

无锡市第一中学 2023~2024 学年度第二学期期中试卷

高一化学

可能用到的相对原子质量：H-1 C-12 N-14 O-16 Ca-40 Fe-56 Cu-64

一、单项选择题(本大题共 13 小题，每小题 3 分，总计 39 分，每小题只有一个选项符合题意。)

1. 科教兴国，“可上九天揽月，可下五洋捉鳖”。下列说法不正确的是

- A. 用于火箭发动机的高温结构陶瓷一般用碳化硅、氮化硅或某些金属氧化物在高温下烧结而成
- B. 广泛应用的光导纤维、半导体材料均以二氧化硅为原料生产而成
- C. 传统无机非金属材料：陶瓷、玻璃、水泥的生产都需要高温，且都发生复杂的物理化学变化
- D. 富勒烯是由碳原子构成的一系列笼形分子的总称，其中的 C_{60} 是富勒烯的代表物。 C_{60} 和 ^{12}C 同属 C 元素的不同位素。

【答案】D

【解析】

【详解】A. 以碳化硅、氮化硅或某些金属氧化物等在高温下烧结的高温结构陶瓷是性能优良的新型无机非金属材料，A 正确；

B. 光纤维的主要成分是二氧化硅，半导体材料的主要成分是单质硅，两者都可以以二氧化硅为原料生产而成，B 正确；

C. 陶瓷、玻璃、水泥的生产都是高温下发生的复杂的物理化学变化，C 正确；

D. C_{60} 是单质，和 ^{12}C 不互为同位素，D 错误；

故选 D。

2. 下列有关物质的性质与用途具有对应关系的是

- A. N_2 性质稳定，工业生产金属镁时，为防止其氧化，可以用 N_2 作保护气
- B. NH_3 易溶于水，可用作制冷剂
- C. 氨水具有碱性，可用于去除烟气中的 SO_2
- D. HNO_3 具有氧化性，可用于生产氮肥 NH_4NO_3

【答案】C

【解析】

【详解】A. N_2 性质稳定，但金属镁可以在氮气中燃烧，生成氮化镁，故生产金属镁时，不可以用 N_2 作保护气，A 错误；

D. SO_2 与 FeCl_3 溶液反应的离子方程式: $\text{SO}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+$

【答案】C

【解析】

【详解】A. 煅烧硫铁矿获得 SO_2 , 反应的化学方程式为: $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$, 故 A 正确;

B. 接触室中 SO_2 被氧化生成三氧化硫, 反应的化学方程式为: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3$, 故 B 正确;

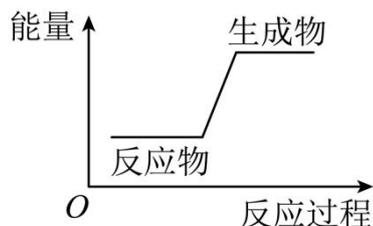
C. 用少量氨水吸收尾气中的 SO_2 反应生成亚硫酸氢铵, 反应的离子方程式为: $\text{SO}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_3^-$, 故 C 错误;

D. SO_2 与 FeCl_3 溶液反应生成硫酸、氯化亚铁和盐酸, 反应的离子方程式为:

$\text{SO}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+$, 故 D 正确。

答案选 C。

5. 下列反应前后物质的总能量变化可用如图表示的是



A. 盐酸与氢氧化钠溶液的反应

B. 生石灰和水的反应

C. 石灰石在高温下的分解反应

D. 木炭在氧气中燃烧

【答案】C

【解析】

【详解】A. 中和反应放热, 盐酸与氢氧化钠溶液的反应是放热反应, 生成物的总能量低于反应物总能量, 故不选 A;

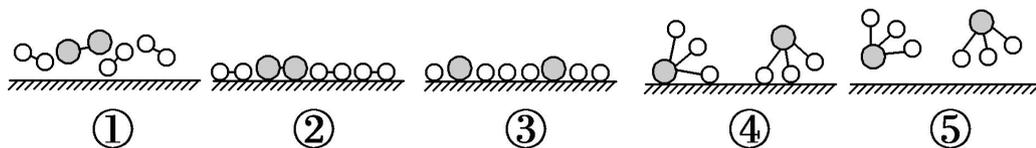
B. 生石灰和水的反应放出能量, 生成物的总能量低于反应物总能量, 故不选 B;

C. 石灰石在高温下分解为氧化钙和二氧化碳, 该反应吸热, 生成物的总能量高于反应物总能量, 故选 C;

D. 木炭在氧气中燃烧, 反应放热, 生成物的总能量低于反应物总能量, 故不选 D;

选 C。

6. N_2 和 H_2 在催化剂表面合成氨的微观历程示意图如下, 已知 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 属于放热反应。下列说法正确的是



- ① ② ③ ④ ⑤
- A. ②→③过程中形成了非极性共价键
 B. ③→④是吸热过程
 C. 合成氨反应中，反应物总能量大于生成物总能量
 D. 合成氨反应中，反应物断键吸收的能量大于生成物成键释放的能量

【答案】C

【解析】

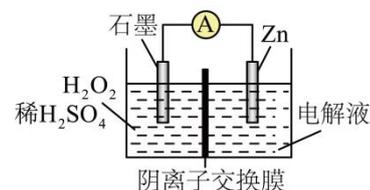
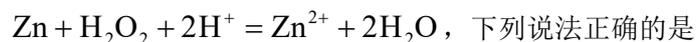
【详解】A. ②→③过程是化学键断裂的过程，A 错误；

B. ③→④过程，N 原子和 H 原子形成了化学键，为放热过程，B 错误；

C. 合成氨反应是放热反应，说明反应物总能量大于生成物总能量，C 正确；

D. 合成氨反应是放热反应，则反应物断键吸收的能量小于生成物形成新键释放的能量，D 错误；
 故选 C。

7. 某电池的工作原理如图所示，阴离子交换膜只允许阴离子通过，总反应为：



- A. 石墨为电池的负极 B. 电子由 Zn 电极经外电路流向石墨电极
 C. Zn 极发生还原反应 D. 电池工作时，H₂O₂ 被氧化

【答案】B

【解析】

【分析】从图中可以看出，右侧 Zn 电极为负极，左侧石墨电极为正极。

【详解】A. 由分析可知，左侧石墨电极为原电池的正极，A 不正确；

B. 原电池工作时，电子由负极沿导线流入正极，则电子由 Zn 电极经外电路流向石墨电极，B 正确；

C. Zn 极为负极，Zn 失电子发生氧化反应，C 不正确；

D. 电池工作时，正极发生反应 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$ ，H₂O₂ 得电子被还原，D 不正确；

故选 B。

8. 下列措施对增大反应速率有效的是

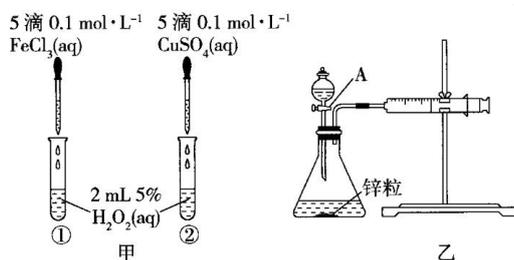
- A. 在 K_2SO_4 与 $BaCl_2$ 两溶液反应时，增大压强
- B. Zn 与稀硫酸反应制取氢气时，将稀硫酸改用浓硫酸
- C. N_2 与 H_2 合成氨气时，适当提高体系的温度
- D. Na 与水反应时，增大水的用量

【答案】C

【解析】

- 【详解】A. 反应在溶液中进行，没有气体参加，增大压强不能改变反应速率，故 A 不符合题意；
- B. 浓硫酸具有强氧化性，Zn 与稀硫酸反应制取氢气时，将稀硫酸改用浓硫酸会生成二氧化硫，得不到氢气，故 B 不符合题意；
- C. 升高温度可以增大反应速率， N_2 与 H_2 合成氨气时，适当提高体系的温度对增大反应速率有效，故 C 符合题意；
- D. 增加水的量，但浓度不变，反应速率不变，故 D 不符合题意；
- 答案选 C。

9. 为比较 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 对 H_2O_2 分解反应的催化效果，甲、乙两位同学分别设计了如图甲、乙所示的实验。下列叙述不正确的是



- A. 图甲所示实验可通过观察产生气泡的快慢来比较反应速率的大小
- B. 若图甲所示实验中反应速率： $① > ②$ ，则一定说明 Fe^{3+} 比 Cu^{2+} 对 H_2O_2 分解催化效果好
- C. 用图乙装置测定反应速率，可测定反应产生的气体体积及反应时间
- D. 为检查图乙所示装置的气密性，可关闭 A 处旋塞，将注射器活塞拉出一定距离，一段时间后松开活塞，观察活塞是否回到原位

【答案】B

【解析】

- 【详解】A. 反应速率可以通过观察产生气泡的快慢来判断，则图甲所示实验可通过观察产生气泡的快慢来比较反应速率的大小，A 正确；
- B. 甲中 2 个试管中加入分别加入 $FeCl_3$ 溶液和硫酸铜溶液，阴离子不同，无法排除阴离子干扰，不能确定

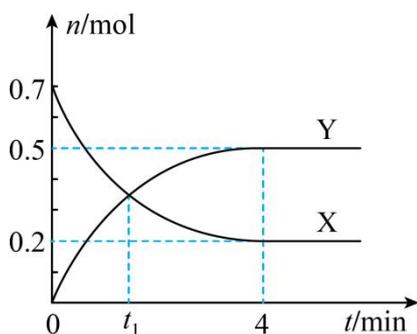
Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 对 H_2O_2 分解的催化效果，B 错误；

C. 反应速率可以用单位时间内产生气体的体积表示，要测定反应速率，需要记录反应产生的气体体积及反应时间，C 正确；

D. 关闭 A 处活塞，将注射器活塞拉出一定距离，若气密性不好，活塞不能回到原位，若气密性良好，活塞能回到原位，D 正确；

故答案选 B。

10. 在一恒温恒容密闭容器中发生 X、Y 两种气体间的转化反应，X、Y 物质的量随时间变化的曲线如图所示。下列说法正确的是



A. 该反应的化学方程式为 $2\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons 5\text{Y}(\text{g})$

B. t_1 时，该反应的 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$

C. 4min 时反应达到化学平衡，反应停止

D. 若其他条件不变，减小容器体积，化学反应速率加快

【答案】D

【解析】

【详解】A. X 反应过程中 X 减少，为反应物；Y 增加，为生成物；4min 时达到平衡，X 的改变量为 0.5mol，Y 的改变量为 0.5mol，反应的化学方程式为 $\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Y}(\text{g})$ ；故 A 错误；

B. t_1 时，该反应未达到平衡， $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ ，故 B 错误；

C. 4min 时反应达到化学平衡，反应没有停止，故 C 错误；

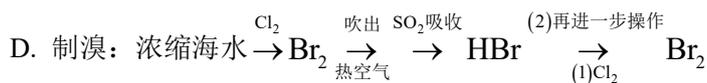
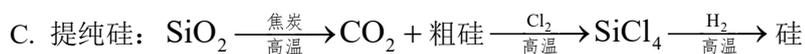
D. 若其他条件不变，减小容器体积，反应物的浓度增大，化学反应速率加快，故 D 正确。

答案选 D。

11. 下列物质的生产流程合理的是：

A. 工业制硝酸： $\text{N}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{O}_2} \text{NO} \xrightarrow[\text{H}_2\text{O}]{\text{O}_2} 50\% \text{HNO}_3 \xrightarrow[\text{蒸馏}]{\text{Mg}(\text{NO}_3)_2} \text{浓 HNO}_3$

B. 制取镁：浓缩海水 $\xrightarrow{\text{Ca}(\text{OH})_2} \text{Mg}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{盐酸}} \text{MgCl}_2 \text{ 溶液} \xrightarrow{\text{电解}} \text{金属 Mg}$



【答案】D

【解析】

【详解】A. 制备硝酸需要用氨气催化氧化生成 NO，NO 和氧气反应生成 NO₂，NO₂ 和水反应生成硝酸，A 错误；

B. 氧化镁熔点很高，工业电解氯化镁生成镁单质；镁离子和氢氧化钙生成氢氧化镁沉淀，氢氧化镁和稀盐酸生成氯化镁，电解熔融氯化镁生成镁单质，B 错误；

C. SiO₂ 与 C 反应生成 CO，不是 CO₂；粗硅和氯气生成氯化硅，氯化硅和氢气生成硅单质，C 错误；

D. 海水浓缩后加入氧化剂氯气氧化溴离子为溴单质，吹出后被二氧化硫吸收富集，再通入氯气氧化溴化氢得到溴单质，步骤和实验过程正确，D 正确；

答案选 D。

12. 金属的冶炼体现了人类文明的发展历程，下列关于金属冶炼的说法正确的是

A. 制铝：电解熔融 AlCl₃

B. 炼铁：用焦炭和空气反应产生的 CO 在高温下还原铁矿石中铁的氧化物

C. 制铜：“曾青（CuSO₄）得铁，则化为铜”《淮南子》的过程发生复分解反应

D. 制钠：电解 NaCl 溶液获得金属 Na

【答案】B

【解析】

【详解】A. 电解熔融 Al₂O₃ 冶炼金属铝，故 A 错误；

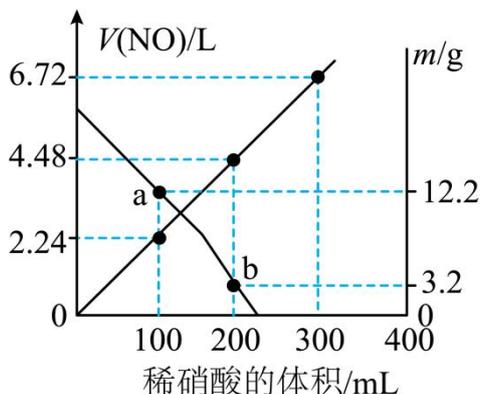
B. 用焦炭和空气反应产生的 CO 在高温下还原铁矿石中铁的氧化物，故 B 正确；

C. “曾青（CuSO₄）得铁，则化为铜”《淮南子》的过程发生反应 Fe+CuSO₄=FeSO₄+Cu，属于置换反应，故 C 错误；

D. 电解熔融 NaCl 获得金属 Na，故 D 错误；

选 B。

13. 向 mg 由铁粉和铜粉组成的混合物中，加入某浓度的稀硝酸，充分反应后测得生成 NO 的体积 [V(NO)] (已换算成标准状况下)、m(固体剩余质量)随加入的稀硝酸的体积的变化如图所示(设硝酸的还原产物只有 NO)。下列说法中正确的是



- A. a 点时, 100mL 稀硝酸中溶解了 Fe 粉 5.6g
- B. 稀硝酸的浓度为 $0.4\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- C. 加入稀硝酸的体积从 300mL 至 400mL, 期间收集产生的 NO 物质的量约为 0.0083mol
- D. b 点对应的溶液中可能含有的金属阳离子为 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 和 Cu^{2+}

【答案】C

【解析】

【分析】铁和铜均可以被硝酸氧化, 由于还原性强弱关系为 $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Fe}^{2+}$, Fe、Cu、 Fe^{2+} 将被硝酸依次氧化, a、b 点都有金属剩余, 则溶液中不可能含硝酸铁, 溶液中金属离子为 +2 价, 在 a 点的基础上加入 100mL 硝酸得到 b 点, 则参加反应的金属的质量为 $12.2\text{g} - 3.2\text{g} = 9\text{g}$, 生成 NO 的体积为 $4.48\text{L} - 2.24\text{L} = 2.24\text{L}$, NO 的物

质的量为 0.1mol, 根据电子转移守恒可知, 参加反应的金属的物质的量为 $\frac{0.1 \times (5-2)}{2} \text{mol} = 0.15\text{mol}$, 参

加反应的金属的平均摩尔质量为 $\frac{9\text{g}}{0.15\text{mol}} = 60\text{g/mol}$, 该过程既有铁参与反应, 又有铜参与反应, 设反应消

耗 Cu 的物质的量为 $x \text{mol}$, Fe 的物质的量为 $y \text{mol}$, 则 Cu 和稀硝酸反应生成 NO 的物质的量为 $\frac{2}{3}x \text{mol}$,

Fe 和稀硝酸反应生成 NO 的物质的量为 $\frac{2}{3}y \text{mol}$, 则有 $64x + 56y = 9$ 、 $\frac{2}{3}x + \frac{2}{3}y = 0.1$, 解得 $x = 0.075\text{mol}$ 、

$y = 0.075\text{mol}$, 故 a 点中, 只有铁参与反应, a 点生成 NO 的体积为 2.24L, NO 的物质的量为 0.1mol, 根据电

子转移守恒可知, 参加反应的铁的物质的量为 $\frac{0.1 \times (5-2)}{1} \text{mol} = 0.15\text{mol}$, 其质量为 $0.15\text{mol} \times 56\text{g/mol} = 8.4\text{g}$,

反应消耗 HNO_3 的物质的量为 $\frac{0.1\text{mol} \times 8}{2} = 0.4\text{mol}$, 则稀硝酸的浓度为 $\frac{0.4\text{mol}}{0.1\text{L}} = 4\text{mol/L}$; 在 b 点基础上

继续加入 100mL 稀硝酸, 生成 NO 的体积为 $6.72\text{L} - 4.48\text{L} = 2.24\text{L}$, NO 的物质的量为 0.1mol, 该过程既有铜

参加反应, 又有亚铁离子参加反应, 参加反应的金属的质量为 3.2g, 金属全部为铜, 其物质的量为

$3.2\text{g} \div 64\text{g/mol} = 0.05\text{mol}$, 跟金属铜与稀硝酸反应可知, 0.05mol Cu 参与反应生成 $\frac{1}{30} \text{mol NO}$, 则亚铁离子参

与反应生成 $\frac{2}{30}$ mol NO，硝酸亚铁与稀硝酸反应的化学方程式为

$3\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{HNO}_3 = 3\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO} \uparrow$ ，则消耗亚铁离子 0.2mol，由以上分析可知，亚铁离子的

总物质的量为 $0.15\text{mol} + 0.075\text{mol} = 0.225\text{mol}$ ，则加入稀硝酸 300mL 后，剩余的亚铁离子的物质的量为

$0.225\text{mol} - 0.2\text{mol} = 0.025\text{mol}$ ，0.025mol 亚铁离子与稀硝酸反应生成 NO 的物质的量 $\frac{0.025}{3}\text{mol} \approx 0.0083\text{mol}$ ，

标况下，其体积约为 $0.0083\text{mol} \times 22.4\text{L/mol} = 0.186\text{L}$ 。

【详解】A. 由分析可知，a 点时，100mL 稀硝酸中溶解了 Fe 粉 8.4g，A 错误；

B. 由分析可知，稀硝酸的浓度为 4mol/L，B 错误；

C. 由分析可知，加入稀硝酸的体积从 300mL 至 400mL，期间收集产生的 NO 物质的量约为 0.0083mol，C 正确；

D. 由分析可知，b 点时有固体剩余，溶液中不可能含有 Fe^{3+} ，则溶液中的金属阳离子为 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} ，D 错误；

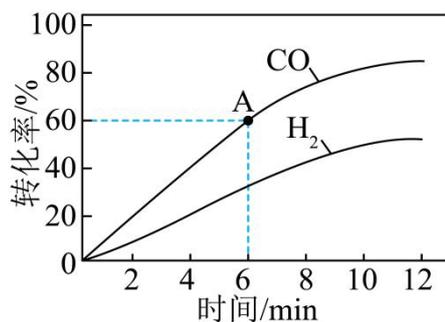
故选 C。

二、非选择题(本大题共 4 题，总计 61 分)

14. H_2 、CO、 CH_4 等都是重要的能源，也是重要的化工原料。

(1) 25°C ，101kPa 时，8.0g CH_4 完全燃烧生成二氧化碳气体和液态水放出 445.1kJ 热量。写出该反应的热化学反应方程式：_____。

(2) 水煤气中的 CO 和 H_2 在高温下反应可生成甲烷。在体积为 2L 的恒容密闭容器中，充入 1mol CO 和 5mol H_2 ，一定温度下发生反应： $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。测得 CO 和 H_2 的转化率随时间变化如图所示：



①从反应开始到 6min，CO 的平均反应速率_____，6min 时， H_2 的转化率为_____。

②下列叙述中能说明上述反应达到化学平衡状态的是_____ (填字母)。

a. 容器中混合气体的密度保持不变

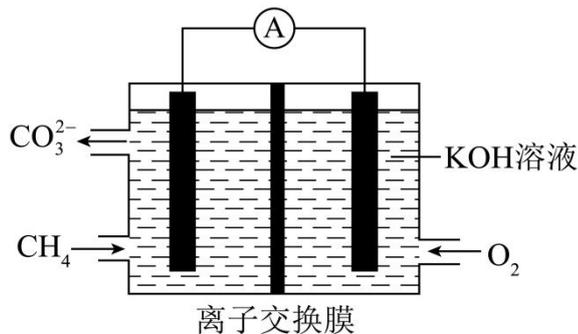
b. 容器中混合气体的总压强保持不变

c. 容器中 $3v_{\text{正}}(\text{H}_2) = v_{\text{逆}}(\text{CH}_4)$

d. 单位时间内每消耗 1mol CO , 同时生成 1mol CH_4

e. 容器中混合气体的平均相对分子质量保持不变

(3) 甲烷燃料电池装置如图, 通入氧气的电极为电池的 _____ (填“正极”或“负极”)。通入 CH_4 一端电极反应方程式为: _____。



【答案】(1) $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -890.2\text{kJ/mol}$

(2) ①. $0.05\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ②. 36% ③. be

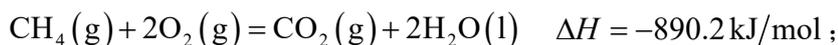
(3) ①. 正极 ②. $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$

【解析】

【小问 1 详解】

8.0g CH_4 的物质的量为: $\frac{8.0\text{g}}{16\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$, 0.5mol CH_4 完全燃烧生成液态水放出 445.1kJ 热量, 则 1mol CH_4

完全燃烧生成液态水放出的热量为: $445.1\text{kJ} \times \frac{1\text{mol}}{0.5\text{mol}} = 890.2\text{kJ}$, 则甲烷燃烧的热化学方程式为:



【小问 2 详解】

①从反应开始到 6 分钟, CO 的转化率 60%, 结合三段式列式计算:

	$\text{CO}(\text{g})$	$+ 3\text{H}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_4(\text{g})$	$+ \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
起始(mol)	1	5		0	0
变化(mol)	0.6	1.8		0.6	0.6
平衡(mol)	0.4	3.2		0.6	0.6

从反应开始到 6 分钟, CO 平均反应速率 $v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.6\text{mol}}{\frac{2\text{L}}{6\text{min}}} = 0.05\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$, 转化率 = $\frac{1.8\text{mol}}{5\text{mol}} \times 100\% = 36\%$;

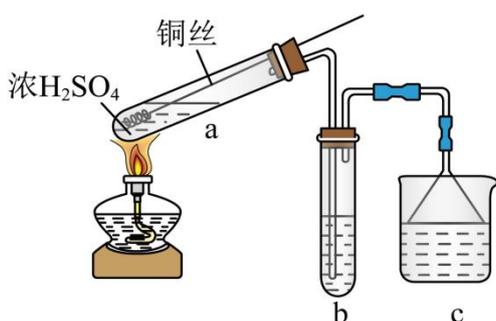
②a. 反应前后气体质量和体积不变, 容器中混合气体的密度始终保持不变, 不能说明反应达到平衡状态, 故 a 不选;

- b. 反应前后气体物质的量变化，当容器中混合气体的总压强保持不变，说明反应达到平衡状态，故 b 选；
- c. 容器中 $3v_{\text{正}}(\text{H}_2) = v_{\text{逆}}(\text{CH}_4)$ ，速率之比不等于计量数之比，说明正逆反应速率不相等，不能说明达到平衡，故 c 不选；
- d. 单位时间内每消耗 1mol CO ，同时生成 1mol CH_4 ，只能说明反应正向进行，不能说明反应达到平衡状态，故 d 不选；
- e. 该反应是气体体积不等的反应，容器中混合气体的平均相对分子质量保持不变能说明达到平衡，故 e 选；
- 故答案为：be；

【小问 3 详解】

甲烷燃料电池中氧气在正极发生还原反应；通入 CH_4 一端为负极，发生氧化反应，考虑电解质的后续反应， CH_4 失去电子结合氢氧根变成碳酸根，电极反应方程式为 $\text{CH}_4 - 8\text{e}^- + 10\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + 7\text{H}_2\text{O}$ 。

15. 某小组用如下装置(夹持装置已略去)制备并探究 SO_2 的性质。



- (1) 制备 SO_2 的化学方程式是_____。
- (2) a 中控制生成 SO_2 多少的操作是_____；反应后 a 中若溶液颜色无色，试管底部有灰白色固体，确定产物中有 CuSO_4 的操作是_____。
- (3) b 用于探究 SO_2 的性质。
- ①b 中为_____溶液时，可证明 SO_2 有漂白性。
- ②b 中为 I_2 和淀粉混合溶液时，溶液蓝色褪去，可证明 SO_2 有还原性，反应的化学方程式为_____。
- ③b 中为 H_2O_2 溶液时，反应后在溶液中可检验出 SO_4^{2-} ，说明检验 SO_4^{2-} 的方法是_____。
- ④b 中为 Na_2S 溶液时，出现淡黄色沉淀，迅速变为黄色溶液，经查阅资料黄色为多硫离子 S_x^{2-} ($x = 2 \sim 5$) 的颜色，出现淡黄色沉淀时氧化产物和还原产物的物质的量之比为_____。随着反应进行，又出现淡黄

色沉淀，溶液黄色消失，这是由于溶液中的 S_x^{2-} 与过量 SO_2 又继续反应了，写出反应的离子方程式_____。

(资料： Na_2S 能与 S 反应生成 Na_2S_x ， Na_2S_x 与酸反应生成 S 和 H_2S)。

(4) c 用于吸收 SO_2 尾气，可选用的试剂是_____。

A. NaOH 溶液 B. 澄清石灰水 C. Na_2CO_3 溶液

【答案】 (1) $Cu + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$

(2) ①. 上下移动铜丝 ②. 将反应混合物缓慢倒入盛有一定量水的烧杯内，并不断搅拌

(3) ①. 品红 ②. $SO_2 + I_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$ ③. 取少量溶液于试管中，先滴加盐酸至无现象，再滴加 $BaCl_2$ 溶液，若有白色沉淀生成，则证明溶液中含有 SO_4^{2-} ④. 2 : 1 ⑤.

$2S_x^{2-} + 3SO_2 = 2SO_3^{2-} + (2x+1)S \downarrow$

(4) AC

【解析】

【分析】铜与浓硫酸在加热条件下发生反应生成硫酸铜、二氧化硫和水，b 中试剂用于探究二氧化硫的性质，c 中为 NaOH 溶液用于吸收二氧化硫，防止污染，据此分析解答。

【小问 1 详解】

制备 SO_2 的化学方程式是 $Cu + 2H_2SO_4(浓) \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$ ；

【小问 2 详解】

a 中通过上下移动铜丝可以控制生成 SO_2 多少；为确定产物中生成硫酸铜，应将反应混合物缓慢倒入盛有一定量水的烧杯内，并不断搅拌，观察溶液是否变蓝；

【小问 3 详解】

①b 中为品红溶液时，可通过观察溶液是否褪色验证二氧化硫的漂白性；

②b 中为 I_2 和淀粉混合溶液时，溶液蓝色褪去，发生反应： $SO_2 + I_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$ ，据此可证明二氧化硫的还原性；

③检验 SO_4^{2-} 的方法是取少量溶液于试管中，先滴加盐酸至无现象，再滴加 $BaCl_2$ 溶液，若有白色沉淀生成，则证明溶液中含有 SO_4^{2-} ；

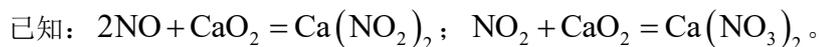
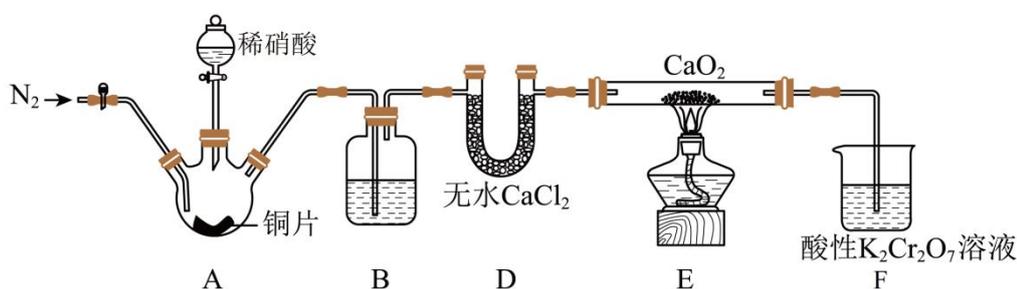
④b 中为 Na_2S 溶液时，出现淡黄色沉淀，可知二氧化硫与 Na_2S 反应生成 S 单质，反应离子方程式为：



【小问 4 详解】

c 用于吸收 SO_2 尾气，可用碱性溶液吸收，但因澄清石灰水浓度太小，不能保证二氧化硫完全吸收，故不能选用澄清石灰水，可选用 NaOH 或饱和碳酸钠溶液。

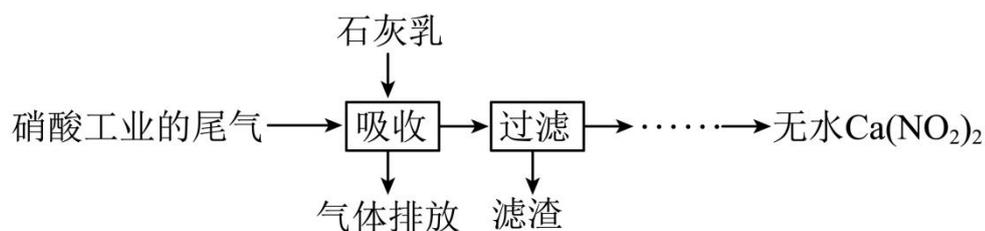
16. 亚硝酸钙 $[\text{Ca}(\text{NO}_2)_2]$ 是水泥混凝土外加剂的主要原料，某学习小组设计实验制备亚硝酸钙，实验装置如图所示(夹持装置略去)：



请回答下列问题：

- 请写出装置 A 中发生的化学反应方程式_____。
- 装置 D 中盛装无水氯化钙的仪器名称是_____；装置 B 所加试剂是_____。
- 加入稀硝酸之前，应向装置中通入一段时间的 N_2 ，原因是_____。
- 将 2.88g CaO_2 完全转化为 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ，理论上需要铜的物质的量至少为_____ mol。
- 工业上可用石灰乳和硝酸工业的尾气(含 NO 、 NO_2)反应，既能净化尾气，又能获得应用广泛的 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ，反应原理为 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NO} + \text{NO}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。其部分工艺流程如图所示：

$\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ，反应原理为 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NO} + \text{NO}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。其部分工艺流程如图所示：



该工艺需控制 NO 和 NO_2 的物质的量之比接近 1:1。

①若 $n(\text{NO}):n(\text{NO}_2) > 1:1$ ，则会导致_____；

②若 $n(\text{NO}):n(\text{NO}_2) < 1:1$ ，则会导致_____。

③已知 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 溶液需要保持弱碱性，因为其与酸会发生分解，产生 NO 气体。取 2.5g 某样品加入过量的稀硫酸中，发生反应产生 0.448L(标准状况)气体，则该样品的纯度是_____。(结果保留两位小数)

【答案】 (1) $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) ①. U 型干燥管 ②. 水(或 NaOH 溶液)

(3) 排除装置中的空气，防止其将生成的 NO 氧化为 NO_2 (或其他合理描述)

(4) 0.12 (5) ①. 排放气体中 NO 含量升高，污染环境 ②. 产品中 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 杂质含量升高

③. 79.20%

【解析】

【分析】 向装置中通入 N_2 ，吹出装置中的空气，点燃酒精灯，向三颈烧瓶中滴加稀硝酸，铜和稀硝酸反应生成一氧化氮气体，通过装置 B 为氢氧化钠溶液（或者水）除去气体中的硝酸，通过装置 D 中无水氯化钙干燥气体，一氧化氮与装置 E 中过氧化钙反应生成 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ，最后通入酸性重铬酸钾将剩余的 NO 氧化成硝酸根，以此解答该题。

【小问 1 详解】

铜和稀硝酸反应生成一氧化氮气体，离子方程式为： $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ ；

【小问 2 详解】

装置 D 中盛装无水氯化钙的仪器名称是 U 型干燥管；装置 B 所加试剂是氢氧化钠溶液或者水，除去一氧化氮气体中的硝酸；

【小问 3 详解】

加入稀硝酸之前，应向装置中通入一段时间的 N_2 ，原因是排除装置中的空气，防止其将生成的 NO 氧化为 NO_2 (或其他合理描述)；

【小问 4 详解】

根据 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 与 $2\text{NO} + \text{CaO}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 得关系式：

$3\text{Cu} \sim 2\text{NO} \sim \text{CaO}_2$ ，则将 2.88g CaO_2 (0.04mol) 完全转化为 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ，理论上需要铜的物质的量至少为 0.12 mol；

【小问 5 详解】

根据 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NO} + \text{NO}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ 与 $\text{NO}_2 + \text{CaO}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 知, ①若 $n(\text{NO}):(\text{NO}_2) > 1:1$, 则会导致排放气体中 NO 含量升高, 污染环境; ②若 $n(\text{NO}):(\text{NO}_2) < 1:1$, 则会导致产品中 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 杂质含量升高; ③由题干信息知反应的化学方程式为 $3\text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{CaSO}_4 + 4\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 由生成 0.448L(标准状况)气体, 即 0.02mol NO 知, 消耗 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 的质量约为 $0.015 \times 132\text{g} = 1.98\text{g}$, 则该样品的纯度为 $\frac{1.98}{2.5} \times 100\% = 79.20\%$ 。

17. 环境保护是化学的重要任务, 氮氧化物和硫氧化物是造成大气污染的主要原因之一, 请完成下列问题。

(1) 采用“联合脱硫脱氮技术”处理烟气(含 CO_2 、 SO_2 、 NO)可获得含 CaCO_3 、 CaSO_4 、 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 的副产品, 工业流程如图所示。

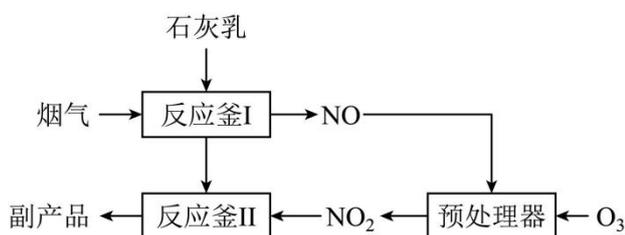


图1

①反应釜 I 采用“气-液逆流”接触吸收法(如图 2), 其优点是_____。

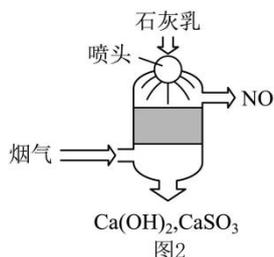


图2

②反应釜 II 中 CaSO_3 转化为 CaSO_4 反应的化学方程式为_____。

(2) 烟气中的 NO 可在催化剂作用下用 NH_3 还原。

①已知 7mol 氨气恰好能将含 NO 和 NO_2 共 6mol 的混合气体完全转化为 N_2 , 则混合气体中 NO 和 NO_2 的物质的量之比_____。

②其它条件相同, 以一定流速分别向含催化剂 A 和 B 的反应管中通入一定比例 O_2 、 NH_3 、 NO 和 N_2 的模拟烟气, 测得 NO 的去除率与温度的关系如图 3 所示。使用催化剂 B, 当温度高于 360°C , NO 的去除率下降的原因是_____。

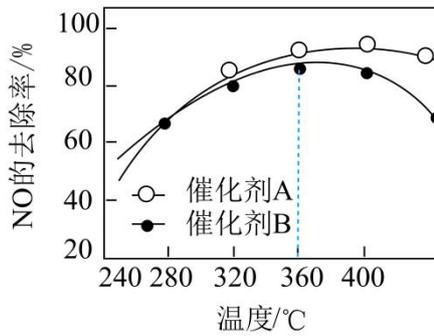


图3

(3) 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 溶液可吸收含 SO_2 、 NO 烟气中的 SO_2 ，其反应为

$\text{SO}_2 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2$ 。(溶液的酸碱性会影响 SO_2 吸收，酸性越强 SO_2 的溶解度越小)

若吸收烟气时同时通入少量 ClO_2 ，可同时实现脱硝、脱硫。

①脱硝的反应分为两步。第一步： $5\text{NO} + 2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 5\text{NO}_2 + 2\text{HCl}$ 。

第二步： NO_2 和 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 反应生成 N_2 和 CO_2 。

第二步的化学反应方程式为_____。

②将含 SO_2 、 NO 烟气以一定的流速通过10%的 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 溶液，其他条件相同，不通 ClO_2 和通少量 ClO_2 时 SO_2 的去除率如图4所示。通少量 ClO_2 时 SO_2 的去除率较低的原因是_____。

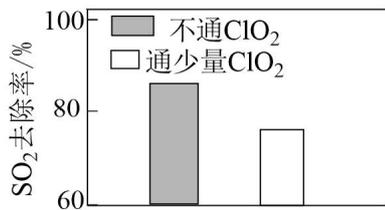
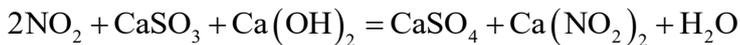


图4

【答案】(1) ①. 使气体和石灰乳充分接触，提高气体的吸收效率 ②.



(2) ①. 1 : 3 ②. 温度高于 360°C 时，催化剂B活性降低，反应速率减慢

(3) ①. $6\text{NO}_2 + 4\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 7\text{N}_2 + 4\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ ②. ClO_2 与 NO 在溶液中反应生成 HCl

和 NO_2 ，溶液的酸性增强， SO_2 的溶解度减小； NO_2 消耗尿素，使得与 SO_2 反应的尿素减少

【解析】

【小问1详解】

①反应釜I采用“气—液逆流”接触吸收法，其优点是气液接触更加充分，反应更加完全；

②CaSO₃有强还原性，NO₂有强氧化性，能氧化CaSO₃生成CaSO₄，NO₂则还原为Ca(NO₂)₂，化学方程式为2NO₂ + CaSO₃ + Ca(OH)₂ = CaSO₄ + Ca(NO₂)₂ + H₂O；

【小问2详解】

①设混合气体中NO的物质的量为x，NO₂的物质的量为y，根据混合气体的物质的量的和为6 mol，则有x+y=6；在与NH₃反应时，NO和NO₂得电子，而NH₃失电子，最后都转化为0价的N₂，根据得失电子数守恒可有：2x+4y=7×3，将两式联立即可解得x=1.5 mol，y=4.5 mol，则有x：y=1.5 mol：4.5 mol=1：3；

②使用催化剂B，当温度高于360℃，催化剂B的活性降低，反应速率减慢，因此NO的去除率下降；

【小问3详解】

①NO₂和CO(NH₂)₂反应生成N₂和CO₂，反应方程式为：6NO₂ + 4CO(NH₂)₂ = 7N₂ + 4CO₂ + 8H₂O；

②由5NO+2ClO₂+H₂O=5NO₂+2HCl可知，通入ClO₂，会导致溶液pH下降，SO₂+H₂O⇌H₂SO₃⇌H⁺+HSO₃⁻，导致该平衡向左移动，降低二氧化硫的溶解度，6NO₂+4CO(NH₂)₂=7N₂+4CO₂+8H₂O，二氧化氮与尿素的反应，也会导致与SO₂反应的尿素减少。