制 500 mL  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{KI}$  溶液, 溶液中的溶质的物质的量  $n(\text{KI}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5 \text{ L} = 0.05 \text{ mol}$ , 则需要称取  $\text{KI}$  的质量  $m(\text{KI}) = 0.05 \text{ mol} \times 166 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8.3 \text{ g}$ 。

(2) 使用托盘天平称量固体物质的质量时, 原则是“左物右码”, 物质与砝码放反了, A 错误; 在烧杯中溶解固体药品, 待溶液冷却至室温后, 再将烧杯中的溶液转移至容量瓶中, 移液时要使用玻璃棒引流, B 正确; 配制一定体积一定物质的量浓度的溶液时, 在最后定容时, 视线要与容量瓶的刻度线相切, 即应该平视刻度线, 图示视线是仰视, 操作不合理, C 错误; 图示符合最后摇匀溶液的操作要领, D 正确; 故选 AC。

(3) 在酸性条件下,  $\text{KI}$  被空气中的  $\text{O}_2$  氧化产生  $\text{I}_2$ , 该反应的离子方程式为  $4\text{I}^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(4) 要通过实验组别 1、组别 2 和组别 3 探究温度对氧化速率的影响, 应控制溶液中各种物质的浓度相同, 只有反应溶液的温度不相同。因此, 实验组别 1 和组别 2 中硫酸、 $\text{KI}$  的浓度应该分别

相同, 即  $\frac{0.05 \times 4}{4 + 4 + a} = \frac{0.1 \times 5}{5 + 5 + 10}$ , 解得  $a = 0$ ; 同理  $c = 5$ 。

(5) 实验组别 2、4 加入的碘离子的物质的量相同,混合后的  $I^-$  浓度相同,但是氢离子的物质的量不同,因此实验组别 2、4 应该是探究 pH 对反应速率的影响。

(6) 将 3 mL  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  KI 溶液加入 5 mL  $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液中,二者会发生反应:  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ , 由于  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{I}^-$  的化学计量数之比是 1:1,显然  $\text{Fe}^{3+}$  过量,若该反应是彻底进行的反应,反应后溶液中无  $\text{I}^-$ ,实验时向试管 i 中加入  $\text{AgNO}_3$  溶液,产生黄色沉淀,说明发生反应:  $\text{Ag}^+ + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{AgI} \downarrow$ , 说明溶液中含有  $\text{I}^-$ ,证明该反应是可逆反应;乙同学认为试管 i 和 ii 的现象结合不能证明该反应为可逆反应,原因是  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{I}^-$  反应的产物  $\text{I}_2$  会和水反应生成  $\text{I}^-$ ,加入  $\text{AgNO}_3$  溶液产生黄色沉淀能证明反应后有  $\text{I}^-$  存在,但无法证明  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{I}^-$  发生的反应为可逆反应。

(7) 要证明反应是可逆反应,可以将 3 mL  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  KI 溶液加入 3 mL  $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液中,二者恰好发生反应  $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ ,若反应不是可逆反应,则反应后溶液中不存在  $\text{I}^-$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ,将溶液平均分为两等份,向试管 i 中加入 1 mL  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{AgNO}_3$  溶液,若试管 i 中产生黄色沉淀,说明其中含有  $\text{I}^-$ ;向试管 ii 中滴加几滴 KSCN 溶液,若溶液变为红色,说明其中含有  $\text{Fe}^{3+}$ ,就可以证明该反应为可逆反应。

#### 5. (1) Cu NaOH(或其他碱溶液)

(2) ①ac ②防倒吸装置 ③  $\text{Cu} + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$  生成的  $\text{NH}_4^+$  和剩余的  $\text{Cu}^{2+}$  的水解使溶液显酸性

④  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  乙醇

(3) ①深蓝色晶体 ②加入盐酸酸化的  $\text{BaCl}_2$  溶液,产生大量白色沉淀 >

**突破点** ▶ 化学实验方案设计与评价

**【解析】**(1) 铜与浓硫酸发生氧化还原反应,Cu 的化合价升高,被氧化;产生的尾气  $\text{SO}_2$  是酸性氧化物,采用 NaOH 溶液或者 KOH 溶液、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液等进行中和吸收。

(2) ①制备氨气可以采用固体氯化铵与氢氧化钙共热制备,也可用浓氨水和生石灰或碱石灰制备,故选 ac。

②氨气极易溶于水,故需要添加防倒吸装置。

③铜在酸性条件下被  $\text{H}_2\text{O}_2$  氧化为铜离子,配平可得离子方程式为  $\text{Cu} + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;向反应后的 B 中溶液中通入  $\text{NH}_3$  后产生大量蓝色沉淀,说明强酸被消耗,pH=5 表明溶液呈弱酸性,故只能是因为  $\text{NH}_4^+$  和剩余的  $\text{Cu}^{2+}$  的水解作用。

④通入氨气产生深蓝色溶液,可知配体是  $\text{NH}_3$ ,故配离子为  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ;乙醇具有降低硫酸四氨合铜晶体溶解度的作用,利于晶体析出。

(3) ①可知  $\text{pH}_1 > \text{pH}_2$ ,则析出晶体后,溶液中  $\text{OH}^-$  浓度减小,说明溶液中的  $\text{OH}^-$  进入了深蓝色晶体。

②实验 2 取用的是深蓝色晶体,目的是验证晶体中是否有硫酸根离子,故实验操作和现象为加入盐酸酸化的  $\text{BaCl}_2$  溶液,产生大量白色沉淀;深蓝色晶体中有碱性化合物会导致溶解后溶液的碱性强于析出深蓝色晶体后的滤液,故应为  $\text{pH}_3 > \text{pH}_2$ 。