

2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (解析版)

内容提要

2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (一)	2
2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (二)	22
2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (三)	41
2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (四)	62
2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (五)	82

扫一扫
查看解析

2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (一)

化学试题

本试卷分第 I 卷(选择题)和第 II 卷(非选择题)两部分。满分 100 分,考试时间 90 分钟。

注意事项:

1. 每小题选出答案后,用 2B 铅笔把答题卡上对应题目答案标号涂黑。如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其他答案标号,不能将答案直接答在试卷上。

2. 考试结束后,请将答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量: H 1 N 14 O 16 Cl 35.5 V 51 Cu 64 Sn 119

第 I 卷 (选择题 共 40 分)

一、选择题: 本题共 10 小题,每小题 2 分,共 20 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1. 化学与生产、生活密切相关,下列说法错误的是

- A. 加热法可以降低硬水(含 HCO_3^-)中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 浓度
- B. 牙膏中添加氟化物用于预防龋齿,利用了化学平衡移动原理
- C. 纳米铁粉通过物理吸附去除污水中 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 等重金属离子
- D. 霓虹灯能够发出五颜六色的光,其发光机理与氢原子光谱形成机理基本相同

【答案】C

【解析】

【详解】A. 加热法可以使碳酸氢钙、碳酸氢镁转化为碳酸钙沉淀、碳酸镁沉淀,从而降低硬水(含 HCO_3^-)中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 浓度, A 正确;

B. 牙膏中添加氟化物,增加氟离子浓度促使向生成氟化钙的方向的移动,可用于预防龋齿,利用了化学平衡移动原理, B 正确;

C. 铁能和污水中 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 等重金属离子发生氧化还原反应生成汞、铅单质,而不是吸附, C 错误;

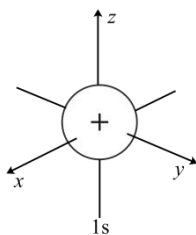
D. 霓虹灯能够发出五颜六色的光,其发光机理与氢原子光谱形成机理基本相同,都是电子的跃迁导致的, D 正确;

故选 C。

2. 重铬酸钾可用于“酒驾”检验,反应原理为

$3\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 11\text{H}_2\text{O}$, 下列说法错误的是

A. 基态 H 原子的 1s 原子轨道示意图:



B. 基态 Cr 原子价电子排布式: $3d^4 4s^2$

C. $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液显酸性的原因: $\text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$

D. 醋酸的电离方程式: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

【答案】B

【解析】

【详解】A. s 轨道为球形, A 正确;

B. 基态 Cr 原子价电子排布式: $3d^5 4s^1$, B 错误;

C. $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液中铬离子水解: $\text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$, 导致溶液显酸性, C 正确;

D. 醋酸为弱酸, 部分电离, $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$, D 正确;

故选 B。

3. 利用下列实验装置能达到实验目的的是

A	B	C	D
测定 Na_2SO_3 溶液浓度	制备 $\text{Fe}(\text{OH})_2$	测定锌粒与稀 H_2SO_4 反应的速率	制备 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 实验中应该使用淀粉指示剂, 不能达到实验目的, A 错误;

B. 铁应该做阳极发生氧化反应生成亚铁离子, 亚铁离子和氢氧根离子生成氢氧化亚铁沉淀, 不能达到实验目的, B 错误;

C. 锌和稀硫酸生成氢气, 可以通过单位时间内生成气体的体积来测定锌粒与稀 H_2SO_4 反应的速率, 能达到实验目的, C 正确;

D. 铜离子水解生成氢氧化铜和挥发性硝酸, 直接蒸发不能制备 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 不能达到实验目的, D 错误;

故选 C。

4. 已知: $K_{\text{sp}}(\text{FeS}) > K_{\text{sp}}(\text{CuS})$, 下列有关说法正确的是

A. 向饱和的 FeS 溶液中加水, K_{sp} 变大

B. FeCl_2 溶液和 Na_2S 溶液混合后, 一定有 $c(\text{Fe}^{2+}) = c(\text{S}^{2-})$

C. 向含等浓度 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 的溶液中滴加 Na_2S 溶液, Fe^{2+} 先沉淀

D. FeS 可用作除去废水中 Cu^{2+} 的沉淀剂

【答案】D

【解析】

【详解】A. K_{sp} 只受温度的影响, A 错误;

B. FeCl_2 溶液和 Na_2S 溶液混合后, $K_{\text{sp}}(\text{FeS})$ 为定值, 但 $c(\text{Fe}^{2+})$ 、 $c(\text{S}^{2-})$ 不一定相等, B 错误;

C. $K_{\text{sp}}(\text{FeS}) > K_{\text{sp}}(\text{CuS})$, 则硫化铜溶解度更小, 向含等浓度 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 的溶液中滴加 Na_2S 溶液, Cu^{2+} 先沉淀, C 错误;

D. $K_{\text{sp}}(\text{FeS}) > K_{\text{sp}}(\text{CuS})$, 则硫化铜溶解度更小, FeS 可用作除去废水中 Cu^{2+} 的沉淀剂, 将铜离子转化为硫化铜沉淀, D 正确;

故选 D。

5. 下列不能用勒夏特列原理解释的是

A. 打开汽水瓶时, 瓶中立即泛起大量泡沫

B. 新制氯水久置后变为无色透明溶液

C. 对 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}$ 平衡混和气体加压后颜色变深

D. 实验室中用排饱和食盐水的方法收集氯气

【答案】C

【解析】

【详解】A. 汽水瓶中存在碳酸的分解反应, 打开汽水瓶, 压强减小, 平衡正向移动, 故瓶中立即泛起大量气泡, 可用勒夏特列原理解释, A 相符;

B. 氯气溶于水的反应是可逆反应, 而产物次氯酸因不稳定久置易分解, 使得平衡正向移动, 氯水中的 Cl_2 含量减少, 可用勒夏特列原理解释, B 相符;

C. 平衡 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}$, 反应前后的化学计量数不变, 故平衡移动不受压强影响, 不能用勒夏特列原理解释, C 不相符;

D. 氯气溶于水的反应是可逆反应, 氯化钠在溶液中完全电离, 所以饱和食盐水中含有大量的离子, 使平衡逆向移动, 可用勒夏特列原理解释, D 相符;

故选 C。

6. 我国“祝融号”火星车成功着陆火星, 据了解火星上矿脉中含有原子序数依次增大的前四周期元素 X、Y、Z、W。已知 X、Z 同主族, 且 X 元素基态原子 s 能级的电子数与 p 能级电子数相等, Y 的氢化物的水溶液常用于玻璃雕花, W^{2+} 的 3d 轨道中有 9 个电子, 下列说法正确的是

A. 同周期第一电离能大于 X 的元素有 2 种

B. 基态 W 原子的价电子中未成对电子数与成对电子数之比 1 : 10

C. 原子半径: $\text{Z} > \text{Y} > \text{X}$

D. 简单氢化物的还原性: $\text{X} > \text{Z}$

【答案】B

【解析】

【分析】原子序数依次增大的前四周期元素 X、Y、Z、W, X 元素基态原子 s 能级的电子数与 p 能级电子数相等, 则 X 元素基态原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$, 为 O 元素, Y 的氢化物的水溶液常用于玻璃雕花, 则 Y 为 F 元素, W^{2+} 的 3d 轨道中有 9 个电子, 则 W 原子核外电子数 $= 2 + 8 + 17 + 2 = 29$, 为 Cu 元素, X、Z 同主族, 则 Z 为 S 元素。

【详解】A. 由分析知 X 为 O 元素, N 元素原子核外电子排布的 p 轨道为半充满状态, 所以第一电离能大于 O, 则同周期第一电离能大于 O 的元素有 N、F、Ne 共 3 种, 故 A 错误;

B. W 为 Cu 元素, 价电子排布式为 $3d^{10} 4s^1$, 4s 轨道只有一个电子, 未成对, 3d 轨道的 10 个电子都成对, 则未成对电子数与成对电子数之比 1 : 10, 故 B 正确;

C. 同周期元素原子半径对原子序数增大而减小, 同主族元素原子半径由上而下递增, X、Y、Z 分别为 O、F、S 元素, 则原子半径 $\text{S} > \text{O} > \text{F}$, 故 C 错误;

D. 同主族元素, 从上到下, 非金属性减弱, 氢化物的还原性增强, 则简单氢化物的还原性: $\text{X} < \text{Z}$, 故 D 错误;

故答案选 B。

7. 常温下, 下列各组粒子在指定条件下可能大量共存的是

A. 遇 KSCN 显血红色的溶液中: Mg^{2+} 、 H_2O_2 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}

B. 水电离出的 $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: Na^+ 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}

C. 加盐酸产生臭鸡蛋气味气体的溶液: Na^+ 、 NH_4^+ 、 Al^{3+} 、 NO_3^-

D. $c([\text{Al}(\text{OH})_4]^-) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: NH_4^+ 、 K^+ 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-}

【答案】B

【解析】

- 【详解】A. 遇 KSCN 显血红色的溶液中含有 Fe^{3+} , H_2O_2 在 Fe^{3+} 催化作用下分解为水和氧气, 故不选 A;
- B. 水电离出的 $c(\text{H}^+) = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液呈酸性或碱性, 酸性条件下 Na^+ 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 相互之间不反应, 能大量共存, 故选 B;
- C. 加盐酸产生臭鸡蛋气味气体的溶液中含有 S^{2-} 或 HS^- , S^{2-} 、 HS^- 与 Al^{3+} 发生双水解反应, 故不选 C;
- D. $c([\text{Al}(\text{OH})_4]^-) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中: $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 、 HCO_3^- 反应生成氢氧化铝沉淀和 CO_3^{2-} , 故不选 D;
- 选 B。

8. 根据所学的反应原理知识进行判断, 下列结论或推断正确的是

- A. 用惰性电极电解 CuSO_4 溶液, 两极均收集到标况下气体 11.2L, 可得到 32 克铜
- B. 恒温密闭容器内发生反应: $\text{NH}_2\text{COONH}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$, NH_3 的体积分数不变时说明反应达到平衡状态
- C. 变黑的银饰品放入盛食盐水的铝碗中恢复如新, 利用了原电池原理, 铝做正极
- D. 已知酸性: $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{S}$, 则反应 $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$ 不能发生

【答案】A

【解析】

- 【详解】A. 用惰性电极电解 CuSO_4 溶液, $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Cu} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{SO}_4$, 两极均收集到标况下气体 11.2L, 阳极生成 0.5mol O_2 , 阴极 Cu^{2+} 放电完毕后, 又生成 0.5mol H_2 , 根据阴、阳极得失电子数相同列式, $0.5 \times 4 = 0.5 \times 2 + 2 \times c(\text{Cu})$, 得 $c(\text{Cu}) = 0.5 \text{ mol}$, 即 32 克铜, A 正确;
- B. 恒温密闭容器内发生反应: $\text{NH}_2\text{COONH}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$, 生成 NH_3 和 CO_2 体积比为 2:1, NH_3 的体积分数为 $\frac{2}{3}$, 所以 NH_3 的体积分数不变无法说明反应是否达到平衡状态, B 错误;
- C. 变黑的银饰品放入盛食盐水的铝碗中恢复如新, 利用了原电池原理, 铝做负极, 银饰品做正极, 电极反应式 $\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{e}^- = 2\text{Ag} + \text{S}^{2-}$, C 错误;
- D. 虽然酸性: $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{S}$, 但 $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$ 可以发生, 因为生成的 CuS 不溶于水、不溶于酸, 符合复分解反应发生条件, D 错误;
- 故答案选 A。

9. 下列关于醋酸钠溶液叙述正确的

- A. 加水稀释时, 溶液中所有离子浓度均增大
- B. 向其中加入盐酸至溶液呈中性时, $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = c(\text{Na}^+)$
- C. 离子浓度大小关系: $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+)$

D. 加入冰醋酸时水的电离程度减小

【答案】D

【解析】

【详解】A. 加水稀释时，溶液中所有离子浓度均增大，醋酸钠浓度减小，醋酸根离子浓度减小，A 错误；

B. 向其中加入盐酸至溶液呈中性时 $c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+)$ ，由电荷守恒可知：

$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+)$ ，则 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) < c(\text{Na}^+)$ ，B 错误；

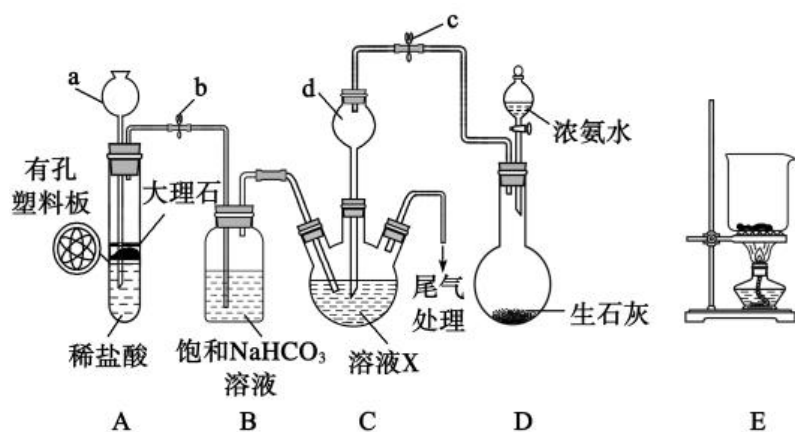
C. 醋酸钠溶液中钠离子和醋酸根离子是主要的，水解程度是次要的，则

$c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ ，C 错误；

D. 加入冰醋酸时醋酸浓度变大，氢离子浓度变大，水的电离被抑制，水的电离程度减小，D 正确；

故选 D。

10. 实验室中利用侯氏制碱法的原理制备纯碱的装置如下，下列有关说法正确的是



A. 装置 A 也可用于实验室中制备 H_2 、 O_2 等气体

B. 进行实验时应先打开 b，一段时间后再打开 c

C. 实验时打开 c 向溶液 X 中通入 NH_3 时，溶液中存在： $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) = c(\text{OH}^-)$

D. 可用装置 E 加热灼烧 NaHCO_3 固体获得纯碱

【答案】C

【解析】

【分析】A 装置制取二氧化碳，B 装置除 HCl 气体，D 装置制取氨气，C 装置中加入饱和食盐水，氨气比二氧化碳更易溶于水，故先通入氨气，再加入二氧化碳，制取碳酸氢钠，产率高，E 装置中的烧杯不能灼烧，需要用坩埚灼烧得到碳酸钠固体。

【详解】A. 装置 A 为固液反应装置，可以用盐酸和活泼金属制取氢气，二氧化锰做催化剂时为粉末状态，装置 A 只能用于块状固体和液体的反应，A 错误；

B. 反应先通入氨气，再通入二氧化碳，进行实验时应先打开 c，一段时间后再打开 b，B 错误；

C. 实验时打开 c 向溶液 X 中通入 NH_3 时，溶液显电中性， $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)$ ，因为氯化钠饱和溶液中 $c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-)$ ，故 $c(\text{H}^+) + c(\text{NH}_4^+) = c(\text{OH}^-)$ ，C 正确；

D. 用装置 E 中的烧杯不能加热灼烧, 应该用坩埚, D 错误;

故答案为: C。

二、选择题: 本题共 5 小题, 每小题 4 分, 共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题意, 全部选对得 4 分, 选对但不全的得 2 分, 有选错的得 0 分。

11. 下列实验操作和相应解释及结论均正确的是

	实验操作	解释及结论
A	常温下, 用 pH 试纸分别测定 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液和 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液的 pH, 结果均为 7	同温下, 不同浓度的 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液中水的电离程度相同
B	取两份氯水, 分别滴加 AgNO_3 溶液和淀粉 KI 溶液。前者产生白色沉淀, 后者溶液变蓝	证明 Cl_2 与水的反应存在限度
C	室温下, 用 pH 计测量 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHA}$ 溶液的 pH 为 5.2	$K_{a1}(\text{H}_2\text{A})\cdot K_{a2}(\text{H}_2\text{A}) > K_w$
D	向 $10\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{S}$ 溶液中滴入 $2\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ZnSO}_4$ 溶液, 有白色沉淀生成, 再加入 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CuSO}_4$ 溶液, 有黑色沉淀生成	$K_{sp}(\text{CuS}) < K_{sp}(\text{ZnS})$, 发生了沉淀转化

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 能双水解, 促进水的电离, 浓度小的溶液水解程度大, 故同温下, 不同浓度的 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 溶液中水的电离程度不同, A 错误;

B. 产生白色沉淀说明存在 Cl^- , 溶液变蓝说明存在 Cl_2 将 I^- 氧化为 I_2 , 由于 Cl_2 部分溶于水, 故不能说明 Cl_2 与水反应存在限度, B 错误;

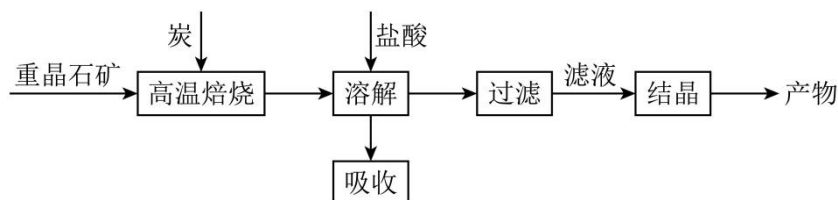
C. NaHA 溶液的 pH 为 5.2, 说明 HA^- 的电离程度大于水解程度, 则有 $K_{a2} > K_h$, $K_h = \frac{K_w}{K_{a1}}$, 故有 $K_{a1} \cdot K_{a2} > K_w$,

C 正确;

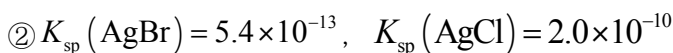
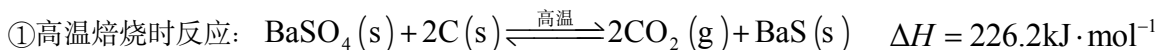
D. Na_2S 过量, 可与 CuSO_4 反应生成黑色沉淀, 不能说明存在沉淀转化, D 错误;

故选 C。

12. 某研究小组在实验室用重晶石(主要成分 BaSO_4)模拟工业过程制取 BaCl_2 晶体, 工艺流程如图:



已知:



下列说法错误的是

A. 实际生产中须加过量的炭, 目的是使 BaSO_4 充分还原得到 BaS

B. 若“吸收”所得溶液为等物质的量的 Na_2S 和 NaHS , 则有: $3c(\text{Na}^+) = 2[c(\text{S}^{2-}) + c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-)]$

C. “高温焙烧”时不能使用瓷坩埚

D. 向 BaCl_2 溶液中加入 AgNO_3 和 KBr 溶液, 当两种沉淀共存时, $\frac{c(\text{Br}^-)}{c(\text{Cl}^-)} = 2.7 \times 10^{-3}$

【答案】B

【解析】

【分析】重晶石和碳高温焙烧生成硫化钡, 加入盐酸溶解生成氯化钡溶液, 结晶得到氯化钡晶体;

【详解】A. 炭具有还原性, 实际生产中须加过量的炭, 目的是使 BaSO_4 充分还原得到 BaS , A 正确;

B. 等物质的量的 Na_2S 和 NaHS , 根据物料守恒可知, $2c(\text{Na}^+) = 3[c(\text{S}^{2-}) + c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-)]$, B 错误;

C. 碳和二氧化硅高温生成硅, 故“高温焙烧”时不能使用瓷坩埚, C 正确;

D. 向 BaCl_2 溶液中加入 AgNO_3 和 KBr 溶液, 当两种沉淀共存时,

$$\frac{c(\text{Br}^-)}{c(\text{Cl}^-)} = \frac{c(\text{Ag}^+)c(\text{Br}^-)}{c(\text{Ag}^+)c(\text{Cl}^-)} = \frac{5.4 \times 10^{-13}}{2.0 \times 10^{-10}} = 2.7 \times 10^{-3}, \text{ D 正确};$$

故选 B。

13. 氧还原反应是燃料电池的核心反应。中科院徐庆团队对比具有氧化还原与催化功能一体化的 CoTAPP-PATA-COF 材料与不含氧化还原功能的 Co-COF-366 材料电催化氧还原反应机理如下图, 下列说法错误的是

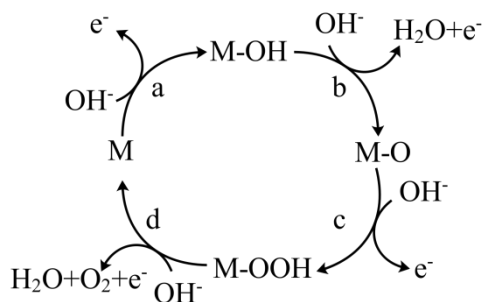


图1

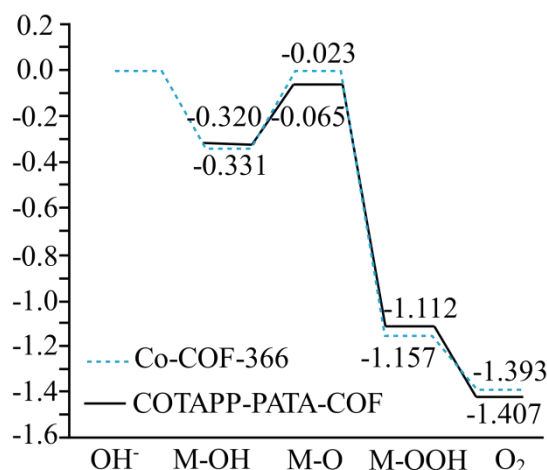


图2

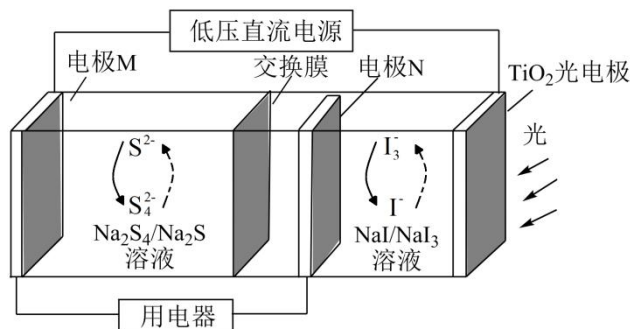
- A. 电催化氧还原反应的 $\Delta H < 0$
- B. 电催化氧还原反应的速率由步骤 b 决定
- C. 电催化氧还原反应总反应式为: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- D. CoTAPP-PATA-COF 催化条件下各过渡态都比 Co-COF-366 催化条件下稳定

【答案】D

【解析】

- 【详解】A. 由图可知电催化氧还原反应的反应物总能量高于生成物总能量，则反应为放热反应 $\Delta H < 0$ ，故 A 正确，
- B. 由图 2 可知步骤 b 对应的转化过程活化能最大，反应速率最慢，慢反应决定总反应快慢，故 B 正确；
- C. 电催化氧还原反应总反应为 OH^- 失电子生成氧气，反应式为: $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，故 C 正确；
- D. 由图可知中间产物 M-OH 和 M-OOH 在 Co-COF-366 催化条件下能量更低，物质能量越低越稳定，故 D 错误；
- 故选：D。

14. 水系钠离子电池有望代替锂离子电池和铅酸电池，工作原理如图所示，以 TiO_2 光电极作辅助电极，充电时 TiO_2 光电极受光激发产生电子和空穴，空穴作用下 NaI 转化为 NaI_3 。下列说法错误的是



- A. 放电时，电极 N 为正极，发生还原反应
- B. 充电时，电极 M 的电极反应式为 $\text{S}_4^{2-} + 6\text{e}^- = 4\text{S}^{2-}$

- C. 放电时, TiO_2 电极产生的电子转移给 I_3^-
- D. 充电时, 每生成 1molNaI_3 , 有 2molNa^+ 通过交换膜进入 M 电极室

【答案】C

【解析】

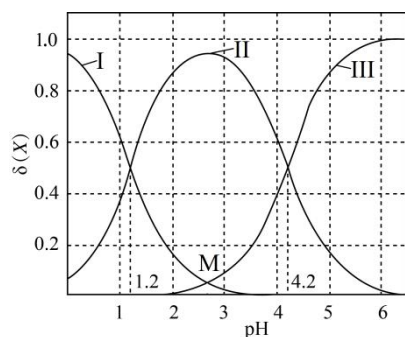
【分析】由题可知, 充电时 TiO_2 光电极受光激发产生电子和空穴, 空穴作用下 NaI 转化为 NaI_3 , 则 TiO_2 电极为阳极, 电极 M 为阴极, 放电时, 电极 N 为正极, 电极 M 为负极。

- 【详解】A. 放电时, 电极 N 为正极, 正极得电子, 发生还原反应, A 项正确;
- B. 充电时, 电极 M 为阴极, 电极反应式为 $\text{S}_4^{2-} + 6\text{e}^- = 4\text{S}^{2-}$, B 项正确;
- C. 放电时, 电极 N 为正极, 电极 M 为负极, 电极 M 失去电子转移给 I_3^- , C 项错误;
- D. 充电时, 阳极的电极反应式为: $3\text{I}^- - 2\text{e}^- = \text{I}_3^-$, 每生成 1molNaI_3 , 转移 2mole^- , 则有 2molNa^+ 通过交换膜进入 M 电极室, D 项正确;

答案选 C。

15. 已知 H_2A 是一种二元弱酸。常温下向某 H_2A 溶液中滴加 NaOH 溶液, 溶液中的 H_2A 、 HA^- 、 A^{2-} 的物质的量分数 $\delta(\text{X})$ 随 pH 变化如图所示。下列叙述正确的是

$$[\text{已知 } \delta(\text{X}) = \frac{c(\text{X})}{c(\text{H}_2\text{A}) + c(\text{HA}^-) + c(\text{A}^{2-})}]$$



- A. 曲线 II 表示 A^{2-} 的变化
- B. $\frac{K_{a1}(\text{H}_2\text{A})}{K_{a2}(\text{H}_2\text{A})} = 10^3$
- C. pH=4.2 时, 溶液中 $c(\text{Na}^+) > 3c(\text{HA}^-)$
- D. M 点溶液的 pH 值为 2.7

【答案】BD

【解析】

【分析】向某 H_2A 溶液中滴加 NaOH 溶液，随 pH 升高， H_2A 的物质的量分数减小， HA^- 的物质的量分数先增大后减小， A^{2-} 的物质的量分数增大；根据图示， $c(\text{H}_2\text{A})=c(\text{HA}^-)$ 时， $\text{pH}=1.2$ ，

$$K_{a1} = \frac{c(\text{HA}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{A})} = 10^{-1.2} ; c(\text{HA}^-)=c(\text{A}^{2-}) \text{ 时, } \text{pH}=4.2, K_{a2} = \frac{c(\text{A}^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HA}^-)} = 10^{-4.2} .$$

【详解】A. 随 pH 升高， HA^- 的物质的量分数先增大后减小，曲线 II 表示 HA^- 的变化，故 A 错误；

B. $\frac{K_{a1}(\text{H}_2\text{A})}{K_{a2}(\text{H}_2\text{A})} = \frac{10^{-1.2}}{10^{-4.2}} = 10^3$ ，故 B 正确；

C. 根据电荷守恒， $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HA}^-) + 2c(\text{A}^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ ， $\text{pH}=4.2$ 时， $c(\text{HA}^-) = c(\text{A}^{2-})$ 、 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，所以 $c(\text{Na}^+) < 3c(\text{HA}^-)$ ，故 C 错误；

D. 根据图示，M 点溶液中 $c(\text{H}_2\text{A})=c(\text{A}^{2-})$ ，

$$K_{a1} \times K_{a2} = \frac{c(\text{HA}^-) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{A})} \times \frac{c(\text{A}^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HA}^-)} = c^2(\text{H}^+) = 10^{-1.2} \times 10^{-4.2} = 10^{-5.4}, c(\text{H}^+) = 10^{-2.7}, \text{ 所以 } \text{pH} \text{ 值}$$

为 2.7，故 D 正确；

选 BD。

第 II 卷 (非选择题 共 60 分)

三、非选择题：本题共 5 小题，共 60 分。

16. 亚铁氰化钾($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)是一种常见的食盐抗结剂，其三水合物($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)是黄色晶体，俗称黄血盐，遇 Fe^{3+} 立即产生深蓝色沉淀($\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)。回答下列问题。

(1) O 元素位于_____区，基态 O 原子核外电子的空间运动状态有_____种。

(2) Fe 在元素周期表中的位置_____，基态 Fe 原子的价电子轨道表示式为_____。

(3) 黄血盐($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)中四种非金属元素的第一电离能最大的是_____，该原子能量最高的电子所在能级符号为_____。

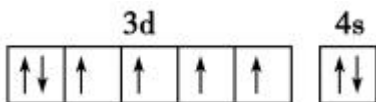
(4) 亚铁氰化钾($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)中四种元素的电负性由大到小的顺序为_____。

(5) 普鲁士蓝($\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)中不同价态铁元素的简单微粒较稳定的是_____，其原因是_____。

【答案】 (1) ①. p ②. 5

(2) ①. 第四周期第 VIII 族

②.



(3) ①. N ②. 2p

(4) $\text{N} > \text{C} > \text{Fe} > \text{K}$

(5) ①. Fe^{3+} ②. Fe^{3+} 的价电子排布式为 3d^5 ， Fe^{2+} 的价电子排布式为 3d^6 ，前者为半充满状态故较稳定

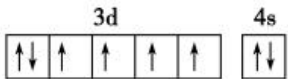
【解析】

【小问 1 详解】

由元素周期表结构知氧元素位于 P 区；基态氧原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$ ，又空间运动状态指电子占据的轨道数，即基态氧原子核外电子的空间运动状态有 5 种；

【小问 2 详解】

由元素周期表结构知，铁元素位于第 8 列，即所在位置为第四周期第Ⅷ族；基态 Fe 原子的价电子排布式为

$3d^6 4s^2$ ，所以其轨道表示式 ；

【小问 3 详解】

同主族随原子序数递增，第一电离能递减，又同周期随原子序数递增，第一电离能递增，但第ⅡA族大于第ⅢA族、第ⅤA族大于ⅥA族，所以 H、C、N、O 四种元素第一电离能最大的是 N；基态氮原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^3$ ，所以能量最高的电子所在能级符号为 2p；

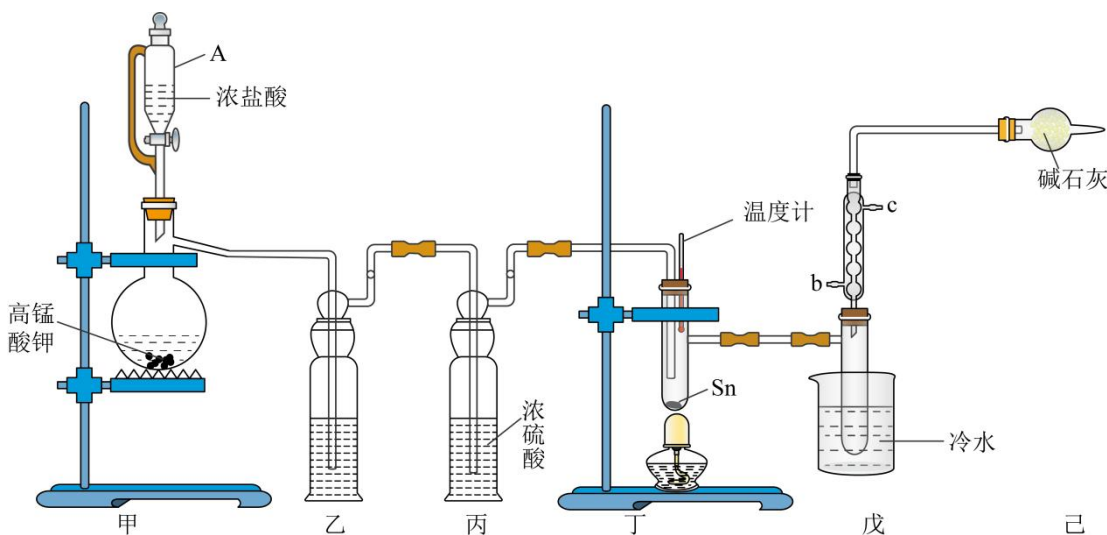
【小问 4 详解】

电负性是描述原子对键合电子吸引能力，同主族从上到下电负性递减，同周期从左向右电负性递增，所以电负性顺序为 $N > C > Fe > K$ ；

【小问 5 详解】

普鲁士蓝($KFe[Fe(CN)_6]$)中存在三价铁离子和二价亚铁离子，又 Fe^{3+} 的价电子排布式为 $3d^5$ 半充满状态， Fe^{2+} 的价电子排布式为 $3d^6$ ，且半充满状态较稳定，所以 Fe^{3+} 较稳定。

17. 四氯化锡($SnCl_4$)常用作催化剂、烟雾弹和镀锡。某研究小组利用氯气和熔融的锡(主要成分为 Sn，还有少量的 Cu)反应来制备无水四氯化锡。实验装置如下图：



已知： $CuCl_2$ 的熔点为 $620^\circ C$ ，沸点为 $993^\circ C$ ； $SnCl_4$ 的熔点为 $-33^\circ C$ ，沸点为 $114^\circ C$ ，遇水剧烈水解。

回答下列问题：

(1) 仪器 A 的名称是_____，锡粉中含铜杂质导致丁装置试管内产生 $CuCl_2$ ，但不影响戊中产品的纯度，原因是_____。

(2) 装置己的作用_____。

(3) 产品中含少量 SnCl_2 ，测定 SnCl_4 纯度的方法：取 0.200g 产品溶于 50.00mL 的稀盐酸中，加入淀粉溶液作指示剂。用 0.0100mol/L KIO_3 标准溶液滴定至终点，消耗 KIO_3 标准液 4.00mL，反应原理为 $3\text{SnCl}_2 + \text{KIO}_3 + 6\text{HCl} = 3\text{SnCl}_4 + \text{KI} + 3\text{H}_2\text{O}$ ，_____ (离子方程式)，判断滴定终点的依据为_____，产品的纯度为_____。

(4) 下列操作会导致产品纯度偏低的是_____

- A. 盛装标准液的滴定管未用标准液润洗
- B. 锥形瓶洗净后未干燥，残留蒸馏水
- C. 滴定前平视读数，滴定后俯视读数
- D. 滴定前尖嘴处有气泡，滴定后气泡消失

【答案】 (1) ①. 恒压滴液漏斗 ②. CuCl_2 沸点较高，不会随 SnCl_4 蒸馏出来

(2) 吸收多余的氯气，防止污染空气；防止空气中的水蒸气进入装置戊中造成 SnCl_4 水解

(3) ①. $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ②. 当滴入最后一滴(或半滴)标准液，溶液变蓝且半分钟内不褪色 ③. 88.6% (4) AD

【解析】

【分析】某研究小组利用氯气和熔融的锡(主要成分为 Sn，还有少量的 Cu)反应来制备无水四氯化锡；甲装置为制取 Cl_2 的发生装置；乙装置中盛有饱和食盐水，用来除去 Cl_2 中混有的 HCl 气体；丙装置中盛有浓硫酸，用来干燥 Cl_2 ；丁装置中，Sn、Cu 与 Cl_2 反应生成 SnCl_4 、 CuCl_2 ；戊装置用来冷却和收集 SnCl_4 ；己装置中盛有碱石灰，既可以吸收多余的氯气，防止污染空气，又可以防止空气中的水蒸气进入装置戊中造成 SnCl_4 水解。

【小问 1 详解】

仪器 A 的名称是恒压滴液漏斗；锡粉中含铜杂质导致丁装置试管内产生 CuCl_2 ，但不影响戊中产品的纯度，原因是 CuCl_2 沸点较高，不会随 SnCl_4 蒸馏出来。

【小问 2 详解】

装置己的作用吸收多余的氯气，防止污染空气；防止空气中的水蒸气进入装置戊中造成 SnCl_4 水解。

【小问 3 详解】

该实验使用淀粉溶液作指示剂，说明实验中有 I_2 生成，则反应原理为 $3\text{SnCl}_2 + \text{KIO}_3 + 6\text{HCl} = 3\text{SnCl}_4 + \text{KI} + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ；判断滴定终点的依据为当滴入最后一滴(或半滴)标准液，溶液变蓝且半分钟内不褪色；根据化学方程式可知 $3\text{SnCl}_2 \sim \text{KIO}_3$ ， $n(\text{SnCl}_2) = 3 \times 0.01\text{mol/L} \times 4 \times 10^{-3}\text{L} = 1.2 \times 10^{-4}\text{mol}$ ，则产品纯度为 $\frac{0.2\text{g} - 1.2 \times 10^{-4}\text{mol} \times 190\text{g/mol}}{0.2\text{g}} \times 100\% = 88.6\%$ 。

【小问 4 详解】

- A. 盛装标准液的滴定管未用标准液润洗，相当于对标准液造成了稀释，使得消耗标准液的体积偏大，测得的 SnCl_2 的含量偏高，产品纯度偏低，A 符合题意；
- B. 锥形瓶洗净后未干燥，残留蒸馏水，对实验结果无影响，B 不符合题意；

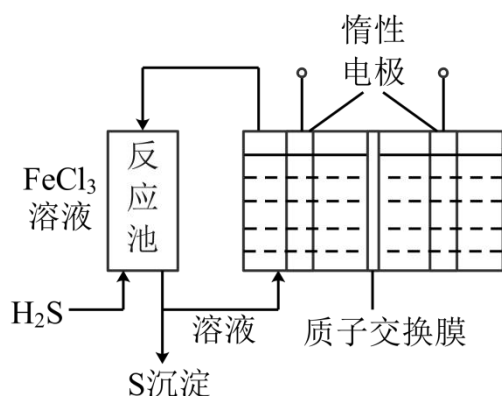
C. 滴定前平视读数，滴定后俯视读数，消耗标准液的体积偏小，测得的 SnCl_2 的含量偏低，产品纯度偏高，C 不符合题意；

D. 滴定前尖嘴处有气泡，滴定后气泡消失，消耗标准液的体积偏大，测得的 SnCl_2 的含量偏高，产品纯度偏低，D 符合题意；

故选 AD。

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) 电解法处理硫化氢的装置如图所示：

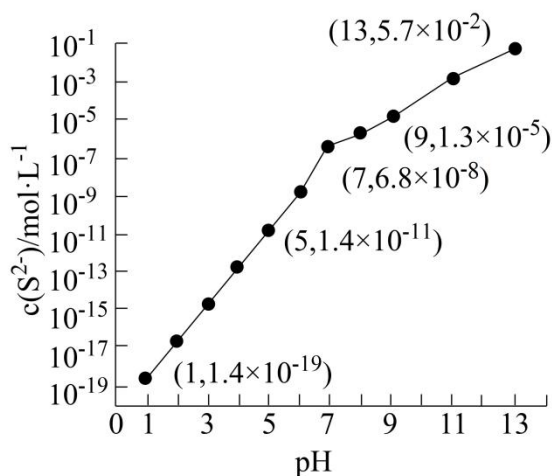


①阳极的电极反应式为_____。

②反应池中发生的离子反应方程式为_____。

(2) 硫化氢制备羰基硫，其原理为： $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H > 0$ ，在 610K 时，将 0.10mol CO_2 与 0.40mol H_2S 充入 2.5L 的空钢瓶中，反应平衡后水蒸气的物质的量分数为 0.18. H_2S 的平衡转化率 $\alpha_1 =$ _____%，若要提高 H_2S 的平衡转化率，可采取的措施_____ (写出一条即可)。

(3) H_2S 气体溶于水形成的氢硫酸是一种二元弱酸，25℃时，在 $0.10\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{S}$ 溶液中，通入 HCl 气体或加入 NaOH 固体以调节溶液 pH，溶液 pH 与 $c(\text{S}^{2-})$ 关系如图所示(忽略溶液体积的变化、 H_2S 的挥发)。



①pH=13 时，溶液中的 $c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-) =$ _____。

②某溶液含 $0.020\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Mn}^{2+}$ 、 $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{H}_2\text{S}$ ，当溶液 $\text{pH}=\underline{\hspace{2cm}}$ 时， Mn^{2+} 开始沉淀。[已知： $K_{\text{sp}}(\text{MnS})=2.8\times 10^{-13}$]

【答案】 (1) ①. $\text{Fe}^{2+}-\text{e}^{-}=\text{Fe}^{3+}$ ②. $\text{H}_2\text{S}+2\text{Fe}^{3+}=2\text{Fe}^{2+}+2\text{H}^{+}+\text{S}\downarrow$

(2) ①. 22.5 ②. 充入 CO_2 或升高温度(答案合理即可)

(3) ①. 0.043 ②. 5

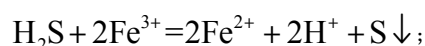
【解析】

【分析】 (1) 由图可知电解池阳极发生的反应是亚铁离子失去电子生成三价铁离子，阴极是氢离子得电子生成氢气，而反应池中是三价铁氧化硫元素为硫单质，据此分析做答；

【小问 1 详解】

①由分析可知阳极的电极反应式为 $\text{Fe}^{2+}-\text{e}^{-}=\text{Fe}^{3+}$ ，答案为： $\text{Fe}^{2+}-\text{e}^{-}=\text{Fe}^{3+}$ ；

②由分析可知反应池中发生的离子反应方程式为 $\text{H}_2\text{S}+2\text{Fe}^{3+}=2\text{Fe}^{2+}+2\text{H}^{+}+\text{S}\downarrow$ ，答案为：



【小问 2 详解】

由方程式可知该反应是反应前后物质得量不发生变化得反应，所以平衡状态

$n(\text{H}_2\text{O})=(0.1+0.4)\times 0.18\text{mol}=0.09\text{mol}$ ，生成水蒸气得量与转化得硫化氢得量相等，所以 H_2S 的平衡转化

率 $\alpha_1=\frac{0.09}{0.4}=22.5\%$ ，若要提高 H_2S 的平衡转化率，应该使平衡向右移动，可采取的措施充入 CO_2 或升

高温度，答案为：22.5，充入 CO_2 或升高温度；

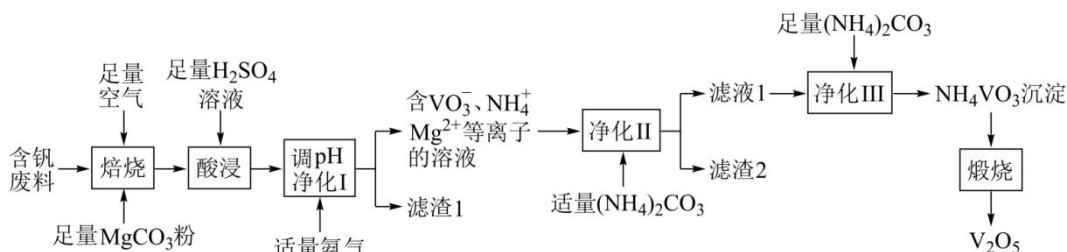
【小问 3 详解】

①根据溶液 pH 与 $c(\text{S}^{2-})$ 关系图 $\text{pH}=13$ 时， $c(\text{S}^{2-})=5.7\times 10^{-2}\text{mol/L}$ ，在 $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{H}_2\text{S}$ 溶液中根据硫守恒 $c(\text{H}_2\text{S})+c(\text{HS}^{-})+c(\text{S}^{2-})=0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，所以 $c(\text{H}_2\text{S})+c(\text{HS}^{-})=0.1-5.7\times 10^{-2}=0.043\text{mol/L}$ ，答案为：0.043；

②当 $Q_c=K_{\text{sp}}(\text{MnS})$ 时开始沉淀，所以 $c(\text{S}^{2-})=\frac{K_{\text{sp}}(\text{MnS})}{c(\text{Mn}^{2+})}=\frac{2.8\times 10^{-13}}{0.020}\text{mol/L}=1.4\times 10^{-11}\text{mol/L}$ ，结合图像得出

此时的 $\text{pH}=5$ ，所以 $\text{pH}=5$ 时锰离子开始沉淀，答案为：5；

19. V_2O_5 是化工生产中重要的催化剂，可用于制备硫酸和彩色玻璃。一种以含钒废料(主要成分为 V_2O_3 ，还含有 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CuO 、有机物杂质)制备 V_2O_5 的工艺流程如下图所示。



已知：①含钒离子在溶液中的存在形式与溶液 pH 的关系

溶液 pH	< 4.0	$6.0 \leq \text{pH} \leq 8.0$	> 8.0
----------------	---------	-------------------------------	---------

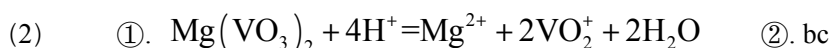
钒元素存在形式	VO_2^+	VO_3^-	$\text{V}_2\text{O}_7^{4-}$
---------	-----------------	-----------------	-----------------------------

②该流程温度下: $K_{\text{sp}}[\text{Fe}(\text{OH})_3]=8.0\times 10^{-38}$; $K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3]=1.0\times 10^{-33}$; $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2]=1.0\times 10^{-19}$

请回答下列问题:

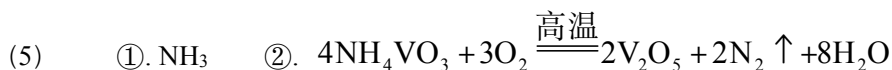
- (1) “焙烧”的目的之一是将 V_2O_3 转化为 $\text{Mg}(\text{VO}_3)_2$, 还有一个目的是_____;
- (2) 已知 $\text{Mg}(\text{VO}_3)_2$ 难溶于水, 能溶于酸, 写出在“酸浸”时($\text{pH} < 2$)发生的离子反应方程式_____。为提高酸浸速率, 可采取的措施_____(填序号)。
- a. 使用 98% 的硫酸 b. 加速搅拌
- c. 升高温度 d. 增大压强
- (3) “调 pH 净化 I”时需将 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 三种离子去除干净(浓度 $< 1\times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时视为去除干净), 需调节 pH 范围为_____(pH 值保留 1 位小数)。
- (4) “净化 II”时, 若加入过量 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, 可能导致的结果是_____。
- (5) “煅烧”时, 改变环境会得到不同产物, 但都会有 V_2O_5 生成。若煅烧时隔绝空气, 还生成物质 A 和一种参与大气循环的物质, 且 A 可在该流程中循环使用, 则 A 的化学式为_____; 若煅烧时通入空气, 还生成两种参与大气循环的物质, 该反应的化学方程式为_____。

【答案】 (1) 除掉有机物杂质



(3) $7.0 < \text{pH} \leq 8.0$

(4) 生成 NH_4VO_3 沉淀, 降低钒的利用率



【解析】

【分析】含钒废料(主要成分为 V_2O_3 , 还含有 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CuO 、有机物杂质)中加入足量 MgCO_3 粉, 并通入足量空气进行焙烧, V_2O_3 、 Al_2O_3 发生反应生成 $\text{Mg}(\text{VO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$ 等, 并使有机物发生燃烧, 生成气体等; 加入稀硫酸进行酸浸, Al_2O_3 、 CuO 、 $\text{Mg}(\text{VO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$ 都发生溶解, 生成 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 VO_2^+ 等; 加入适量氨水调节溶液的 pH, 使 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 转化为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀; 过滤后, 往滤液中加入适量的 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, 将 Mg^{2+} 转化为 MgCO_3 沉淀; 过滤后, 往滤液中加入足量的 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, 生成 NH_4VO_3 沉淀, 煅烧沉淀, 从而获得 V_2O_5 。

【小问 1 详解】

“焙烧”的目的之一是将 V_2O_3 转化为 $\text{Mg}(\text{VO}_3)_2$, 同时使有机物发生燃烧, 所以还有一个目的是: 除掉有机物杂质。答案为: 除掉有机物杂质;

【小问 2 详解】

$\text{Mg}(\text{VO}_3)_2$ 难溶于水, 溶于酸后生成 Mg^{2+} 、 VO_2^+ 等, 则在“酸浸”时($\text{pH} < 2$)发生的离子反应方程式:



- a. 98%的硫酸中氢离子浓度小, 不能加快酸浸的速率, a 不符合题意;
 b. 加速搅拌, 可增大物质间的接触面积, 从而加快反应速率, b 符合题意;
 c. 升高温度, 可增大反应物的能量, 从而增大反应物间有效碰撞的次数, 加快反应速率, c 符合题意;
 d. 固体与液体反应, 增大压强不能加快反应速率, d 不符合题意;

故选 bc。答案为: $\text{Mg}(\text{VO}_3)_2 + 4\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + 2\text{VO}_2^+ + 2\text{H}_2\text{O}$; bc;

【小问 3 详解】

“调 pH 净化 I”时, 需将 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 三种离子去除干净(浓度 $< 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时视为去除干净)。将 VO_2^+ 转化为 VO_3^- , 需调节 pH 范围为 $6.0 \leq \text{pH} \leq 8.0$, 将 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 三种离子生成沉淀时, pH 的最小值为

$$\sqrt{\frac{1.0 \times 10^{-19}}{1 \times 10^{-5}}} = 1 \times 10^{-7}, \text{ 所以需调节 pH 范围为 } 7.0 < \text{pH} \leq 8.0. \text{ 答案为: } 7.0 < \text{pH} \leq 8.0;$$

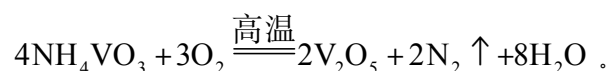
【小问 4 详解】

从流程图可以看出, 当加入足量的 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 时, 生成 NH_4VO_3 沉淀, 所以 “净化 II”时, 若加入过量 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, 可能导致的结果是: 生成 NH_4VO_3 沉淀, 降低钒的利用率。答案为: 生成 NH_4VO_3 沉淀, 降低钒的利用率;

【小问 5 详解】

若煅烧时隔绝空气, 还生成物质 A 和一种参与大气循环的物质, 且 A 可在该流程中循环使用, 则 A 的化学式为 NH_3 ; 若煅烧时通入空气, 生成两种参与大气循环的物质应为 N_2 和水蒸气, 所以该反应的化学方程式

为 $4\text{NH}_4\text{VO}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{N}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。答案为: NH_3 ;



【点睛】浓硫酸中大部分硫酸以分子形式存在, 溶液中氢离子浓度不大。

20. CO_2 的资源化利用意义重大, 其主要产品——甲醇可用于生产二甲醚, 二甲醚在日用化工、制药、农药、染料、涂料等方面有广泛的用途。

CO_2 催化加氢制甲醇主反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1$

副反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(1) 已知 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H = -90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 则 $\Delta H_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 在 CO_2 加氢制甲醇的体系中, 下列说法错误的是

a. 增大初始投料比 $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2)}$, 有利于提高 CO_2 的转化率

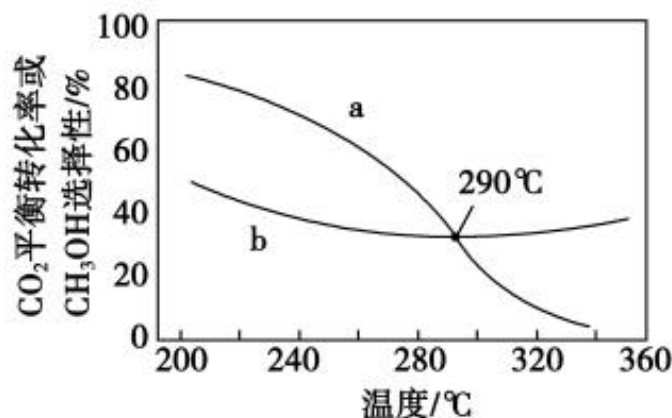
b. 当气体的平均摩尔质量保持不变时, 说明反应体系已达平衡

c. 平衡后, 压缩容器体积, 主反应平衡正向移动, 副反应平衡不动

d. 选用合适的催化剂可提高 CO_2 的平衡转化率

(3) 在密闭容器中, 将物质的量之比为 1 : 3 的 CO_2 和 H_2 按一定流速通过反应器, CO_2 的平衡转化率和

甲醇的选择性[甲醇的选择性 = $\frac{n(\text{CH}_3\text{OH})}{n(\text{CO}) + n(\text{CH}_3\text{OH})} \times 100\%$] 随温度的变化如图所示:



①表示 CH_3OH 选择性的是_____, 290°C—360°C 时催化剂活性受温度影响不大, 说明 290°C 后曲线 b 升高的原因_____。

②在恒温恒压条件下达到平衡时, 若 CO_2 的转化率为 40%, CH_3OH 的选择性为 75%, 副反应的平衡常数 $K_p =$ _____ (结果保留两位有效数字)(用平衡分压代替平衡浓度计算, 分压=总压×物质的量分数)。

(4) 甲醇脱水可制得二甲醚: $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ 。实验测得: $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} c^2(\text{CH}_3\text{OH})$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} c(\text{CH}_3\text{OCH}_3) \cdot c(\text{H}_2\text{O})$, $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 为速率常数。T₁ 温度下, 向 2L 恒容密闭容器中加入 0.2mol CH_3OH , 10min 时达到平衡, H_2O 的体积分数为 25%, CH_3OCH_3 平均反应速率为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 当温度变为 T₂ 时, $k_{\text{正}} = \frac{k_{\text{逆}}}{5}$, 则 T₁ _____ T₂ (填“大于”、“小于”或“等于”)。

【答案】 (1) -49

(2) acd (3) ①. 曲线 a ②. 主反应放热, 副反应吸热, 温度高于 290°C 以后升高温度, 主反应逆向移动程度小于副反应逆向移动程度, 所以 CO_2 的平衡转化率增大 ③. 3.3×10^{-2}

(4) ①. 2.5×10^{-3} ②. 大于

【解析】

【小问 1 详解】

已知: ① $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H = -90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

② $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = +41 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

由盖斯定律可知, ①+②得: $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 则 $\Delta H_1 = -49 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$;

【小问 2 详解】

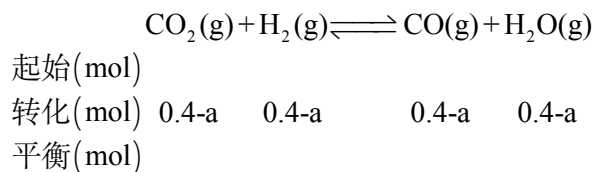
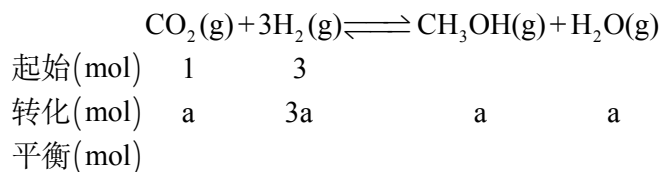
- a. 增大初始投料比 $\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2)}$ ，有利于提高氢气转化率，而降低了 CO_2 自身的转化率，a 错误；
- b. 主反应为气体分子数减小的反应，反应前后气体的平均摩尔质量增大，当气体的平均摩尔质量保持不变时，说明反应体系已达平衡，b 正确；
- c. 平衡后，压缩容器体积，相当于增大压强，主反应平衡正向移动，二氧化碳含量减小、水蒸气含量增加，则副反应平衡逆向移动，c 错误；
- d. 选用合适的催化剂可提高反应速率，但是不能提高 CO_2 的平衡转化率，d 错误；

故选 acd；

【小问 3 详解】

①主反应为放热反应，副反应为吸热反应，升高温度主反应逆向移动、副反应正向移动，故表示 CH_3OH 选择性的是 a； 290°C — 360°C 时催化剂活性受温度影响不大，而主反应放热，副反应吸热，温度高于 290°C 以后升高温度，主反应逆向移动程度小于副反应逆向移动程度，所以导致 CO_2 的平衡转化率增大；

②假设二氧化碳、氢气分别为 1mol、3mol；在恒温恒压条件下达到平衡时，若 CO_2 的转化率为 40%，反应 0.4mol；设主反应中转化的 CO_2 的物质的量为 a mol，则副反应中转化的 CO_2 的物质的量为 $(0.4-a)\text{mol}$ ，



CH_3OH 的选择性为 75%，则 $\frac{a}{0.4-a+a} \times 100\% = 75\%$ ， $a=0.3\text{mol}$ ，则反应后 CO_2 、 H_2 、 CH_3OH 、 CO 、 H_2O 的

物质的量分别为 0.6mol、2mol、0.3mol、0.1mol、0.4mol，气体的总物质的量为 3.4mol，设体系的总压强为

$$p, \text{ 则 } P(\text{CO}_2) = \frac{0.6\text{mol}}{3.4\text{mol}} \times p = \frac{3p}{17}, P(\text{H}_2) = \frac{2\text{mol}}{3.4\text{mol}} \times p = \frac{10p}{17}, P(\text{CO}) = \frac{0.1\text{mol}}{3.4\text{mol}} \times p = \frac{p}{34}, P(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.4\text{mol}}{3.4\text{mol}} \times p = \frac{2p}{17},$$

$$\text{则平衡常数 } K_p = \frac{P(\text{CO}) \cdot P(\text{H}_2\text{O})}{P(\text{CO}_2) \cdot P(\text{H}_2)} = \frac{\frac{p}{34} \times \frac{2p}{17}}{\frac{3p}{17} \times \frac{10p}{17}} \approx 0.033;$$

【小问 4 详解】

T_1 温度下，向 2L 恒容密闭容器中加入 0.2mol CH_3OH ，10min 时达到平衡， H_2O 的体积分数为 25%：



起始(mol)	0.2	0	0
转化(mol)	2a	a	a
平衡(mol)	0.2-2a	a	a

$\frac{a}{0.2} \times 100\% = 25\%$, $a = 0.05\text{mol}$, CH_3OCH_3 平均反应速率为 $\frac{0.05\text{mol}}{2\text{L} \times 10\text{min}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$; 此时,

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.1\text{mol}, n(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = 0.05\text{mol}, n(\text{H}_2\text{O}) = 0.05\text{mol}, \text{ 则 } K_1 = \frac{\frac{0.05}{2} \text{mol/L} \times \frac{0.05}{2} \text{mol/L}}{\left(\frac{0.1}{2} \text{mol/L}\right)^2} = 0.25; \text{ 温度}$$

变为 T_2 时, $k_{\text{正}} = \frac{k_{\text{逆}}}{5}$, 达到平衡时 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$, $K_2 = \frac{c(\text{CH}_3\text{OCH}_3) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c^2(\text{CH}_3\text{OH})} = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = 0.2 < K_1$, 反应为吸热

反应, 故 T_1 大于 T_2 。

2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (二)

高二化学试题

可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 N 14 O 16 Na 23 S 32 Ba 137 Cu 64

一、选择题: 本题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分, 每小题只有一个选项符合题意。

1. 从科技前沿到日常生活, 化学无处不在。下列说法错误的是

- A. 我国首次在实验室实现了二氧化碳到淀粉的合成, 生物酶催化剂的使用改变了反应历程
- B. 神舟十三号顺利升空时, 火箭尾部喷射的气体呈红棕色是因为部分助燃剂 N_2O_4 转化为 NO_2
- C. 水是 21 世纪最宝贵的资源之一, 明矾与高铁酸钾均可作水处理剂, 两者处理水的原理相同
- D. 2022 年北京冬奥会将采用石墨烯材料制造户外保暖穿戴设备, 石墨烯中碳原子为 sp^2 杂化

【答案】C

【解析】

【详解】A. 催化剂可改变反应历程, 生物酶催化剂的使用可改变二氧化碳到淀粉的合成历程, 故 A 正确;
B. NO_2 是红棕色气体, 助燃剂 N_2O_4 引燃后发生剧烈反应, 转化为 NO_2 , 故 B 正确;
C. 明矾净水是 Al^{3+} 发生水解反应得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体, 可吸附杂质, 而在水处理过程中高铁酸钾被还原为 Fe^{3+} , 高铁酸钾除能消毒、杀菌外, Fe^{3+} 发生水解反应得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 可吸附杂质, 两者原理不同, 故 C 错误;
D. 石墨烯中每个碳原子形成 3 σ 键, 杂化方式为 sp^2 杂化, 故 D 正确;
故选: C。

2. 已知 NaHS 溶液呈碱性。向 $20\text{mL } 0.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{S}$ 溶液中加入以下物质, 下列说法正确的是

- A. 加入水, H_2S 电离程度增大, H^+ 浓度增大
- B. 加入 CuSO_4 固体, 平衡右移, H^+ 浓度增大, K 增大
- C. 向溶液中通入足量 SO_2 气体, H_2S 电离平衡左移, pH 先增大后减小
- D. 加入等体积等物质的量浓度的 NaOH 溶液, 溶液中存在 $c(\text{S}^{2-}) > c(\text{H}_2\text{S})$

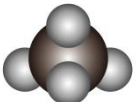
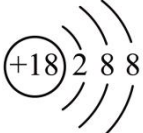
【答案】C

【解析】

【详解】A. H_2S 为二元弱酸, 加水稀释, 促进 H_2S 的电离, 但 $c(\text{H}^+)$ 减小, 故 A 错误;
B. CuS 难溶于稀硫酸, 氢硫酸溶液中加入 CuSO_4 , 生成 CuS 沉淀, 促进 H_2S 的电离, 电离平衡常数只受温度的影响, 因此加入 CuSO_4 , H_2S 的电离平衡常数不变, 故 B 错误;
C. H_2S 与 SO_2 发生 $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$, $c(\text{H}_2\text{S})$ 降低, H_2S 的电离平衡向左移动, 溶液中 $c(\text{H}^+)$ 降低, pH 增大, 继续通入 SO_2 , SO_2 与 H_2O 反应生成 H_2SO_3 , H_2SO_3 的酸性强于 H_2S , $c(\text{H}^+)$ 增大, pH 减小, 故 C 正确;
D. 加入等体积等物质的量浓度的 NaOH 溶液, 生成溶质为 NaHS , NaHS 溶液显碱性, 说明 HS^- 的水解程度大于其电离程度, 溶液中存在 $c(\text{H}_2\text{S}) > c(\text{S}^{2-})$, 故 D 错误;

答案为 C。

3. 下列微粒表述正确, 且对水的电离不能产生影响的是

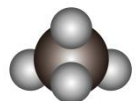
- A. 氢氧化钠的电子式: $\text{Na}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$
- B. 乙酸的结构式: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ | \quad || \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$
- C. 甲烷分子的空间填充模型: 
- D. 硫离子的结构示意图: 

【答案】C

【解析】

【详解】A. 氢氧化钠抑制水的电离, 是离子化合物, 电子式: $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{O}}:\text{H}]^-$, A 错误;

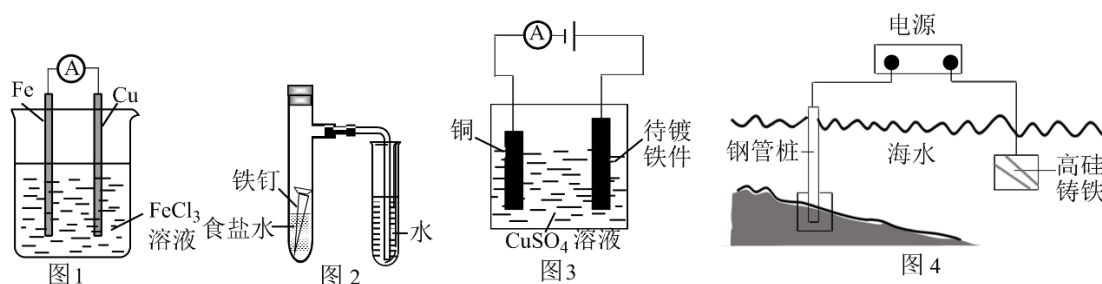
B. 乙酸的结构式: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ | \quad || \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$, 乙酸溶于水电离出的氢离子抑制水的电离, B 错误;

C. 甲烷分子的空间填充模型: , 甲烷不影响水的电离, C 正确;

D. 硫离子水解促进水的电离, 质子数是 16, D 错误;

故选 C。

4. 关于如图所示各装置的叙述正确的是



A. 图 1 是化学能转变为电能的装置, 总反应为 $\text{Cu}+2\text{Fe}^{3+}=\text{Cu}^{2+}+2\text{Fe}^{2+}$

B. 图 2 铁钉发生吸氧腐蚀, 导管中水面上升, 负极反应为 $\text{O}_2+4\text{e}^-+2\text{H}_2\text{O}=4\text{OH}^-$

C. 图 3 装置可在铁件表面镀铜, CuSO_4 溶液浓度不变

D. 图 4 支撑海港码头基础的钢管桩与电源的负极相连, 以防止被海水腐蚀

【答案】D

【解析】

【详解】A. 该装置为原电池装置, 化学能转变为电能, 因为 Fe 比 Cu 活泼, 因此 Fe 作负极, 总反应式为 $\text{Fe}+2\text{Fe}^{3+}=3\text{Fe}^{2+}$, 故 A 错误;

- B. 发生吸氧腐蚀, 遵循原电池工作原理, 负极上发生 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$, 正极上发生 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$, 具支试管中气体压强减小, 因此导管中水面上升, 故 B 错误;
- C. 电镀时, 镀件作阴极, 镀层金属作阳极, 因此待镀铁件作阴极, 铜作阳极, 故 C 错误;
- D. 根据电解原理, 钢管桩与电源的负极相连, 以防止被海水腐蚀, 故 D 正确;

答案为 D。

5. 用纯碱溶液去除铝制容器表面的油污时, 有少量气泡产生。为探究气泡产生的原因设计了如下实验: ①将铝片置于盛有水的试管中, 加热, 无明显现象; ②将铝片置于盛有浓 Na_2CO_3 溶液的试管中, 铝片表面产生细小气泡, 加热, 产生大量气泡(成分为 CO_2 和 H_2), 并观察到白色浑浊(能溶于 NaOH 溶液)。下列说法错误的是

- A. 纯碱去除油污利用了水解原理, 加热可以提高油污去除效果
- B. 铝片与 Na_2CO_3 水解产生的 OH^- 反应生成了 H_2
- C. 浑浊产生的原理为 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- D. 加热和 H_2 的产生对 CO_3^{2-} 水解平衡移动方向的影响是相同的

【答案】C

【解析】

【详解】A. 油污在碱性条件下容易水解被去除, 升温会促进纯碱的水解使溶液的碱性增强, 从而增强去污效果, A 正确;

B. 铝可以和碱反应生成氢气, 而碳酸钠水解使溶液显碱性, 可以和铝反应生成氢气, B 正确;

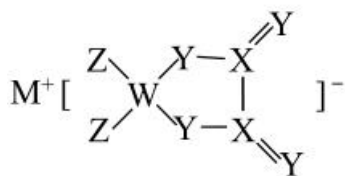
C. 碳酸钠水解显碱性, 铝表面的氧化铝与碱反应生成 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 离子, 去掉氧化膜后, 铝与氢氧根离子、水反应生成氢气, 碳酸根离子部分水解生成碳酸氢根离子, 碳酸氢根离子与 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 离子反应生成

$\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀和 CO_3^{2-} , 离子方程式: $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, C 错误;

D. 盐类水解为吸热过程, 加热促进盐类水解; 氢气逸出有利于铝与氢氧根离子的反应, 碳酸根离子水解生成碳酸氢根离子和氢氧根离子, 消耗氢氧根离子, 促进碳酸根离子水解, 所以加热和 H_2 逸出对 CO_3^{2-} 水解平衡移动都起到促进作用, D 正确;

故选 C。

6. 锂电池的研究与开发已日臻成熟, 某锂电池材料的组成与结构如图。M、W、X、Y、Z 是原子序数依次增大的同周期主族元素, Y 元素原子的价电子数是 W 的两倍。下列说法错误的是



- A. 该材料中元素原子均达到 8 电子稳定结构
- B. 该材料中 X 的化合价为 +3
- C. 元素 X 与 Y 原子轨道中含有的未成对电子数相同
- D. 简单离子半径为 $\text{Y} > \text{Z} > \text{M}$

【答案】A

【解析】

【分析】某锂电池材料的组成与结构如图，因此M是Li。M、W、X、Y、Z是原子序数依次增大的同周期主族元素，Y元素原子的价电子数是W的两倍，根据结构可判断Y位于第ⅥA族，X位于ⅣA族，所以W是B，X是C，Y是O，Z是F，据此解答。

【详解】A. 该材料中元素原子除Li以外均达到8电子稳定结构，A错误；

B. 该材料中X形成碳碳单键、碳氟键和碳氧双键，因此C的化合价为+3价，B正确；

C. 元素X与Y原子轨道中含有的未成对电子数相同，均是2个，C正确；

D. 核外电子层数越多离子半径越大，核外电子排布相同时离子半径随原子序数的增大而减小，则简单离子半径为 $Y > Z > M$ ，D正确；

答案选A。

7. 下列表示对应化学反应的离子方程式正确的是

A. 用石墨电极电解饱和食盐水： $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$

B. 向稀 NaHCO_3 中加入过量 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液： $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$

C. 用 Na_2CO_3 溶液预处理水垢中的 CaSO_4 ： $\text{CO}_3^{2-} + \text{CaSO}_4 = \text{CaCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$

D. 向稀 HNO_3 中滴加 Na_2SO_3 溶液： $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

【答案】C

【解析】

【详解】A. 用石墨电极电解饱和食盐水时，阳极上氯离子发生电离生成氯气，阴极上水得电子生成 OH^- 和 H_2 ，离子方程式为： $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$ ，A错误；

B. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液过量时， NaHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 CaCO_3 、 NaOH 和 H_2O ，中加入： $\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ ，B错误；

C. 饱和 Na_2CO_3 溶液和水垢中的 CaSO_4 能生成更难溶的 CaCO_3 ，离子方程式为：

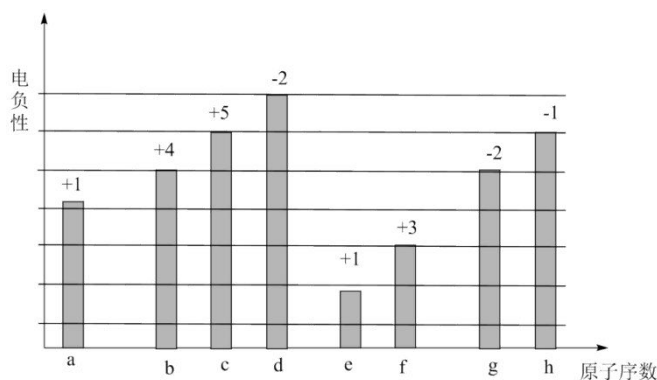
$\text{CO}_3^{2-} + \text{CaSO}_4 = \text{CaCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$ ，C正确；

D. 二者发生氧化还原反应生成 H_2SO_4 和 NO ，离子方程式为：

$2\text{NO}_3^- + 3\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = 3\text{SO}_4^{2-} + 2\text{NO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，D错误；

故选C。

8. 部分短周期元素电负性的相对大小、最高正价或最低负价随原子序数的变化关系如图所示。下列说法正确的是



- A. 上述 8 种元素均位于元素周期表 p 区
- B. g、h 的氧化物对应水化物的酸性: $h > g$
- C. b、c、d 三种元素的简单气态氢化物热稳定性逐渐增强
- D. c 的气态氢化物与其最高价含氧酸反应的产物为共价化合物

【答案】C

【解析】

【分析】a 的原子序数最小，且电负性较大，则 a 为 H；b、c、d 的电负性逐渐增大，分别为 C、N、O；e、f、g、h 为第三周期元素，分别为 Na、Al、S、Cl。

【详解】A. b、c、d、f、g、h 均为位于元素周期表 p 区，故 A 错误；
 B. g、h 的最高价氧化物对应水化物的酸性: $h > g$ ，故 B 错误；
 C. b、c、d 三种元素的非金属性的大小顺序为 $O > N > C$ ，故简单气态氢化物热稳定性逐渐增强，故 C 正确；
 D. c 的气态氢化物 NH_3 与其最高价含氧酸 HNO_3 反应的产物 NH_4NO_3 为离子化合物，故 D 错误；
 综上所述，答案为 C。

9. 下列说法错误的是

- A. 基态原子的 p 能级上半充满的元素一定位于 p 区
- B. 核外电子排布相同的两原子，一定属于同种元素
- C. 基态原子的价电子排布为 $(n-1)d^xns^y$ 的元素，族序数一定为 $x+y$
- D. 基态原子的 N 层上只有一个电子的元素，不一定是第 I A 族元素

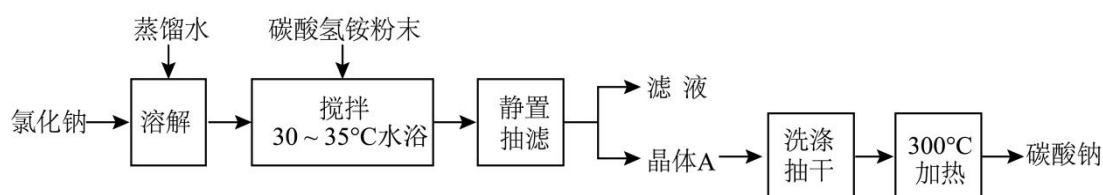
【答案】C

【解析】

【详解】A. 基态原子的 p 能级上半充满即 np^3 ，则该元素一定位于 p 区，故 A 正确；
 B. 核外电子排布相同的两原子，一定属于同种元素，故 B 正确；
 C. 基态原子的价电子排布为 $(n-1)d^xns^y$ 的元素，族序数不一定为 $x+y$ ，如当 $x+y=9$ 或 10 时是第 VIII 族，故 C 错误；
 D. 基态原子的 N 层上只有一个电子的元素，不一定是第 I A 族元素 K，可能是第 I B 元素 Cu 元素，故 D 正确。

综上所述，答案为 C。

10. 纯碱在工业上主要用于玻璃制品和陶瓷釉的生产。以 NaCl 和 NH_4HCO_3 为原料制备纯碱的过程如下，下列说法错误的是



- A. “搅拌”中主要发生的化学反应为 $\text{NaCl} + \text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{30\sim 35^\circ\text{C}} \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$
- B. 若其它条件不变，使用饱和氯化钠溶液可以达到提高碳酸氢铵利用率的目的
- C. 搅拌时采用 $30\sim 35^\circ\text{C}$ 水浴，以防止温度过高引起碳酸氢铵和碳酸氢钠的分解
- D. 静置抽滤所得滤液中离子浓度大小关系为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{NH}_4^+)$

【答案】D

【解析】

【分析】根据本工艺流程图可知，溶解步骤是将氯化钠固体溶于水形成饱和食盐水，加入碳酸氢铵粉末，由于碳酸氢钠溶解度小于氯化铵、氯化钠和碳酸氢铵，故能发生反应：

$\text{NaCl} + \text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{30\sim 35^\circ\text{C}} \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ ，静置后抽滤出碳酸氢钠固体，滤液中主要含有氯化铵

和少量的碳酸氢钠，晶体 A 进行洗涤后，加热到 300°C ，发生分解生成碳酸钠，方程式为：

$2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{300^\circ\text{C}} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，据此分析解题。

【详解】A. 由分析可知，“搅拌”中主要发生的化学反应为

$\text{NaCl} + \text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{30\sim 35^\circ\text{C}} \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ ，A 正确；

B. 若其它条件不变，使用饱和氯化钠溶液可以增大 Na^+ 的浓度，使 Na^+ 与 HCO_3^- 向着生成 NaHCO_3 晶体的方向进行，故可达到提高碳酸氢铵利用率的目的，B 正确；

C. 碳酸氢铵、碳酸钠受热均易分解，故搅拌时采用 $30\sim 35^\circ\text{C}$ 水浴，以防止温度过高引起碳酸氢铵和碳酸氢钠的分解，C 正确；

D. 由分析可知，静置抽滤所得滤液中主要含有 NH_4Cl 和少量的 NaHCO_3 ，故其离子浓度大小关系为 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+) > c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-)$ ，D 错误；

故答案为：D。

二、选择题：本题共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题意，全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。

11. 下列实验内容的解释正确的是

	实验内容	解释
A	相同温度下，用 pH 传感器测定 SO_2 和 CO_2 饱和溶液的 pH，后者 pH 大	酸性： $\text{H}_2\text{SO}_3 > \text{H}_2\text{CO}_3$
B	向 FeCl_3 溶液中加入过量的 KI 溶液，充分反应后，再滴入几滴 KSCN 溶液，溶液颜色变红	KI 与 的反应为可逆反应
C	向 10mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液中滴入 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ MgCl_2 溶液，产生白色沉淀后，再滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液，又生成红褐色沉淀	在相同温度下的 K_{sp} ： $\text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{Fe}(\text{OH})_3$
D	向含有酚酞的 Na_2CO_3 溶液中滴入 BaCl_2 溶液，观察溶液颜色的变化	证明 Na_2CO_3 溶液中存在水解平衡

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】D

【解析】

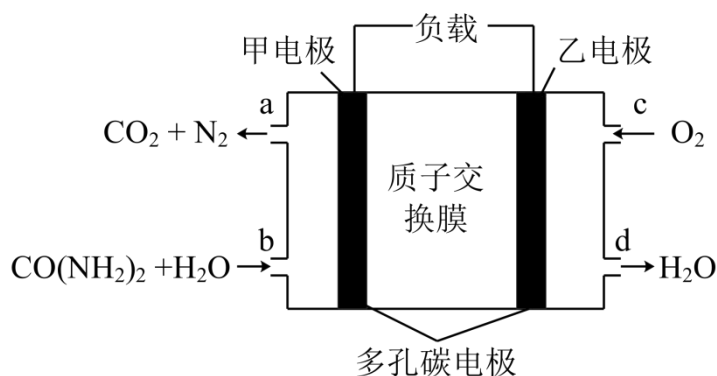
【详解】A. SO_2 和 CO_2 饱和溶液的浓度不同，不能比较酸性强弱，应测定等浓度的饱和溶液比较 H_2SO_3 、 H_2CO_3 的酸性强弱，A 错误；

B. 氯化铁不足，充分反应后，再滴加 KSCN 溶液，溶液最终变为血红色，可知铁离子不能完全转化，则 FeCl_3 溶液与 KI 溶液的反应为可逆反应，B 错误；

C. 氢氧化钠过量，不能证明溶解度大小，如加入足量氯化镁完全生成氢氧化镁沉淀后再加入氯化铁，能生成红褐色沉淀，则可证明，C 错误；

D. 含有酚酞的 Na_2CO_3 溶液，因碳酸根离子水解显碱性溶液变红，加入少量 BaCl_2 固体，水解平衡逆向移动，则溶液颜色变浅，证明 Na_2CO_3 溶液中存在水解平衡，D 正确；

12. 化学家正在研究尿素燃料电池，尿素燃料电池结构如图所示，用这种电池直接去除城市废水中的尿素，下列有关描述正确的是



A. 甲电极为电池的正极

B. 乙电极的电极反应式为: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$

C. 电池工作时氢离子向甲电极移动

D. 电池工作时, 理论上净化 $1\text{mol CO}(\text{NH}_2)_2$ 消耗标准状况下 33.6L O_2 浓度的废水

【答案】BD

【解析】

【分析】由尿素燃料电池结构图所示, 甲电极中氮元素由-3价上升为0价, 失电子发生氧化反应作负极, 电极反应式为 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 - 6\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 \uparrow + \text{N}_2 \uparrow + 6\text{H}^+$, 乙电极得电子价态降低, 作正极发生还原反应, 电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$, 电池总反应为 $2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 负极产生氢离子, 透过质子交换膜移向正极, 两极转移电子数目相等。

【详解】A. 由解析可知, 甲电极为负极, A 错误;

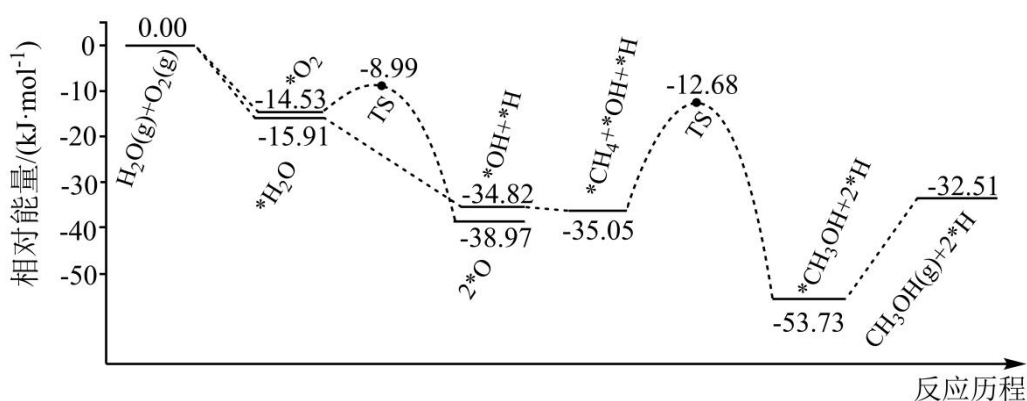
B. 溶液为酸性环境, 故电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$, B 正确;

C. 电池工作时阳离子移向正极, 故氢离子应向乙电极移动, C 错误;

D. 由分析可知, $2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 理论上净化 $1\text{mol CO}(\text{NH}_2)_2$, 消耗氧气 1.5mol , 标准状况下体积为 $1.5\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 33.6\text{L}$, D 正确;

故选 BD。

13. 甲醇是重要的化工原料。科技工作者利用 CH_4 、 O_2 按照一定体积比在催化剂表面合成甲醇的反应, 部分历程如下图所示(吸附在催化剂表面的物种用*标注, TS 代表过渡态, H_2O 的作用是活化催化剂)。下列说法错误的是



A. 在催化剂表面上更容易被吸附的是 O_2

B. $\text{CH}_4(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \Delta H = -32.51\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 该反应过程的决速步为 $*\text{CH}_4 + *\text{OH} + *\text{H} = *\text{CH}_3\text{OH} + 2*\text{H}$

D. 适时将甲醇分离出来, 以空出催化剂活性中心继续使用

【答案】AB

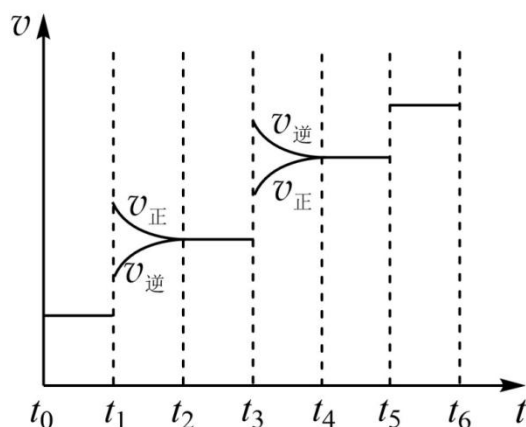
【解析】

【详解】A. 反应开始时 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 和 $\text{O}_2(\text{g})$ 的相对能量都为 0, 与催化剂接触后, $*\text{H}_2\text{O}$ 的相对能量更低, 说明 H_2O 在催化剂表面上更容易被吸附, A 错误;

- B. 该图只显示部分历程, 无法计算反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的焓变, B 错误;
- C. 由图可知, 该历程中正反应最大的活化能的步骤是 $^*\text{CH}_4$ 、 $^*\text{OH}$ 和 $^*\text{H}$ 生成 $^*\text{CH}_3\text{OH}$ 和 2^*H , 则正反应最大活化能 $= -12.68\text{kJ/mol} - (-35.03)\text{kJ/mol} = 22.37\text{kJ/mol}$, 化学方程式为: $^*\text{CH}_4 + ^*\text{OH} = ^*\text{CH}_3\text{OH} + ^*\text{H}$, 活化能越大, 反应速率越慢, 故该反应过程的决速步为 $^*\text{CH}_4 + ^*\text{OH} + ^*\text{H} = ^*\text{CH}_3\text{OH} + 2^*\text{H}$, C 正确;
- D. 由历程图示可知, 甲醇被催化剂活性中心吸附时, 将不能在吸附其他反应物, 故适时将甲醇分离出来, 以空出催化剂活性中心继续使用, D 正确;
- 故答案为: AB。

14. 氢气是合成氨的重要原料, 合成氨反应的热化学方程式为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92.4$

$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 当该反应达到平衡后, 改变某一外界条件(不改变 N_2 、 H_2 和 NH_3 的量), 反应速率随时间的变化关系如图所示, 下列说法正确的是



- A. 图中 t_1 时刻引起平衡移动的条件可能是升高温度
- B. 表示平衡混合物中 NH_3 的含量最高的一段时间是 $t_5 \sim t_6$
- C. 温度为 $T^\circ\text{C}$ 时, 将 $2a \text{ mol H}_2$ 和 $a \text{ mol N}_2$ 充入 0.5 L 密闭容器中, 充分反应后 N_2 的转化率为 50% , 则该温度时反应的平衡常数为 $\frac{16}{a^2}$
- D. 在 $t_2 \sim t_3$ 时间段, 保持容器容积不变, 充入一定量的惰性气体, N_2 的浓度不变

【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】A. 根据图示可知: 在 t_1 时刻 $v_{\text{正}}$ 、 $v_{\text{逆}}$ 都增大, $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$, 化学平衡正向移动。若改变的外界条件是升高温度, 由于该反应的正反应是放热反应, 升高温度, 化学平衡会向吸热的逆向移动, 与实际情况不符合, 改变的条件应该是增大体系的压强, A 错误;

B. 反应在 $t_0 \sim t_1$ 时间段反应处于平衡状态; 在 t_1 时刻平衡正向移动, 到 t_2 时刻处于平衡状态, 故在 $t_2 \sim t_3$ 时间段 NH_3 的含量增大; 在 t_3 时刻后 $v_{\text{逆}} > v_{\text{正}}$, 化学平衡逆向移动, 使 NH_3 的含量降低, 至 t_4 时反应又达到平衡状态, 则 $t_4 \sim t_5$ 时间段 NH_3 的含量比 $t_2 \sim t_3$ 时间段低; 在 t_5 时改变外界条件使正、逆反应速率都增大,

且增大后相同, 因此化学平衡不发生移动, 则 $t_5 \sim t_6$ 时间段与 $t_4 \sim t_5$ 时间段相同, 可见表示平衡混合物中 NH_3 的含量最高的一段时间是 $t_2 \sim t_3$, B 错误;

C. 在温度为 $T^\circ\text{C}$ 时, 将 $2a \text{ mol H}_2$ 和 $a \text{ mol N}_2$ 充入 0.5 L 密闭容器中, 充分反应后 N_2 的转化率为 50% , 则反应的 N_2 是 $0.5a \text{ mol}$, 反应 H_2 的物质的量是 $1.5a \text{ mol}$, 反应产生 NH_3 的物质的量是 $a \text{ mol}$, 平衡时 N_2 有 $0.5a$

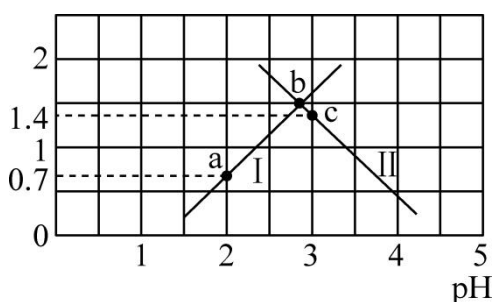
mol , H_2 有 $0.5a \text{ mol}$, NH_3 有 $a \text{ mol}$, 则该温度时反应的平衡常数 $K = \frac{\left(\frac{a}{0.5}\right)^2}{\frac{0.5a}{0.5} \times \left(\frac{0.5a}{0.5}\right)^3} = \frac{4}{a^2}$, C 错误;

D. 在 $t_2 \sim t_3$ 时间段, 保持容器容积不变, 充入一定量的惰性气体, 容器内气体总压强增大, 但反应混合气体中各组分在单位体积的物质的量不变, 即各组成成分的浓度不变, 因此 N_2 的浓度也不变, D 正确;

故合理选项是 D。

15. 草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 是二元弱酸, 常温下, 用 NaOH 溶液滴定草酸溶液, 溶液中 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ 或

$\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ 与混合溶液 pH 关系如图所示。下列说法错误的是



A. 曲线 I 为 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ 随溶液 pH 的变化曲线

B. b 点时, $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

C. 常温下, 草酸的电离常数 $K_{a1} = 10^{-2.7}$, $K_{a2} = 10^{-4.4}$

D. a、b、c 三点, 水的电离程度先增大后减小

【答案】CD

【解析】

【分析】常温下，用氢氧化钠溶液滴定草酸溶液时，根据 K_{a1} 不变，可知溶液中 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ 增大，根据

K_{a2} 不变，可知 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ 减小，由图可知，曲线 I 为 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ 随溶液 pH 的变化曲线，曲线 II 为

$\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ 随溶液 pH 的变化曲线。

【详解】A. 由分析可知，曲线 I 为 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ 随溶液 pH 的变化曲线，故 A 正确；

B. 由图可知，b 点时，溶液中 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}$ ，则溶液中 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ ，故 B

正确；

C. 由图可知，a 点 $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 0.7$ 、pH=2，则 $K_{a1} = \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 10^{0.7} \times 10^{-2} = 10^{-1.3}$ ，c 点

$\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})} = 1.4$ 、pH=3，则 $K_{a2} = \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})c(\text{H}^+)}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = \frac{10^{-3}}{10^{1.4}} = 10^{-4.4}$ ，故 C 错误；

D. 由图可知，a、b、c 三点的氢离子浓度依次减小，抑制水电离的程度依次减小，水的电离程度依次增大，故 D 错误；

故选 CD。

三、根据题意填空、简答：共 5 道题，60 分，答案填写在答题卡上。

16. A、B、C、D、E、F 为 6 种原子序数依次增大的前 36 号元素，其性质或结构信息如下表。

回答下列问题：

元素	性质或结构信息
A	该元素形成的化合物种类最多
B	原子核外 p 轨道电子为半满
C	地壳中元素含量最高的元素
D	前四周期中，轨道未成对电子数最多的元素
E	位于元素周期表第 8 列

(1) A 基态原子中能量最高的电子，其电子云在空间有_____个伸展方向，该原子轨道的形状为_____。

(2) A、B、C 三种元素第一电离能由大到小的顺序为_____ (用元素符号表示)。

- (3) D 基态原子的电子排布式为_____，其电子的空间运动状态有_____种。
- (4) E 元素位于元素周期表中的_____区，其基态原子的成对电子数与未成对电子数之比为_____。

【答案】 (1) ①. 3 ②. 哑铃形

(2) $N > O > C$ (3) ①. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ ②. 15

(4) ①. d ②. 11 : 2

【解析】

【分析】A、B、C、D、E、F 为 6 种原子序数依次增大的前 36 号元素，其中 A 元素形成的化合物种类最多，则 A 为 C 元素；C 是地壳中元素含量最高的元素，则 C 为 O 元素；B 的原子核外 p 轨道电子为半满，且其原子序数介于碳、氧之间，故 B 为 N 元素；D 是前四周期中轨道未成对电子数最多的元素，则其外围电子排布式为 $3d^5 4s^1$ ，故 D 为 Cr；E 的原子序数大于 Cr，位于元素周期表第 8 列，则 E 为 Fe。可知，A 为 C、B 为 N、C 为 O、D 为 Cr、E 为 Fe。

【小问 1 详解】

A 为 C 元素，核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2$ ，基态原子中能量最高的电子处于 2p 能级，其电子云在空间有 3 个伸展方向，该原子轨道的形状为哑铃形。

【小问 2 详解】

同周期主族元素随原子序数增大，第一电离能呈增大趋势，但 N 元素原子 2p 轨道为半充满稳定状态，第一电离能高同周期相邻元素，故元素第一电离能由大到小的顺序为 $N > O > C$ 。

【小问 3 详解】

D 是前四周期中轨道未成对电子数最多的元素，则其外围电子排布式为 $3d^5 4s^1$ ，D 基态原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ ，1s、2s、3s、4s 只有 1 个轨道，2p、3p 均有 3 个轨道，3d 占据 5 个轨道，故电子的空间运动状态有 $1 \times 4 + 3 \times 2 + 5 = 15$ 种。

【小问 4 详解】

E 是 Fe 元素，在元素周期表中的位置第四周期Ⅷ族，位于 d 区，其基态原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ，成对电子数为 22，未成对电子数为 4，成对电子数与未成对电子数之比为 11 : 2。

17. 二氧化氯是一种安全稳定、高效低毒的消毒剂，工业上有多种制备方法。回答下列问题：

法一：亚氯酸钠与氯气反应 $2NaClO_2 + Cl_2 = 2NaCl + 2ClO_2$ ，氯气可通过氯碱工业制得，装置如图 1。

(1) 气体 M 是_____，P 是_____ (填“阳”或“阴”)离子交换膜。

(2) 写出图 1 总反应的化学方程式_____。

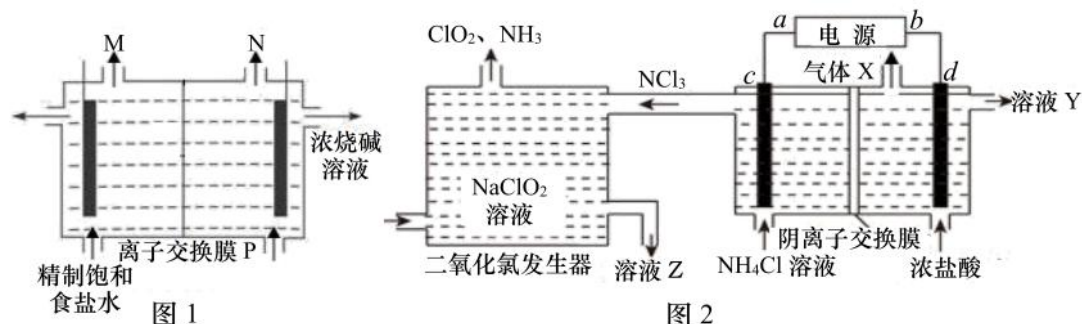


图 2

法二：惰性电极电解氯化铵和盐酸，原理如图 2。

(3) b 为电源的_____极, 气体 X 是_____。

(4) c 的电极反应式为_____。

(5) 已知二氧化氯发生器内, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 6, 写出该反应离子方程式_____。

(6) 当有 0.06mol 阴离子通过离子交换膜时, 产生二氧化氯(STP) 体积为_____ L。

【答案】 (1) ①. Cl₂ ②. 阳

(2) $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$

(3) ①. 负极 ②. H₂

(4) $\text{NH}_4^+ - 6\text{e}^- + 3\text{Cl}^- = \text{NCl}_3 + 4\text{H}^+$

(5) $\text{NCl}_3 + 6\text{ClO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} = 6\text{ClO}_2 \uparrow + \text{NH}_3 \uparrow + 3\text{Cl}^- + 3\text{OH}^-$

(6) 1.344L

【解析】

【小问 1 详解】

右侧有氢氧化钠生成, 说明右侧电极是阴极, 水电离出的氢离子放电, N 是氢气, 左侧电极是阳极, 氯离子放电, 所以气体 M 是氯气, 为防止生成的氯气和氢氧化钠反应, 应该选用阳离子交换膜, 即 P 是阳离子交换膜。

【小问 2 详解】

根据以上分析可知图 1 总反应的化学方程式为 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{NaOH}$ 。

【小问 3 详解】

c 电极上发生失去电子的氧化反应生成 NCl₃, 因此是阳极, 则 a 为电源的正极, b 为电源的负极, 溶液中的氢离子放电, 则气体 X 是氢气。

【小问 4 详解】

c 电极是阳极, 电极反应式为 $\text{NH}_4^+ - 6\text{e}^- + 3\text{Cl}^- = \text{NCl}_3 + 4\text{H}^+$ 。

【小问 5 详解】

已知二氧化氯发生器内, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为 1 : 6, 氧化剂是 NCl₃, 还原剂是亚氯酸钠, 所以该反应离子方程式为 $\text{NCl}_3 + 6\text{ClO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} = 6\text{ClO}_2 \uparrow + \text{NH}_3 \uparrow + 3\text{Cl}^- + 3\text{OH}^-$ 。

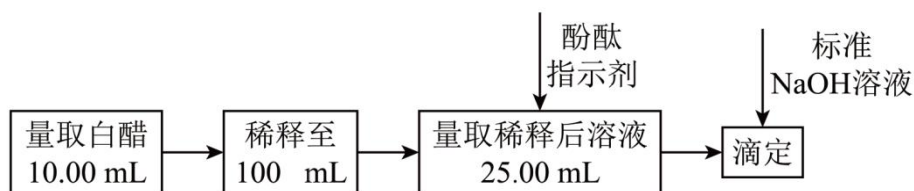
【小问 6 详解】

当有 0.06mol 阴离子通过离子交换膜时, 即有 0.06mol 电子通过, 所以产生 0.01mol NCl₃, 则根据方程式可知产生二氧化氯(STP) 的物质的量是 0.06mol, 体积为 $0.06\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 1.344\text{L}$ 。

18. 酸碱滴定法为重要的定量分析法, 应用广泛。

回答下列问题:

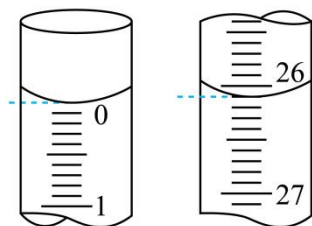
选择酚酞作指示剂, 用标准 NaOH 溶液测定白醋中醋酸的浓度, 以检测白醋是否符合国家标准。测定过程如图所示:



已知：国家标准规定酿造白醋中醋酸含量不得低于 $0.035 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

(1) ①滴定达到终点时的现象是滴入半滴标准 NaOH 溶液后_____。

②某次实验滴定开始和结束时。碱式滴定管中的液面如图所示，则消耗 NaOH 溶液的体积为_____mL。

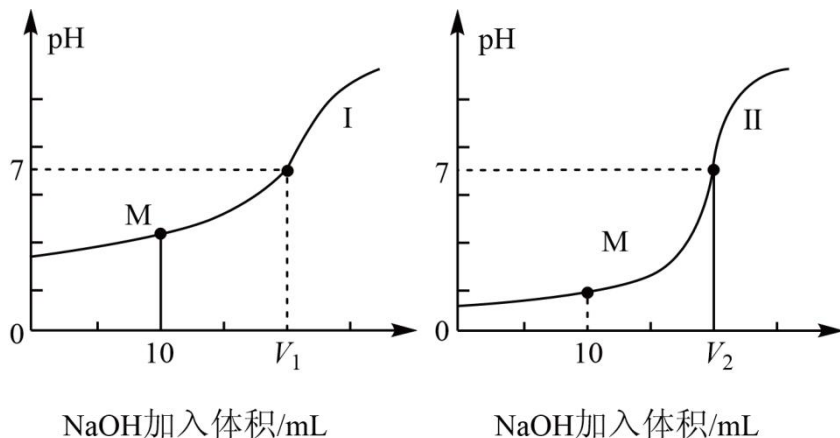


③已知实验所用标准 NaOH 溶液的浓度为 $0.0600 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，根据上述滴定结果可知该白醋_____ (填“符合”或“不符合”)国家标准。

④下列操作中，可能使所测白醋中醋酸的浓度数值偏低的是_____ (填编号)。

- A. 碱式滴定管未用标准 NaOH 溶液润洗就直接注入标准 NaOH 溶液
- B. 滴定前盛放白醋稀溶液的锥形瓶用蒸馏水洗净后没有干燥
- C. 滴定过程中摇动锥形瓶时有液滴溅出
- D. 读取 NaOH 溶液体积时，开始时仰视读数，滴定结束时俯视读数
- E. 碱式滴定管在滴定前有气泡，滴定后气泡消失

(2) 若用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液分别滴定体积均为 20.00 mL 、浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸和醋酸溶液，得到滴定过程中 pH 随加入 NaOH 溶液体积而变化的两条滴定曲线如图所示。



①滴定醋酸的曲线是_____ (填“ I ”或“ II ”)。

② V_1 和 V_2 的关系： V_1 _____ V_2 (填“>”“=”或“<”)。

③若 25°C 时， $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸与 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氢氧化钠溶液等体积混合呈中性，则醋酸的电离常数为_____ (用含 a 的代数式表示)。

【答案】 (1) ①. 溶液由无色恰好变为浅红色, 且在半分钟内不褪色 ②. 26.10 ③. 符合 ④. CD

(2) ①. I ②. < ③. $\frac{10^{-9}}{a-0.01}$

【解析】

【小问 1 详解】

用 NaOH 标准溶液测定白醋中醋酸, 选择酚酞作指示剂, 达到终点时的现象是滴入半滴标准 NaOH 溶液后, 溶液由无色恰好变为浅红色, 且在半分钟内不褪色。实验滴定开始时碱式滴定管中的液面读数为 0.00mL, 结束时读数为 26.10mL, 则消耗 NaOH 溶液的体积为 26.10mL。白醋中醋酸含量 $\frac{0.0600\text{mol/L} \times 26.10 \times 10^{-3}\text{L} \times 4 \times 60\text{g/mol}}{10\text{mL}} \approx 0.038\text{g/mL}$, $0.038\text{g/mL} > 0.035\text{g/mL}$, 可知该白醋符合国家标准。

A. 碱式滴定管未用标准 NaOH 溶液润洗就直接注入标准 NaOH 溶液, NaOH 溶液被稀释, 滴定消耗 NaOH 溶液体积偏大, 测得醋酸的浓度偏高, A 错误;

B. 滴定前盛放白醋稀溶液的锥形瓶用蒸馏水洗净后没有干燥, 消耗 NaOH 溶液的体积不变, 对实验结果无影响, B 错误;

C. 滴定过程中摇动锥形瓶时有液滴溅出, 损失部分醋酸, 消耗 NaOH 溶液体积偏小, 测得醋酸的浓度偏低, C 正确;

D. 读取 NaOH 溶液体积时, 开始时仰视读数, 滴定结束时俯视读数, 消耗 NaOH 溶液体积偏小, 测得醋酸的浓度偏低, D 正确;

E. 碱式滴定管在滴定前有气泡, 滴定后气泡消失, 消耗 NaOH 溶液体积偏大, 测得醋酸的浓度偏高, E 错误;

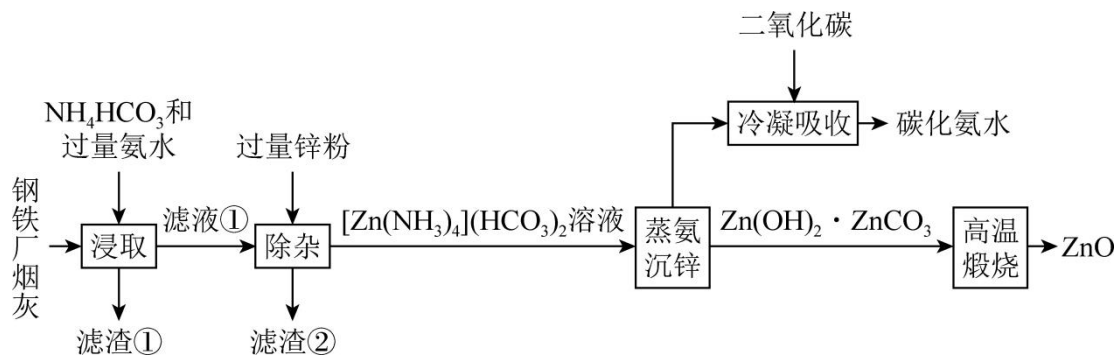
故选 CD。

【小问 2 详解】

醋酸是弱酸, 盐酸是强酸, 相同浓度的盐酸和醋酸, 醋酸的 pH 较大, 则滴定醋酸的曲线是 I。由于盐酸是强酸, 用氢氧化钠滴定, 生成氯化钠为中性, 故 $V_2 = 20\text{mL}$, 醋酸和氢氧化钠反应生成醋酸钠, 溶液呈碱性, 而 $\text{pH} = 7$ 时加入的碱的体积 $V_1 < 20\text{mL}$, 故 $V_1 < V_2$ 。 $a\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸与 0.01mol/L 的氢氧化钠溶液等体积混合, 混合后溶液显中性, 则 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 10^{-7}\text{mol/L}$, 根据电荷守恒 $c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-)$ 可得, $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = c(\text{Na}^+) = 0.005\text{mol/L}$, 根据物料守恒 $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0.5a\text{mol/L} - c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = (0.5a - 0.005)\text{mol/L}$, 则

$$\text{醋酸的电离常数 } K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)c(\text{H}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{0.005 \times 10^{-7}}{0.5a - 0.005} = \frac{10^{-9}}{a - 0.01}。$$

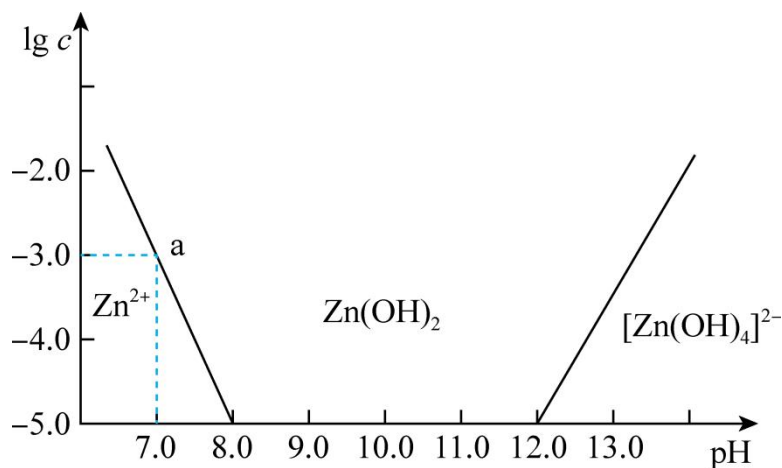
19. 合理利用工厂烟灰, 变废为宝, 对保护环境具有重要意义。以某钢铁厂烟灰(主要成分为 ZnO , 并含少量的 CuO 、 MnO_2 、 Fe_2O_3)为原料制备氧化锌的工艺流程如下:



已知：①“浸取”时， ZnO 转化为可溶性 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 离子， CuO 转化为可溶性 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 离子；②常温下， $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5}$ ， $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.2 \times 10^{-7}$ ， $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \times 10^{-11}$ 。

回答下列问题：

- (1) Mn 在周期表中的位置为_____，其基态原子价层电子轨道表示式为_____。
- (2) NH_4HCO_3 所含元素的电负性由大到小的顺序为_____，“浸取”时加入的 NH_4HCO_3 溶液显_____ (填“酸性”、“碱性”或“中性”)。
- (3) “除杂”加入过量锌粉发生的离子方程式为_____；“冷凝吸收”过程中通入过量 CO_2 ，发生反应的离子方程式为：_____。
- (4) 常温下二价锌在水溶液中的存在形式与 pH 的关系如图，横坐标为溶液的 pH ，纵坐标为 Zn^{2+} 或 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ 物质的量浓度的对数 (假设 Zn^{2+} 离子浓度 $\leq 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时， Zn^{2+} 离子已沉淀完全)。从图中数据计算可得 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 的溶度积 $K_{sp} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，某废液中含 Zn^{2+} 离子，为沉淀 Zn^{2+} 离子可以控制溶液中 pH 值的范围是_____。



【答案】 (1) ①. 第四周期ⅦB族 ②.

↑	↑	↑	↑	↑	↑↓
3d					4s

(2) ①. $\text{O} > \text{N} > \text{C} > \text{H}$ ②. 碱性

(3) ①. $\text{Zn} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = \text{Cu} + [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ②. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$

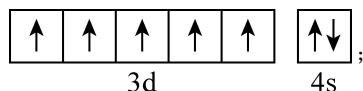
(4) ①. 1.0×10^{-17} ②. $8 < \text{pH} < 12$

【解析】

【分析】首先用 NH_4HCO_3 和氨水浸取烟灰，将锌元素转化为 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 络离子，将 Cu 元素转化为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 络离子， MnO_2 、 Fe_2O_3 不发生反应进入滤渣①中，加入锌粉可以将 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 全部置换出来得到滤渣②中含有 Zn 及 Cu，然后经蒸氨沉锌，使 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4(\text{HCO}_3)_2$ 反应变为 NH_3 和 $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$ ，然后加入碱式碳酸锌与 $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$ 混合，高温煅烧得到氧化锌，据此来解答。

【小问 1 详解】

Mn 是 25 号元素，价电子排布式是 $3d^5 4s^2$ 位于第四周期第 VIIB 族元素；价层电子 $3d^5 4s^2$ 轨道表示式为



【小问 2 详解】

元素吸引电子能力越强，其电负性越大，吸引电子的能力： $\text{O} > \text{N} > \text{C} > \text{H}$ ，则电负性由大到小的顺序是 $\text{O} > \text{N} > \text{C} > \text{H}$ ；由 $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1.8 \times 10^{-5} > K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \times 10^{-11}$ ，根据盐类水解规律，越弱越水解， NH_4^+ 的水解程度小于 CO_3^{2-} 的水解程度，所以 NH_4HCO_3 溶液显碱性；

【小问 3 详解】

根据分析可知，在除杂工序中，加入过量的锌粉，发生置换反应，该反应的离子方程式为：

$\text{Zn} + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = \text{Cu} + [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ，“冷凝吸收”过程中通入过量 CO_2 与 NH_3 反应生成铵根和碳酸氢根离子，发生反应的离子方程式为： $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$ ；

【小问 4 详解】

Zn^{2+} 离子浓度为 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时， Zn^{2+} 离子已沉淀完全，当溶液的 $\text{pH} = 8.0$ 时， $c(\text{Zn}^{2+}) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{OH}^-) = 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $K_{sp} = c(\text{Zn}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 10^{-5} \cdot (10^{-6})^2 = 1 \times 10^{-17}$ ，根据图象知，溶液的 pH 范围为 $8 < \text{pH} < 12$ 时，溶液中锌离子浓度小于 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，可以近似认为锌离子不存在。

20. 氮及其化合物与人们的生活息息相关。回答下列问题：

I. (1) 已知：① CO 的燃烧热 $\Delta H_1 = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

② $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) \Delta H_2 = +183 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

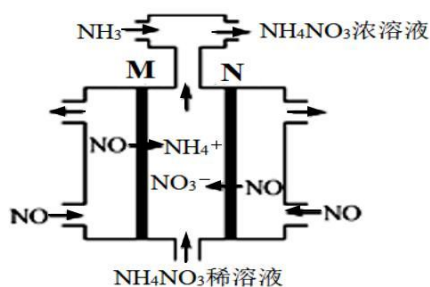
① 写出 NO 和 CO 反应生成无污染性气体的热化学反应方程式_____。

② 一定条件下当 NO 与 CO 的反应达到平衡后，既能提高反应速率又能提高 NO 转化率的措施有_____(填字母序号)。

a. 压缩反应器体积 b. 使用更高效催化剂 c. 升高反应温度 d. 增大 CO 的浓度

(2) 一定条件下在容积为 8L 的密闭容器中充入 10mol CO 和 8mol NO，若反应进行到 20 min 时达到平衡状态，测得平衡体系压强为 8 MPa NO 的体积分数为 25%，则 NO 的转化率 = _____；用 CO_2 浓度变化表示的平均反应速率 $v(\text{CO}_2) =$ _____；该温度下平衡常数 $K_p =$ _____(用平衡分压代替平衡浓度计算，分压 = 总压 × 物质的量分数；保留两位有效数字)。

II. 用电解法可除去硝酸工业产生的尾气 NO，并得到 NH_4NO_3 ，工作原理如下图。



(1) N 极应连接电源的 _____ (填“正极”或“负极”); M 极的电极反应式为 _____。

(2) 理论上通入 NO 与 NH₃ 的最佳物质的量之比为 _____。

【答案】 ①. $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -749 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ②. a d ③. 50% ④. $0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ⑤. 0.11 或 0.11 MPa^{-1} ⑥. 正极 ⑦. $\text{NO} + 5\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ ⑧. 4:1

【解析】

【分析】 I. (1) ①根据盖斯定律求出反应热，写出热化学反应方程式；

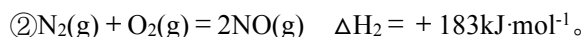
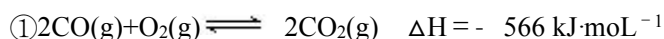
②该反应为气体体积减小的放热反应，增大压强和增大 CO 的浓度都能加快反应速率，且使 NO 的转化率增大；

(2) 根据 NO 的体积分数，列出三行式，求出转化量和平衡量，再依次求出二氧化碳的浓度，用 CO₂ 的浓度变化表示的平均反应速率，结合平衡时总压求出平衡分压代替平衡浓度的平衡常数；

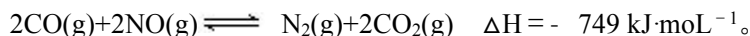
II. (1) N 极是 NO 失去电子转化为硝酸根，氮元素化合价升高，失去电子，为阳极，应连接电源的正极，M 极上 NO 转化为铵根，发生还原反应。

(2) 根据总反应方程式为 $8\text{NO} + 7\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 3\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{HNO}_3$ ，生成的硝酸和反应的 NO 的物质的量之比等于 $2 : 8 = 1 : 4$ ，通入的 NH₃ 的物质的量至少应与生成的硝酸的物质的量相等，据此分析。

【详解】 I. (1) ①已知：CO 的燃烧热 $\Delta H_1 = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，则



根据盖斯定律可知①- ②即得到 NO 和 CO 反应生成无污染性气体的热化学反应方程式为



②a. 压缩反应器体积，压强增大，反应速率加快，平衡向正反应方向进行，转化率增大，a 正确；

b. 使用更高效催化剂不影响平衡，b 错误；

c. 升高温度平衡向逆反应方向进行，转化率降低，c 错误；

d. 增大 CO 的浓度提高反应速率的同时提高 NO 的转化率，d 正确，

因此，本题正确答案为： $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -749 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ； a d；

(2) 若反应进行到 20 min 达到平衡状态，容器的体积为 8L，平衡时 NO 体积分数是 0.25，则根据方程式可知

	$2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$			
起始量 (mol)	10	8	0	0
转化量 (mol)	2x	2x	x	2x
平衡量 (mol)	10- 2x	8- 2x	x	2x

$$\frac{8-2x}{18-x}=0.25, \text{ 解得 } x=2, \text{ 所以此时 NO 的转化率为: } \frac{2 \times 2}{8} \times 100\%=50\%。$$

$$\text{二氧化碳浓度 } \frac{2 \times 2 \text{ mol}}{8 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol/L},$$

$$\text{因此用 CO}_2 \text{ 的浓度变化表示的平均反应速率 } v(\text{CO}_2) = \frac{0.5 \text{ mol/L}}{20 \text{ min}} = 0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1};$$

$$\text{根据上述结论, 带入数据可得该温度下平衡常数 } K_p = \frac{\left(\frac{1}{8} \times 8\right) \left(\frac{1}{4} \times 8\right)^2}{\left(\frac{3}{8} \times 8\right)^2 \left(\frac{1}{4} \times 8\right)^2} = 0.11;$$

因此, 本题正确答案为: 50% ; $0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 0.11 或 0.11 MPa^{-1} ;

II. (1) N 极是 NO 失去电子转化为硝酸根, 氮元素化合价升高, 失去电子, 为阳极, 应连接电源的正极, M 极上 NO 转化为铵根, 电极反应式为 $\text{NO} + 5\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ 。

因此, 本题正确答案为: 正极; $\text{NO} + 5\text{e}^- + 6\text{H}^+ = \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$;

(2) 总反应方程式为 $8\text{NO} + 7\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 3\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{HNO}_3$, 生成的硝酸和反应的 NO 的物质的量之比等于 $2 : 8 = 1 : 4$, 通入的 NH_3 的物质的量至少应与生成的硝酸的物质的量相等, 因此通入 NO 与 NH_3 的最佳物质的量之比为 4:1。

因此, 本题正确答案为: 4:1。

2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (三)

本试卷满分为 100 分, 考试用时 90 分钟。

可能用到的相对原子质量: H1 C12 O16 F19 S32 Cl35.5 Cu64

一、选择题: (本题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。每小题只有一个选项符合题意)。

1. 从科技前沿到日常生活, 化学无处不在。下列说法错误的是

- A. 我国首次在实验室实现了二氧化碳到淀粉的合成, 生物酶催化剂的使用改变了反应历程
- B. 神舟十三号顺利升空时, 火箭尾部喷射的气体呈红棕色是因为部分助燃剂 N_2O_4 转化为 NO_2
- C. 水是 21 世纪最宝贵的资源之一, 明矾与高铁酸钾均可作水处理剂, 两者处理水的原理相同
- D. 2022 年北京冬奥会将采用石墨烯材料制造户外保暖穿戴设备, 石墨烯中碳原子为 sp^2 杂化

【答案】C

【解析】

【详解】A. 催化剂可改变反应历程, 生物酶催化剂的使用可改变二氧化碳到淀粉的合成历程, 故 A 正确;
B. NO_2 是红棕色气体, 助燃剂 N_2O_4 引燃后发生剧烈反应, 转化为 NO_2 , 故 B 正确;
C. 明矾净水是 Al^{3+} 发生水解反应得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体, 可吸附杂质, 而在水处理过程中高铁酸钾被还原为 Fe^{3+} , 高铁酸钾除能消毒、杀菌外, Fe^{3+} 发生水解反应得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 可吸附杂质, 两者原理不同, 故 C 错误;
D. 石墨烯中每个碳原子形成 3 σ 键, 杂化方式为 sp^2 杂化, 故 D 正确;
故选: C。

2. CH_4 、 NH_3 和 N_2H_4 均可作为燃料电池的燃料。下列说法错误的是

- A. CH_4 、 NH_3 和 N_2H_4 中 C、N 杂化方式均相同
- B. CH_4 和 NH_3 的空间结构分别为正四面体形、三角锥形
- C. CH_4 、 NH_3 和 N_2H_4 均为极性分子
- D. 沸点: $\text{N}_2\text{H}_4 > \text{NH}_3 > \text{CH}_4$

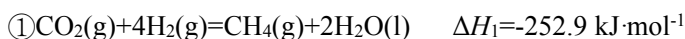
【答案】C

【解析】

【详解】A. CH_4 、 NH_3 和 N_2H_4 中 C、N 价层电子对数都是 4, 所以这三种分子中 C、N 都采用 sp^3 杂化, A 正确;
B. CH_4 中 C 价层电子对数 $= 4 + \frac{4 - 4 \times 1}{2} = 4$ 且不含有孤电子对, NH_3 中 N 价层电子对数为 $3 + \frac{5 - 3 \times 1}{2} = 4$ 且含有 1 个孤电子对, 空间结构分别为正四面体形、三角锥形, B 正确;
C. CH_4 结构对称, 正负电荷中心重合, 为非极性分子, NH_3 为三角锥形, 正负电荷中心不重合, 为极性分子, N_2H_4 , 正负电荷中心重合, 为极性分子, C 错误;
D. N_2H_4 、 NH_3 都能形成分子间氢键, 且形成分子间氢键个数: $\text{N}_2\text{H}_4 > \text{NH}_3$, CH_4 不能形成分子间氢键, 所以沸点: $\text{N}_2\text{H}_4 > \text{NH}_3 > \text{CH}_4$, D 正确;

故选 C。

3. 2021 年 10 月, 神舟十三号载人飞船成功发射。载人飞船中通过如下过程实现 O_2 再生:



下列说法错误的是

A. H_2 的燃烧热 $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. 反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta H < -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 常温下能自发进行

D. 反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 根据②可知 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H_2 = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。燃烧热是 1 mol 可燃物完全燃烧产生稳定的氧化物时放出的热量, H_2O 的稳定状态是液态, 2 mol H_2 完全燃烧产生液态水放出热量是 571.6 kJ, 则 1 mol H_2 完全燃烧产生液态水放出热量是 285.8 kJ, 故 H_2 的燃烧热 $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, A 正确;

B. 反应物的能量相同, 当生成物是气态时含有的能量比液态高, 所以反应放出热量就少, 反应放出热量越少, 则反应热就越大, 所以反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta H > -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, B 错误;

C. 反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的正反应是气体体积减小的放热反应, $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$, 在常温下 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$, 因此在常温下该反应能自发进行, C 正确;

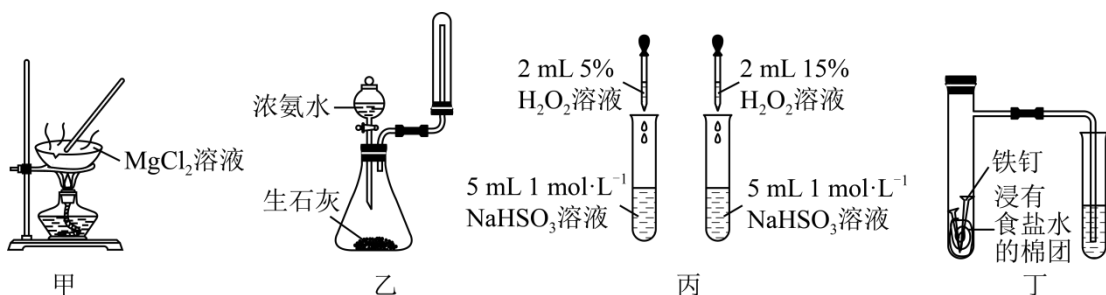
D. 已知① $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H_1 = -252.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



根据盖斯定律, 将 $[\textcircled{1} + \textcircled{2} \times 2] \times (-1)$, 整理可得反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的 $\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, D 正确;

故合理选项是 B。

4. 下列实验装置能达到目的的是



A. 直接蒸干 MgCl_2 溶液获取 MgCl_2 晶体

B. 实验室简易制取少量 NH_3

C. 比较浓度对化学反应速率的影响

D. 验证铁的吸氧腐蚀

【答案】D

【解析】

【详解】A. 氯化镁是强酸弱碱盐，在溶液中发生水解反应生成氢氧化镁和氯化氢，若直接蒸干，氯化氢受热挥发，使水解平衡向正反应方向移动，氯化镁的水解反应趋于完全，得到氢氧化镁，无法得到无水氯化镁，故 A 错误；

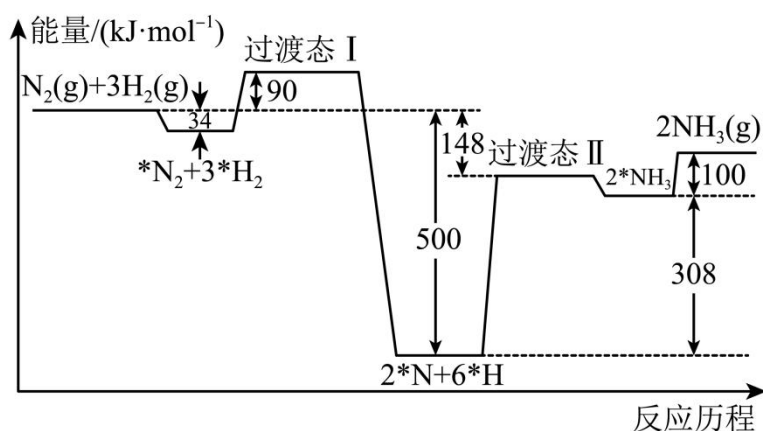
B. 收集氨气的试管没有排气口，无法收集得到氨气，故 B 错误；

C. 过氧化氢溶液与亚硫酸氢钠溶液反应时无明显实验现象，无法比较浓度对化学反应速率的影响，故 C 错误；

D. 铁钉在浸有饱和食盐水的棉花中发生吸氧腐蚀，使试管中气体的物质的量减小，压强减小，导致红墨水会进入导气管中形成水柱，则题给装置能验证铁的吸氧腐蚀，故 D 正确；

故选 D。

5. 合成氨反应的反应历程和能量变化如图所示(*R 表示微粒处于吸附状态)。下列说法错误的是



A. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

B. 决定总反应速率的反应历程为 $*\text{N} + 3*\text{H} = *\text{NH}_3$

C. 升高温度，该反应历程中基元反应的速率均加快

D. 反应历程中的最低能垒(活化能)为 $90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

【答案】D

【解析】

【详解】A. 由图可知， $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ ，能量变化为 $\Delta H = (100 + 308) \text{ kJ/mol} - 500 \text{ kJ/mol} = -92 \text{ kJ/mol}$ ，A 正确；

B. 图中过渡态 II 的活化能最大，活化能越高，反应速率越慢，对总反应速率有决定作用，即对总反应速率影响较大的步骤是 $2*\text{N} + 6*\text{H} = 2*\text{NH}_3$ (或 $*\text{N} + 3*\text{H} = *\text{NH}_3$)，B 正确；

C. 升高温度任何反应的反应速率均加快，故升高温度该反应历程中基元反应的速率均加快，C 正确；

D. 由题干反应历程图可知，反应历程中的最低能垒(活化能)为 $90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-34) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 124 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，D 错误；

故答案为：D。

6. 下列实验操作规范且能达到实验目的的是

	目的	操作
A	测定醋酸钠溶液的 pH	用玻璃棒蘸取溶液，点在湿润的 pH 试纸上
B	排除碱式滴定管尖嘴部分的气泡	将胶管弯曲使玻璃尖嘴斜向上，用两指捏住胶管，轻轻挤压玻璃珠，使溶液从尖嘴流出
C	由 TiCl_4 制备 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	在干燥的 HCl 气流中加热
D	研究催化剂对 H_2O_2 分解速率的影响	分别向两支试管中加入相同体积不同浓度的 H_2O_2 溶液，再向其中一支中加入少量 MnO_2

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】B

【解析】

【详解】A. 测定醋酸溶液 pH 值时不能用湿润的 pH 试纸，会使测定结果偏低，故 A 不符合题意；

B. 排除碱式滴定管尖嘴部分的气泡常用方法是将胶管弯曲使玻璃尖嘴斜向上，用两指捏住胶管，轻轻挤压玻璃珠，使溶液从尖嘴流出，故 B 符合题意；

C. 由 TiCl_4 制备 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 在干燥的 HCl 气流中加热得到 TiCl_4 ，直接加热和足量水得到 $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ，故 C 不符合题意；

D. 研究催化剂对 H_2O_2 分解速率的影响时，两支试管中应加入的是相同体积相同浓度的 H_2O_2 溶液，故 D 不符合题意。

综上所述，答案为 B。

7. X、Y 为同周期主族元素，Y 有 8 种不同运动状态的电子，二者形成的一种化合物固态时以 $[\text{XY}_2]^+[\text{XY}_3]^-$ 的形式存在。下列说法错误的是

A. Y 形成的单质可能是极性分子

B. $[\text{XY}_3]^-$ 中心原子杂化方式为 sp^2

C. $[\text{XY}_2]^+$ 空间结构为直线形

D. X、Y 形成的简单氢化物稳定性： $\text{X} > \text{Y}$

【答案】D

【解析】

【分析】Y 有 8 种不同运动状态的电子，则 Y 为 O，二者形成的一种化合物固态时以 $[\text{XY}_2]^+[\text{XY}_3]^-$ 的形式存在，X、Y 为同周期主族元素，则 X 为 N。下列说法错误的是

【详解】A. Y(O)形成的单质(O_3)是“V”形结构，因此是极性分子，Y(O)形成的单质(O_2)是非极性分子，故 A 正确；

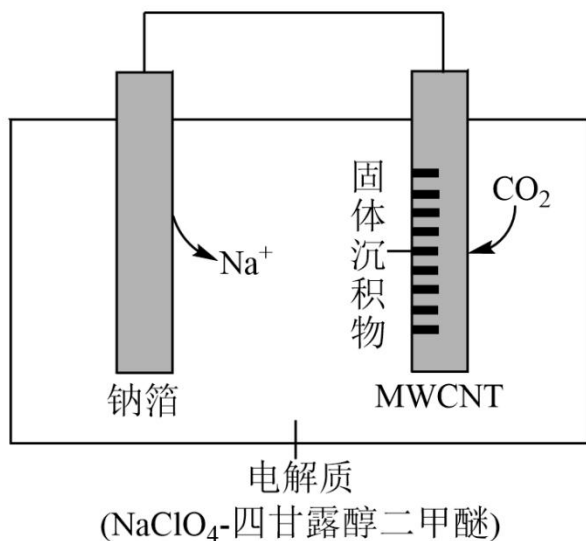
B. $[\text{XY}_3]^-$ 即 NO_3^- 中心原子氮原子价层电子对数为 $3 + \frac{1}{2}(5 + 1 - 2 \times 3) = 3$ ，则杂化方式为 sp^2 ，故 B 正确；

C. $[XY_2]^+$ 即 NO_2^+ 中心原子氮原子价层电子对数为 $2 + \frac{1}{2}(5 - 1 - 2 \times 2) = 2$ ，则空间结构为直线形，故 C 正确；

D. 根据非金属性越强，其简单氢化物的稳定性越强，因此 X、Y 形成的简单氢化物稳定性： $Y(H_2O) > X(NH_3)$ ，故 D 错误。

综上所述，答案为 D。

8. 我国科研人员研制出的可充电“ $Na-CO_2$ ”电池，以钠箔和多壁碳纳米管(MWCNT)为电极材料，总反应为 $4Na + 3CO_2 \xrightleftharpoons[充电]{放电} 2Na_2CO_3 + C$ ，其工作原理如图所示。



已知：生成的 Na_2CO_3 和 C 全部沉积在电极表面。

下列说法正确的是

- A. MWCNT 电极上的电势比钠箔电极上的低
- B. 为增强溶液导电性，电解液可用 Na_2CO_3 溶液
- C. 放电时每消耗 4.6gNa，MWCNT 电极质量增加 6.6g
- D. 充电时阳极反应为 $2Na_2CO_3 + C - 4e^- = 4Na^+ + 3CO_2 \uparrow$

【答案】D

【解析】

【分析】由图可知，钠箔为原电池的负极，钠失去电子发生氧化反应生成钠离子，电极反应式为 $Na - e^- = Na^+$ ，MWCNT 电极为正极，在钠离子作用下，二氧化碳得到电子发生还原反应生成碳酸钠和碳，电极反应式为 $3CO_2 + 4e^- + 4Na^+ = 2Na_2CO_3 + C$ 。

【详解】A. 由分析可知，钠箔为原电池的负极，MWCNT 电极为正极，则 MWCNT 电极上的电势比钠箔电极上的高，故 A 错误；

B. 若电解质为碳酸钠溶液，钠会和水反应，所以电解液不能选用碳酸钠溶液，故 B 错误；

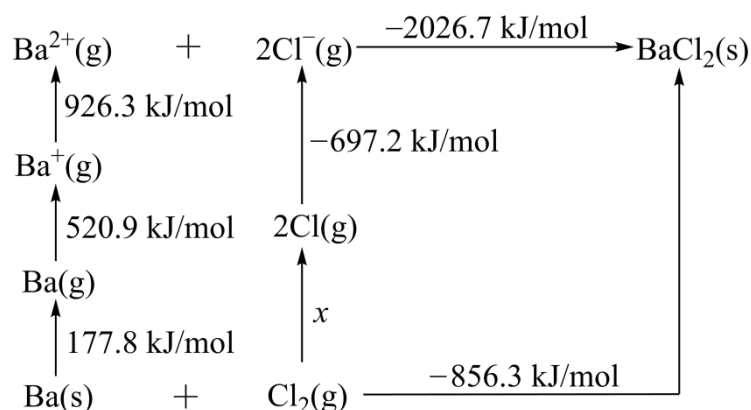
C. 由分析可知, 放电时负极消耗 4.6g 钠转移电子的物质的量为 $\frac{4.6\text{g}}{23\text{g/mol}} \times 1 = 0.2\text{mol}$, 则 MWCNT 电极

增加质量为 $0.2\text{mol} \times \frac{1}{2} \times 106\text{g/mol} + 0.2\text{mol} \times \frac{1}{4} \times 12\text{g/mol} = 11.2\text{g}$, 故 C 错误;

D. 充电时, MWCNT 电极与直流电源正极相连, 为电解池的阳极, 碳在碳酸钠作用下失去电子发生氧化反应生成二氧化碳和钠离子, 电极反应式为 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} - 4\text{e}^- = 3\text{CO}_2 + 4\text{Na}^+$, 故 D 正确;

故选 D。

9. BaCl_2 常用作分析试剂、脱水剂等, 其 Born-Haber 循环如图所示。



已知: 第一电子亲和能是指元素的基态气态原子得到一个电子形成气态负一价离子时所放出的能量。

下列说法错误的是

- A. Ba 的第一电离能为 $520.9\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. Cl-Cl 键能(x)为 $242.6\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. Cl 的第一电子亲和能为 $697.2\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 1mol Ba(s) 转变成 1mol Ba(g) 吸收的能量为 177.8kJ

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由图示可知, Ba(g) 变为 $\text{Ba}^+(\text{g})$ 的能量变化为 520.9kJ/mol , Ba 的第一电离能为 520.9kJ/mol , A 正确;

B. 通过盖斯定律可得下列式子:

$177.8\text{kJ/mol} + 520.9\text{kJ/mol} + 926.3\text{kJ/mol} + x - 697.2\text{kJ/mol} - 2026.7\text{kJ/mol} = -856.3\text{kJ/mol}$, 解得 $x = 242.6\text{kJ/mol}$, B 正确;

C. 由图示可知, Cl 的第一电子亲和能为 $\frac{697.2\text{kJ/mol}}{2} = 348.6\text{kJ/mol}$, C 错误;

D. 由图示可知, 1mol Ba(s) 转变成 1mol Ba(g) 吸收的能量为 177.8kJ , D 正确;

答案选 C。

10. 由下列实验操作及现象能推出相应结论的是

	实验操作	现象	结论
A	加热盛有少量 NH_4HCO_3 固体的试管，并在试管口放置湿润的红色石蕊试纸	石蕊试纸变蓝	NH_4HCO_3 显碱性
B	常温下，分别向 2 mL Na_2CO_3 溶液与 NaHCO_3 溶液中滴加 3 滴酚酞溶液	Na_2CO_3 溶液的颜色较深	CO_3^{2-} 的水解程度较大
C	在 K_2CrO_4 溶液中滴加几滴浓硫酸，并恢复至室温	溶液由黄色变为橙色	pH 减小， CrO_4^{2-} 的平衡转化率增大
D	充有 NO_2 的密封瓶置于冷水中	瓶中气体颜色变浅	$2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ $\Delta H > 0$

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 加热盛有少量 NH_4HCO_3 固体的试管，并在试管口放置湿润的红色石蕊试纸，石蕊试纸变蓝，是生成的氨气与水反应生成一水合氨，一水合氨电离出氢氧根而显碱性，石蕊在碱性条件下变蓝，与碳酸氢铵水解显什么性无关，故 A 不符合题意；

B. Na_2CO_3 溶液与 NaHCO_3 溶液是浓度未知，不能说颜色深就是碳酸根水解程度大，故 B 不符合题意；

C. K_2CrO_4 溶液存在 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ ，加少量浓硫酸，氢离子浓度增大，平衡正向移动， CrO_4^{2-} 转化率增大，但氢离子浓度比原来大，pH 减小，故 C 符合题意；

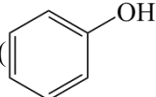
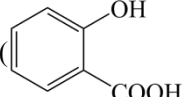
D. 充有 NO_2 的密封瓶置于冷水中，瓶中气体颜色变浅，说明平衡向生成四氧化二氮的方向移动，即降低温度，生成四氧化二氮的方向是放热反应即 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ ，故 D 不符合题意。

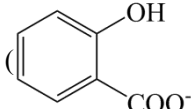
综上所述，答案为 C。

二、选择题：本题共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题意，全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。

11. 物质的组成与结构决定了物质的性质与变化，结构化学是化学研究的重要领域。下列说法正确的是

A. 由于氢键的作用， H_2O 的稳定性强于 H_2S

B. 已知苯酚()具有弱酸性，其 $K_a = 1.1 \times 10^{-10}$ ；水杨酸()第一级电离形成的离子

()能形成分子内氢键，据此判断，相同温度下电离平衡常数 $K_{a2}(\text{水杨酸}) < K_a(\text{苯酚})$

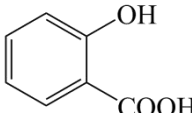
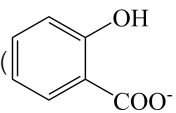
C. O_3 的几何构型为 V 型, 其中心原子的杂化形式为 sp^3 杂化

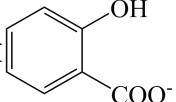
D. 在基态 ^{14}C 原子中, 核外存在 2 对自旋相反的电子, 其核外电子有 4 种运动状态

【答案】B

【解析】

【详解】A. 氢键与物质的稳定性无关, H_2O 的稳定性强于 H_2S , 是因为 H-O 比 H-S 键牢固, 故 A 错误;

B. 根据题意, 水杨酸 () 第一级电离形成的离子 () 能形成分子内氢键, 分

子内氢键的形成会使该微粒中酚羟基上的氢离子更难电离出 H^+ , 导致  的酸性比苯酚的酸性弱,

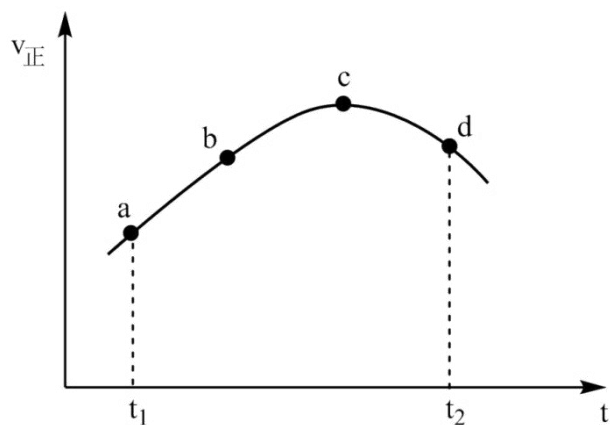
因此相同温度下电离平衡常数 $K_{a2}(\text{水杨酸}) < K_a(\text{苯酚})$, 故 B 正确;

C. O_3 的中心 O 原子的价层电子对数 $= 2 + \frac{1}{2}(6 - 2 \times 2) = 3$, 且含有一个孤电子对, 根据价层电子对互斥理论判断其中心原子的杂化形式为 sp^2 杂化, O_3 的几何构型为 V 型, 故 C 错误;

D. 在基态 ^{14}C 原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2$, 根据洪特规则, 2p 能级上的两个电子分别占据一个空轨道, 且自旋方向相同, 则核外存在 2 对自旋相反的电子, 其核外电子有 6 种运动状态, 故 D 错误;

故选 B。

12. 向绝热恒容密闭容器中通入 SO_2 和 NO_2 , 一定条件下发生反应 $SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + NO(g)$, 正反应速率随时间的变化如图所示。下列说法正确的是



A. 反应在 c 点达到平衡状态

B. 反应物浓度: a 点小于 b 点

C. 反应物的总能量高于生成物的总能量

D. $t_1 \sim t_2$ 时间段, $v_{\text{逆}}$ 一直增大

【答案】CD

【解析】

【分析】随着反应的进行，反应物浓度减小，如果其它条件不变时，反应物浓度减小会导致正反应速率减小，但该图中随着反应进行，正反应速率增大，说明正反应为放热反应，且从 a 点到 c 点反应速率主要受温度影响；c 点后正反应速率减小，说明此点后反应速率主要受浓度影响。

【详解】A. 当正反应速率不变时，达到化学平衡状态。由图可知：c 点正反应速率开始减少，所以 c 点不是平衡点，A 错误；

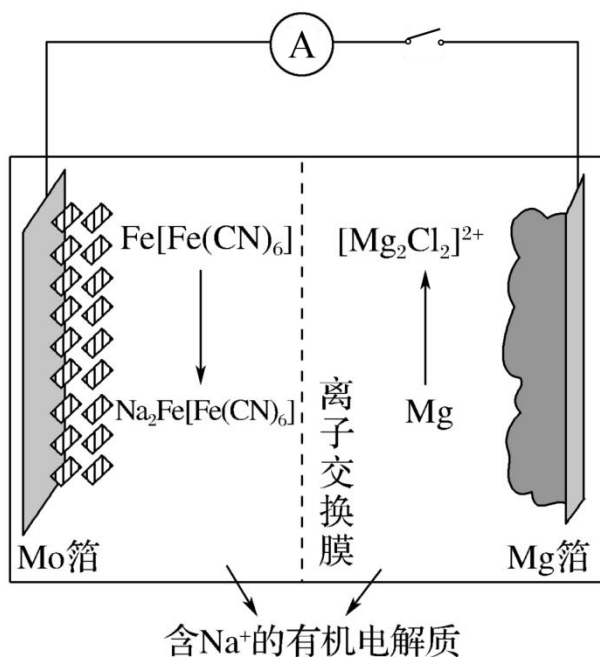
B. 反应向正反应方向进行，随着反应的进行，反应物浓度逐渐降低，所以反应物浓度 a 点大于 b 点，B 错误；

C. 该反应从正反应方向开始，随着反应的进行，反应物浓度逐渐减小会导致正反应速率逐渐减小，但根据图象可知随着反应的进行，正反应速率逐渐增大，说明该反应是放热反应，因此反应物总能量大于生成物总能量，C 正确；

D. 根据图象可知：从 a-c 段，化学反应速率主要受温度影响，温度升高，正反应速率增大，逆反应速率也增大，同时由于更多的反应物变为生成物，因此逆反应速率也逐渐增大，故从 a-c 点的时间段， $v_{\text{逆}}$ 一直增大，D 正确；

故合理选项是 CD。

13. 一种新型可充电钠离子电池的工作原理如图所示。下列说法正确的是



A. 放电时，Mo 箔为正极

B. 充电时， Na^+ 通过交换膜从右室移向左室

C. 放电时，外电路中通过 0.1mol 电子时，左室中生成 $0.1\text{mol Na}_2\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

D. 充电时，阴极反应为 $2\text{Mg} - 4\text{e}^- + 2\text{Cl}^- = [\text{Mg}_2\text{Cl}_2]^{2+}$

【答案】A

【解析】

【分析】由放电工作原理图，Mo 箔电极上 $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 发生得电子的还原反应生成 $\text{Na}_2\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，电极反应式为 $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- = \text{Na}_2\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，Mg 箔上 Mg 发生失电子的氧化反应生成 $[\text{Mg}_2\text{Cl}_2]^{2+}$ ，电极反应式为 $2\text{Mg} + 2\text{Cl}^- - 4\text{e}^- = [\text{Mg}_2\text{Cl}_2]^{2+}$ ，则 Mg 箔作负极，Mo 箔作正极，放电时阳离子移向正极 Mo 箔；充电时，原电池的负极连接电源的负极，作阴极，原电池的正极连接电源的正极，作阳极，电极反应和放电时的相反，据此分析解答。

【详解】A. 放电时为原电池，Mg 箔为负极，故 A 正确；

B. 放电时， Na^+ 由右室移向左室，而充电时， Na^+ 通过交换膜移向阴极，即从左室移向右室，故 B 错误；

D. 据分析可知，放电时，转移电子数与 $\text{Na}_2\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 的生成量为 2:1，所以外电路中通过 0.1mol 电子时，左室中生成 0.05 mol $\text{Na}_2\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，故 D 错误；

故答案选 A。

【点睛】本题考查原电池与电解池知识，侧重考查学生的分析能力，注意把握原电池、电解池的工作原理，根据电池总反应书写电极反应式此为解答该题的关键，难度不大。

14. 常温常压下，有关下列各溶液的描述中正确的是

A. 等浓度的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液和 NH_4Cl 溶液， NH_4^+ 的水解程度一样

B. 一定浓度的氨水加水稀释， $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 的比值和 $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{OH}^-)}$ 的比值均增大

C. 浓度均为 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 混合溶液中： $c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{HCO}_3^-)$ ，且

$$2c(\text{Na}^+) = 3[c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$$

D. $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸钠溶液 10mL 与 $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶液 5mL 混合后溶液显酸性，溶液中微粒的浓度关系为： $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{CH}_3\text{COOH}) > c(\text{H}^+)$

【答案】CD

【解析】

【详解】A. 等浓度的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液和 NH_4Cl 溶液，后者铵根离子浓度小，水解程度大， NH_4^+ 的水解程度不一样，故 A 错误；

B. 一定浓度的氨水加水稀释的过程中， $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{K_b}{c(\text{OH}^-)}$ ，温度不变， K_b 不变，氢氧根离子浓

度减小， $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 的比值增大，铵根离子浓度减小的幅度比氢氧根离子大， $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{OH}^-)}$ 的比值变小，

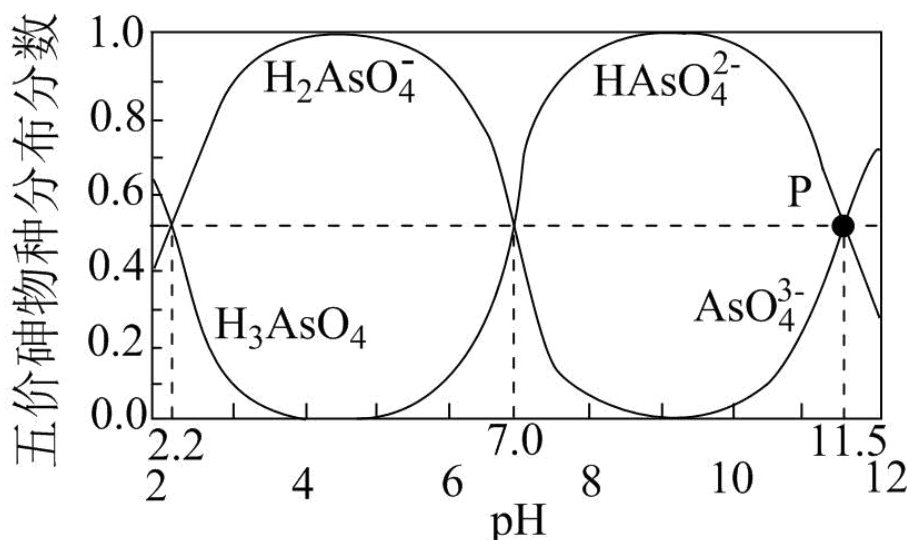
故 B 错误；

C. 浓度均为 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 混合溶液中：碳酸根离子的水解程度比碳酸氢根离子大，

$c(\text{CO}_3^{2-}) < c(\text{HCO}_3^-)$ ，又根据物料守恒， $2c(\text{Na}^+) = 3[c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3)]$ ，故 C 正确；

D. $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸钠溶液 10 mL 与 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶液 5 mL 混合后溶液显酸性, 溶液相当于等物质的量的醋酸钠、醋酸、氯化钠的混合溶液, 醋酸的电离大于醋酸钠的水解, 氯离子不水解, $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{CH}_3\text{COOH})$, 则溶液中有关微粒的浓度关系为: $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Cl}^-) > c(\text{CH}_3\text{COOH}) > c(\text{H}^+)$, 故 D 正确; 故选 CD。

15. 向一定浓度的 H_3AsO_4 水溶液中滴加 NaOH 溶液, 含砷的各物种分布系数(平衡时某物种的浓度占各物种浓度之和的分数)与 pH 的关系如图所示。下列说法正确的是



- A. $\frac{K_2}{K_1} < \frac{K_3}{K_2}$
- B. NaH_2AsO_4 溶液中: $c(\text{HAsO}_4^{2-}) = c(\text{H}_3\text{AsO}_4)$
- C. P 点: $\text{pH} = -\frac{\lg K_2 + \lg K_3}{2}$
- D. Na_2HAsO_4 溶液中: $c(\text{H}_2\text{AsO}_4^-) + 2c(\text{H}_3\text{AsO}_4) > c(\text{AsO}_4^{3-})$

【答案】AD

【解析】

【详解】A. 根据图象可知, $K_{a1} = 1.0 \times 10^{-2.2}$, $K_{a2} = 1.0 \times 10^{-7}$, $K_{a3} = 1.0 \times 10^{-11.5}$, $\frac{K_2}{K_1} = \frac{1.0 \times 10^{-7}}{1.0 \times 10^{-2.2}} = 1.0 \times 10^{-4.8}$,

$\frac{K_3}{K_2} = \frac{1.0 \times 10^{-11.5}}{1.0 \times 10^{-7}} = 1.0 \times 10^{-4.5}$, 因此有 $\frac{K_2}{K_1} < \frac{K_3}{K_2}$, 故 A 正确;

B. 根据图象可知, NaH_2AsO_4 溶液显酸性, H_2AsO_4^- 电离大于水解, 因此有 $c(\text{HAsO}_4^{2-}) > c(\text{H}_3\text{AsO}_4)$, 故 B 错误;

C. $\lg K_3 + \lg K_2 = \lg [K_3 \cdot K_2] = \lg \left[\frac{c(\text{HAsO}_4^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{AsO}_4^-)} \times \frac{c(\text{AsO}_4^{3-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HAsO}_4^{2-})} \right] = \lg \frac{c(\text{AsO}_4^{3-}) \cdot c^2(\text{H}^+)}{c(\text{H}_2\text{AsO}_4^-)}$, P 点时

$\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg K_3$, 故 C 错误;

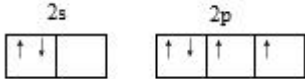
D. 根据质子守恒得出 $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{AsO}_4^-) + 2c(\text{H}_3\text{AsO}_4) = c(\text{AsO}_4^{3-}) + c(\text{OH}^-)$, 根据图象可知, Na_2HAsO_4 溶液显碱性, 水解大于电离, $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$, 因此有 $c(\text{H}_2\text{AsO}_4^-) + 2c(\text{H}_3\text{AsO}_4) > c(\text{AsO}_4^{3-})$, 故 D 正确;

答案为 AD。

三、非选择题: 本题共 5 小题, 共 60 分。

16. 磷酸亚铁锂(LiFePO_4)和锰酸锂(LiMn_2O_4)均可用作锂离子电池正极材料。回答下列问题:

- (1) 在周期表中, 与 Li 化学性质最相似的邻族元素是_____ , 基态 O 原子的价电子轨道表示式为_____。基态 P 原子电子占据最高能级的电子云轮廓图为_____形。
- (2) 原子核外电子有两种相反的自旋状态, 分别用 $+\frac{1}{2}$ 和 $-\frac{1}{2}$ 表示, 称为电子的自旋磁量子数。基态 Mn 原子的价电子自旋磁量子数的代数和为_____。
- (3) PO_4^{3-} 的空间结构为_____形, 其中心原子的杂化轨道类型为_____。
- (4) PH_3 和 NH_3 相比, _____更易液化, 原因是_____。
- (5) Fe 元素位于周期表的_____区。已知: $I_3(\text{Mn}) = 3248 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $I_3(\text{Fe}) = 2957 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。Mn 的第三电离能大于 Fe 的第三电离能, 其主要原因是_____。

【答案】 (1) ①. 镁(或 Mg) ②.  ③. 哑铃(纺锤)

(2) $+\frac{5}{2}$ (或 $-\frac{5}{2}$)

(3) ①. 正四面体 ②. sp^3

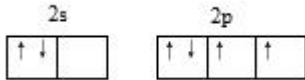
(4) ①. NH_3 ②. NH_3 分子间存在氢键, 使分子间作用力增强

(5) ①. d ②. Mn^{2+} 的价电子排布是 3d^5 , 为半满稳定状态, 较难失电子

【解析】

【小问 1 详解】

根据元素周期表对角线规则, 相邻主族元素之间, 左上与右下相邻周期的两种元素化学性质最相似, 所以与 Li 元素化学性质最相似的应是第三周期第 IIA 族 Mg 元素, 所以本问第一空应填 “Mg”; O 元素位于元

素周期表第二周期第 VIA 族, 所以本问第二空应填 “ ”; P 元素位于元素周期

表第三周期第 VA 族, 最外层电子所在最高能级是 3p 能级, 该能级原子轨道电子云轮廓为哑铃形, 所以本问第三空应填 “哑铃”;

【小问 2 详解】

Mn 元素位于第四周期 VIIB 族, 其价电子层电子排布式为 $3\text{d}^5 4\text{s}^2$, 只有 3d 能级上有半满的原子轨道, 五个轨道中电子自旋方向相同, 所以价电子自旋磁量子数代数和应为 $5 \times (+\frac{1}{2})$ 或者 $5 \times (-\frac{1}{2})$, 所以本问第二空应

填 “ $+\frac{5}{2}$ (或 $-\frac{5}{2})$ ”;

【小问 3 详解】

PO_4^{3-} 中 P 原子有四条 δ 键, 孤电子对数为 $\frac{1}{2}(5-4 \times 2+3)=0$, 所以其价层电子对数为 4, 孤电子对数为 0, 离子的空间结构为四面体形, 所以本问第一空应填“正四面体”; 根据价层电子对数为 4 可以判断, P 原子的杂化轨道类型为 sp^3 , 所以本问第二空应填“ sp^3 ”;

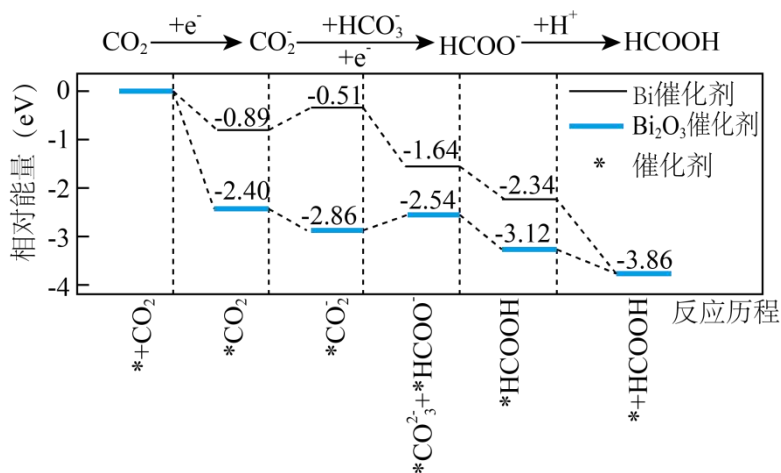
【小问 4 详解】

NH_3 分子间可以形成氢键, 使得分子的熔沸点均高于其同族下一周期元素的氢化物的熔沸点, 故更易液化, 所以本问第一空应填“ NH_3 ”, 第二空应填“ NH_3 分子间存在氢键, 使分子间作用力增强”;

【小问 5 详解】

第 VIII 族元素均处于元素周期表的 d 区, 所以本问第一空应填“d”; Mn^{2+} 的价电子层电子排布式为 3d^5 , Fe^{2+} 的价电子层电子排布式为 3d^6 , Mn^{2+} 的原子轨道处于内层全满, 3d 层半满, 4s 层全空的能量相对最低状态, 更难失去电子, 所以本问第二空应填“ Mn^{2+} 的价电子排布是 3d^5 , 为半满稳定状态, 较难失电子”。

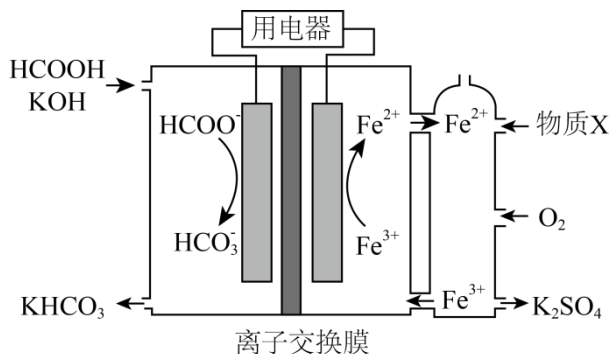
17. 甲酸(HCOOH)常用于橡胶、医药等工业。铋基催化剂对 CO_2 电化学还原制取 HCOOH 具有高效的选择性。其反应历程与能量变化如图所示。



(1) 制取 HCOOH 催化效果较好的催化剂为_____。

(2) 不同催化剂下, 该历程的最大能垒(活化能)为_____eV; 由 $^*\text{CO}_2^-$ 生成 $^*\text{HCOO}^-$ 的反应为_____。

(3) HCOOH 燃料电池的工作原理如图所示。



①该离子交换膜为_____ (填“阳”或“阴”)离子交换膜。

②电池负极反应式为_____。

③当电路转移 0.2 mol 电子时，理论上消耗标准状况下 O₂ 的体积为_____L，需补充物质 X 的化学式为_____。

【答案】 (1) Bi₂O₃

(2) ①. 0.38 eV ②. $^*\text{CO}_2 + \text{HCO}_3^- + \text{e}^- = ^*\text{HCOO}^- + ^*\text{CO}_3^{2-}$

(3) ①. 阳离子交换膜 ②. $\text{HCOO}^- - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ ③. 1.12 ④. H₂SO₄

【解析】

【小问 1 详解】

根据能量变化图可知，Bi₂O₃ 催化条件下应过程活化能最低，因此使用 Bi₂O₃ 催化效果较好；

【小问 2 详解】

由图示可知在不同催化剂下，该历程的最大能垒(活化能)为 $E_a = -0.51\text{eV} - (-0.89\text{eV}) = 0.38\text{eV}$ ；

根据反应能量图可知由 $^*\text{CO}_2$ 生成 $^*\text{HCOO}^-$ 的反应为： $^*\text{CO}_2 + \text{HCO}_3^- + \text{e}^- = ^*\text{HCOO}^- + ^*\text{CO}_3^{2-}$ ；

【小问 3 详解】

①根据图示可知：在该燃料电池中 HCOO⁻ 失去电子发生氧化反应产生 HCO₃⁻，正极上通入 O₂，要使右侧区域产生 K₂SO₄，则 K⁺ 要通过离子交换膜进入右侧区域，故该离子交换膜为阳离子交换膜；

②负极上 HCOO⁻ 失去电子被氧化为 HCO₃⁻，所以负极的电极反应式为： $\text{HCOO}^- - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ ；

③在电解质储罐中 O₂ 将 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺，反应式为： $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ = 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，所以应该补充酸溶液，由于右侧装置反应产生物质是 K₂SO₄，所以 A 为 H₂SO₄。由于每 1 mol O₂ 发生反应转化 4 mol 电子，所以当电

路中转移 0.2 mol 电子时，反应消耗 O₂ 的物质的量 $n(\text{O}_2) = \frac{0.2\text{mol}}{4} = 0.05\text{mol}$ ，故理论上消耗标准状况下 O₂

的体积 $V(\text{O}_2) = 0.05\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 1.12\text{L}$ 。

18. 乙酸、碳酸、次氯酸、亚磷酸(H₃PO₃)在生产、生活及医药方面有广泛用途。

I. 已知 25℃ 时，部分物质的电离常数如下表所示。

弱酸	CH ₃ COOH	H ₂ CO ₃	HClO
电离常数	1.8×10^{-5}	$K_1 = 4.4 \times 10^{-7}$ $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$	3.0×10^{-8}

(1) 根据表中数据，将 pH=3 的下列三种酸溶液分别稀释 100 倍，pH 变化最小的是_____ (填标号)。

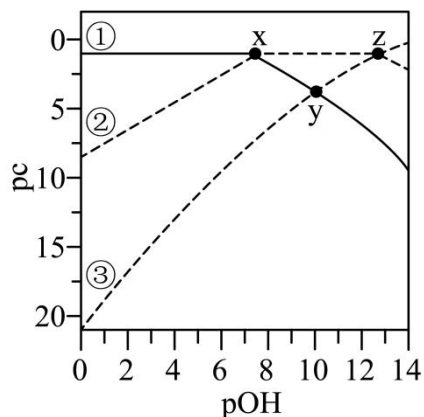
a. CH₃COOH b. H₂CO₃ c. HClO

(2) 常温下相同浓度的下列溶液：①CH₃COONH₄ ②CH₃COONa ③CH₃COOH，其中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 由大到小的顺序是_____ (填标号)。

(3) 常温下，pH=10 的 CH₃COONa 溶液中，由水电离出来的 $c(\text{OH}^-) = \underline{\hspace{2cm}} \text{mol/L}$ ；请设计实验，比较常温下 0.1 mol/L CH₃COONa 溶液的水解程度和 0.1 mol/L CH₃COOH 溶液的电离程度大小：

_____ (简述实验步骤和结论)。

II. 常温下, 已知溶液中含磷微粒的浓度之和为 0.1 mol/L , 溶液中各含磷微粒的 pc-pOH 关系如图所示。



已知: $\text{pc} = -\lg c$, $\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-)$; x、z 两点的坐标为 $x(7.3, 1.3)$ 、 $z(12.6, 1.3)$ 。

(4) H_3PO_3 与足量的 NaOH 溶液反应的离子方程式为_____。

(5) 表示 $\text{pc}(\text{H}_2\text{PO}_3^-)$ 随 pOH 变化的曲线是_____。(填“①”、“②”或“③”)。

(6) 常温下, NaH_2PO_3 溶液中的 $c(\text{HPO}_3^{2-})$ _____ $c(\text{H}_3\text{PO}_3)$ (填“<”、“>”或“=”)。

【答案】 (1) c (2) ②①③

(3) ①. 10^{-4} ②. 将等浓度的 CH_3COONa 、 CH_3COOH 两种溶液等体积混合, 然后用 pH 测定溶液 pH 。若溶液 $\text{pH} < 7$, 说明 CH_3COOH 电离作用大于 CH_3COO^- 的水解作用; 若溶液 $\text{pH} > 7$, 说明 CH_3COOH 电离作用小于 CH_3COO^- 的水解作用;

(4) $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{OH}^- = \text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

(5) ② (6) <

【解析】

【小问 1 详解】

酸的电离平衡常数越大, 等浓度时该酸电离程度就越大。根据表格数据可知电离平衡常数: $K(\text{CH}_3\text{COOH}) > K(\text{H}_2\text{CO}_3) > K(\text{HClO})$, 所以 $\text{pH}=3$ 的三种溶液的浓度: $c(\text{HClO}) > c(\text{H}_2\text{CO}_3) > c(\text{CH}_3\text{COOH})$, 当将溶液稀释 100 倍后, 弱酸电离产生 H^+ , 使溶液中 $c(\text{H}^+)$ 有所增加, 因此稀释 100 倍后溶液中 $c(\text{H}^+)$: $\text{HClO} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{CH}_3\text{COOH}$, 故溶液中 pH 变化最小的是 HClO , 故合理选项是 c;

【小问 2 详解】

常温下相同浓度的溶液: ① $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 、② CH_3COONa 、③ CH_3COOH , ①②是盐是强电解质, 完全电离, 而③是弱酸, 只有很少部分发生电离, 所以③ CH_3COOH 中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 最小; 在② CH_3COONa 中只有 CH_3COO^- 部分水解, 而在① $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 中 CH_3COO^- 、 NH_4^+ 双水解, 水解彼此促进, 使 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 比② CH_3COONa 溶液中少, 因此三种溶液中 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ 由大到小的顺序是: ②①③;

【小问 3 详解】

常温下, $\text{pH}=10$ 的 CH_3COONa 溶液中, $c(\text{H}^+) = 10^{-10} \text{ mol/L}$, 则溶液中 $c(\text{OH}^-) = 10^{-4} \text{ mol/L}$, 溶液中的 OH^- 完全由水电离产生, 所以由水电离出来的 $c(\text{OH}^-) = 10^{-4} \text{ mol/L}$;

【小问 4 详解】

要比较常温下 0.1 mol/L CH_3COONa 溶液的水解程度和 0.1 mol/L CH_3COOH 溶液的电离程度大小, 可将两种溶液等体积混合, 得到等浓度 CH_3COONa 、 CH_3COOH 的混合溶液, 然后用 pH 试纸测定溶液的 pH, 根据 pH 大小进行判断。由于溶液中同时存在 CH_3COOH 电离作用和 CH_3COO^- 的水解作用, 若溶液 $\text{pH} < 7$, 说明 CH_3COOH 电离作用大于 CH_3COO^- 的水解作用, 若溶液 $\text{pH} > 7$, 说明 CH_3COOH 电离作用小于 CH_3COO^- 的水解作用;

【小问 5 详解】

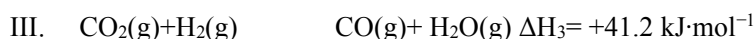
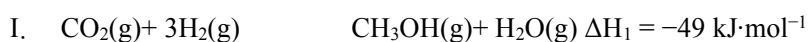
图示有三条曲线说明 H_3PO_3 是二元弱酸, 所以 H_3PO_3 与足量 NaOH 溶液反应产生 Na_2HPO_3 、 H_2O , 反应的离子方程式为: $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{OH}^- = \text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$;

【小问 6 详解】

图示三条曲线中①表示 $\text{pc}(\text{HPO}_3^{2-})$ 、 $\text{pc}(\text{H}_2\text{PO}_3^-)$ 、 $\text{pc}(\text{H}_3\text{PO}_3)$ 随 pOH 变化曲线, 所以表示 $\text{pc}(\text{H}_2\text{PO}_3^-)$ 随 pOH 变化的曲线是②;

在常温下 NaHPO_3 溶液中存在 H_2PO_3^- 电离产生 HPO_3^{2-} 和 H^+ , 使溶液显酸性; 也存在 H_2PO_3^- 水解产生 H_3PO_3 和 OH^- , 使溶液显碱性。由于①表示 $\text{pc}(\text{HPO}_3^{2-})$, ③表示 $\text{pc}(\text{H}_3\text{PO}_3)$, 根据图示可知: 在 y 点 $c(\text{HPO}_3^{2-}) = c(\text{H}_3\text{PO}_3)$ 时, 溶液 $\text{pH} = 10 > 7$, 溶液显碱性, 所以水解作用大于其电离作用, 因此在常温下 NaHPO_3 溶液中 $c(\text{HPO}_3^{2-}) < c(\text{H}_3\text{PO}_3)$ 。

19. 利用 CO_2 合成二甲醚有助于实现“碳中和”。 CO_2 加氢合成二甲醚涉及的主要反应如下:



回答下列问题:

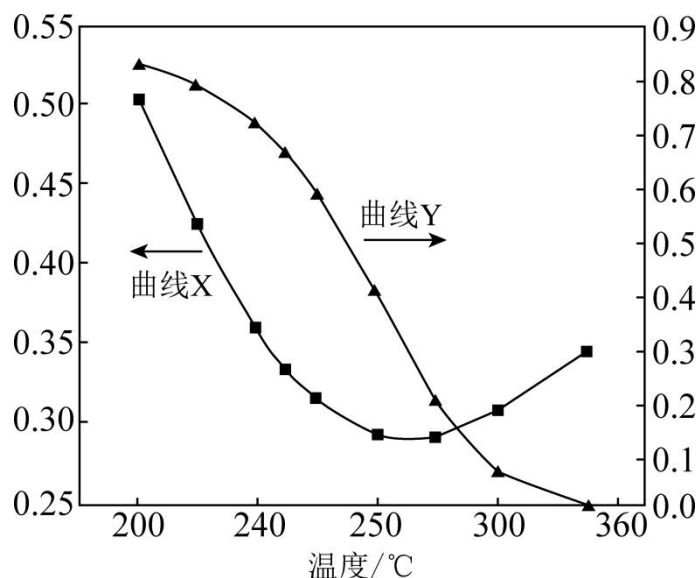
(1) 反应 $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的 $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 一定条件下, 向恒容密闭容器中充入 2 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$, 发生反应: $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 达平衡时, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 转化率为 50%。若反应前容器中含有 0.5 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 则 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的平衡转化率为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 理论计算表明, 在 260°C 和适当催化剂条件下, 向恒容密闭容器中充入 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 3 mol $\text{H}_2(\text{g})$, 初始压强为 $p \text{ kPa}$, 发生上述反应, 10 min 时达平衡, 生成 0.05 mol $\text{CO}(\text{g})$ 和 0.3 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 容器中压强为 $\frac{9}{10} p \text{ kPa}$ 。若反应速率用单位时间内气体分压变化表示, 则 0~10 min 内

$v(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kPa} \cdot \text{min}^{-1}$; K_x 是以物质的量分数表示的平衡常数, 反应 I 平衡常数 $K_x = \underline{\hspace{2cm}}$ (列出计算式即可)。

(4) 起始投料比 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO}_2) = 4$, 压强为 3.0 MPa 的条件下发生上述反应, CO_2 平衡转化率和平衡时二甲醚的选择性随温度的变化如图所示。



已知：二甲醚选择性= $\frac{2n(\text{CH}_3\text{OCH}_3)}{\text{参加反应的}n(\text{CO}_2)}$ 表示平衡时 CH_3OCH_3 选择性的曲线是 _____ (填“X”或“Y”)

“Y”); 温度高于 300°C 时, 曲线 X 的纵坐标随温度升高而增大的原因是_____。

(5) 为同时提高 CO_2 的平衡转化率和平衡时 CH_3OCH_3 的选择性, 应选择反应条件为_____ (填标号)。

- A. 低温、低压
B. 低温、高压
C. 高温、低压
D. 高温、高压

【答案】 (1) -90.2

$$(2) \quad 40\% \qquad (3) \quad \textcircled{1}. 0.00125p \qquad \textcircled{2}. \frac{\frac{0.3}{3.6} \times \frac{0.1}{3.6}}{\frac{0.75}{3.6} \times \left(\frac{2.35}{3.6}\right)^3}$$

(4) ①. Y ②. 温度高于 300℃ 时以反应 III 为主, 反应 III 为吸热反应, 温度升高, 平衡正向移动, CO₂ 转化率增大 (5) B

【解析】

【小问 1 详解】

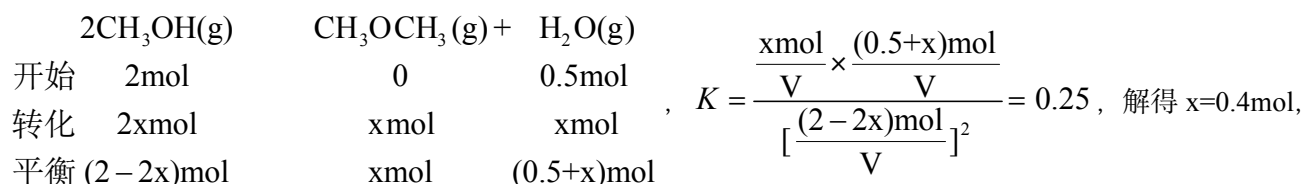
将反应 I 减去反应 III 得到反应 $\text{CO(g)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$ 的 $\Delta H = -49 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - (+41.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) = -90.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ；故答案为：-90.2。

【小问 2 详解】

一定条件下，向恒容密闭容器中充入 2 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ ，发生反应： $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

达平衡时， $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 转化率为 50%，则此时生成 0.5 mol CH_3OCH_3 和 0.5 mol H_2O ，平衡常数为

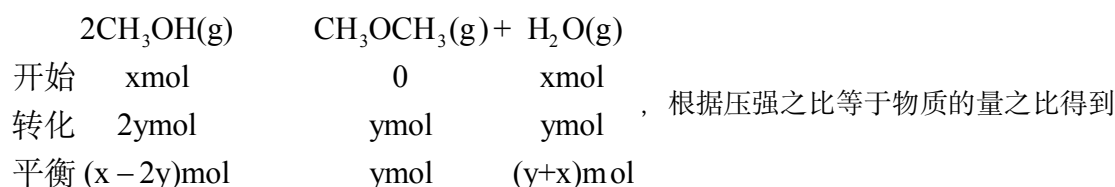
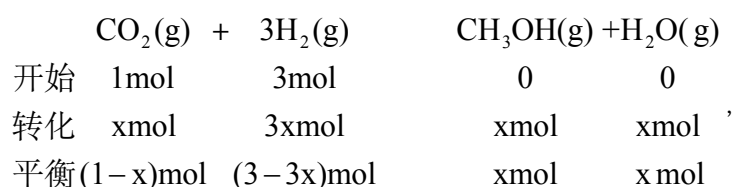
$$K = \frac{\frac{0.5\text{mol}}{V} \times \frac{0.5\text{mol}}{V}}{\left(\frac{1\text{mol}}{V}\right)^2} = 0.25, \text{ 若反应前容器中含有 } 0.5\text{molH}_2\text{O(g)}, \text{ 建立三段式}$$



则 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 的平衡转化率为 $\frac{2 \times 0.4\text{mol}}{2\text{mol}} \times 100\% = 40\%$ ；故答案为：40%。

【小问 3 详解】

理论计算表明，在 260°C 和适当催化剂条件下，向恒容密闭容器中充入 $1\text{mol CO}_2(\text{g})$ 和 $3\text{mol H}_2(\text{g})$ ，初始压强为 $p\text{ kPa}$ ，发生上述反应， 10 min 时达平衡，生成 $0.05\text{ mol CO}(\text{g})$ 和 $0.3\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$ ，容器中压强为 $\frac{9}{10}p\text{ kPa}$ 。发生反应 III 消耗 0.05mol CO_2 和 0.05mol H_2 ，生成 $0.05\text{mol H}_2\text{O}(\text{g})$ ，建立三段式



$$\frac{(1-x-0.05)\text{mol} + (3-3x-0.05)\text{mol} + (x-2y)\text{mol} + y\text{mol} + (y+x+0.05)\text{mol}}{4\text{mol}} = \frac{9}{10} \frac{p\text{kPa}}{p\text{kPa}},$$

$y+x=0.3\text{mol}-0.05\text{mol}=0.25\text{mol}$ ，解得 $x=0.2$ ， $y=0.05$ ，若反应速率用单位时间内气体分压变化表示，则 $0\sim 10\text{ min}$

内 $v(\text{CH}_3\text{OCH}_3) = \frac{0.9\text{pkPa} \times \frac{0.05\text{mol}}{3.6\text{mol}}}{10\text{min}} = 0.00125\text{pkPa} \cdot \text{min}^{-1}$ K_x 是以物质的量分数表示的平衡常数，反

应 I 平衡常数 $K_x = \frac{\frac{0.3}{3.6} \times \frac{0.1}{3.6}}{\frac{0.75}{3.6} \times \left(\frac{2.35}{3.6}\right)^3}$ ；故答案为：0.00125 p； $\frac{\frac{0.3}{3.6} \times \frac{0.1}{3.6}}{\frac{0.75}{3.6} \times \left(\frac{2.35}{3.6}\right)^3}$ 。

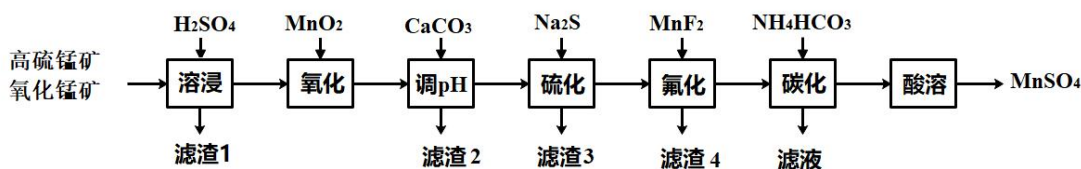
【小问 4 详解】

反应 I 和反应 II 都是放热反应，升高温度，平衡逆向移动，生成 CH_3OCH_3 物质的量减小，即 CH_3OCH_3 选择性下降，因此 CH_3OCH_3 选择性的曲线是 Y；温度低于 300°C 时以反应 I 和反应 II 为主，反应 I 和反应 II 为放热反应，温度升高，平衡逆向移动， CO_2 转化率降低，当温度高于 300°C 时以反应 III 为主，反应 III 为吸热反应，温度升高，平衡正向移动， CO_2 转化率增大；故答案为：Y；温度高于 300°C 时以反应 III 为主，反应 III 为吸热反应，温度升高，平衡正向移动， CO_2 转化率增大。

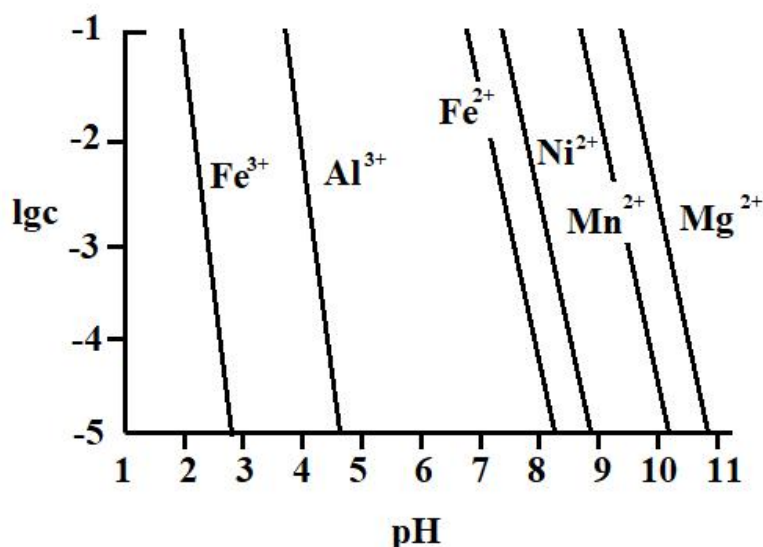
【小问 5 详解】

反应 I 是体积减小的放热反应，反应 II 是体积不变的放热反应，要同时提高 CO_2 的平衡转化率和平衡时 CH_3OCH_3 的选择性，加压，有利于反应 I 平衡正向移动，高温，反应 I 和反应 II 平衡逆向移动，因此应选择反应条件为高压、低温；故答案为：B。

20. 工业上以高硫锰矿与氧化锰矿(还含 Si、Fe、Al、Mg、Ni 等元素)为原料制备硫酸锰的工艺流程如下图所示：



已知：①部分金属离子形成氢氧化物沉淀时离子的平衡浓度与 pH 的关系如图所示：



②部分物质的 K_{sp} 如下表：

物质	MnS	FeS	NiS	MgF_2	CaF_2
K_{sp}	$1 \times 10^{-9.6}$	$1 \times 10^{-17.2}$	$1 \times 10^{-24.0}$	$1 \times 10^{-10.2}$	$1 \times 10^{-8.2}$

③当溶液中某离子浓度 $c \leq 1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，可认为该离子沉淀完全。

回答下列问题：

- 滤渣 1 的主要成分为 S 和 _____，“氧化”步骤发生反应的离子方程式为 _____。
- “调 pH”前检验滤液中是否含 Fe^{2+} 所用的试剂是 _____，滤渣 2 的主要成分为 _____(填化学式)。
- 已知在“硫化”条件下，溶液中 $c(\text{S}^{2-})$ 和 pH 的关系为 $\text{pH} = \frac{1}{2} \lg c(\text{S}^{2-}) + 10.5$ 。为使杂质离子沉淀完全，应控制溶液的 pH 不小于 _____。
- “氟化”时，若使溶液中的 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 沉淀完全，需维持 $c(\text{F}^-)$ 不低于 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。若溶液酸度过高， Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 沉淀不完全，原因是 _____。反应 $\text{MgF}_2(\text{s}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaF}_2(\text{s}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ 的平衡常数为 _____。

(5) “碳化”过程中发生反应的离子方程式为_____。

【答案】 (1) ①. SiO_2 或硅酸盐 ②. $2\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+}$

(2) ①. 铁氰化钾(或高锰酸钾) ②. $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 CaSO_4

(3) 1 (4) ①. $1 \times 10^{-1.6}$ (或 2.5×10^{-2}) ②. 酸度过高, F^- 与 H^+ 结合形成弱电解质 HF , MgF_2 、 CaF_2 的溶解平衡向右移动 ③. 0.01

(5) $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

【解析】

【分析】高硫锰矿与氧化锰矿(还含 Si、Fe、Al、Mg、Ni 等元素)加入硫酸反应生成硫酸锰, 硫酸亚铁、硫酸铝、硫酸镁、硫酸镍及硫单质和二氧化硅或硅酸盐等, 过滤, 滤液加入二氧化锰氧化亚铁离子, 再加入碳酸钙调节溶液 pH 除掉铁、铝元素, 过滤, 向滤液中加入硫化钠除掉镍元素, 过滤, 向滤液中加氟化锰沉淀镁、钙元素, 过滤, 向滤液中加入碳酸氢铵沉淀锰元素, 过滤, 向滤渣中加入硫酸酸浸得到硫酸锰。

【小问 1 详解】

根据前面分析 Si 主要是二氧化硅和硅酸盐存在, 二氧化硅不与硫酸反应, 硅酸盐一般不与硫酸反应, 因此滤渣 1 的主要成分为 S 和 SiO_2 或硅酸盐, “氧化”步骤主要是亚铁离子被二氧化锰氧化生成锰离子、铁离子及水, 发生反应的离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+}$; 故答案为: SiO_2 或硅酸盐; $2\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} + 2\text{Fe}^{3+}$ 。

【小问 2 详解】

亚铁离子具有还原性, 能被酸性高锰酸钾氧化而使溶液褪色, 或利用铁氰化钾与亚铁离子反应生成沉淀来检验, 因此“调 pH”前检验滤液中是否含 Fe^{2+} 所用的试剂是铁氰化钾(或高锰酸钾), 调节 pH 值用碳酸钙主要除掉铁、铝元素, 自身生成硫酸钙, 因此滤渣 2 的主要成分为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 CaSO_4 ; 故答案为: 铁氰化钾(或高锰酸钾); $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 CaSO_4 。

【小问 3 详解】

已知在“硫化”条件下, 溶液中 $c(\text{S}^{2-})$ 和 pH 的关系为 $\text{pH} = \frac{1}{2} \lg c(\text{S}^{2-}) + 10.5$ 。为使杂质离子沉淀完全, 根据 $K_{\text{sp}}[\text{NiS}] = c(\text{Ni}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-}) = 1 \times 10^{-5} \times c(\text{S}^{2-}) = 1 \times 10^{-24.0}$, 得到 $c(\text{S}^{2-}) = 1 \times 10^{-19} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{pH} = \frac{1}{2} \lg 10^{-19} + 10.5 = 1$, 即应控制溶液的 pH 不小于 1; 故答案为: 1。

【小问 4 详解】

“氟化”时, 若使溶液中的 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 沉淀完全,

$K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{F}^-) = 1 \times 10^{-5} \times c^2(\text{F}^-) = 1 \times 10^{-8.2}$, 解得 $c(\text{F}^-) = 1 \times 10^{-1.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 因此需维持 $c(\text{F}^-)$ 不低于 $1 \times 10^{-1.6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。若溶液酸度过高, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 沉淀不完全, 原因是酸度过高, F^- 与 H^+ 结合形成弱电解质 HF , MgF_2 、 CaF_2 的溶解平衡向右移动。反应 $\text{MgF}_2(\text{s}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaF}_2(\text{s}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ 的平衡常

数 $K = \frac{c(\text{Mg}^{2+})}{c(\text{Ca}^{2+})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{MgF}_2)}{K_{\text{sp}}(\text{CaF}_2)} = \frac{1 \times 10^{-10.2}}{1 \times 10^{-8.2}} = 0.01$; 故答案为: $1 \times 10^{-1.6}$ (或 2.5×10^{-2}); 酸度过高, F^- 与 H^+

结合形成弱电解质 HF , MgF_2 、 CaF_2 的溶解平衡向右移动; 0.01。

【小问 5 详解】

“碳化”过程是锰离子和碳酸氢根反应生成碳酸锰、二氧化碳和水，其发生反应的离子方程式 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ ；故答案为： $\text{Mn}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{MnCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ 。

2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (四)

高二化学试题

一、选择题：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1. 化学与生产、生活息息相关。下列说法正确的是

- A. 明矾水解时产生具有吸附性的胶体粒子，可作漂白剂
- B. 在铁制品上镀铜时，铁制品与电源负极相连，该电极发生氧化反应
- C. 在去除锅炉水垢中的 CaSO_4 时，通常先用碳酸钠溶液浸泡，再用酸去除
- D. 用氯气和氢氧化钠制取消毒液，运用了盐类水解的原理

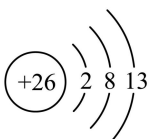
【答案】C

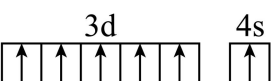
【解析】

【详解】A. 明矾水解时产生具有吸附性的胶体粒子，可作净水剂，故 A 错误；
B. 在铁制品上镀铜时，铁制品与电源负极相连，做阴极，该电极发生还原反应，故 B 错误；
C. 在去除锅炉水垢中的 CaSO_4 时，通常先用碳酸钠溶液浸泡，再用酸去除，故 C 正确；
D. 用氯气和氢氧化钠制取消毒液，是利用了氯气在碱性条件下能发生歧化反应，与盐类水解的原理无关，故 D 错误；
故选 C。

2. 下列化学用语表达错误的是

A. S_2Cl_2 的结构式： $\text{Cl}-\text{S}-\text{S}-\text{Cl}$

B. Fe^{3+} 的结构示意图：

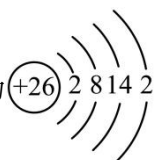
C. 基态 Cr 原子的价层电子轨道表示式：

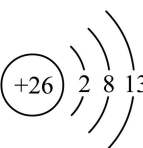
D. N 原子核外电子有 7 种空间运动状态

【答案】D


【解析】

【详解】A. S_2Cl_2 中 S 与 Cl 形成共价键，S 与 S 形成共价键，满足最外层 8 电子稳定结构，则 S_2Cl_2 的结构式： $\text{Cl}-\text{S}-\text{S}-\text{Cl}$ ，故 A 正确；

B. Fe 的原子结构示意图为  Fe^{3+} 为 Fe 失去最外层 2 个电子以及次外层的 1 个电子所得, 则 Fe^{3+}

的结构示意图: , 故 B 正确;

C. Cr 原子核外有 24 个电子, 所以价电子排布式为: $3d^5 4s^1$, 则基态 Cr 原子的价层电子轨道表示式:

, 故 C 正确;

D. N 原子核外电子排布式为: $1s^2 2s^2 2p^3$, 有 $1+1+3=5$ 种空间运动状态, 故 D 错误;

故选 D。

3. 常温下, 浓度均为 0.1 mol/L 的下列四种溶液: ① NaHSO_4 溶液; ② CH_3COONa 溶液; ③ Na_2CO_3 溶液; ④ NaHCO_3 溶液, 水的电离程度由大到小的顺序为

A. ③④②① B. ①②③④ C. ④③②① D. ①③④②

【答案】A

【解析】

【分析】酸性越弱, 其酸根离子水解程度越大, 对应的盐溶液的 pH 越大, 水的电离程度就越大。

【详解】易水解的盐能促进水的电离, 水解程度越大, 对水的电离的促进程度越大, 水的电离程度越大。

① NaHSO_4 是强酸的酸式盐, 在溶液中盐电离产生 H^+ , 使水溶液中 $c(\text{H}^+)$ 增大, 抑制水的电离, 水电离程度最小; 对于弱酸, 由于酸性: $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HCO}_3^-$, 所以根据盐的水解规律可知: 水解程度: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{CH}_3\text{COONa}$, 所以等浓度的溶液中水的电离程度: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{CH}_3\text{COONa} > \text{NaHSO}_4$, 则四种溶液中, 水的电离程度③ > ④ > ② > ①, 故合理选项是 A。

4. 有关周期表和周期律的说法正确的是

A. 周期表 p 区所有元素, 电子最后填入的能级均为 p 能级
B. 第二周期元素, 电离能介于 B 和 N 之间的元素有 1 种
C. 周期表第 14 列元素形成化合物种类最多
D. 同一周期, 第 II A 族元素电负性大于第 III A 族元素

【答案】C

【解析】

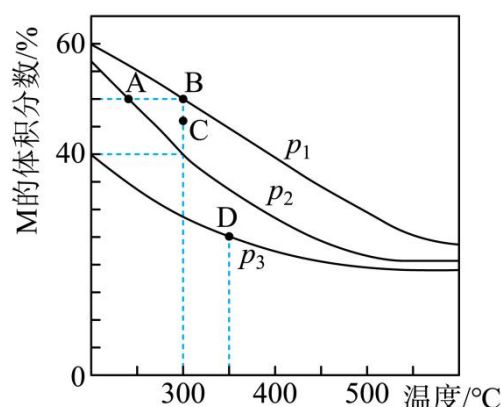
【详解】A. He 是第一周期 0 族元素, 属于周期表 p 区元素, 核外电子排布式为 $1s^2$, A 错误;

B. 同周期自左至右第一电离能呈增大趋势, 但 Be 和 N 原子第一电离能高于相邻元素, 则第二周期元素中电离能介于 B 和 N 之间的元素有 Be、C、O, 共 3 种, B 错误;

C. 周期表第 14 列为 IV A, 所含碳元素形成化合物种类最多, C 正确;

D. 同周期主族元素从左向右电负性逐渐增强, 同一周期, 第 II A 族元素电负性小于第 III A 族元素, D 错误; 答案选 C。

7. 在密闭容器中充入 1molX 和 1molY, 发生反应: $X(g) + Y(g) \rightleftharpoons 2M(g) + N(?)$, 测得平衡混合物中 M 的体积分数在不同压强下随温度的变化情况如图所示。下列说法错误的是



- A. 在该反应条件下 N 为气体
- B. 温度为 300°C、压强为 p_1 条件下, X 的平衡转化率为 50%
- C. A、B、D 三点平衡常数, $K(A) = K(B) > K(D)$
- D. 温度为 300°C、压强为 p_1 条件下, C 点 $v(\text{正}) > v(\text{逆})$

【答案】BC

【解析】

【详解】A. 若 N 不是气体, 则该反应前后气体物质的量不变, 改变压强平衡不移动, M 的体积分数不变, 与图像不符合, 故在该反应条件下 N 为气体, 故 A 正确;

B. 温度为 300°C、压强为 p_1 条件下, M 的体积分数为 50%, 设 X 的转化量为 $x\text{mol}$, 则平衡时各物质的量为 $n(X) = n(Y) = (1-x)\text{mol}$, $n(M) = 2x\text{mol}$, $n(N) = x\text{mol}$, 则可得 $\frac{2x}{2(1-x)+2x+x} \times 100\% = 50\%$, 解得 $x = \frac{2}{3}$, 故

X 的平衡转化率为 $\frac{\frac{2}{3}}{1} \times 100\% = 66.6\%$, 故 B 错误;

C. 由图像可知, 升高温度, M 的体积分数减小, 说明升温平衡逆向移动, 平衡常数减小, 且平衡常数只与温度有关, 温度相同, 平衡常数相同, 故 A、B、D 三点平衡常数, $K(A) > K(B) > K(D)$, 故 C 错误;

D. 温度为 300°C、压强为 p_1 条件下, C 点未达到平衡状态, 该条件下平衡时刻 M 的体积分数应对应 B 点, C 点 M 的体积分数比 B 点 M 的体积分数小, 故反应正在向正反应方向进行, 故 $v(\text{正}) > v(\text{逆})$, 故 D 正确; 故选 BC。

8. 已知 H_2 的燃烧热为 $285.8\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, CH_4 的燃烧热为 $890.3\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则下列说法正确的是

- A. $2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(g) \quad \Delta H = -571.6\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. $CO_2(g) + 4H_2(g) = CH_4(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H = -252.9\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. 等质量的 H_2 和 CH_4 完全燃烧, CH_4 放出的热量多
- D. $2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(l)$ 在任何温度下均能自发进行

【答案】B

【解析】

【分析】 H_2 的燃烧热为 $285.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -285.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， CH_4 的燃烧热为 $890.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，据此分析解题。

【详解】A. 燃烧热化学方程式中水的状态是液态，故 A 错误；

B. 据分析可知，① $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -285.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ；

② $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ； $4\times①-②$ 得

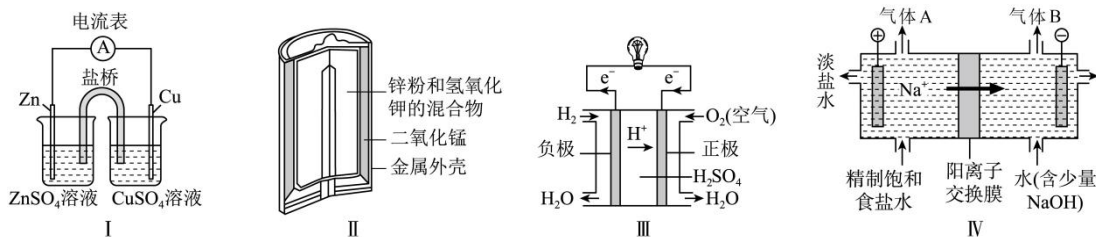
$\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -252.9\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，故 B 正确；

C. 已知 H_2 的燃烧热为 $285.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， CH_4 的燃烧热为 $890.3\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，等质量 H_2 和 CH_4 ， H_2 的物质的量是 CH_4 的 8 倍，所以 H_2 放出的热量多，故 C 错误；

D. 常温常压下，氢气和氧气不能自发进行反应，故 D 错误；

故答案选 B。

9. 有关下列四个电化学装置的叙述，正确的是



A. 图 I 装置，电子流向： $\text{Zn} \rightarrow \text{导线} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{CuSO}_4 \text{溶液} \rightarrow \text{盐桥} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \text{溶液} \rightarrow \text{Zn}$

B. 图 II 装置， MnO_2 做催化剂

C. 图 III 装置，正极反应式： $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{OH}^-$

D. 图 IV 装置，气体 A 是 Cl_2

【答案】D

【解析】

【详解】A. 图 I 为铜锌原电池，Zn、 ZnSO_4 溶液为负极，Cu、 CuSO_4 溶液为正极，电子流向是从负极流向正极，又因为电子不进入溶液，故电子流向为： $\text{Zn} \rightarrow \text{导线} \rightarrow \text{Cu}$ ，选项 A 错误；

B. 图 II 为碱性锌锰电池，其总反应为 $\text{Zn} + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnOOH} + \text{Zn}(\text{OH})_2$ ，故 MnO_2 是作为电池正极参与反应，选项 B 错误；

C. 图 III 为氢氧燃料电池，在酸性条件下，电池正极反应式： $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ ，选项 C 错误；

D. 图Ⅳ为氯碱工业的原电池反应，阳离子(Na^+)从负极流向正极，故左侧电极为负极，右侧电极为正极，则负极反应式为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$ ，正极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ ，所以气体 A 是 Cl_2 ，选项 D 正确；答案选 D。

10. 已知： $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ ，某小组利用 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液与酸性 KMnO_4 溶液反应来探究“浓度、温度对化学反应速率的影响”，设计了如下实验：

编号	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液		KMnO_4 溶液		蒸馏水	温度/ $^{\circ}\text{C}$
	浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	体积/mL	浓度/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	体积/mL	体积/mL	
①	0.50	6.0	a	4.0	0	25
②	0.50	3.0	a	4.0	b	25
③	0.50	6.0	a	4.0	0	50

下列说法正确的是

- A. $b = 4.0$
 B. 实验中通过溶液褪色所用时间来判断反应快慢，则 a 的最大取值为 0.15
 C. 可以通过实验②③的对比，探究温度对速率的影响
 D. 实验中 KMnO_4 溶液，可以用盐酸酸化

【答案】B

【解析】

【分析】①②中所用 KMnO_4 溶液的浓度和体积相同、反应温度相同， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液体积不同，则探究 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 浓度对化学反应速率的影响，①③中只有反应温度不同，则探究温度对化学反应速率的影响。

【详解】A. 据分析，实验中所用混合溶液总体积为 10.0mL，则 $b = 3.0$ ，A 错误；

B. 实验中需要通过溶液褪色所用时间来判断反应快慢，则高锰酸钾不能过量，由②中数据结合 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 可知， KMnO_4 溶液的浓度的最大取值为
$$= \frac{2}{5} \times \frac{0.50\text{mol/L} \times 3.0\text{mL}}{4.0\text{mL}} = 0.15\text{mol/L}$$
，即 a 最大取值为 0.15，B 正确；

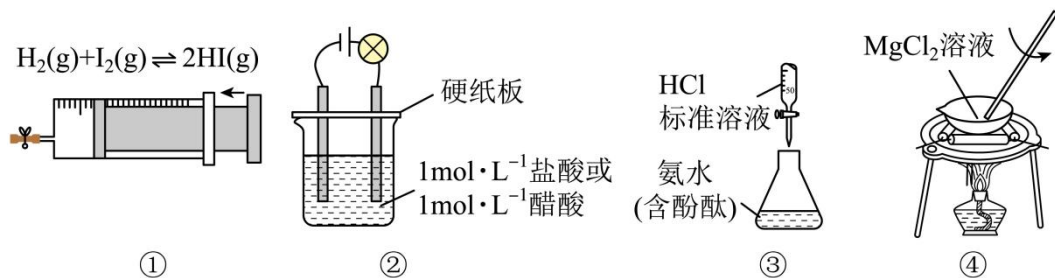
C. 可以通过实验①③的对比，探究温度对速率的影响，C 错误；

D. KMnO_4 溶液能氧化盐酸产生氯气，实验中 KMnO_4 溶液不可以用盐酸酸化，D 错误；

答案选 B。

二、选择题：本题共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题目要求，全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。

11. 用下列实验方案和装置能达到相应实验目的的是



- A. 实验①探究压强对平衡的影响
B. 实验②证明醋酸是弱电解质
C. 实验③用于测定氨水的浓度
D. 实验④制备无水 MgCl_2

【答案】B

【解析】

【详解】A. 该反应前后气体物质的量不变，改变压强，平衡不移动，故不能通过实验①探究压强对平衡的影响，故 A 错误；

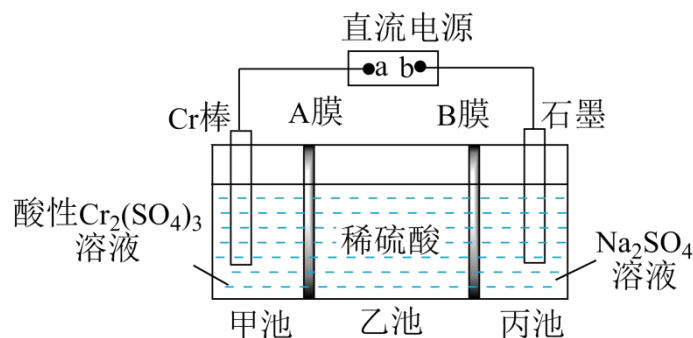
B. 该实验可以比较等浓度的盐酸和醋酸溶液的导电性，盐酸为强酸，完全电离，离子浓度大，导电性强，醋酸为弱酸，不完全电离，离子浓度小，导电性弱，灯泡暗，从而证明醋酸是弱电解质，故 B 正确；

C. 氨水与盐酸恰好反应生成氯化铵，溶液显酸性，应选择甲基橙作指示剂，故 C 错误；

D. 氯化镁溶液中存在水解平衡 $\text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl}$ ，加热升温，水解平衡正向移动，又盐酸易挥发，故加热蒸干氯化镁溶液得到氢氧化镁固体，得不到无水 MgCl_2 ，故 D 错误；

故选 B。

12. 金属铬生产常采用金属热还原法及电解法，下图是一种电解法制备高纯铬和硫酸的简单装置示意图。下列说法错误的是



- A. 石墨电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$
B. A 膜为阴离子交换膜，B 膜为质子交换膜
C. 电解过程中，甲池需要不断补充 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ，丙池需要不断补充 Na_2SO_4
D. 电解过程中，导线中每通过 0.3mol 电子，甲池质量减少 5.2g

【答案】CD

【解析】

【分析】该装置为电解池，甲池中 Cr^{3+} 得电子产生 Cr，故 Cr 棒为阴极，a 极为负极，b 极为正极，石墨电极为阳极，阳极上水失电子产生氧气；阴离子硫酸根离子向阳极移动，故 A 膜为阴离子交换膜，阳离子氢离子向阴极移动，故 B 膜为质子交换膜，乙池中硫酸浓度增大；

【详解】A. 石墨电极上水失电子产生氧气，酸性条件下电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ，选项 A 正确；

B. 根据分析可知，A 膜为阴离子交换膜，B 膜为质子交换膜，选项 B 正确；

C. 电解过程中，甲池 Cr^{3+} 得电子产生 Cr，硫酸根离子移向乙池，需要不断补充 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ，丙池水失电子产生氧气且氢离子定向移动到乙池，不需要补充 Na_2SO_4 ，选项 C 错误；

D. 电解过程中，导线中每通过 0.3mol 电子，甲池减少 0.5mol $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ，质量减少 14.6g ，选项 D 错误；
答案选 CD。

13. 类比法是研究化学物质的重要方法，下列类比正确的是

A. CuSO_4 溶液中通入 H_2S 产生 CuS 沉淀，所以 FeSO_4 溶液中通入 H_2S 产生 FeS 沉淀

B. SiO_2 中 Si 采取 sp^3 杂化，所以 CO_2 中 C 采取 sp^3 杂化

C. 第一电离能 Zn 大于 Cu，所以第二电离能 Zn 大于 Cu

D. AlCl_3 溶液蒸干并灼烧得到 Al_2O_3 ，所以 FeCl_3 溶液蒸干并灼烧得到 Fe_2O_3

【答案】D

【解析】

【详解】A. CuSO_4 溶液中通入 H_2S 产生 CuS 沉淀，是因为 CuS 极难溶于水和稀硫酸，而 FeS 沉淀能溶于稀硫酸，故 FeSO_4 溶液中通入 H_2S 产生不能 FeS 沉淀，故 A 错误；

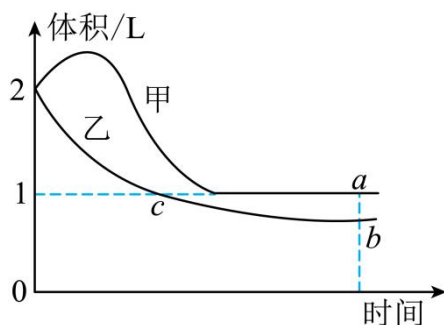
B. CO_2 为直线形，C 的价层电子对数为 2，故 C 采取 sp 杂化，故 B 错误；

C. Zn 的第二电离能是失去 4s^1 上的电子，Cu 的第二电离能是失去 3d^{10} 上的电子，Cu 的 3d 能级为全充满的稳定状态，难失去电子，故第二电离能 Zn 小于 Cu，故 C 错误；

D. AlCl_3 溶液中存在水解平衡，加热 AlCl_3 溶液， $\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$ 平衡正向移动，且生成的盐酸具有挥发性，故 AlCl_3 溶液蒸干得到氢氧化铝，灼烧得到 Al_2O_3 ，同理 FeCl_3 溶液蒸干并灼烧得到 Fe_2O_3 ，故 D 正确；

故选 D。

14. 常温下，向两恒压容器中分别充入 4mol X 和 2mol Y 发生反应： $2\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g}) \Delta H$ ，起始体积均为 2L ，其中甲为绝热过程，乙为恒温过程，两容器的体积随时间的变化曲线如图所示。下列说法错误的是



- A. 反应速率: $v_{c正} > v_{b逆}$
- B. 气体的总物质的量: $n_a = n_c$
- C. $K_a < K_b$
- D. a 点再加入 2molZ, 平衡向左移动, K 不变

【答案】BD

【解析】

【分析】甲绝热, 刚开始反应时, 甲的体积增大, 由理想气体状态方程 $pV = nRT$ 可知, 在恒压, 混合气体总物质的量减少的情况下, 甲的体积增大, 说明反应发生后体系温度升高, 故该正反应为放热反应, 据此分析解答。

【详解】A. 乙在恒温恒压条件下达到平衡, b 为平衡点, 此时 $v_{b正} = v_{b逆}$, c 点时反应还未达到平衡, 反应继续正向进行, 则 $v_{c正} > v_{b正}$, 因此反应速率 $v_{c正} > v_{b逆}$, A 正确;

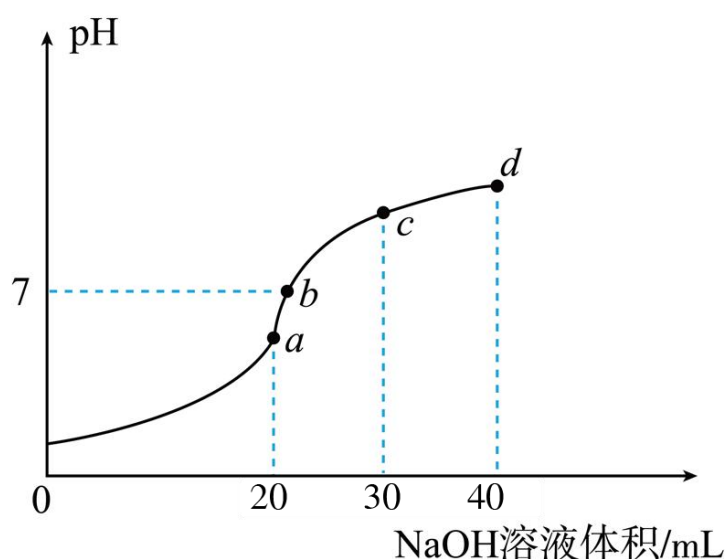
B. 根据分析, 该反应为放热反应, 甲为绝热过程, 乙为恒温过程, 则 $T_a > T_c$, a 和 c 体积和压强相等, 则 $n_a < n_c$, B 错误;

C. 由图可知, a 和 b 为平衡点, 根据分析, 该反应为放热反应, 则 $T_a > T_b$, 升高温度, 平衡左移, K 减小, 则 $K_a < K_b$, C 正确;

D. a 点再加入 2molZ, 生成物浓度增大, 平衡向左移动, 反应吸热, 由于体系绝热, 温度降低, K 发生改变, D 错误;

故选 BD。

15. 常温时, 向 20mL $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_4\text{HSO}_4$ 溶液中滴加 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液, 所得溶液 pH 与 NaOH 溶液体积的关系曲线如图所示。已知 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的 $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$, 下列说法正确的是



- A. 水的电离程度的大小顺序为: $a > b > c > d$
- B. a 点 $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2c(\text{SO}_4^{2-})$

C. b 点 $c(\text{Na}^+) > c(\text{SO}_4^{2-}) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{NH}_4^+)$

D. c 点 $c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{H}^+) = c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 2c(\text{OH}^-)$

【答案】AD

【解析】

【详解】A. c、d 对应的溶液显碱性，水的电离被抑制，溶液中的 H^+ 主要来源于水的电离，水电离产生的 H^+ 浓度越高，水的电离程度越大，pH: $d > c$ ，水的电离程度的大小 $c > d$ ；a 点溶液呈酸性，水的电离被促进，b 对应的溶液呈中性，水的电离程度的大小顺序为：a>b>c>d，故 A 正确；

B. a 点加入 20mL $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液，此时溶液为 Na_2SO_4 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的等浓度混合溶液，根据物料守恒： $c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{SO}_4^{2-})$ ，故 B 错误；

C. b 点溶液呈中性，说明溶液中 NH_4^+ 的水解程度等于 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离程度，由图可知，此时加入的 NaOH 溶液小于 25mL，则混合溶液中 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的浓度大于 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的浓度，则 $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ，故 C 错误；

D. c 点加入 30mL $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液，溶液为等物质的量浓度的 Na_2SO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 混合溶液，根据电荷守恒： $c(\text{Na}^+) + c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{OH}^-)$ ，物料守恒：

$$2c(\text{Na}^+) = 3c(\text{NH}_4^+) + 3c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}), \quad c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{SO}_4^{2-}), \quad \text{则}$$

$$c(\text{NH}_4^+) + 2c(\text{H}^+) = c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 2c(\text{OH}^-), \quad \text{故 D 正确；}$$

故选 AD。

三、非选择题：本题共 5 小题，共 60 分。

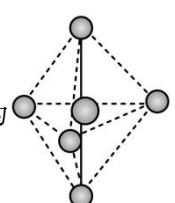
16. 2022 年 9 月，中国科学家首次在嫦娥五号带回的月壤中发现新矿物，并命名为“嫦娥石”。“嫦娥石”属于陨磷钠镁钙石族，其中一种物质的化学式为 $\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$ 。请回答下列问题：

(1) 钠在火焰上灼烧的黄光是一种_____ (填字母)。

a. 吸收光谱 b. 发射光谱

(2) 某同学把 O 原子价电子的轨道表示式写成了以下形式： $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline 2s & 2p & & \end{array}$ ，这种写法违背了_____。

(3) P 原子最高能级电子的电子云轮廓形状为_____，其价电子排布式为_____，电负性 P _____ O (填“>”或“<”)。

(4) PCl_3 分子空间结构为_____， PCl_3 与 Cl_2 反应生成 PCl_5 ， PCl_5 结构为 ， PCl_5 是_____

分子 (填“极性”或“非极性”)，其中 P 原子的杂化类型是_____ (填字母序号)。

a. sp b. sp^2 c. sp^3 d. sp^3d

【答案】 (1) b (2) 泡利原理

(3) ①. 哑铃形 ②. $3s^23p^3$ ③. <

(4) ①. 三角锥形 ②. 非极性分子 ③. d

【解析】

【小问 1 详解】

钠在火焰上灼烧的黄光是由于钠灼烧时电子吸收能量，由能量低的基态跃迁到能量高的激发态，处于能量高状态的电子不稳定，会再回到能量低的基态，多余的能量以黄色的光的形式释放出来，因此属于发射光谱，故合理选项是 b；

【小问 2 详解】

由于在一个原子轨道上不可能存在自旋方向相同的两个电子，因此该图示违背了泡利原理；

【小问 3 详解】

P 是 15 号元素，根据构造原理可知基态 P 原子核外电子排布式是 $1s^22s^22p^63s^23p^3$ ，其价电子排布式为 $3s^23p^3$ ；可见 P 原子最高能级是 3p 能级，该能级的电子的电子云轮廓形状为哑铃形；同一周期元素，原子序数越大，元素的电负性就越大；同一主族元素，原子核外电子层数越少，元素的电负性就越大，所以元素的电负性： $O > N > P$ ，故电负性： $P < O$ ；

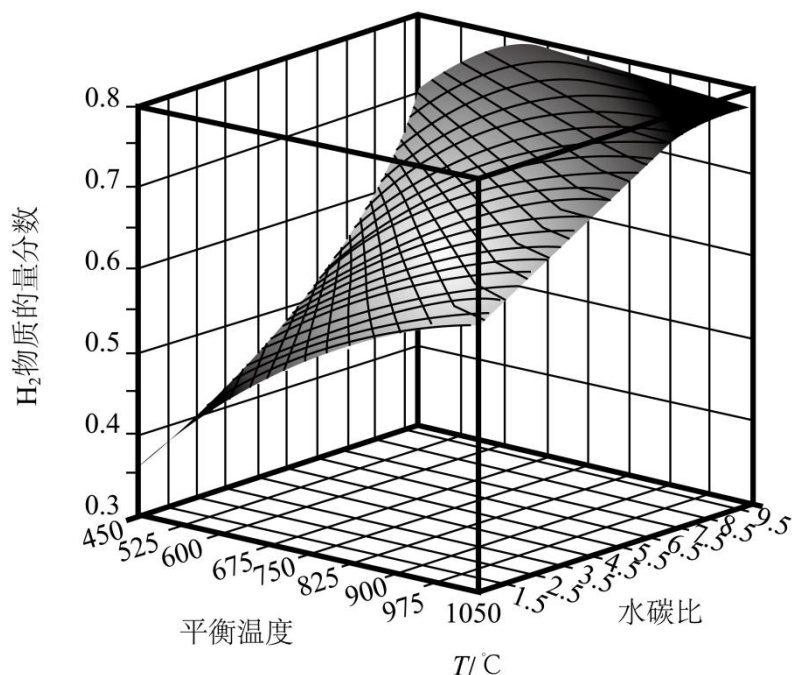
【小问 4 详解】

PCl_3 分子中的中心 P 原子价层电子对数是 $3 + \frac{5-1 \times 3}{2} = 4$ ，有 1 对孤电子对，所以 PCl_3 分子空间结构为三角锥形；根据图示可知 PCl_5 分子是对称结构，分子中正负电荷重心重合，因此 PCl_5 结构为非极性分子；其中 P 原子形成 5 个 σ 共价键，其 P 原子的杂化类型是 sp^3d 杂化，故合理选项是 d。

17. 党的二十大提出 to 加快发展方式绿色转型，氢能源作为一种绿色能源具有良好的应用前景。

(1) 常温下，0.1g H_2 燃烧生成 $H_2O(l)$ 放热 14.29kJ，1mol $H_2O(l)$ 气化吸热 44kJ，写出 H_2 燃烧生成气态水的热化学方程式_____。

(2) 工业上常用甲烷水蒸气重整制备氢气，体系中发生如下反应： $CH_4(g) + H_2O \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g) \Delta H$ ，通过计算机模拟实验，对 400~1200℃、操作压强为 0.1MPa 条件下，不同水碳比(水蒸气与甲烷的物质的量之比)进行了热力学计算，反应平衡体系中 H_2 的物质的量分数与水碳比、平衡温度的关系如图所示。



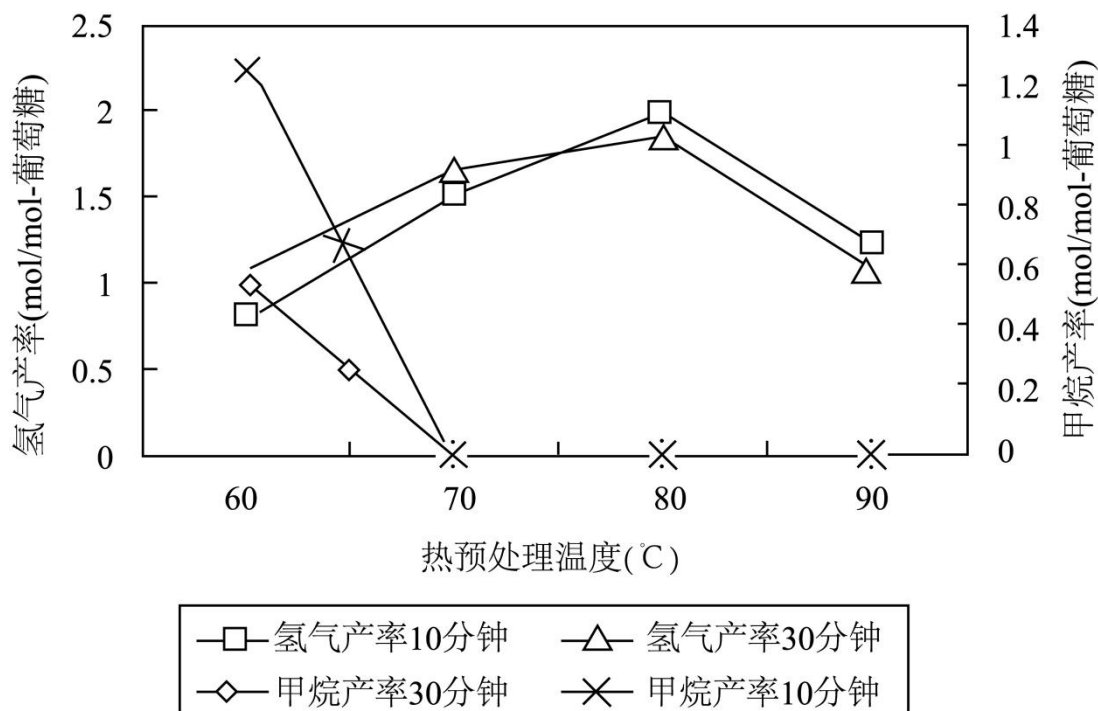
①甲烷水蒸气重整反应为_____ (填“吸热”或“放热”)反应, 温度一定时, H_2 的物质的量分数与水碳比(1~7)的关系是_____。

②起始水碳比为 2.5 达平衡后, 下列操作中能提高 H_2 平衡产率的是_____ (填标号)。

a. 增加 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 用量 b. 恒温恒压下通入惰性气体 c. 移除 $\text{CO}(\text{g})$ d. 加入催化剂

③恒温恒压条件下, 加入 $1\text{molCH}_4(\text{g})$ 和 $1\text{molH}_2\text{O}(\text{g})$, 起始压强为 P_0 , 反应达平衡时, $\text{CH}_4(\text{g})$ 的转化率为 50%, 则反应的平衡常数 $K_p = \underline{\hspace{2cm}}$ (用含 P_0 式子来表示; 用各气体物质的分压替代浓度计算的平衡常数叫压强平衡常数 K_p , 某气体的分压=气体总压强×该气体的物质的量分数)。

(3) 厌氧细菌可将葡萄糖转化为 CH_4 和 H_2 , pH 为 5.5 时不同热预处理温度和时间下的甲烷和氢气的产率如图所示, 若要提高 H_2 的产率, 最佳温度为_____。



(4) 某氢氧燃料电池，以固体氧化物为电解质(允许 O^{2-} 自由迁移)，通入 H_2 的电极上的反应式为_____。

【答案】 (1) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(g) \quad \Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) ①. 吸热 ②. 水碳比越大， H_2 的物质的量分数越大 ③. abc ④. $\frac{3P_0^2}{4}$ (3) 80°C

(4) $H_2 - 2e^- + O^{2-} = H_2O$

【解析】

【小问 1 详解】

由题可知， $0.1 \text{ g } H_2$ 燃烧生成 $H_2O(l)$ 放热 14.29 kJ ， $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(l) \quad \Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，

$1 \text{ mol } H_2O(l)$ 气化吸热 44 kJ ， $H_2O(l) = H_2O(g) \quad \Delta H = +44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，两式相加得 H_2 燃烧生成气态水的热

化学方程式为 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(g) \quad \Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，故答案为

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(g) \quad \Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

【小问 2 详解】

①由图可知，温度升高，氢气得质量分数增加，所以甲烷水蒸气重整反应为吸热反应；平衡温度一定时， H_2 的物质的量分数与水碳比 (1~7) 的关系，由图中曲线走势可知，水碳比越大， H_2 的物质的量分数越大；故答案为吸热；水碳比越大， H_2 的物质的量分数越大。

②a. $H_2O(g)$ 为反应物，增加 $H_2O(g)$ 用量，平衡正向移动，能提高 H_2 平衡产率，故 a 符合题意；

- b. 恒温恒压下通入惰性气体,容器中气体体积增大, 导致容器体积也增大, 参与反应的气体物质的量不变, 但是容器体积变大,势必导致压强变小, 所以要向着体积增大的方向移动, 平衡正向移动, 能提高 H_2 平衡产率, 故 b 符合题意;
- c. $CO(g)$ 为产物, 移除 $CO(g)$, 衡正向移动, 能提高 H_2 平衡产率, 故 c 符合题意;
- d. 加入催化剂影响反应速率, 不影响平衡, 故 d 不符合题意;

故答案选 abc;

③恒温恒压条件下, 加入 $1\text{molCH}_4(g)$ 和 $1\text{molH}_2O(g)$, 起始压强为 P_0 , 反应达平衡时, $CH_4(g)$ 的转化

		$CH_4(g)$	+	$H_2O(g)$	\rightleftharpoons	$CO(g)$	+	$3H_2(g)$	
率 为 50%	起始	x		x		0		0	所 以
	转化	0.5x		0.5x		0.5x		1.5x	
	平衡	0.5x		0.5x		0.5x		1.5x	

$$P_{(CH_4)} = \frac{0.5x}{0.5x + 0.5x + 0.5x + 1.5x} \times P_0 = \frac{1}{6}P_0, \text{ 同理, } P_{(H_2O)} = \frac{1}{6}P_0, P_{(CO)} = \frac{1}{6}P_0, P_{(H_2)} = \frac{1}{2}P_0, \text{ 所以}$$

$$K_p = \frac{P_{(CO)} \cdot P_{(H_2)}^3}{P_{(H_2O)} \cdot P_{(CH_4)}} = \frac{\frac{1}{6}P_0 \times (\frac{1}{2}P_0)^3}{\frac{1}{6}P_0 \times \frac{1}{6}P_0} = \frac{3P_0^2}{4}, \text{ 故答案为 } \frac{3P_0^2}{4}.$$

【小问 3 详解】

由图可知, H_2 的产率最高温度为 80°C , 所以提高 H_2 的产率, 最佳温度为最佳温度为 80°C ; 故答案为 80°C 。

【小问 4 详解】

某氢氧燃料电池, 以固体氧化物为电解质(允许 O^{2-} 自由迁移), 通入 H_2 的电极上的为负极, 电极反应式为 $H_2 - 2e^- + O^{2-} = H_2O$, 故答案为 $H_2 - 2e^- + O^{2-} = H_2O$ 。

18. 维生素 C ($C_6H_8O_6$) 具有还原性, 在空气中易被氧化, 尤其在碱性介质中氧化速度更快。实验室测定补血药片中维生素 C 含量的实验步骤如下:

I. 配制溶液:

准确称量碾碎后的药品 wg , 溶解于新煮沸冷却的蒸馏水中, 加入适量醋酸后配制成 250mL 溶液。

II. 滴定实验: 取配制好的溶液 25.00mL 于锥形瓶, 加入 $V_1\text{mL} c_1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} I_2$ 标准溶液(过量), 充分反应后, 加入淀粉作指示剂, 用 $c_2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} Na_2S_2O_3$ 标准液滴定剩余的碘单质。平行滴定 3 次, 平均消耗 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液的体积为 $V_2\text{mL}$ 。已知: $C_6H_8O_6 + I_2 = C_6H_6O_6 + 2HI$, $2S_2O_3^{2-} + I_2 = S_4O_6^{2-} + 2I^-$ 。

(1) 溶解药品使用新煮沸冷却的蒸馏水目的是_____。

(2) 将 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液装入滴定管的具体操作顺序为_____ (填字母)。

a. 装入 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液至 0 刻度以上

b. 检查滴定管是否漏液

c. 排尽尖嘴部分气泡

d.用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液润洗滴定管 2~3 次

e.用蒸馏水清洗滴定管 2~3 次

f.将液面调节至滴定管“0”或“0”刻度以下

(3) 滴定至终点时的实验现象为_____。

(4) 该药片中维生素 C(相对分子质量 176)的百分含量为_____；若读取 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液体积时滴定前仰视，滴定后读数正确，可能导致测定结果_____ (填“偏高”“偏低”或“不变”，下同)；若 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准液已部分氧化变质，则含量测定结果将_____。

(5) 测定物质中 Cl^- 的含量时，常采用沉淀滴定法，标准液常选用 AgNO_3 。已知几种常见含银难溶物的 K_{sp} 及其颜色：

	AgCl	AgBr	AgI	Ag_2CrO_4
K_{sp}	2×10^{-10}	5.4×10^{-13}	8.3×10^{-17}	2×10^{-12}
颜色	白	淡黄	黄	砖红

参照上表数据及信息分析，满定时可以作指示剂的是_____。

a. CaCl_2 b. NaBr c. NaI d. K_2CrO_4

【答案】 (1) 防止维生素 C 被氧化，影响实验结果

(2) bedacf (3) 滴入最后半滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准液，溶液由蓝色变为无色，且半分钟不变色

(4) ①. $\frac{176\left(c_1V_1 - \frac{1}{2}c_2V_2\right)}{W}\%$ 或 $\frac{1.76\left(c_1V_1 - \frac{1}{2}c_2V_2\right)}{W} \times 100\%$ ②. 偏高 ③. 偏低

(5) d

【解析】

【分析】滴定的步骤是：1 实验器材准备，滴定管查漏、水洗，锥形瓶水洗，2 用标准液润洗滴定管，然后润洗 2-3 次，最后赶尽气泡、调“0”记录初始刻度，3 移液管量取待测液，装入锥形瓶，然后滴入指示剂摇匀，4 进行滴定，到终点时停止滴定，读取刻度，5 重复滴定 2-3 次，记录数据，进行求算，在分析误差的时候，根据公式来分析，以此解题。

【小问 1 详解】

已知：维生素 C($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) 具有还原性，在空气中易被氧化，尤其在碱性介质中氧化速度更快，则溶解药品使用新煮沸冷却的蒸馏水目的是：防止维生素 C 被氧化而影响实验结果。

【小问 2 详解】

用滴定管盛装待盛液操作是检漏→洗涤→润洗→装液→排尽尖嘴部分气泡并调节液面在“0”或“0”刻度以下，因此将 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液装入滴定管的具体操作顺序为 bedacf。

【小问 3 详解】

滴定时步骤步骤为：取配制好的维生素 c 溶液 25.00mL 于锥形瓶，加入 $V_1\text{mL } c_1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{I}_2$ 标准溶液(过量)，发生反应： $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + \text{I}_2 = \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2\text{HI}$ 充分反应后，加入淀粉作指示剂，淀粉遇到碘单质变蓝色，再用 $c_2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准液滴定剩余的碘单质，发生反应： $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{I}^-$ 消耗碘单质，则滴定至终点时的实验现象为：滴入最后半滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准液，溶液由蓝色变为无色，且半分钟不变色。

【小问 4 详解】

反应 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 消耗 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的物质的量为 $c_2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V_2\text{mL} \times 10^{-3}\text{L/mL} = c_2V_2 \times 10^{-3}\text{mol}$ ，所以同时消耗 I_2 的物质的量为 $\frac{c_2V_2 \times 10^{-3}}{2}\text{mol}$ ，加入 I_2 的物质的量为 $c_1V_1 \times 10^{-3}\text{mol}$ ，所以

$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + \text{I}_2 = \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2\text{HI}$ 中消耗 I_2 的物质的量为 $\left(c_1V_1 \times 10^{-3} - \frac{c_2V_2 \times 10^{-3}}{2}\right)\text{mol}$ ，根据反应

$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + \text{I}_2 = \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2\text{HI}$ ，所以维生素 c 的物质的量为 $\left(c_1V_1 \times 10^{-3} - \frac{c_2V_2 \times 10^{-3}}{2}\right)\text{mol}$ ，则该药片中维

生素 C(相对分子质量 176)的百分含量为 $\frac{250\text{mL}}{25.00\text{mL}} \times \frac{\left(c_1V_1 \times 10^{-3} - \frac{c_2V_2 \times 10^{-3}}{2}\right)\text{mol} \times 176\text{g/mol}}{wg} \times 100\%$ ，化

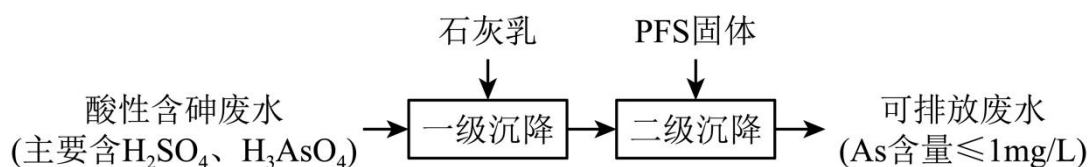
简为 $\frac{176\left(c_1V_1 - \frac{1}{2}c_2V_2\right)}{W}\%$ 或 $\frac{1.76\left(c_1V_1 - \frac{1}{2}c_2V_2\right)}{W} \times 100\%$ ；读取 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液体积时滴定前仰视，滴

定后读数正确，则 V_2 偏小，可能导致测定结果偏高；若 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准液已部分氧化变质，则 V_2 偏大、含量测定结果将偏低。

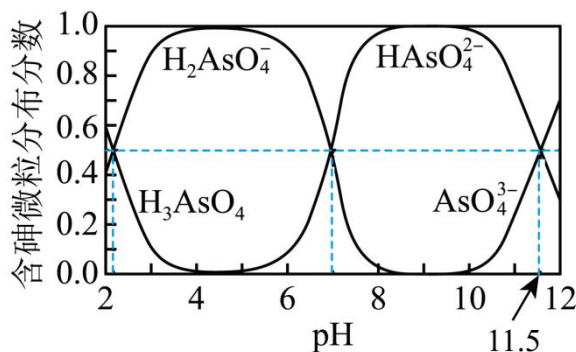
【小问 5 详解】

氯化银、溴化银、碘化银的组成都是 1 : 1，依据 K_{sp} 可以直接比较溶解性大小为 $\text{AgCl} > \text{AgBr} > \text{AgI}$ ；随 K_{sp} 的减小，应先出现 AgI 沉淀、再出现 AgBr ，最后才沉淀 AgCl ，所以不符合滴定实验的目的和作用；铬酸银的阳、阴离子个数比为 2 : 1，可以计算相同浓度的银离子沉淀氯离子、铬酸根离子需要的浓度，依据 K_{sp} 计算得到 $K_{sp}(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) = 2 \times 10^{-10}$ ， $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = c^2(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{CrO}_4^{2-}) = 2.0 \times 10^{-12}$ ，假设 $c(\text{Ag}^+) = 10^{-5}\text{mol/L}$ ，则 $c(\text{Cl}^-) = 2 \times 10^{-5}\text{mol/L}$ ， $c(\text{CrO}_4^{2-}) = 2 \times 10^{-2}\text{mol/L} > c(\text{Cl}^-)$ ，可见同浓度的 Ag^+ 需要的 Cl^- 浓度小于 CrO_4^{2-} 浓度，说明铬酸银溶解度大于氯化银， K_2CrO_4 可以作指示剂正确测定氯化物的含量，故 d 合理。

19. 国家提出要坚持精准治污、科学治污，持续深入打好蓝天、碧水、净土保卫战。某化工厂用聚合硫酸铁 $[\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-0.5n}]_m$ (简称 PFS)—石灰乳法处理含砷废水的工艺流程如图所示：



已知: a.常温下, 难溶物 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 、 CaHAsO_4 的 K_{sp} 远大于 FeAsO_4 的 K_{sp} , $\text{Fe}_2(\text{HAsO}_4)_3$ 可溶;
b.常温下, 溶液中含砷微粒的分布分数与 pH 的关系如图。



回答下列问题:

- (1) ①As 原子中未成对电子数为_____, As 的第一电离能(I_1)_____Se 第一电离能(I_1)(填“>”或“<”).
② $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 的阴离子的空间结构_____, AsH_3 分子的键角_____ PH_3 分子的键角(填“>”或“<”).
- (2) “一级沉降”后, 溶液的 pH 在 8~10 之间, 此时沉降物的主要成份为_____。
- (3) “二级沉降”时, 过量的 PFS 形成的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体粒子可以通过沉淀反应进一步减少溶液中的 As 含量。
该沉淀反应的离子方程式为_____。
- (4) 由含砷微粒的分布分数与 pH 的关系图可知:
① NaH_2AsO_4 溶液的 pH_____7(填“>”、“=”或“<”).
②当 pH=12 时, 溶液中的 $\lg \frac{c(\text{AsO}_4^{3-})}{c(\text{HAsO}_4^{2-})}$ =_____。

【答案】 (1) ①. 3 ②. > ③. 正四面体 ④. <

(2) CaHAsO_4

(3) $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + \text{HAsO}_4^{2-} = \text{FeAsO}_4 \downarrow + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$

(4) ①. < ②. $\frac{1}{2}$

【解析】

【分析】含砷废水加入石灰乳, 此时发生一级沉降, 产生的主要沉淀为硫酸钙, 随着 pH 上升, 促进 HAsO_4^{2-} 电离, 使溶液中 $c(\text{AsO}_4^{3-})$ 增大, 产生 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 沉淀, 继续加入 PFS, 发生二级沉降, 水解产生的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体粒子产生的 Fe^{3+} 会和 AsO_4^{3-} 结合生成 FeAsO_4 沉淀。

【小问 1 详解】

①As 是 33 号元素, 其基态原子的核外电子排布式为: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$, 未成对电子数为 3, 由于 As 的 4p 轨道为 $4p^3$ 半充满, 而 Se 为 $4p^4$ 既不是半充满也不是全充满, 故 As 更稳定, 第一电离能较大;

② $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 的阴离子为 AsO_4^{3-} , 中心原子价层电子对数为 $4 + \frac{1}{2}(5+3-4 \times 2) = 4$, 没有孤电子对, 空间结构为: 正四面体; 由于电负性: $\text{Se} > \text{As}$, AsH_3 分子的键角小于 PH_3 分子的键角。

【小问 2 详解】

由图可知,“一级沉降”后,溶液的 pH 在 8~10 之间, HAsO_4^{2-} 的浓度开始降低,此时沉降物的主要成份为 CaHAsO_4 。

【小问 3 详解】

“二级沉降”中,过量的 PFS 形成的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体粒子反应生成 FeAsO_4 沉淀,进一步减少溶液中的 As 含量,离子方程式为: $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + \text{HAsO}_4^{2-} = \text{FeAsO}_4 \downarrow + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。

【小问 4 详解】

①分析溶液中含砷微粒的分布分数与 pH 的关系图可知, $\delta(\text{H}_3\text{AsO}_4) = \delta(\text{H}_2\text{AsO}_4^-)$ 时, $\text{pH} = 2.2$, H_3AsO_4 的电

离平衡常数 $K_{a1} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{H}_2\text{AsO}_4^-)}{c(\text{H}_3\text{AsO}_4)} = c(\text{H}^+) = 10^{-2.2}$, 同理可得 $K_{a2} = 10^{-7}$ 、 $K_{a3} = 10^{-11.5}$, H_2AsO_4^- 的水解常

数 $K_h = \frac{K_w}{K_{a1}} = \frac{10^{-14}}{10^{-2.2}} = 10^{-11.8} < K_{a2} = 10^{-7}$, 则 H_2AsO_4^- 的电离程度大于其水解程度, NaH_2AsO_4 溶液显酸性, 因此 $\text{pH} < 7$;

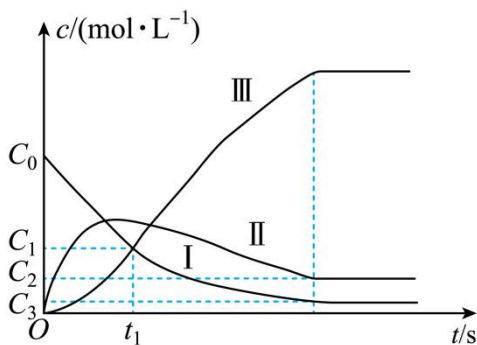
②由①可知, $K_{a3} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{AsO}_4^{3-})}{c(\text{HAsO}_4^{2-})} = 10^{-11.5}$, 当 $\text{pH} = 12$ 时, $c(\text{H}^+) = 10^{-12} \text{ mol/L}$,

$$\frac{c(\text{AsO}_4^{3-})}{c(\text{HAsO}_4^{2-})} = \frac{K_{a3}}{c(\text{H}^+)} = \frac{10^{-11.5}}{10^{-12}} = 10^{0.5}, \lg \frac{c(\text{AsO}_4^{3-})}{c(\text{HAsO}_4^{2-})} = \frac{1}{2}。$$

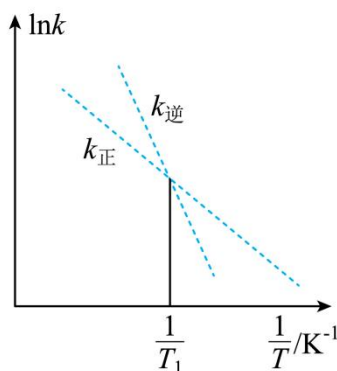
20. 恒温恒容条件下,向密闭容器中加入一定量 X, 发生反应: ① $\text{X} \rightleftharpoons \text{Y} \quad \Delta H_1$ ② $\text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z} \quad \Delta H_2$, 图

甲为该体系中 X、Y、Z 浓度随时间变化的曲线。反应②的速率 $v_{\text{正}} = k_{\text{正}}c(\text{Y})$, $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}}c^2(\text{Z})$, 式中 $k_{\text{正}}$ 、

$k_{\text{逆}}$ 为速率常数。图乙为②的速率常数 $\ln k \sim \frac{1}{T}$ 曲线。



甲



乙

(1) 表示 $c(\text{Y})$ 的曲线为_____。

(2) 随着反应的进行,反应①的速率_____,反应②的速率_____。

a.增大 b.减小 c.先增大后减小 d.先减小后增大

(3) 从 $0 \sim t_1$ 反应②用 Y 表示的化学反应速率为_____。

(4) 反应①与反应②到达平衡的时间_____ (填“相等”或“不相等”), 该温度下, 反应②的化学平衡常数 $K_2 =$ _____ (用含 c_0 、 c_2 、 c_3 的式子来表示)

(5) 由图乙可知, ΔH_2 _____ 0 (填“>”或“<”), T_1 时 $K_2 =$ _____。

【答案】 (1) II (2) ①. b ②. c

(3) $\frac{c_1}{2t_1} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

(4) ①. 相等 ②. $\frac{4(c_0 - c_3 - c_2)^2}{c_2}$

(5) ①. < ②. 1

【解析】

【分析】由图甲可知, X 为反应物, 浓度随时间变化逐渐减小, 则曲线 I 表示 $c(X)$, Z 为生成物, 浓度随时间变化逐渐增大, 则曲线 III 表示 $c(Z)$, Y 在反应①中是生成物, 在反应②中是反应物, 浓度随时间变化先增大后减小, 则曲线 II 表示 $c(Y)$, 据此分析解答。

【小问 1 详解】

根据分析, Y 在反应①中是生成物, 在反应②中是反应物, 浓度随时间变化先增大后减小, 则曲线 II 表示 $c(Y)$;

【小问 2 详解】

反应物浓度与反应速率成正相关, 因此反应①中, X 为反应物, 浓度随时间变化逐渐减小, 则速率逐渐减小, b 符合题意; 反应②中, Y 为反应物, 浓度随时间变化先增大后减小, 速率先增大后减小, c 符合题意;

【小问 3 详解】

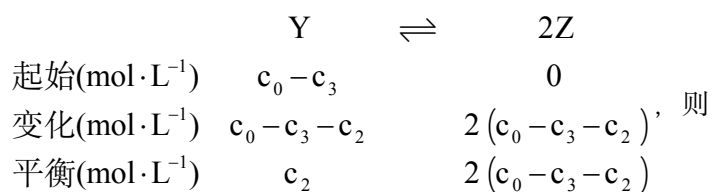
$0 \sim t_1$ 时, $v(Z) = \frac{c_1}{t_1} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 反应②中, Y 和 Z 的化学反应速率之比等于其化学计量数之比, 则

$$v(Y) = \frac{1}{2} v(Z) = \frac{c_1}{2t_1} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1};$$

【小问 4 详解】

由图甲可知, 反应①与反应②到达平衡的时间相等; 达到平衡时, $c(Y) = C_2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(X) = C_3 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

	X	\rightleftharpoons	Y
列三段式有	起始($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	c_0	0
	变化($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	$c_0 - c_3$	$c_0 - c_3$
	平衡($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	c_3	$c_0 - c_3$



$$K_2 = \frac{c^2(Z)}{c(Y)} = \frac{[2(c_0 - c_3 - c_2)]^2}{c_2} = \frac{4(c_0 - c_3 - c_2)^2}{c_2};$$

【小问 5 详解】

平衡时， $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ ， $K_2 = \frac{c^2(Z)}{c(Y)} = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ ，由图乙可知， $0 \sim \frac{1}{T_1}$ 是建立平衡的过程， $\frac{1}{T_1}$ 时达到平衡， $\frac{1}{T_1}$ 之后，

随着 $\frac{1}{T}$ 逐渐增大，温度逐渐降低， $k_{\text{正}}$ 、 $k_{\text{逆}}$ 两直线开口增大，则 $\frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$ 逐渐增大， K_2 逐渐增大，平衡正向移

动，则正反应为放热反应， $\Delta H_2 < 0$ ； $\frac{1}{T_1}$ 时达到平衡， $k_{\text{正}} = k_{\text{逆}}$ ，则 $K_2 = \frac{c^2(Z)}{c(Y)} = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = 1$ 。

2023-2024 学年高二上学期期末考试练习卷 (五)

高二化学试题

可能用到的相对原子质量: H-1 C-12 N-14 O-16 S-32 Cl-35.5 CO-59 Ni-59 Cu-64

一、选择题: 本题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1. 2022 年 11 月 29 日, 搭载神舟十五号载人飞船的长征二号 F 运载火箭在酒泉卫星发射中心发射成功。11 月 30 日神舟十五号 3 名航天员顺利进驻中国空间站, 与神舟十四号航天员乘组首次实现“太空会师”。下列叙述错误的是

- A. 长征二号 F 运载火箭利用偏二甲肼($C_2H_8N_2$)和四氧化二氮(N_2O_4)反应, 这是一个放热反应
- B. 长征二号 F 运载火箭点火发射时因液态 N_2O_4 产生大量 NO_2 而出现红棕色烟雾
- C. 载人飞船中的太阳能电池和储能电池均可将化学能转化为电能
- D. 空间站利用循环水制氧气的反应是吸热反应

【答案】C

【解析】

【详解】A. 长征二号 F 运载火箭利用偏二甲肼($C_2H_8N_2$)和四氧化二氮(N_2O_4)反应, 这是一个放热反应, 从而使火箭升空, A 正确;

B. 长征二号 F 运载火箭点火发射时因液态 N_2O_4 产生大量 NO_2 而出现红棕色烟雾, B 正确;

C. 太阳能电池是将太阳能转化为电能, 储能电池是将化学能转化为电能, C 错误;

D. 空间站利用循环水制氧气的反应是吸热反应, D 正确;

故选 C。

2. 下列说法正确的是

- A. 一定温度下, 对 $2BaO_2(s) \rightleftharpoons 2BaO(s) + O_2(g)$ 平衡体系缩小体积, 再次平衡时 $c(O_2)$ 不变
- B. 加入适量的催化剂或增大压强, 均可使反应物分子中活化分子的百分数增大
- C. 燃烧热随化学方程式中各物质的化学计量数的改变而改变
- D. 水结冰的过程 $\Delta H < 0$, $\Delta S > 0$

【答案】A

【解析】

【详解】A. 反应体系中只有氧气一种气体, 一定温度下, K_p 为定值, 故平衡体系缩小体积, 再次平衡时 $c(O_2)$ 不变, 故 A 正确;

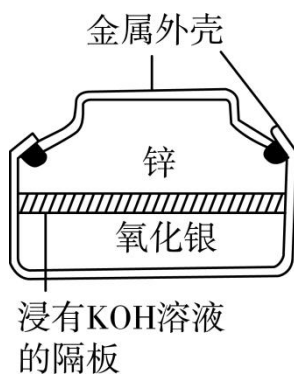
B. 增大压强不会改变反应物中活化分子的比例, 故 B 错误;

C. 燃烧热是在 101 kPa 时, 1 mol 物质完全燃烧生成稳定的氧化物时所放出的热量; 不会随化学方程式中各物质的化学计量数的改变而改变, 故 C 错误;

D. 水结冰的过程是一个放热熵减过程, $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$, 故 D 错误;

故选 A。

3. 纽扣电池是一种携带方便的微型银锌电池，其结构如图所示，下列有关说法正确的是



- A. 电池工作时，电子从锌极经过 KOH 溶液流向 Ag_2O
- B. 电池工作一段时间后，电解质溶液的碱性不变
- C. 电池工作时，负极反应式为 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{OH}^- + 2\text{Ag}$
- D. 电池工作时， OH^- 向锌电极方向移动

【答案】D

【解析】

【分析】由图可知，该装置为化学能转化成电能的原电池，锌为原电池的负极，碱性条件下，锌失去电子发生氧化反应生成氢氧化锌，电极反应式为 $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$ ，氧化银为正极，水分子作用下，氧化银得到电子生成银和氢氧根离子，电极反应式为 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$ ，电池总反应为 $\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$ 。

- 【详解】A. 电池工作时，电子从锌极经过导线流向 Ag_2O ，不能经过溶液传递，A 错误；
- B. 负极 Zn 失去电子，发生氧化反应： $\text{Zn} - 2\text{e}^- + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$ ，正极上发生还原反应： $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$ ，总反应方程式为： $\text{Zn} + \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{Ag}$ ，可知：反应消耗水，导致 $c(\text{OH}^-)$ 增大，电池工作一段时间后，电解质溶液的碱性增强，B 错误；
- C. 根据上述分析可知，Zn 是电池的负极，发生失去电子的氧化反应，电极反应式为 $\text{Zn} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$ ，C 错误；
- D. 原电池中，阴离子移向负极电池工作时， OH^- 向锌电极方向移动，D 正确；
- 故合理选项是 D。

4. 下列说法正确的是

- A. NF_3 和 CO_3^{2-} 的空间结构均为平面三角形
- B. CO_2 、 BF_3 都是含有极性键的非极性分子
- C. 卤素氢化物的沸点随相对分子质量增大而升高
- D. 丙烯腈($\text{CH}_2 = \text{CHCN}$)中 σ 键与 π 键的个数比为 3 : 1

【答案】B

【解析】

【详解】A. N 形成 3 个 σ 键, 孤对电子数为 $\frac{5-1 \times 3}{2}=1$, 为 sp^3 杂化, NF_3 立体构型为三角锥形; CO_3^{2-} 中 C 形成 3 个 σ 键, 孤对电子数为 $\frac{4+2-2 \times 3}{2}=0$, 为 sp^2 杂化, 立体构型为平面三角形, 选项 A 错误;

B. CO_2 、 BF_3 中化学键都是不同元素构成的, 属于极性键; CO_2 是直线型分子, BF_3 是正三角形分子, 二者分子中正电荷中心和负电荷中心相重合, 属于非极性分子, 选项 B 正确;

C. 卤素氢化物中, HF 相对分子质量虽小, 但存在氢键, 熔沸点最高, 选项 C 错误;

D. 丙烯腈($CH_2=CHCN$) 中 σ 键与 π 键的个数比为 6: 3=2: 1, 选项 D 错误;

答案选 B。

5. 推理是重要的学习方法, 下列推理不合理的是

选项	已知	结论
A	室温下, 水电离出的 $c(H^+)$ 为 $1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	该溶液的 pH 可能为 1 或 13
B	室温下, $K_a(HClO) < K_a(CH_3COOH)$	CH_3COOH 的电离程度不一定比 $HClO$ 的大
C	室温下, $K_{sp}(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}$ 、 $K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 2.0 \times 10^{-12}$, 铬酸银为砖红色沉淀	$AgNO_3$ 标准溶液滴定 Cl^- 时, 不能采用 K_2CrO_4 作指示剂
D	pH 相同的 HA 和 HB 溶液稀释相同倍数后, HA 的 pH 比 HB 的 pH 小	HA 一定是弱酸

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 室温下, 水电离出的 $c(H^+)$ 为 $1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液中 $c(H^+)$ 可能为 $1.0 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 也可能为 $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则溶液的 pH 可能为 13, 也可能为 1, 故 A 不符合题意;

B. 室温下, $K_a(HClO) < K_a(CH_3COOH)$, 若是相同浓度, 电离平衡常数越大, 则电离程度越大, 若次氯酸的浓度小, 根据越稀越电离, 则次氯酸的电离程度可能大于醋酸, 故 B 不符合题意;

C. 室温下, $K_{sp}(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10} = c(Ag^+) \cdot c(Cl^-)$, 则 $c(Ag^+) = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,
 $K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 2.0 \times 10^{-12} = c^2(Ag^+) \cdot c(CrO_4^{2-})$, 则 $c(Ag^+) = 2 \times \sqrt[3]{5 \times 10^{-4.33}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 铬酸银为砖红色沉淀, $AgNO_3$ 标准溶液滴定 Cl^- 时, 可采用 K_2CrO_4 作指示剂, 当氯离子滴定完后, 再滴定时会出现砖红色沉淀, 故 C 符合题意;

D. pH 相同的 HA 和 HB 溶液稀释相同倍数后, HA 的 pH 比 HB 的 pH 小, HA 稀释时又电离出氢离子, 导致氢离子浓度比 HB 的氢离子浓度大, 因此 HA 一定是弱酸, 故 D 不符合题意。

综上所述, 答案为 C。

6. X、Y、Z、W 是原子序数依次增大的短周期主族元素, X 是宇宙中含量最多的元素, Y 元素原子核外 s 能级上的电子总数与 p 能级上的电子总数相等, Z 元素原子半径在同周期中最大, 同周期中 W 元素基态原子未成对电子数最多, 下列说法中错误的是

- A. 简单氢化物的稳定性 $Y > W$
- B. 元素 Y、Z 简单离子半径大小的顺序为 $Y > Z$
- C. 元素 X、Z 均可与 Y 形成含非极性键的化合物
- D. 同周期主族元素第一电离能比 W 大的元素有两种

【答案】D

【解析】

【分析】X、Y、Z、W 是原子序数依次增大的短周期主族元素, X 是宇宙中含量最多的元素, 则 X 为 H 元素, Y 元素原子核外 s 能级上的电子总数与 p 能级上的电子总数相等, 则 Y 的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^4$, 为 8 号 O 元素, Z 的原子序数大于 O 元素, 且 Z 元素原子半径在同周期中最大, 则 Z 为 Na 元素, W 的原子序数大于 Na 元素, 且同周期中 W 元素基态原子未成对电子数最多, 则 W 为 P 元素, 综上所述, X、Y、Z、W 分别为 H、O、Na、P;

【详解】A. 元素非金属性越强, 其氢化物越稳定, 非金属性: $O > P$, 则简单氢化物的稳定性 $Y > W$, A 正确;

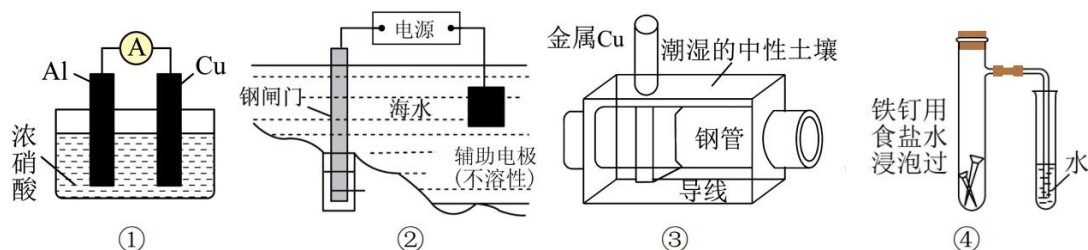
B. 元素 Y、Z 简单离子电子层均为两层, 而 Na 的原子序数大于 O, 则元素 Y、Z 简单离子半径大小的顺序为 $Y > Z$, B 正确;

C. 元素 X、Z 均可与 Y 形成含非极性键的化合物, 分别为 H_2O_2 、 Na_2O_2 , C 正确;

D. 同一周期元素从左到右第一电离能呈增大趋势, 而磷的 p 轨道呈半充满状态, 其第一电离能比硫大, 但比氯小, 则同周期主族元素第一电离能比 W 大的元素有一种, D 错误;

故选 D。

7. 关于下列四个装置有关说法正确的是



- A. 装置①可证明活泼性: $Al > Cu$
- B. 装置②中通电后外电路的电子被强制流向钢闸门
- C. 装置③可用于深埋在潮湿的中性土壤中钢管的防腐
- D. 装置④中铁钉发生吸氧腐蚀, 负极反应为 $Fe - 3e^- = Fe^{3+}$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 在浓硝酸中铝发生钝化，浓硝酸与铜反应，铜作负极，因此不能说明活泼性：Al > Cu，A 错误；

B. 装置②为外加电源的阴极保护法，电子从电源负极出发，先到阴极，再到阳极，通电后外电路的电子被强制流向钢闸门，B 正确；

C. 装置③中 Cu 与 Fe 形成原电池，Cu 为正极，Fe 为负极，Fe 被腐蚀，C 错误；

D. 装置④中铁钉处于中性环境发生吸氧腐蚀，负极反应为 $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ，D 错误；

故选 B。

8. H_2O 和 D_2O 存在平衡： $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{D}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{HDO}(\text{l})$ $\Delta H < 0$ ，已知在 298K 时，平衡常数

$K = \frac{c^2(\text{HDO})}{c(\text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{D}_2\text{O})} = 3.85$ 。华南理工大学顾成课题组最近开发一种新材料(W)，通过新材料吸附力不

同高效分离 H_2O 和 D_2O 。获得相同的吸附量(如 $30\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)时， D_2O 需要的时间至少是 H_2O 的 2.5 倍。

下列叙述正确的是

A. 308K 时，上述反应的平衡常数 $K > 3.85$

B. 达到平衡后增大 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的量，则 H_2O 的平衡转化率增大

C. 上述混合物通过 W 材料，HDO 平衡浓度降低

D. 298K 时，若 $c(\text{H}_2\text{O}) : c(\text{D}_2\text{O}) : c(\text{HDO}) = 1 : 1 : 2$ ，则反应向正反应方向进行

【答案】C

【解析】

【详解】A. 由题可知， $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{D}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{HDO}(\text{l})$ $\Delta H < 0$ ，正反应放热，且在 298K 时，平衡常数 $K = 3.85$ ，则 308K 时，相比 298K 时温度升高，平衡逆向移动，平衡常数 K 减小，即 $K < 3.85$ ，A 项错误；

B. $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 是纯液体，浓度视为常数，改变其用量，化学平衡不移动，则达到平衡后增大 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的量， H_2O 的平衡转化率不变，B 项错误；

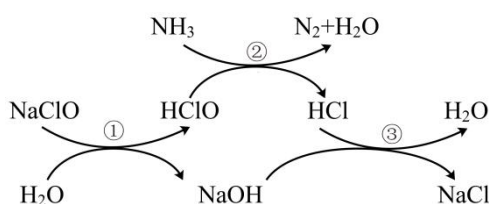
C. 由题可知，材料(W)通过新材料吸附力不同来高效分离 H_2O 和 D_2O ，获得相同的吸附量(如 $30\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)时， D_2O 需要的时间至少是 H_2O 的 2.5 倍，则上述混合物通过 W 材料， $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{D}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2\text{HDO}(\text{l})$ 的平衡逆向移动，HDO 的平衡浓度降低，C 项正确；

D. 298K 时，若 $c(\text{H}_2\text{O}) : c(\text{D}_2\text{O}) : c(\text{HDO}) = 1 : 1 : 2$ ， $Q_c = \frac{c^2(\text{HDO})}{c(\text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{D}_2\text{O})} = 4 > K = 3.85$ ，则反应

向逆反应方向进行，D 项错误；

答案选 C。

9. 用 NaClO 可除去水体中过量氨氮(以 NH_3 表示), 以防止水体富营养化, 其原理如图所示。下列有关叙述正确的是



- A. 反应②有极性键的断裂和极性键、非极性键的形成
- B. 基态氯原子价层电子的轨道表示式为 $3s^2 3p^5$
- C. NH_3 、 H_2O 、 OH^- 所含的质子数和电子数均相等
- D. H_2O 的 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ 键角大于 NH_3 的 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 键角

【答案】A

【解析】

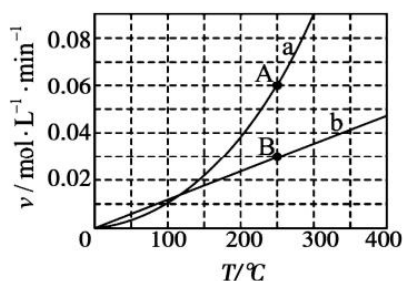
【详解】A. 反应②为 $4\text{NH}_3 + 6\text{HClO} = 6\text{HCl} + 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, 有极性键的断裂和极性键、非极性键的形成, A 正确;

B. 基态氯原子价层电子的轨道表示式为 $\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ \hline 3s & & 3p & & \end{array}$, B 错误;

C. NH_3 质子数为 10, H_2O 质子数为 10, OH^- 质子数为 9, C 错误;

D. H_2O 、 NH_3 中心原子的价层电子对数均为 4, H_2O 中心原子上孤电子对更多, 孤电子对对成键电子对排斥力更强, 孤电子对越多, 键角越小, H_2O 的 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ 键角小于 NH_3 的 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ 键角, D 错误; 故选 A。

10. 向密闭容器中充入 S_2Cl_2 、 Cl_2 和 SCl_2 , 发生反应 $\text{S}_2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SCl}_2(\text{g})$, S_2Cl_2 与 SCl_2 的初始消耗速率(v)与温度(T)的关系如图所示(图中 A、B 点处于平衡状态), 下列说法不正确的是



- A. b 为 $v(\text{S}_2\text{Cl}_2)$ 随温度的变化曲线
- B. 该反应达到平衡后, 升高温度, Cl_2 的体积分数减小
- C. 300°C 下反应一段时间, S_2Cl_2 的物质的量增多
- D. 反应达到平衡后压缩体积增大压强, 平衡不移动

【答案】B

【解析】

【详解】A. 图中 A、B 点处于平衡状态，由方程式 $\text{S}_2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SCl}_2(\text{g})$ 可知， $v(\text{SCl}_2) = 2v(\text{S}_2\text{Cl}_2)$ ，则 a 为 $v(\text{SCl}_2)$ 随温度的变化曲线，b 为 $v(\text{S}_2\text{Cl}_2)$ 随温度的变化曲线，故 A 正确；
B. 图中 A、B 点处于平衡状态，继续升高温度， SCl_2 的消耗速率大于 S_2Cl_2 的消耗速率的二倍，则平衡逆向移动， Cl_2 的体积分数增大，故 B 错误；
C. 由 B 分析可知，300℃ 下， SCl_2 的消耗速率大于 S_2Cl_2 的消耗速率的二倍，则平衡逆向移动，反应一段时间， S_2Cl_2 的物质的量增大，故 C 正确；
D. $\text{S}_2\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SCl}_2(\text{g})$ 是气体体积不变的反应，反应达到平衡后压缩体积增大压强，平衡不移动，故 D 正确；
故选 B。

二、选择题：本题共 5 小题，每小题 4 分，共 20 分。每小题有一个或两个选项符合题目要求，全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。

11. 常温下，下列有关电解质溶液的说法正确的是

- A. 硫酸溶液的导电能力一定比醋酸溶液的导电能力强
B. 分别用 pH=12 和 pH=11 的氨水中和等物质的量的盐酸，消耗氨水的体积分别为 V_a 和 V_b ，则 $10V_a > V_b$
C. pH=4.75 浓度均为 0.1mol/L 的 CH_3COOH 、 CH_3COONa 的混合溶液中：
$$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+) + c(\text{CH}_3\text{COOH})$$

D. pH=4 的 H_2S 溶液与 pH=10 的 NaOH 溶液等体积混合，所得混合溶液中：

$$c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{S}^{2-}) + c(\text{HS}^-)$$

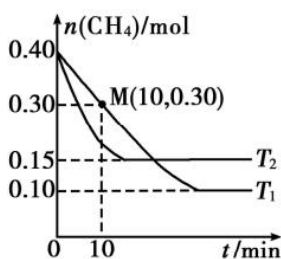
【答案】CD

【解析】

【详解】A. 没有确定溶液浓度，所以无法确定导电能力强弱，A 错误；
B. pH=12 的氨水浓度大于 10^{-2}mol/L ，pH=11 的氨水浓度大于 10^{-3}mol/L ，则中和等物质的量的盐酸，消耗氨水的体积 $V_a > 10V_b$ ，B 错误；
C. 由电荷守恒有： $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) + c(\text{Na}^+)$ ，由物料守恒 $2c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{CH}_3\text{COOH})$ ，将两式中的 $c(\text{Na}^+)$ 消去，可得 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + 2c(\text{OH}^-) = 2c(\text{H}^+) + c(\text{CH}_3\text{COOH})$ ，所以 $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) + c(\text{OH}^-) - c(\text{H}^+) - c(\text{CH}_3\text{COOH}) = c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-)$ ，因为 pH=4.75，故 $c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) > 0$ ，C 正确；
D. pH=4 的 H_2S 溶液与 pH=10 的 NaOH 溶液等体积混合后得到 NaHS、 H_2S 溶液，根据电荷守恒可得， $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{S}^{2-}) + c(\text{HS}^-)$ ，D 正确；
故答案为：CD。

12. 在温度为 T_1 和 T_2 时, 分别将 0.40molCH_4 和 1.0molNO_2 充入体积为 1L 的密闭容器中, 发生反应 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H$, $n(\text{CH}_4)$ 随反应时间的变化关系如图所示。

下列说法正确的是



- A. 该反应的 $\Delta H > 0$, $T_2 > T_1$
 B. T_2 温度下, NO_2 的平衡转化率为 50%
 C. T_2 温度下, 该反应的逆反应的平衡常数为 2.4
 D. T_1 温度下, 10min 末 CH_4 的反应速率为 $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

【答案】BC

【解析】

【详解】A. 根据图像可知, 温度高, 反应速率大, 先平衡, $T_2 > T_1$, 温度高甲烷的转化率低, 说明反应放热反应, $\Delta H < 0$, A 错误;

B. T_2 温度下, 平衡时参加反应的甲烷 $n(\text{CH}_4) = 0.25\text{mol}$, 参加反应的 NO_2 $n(\text{NO}_2) = 2n(\text{CH}_4) = 0.5\text{mol}$, NO_2 的平衡转化率为 $\frac{0.5\text{mol}}{1\text{mol}} \times 100\% = 50\%$, B 正确;

C. T_2 温度下, 列三段式:

	$\text{CH}_4(\text{g})$	$+ 2\text{NO}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{N}_2(\text{g})$	$+ \text{CO}_2(\text{g})$	$+ 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
起始量(mol/L)	0.4	1.0		0	0	0
转化量(mol/L)	0.25	0.5		0.25	0.25	0.5
平衡量(mol/L)	0.15	0.5		0.25	0.25	0.5

平衡常数 $K = \frac{0.25 \times 0.25 \times 0.5^2}{0.15 \times 0.5^2} = \frac{1}{2.4}$, 则该反应逆反应的平衡常数 $K_{\text{逆}} = \frac{1}{K} = 2.4$, C 正确;

D. T_1 温度下, 10min 内 CH_4 的平均反应速率为 $v(\text{CH}_4) = \frac{0.1\text{mol/L}}{10\text{min}} = 0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, D 错误;

故答案为: BC。

13. 下列说法不正确的是

A. 配制 FeCl_3 溶液时, 将 FeCl_3 固体加入适量蒸馏水中, 搅拌使其完全溶解

B. 室温下, 向 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水中加少量 NH_4Cl 固体, 溶液中 $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 减小

C. 相同温度下, 相同物质的量浓度的四种溶液: ① NaHCO_3 、② NaCl 、③ NaHSO_4 、④ CH_3COONa , 按 pH 由大到小的顺序排列为: ①>④>②>③

D. 相同温度下, pH 相同的三种溶液: ① $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、② NH_4Cl 、③ $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$, 按 $c(\text{NH}_4^+)$ 由大到小的顺序排列为: ①=②>③

【答案】A

【解析】

【详解】A. 配制 FeCl_3 溶液时, 应该将 FeCl_3 固体溶于浓盐酸中, 否则铁离子水解生成氢氧化铁, 无法获得氯化铁溶液, 故 A 错误;

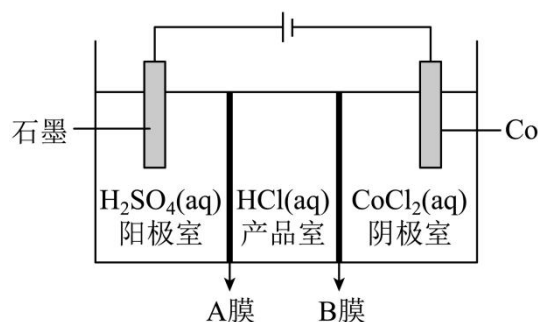
B. 向 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氨水中加入少量 NH_4Cl 固体, 铵根离子浓度增大, 氨水电离平衡逆向移动, $c(\text{OH}^-)$ 减小、 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 增大, 所以溶液中 $\frac{c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 减小, 故 B 正确;

C. ① NaHCO_3 是强碱弱酸盐, 水解显碱性; ② NaCl 是强酸强碱盐, 溶液呈中性; ③ NaHSO_4 电离出氢离子, 溶液呈酸性, ④ CH_3COONa 是强碱弱酸盐, 醋酸根离子水解导致溶液呈碱性; 而酸性 $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{HCO}_3^-$, 酸的酸性越弱, 酸根的水解能力越强, 故水解能力: $\text{CH}_3\text{COO}^- < \text{HCO}_3^- < \text{CO}_3^{2-}$, 故溶液的碱性 $\text{NaHCO}_3 > \text{CH}_3\text{COONa}$, 即 pH: ①>④>②>③, 故 C 正确;

D. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4Cl 均为强酸弱碱盐, NH_4^+ 发生水解反应使溶液呈酸性, 相同温度下 pH 相同, 则两者 $c(\text{NH}_4^+)$ 相等, $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 中铝离子会促进 NH_4^+ 的水解, 则 pH 相同时 $c(\text{NH}_4^+)$ 较小, 则 $c(\text{NH}_4^+)$: ①=②>③, 故 D 正确;

故选: A.

14. Co 是磁性合金的重要材料, 也是维生素重要的组成元素。工业上可用如下装置制取单质 Co 并获得副产品盐酸(A、B 均为离子交换膜)。下列说法正确的是



A. A 为阴离子交换膜, B 为阳离子交换膜

B. 若去掉膜 A, 石墨电极的电极反应不变

C. 当电路中转移 2 mol 电子时, 阳极产生 11.2 L O_2

D. 若产品室 $\Delta n(\text{HCl}) = 0.2 \text{ mol}$, 阴极溶液质量减少 13 g

【答案】D

【解析】

【分析】由图可知，Co 为阴极，电极反应式为 $\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Co}$ ，石墨为阳极，电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+$ ，据此作答。

【详解】A. 氯离子透过 B 膜进入盐酸溶液，故 B 膜为阴离子交换膜，阳极生成氢离子，氢离子透过 A 膜进入盐酸，故 A 膜为阳离子交换膜，A 错误；

B. 若去掉膜 A，则阳极室的电解质溶液为硫酸和盐酸的混合溶液，此时石墨电极的电极反应为：

$2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2\uparrow$ ，发生改变，B 错误；

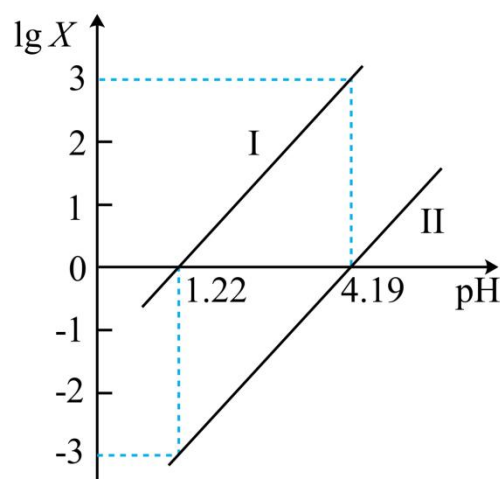
C. 根据电子守恒可知，当电路中转移 2mol 电子时，阳极产生 O_2 的物质的量为： $\frac{2\text{mol}}{4} = 0.5\text{mol}$ ，由于题干未告知气体所处的状态，故无法计算其体积，C 错误；

D. 若产品室 $\Delta n(\text{HCl}) = 0.2\text{mol}$ ，则有 0.2mol 氯离子透过交换膜 B 进入盐酸溶液，析出 $\text{Co} 0.1\text{mol}$ ，阴极室质量减少 $0.1\text{mol} \times 59\text{g/mol} + 0.2\text{mol} \times 35.5\text{g/mol} = 13\text{g}$ ，D 正确；

故答案为：D。

15. 草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)是一种二元弱酸。常温下，向 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中逐滴加入 NaOH 溶液，混合溶液中 $\lg X [X$

为 $\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$ 或 $\frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}$] 与 pH 的变化关系如图所示。下列说法正确的是



A. 直线 II 表示 $\lg \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}$ 随溶液 pH 的变化，且 $K_{a_2} = 10^{-4.19}$

B. pH=1.22 的溶液中： $2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{Na}^+)$

C. 当 pH=4.19 时，溶液中 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$

D. 已知：25℃时， $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离常数为 $10^{-4.69}$ ，则 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液呈碱性

【答案】AB

【解析】

【分析】草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)是一种二元弱酸, 第一步电离平衡常数大于第二步电离平衡常数, $\lg X=0$ 时,

$$\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}=1, \quad \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}=1, \quad \text{pH}=1.22 \text{ 和 } \text{pH}=4.19, \text{ 则曲线 I 是 } \lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}, \text{ 曲线 II 是}$$

$$\lg \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}.$$

【详解】A. 根据前面分析直线 II 表示 $\lg \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}$ 随溶液 pH 的变化, $\text{pH}=4.19$,

$$K_{a_2} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)} = 10^{-4.19}, \text{ 故 A 正确;}$$

B. $\text{pH}=1.22$ 的溶液中, 根据电荷守恒得到 $2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + c(\text{OH}^-) = c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+)$, 溶液呈酸性, 因此有 $2c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) + c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{Na}^+)$, 故 B 正确;

C. 当 $\text{pH}=4.19$ 时, $\lg \frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}=0$, 则有 $\frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}=1$, $\lg \frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}=3$, $\frac{c(\text{HC}_2\text{O}_4^-)}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}=1000$,

$\frac{c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}=1000$, 则溶液中 $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) < c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$, 故 C 错误;

D. 已知: 25°C 时, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离常数为 $10^{-4.69}$, 氨水的电离平衡常数小于草酸氢根的电离平衡常数, 根据“谁强显谁性”即谁相对强, 显谁的性质, 则 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液呈酸性, 故 D 错误。

综上所述, 答案为 AB。

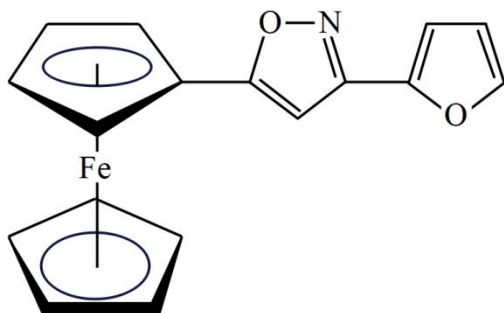
三、非选择题: 本题共 5 小题, 共 60 分。

16. 2022 年央视春晚的舞蹈剧《只此青绿》灵感来自北宋卷轴画《千里江山图》, 该卷长 11.91 米, 颜色绚丽, 由石绿、雌黄、赭石、砗磲、朱砂等颜料绘制而成。颜料中经常含有铜、锌、钛、铁等元素。

(1) 写出 Zn 所在元素周期表中的分区是_____区; 基态 Ti 原子的价电子排布式_____; 基态 Cu^{2+} 核外电子的空间运动状态有_____种, 基态铁原子处在最高能层的电子的电子云形状为_____。

(2) NH_3 、 PH_3 、 AsH_3 的键角由大到小的顺序为_____。

(3) 一种新研发出的铁磁性材料 M 的分子结构如图所示。



①M 分子中 C、N、O 三种元素的电负性由大到小的顺序为_____。

②M 分子中 Fe^{2+} 共提供 6 个杂化轨道，则铁原子可能的杂化方式为_____ (填序号)。

A. sp^2 B. sp^3 C. dsp^2 D. d^2sp^3

【答案】 (1) ①. ds ②. $3\text{d}^24\text{s}^2$ ③. 14 ④. 球形

(2) $\text{NH}_3 > \text{PH}_3 > \text{AsH}_3$

(3) ①. $\text{O} > \text{N} > \text{C}$ ②. D

【解析】

【小问 1 详解】

Zn 是 30 号元素，属于 II B 族元素，在元素周期表中的分区是 ds 区；Ti 是 22 号元素，基态 Ti 原子的价电子排布式 $3\text{d}^24\text{s}^2$ ；基态 Cu^{2+} 核外电子排布为 $1\text{s}^22\text{s}^22\text{p}^63\text{s}^23\text{p}^63\text{d}^9$ ，电子占据 14 个轨道，空间运动状态有 14 种；基态铁原子处在最高能层的电子在 4s 能级，电子云形状为球形。

【小问 2 详解】

N、P、As 原子半径依次增大， NH_3 、 PH_3 、 AsH_3 分子中成键电子对之间的排斥作用减小，所以键角依次减小，键角由大到小的顺序为 $\text{NH}_3 > \text{PH}_3 > \text{AsH}_3$ ；

【小问 3 详解】

①同周期元素从左到右，元素电负性依次增大，C、N、O 三种元素的电负性由大到小的顺序为 $\text{O} > \text{N} > \text{C}$ 。

② sp^2 有 3 个杂化轨道， sp^3 有 4 个杂化轨道， dsp^2 有 4 个杂化轨道， d^2sp^3 有 6 个杂化轨道，M 分子中 Fe^{2+} 共提供 6 个杂化轨道，则铁原子可能的杂化方式为 d^2sp^3 ，选 D。

17. 根据所学知识，回答下列问题

(1) 在 25°C 、 101kPa 下， $16\text{gCH}_3\text{OH}$ 完全燃烧生成 CO_2 气体和液态水时放出 363.25kJ 的热量，则表示甲醇燃烧热的热化学方程式为_____。

(2) 将二氧化碳转化为高附加值碳基燃料有利于实现人类活动的“碳中和”。

已知：① $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_1 = -802\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；

② $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_2 = -484\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；

③ $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = a\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

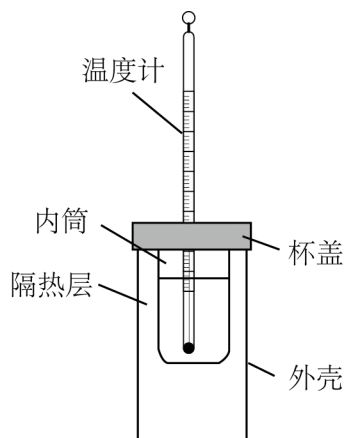
又知相关化学键的键能数据如下表所示。

化学键	H-H	C=O	H-O	C-H
$E / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	436	745	463	x

则 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $x = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 用如图所示的装置测定中和反应反应热。

实验药品： $50\text{mL}0.50\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸、 $50\text{mL}0.55\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 溶液。



实验步骤：略。回答下列问题。

①从实验装置上看，还缺少_____。

②加入 NaOH 溶液的正确操作是_____ (填字母)。

- A. 沿玻璃棒缓慢加入 B. 分三次均匀加入
C. 一次迅速加入 D. 用滴定管小心滴加

③若实验中改用 60mL 0.50mol/L 的盐酸与 50mL 0.55mol/L 的氢氧化钠溶液进行反应，与上述实验相比，所放出的热量_____ (填“相等”或“不相等”)，若实验操作均正确，则生成 1mol 水时的反应热_____ (填“相等”或“不相等”)。

④强酸与强碱的稀溶液发生中和反应的热化学方程式： $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$\Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

a. 向 NaOH 溶液中加入稀醋酸；

b. 向 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中加入稀硫酸；

c. 向 NaOH 溶液中加入稀硝酸；

当反应均生成 1mol 水时的热效应 ΔH_a 、 ΔH_b 、 ΔH_c 由大到小的关系_____。

【答案】 (1) $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -726.5 \text{ kJ/mol}$

(2) ①. -166 ②. 387

(3) ①. 环形玻璃搅拌棒 ②. C ③. 不相等 ④. 相等 ⑤. $\Delta H_a > \Delta H_c > \Delta H_b$

【解析】

【小问 1 详解】

16g CH_3OH 的物质的量为 $\frac{16\text{g}}{32\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$ ，16g CH_3OH 完全燃烧生成 CO_2 气体和液态水时放出

363.25kJ 的热量，则表示甲醇燃烧热的热化学方程式为 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$\Delta H = -726.5 \text{ kJ/mol};$$

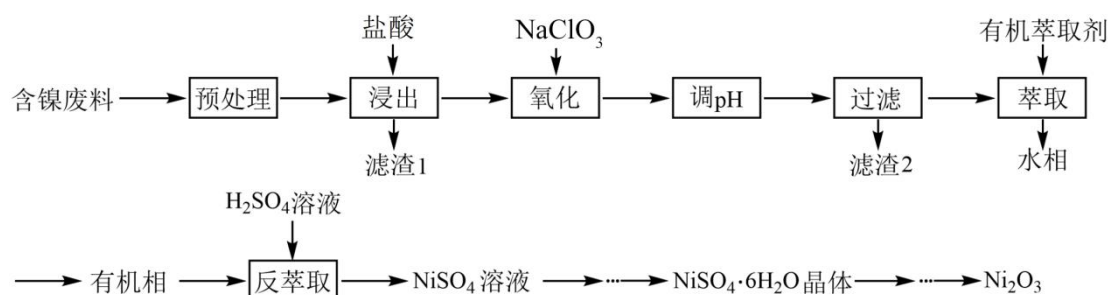
【小问 2 详解】

根据盖斯定律可知, $\Delta H = akJ \cdot mol^{-1} = 2\Delta H_2 - \Delta H_1 = [2 \times (-484) - (-802)] kJ \cdot mol^{-1} = -166 kJ \cdot mol^{-1}$, 根据反应热=反应物键能之和-生成物键能之和可知, $\Delta H = 2 \times 745 + 4 \times 436 - 4x - 4 \times 463 = -166 kJ/mol$, 解得 $x=387$;

【小问 3 详解】

- ①实验需将酸碱溶液混合均匀, 则从实验装置上看, 还缺少环形玻璃搅拌棒;
- ②为了防止热量散失, 导致所测热量不准确, 加入 NaOH 溶液的正确操作是一次迅速加入, 故选 C;
- ③若实验中改用 60mL 0.50mol/L 的盐酸与 50mL 0.55mol/L 的氢氧化钠溶液进行反应, 与上述实验相比, 反应生成水的物质的量不相同, 则所放出的热量不相等, 若实验操作均正确, 则生成 1mol 水时的反应热相等;
- ④当反应均生成 1mol 水时, 稀醋酸为弱电解质, 电离需消耗一部分热量, 导致所测的热量偏小, 则 $\Delta H_a > \Delta H$, 向 $Ba(OH)_2$ 溶液中加入稀硫酸, 除了生成水还会生成沉淀硫酸钡, 生成硫酸钡沉淀会放出一部分热量, 导致所测的热量偏大, 则 $\Delta H_b < \Delta H$, 向 NaOH 溶液中加入稀硝酸, 只生成水, 无其它热量消耗或放出, 则 $\Delta H_c = \Delta H$, 故热效应 ΔH_a 、 ΔH_b 、 ΔH_c 由大到小的关系 $\Delta H_a > \Delta H_c > \Delta H_b$ 。

18. 三氧化二镍(Ni_2O_3)是重要的电子元件和蓄电池材料, 工业上利用含镍废料(主要含金属 Ni、Al、Fe 及其氧化物、 SiO_2 、C 等)回收其中的镍并制备 Ni_2O_3 的工艺流程如下所示:



已知: ①在该实验条件下 $NaClO_3$ 、 Fe^{3+} 不能氧化 Ni^{2+} 。

②溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH 如下表所示:

金属离子	Ni^{2+}	Al^{3+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}
开始沉淀时的 pH	6.8	3.7	2.2	7.5
完全沉淀时($c = 1.0 \times 10^{-5} mol \cdot L^{-1}$)的 pH	8.7	4.7	3.2	9.0

③反萃取的反应原理为 $NiR_2 + 2H^+ \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2HR$

- 滤渣 1 的主要成分为_____ (填化学式)。
- “氧化”时主要反应的离子方程式是_____。
- 利用上述表格数据, 计算 $Al(OH)_3$ 的 $K_{sp} =$ _____, “调 pH”应控制的 pH 范围是_____。
- 向有机相中加入 H_2SO_4 溶液能进行反萃取的原因为_____ (结合平衡移动原理解释)。
- 资料显示, 硫酸镍结晶水合物的形态与温度有如下关系:

温度	低于 30.8℃	30.8℃ ~ 53.8℃	53.8℃ ~ 280℃	高于 280℃
晶体形态	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	多种结晶水合物	NiSO_4

从 NiSO_4 溶液获得稳定的 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体的操作依次是蒸发浓缩、_____、过滤、洗涤、干燥得到 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体。

(6) 某化学镀镍试剂的化学式为 $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2$ 。为测定该镀镍试剂的纯度，进行如下实验：

I. 称量 40.0g 该镀镍试剂，配制成 100mL 溶液 A；

II. 准确量取 10.00mL 溶液 A，用 $0.40\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 EDTA ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$) 标准溶液滴定其中的 Ni^{2+} (离子方程式为 $\text{Ni}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} = \text{NiY}^{2-} + 2\text{H}^+$)，消耗 EDTA 标准溶液 25.00mL；

① 配制 100mL 溶液 A 时，需要的仪器除药匙、托盘天平、玻璃棒、烧杯、量筒、胶头滴管外，还需要_____。

② 该镀镍试剂的纯度为_____。

【答案】 (1) SiO_2 、C

(2) $6\text{H}^+ + \text{ClO}_3^- + 6\text{Fe}^{2+} = 6\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$

(3) ①. $1.0 \times 10^{-32.9}$ ②. $4.7 < \text{pH} < 6.8$

(4) 根据 $\text{NiR}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 2\text{HR}$ 可知：加入 H_2SO_4 使 $c(\text{H}^+)$ 增大，化学平衡向右移动，产生更多 NiSO_4

(5) 冷却至 30.8℃ ~ 53.8℃ 之间时结晶

(6) ①. 100mL 容量瓶 ②. 71.75%

【解析】

【分析】含镍废料用酒精进行预处理可除去镍表面的油污，然后用硫酸酸浸，可反应产生 Ni^{2+} ， Al^{3+} ， Fe^{2+} ， Fe^{3+} 的酸性溶液，而 SiO_2 ，C 不能发生反应进入滤渣 1 中，过滤后向滤液中加入 NaClO_3 ，能够将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，然后加入 NiO 调整溶液 pH 为 $4.7 < \text{pH} < 7.2$ ，使 Al^{3+} ， Fe^{3+} 形成氢氧化铝，氢氧化铁沉淀进入滤渣 2 中，向滤液中加入有机萃取剂萃取 NiSO_4 ，再向有机相中加入硫酸溶液进行反萃取，得到 NiSO_4 溶液，经一系列处理得到 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，再经一系列处理可得到 Ni_2O_3 ；

【小问 1 详解】

经分析可知滤渣 1 的主要成分为 SiO_2 ，C；

【小问 2 详解】

NaClO_3 ，能够将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ，氧化时的离子方程式为 $6\text{H}^+ + \text{ClO}_3^- + 6\text{Fe}^{2+} = 6\text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ ；

【小问 3 详解】

① $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的溶度积常数

$$K_{\text{sp}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = c(\text{Al}^{3+})c^3(\text{OH}^-) = 1.0 \times 10^{-5} \left(\frac{10^{-14}}{10^{-4.7}} \right)^3 = 1.0 \times 10^{-5} (10^{-9.3})^3 = 1.0 \times 10^{-32.9} ;$$

②根据表格数据可知 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的溶度积常数 $K_{\text{sp}}[\text{Ni}(\text{OH})_2] = c(\text{Ni}^{2+})c^2(\text{OH}^-) = 0.010(\frac{10^{-14}}{10^{-7.2}})^2 = 10^{-15.6}$,

若“氧化”后溶液中 Ni^{2+} 浓度为 0.1mol/L , 则

$$c^2(\text{OH}^-) = \frac{10^{-15.6}}{0.1} (\text{mol/L})^2 = 10^{-14.6} (\text{mol/L})^2; c(\text{OH}^-) = 10^{-7.3} \text{mol/L}, c(\text{H}^+) = 10^{-6.7} \text{mol/L}, \text{此时溶液 pH}=6.7,$$

故应调 pH 使 Al^{3+} , Fe^{3+} 形成沉淀, Ni^{2+} 不形成沉淀, 控制 pH 范围是 $4.7 < \text{pH} < 6.7$;

【小问 4 详解】

根据 $\text{NiR}_2 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+} + 2\text{HR}$ 可知: 向有机相中加入硫酸, 使溶液中 $c(\text{H}^+)$ 增大, 化学平衡向右移动, 可以产生更多 NiSO_4 ;

【小问 5 详解】

根据表格数据可知: 从 NiSO_4 溶液获得 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 晶体的操作依次是蒸发浓缩, 冷却至 $30.8^\circ\text{C} \sim 53.8^\circ\text{C}$ 之间时结晶, 过滤, 洗涤, 干燥得到 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

【小问 6 详解】

①配置 100mL 溶液, 需要的仪器除药匙、托盘天平、玻璃棒、烧杯、量筒、胶头滴管外, 还需要 100mL 容量瓶;

②根据 $\text{Ni}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} = \text{NiY}^{2-} + 2\text{H}^+$ 消耗 EDTA 的物质的量为 $n=cV=0.4\text{mol/L} \times 0.025\text{L}=0.01\text{mol}$;

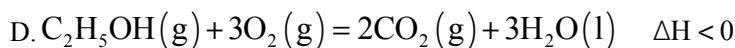
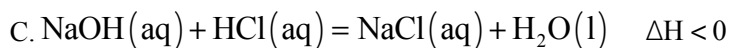
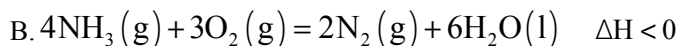
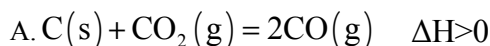
$n(\text{Ni}^{2+})=n(\text{EDTA})=0.01\text{mol}$, $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2$ 的质量为

$$m_{(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2} = (n_{(\text{Ni}^{2+})} M_{(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2} \times 10) \text{g} = (0.01 \times 287 \times 10) \text{g} = 28.7\text{g}, \text{镀镍试剂的纯度为}$$

$$\frac{28.7\text{g}}{40\text{g}} 100\% = 71.75\%.$$

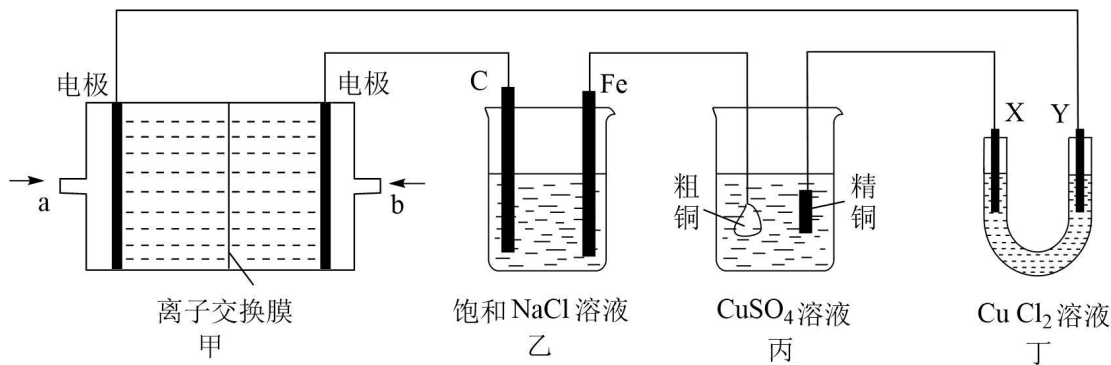
19. I. 能源的开发、利用与人类社会的可持续发展息息相关, 充分利用好能源是摆在人类面前的重大课题。

(1) 依据原电池的构成原理, 下列化学反应在理论上可以设计成原电池的是_____ (填字母)



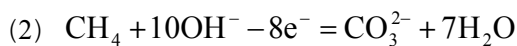
若以稀硫酸为电解质溶液, 则原电池的正极反应式为_____。

II. 如图所示的装置, X、Y 都是惰性电极。将电路接通后, 向乙中滴入酚酞溶液, 在 Fe 极附近显红色。试回答下列问题:

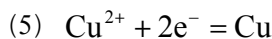


- (2) 甲装置是甲烷燃料电池(电解质溶液为 KOH 溶液)的结构示意图, 电极 a 上发生的电极反应是_____。
- (3) 在乙装置中, 总反应的离子方程式是_____。
- (4) 如果丙装置中精铜电极的质量增加了 6.4g, 则甲装置中标准状况下消耗的 CH_4 的体积为_____。
- (5) 工作时, 丁装置 Y 电极上发生的电极反应是_____。

【答案】 (1) ①. BD ②. $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$



(4) 0.56L 或 560mL



【解析】

【分析】 将电路接通后, 向乙中滴入酚酞溶液, 在 Fe 极附近显红色, 说明 Fe 为阴极, C 为阳极, 甲为原电池装置, 丙和丁都是电解池装置;

【小问 1 详解】

依据原电池的构成原理, 自发进行的放热的氧化还原反应在理论上可以设计成原电池的是, A 是吸热反应, C 是非氧化还原反应, BD 是能自发进行的氧化还原反应, 故选 BD; 若以稀硫酸为电解质溶液, O_2 在正极得电子生成水, 电极反应式为 $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ 。

【小问 2 详解】

将电路接通后, 向乙中滴入酚酞溶液, 在 Fe 极附近显红色, 说明 Fe 为阴极, C 为阳极, 甲装置左边为负极, 右边为正极, 即则 a 处通入的是 CH_4 , 电极上发生的电极反应式是 $\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- - 8\text{e}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$;

【小问 3 详解】

乙为电解饱和食盐水, 其总反应的离子方程式是: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{通电}} \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$;

【小问 4 详解】

丙装置中精铜电极方程式为: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$, 若该电极质量增加了 6.4 g, 则生成 Cu 的物质的量为

$$n = \frac{m}{M} = \frac{6.4\text{g}}{64\text{g/mol}} = 0.1\text{mol}, \text{ 转移 } 0.2\text{mol 电子, 甲装置中 a 处通入的是 } \text{CH}_4, \text{ 电极上发生的电极反应式是}$$

$\text{CH}_4 + 10\text{OH}^- - 8\text{e}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ ，转移 0.2mol 电子时，消耗 0.025mol CH_4 ，体积为

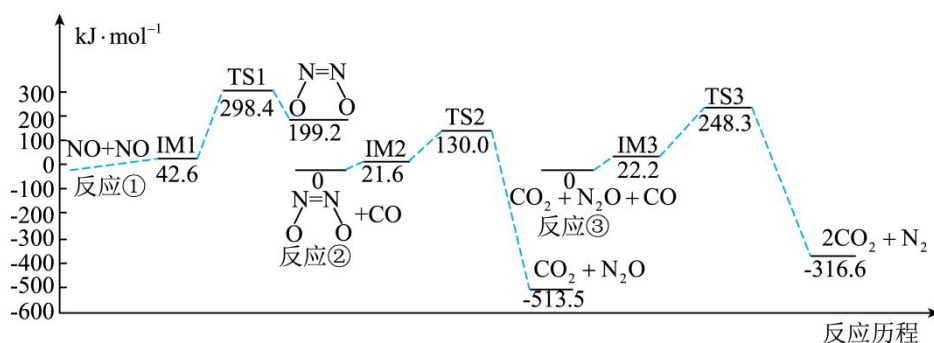
$$V = nV_m = 0.025\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 0.56\text{L};$$

【小问 5 详解】

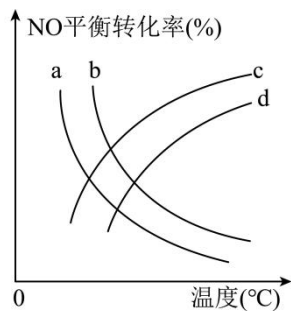
丁装置 Y 为阴极，铜离子得电子生成铜，其电极上发生的电极反应式是 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ 。

20. 汽车尾气是否为导致空气质量问题的主要原因，由此引发的“汽车限行”争议，是当前备受关注的社会性科学议题。

(1) 反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -620.9\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 可有效降低汽车尾气污染物的排放。一定条件下该反应经历三个基元反应阶段，反应历程如下图所示(TS 表示过渡态、IM 表示中间产物)。三个基元反应中，属于放热反应的是_____ (填标号①、②或③)，决速步是图中_____ (填标号①、②或③)。



(2) 探究温度、压强(2MPa、5MPa)对反应 $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ 的影响，如图所示，表示 2MPa 的是_____ (填标号 a、b、c、或 d)。



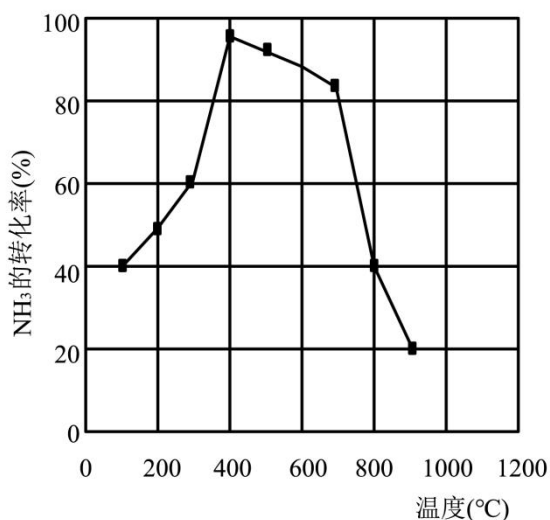
(3) 在一定温度下向容积为 2L 的密闭容器中加入 0.5mol NO、0.5mol CO，此时容器总压为 $1 \times 10^5 \text{Pa}$ ，发生上述反应，4min 时达平衡，此时测得氮气的物质的量为 0.2mol，则 0 ~ 4min 内用 CO_2 的分压变化量表示的平均速率为_____ $\text{Pa} \cdot \text{min}^{-1}$ 。[已知 $p(\text{CO}_2) = x(\text{CO}_2) \cdot p$ ，其中 p 为平衡总压， $x(\text{CO}_2)$ 为平衡系统中 CO_2 的物质的量分数]。

(4) 用 NH_3 可催化消除 NO 污染: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 6\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 5\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H < 0$

①某条件下该反应速率 $v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot c^4(\text{NH}_3) \cdot c^6(\text{NO})$ ， $v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} c^a(\text{N}_2) \cdot c^b(\text{H}_2\text{O})$ ，该反应的平衡常数

$$K = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}}$$
，则 a=_____， b=_____。

②一定温度下，在体积为 1L 的恒容密闭容器中加入 4molNH₃ 和 6molNO 发生上述反应，若在相同时间内测得 NH₃ 的转化率随温度的变化曲线如图，700℃ ~ 900℃ 之间 NH₃ 的转化率急剧下降的原因是_____。



【答案】 (1) ①. ②③ ②. ①

(2) a (3) 1×10^4

(4) ①. 5 ②. 0 ③. 700℃ 以后，催化剂活性降低或失活，反应速率急剧下降导致转化率迅速变小

【解析】

【小问 1 详解】

反应物的总能量高于生成物的总能量为放热反应，则放热反应为②③；反应的快慢是由慢反应决定的，反应所需的活化能越大，反应越慢，从图中可以看出 TS1 的活化能最大，决速步是图中①；

【小问 2 详解】

该反应为气体体积减小的放热反应，升高温度，平衡向逆反应方向移动，一氧化氮转化率减小，增大压强，平衡向正反应方向移动，一氧化氮转化率增大，则曲线 a 是表示 2 MPa 的曲线；

【小问 3 详解】

在一定温度下向容积为 2L 的密闭容器中加入 0.5molNO、0.5molCO，此时容器总压为 1×10^5 Pa，发生上述反应，4min 时达平衡，此时测得氮气的物质的量为 0.2mol，根据三段式进行计算：

	$2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$			
起始量 / mol	0.5	0.5	0	0
转化量 / mol	0.4	0.4	0.2	0.4
平衡量 / mol	0.1	0.1	0.2	0.4

则 0~4min 内用 CO₂ 的分压表示的平均速率为 $\frac{0.4\text{mol}}{1\text{mol}} \times 1 \times 10^5 \text{ Pa} = 1 \times 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

【小问 4 详解】

①根据反应方程式可知，反应的平衡常数 $K = \frac{c^5(N_2)c^0(H_2O)}{c^4(NH_3)c^6(NO)}$ ；反应达到平衡时，正逆反应速率相等，

$$v_{\text{正}} = k_{\text{正}} \cdot c^4(NH_3) \cdot c^6(NO) = v_{\text{逆}} = k_{\text{逆}} c^a(N_2) \cdot c^b(H_2O), \text{ 所以}$$

$$K = \frac{k_{\text{正}}}{k_{\text{逆}}} = \frac{c^a(N_2)c^b(H_2O)}{c^4(NH_3)c^6(NO)} = \frac{c^5(N_2)c^0(H_2O)}{c^4(NH_3)c^6(NO)}, \text{ 所以 } a=5, b=0;$$

②根据反应分析，该反应为放热反应，升高温度，平衡向逆反应方向移动，400℃ ~ 700℃ 间，温度升高，平衡逆移，氨气的转化率减小；700℃ 以后，催化剂活性降低或失活，反应速率急剧下降导致转化率迅速变小。