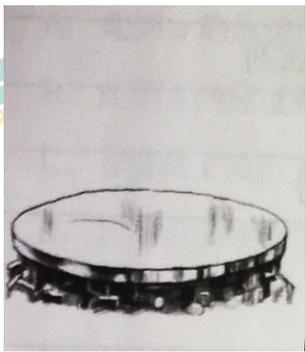
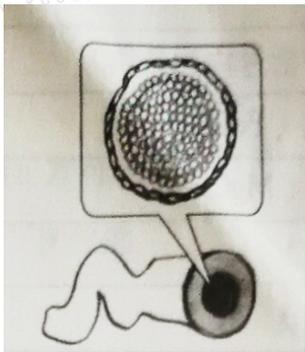
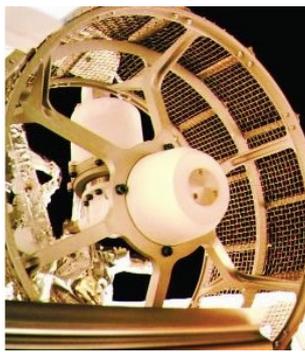


2019 年北京市高考理综化学考试逐题解析

可能用到的相对原子质量： H 1 C 12 N 14 O 16

本部分共 7 道小题，每小题 6 分，共 42 分。请在每小题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

6. 下列我国科研成果所涉及材料中，主要成分为同主族元素形成的无机非金属材料的是

			
A. 4.03 米大口径碳化硅反射镜	B. 2022 年冬奥会聚氨酯速滑服	C. 能屏蔽电磁波的碳包覆银纳米线	D. “玉兔二号”钛合金筛网轮

【答案】A

【解析】

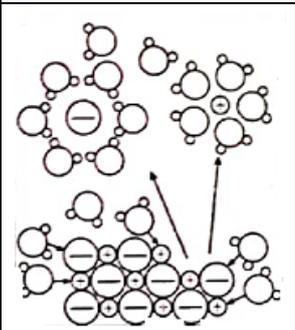
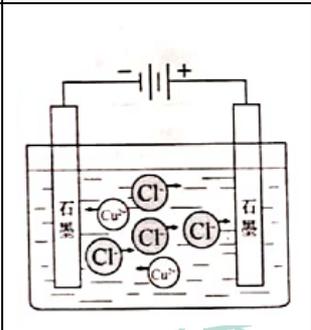
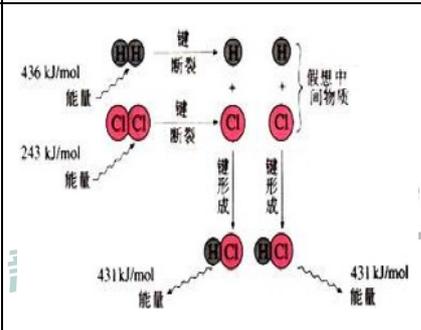
A. 硅与碳都属于 IVA 族元素，故正确；

B. 聚氨酯为有机高分子物质，属于有机材料，故错误；

C. 银为金属，不属于无机非金属材料，故错误；

D. 钛为金属，不属于无机非金属材料，故错误。

7. 下列示意图与化学用语表述内容不相符的是（水合离子用相应离子符号表示）

A	B	C	D
 <p>NaCl 溶于水</p>	 <p>电解 CuCl₂ 溶液</p>	 <p>CH₃COOH 在水中电离</p>	 <p>H₂ 与 Cl₂ 反应能量变化</p>
$\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{CuCl}_2 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ $\Delta H = -183 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

【答案】B

【解析】

A. 由图可知 A 为氯化钠固体在水中的电离方程式，故正确；

B. 用石墨做电极电解氯化铜溶液的方程式为 $\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow$ ，故错误；

C. 醋酸为弱电解质，在水溶液中部分电离，平衡后分子与离子共存，故正确；

D. 由图计算可知 1mol 氢气与 1mol 氯气完全生成 2mol 氯化氢放出 183kJ 的能量，故正确。

8. 2019 年是元素周期表发表 150 周年，期间科学家为完善周期表做出了不懈努力。

中国科学院院士张青莲教授曾主持测定了铟 ($_{49}\text{In}$) 等 9 种元素相对原子质量的新值，被采用为国际新标准。铟与铷 ($_{37}\text{Rb}$) 同周期。下列说法不正确的是

A. In 是第五周期第 IIIA 族元素

B. $^{115}_{49}\text{In}$ 的中子数与电子数的差值为 17

C. 原子半径: $\text{In} > \text{Al}$

D. 碱性: $\text{In}(\text{OH})_3 > \text{RbOH}$

【答案】D

【解析】

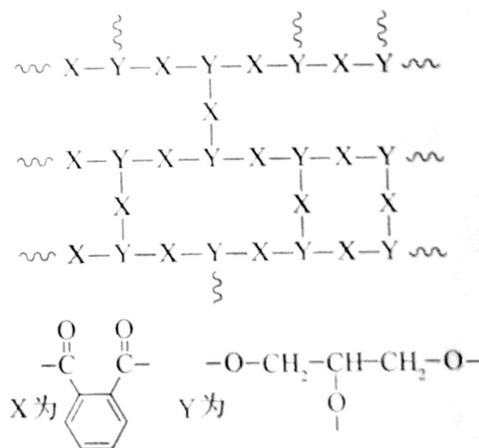
由题知，In 的原子结构示意图为 

- A. In 原子核外有 49 个电子，属于第五周期第 IIIA 族元素，故正确；
- B. 由题知，In 原子的中子数为 $115 - 49 = 66$ ，电子数为 49，差值为 17，故正确；
- C. In 和 Al 同主族，电子层数：In > Al，故原子半径 In > Al，故正确；
- D. In 和 Rb 同周期，核电荷数：In > Rb，Rb 的原子序数小于 In，半径更大，失电子能力更强，金属性更强，所以最高价氧化物对应的水化物碱性更强，故错误。

9. 交联聚合物 P 的结构片段如右图所示。下列说法不正确

的是（图中 \sim 表示链延长）

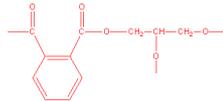
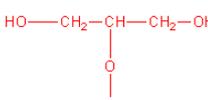
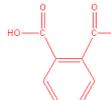
- A. 聚合物 P 中有酯基，能水解
- B. 聚合物 P 的合成反应为缩聚反应
- C. 聚合物 P 的原料之一丙三醇可由油脂水解获得
- D. 邻苯二甲酸和乙二醇在聚合过程中也可形成



类似聚合物 P 的交联结构

【答案】D

【解析】

- A. 由题意知，X-Y 相连，结构为 ，能水解，故正确；
- B. 聚合物 P 的单体为  和 ，脱水缩合生成 P，故正确；
- C. 丙三醇为聚合物 P 的单体之一，可由油脂水解获得，故正确；
- D. 邻苯二甲酸和乙二醇发生聚合反应，只能得到链状结构，无交联结构，故错误。

10. 下列除杂试剂选用正确且除杂过程不涉及氧化还原反应的是

	物质 (括号内为杂质)	除杂试剂
A	FeCl ₂ 溶液(FeCl ₃)	Fe 粉
B	NaCl 溶液(MgCl ₂)	NaOH 溶液、稀 HCl
C	Cl ₂ (HCl)	H ₂ O、浓 H ₂ SO ₄
D	NO(NO ₂)	H ₂ O、无水 CaCl ₂

【答案】B

【解析】

- A. 除杂试剂选用正确，涉及反应 $2FeCl_3 + Fe == 3FeCl_2$ ，为氧化还原反应，故错误；
- B. 除杂试剂选用正确，涉及反应 $MgCl_2 + 2NaOH == Mg(OH)_2 \downarrow + 2NaCl$ ， $NaOH + HCl == NaCl + H_2O$ ，不涉及氧化还原反应，故正确；
- C. 除杂试剂应选用饱和 NaCl 溶液、浓 H₂SO₄，故错误；
- D. 除杂试剂选用正确，涉及反应 $3NO_2 + H_2O == 2HNO_3 + NO$ ，为氧化还原反应，故错误。

11. 探究草酸(H₂C₂O₄)性质，进行如下实验。(已知：室温下，0.1mol·L⁻¹H₂C₂O₄ 的 pH =

1.3)

实验	装置	试剂 a	现象
①		Ca(OH) ₂ 溶液 (含酚酞)	溶液褪色，产生白色沉淀
②		少量 NaHCO ₃ 溶液	产生气泡
③		酸性 KMnO ₄ 溶液	紫色溶液褪色
④		C ₂ H ₅ OH 和浓硫酸	加热后产生有香味物质

由上述实验所得草酸性质所对应的方程式不正确的是

- A. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 有酸性, $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 == \text{CaC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- B. 酸性: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 > \text{H}_2\text{CO}_3$, $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 == \text{NaHC}_2\text{O}_4 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 有还原性, $2\text{MnO}_4^- + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^+ == 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
- D. $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 可发生酯化反应, $\text{HOCCOOH} + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow[\Delta]{\text{浓硫酸}} \text{C}_2\text{H}_5\text{OCCCOOC}_2\text{H}_5 + 2\text{H}_2\text{O}$

【答案】C

【解析】

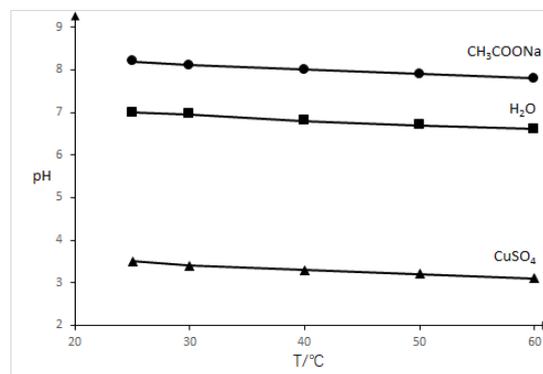
A. 实验①现象溶液褪色, 可知 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 显酸性, 可与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生中和反应, 生成白色沉淀 CaC_2O_4 , 故正确;

B. 实验②现象有气泡 CO_2 产生, 可知 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 酸性强于 H_2CO_3 , 又因 NaHCO_3 溶液为少量, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 足量, 所以生成酸式盐 NaHC_2O_4 , 故正确;

C. 实验③现象为酸性 KMnO_4 溶液褪色, 可知 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 与酸性 KMnO_4 生氧化还原反应, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 有还原性。依据题干信息, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的 $\text{pH} = 1.3$ 可知 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 为弱酸, 离子方程式为: $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ == 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$, 故错误;

D. 实验④中现象加热后有香味物质, 可知 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 发生了酯化反应, 生成有香味的酯类物质。因 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的结构简式为 HOCCOOH , 属于二元酸, 所以 $1 \text{ mol} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 可与 $2 \text{ mol} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 发生酯化反应, 故正确。

12. 实验测得 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COONa}$ 溶液、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CuSO}_4$ 溶液以及 H_2O 的 pH 随温度变化的曲线如图所示。下列说法正确的是



- A. 随温度升高, 纯水中 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- B. 随温度升高, CH_3COONa 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 减小
- C. 随温度升高, CuSO_4 溶液的 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果
- D. 随温度升高, CH_3COONa 溶液和 CuSO_4 溶液的 pH 均降低, 是因为 CH_3COO^- 、 Cu^{2+} 水解平衡移动方向不同

【答案】C

【解析】

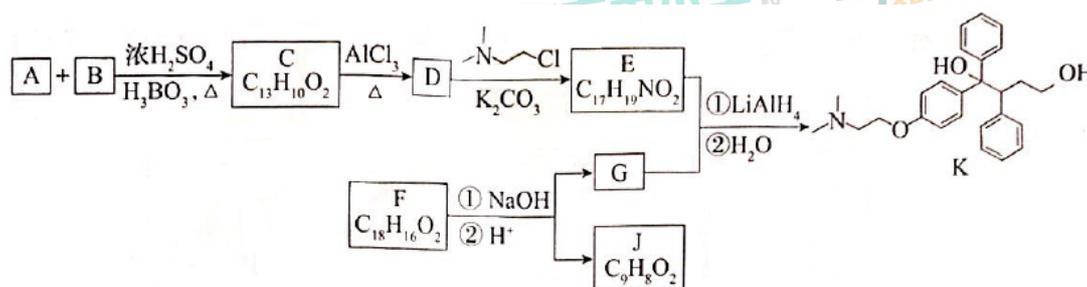
A. 纯水中存在 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \Delta H > 0$, 升高温度平衡正向移动, $c(\text{H}^+)$ 和 $c(\text{OH}^-)$ 均增大, K_w 增大, pH 减小。但水电离出的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$, 故错误;

B. CH_3COONa 溶液中存在 $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \Delta H > 0$ 和 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \Delta H > 0$, 温度升高两平衡均正向移动, $c(\text{H}^+)$ 、 $c(\text{OH}^-)$ 、 K_w 均增大, 而图中 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果, 故错误;

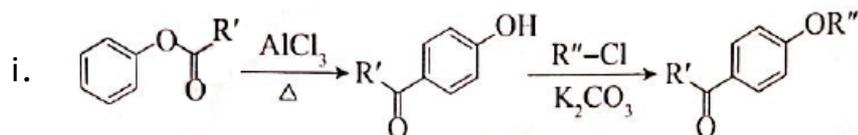
C. CuSO_4 溶液中存在 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \Delta H > 0$ 和 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \Delta H > 0$, 温度升高两平衡均正向移动, $c(\text{H}^+)$ 、 K_w 均增大, 图中 pH 变化是 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果, 故正确;

D. 温度升高, CH_3COO^- 、 Cu^{2+} 水解平衡均正向移动。 CH_3COONa 溶液随温度升高 pH 减小主要由 K_w 改变导致, CuSO_4 溶液随温度升高 pH 减小是由 K_w 改变与水解平衡移动共同作用的结果, 故错误。

25. (16 分) 抗癌药托瑞米芬的前体 K 的合成路线如下。



已知:



ii. 有机物结构可用键线式表示, 如 $(\text{CH}_3)_2\text{NCH}_2\text{CH}_3$ 的键线式为

(1) 有机物 A 能与 Na_2CO_3 溶液反应产生 CO_2 , 其钠盐可用于食品防腐。有机物 B 能与 Na_2CO_3 溶液反应, 但不产生 CO_2 ; B 加氢可得环己醇。A 和 B 反应生成 C 的化学

反应方程式是_____，反应类型是_____。

(2) D中含有的官能团：_____。

(3) E的结构简式为_____。

(4) F是一种天然香料，经碱性水解、酸化，得G和J。J经还原可转化为G。J的结构简式为_____。

(5) M是J的同分异构体，符合下列条件的M的结构简式是_____。

①包含2个六元环

②M可水解，与NaOH溶液共热时，1 mol M最多消耗2 mol NaOH

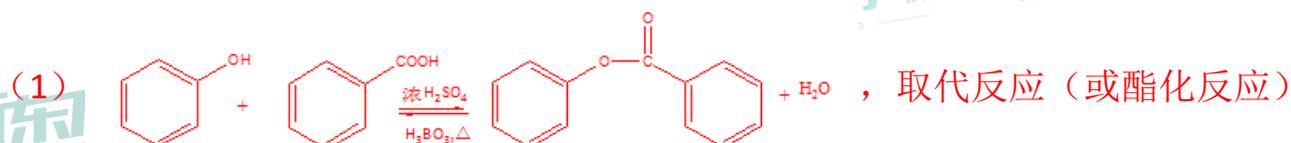
(6) 推测E和G反应得到K的过程中，反应物LiAlH₄和H₂O的作用是_____。

(7) 由K合成托瑞米芬的过程：

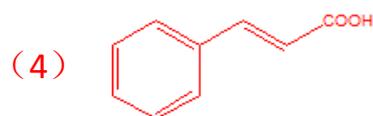
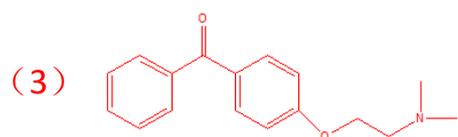


托瑞米芬具有反式结构，其结构简式是_____。

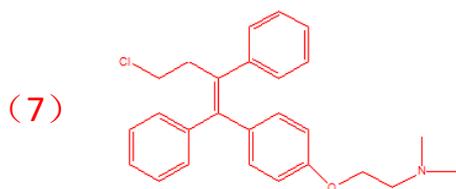
【答案】



(2) 羰基，羟基

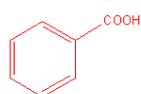


(6) LiAlH_4 作还原剂, 提供 H^- ; H_2O 使产物醇锂转化为醇



【解析】

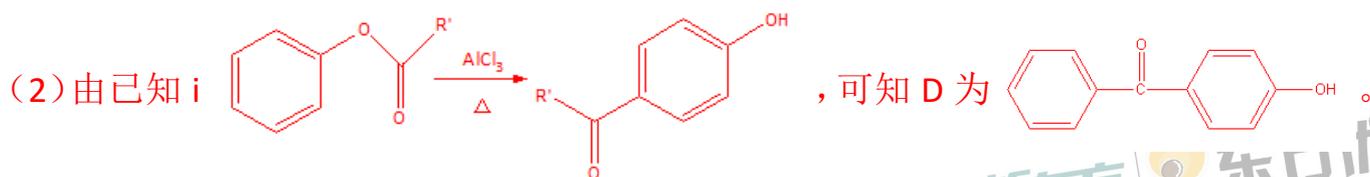
(1) 由于 A 可与 Na_2CO_3 溶液发生反应产生 CO_2 , 其钠盐可用于食品防腐, 故 A 为



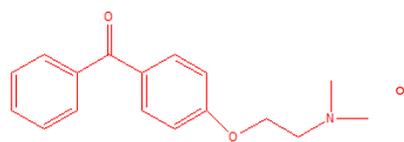
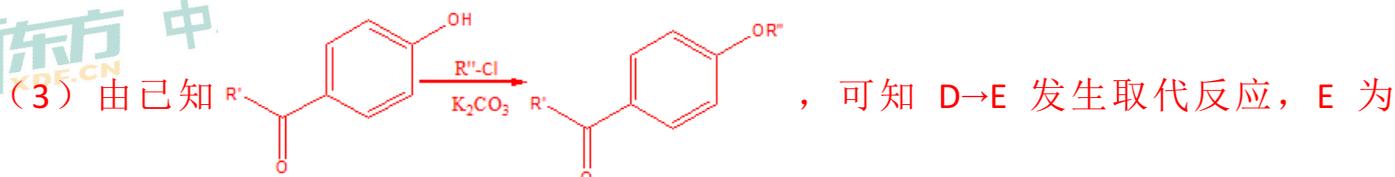
; B 能与 Na_2CO_3 溶液反应, 但不产生 CO_2 , 故 B 为酚, B 加氢可得环己醇, 可



反应类型为取代反应 (或酯化反应)。

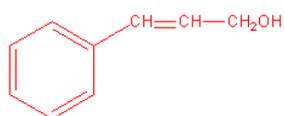


故 D 的官能团为羰基、羟基。



(4) F 可水解产生 G 与 J, 结合 J 的分子式可知 J 为酸, G 为醇, 且 J 可还原为 G。故 J 与 G 的碳骨架相同, 结合 K 结构可推知 G, J 的结构中苯环上只有一个取代基, 且除苯环外无环状结构。由 J 的不饱和度, 可推知 J 为



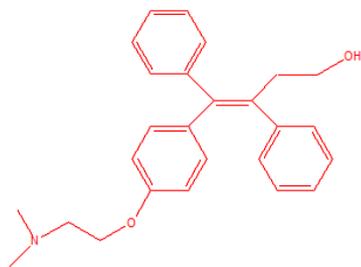


(5) M 为 J 的同分异构体，含 2 个六元环。且 M 可水解，含酯基。1 mol M 最多可消

耗 2 mol NaOH，可确定 M 为

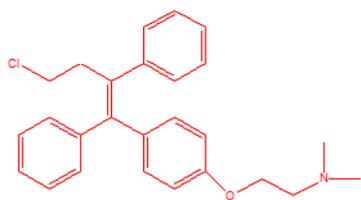
(6) 将 E、G 与 K 的结构和分子式进行对比可知，E、G 与 K 的分子式相差 2 个 H。故 LiAlH_4 、 H_2O 作还原剂。

(7) 由于 $\text{K} \rightarrow \text{N}$ 脱水，且托瑞米芬具有反式结构，故 $\text{K} \rightarrow \text{N}$ 发生消去反应，N 为



，N 与 SOCl_2 发生取代反应，结合托瑞米芬分子式可知，其结构

简式为



26. (12 分) 化学小组用如下方法测定经处理后的废水中苯酚的含量 (废水中不含干扰测定的物质)。

- I. 用已准确称量的 KBrO_3 固体配制一定体积的 $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KBrO}_3$ 标准溶液；
- II. 取 $v_1 \text{ mL}$ 上述溶液，加入过量 KBr ，加 H_2SO_4 酸化，溶液颜色呈棕黄色；
- III. 向 II 中所得溶液中加入 $v_2 \text{ mL}$ 废水；
- IV. 向 III 中加入过量 KI ；
- V. 用 $b \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定 IV 中溶液至浅黄色时，滴加 2 滴淀粉溶液，继续滴定至终点，共消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 $v_3 \text{ mL}$ 。

已知： $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$

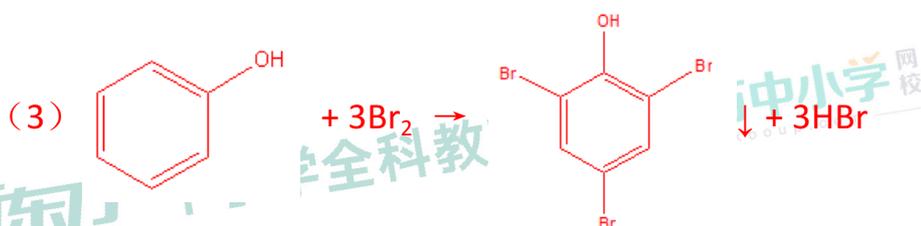
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 溶液颜色均为无色

- (1) I 中配制溶液用到的玻璃仪器有烧杯、玻璃棒、胶头滴管和_____。
- (2) II 中发生反应的离子方程式是_____。
- (3) III 中发生反应的化学方程式是_____。
- (4) IV 中加 KI 前，溶液颜色须为黄色，原因是_____。
- (5) KI 与 KBrO_3 物质的量关系为 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，KI 一定过量，理由是_____。
- (6) V 中滴定至终点的现象是_____。
- (7) 废水中苯酚的含量为_____ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (苯酚摩尔质量: $94\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)
- (8) 由于 Br_2 具有_____性质，II~IV 中反应须在密闭容器中进行，否则会造成测定结果偏高。

【答案】

(1) 容量瓶

(2) $6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- \rightleftharpoons 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$



(4) 溴水过量保证所有苯酚都已被 Br_2 所消耗，使测量结果准确

(5) 由 $6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- \rightleftharpoons 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Br}_2 + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^- + \text{I}_2$ ，所以只有当 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 才能保证所有剩余 Br_2 都能被 I 所还原

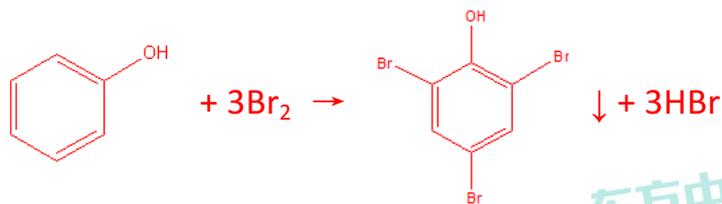
(6) 最后一滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴入后，溶液恰好蓝色褪去，且 30s 不变蓝

(7) $\frac{47(6av_1 - bv_3)}{3v_2}$

(8) 易挥发

【解析】

- (1) 配置一定物质的量浓度的溶液需用到容量瓶
- (2) 由信息可知 II 中发生的方程式为 $6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- == 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- (3) 废水中含苯酚，II 中生成 Br_2 ，则 III 中发生的方程式



(4) 溶液须为黄色，为保证 Br_2 过量，才能将废水中的苯酚充分反应，减小实验误差。

(5) 结合 $6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- == 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Br}_2 + 2\text{I}^- == 2\text{Br}^- + \text{I}_2$ ，可知 $n(\text{KI}) \geq 6n(\text{KBrO}_3)$ 时，

KI 过量，保证所有剩余 Br_2 都能被 I^- 所还原，使实验更准确。

(6) 当 IV 中生成的 I_2 完全被消耗时，滴定达到终点，现象为最后一滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴入后，溶液恰好蓝色褪去，且 30s 不变蓝。

(7) 结合该实验原理可求出 II 中生成的 Br_2 为 $3av_1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液消耗的 I_2 为 $bv_3/2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ，结合 $\text{Br}_2 + 2\text{I}^- == 2\text{Br}^- + \text{I}_2$ 可知剩余的 Br_2 也为 $bv_3/2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ，从而测定废水中苯酚时消耗的 Br_2 为 $(3av_1 - bv_3/2) \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ ，则废水中苯酚含量为

$$\frac{47(6av_1 - bv_3)}{3v_2}$$

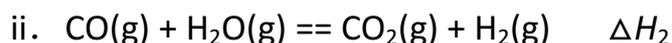
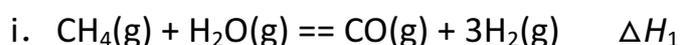
(8) 由于 Br_2 易挥发，II~IV 中反应须在密闭容器中进行，否则会造成测定结果偏高。

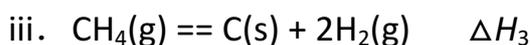
27. (14 分) 氢能源是最具应用前景的能源之一，高纯氢的制备是目前的研究热点。

(1) 甲烷水蒸气催化重整是制高纯氢的方法之一。

① 反应器中初始的反应的生成物为 H_2 和 CO_2 ，其物质的量之比为 4:1，甲烷和水蒸气的反应方程式是_____。

② 已知反应器中还存在如下反应：





.....

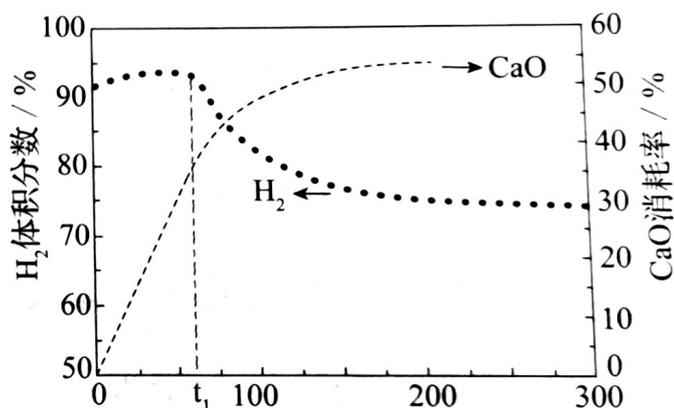
iii 为积炭反应，利用 ΔH_1 和 ΔH_2 计算 ΔH_3 时，还需要利用_____反应的 ΔH 。

③ 反应物投料比采用 $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{CH}_4) = 4 : 1$ ，大于初始反应的化学计量数之比，目的是_____（选填字母符号）。

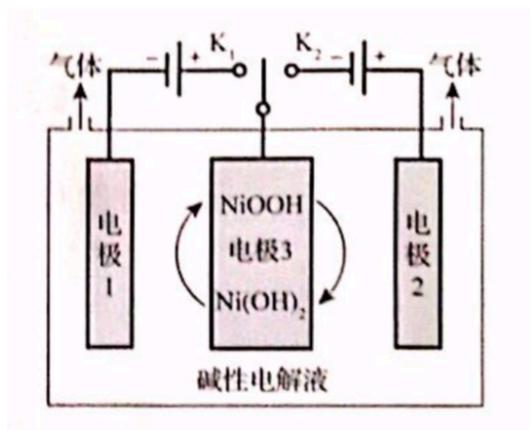
- a. 促进 CH_4 转化 b. 促进 CO 转化为 CO_2
c. 减少积炭生成

④ 用 CaO 可以去除 CO_2 。 H_2 体积分数和 CaO 消耗率随时间变化关系如下图所示。

从 t_1 时开始， H_2 体积分数显著降低，单位时间 CaO 消耗率_____（填“升高”“降低”或“不变”）。此时 CaO 消耗率约为 35%，但已失效，结合化学方程式解释原因：_____。



(2) 可利用太阳能光伏电池电解水制高纯氢，工作示意图如下。通过控制开关连接 K_1 或 K_2 ，可交替得到 H_2 和 O_2 。



① 制 H_2 时，连接_____。

产生 H_2 的电极反应式是_____。

② 改变开关连接方式，可得到 O_2 。

③ 结合①和②中电极 3 的电极方程式，说明电极 3 的作用：_____。

【答案】



② $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$ (其他合理答案均可)

③ abc

④ 降低

反应 $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3$ 达到平衡，所以 CaO 失效， CaO 与 H_2O 反应，水蒸气浓度下降，反应 CH_4 和 H_2O 的反应平衡逆移， $c(\text{H}_2)$ 下降，故 H_2 体积分数下降。

(2) ① K_1



③ 电极 3， K_1 : $\text{Ni}(\text{OH})_2 - \text{e}^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$



$\text{Ni}(\text{OH})_2$ 循环利用，氢气和氧气不同时生成，可制得高纯氢气。

【解析】

(1) ① 因为 $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{CH}_4) = 4 : 1$ ，可知，甲烷水蒸气催化重整反应方程式为



② 计算反应 iii 的 ΔH_3 ，根据盖斯定律，利用反应 i + ii，发现关系式中 CO_2 ， H_2O 需要消掉，还需要出现 C，综合可知，需要反应：

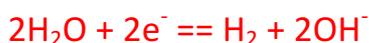


③ 由 $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{CH}_4) = 4 : 1$ 可知， H_2O 增加， CH_4 减少，可提高 CH_4 的转化率，

故 a 正确； H_2O 增加，推动反应 ii 正向进行，促进 CO 转化为 CO_2 ，故 b 正确； CH_4 减少，不利于反应 iii 正向进行，故 c 正确。

- ④ 由图 t_1 开始，单位时间 CaO 消耗量减少，所以单位时间内 CaO 消耗率下降， CaO 吸收 CO_2 的反应为可逆反应， $\text{CO}_2 + \text{CaO} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3$ ，反应达到平衡后， CaO 开始吸收 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，对于 CH_4 和 H_2O 的反应，反应物减少，平衡逆移，导致 $c(\text{H}_2)$ 下降。

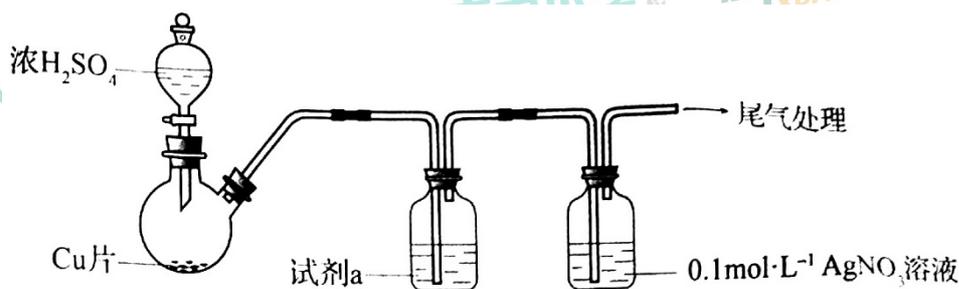
(2) ① H^+ 放电生成 H_2 ，在阴极反应，所以开关接 K_1 ，电极 1 作阴极。电极反应为：



- ③ 电极 3 接 K_1 时，电极反应式 $\text{Ni}(\text{OH})_2 - \text{e}^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NiOOH} + \text{H}_2\text{O}$ 接 K_2 时，电极反应式 $\text{NiOOH} + \text{e}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$ 所以 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 可以循环使用，并且 H_2 和 O_2 不同时生成，可制得高纯 H_2 。

28. (16 分) 化学小组实验探究 SO_2 与 AgNO_3 溶液的反应。

(1) 实验一：用如下装置（夹持、加热仪器略）制备 SO_2 ，将足量 SO_2 通入 AgNO_3 溶液中，迅速反应，得到无色溶液 A 和白色沉淀 B。



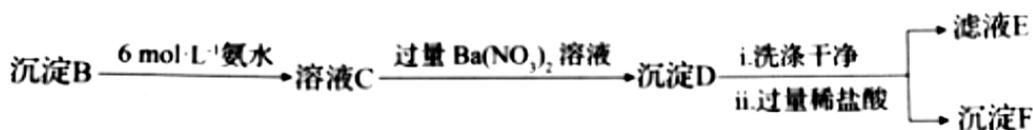
① 浓 H_2SO_4 与 Cu 反应的化学方程式是_____。

② 试剂 a 是_____。

(2) 对体系中有关物质性质分析得出：沉淀 B 可能为 Ag_2SO_3 、 Ag_2SO_4 或二者混合物。

(资料： Ag_2SO_4 微溶于水； Ag_2SO_3 难溶于水)

实验二：验证 B 的成分



- ① 写出 Ag_2SO_3 溶于氨水的离子方程式：_____。
- ② 加入盐酸后沉淀 D 大部分溶解，剩余少量沉淀 F。推断 D 中主要是 BaSO_3 ，进而推断 B 中含有 Ag_2SO_3 。向滤液 E 中加入一种试剂，可进一步证实 B 中含有 Ag_2SO_3 。所用试剂及现象是_____。

(3) 根据沉淀 F 的存在，推测 SO_4^{2-} 的产生有两个途径：

途径 1：实验一中， SO_2 在 AgNO_3 溶液中被氧化生成 Ag_2SO_4 ，随沉淀 B 进入 D。

途径 2：实验二中， SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 进入 D。

实验三：探究 SO_4^{2-} 的产生途径

- ① 向溶液 A 中滴入过量盐酸，产生白色沉淀，证明溶液中含有_____；取上层清液继续滴加 BaCl_2 溶液，未出现白色沉淀，可判断 B 中不含 Ag_2SO_4 。做出判断的理由：_____。

- ② 实验三的结论：_____。

(4) 实验一中 SO_2 与 AgNO_3 溶液反应的离子方程式是_____。

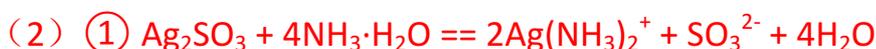
(5) 根据物质性质分析， SO_2 与 AgNO_3 溶液应该可以发生氧化还原反应。将实验一所得混合物放置一段时间，有 Ag 和 SO_4^{2-} 生成。

(6) 根据上述实验所得结论：_____。

【答案】



② 饱和 NaHSO_3 溶液



② 稀 H_2SO_4 ，产生白色沉淀

(3) ① Ag^+

Ag_2SO_4 微溶于水，若产生 Ag_2SO_4 则溶液中会残留 SO_4^{2-} ，会与 BaCl_2 产生白色 BaSO_4 沉淀，与实验现象不符。

② 实验一中 SO_2 未被氧化，实验二中 SO_3^{2-} 被氧化为 SO_4^{2-} 进入 D

(4) $\text{SO}_2 + 2\text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}^+$

(6) SO_2 与 Ag^+ 生成 Ag_2SO_3 的反应速率大于 SO_2 被 Ag^+ 氧化的速率

【解析】

(1) ① Cu 与浓 H_2SO_4 加热条件下产生 CuSO_4 、 SO_2 与 H_2O ；

② 用饱和 NaHSO_3 溶液吸收挥发出来的少量 H_2SO_4 ，且不与 SO_2 反应，避免 SO_4^{2-} 与 Ag^+ 反应干扰后续实验。

(2) ① Ag^+ 可与 NH_3 结合为 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ ，故氨水可将 Ag_2SO_3 溶解，并使 SO_3^{2-} 以离子形式溶出。

② 由于 BaSO_3 溶于稀盐酸生成 Ba^{2+} 而 BaSO_4 不溶于稀盐酸，故用稀 H_2SO_4 鉴别 E 中 Ba^{2+} 从而证明 D 中主要是 BaSO_3 ，进一步证实 B 中含有 Ag_2SO_3 。

(3) ① 加入过量盐酸，产生白色沉淀是 AgCl ，故溶液中含有 Ag^+ 。

HCl 和 BaCl_2 溶液鉴别 SO_4^{2-} ，未出现白色沉淀，说明沉淀中无 SO_4^{2-} ，又因 Ag_2SO_4 微溶于水，倘若有 Ag_2SO_4 沉淀生成，溶液中必残留一些 SO_4^{2-} ，与题意不符。

② 由实验三可知，途径一未产生 SO_4^{2-} ，故 SO_4^{2-} 的产生由途径二产生。

(4) 由实验三可知，实验一中 SO_2 与 AgNO_3 产生 Ag_2SO_3 沉淀，而未发生氧化还原反应。

(6) 由 (5) 可知，一段时间后， Ag^+ 可将 SO_2 氧化产生 Ag 与 SO_4^{2-} ，而题目实验一中 SO_2 与 AgNO_3 溶液“迅速反应”产生 Ag_2SO_3 ，故 SO_2 与 Ag^+ 产生 Ag_2SO_3 沉淀反应速率比发生氧化还原反应快。