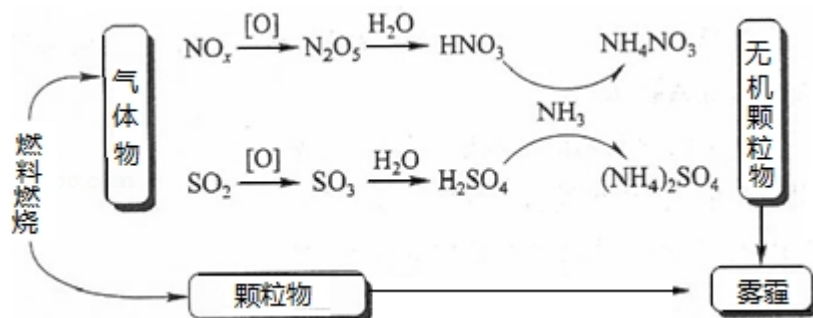


## 2018 年全国统一高考化学试卷（新课标II）

一、选择题：本题共 7 小题，每小题 6 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

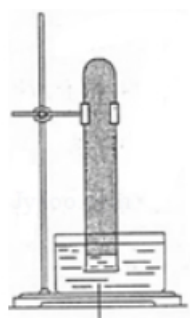
1. (6 分) 化学与生活密切相关，下列说法错误的是 ( )
- A. 碳酸钠可用于去除餐具的油污
- B. 漂白粉可用于生活用水的消毒
- C. 氢氧化铝可用于中和过多胃酸
- D. 碳酸钡可用于胃肠 X 射线造影检查
2. (6 分) 研究表明，氮氧化物和二氧化硫在形成雾霾时与大气中的氨有关 (如图所示)。下列叙述错误的是 ( )



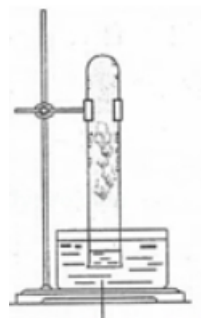
- A. 雾和霾的分散剂相同
- B. 雾霾中含有硝酸铵和硫酸铵
- C.  $\text{NH}_3$  是形成无机颗粒物的催化剂
- D. 雾霾的形成与过度施用氮肥有关
3. (6 分) 实验室中用如图所示的装置进行甲烷与氯气在光照下反应的实验。



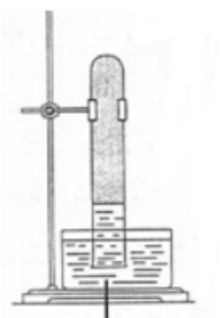
在光照下反应一段时间后，下列装置示意图中能正确反映实验现象的是 ( )



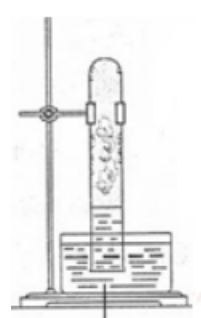
A. 饱和食盐水



B. 饱和食盐水

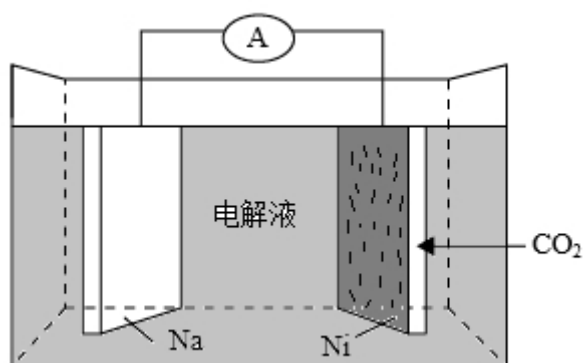


C. 饱和食盐水



D. 饱和食盐水

4. (6分) W、X、Y和Z为原子序数依次增大的四种短周期元素。W与X可生成一种红棕色有刺激性气味的气体；Y的周期数是族序数的3倍；Z原子最外层的电子数与W的电子总数相同，下列叙述正确的是 ( )
- A. X与其他三种元素均可形成两种或两种以上的二元化合物
- B. Y与其他三种元素分别形成的化合物中只含有离子键
- C. 四种元素的简单离子具有相同的电子层结构
- D. W的氧化物对应的水化物均为强酸
5. (6分)  $N_A$ 代表阿伏加德罗常数的值，下列说法正确的是 ( )
- A. 常温常压下，124g  $P_4$ 中所含P—P键数目为  $4N_A$
- B. 100 mL  $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{FeCl}_3$ 溶液中所含  $\text{Fe}^{3+}$ 的数目为  $0.1N_A$
- C. 标准状况下，11.2L甲烷和乙烯混合物中含氢原子数目为  $2N_A$
- D. 密闭容器中，2 mol  $\text{SO}_2$ 和1 mol  $\text{O}_2$ 催化反应后分子总数为  $2N_A$
6. (6分) 我国科学家研发了一种室温下“可呼吸”的  $\text{Na}\square\text{CO}_2$  二次电池，将  $\text{NaClO}_4$ 溶于有机溶剂作为电解液。钠和负载碳纳米管的镍网分别作为电极材料，电池的总反应为： $3\text{CO}_2+4\text{Na}\rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{C}$ ，下列说法错误的是 ( )



- A. 放电时， $\text{ClO}_4^-$ 向负极移动
- B. 充电时释放  $\text{CO}_2$ ，放电时吸收  $\text{CO}_2$
- C. 放电时，正极反应为： $3\text{CO}_2 + 4\text{e}^- = 2\text{CO}_3^{2-} + \text{C}$
- D. 充电时，正极反应为： $\text{Na}^+ + \text{e}^- = \text{Na}$

7. (6分) 下列实验过程可以达到实验目的是 ( )

编号	实验目的	实验过程
A	配制 $0.4000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{NaOH}$ 溶液	称取 4.0g 固体 $\text{NaOH}$ 于烧杯中，加入少量蒸馏水溶解，转移至 250mL 容量瓶中定容
B	探究维生素 C 的还原性	向盛有 2mL 黄色氯化铁溶液的试管中滴加浓的维生素 C 溶液，观察颜色变化
C	制取并纯化氢气	向稀盐酸中加入锌粒，将生成的气体依次通过 $\text{NaOH}$ 溶液、浓硫酸和 $\text{KMnO}_4$ 溶液
D	探究浓度对反应速率的影响	向 2 支盛有 5mL 不同浓度 $\text{NaHSO}_3$ 溶液的试管中同时加入 2mL 5% $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液，观察实验现象

A. A

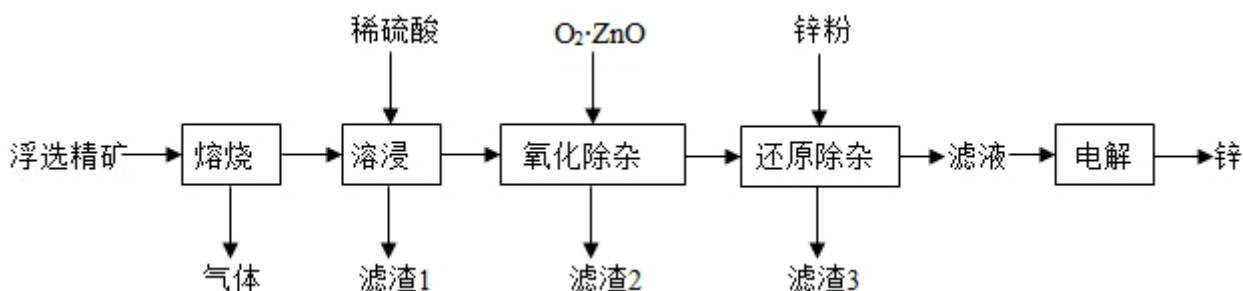
B. B

C. C

D. D

二、非选择题：每个试题考生必须作答。

8. (14分) 我国是世界上最早制得和使用金属锌的国家。一种以闪锌矿 ( $\text{ZnS}$ ，含有  $\text{SiO}_2$  和少量  $\text{FeS}$ 、 $\text{CdS}$ 、 $\text{PbS}$  杂质) 为原料制备金属锌的流程如图所示：



相关金属离子 $[c_0(\text{M}^{n+})=0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}]$ 形成氢氧化物沉淀的 pH 范围如下：

金属离子	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Cd}^{2+}$
开始沉淀的 pH	1.5	6.3	6.2	7.4
沉淀完全的 pH	2.8	8.3	8.2	9.4

回答下列问题：

- (1) 焙烧过程中主要反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。
- (2) 滤渣 1 的主要成分除  $\text{SiO}_2$  外还有\_\_\_\_\_；氧化除杂工序中  $\text{ZnO}$  的作用是\_\_\_\_\_，若不通入氧气，其后果是\_\_\_\_\_。
- (3) 溶液中的  $\text{Cd}^{2+}$  用锌粉除去，还原除杂工序中反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。
- (4) 电解硫酸锌溶液制备单质锌时，阴极的电极反应式为\_\_\_\_\_；沉积锌后的电解液可返回\_\_\_\_\_工序继续使用。

9. (14 分)  $\text{CH}_4$  与  $\text{CO}_2$  的催化重整不仅可以得到合成气 ( $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$ )，还对温室气体的减排具有重要意义。回答下列问题：

- (1)  $\text{CH}_4$  与  $\text{CO}_2$  催化重整反应为： $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 。

已知： $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) \quad \Delta H = -75\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -394\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -111\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

该催化重整反应的  $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。有利于提高  $\text{CH}_4$  平衡转化率的条件是 (填标号)。

- A. 高温 低压                      B. 低温 高压                      C. 高温 高压  
D. 低温 低压

某温度下，在体积为 2L 的容器中加入 2mol  $\text{CH}_4$ 、1mol  $\text{CO}_2$  以及催化剂进行重

整反应，达到平衡时  $\text{CO}_2$  的转化率是 50%，其平衡常数为\_\_\_\_\_  $\text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 。

(2) 反中催化剂活性会因积碳反应而降低，同时存在的消碳反应则使积碳碳量减少。相关数据如下表：

		积碳反应 $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g})$	消碳反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$
$\Delta H/(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$		75	172
活化能/ ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	催化剂 X	33	91
	催化剂 Y	43	72

①由上表判断，催化剂 X\_\_\_\_\_Y（填“优于或劣于”），理由是\_\_\_\_\_。在反应进料气组成，压强及反应时间相同的情况下，某催化剂表面的积碳量随温度的变化关系如右图 1 所示。升高温度时，下列关于积碳反应，消碳反应的平衡常数（K）和速率（v）的叙述正确的是\_\_\_\_\_（填标号）。

- A.  $K_{\text{积}}$ 、 $K_{\text{消}}$  均增加  
 B.  $V_{\text{积}}$  减小、 $V_{\text{消}}$  增加  
 C.  $K_{\text{积}}$  减小、 $K_{\text{消}}$  增加  
 D.  $V_{\text{消}}$  增加的倍数比  $V_{\text{积}}$  增加的倍数大

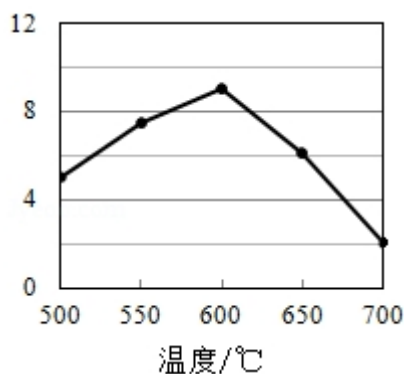


图 1

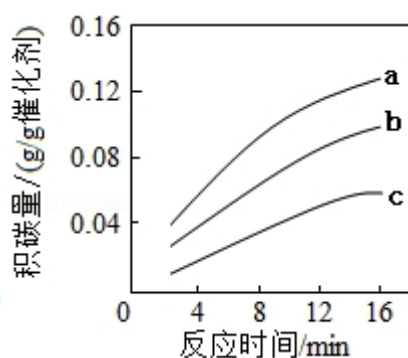


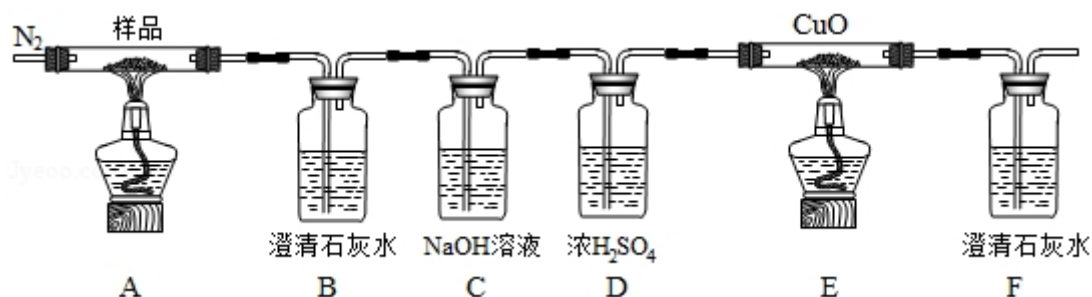
图 2

②在一定温度下，测得某催化剂上沉积碳的生成速率方程为  $v = k \cdot p(\text{CH}_4) \cdot [p(\text{CO}_2)]^{0.5}$ （k 为速率常数）。在  $p(\text{CH}_4)$  一定时，不同  $p(\text{CO}_2)$  下积碳量随时间的变化趋势如图 2 所示，则  $P_a(\text{CO}_2)$ 、 $P_b(\text{CO}_2)$ 、 $P_c(\text{CO}_2)$  从大到小的顺序为\_\_\_\_\_。

10. (15 分)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (三草酸合铁酸钾) 为亮绿色晶体, 可用于晒制蓝图, 回答下列问题:

(1) 晒制蓝图时, 用  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  作感光剂, 以  $\text{K}_3\text{Fe}[(\text{CN})_6]$  溶液为显色剂。其光解反应的化学方程式为  $2\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{FeC}_2\text{O}_4 + 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{CO}_2\uparrow$ ; 显色反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2) 某小组为探究三草酸合铁酸钾的热分解产物, 按如图所示装置进行实验。



- ①通入氮气的目的是\_\_\_\_\_。
- ②实验中观察到装置 B、F 中澄清石灰水均变浑浊, 装置 E 中固体变为红色, 由此判断热分解产物中一定含有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- ③为防止倒吸, 停止实验时应进行的操作是\_\_\_\_\_。
- ④样品完全分解后, 装置 A 中的残留物含有  $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 检验  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  存在的方法是: \_\_\_\_\_。

(3) 测定三草酸合铁酸钾中铁的含量。

- ①称量  $m\text{g}$  样品于锥形瓶中, 溶解后加稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸化, 用  $c\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KMnO}_4$  溶液滴定至终点。滴定终点的现象是\_\_\_\_\_。
- ②向上述溶液中加入过量锌粉至反应完全后, 过滤、洗涤, 将滤液及洗涤液全部收集到锥形瓶中。加稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸化, 用  $c\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KMnO}_4$  溶液滴定至终点, 消耗  $\text{KMnO}_4$  溶液  $V\text{mL}$ 。该晶体中铁的质量分数的表达式为\_\_\_\_\_。

[化学一选修 3: 物质结构与性质] (15 分)

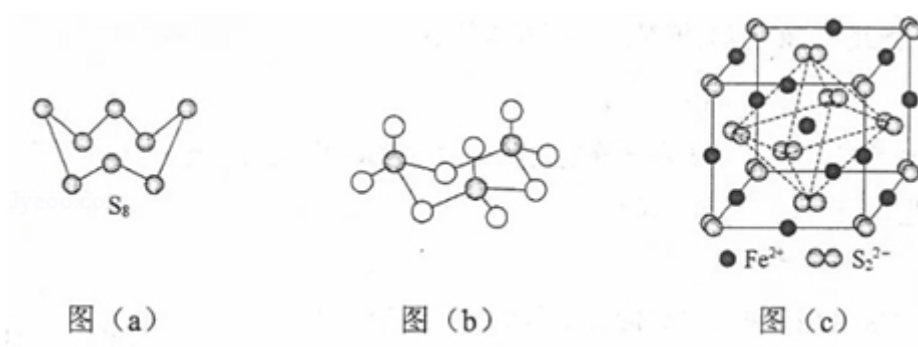
11. (15 分) 硫及其化合物有许多用途。相关物质的物理常数如表所示:

	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{S}_8$	$\text{FeS}_2$	$\text{SO}_2$	$\text{SO}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	-85.5	115.2	>600 (分)	-75.5	16.8	10.3

沸点/ $^{\circ}\text{C}$	$-60.3$	$444.6$	解)	$-10.0$	$45.0$	$337.0$
------------------------	---------	---------	----	---------	--------	---------

回答下列问题:

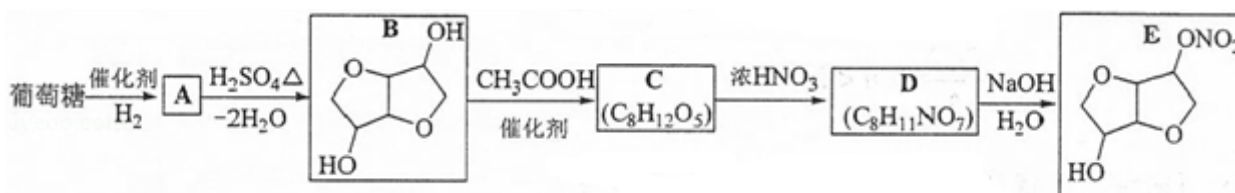
- (1) 基态 Fe 原子价层电子的电子排布图(轨道表达式)为\_\_\_\_\_, 基态 S 原子电子占据最高能级的电子云轮廓图为\_\_\_\_\_形。
- (2) 根据价层电子对互斥理论,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  的气态分子中, 中心原子价层电子对数不同于其他分子的是\_\_\_\_\_。
- (3) 图(a)为  $\text{S}_8$  的结构, 其熔点和沸点要比二氧化硫的熔点和沸点高很多, 主要原因为\_\_\_\_\_。



- (4) 气态三氧化硫以单分子形式存在, 其分子的立体构型为\_\_\_\_\_形, 其中共价键的类型有\_\_\_\_\_种; 固体三氧化硫中存在如图(b)所示的三聚分子。该分子中 S 原子的杂化轨道类型为\_\_\_\_\_。
- (5)  $\text{FeS}_2$  晶体的晶胞如图(c)所示, 晶胞边长为  $a\text{nm}$ ,  $\text{FeS}_2$  相对式量为  $M$ 、阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ , 其晶体密度的计算表达式为\_\_\_\_\_  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ; 晶胞中  $\text{Fe}^{2+}$  位于  $\text{S}_2^{2-}$  所形成的八面体的体心, 该正八面体的边长为\_\_\_\_\_  $\text{nm}$ 。

### [化学一选修 5: 有机化学基础] (15 分)

12. 以葡萄糖为原料制得的山梨醇(A)和异山梨醇(B)都是重要的生物转化平台化合物。E 是一种治疗心绞痛的药物。由葡萄糖为原料合成 E 的路线如下:



回答下列问题：

- (1) 葡萄糖的分子式为\_\_\_\_\_。
- (2) A 中含有的官能团的名称为\_\_\_\_\_。
- (3) 由 B 到 C 的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (4) C 的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (5) 由 D 到 E 的反应方程式为\_\_\_\_\_。
- (6) F 是 B 的同分异构体，7.30g 的 F 与足量饱和碳酸氢钠反应可释放出 2.24L 二氧化碳（标准状况），F 的可能结构共有\_\_\_\_\_种（不考虑立体异构）；其中核磁共振氢谱为三组峰，峰面积比为 3：1：1 的结构简式为\_\_\_\_\_。



# 2018 年全国统一高考化学试卷（新课标II）

参考答案与试题解析

一、选择题：本题共 7 小题，每小题 6 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. （6 分）化学与生活密切相关，下列说法错误的是（ ）

- A. 碳酸钠可用于去除餐具的油污
- B. 漂白粉可用于生活用水的消毒
- C. 氢氧化铝可用于中和过多胃酸
- D. 碳酸钡可用于胃肠 X 射线造影检查

【考点】14：物质的组成、结构和性质的关系.

【分析】A. 碳酸钠水溶液呈碱性，碱性条件下促进油脂水解；

B. 当把漂白粉撒到水中时，发生反应  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{HClO}$ ，HClO 具有强氧化性；

C. 氢氧化铝属于弱碱，能中和酸；

D. 碳酸钡能和稀盐酸反应生成有毒的氯化钡，但是硫酸钡不溶于稀盐酸、不溶于水。

【解答】解：A. 碳酸钠水解生成 NaOH 而导致其水溶液呈碱性，碱性条件下促进油脂水解，从而除去油污，故 A 正确；

B. 当把漂白粉撒到水中时，发生反应  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{HClO}$ ，HClO 具有强氧化性而杀菌消毒，所以漂白粉可用于生活用水的消毒，故 B 正确；

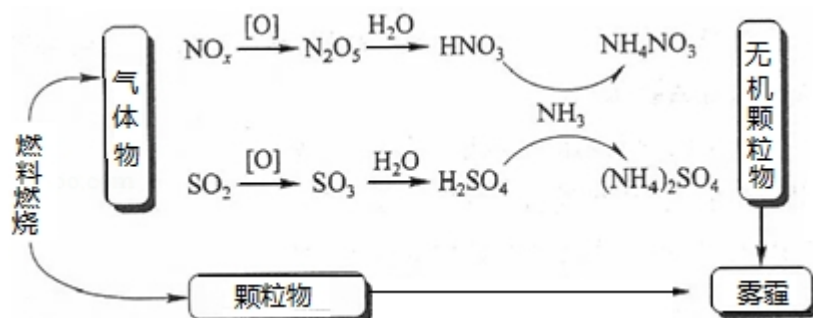
C. 氢氧化铝属于弱碱，能中和胃酸中的盐酸而降低胃液酸性，所以氢氧化铝可以用于中和过多胃酸，故 C 正确；

D. 碳酸钡能和稀盐酸反应生成有毒的氯化钡，但是硫酸钡不溶于稀盐酸、不溶于水，所以应该用硫酸钡而不是碳酸钡作胃肠 X 射线造影检查，故 D 错误；

故选：D。

【点评】本题考查物质结构和性质，侧重考查化学在生产生活中的应用，明确物质性质是解本题关键，会运用化学知识正确解释生产生活现象，题目难度不大。

2. (6分) 研究表明，氮氧化物和二氧化硫在形成雾霾时与大气中的氨有关(如图所示)。下列叙述错误的是( )



- A. 雾和霾的分散剂相同  
B. 雾霾中含有硝酸铵和硫酸铵  
C.  $\text{NH}_3$  是形成无机颗粒物的催化剂  
D. 雾霾的形成与过度施用氮肥有关

【考点】EK：氮的氧化物的性质及其对环境的影响。

【分析】由图示可知雾霾的主要成分为颗粒物，其中无机颗粒物的主要成分为铵盐，可由氨气和硝酸、硫酸反应生成，以此解答该题。

【解答】解：A. 雾和霾的分散剂都是空气，故 A 正确；

B. 由图示可知雾霾中含有硝酸铵和硫酸铵，故 B 正确；

C. 由图示可知氨气参与反应生成铵盐，为反应物，不是催化剂，故 C 错误；

D. 无机颗粒物的主要成分为铵盐，可形成雾霾，可知雾霾的形成与过度施用氮肥有关，故 D 正确。

故选：C。

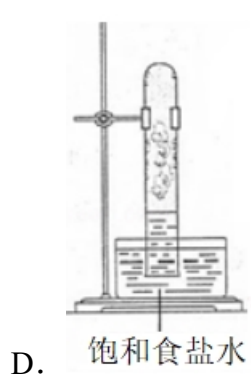
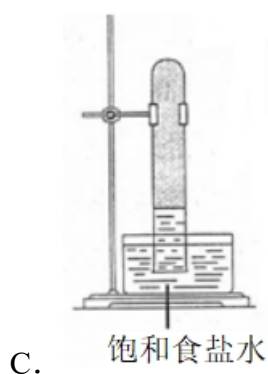
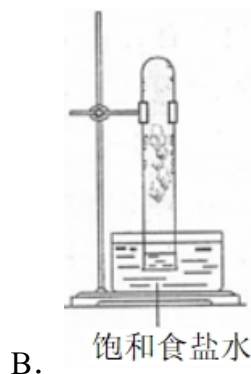
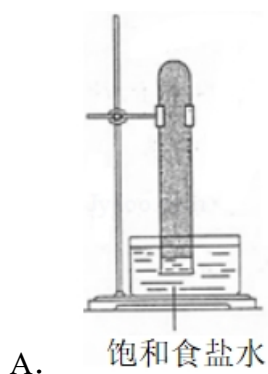
【点评】本题考查环境污染问题，侧重于化学与生活、生产以及环境保护的考查，有利于培养学生良好的科学素养，树立环保意识，难度不大。

3. (6分) 实验室中用如图所示的装置进行甲烷与氯气在光照下反应的实验。



在光照下反应一段时间后，下列装置示意图中能正确反映实验现象的是

( )



**【考点】** T4: 甲烷的取代反应.

**【分析】**  $\text{CH}_4$  与  $\text{Cl}_2$  在光照条件下发生取代反应，取代反应的产物有  $\text{CH}_3\text{Cl}$  (g)， $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (l)， $\text{CHCl}_3$  (l)， $\text{CCl}_4$  (l) 和  $\text{HCl}$ 。

**【解答】** 解:  $\text{CH}_4$  与  $\text{Cl}_2$  在光照条件下发生取代反应，取代反应的产物有  $\text{CH}_3\text{Cl}$  (g)， $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (l)， $\text{CHCl}_3$  (l)， $\text{CCl}_4$  (l) 和  $\text{HCl}$ ，产生的  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (l)， $\text{CHCl}_3$  (l)， $\text{CCl}_4$  (l) 能附着在管壁上形成油状液滴，由于试管连接饱和食盐水， $\text{HCl}$  在其中的溶解度降低，所以  $\text{HCl}$  能和管内部的空气中的水蒸气形成白雾附着在管内壁上，整个反应是气体体积减少的反应，管内液

面上升，所以 D 选项正确，

故选：D。

**【点评】** 本题考查  $\text{CH}_4$  与  $\text{Cl}_2$  在光照下的取代反应，明确反应过程，产物及其物理状态和化学性质是解题的关键，为高频考点，题目难度不大，是基础题。

4. (6 分) W、X、Y 和 Z 为原子序数依次增大的四种短周期元素。W 与 X 可生成一种红棕色有刺激性气味的气体；Y 的周期数是族序数的 3 倍；Z 原子最外层的电子数与 W 的电子总数相同，下列叙述正确的是 ( )
- A. X 与其他三种元素均可形成两种或两种以上的二元化合物
- B. Y 与其他三种元素分别形成的化合物中只含有离子键
- C. 四种元素的简单离子具有相同的电子层结构
- D. W 的氧化物对应的水化物均为强酸

**【考点】** 8F：原子结构与元素周期律的关系。

**【分析】** W、X、Y 和 Z 为原子序数依次增大的四种短周期元素，W 与 X 可生成一种红棕色有刺激性气味的气体，该气体是  $\text{NO}_2$ ，则 W、X 分别是 N、O 元素；Y 的周期数是族序数的 3 倍，其原子序数大于 O，则 Y 为 Na 元素；Z 原子最外层的电子数与 W 的电子总数相同，为 Cl 元素；

- A. X 是 O 元素，与 W 形成的二元化合物有  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}_5$  等；与 Y 元素形成的二元化合物有  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ ；有 Z 元素形成的二元化合物有  $\text{ClO}_2$ 、 $\text{Cl}_2\text{O}_7$  等；
- B. Na 与 O 元素形成的化合物  $\text{Na}_2\text{O}_2$  中含有共价键；
- C. 形成的简单离子中 W、X、Y 电子层结构相同；
- D. W 的氧化物的水化物  $\text{HNO}_2$  是弱酸。

**【解答】** 解：W、X、Y 和 Z 为原子序数依次增大的四种短周期元素，W 与 X 可生成一种红棕色有刺激性气味的气体，该气体是  $\text{NO}_2$ ，则 W、X 分别是 N、O 元素；Y 的周期数是族序数的 3 倍，其原子序数大于 O，则 Y 为 Na 元素；Z 原子最外层的电子数与 W 的电子总数相同，为 Cl 元素；

A. X 是 O 元素, 与 W 形成的二元化合物有 NO、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 等; 与 Y 元素形成的二元化合物有 Na<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; 有 Z 元素形成的二元化合物有 ClO<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 等, 所以 X 与其他三种元素均可形成两种或两种以上的二元化合物, 故 A 正确;

B. Na 与 O 元素形成的化合物 Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的电子式为  $\text{Na}^+[:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{O}}:]^-\text{Na}^+$ , 含有共价键和离子键, 故 B 错误;

C. 形成的简单离子中 W、X、Y 电子层有 2 个, 而 Z 离子核外电子层有 3 个, 所以这四种元素简单离子电子层结构不相同, 故 C 错误;

D. W 的氧化物的水化物 HNO<sub>3</sub> 是强酸, 而 HNO<sub>2</sub> 为弱酸, 故 D 错误;

故选: A。

**【点评】** 本题考查原子结构和元素周期律, 侧重考查学生分析、判断及知识综合运用能力, 明确原子结构、物质结构、元素周期表结构、元素周期律即可解答, 注意规律中的特殊现象, 题目难度不大。

5. (6 分) N<sub>A</sub> 代表阿伏加德罗常数的值, 下列说法正确的是 ( )

A. 常温常压下, 124gP<sub>4</sub> 中所含 P—P 键数目为 4N<sub>A</sub>

B. 100 mL 1mol·L<sup>-1</sup>FeCl<sub>3</sub> 溶液中所含 Fe<sup>3+</sup> 的数目为 0.1N<sub>A</sub>

C. 标准状况下, 11.2L 甲烷和乙烯混合物中含氢原子数目为 2N<sub>A</sub>

D. 密闭容器中, 2 mol SO<sub>2</sub> 和 1molO<sub>2</sub> 催化反应后分子总数为 2N<sub>A</sub>

**【考点】** 4F: 阿伏加德罗常数.

**【分析】** A. 1molP<sub>4</sub> 含有 6molP—P 键;

B. FeCl<sub>3</sub> 溶液中存在 Fe<sup>3+</sup> 的水解;

C. 1mol 乙烷含有 4molH, 1mol 乙烯含有 4molH;

D. SO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 的催化反应为可逆反应。

**【解答】** 解: A. 124gP<sub>4</sub> 的物质的量为  $\frac{124\text{g}}{31 \times 4\text{g/mol}} = 1\text{mol}$ , 根据 P<sub>4</sub> 的结构式,

1molP<sub>4</sub> 含有 6molP—P 键, 即含有 P—P 键数目为 6N<sub>A</sub>, 故 A 错误;

B. FeCl<sub>3</sub> 溶液中存在 Fe<sup>3+</sup> 的水解, 所以 100 mL 1mol·L<sup>-1</sup>FeCl<sub>3</sub> 溶液中所含 Fe<sup>3+</sup> 的数目小于 0.1mol, 即小于 0.1N<sub>A</sub>, 故 B 错误;

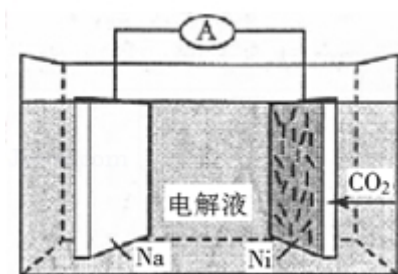
C. 1mol 甲烷含有 4molH, 1mol 乙烯含有 4molH, 二者无论按何种比例, 相当于 1mol 混合气体含有 4molH, 则标准状况下, 11.2L 甲烷和乙烯混合物中含 H 有  $\frac{11.2\text{L}}{22.4\text{L/mol}} \times 4 = 2\text{mol}$ , 即含氢原子数目为  $2N_A$ , 故 C 正确;

D.  $\text{SO}_2$  和  $\text{O}_2$  的催化反应为可逆反应, 反应不可能完全进行, 存在一个化学平衡, 所以密闭容器中, 2 mol  $\text{SO}_2$  和 1mol $\text{O}_2$  催化反应后分子总数不一定为 2mol, 即不一定为  $2N_A$ , 故 D 错误,

故选: C。

**【点评】** 本题考查阿伏伽德罗常数的简单计算, 注意盐类水解知识和化学平衡知识的运用, 明确  $\text{P}_4$  的结构是解题的关键, 为易错点, 题目难度不大, 是基础题。

6. (6 分) 我国科学家研发了一种室温下“可呼吸”的  $\text{Na} \square \text{CO}_2$  二次电池, 将  $\text{NaClO}_4$  溶于有机溶剂作为电解液。钠和负载碳纳米管的镍网分别作为电极材料, 电池的总反应为:  $3\text{CO}_2 + 4\text{Na} \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ , 下列说法错误的是 ( )



- A. 放电时,  $\text{ClO}_4 \square$  向负极移动
- B. 充电时释放  $\text{CO}_2$ , 放电时吸收  $\text{CO}_2$
- C. 放电时, 正极反应为:  $3\text{CO}_2 + 4\text{e} \square = 2\text{CO}_3^{2\square} + \text{C}$
- D. 充电时, 正极反应为:  $\text{Na}^+ + \text{e} \square = \text{Na}$

**【考点】** BH: 原电池和电解池的工作原理。

**【分析】** A. 放电时, Na 失电子作负极、Ni 作正极, 电解质溶液中阴离子向负极移动;

B. 放电时 Na 作负极、Ni 作正极, 充电时 Ni 作阳极、Na 作阴极, 则放电电池

反应式为  $3\text{CO}_2 + 4\text{Na} \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ 、充电电池反应式为  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} \rightleftharpoons 3\text{CO}_2 + 4\text{Na}$ ;

C. 放电时负极反应式为  $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$ 、正极反应式为  $3\text{CO}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{CO}_3^{2-} + \text{C}$ ;

D. 充电时，原来的正极作电解池的阳极，失电子发生氧化反应。

【解答】解：A. 放电时，Na 失电子作负极、Ni 作正极，电解质溶液中阴离子向负极移动，所以  $\text{ClO}_4^-$  向负极移动，故 A 正确；

B. 放电时 Na 作负极、Ni 作正极，充电时 Ni 作阳极、Na 作阴极，则放电电池反应式为  $3\text{CO}_2 + 4\text{Na} \rightleftharpoons 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ 、充电电池反应式为  $2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C} \rightleftharpoons 3\text{CO}_2 + 4\text{Na}$ ，所以充电时释放  $\text{CO}_2$ ，放电时吸收  $\text{CO}_2$ ，故 B 正确；

C. 放电时负极反应式为  $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$ 、正极反应式为  $3\text{CO}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{CO}_3^{2-} + \text{C}$ ，故 C 正确；

D. 充电时，原来的正极 Ni 作电解池的阳极，Na 作电解池阴极，则正极发生的反应为原来正极反应式的逆反应，即  $2\text{CO}_3^{2-} + \text{C} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{e}^-$ ，负极发生的反应为  $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$ ，故 D 错误；

故选：D。

【点评】本题考查原电池原理，明确充电电池中正负极、阴阳极发生反应关系是解本题关键，侧重考查学生分析判断能力，难点是电极反应式的书写，题目难度不大。

7. (6 分) 下列实验过程可以达到实验目的是 ( )

编号	实验目的	实验过程
A	配制 $0.4000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液	称取 4.0g 固体 NaOH 于烧杯中，加入少量蒸馏水溶解，转移至 250mL 容量瓶中定容
B	探究维生素 C 的还原性	向盛有 2mL 黄色氯化铁溶液的试管中滴加浓的维生素 C 溶液，观察颜色变化
C	制取并纯化氢气	向稀盐酸中加入锌粒，将生成的气体依次通过 NaOH 溶液、浓硫酸和 $\text{KMnO}_4$ 溶液



D	探究浓度对反应速率的影响	向 2 支盛有 5mL 不同浓度 $\text{NaHSO}_3$ 溶液的试管中同时加入 2mL5% $\text{H}_2\text{O}_2$ 溶液，观察实验现象
---	--------------	---

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】U5：化学实验方案的评价。

【分析】A. 在转移溶液之前应该将溶液冷却至室温，否则配制的溶液浓度偏高；

B. 氯化铁具有氧化性、维生素 C 具有还原性，二者发生氧化还原反应而使溶液变色；

C. 高锰酸钾溶液和氢气、HCl 都不反应，且最后通过酸性高锰酸钾溶液会导致得到的氢气中含有水蒸气；

D. 要探究浓度对化学反应速率影响实验时，应该只有浓度不同其它条件必须完全相同。

【解答】解：A. NaOH 溶解过程是放热的，导致溶液浓度高于室温，如果在转移溶液之前未将溶液冷却至室温，否则配制的溶液体积偏小，则配制溶液浓度偏高，所以不能实现实验目的，故 A 不选；

B. 氯化铁具有氧化性、维生素 C 具有还原性，二者发生氧化还原反应而生成亚铁离子，导致溶液由黄色变为浅绿色，则溶液变色，所以能实现实验目的，故 B 选；

C. 高锰酸钾溶液和氢气、HCl 都不反应，且最后通过酸性高锰酸钾溶液会导致得到的氢气中含有水蒸气，所以不能实现实验目的，用 NaOH 吸收 HCl、用浓硫酸干燥气体即可，故 C 不选；

D. 要探究浓度对化学反应速率影响实验时，应该只有浓度不同其它条件必须完全相同，该实验没有明确说明温度是否相同，并且实验现象也不明显，所以不能实现实验目的，故 D 不选，

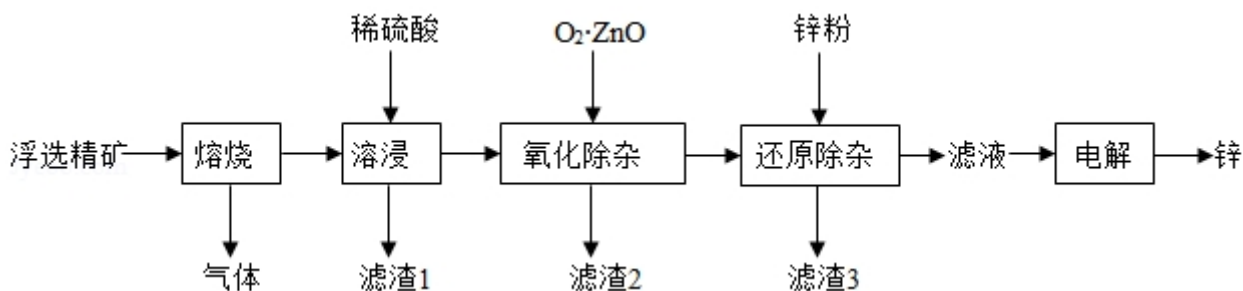
故选：B。

【点评】本题考查化学实验评价，涉及溶液配制、性质检验、物质的分离提纯、化学反应速率影响因素探究等知识点，侧重考查学生实验操作、实验分析和判断能力，明确实验原理及物质性质是解本题关键，题目难度不大。



二、非选择题：每个试题考生必须作答。

8. (14 分) 我国是世界上最早制得和使用金属锌的国家。一种以闪锌矿 (ZnS, 含有 SiO<sub>2</sub> 和少量 FeS、CdS、PbS 杂质) 为原料制备金属锌的流程如图所示:



相关金属离子 [ $c_0(\text{M}^{n+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ] 形成氢氧化物沉淀的 pH 范围如下:

金属离子	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>
开始沉淀的 pH	1.5	6.3	6.2	7.4
沉淀完全的 pH	2.8	8.3	8.2	9.4

回答下列问题:

- (1) 焙烧过程中主要反应的化学方程式为  $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ 。
- (2) 滤渣 1 的主要成分除 SiO<sub>2</sub> 外还有 PbSO<sub>4</sub>; 氧化除杂工序中 ZnO 的作用是 调节溶液的 pH 到 2.8~6.2 之间, 使 Fe<sup>3+</sup> 完全沉淀, 若不通入氧气, 其后果是 无法除去溶液中 Fe<sup>2+</sup>。
- (3) 溶液中的 Cd<sup>2+</sup> 用锌粉除去, 还原除杂工序中反应的离子方程式为  $\text{Cd}^{2+} + \text{Zn} = \text{Cd} + \text{Zn}^{2+}$ 。
- (4) 电解硫酸锌溶液制备单质锌时, 阴极的电极反应式为  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn}$ ; 沉积锌后的电解液可返回 溶浸 工序继续使用。

【考点】U3: 制备实验方案的设计。

【分析】焙烧过程中发生的反应有  $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ 、 $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$ 、 $2\text{PbS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{PbO} + 2\text{SO}_2$ 、 $2\text{CdS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CdO} + 2\text{SO}_2$ , 所以焙烧过程中生成的气体是 SO<sub>2</sub>; 然后加入稀硫酸酸浸,

FeS（未焙烧）、ZnO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、PbO、CdO 和稀硫酸反应生成 Fe<sup>2+</sup>、Zn<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、PbSO<sub>4</sub>、Cd<sup>2+</sup>，所以滤渣 1 为未反应的 SiO<sub>2</sub> 和生成的 PbSO<sub>4</sub>；

氧化除杂时通入氧气，使 Fe<sup>2+</sup> 转化为 Fe<sup>3+</sup>，加入 ZnO 和稀硫酸反应调节溶液的 pH 值，将 Fe<sup>3+</sup> 转化为 Fe(OH)<sub>3</sub> 而除去 Fe<sup>3+</sup>，滤渣 2 为生成的 Fe(OH)<sub>3</sub>；然后向溶液中加入 Zn，Zn 和 Cd<sup>2+</sup> 发生氧化还原生成 Cd，然后过滤得到滤液，滤渣 3 为 Cd；将滤液电解得到 Zn；

(1) 焙烧过程中 ZnS、FeS、CdS、PbS 都和氧气发生氧化还原反应，但是 ZnS 的反应是主要反应；

(2) 滤渣 1 的主要成分除 SiO<sub>2</sub> 外还有生成的硫酸铅；ZnO 能和酸反应生成盐和水，从而改变溶液的 pH 值；如果不通入氧气，亚铁离子影响 Zn 的制备；

(3) Cd<sup>2+</sup> 和 Zn 发生氧化还原反应生成 Cd；

(4) 电解硫酸锌溶液制备单质锌时，阴极上溶液中 Zn<sup>2+</sup> 得电子生成 Zn；沉积锌后的电解液中锌离子浓度降低，可以通过返回溶浸工序继续使用。

【解答】解：焙烧过程中发生的反应有  $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ 、 $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$ 、 $2\text{PbS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{PbO} + 2\text{SO}_2$ 、 $2\text{CdS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{CdO} + 2\text{SO}_2$ ，所以焙烧过程中生成的气体是 SO<sub>2</sub>；然后加入稀硫酸酸浸，FeS（未焙烧）、ZnO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、PbO、CdO 和稀硫酸反应生成 Fe<sup>2+</sup>、Zn<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、PbSO<sub>4</sub>、Cd<sup>2+</sup>，所以滤渣 1 为未反应的 SiO<sub>2</sub> 和生成的 PbSO<sub>4</sub>；

氧化除杂时通入氧气，使 Fe<sup>2+</sup> 转化为 Fe<sup>3+</sup>，加入 ZnO 和稀硫酸反应调节溶液的 pH 值，将 Fe<sup>3+</sup> 转化为 Fe(OH)<sub>3</sub> 而除去 Fe<sup>3+</sup>，滤渣 2 为生成的 Fe(OH)<sub>3</sub>；然后向溶液中加入 Zn，Zn 和 Cd<sup>2+</sup> 发生氧化还原生成 Cd，然后过滤得到滤液，滤渣 3 为 Cd；将滤液电解得到 Zn；

(1) 焙烧过程中 ZnS、FeS、CdS、PbS 都和氧气发生氧化还原反应，但是 ZnS 的反应是主要反应，所以其主要方程式为  $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ ，

故答案为： $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ ；

(2) 滤渣 1 的主要成分除 SiO<sub>2</sub> 外还有 PbO 和稀硫酸生成的沉淀 PbSO<sub>4</sub>；ZnO 能和酸反应生成盐和水，从而改变溶液的 pH 值，使溶液的 pH 调节在

2.8~6.2 之间, 从而  $\text{Fe}^{3+}$  将转化为沉淀除去  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  开始沉淀、完全沉淀的 pH 相近, 如果不通入氧气,  $\text{Fe}^{2+}$  不能完全除去而影响 Zn 的制备, 故答案为:  $\text{PbSO}_4$ ; 调节溶液的 pH 到 2.8~6.2 之间, 使  $\text{Fe}^{3+}$  完全沉淀; 无法除去溶液中  $\text{Fe}^{2+}$ ;

(3)  $\text{Cd}^{2+}$  和 Zn 发生氧化还原反应生成 Cd, 离子方程式为  $\text{Cd}^{2+} + \text{Zn} = \text{Cd} + \text{Zn}^{2+}$ , 故答案为:  $\text{Cd}^{2+} + \text{Zn} = \text{Cd} + \text{Zn}^{2+}$ ;

(4) 电解硫酸锌溶液制备单质锌时, 阴极上溶液中  $\text{Zn}^{2+}$  得电子生成 Zn, 电极反应式为  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn}$ ; 沉积锌后的电解液中锌离子浓度降低, 可以通过返回溶浸工序继续使用, 从而减少资源浪费, 故答案为:  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn}$ ; 溶浸。

**【点评】** 本题考查物质制备, 综合性较强, 涉及物质分离提纯、电解原理、氧化还原反应、方程式的书写等知识点, 明确流程图中各物质的性质、发生的反应及物质分离提纯方法是解本题关键, 知道每一步的目的及原理, 题目难度中等。

9. (14 分)  $\text{CH}_4$  与  $\text{CO}_2$  的催化重整不仅可以得到合成气 ( $\text{CO}$  和  $\text{H}_2$ ), 还对温室气体的减排具有重要意义。回答下列问题:

(1)  $\text{CH}_4$  与  $\text{CO}_2$  催化重整反应为:  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 。

已知:  $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) \quad \Delta H = -75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -111 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

该催化重整反应的  $\Delta H = \underline{+247} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。有利于提高  $\text{CH}_4$  平衡转化率的条件是 A (填标号)。

A. 高温 低压                      B. 低温 高压                      C. 高温 高压  
D. 低温 低压

某温度下, 在体积为 2L 的容器中加入 2mol  $\text{CH}_4$ 、1mol  $\text{CO}_2$  以及催化剂进行重整反应, 达到平衡时  $\text{CO}_2$  的转化率是 50%, 其平衡常数为  $\underline{\frac{1}{3}} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 。

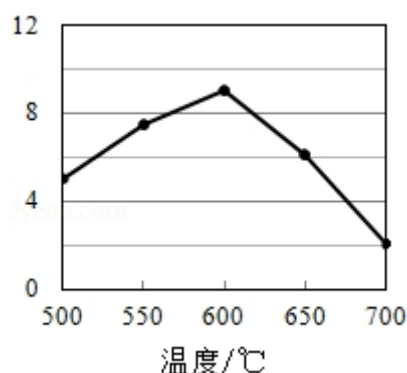
(2) 反中催化剂活性会因积碳反应而降低, 同时存在的消碳反应则使积碳碳量

减少。相关数据如下表：

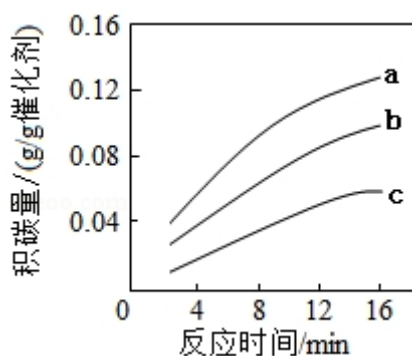
		积碳反应 $\text{CH}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g})$	消碳反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$
$\Delta H/(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$		75	172
活化能/ $(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$	催化剂 X	33	91
	催化剂 Y	43	72

①由上表判断，催化剂 X 劣于 Y（填“优于或劣于”），理由是 催化剂 X 较催化剂 Y，积碳反应时，活化能低，反应速率快，消碳反应时，活化能高，反应速率慢，综合考虑，催化剂 X 较催化剂 Y 更利于积碳反应，不利于消碳反应，会降低催化剂活性。在反应进料气组成，压强及反应时间相同的情况下，某催化剂表面的积碳量随温度的变化关系如右图所示。升高温度时，下列关于积碳反应，消碳反应的平衡常数（K）和速率（v）的叙述正确的是 AD（填标号）。

- A.  $K_{\text{积}}$ 、 $K_{\text{消}}$  均增加  
 B.  $V_{\text{积}}$  减小、 $V_{\text{消}}$  增加  
 C.  $K_{\text{积}}$  减小、 $K_{\text{消}}$  增加  
 D.  $V_{\text{消}}$  增加的倍数比  $V_{\text{积}}$  增加的倍数大



②在一定温度下，测得某催化剂上沉积碳的生成速率方程为  $v = k \cdot p(\text{CH}_4) \cdot [p(\text{CO}_2)]^{-0.5}$ （k 为速率常数）。在  $p(\text{CH}_4)$  一定时，不同  $p(\text{CO}_2)$  下积碳量随时间的变化趋势如图所示，则  $P_a(\text{CO}_2)$ 、 $P_b(\text{CO}_2)$ 、 $P_c(\text{CO}_2)$  从大到小的顺序为  $p_c(\text{CO}_2) > p_b(\text{CO}_2) > p_a(\text{CO}_2)$ 。



【考点】CP：化学平衡的计算.

【专题】51E：化学平衡专题.

【分析】(1) ①  $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) \quad \Delta H = -75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

②  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

③  $\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -111 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

将方程式  $2 \times ③ - ① - ②$  得  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ,  $\Delta H$  进行相应的改变;

要提高  $\text{CH}_4$  平衡转化率应该使平衡正向移动, 但是不能通过增大甲烷浓度实现;

达到平衡时  $\text{CO}_2$  的转化率是 50%, 根据方程式知, 参加反应的  $n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4) = 1 \text{ mol} \times 50\% = 0.5 \text{ mol}$ , 生成的  $n(\text{CO}) = n(\text{H}_2) = 1 \text{ mol}$ ,

该化学反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ,

开始 (mol/L) 1                      0.5                      0                      0

反应 (mol/L) 0.25                      0.25                      0.5                      0.5

平衡 (mol/L) 0.75                      0.25                      0.5                      0.5

化学平衡常数  $K = \frac{c^2(\text{CO}) \cdot c^2(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4) \cdot c(\text{CO}_2)}$ ;

(2) ①消碳反应越容易发生, 催化剂活性越好, 消碳反应所需活化能越低, 消碳反应越容易进行;

A. 积碳反应和消碳反应的正反应都是吸热反应, 升高温度平衡向吸热方向移动;

B. 升高温度所有的化学反应速率都增大;

C. 积碳反应和消碳反应的正反应都是吸热反应，升高温度平衡向吸热方向移动；

D. 积碳量达到最大值以后再升高温度积碳量降低， $V_{\text{消}}$ 增加的倍数比  $V_{\text{积}}$  增加的倍数大；

②在一定温度下，相同时间内，沉积的碳越多，则沉积碳生成速率越快，根据  $v=k \cdot p(\text{CH}_4) \cdot [p(\text{CO}_2)]^{0.5}$  ( $k$  为速率常数) 知， $p(\text{CH}_4)$  一定时，沉积碳生成速率与二氧化碳压强成反比。

【解答】解：(1) ①  $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) \quad \Delta H = -75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

②  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

③  $\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -111 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

将方程式  $2③ - ① - ②$  得  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ， $\Delta H = 2(-111 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-75 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +247 \text{ kJ/mol}$ ；

要提高  $\text{CH}_4$  平衡转化率应该使平衡正向移动，但是不能通过增大甲烷浓度实现，该反应的正反应是一个反应前后气体体积增加的吸热反应，升高温度、减小压强能使平衡正向移动，增大甲烷转化率，

达到平衡时  $\text{CO}_2$  的转化率是 50%，根据方程式知，参加反应的  $n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4) = 1 \text{ mol} \times 50\% = 0.5 \text{ mol}$ ，生成的  $n(\text{CO}) = n(\text{H}_2) = 1 \text{ mol}$ ，

该化学反应  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ，

开始 (mol/L)	1	0.5	0	0
------------	---	-----	---	---

反应 (mol/L)	0.25	0.25	0.5	0.5
------------	------	------	-----	-----

平衡 (mol/L)	0.75	0.25	0.5	0.5
------------	------	------	-----	-----

化学平衡常数  $K = \frac{c^2(\text{CO}) \cdot c^2(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4) \cdot c(\text{CO}_2)} = \frac{0.5^2 \times 0.5^2}{0.75 \times 0.25} = \frac{1}{3}$ ；

故答案为：+247；高温低压； $\frac{1}{3}$ ；

(2) ①根据表中数据知，催化剂 X 较催化剂 Y，积碳反应时，活化能低，反应速率快，消碳反应时，活化能高，反应速率慢，综合考虑，催化剂 X 较催化剂 Y 更利于积碳反应，不利于消碳反应，会降低催化剂活性；

A. 积碳反应和消碳反应的正反应都是吸热反应，升高温度平衡正向移动，则  $K_{\text{积}}$ 、 $K_{\text{消}}$  均增加，故正确；

- B. 升高温度化学反应速率都增大,  $V_{\text{积}}$  增加、 $V_{\text{消}}$  增加, 故错误;
- C. 积碳反应和消碳反应的正反应都是吸热反应, 升高温度平衡正向移动, 则  $K_{\text{积}}$ 、 $K_{\text{消}}$  均增加, 故错误;
- D. 积碳量达到最大值以后再升高温度积碳量降低,  $V_{\text{消}}$  增加的倍数比  $V_{\text{积}}$  增加的倍数大, 故正确;

所以选 AD;

故答案为: 劣于; 催化剂 X 较催化剂 Y, 积碳反应时, 活化能低, 反应速率快, 消碳反应时, 活化能高, 反应速率慢, 综合考虑, 催化剂 X 较催化剂 Y 更利于积碳反应, 不利于消碳反应, 会降低催化剂活性;

AD;

②在一定温度下, 相同时间内, 沉积的碳越多, 则沉积碳生成速率越快, 根据  $v=k \cdot p(\text{CH}_4) \cdot [p(\text{CO}_2)]^{-0.5}$  ( $k$  为速率常数) 知,  $p(\text{CH}_4)$  一定时, 沉积碳生成速率与二氧化碳压强成反比, 根据图知, 积碳量  $a > b > c$ , 则  $p_c(\text{CO}_2) > p_b(\text{CO}_2) > p_a(\text{CO}_2)$ ,

故答案为:  $p_c(\text{CO}_2) > p_b(\text{CO}_2) > p_a(\text{CO}_2)$ 。

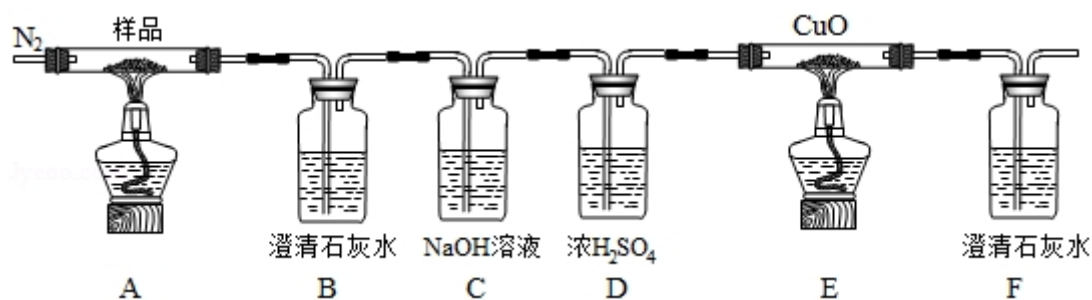
**【点评】** 本题考查化学反应原理, 涉及盖斯定律、化学平衡计算、外界条件对化学平衡影响等知识点, 侧重考查学生分析、推断及图象分析能力, 正确理解题给信息及出题人目的是解本题关键, 难点是 (2) 题分析解答。

10. (15 分)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (三草酸合铁酸钾) 为亮绿色晶体, 可用于晒制蓝图, 回答下列问题:

(1) 晒制蓝图时, 用  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  作感光剂, 以  $\text{K}_3\text{Fe}[(\text{CN})_6]$  溶液为显色剂。其光解反应的化学方程式为  $2\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{FeC}_2\text{O}_4 + 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{CO}_2 \uparrow$ ; 显色反应的化学方程式为  $3\text{FeC}_2\text{O}_4 + 2\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] = \text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \downarrow + 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 。

(2) 某小组为探究三草酸合铁酸钾的热分解产物, 按如图所示装置进行实验。





①通入氮气的目的是 排出装置中原有空气，避免  $O_2$  和  $CO_2$  干扰实验，同时用  $N_2$  把装置 A、E 中反应生成的气体排出进行后续检验。

②实验中观察到装置 B、F 中澄清石灰水均变浑浊，装置 E 中固体变为红色，由此判断热分解产物中一定含有  $CO$ 、 $CO_2$ 。

③为防止倒吸，停止实验时应进行的操作是 先关闭 A、E 中的酒精灯，冷却后再停止通入  $N_2$ 。

④样品完全分解后，装置 A 中的残留物含有  $FeO$  和  $Fe_2O_3$ ，检验  $Fe_2O_3$  存在的方法是：取少量装置 A 中残留物放入试管中，加入稀硫酸溶解，再滴加几滴  $KSCN$  溶液，若观察到溶液变红，则证明 A 中残留物中含  $Fe_2O_3$ 。

(3) 测定三草酸合铁酸钾中铁的含量。

①称量  $m$  g 样品于锥形瓶中，溶解后加稀  $H_2SO_4$  酸化，用  $c \text{ mol} \cdot L^{-1} KMnO_4$  溶液滴定至终点。滴定终点的现象是 当滴入最后一滴滴入后，溶液变成浅红色，且半分钟内不褪色。

②向上述溶液中加入过量锌粉至反应完全后，过滤、洗涤，将滤液及洗涤液全部收集到锥形瓶中。加稀  $H_2SO_4$  酸化，用  $c \text{ mol} \cdot L^{-1} KMnO_4$  溶液滴定至终点，消耗  $KMnO_4$  溶液  $V \text{ mL}$ 。该晶体中铁的质量分数的表达式为  $\frac{5 \times cV \times 56}{m \times 1000} \times 100\%$  或  $\frac{7cV}{25m} \times 100\%$  (或  $\frac{28cV}{m} \%$ )。

**【考点】** 5C：物质的量浓度的相关计算；RD：探究物质的组成或测量物质的含量。

**【分析】** (1) 显色过程是  $FeC_2O_4$  中的亚铁离子与  $[Fe(CN)_6]^{3-}$  结合成蓝色沉淀，据此写出该后续方程式； (2) ①反应开始前通氮气，可排净装置中空气，以免氧气、二氧化碳对实验干扰，同时把装置 A、E 中反应生成的气体排出；



②B 中澄清石灰水变浑浊证明含有二氧化碳，E 中固体变红、F 中澄清石灰水变浑浊证明分解产物中有一氧化碳；

③为避免倒吸，需先关闭反应装置中的酒精灯，冷却后再停止通入  $N_2$ ；

④检验  $Fe_2O_3$ ，需将  $Fe_2O_3$  转化成铁离子，再用硫氰化钾进行检验；

(3) ①用  $KMnO_4$  溶液滴定亚铁离子，滴定终点溶液变成浅红色；

②根据  $n=cV$  计算出消耗高锰酸根离子的物质的量，根据化合价升降相等可得反应关系式  $5Fe^{2+} \sim MnO_4^-$ ，则  $n(Fe^{2+}) = 5n(MnO_4^-)$ ，然后根据  $m=nM$  计算出样品中含有铁元素的质量，最后根据  $\frac{m(Fe^{2+})}{m_{\text{样品}}} \times 100\%$  计算。

**【解答】**解：(1) 显色过程是  $FeC_2O_4$  中的亚铁离子与  $[Fe(CN)_6]^{3-}$  结合成蓝色沉淀的反应，该反应的化学方程式为： $3FeC_2O_4 + 2K_3[Fe(CN)_6] = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 \downarrow + 3K_2C_2O_4$ ，

故答案为： $3FeC_2O_4 + 2K_3[Fe(CN)_6] = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 \downarrow + 3K_2C_2O_4$ ；(2) ①在反应开始前通入  $N_2$ ，可排净装置中的空气，以免  $O_2$  和  $CO_2$  对实验干扰，同时用  $N_2$  把装置 A、E 中反应生成的气体排出进行后续检验，

故答案为：排出装置中原有空气，避免  $O_2$  和  $CO_2$  干扰实验，同时用  $N_2$  把装置 A、E 中反应生成的气体排出进行后续检验；

②B 中澄清石灰水变浑浊证明分解产物中一定含有  $CO_2$ ，E 中固体变红、F 中澄清石灰水变浑浊证明分解产物中有还原性气体  $CO$ ，

故答案为： $CO$ ； $CO_2$ ；

③为防止倒吸，需要先关闭反应装置中的酒精灯，冷却至常温过程中需保持一直通入  $N_2$ ，

故答案为：先关闭 A、E 中的酒精灯，冷却后再停止通入  $N_2$ ；

④检验固体中是否存在  $Fe_2O_3$ ，需将  $Fe_2O_3$  转化成铁离子，再用硫氰化钾进行检验，操作方法为：取少量装置 A 中残留物放入试管中，加入稀硫酸溶解，再滴加几滴  $KSCN$  溶液，若观察到溶液变红，则证明 A 中残留物中含  $Fe_2O_3$ ，

故答案为：取少量装置 A 中残留物放入试管中，加入稀硫酸溶解，再滴加几滴  $KSCN$  溶液，若观察到溶液变红，则证明 A 中残留物中含  $Fe_2O_3$ ；

(3) ①用  $KMnO_4$  溶液滴定亚铁离子，滴定终点溶液变成浅红色，则滴定终点

为：当滴入最后一滴滴入后，溶液变成浅红色，且半分钟内不褪色，  
故答案为：当滴入最后一滴滴入后，溶液变成浅红色，且半分钟内不褪色；

②用  $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KMnO}_4$  溶液滴定至终点，消耗  $\text{KMnO}_4$  溶液  $V \text{ mL}$ ，消耗  $\text{MnO}_4^-$  的

$$\text{物质的量为：} n(\text{MnO}_4^-) = \text{cmol/L} \times \frac{V}{1000} \text{ L} = \frac{cV}{1000} \text{ mol},$$

根据化合价升降相等可得反应关系式： $5\text{Fe}^{2+} \sim \text{MnO}_4^-$ ，

$$\text{则 } n(\text{Fe}^{2+}) = 5n(\text{MnO}_4^-) = 5 \times \frac{cV}{1000} \text{ mol}, \quad m(\text{Fe}^{2+}) = 56 \text{ g/mol} \times 5 \times \frac{cV}{1000}$$

mol,

$$\text{所以铁的质量分数} = \frac{5 \times \frac{cV}{1000} \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol}}{m} \times 100\% = \frac{5 \times cV \times 56}{m \times 1000} \times 100\% \text{ 或 } \frac{7cV}{25m} \times 100\% \text{ (或 } \frac{28cV}{m} \% \text{)},$$

$$\text{故答案为：} \frac{5 \times cV \times 56}{m \times 1000} \times 100\% \text{ 或 } \frac{7cV}{25m} \times 100\% \text{ (或 } \frac{28cV}{m} \% \text{)}$$

【点评】本题考查探究物质组成、测量物质含量，题目难度较大，明确实验原理、实验目的为解答关键，注意掌握常见元素及其化合物性质，试题知识点较多、综合性较强，充分考查了学生的分析、理解能力及综合应用能力。

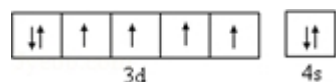
### [化学一选修3：物质结构与性质] (15分)

11. (15分) 硫及其化合物有许多用途。相关物质的物理常数如表所示：

	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{S}_8$	$\text{FeS}_2$	$\text{SO}_2$	$\text{SO}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	-85.5	115.2	>600 (分解)	-75.5	16.8	10.3
沸点/ $^{\circ}\text{C}$	60.3	444.6		10.0	45.0	337.0

回答下列问题：

(1) 基态 Fe 原子价层电子的电子排布图 (轨道表达式) 为



，基态 S 原子电子占据最高能级的电子云轮廓图为哑铃形。

(2) 根据价层电子对互斥理论， $\text{H}_2\text{S}$ ， $\text{SO}_2$ ， $\text{SO}_3$  的气态分子中，中心原子价层电子对数不同于其他分子的是  $\text{H}_2\text{S}$ 。

(3) 图 (a) 为  $\text{S}_8$  的结构，其熔点和沸点要比二氧化硫的熔点和沸点高很多，

主要原因为  $S_8$  与  $SO_2$  都是分子晶体,  $S_8$  相对分子质量比  $SO_2$  大,  $S_8$  的分子间作用力大于  $SO_2$ , 所以熔沸点  $S_8 > SO_2$ 。



图 (a)



图 (b)

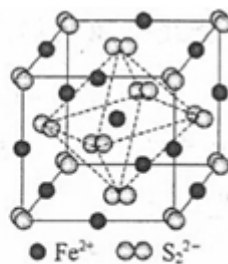


图 (c)

(4) 气态三氧化硫以单分子形式存在, 其分子的立体构型为 平面三角 形, 其中共价键的类型有 2 种; 固体三氧化硫中存在如图 (b) 所示的三聚分子。该分子中 S 原子的杂化轨道类型为  $sp^3$ 。

(5)  $FeS_2$  晶体的晶胞如图 (c) 所示, 晶胞边长为  $a\text{nm}$ ,  $FeS_2$  相对式量为  $M$ 、

阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ , 其晶体密度的计算表达式为  $\frac{\frac{M}{N_A} \times 4}{(a \times 10^{-7})^3} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ; 晶胞中  $Fe^{2+}$  位于  $S_2^{2-}$  所形成的八面体的体心, 该正八面体的边长为  $\frac{\sqrt{2}}{2}a \text{nm}$ 。

**【考点】** 86: 原子核外电子排布; 98: 判断简单分子或离子的构型; 9I: 晶胞的计算; 9S: 原子轨道杂化方式及杂化类型判断。

**【专题】** 51D: 化学键与晶体结构。

**【分析】** (1) 基态 Fe 原子价层电子为其 3d、4s 能级上电子;

基态 S 原子电子占据的能级有 1s、2s、2p、3s、3p, 最高能级为 3p, 其电子云轮廓图为哑铃形;

(2)  $H_2S$  中 S 原子价层电子对个数  $= 2 + \frac{6-2 \times 1}{2} = 4$ 、 $SO_2$  中 S 原子价层电子对个数  $= 2 + \frac{6-2 \times 2}{2} = 3$ 、 $SO_3$  中 S 原子价层电子对个数  $= 3 + \frac{6-3 \times 2}{2} = 3$ ;

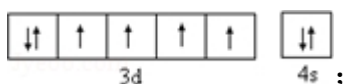
(3)  $S_8$ 、 $SO_2$  都分子晶体, 分子晶体熔沸点与其分子间作用力成正比, 分子间作用力与其相对分子质量成正比;

(4)  $\text{SO}_3$  中 S 原子价层电子对个数  $= 3 + \frac{6-3 \times 2}{2} = 3$ ，且不含孤电子对，根据价层

电子对互斥理论判断其空间构型；该分子中 S—O 原子之间存在共价键；该分子中每个 S 原子价层电子对个数都是 4，根据价层电子对互斥理论判断 S 原子杂化类型；

(5) 晶胞边长为  $a \text{ nm} = a \times 10^{-7} \text{ cm}$ ，晶胞体积  $= (a \times 10^{-7} \text{ cm})^3$ ，该晶胞中  $\text{Fe}^{2+}$  个数  $= 1 + 12 \times \frac{1}{4} = 4$ ， $\text{S}_2^{2-}$  个数  $= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ，其晶体密度  $= \frac{m}{V}$ ；晶胞中  $\text{Fe}^{2+}$  位于  $\text{S}_2^{2-}$  所形成的八面体的体心，该正八面体的边长为每个面对角线长度的一半。

【解答】解：（1）基态 Fe 原子的核外价电子排布式为  $[\text{Ar}]3d^64s^2$ ，基态 Fe 原子价层电子为其 3d、4s 能级上电子，则基态 Fe 原子的核外价电子排布图为



基态 S 原子电子占据的能级有 1s、2s、2p、3s、3p，最高能级为 3p，其电子云轮廓图为哑铃形，

故答案为： 哑铃；

(2)  $\text{H}_2\text{S}$  中 S 原子价层电子对个数  $= 2 + \frac{6-2 \times 1}{2} = 4$ 、 $\text{SO}_2$  中 S 原子价层电子对个数  $= 2 + \frac{6-2 \times 2}{2} = 3$ 、 $\text{SO}_3$  中 S 原子价层电子对个数  $= 3 + \frac{6-3 \times 2}{2} = 3$ ，中心原子价层电子对数不同于其他分子的是  $\text{H}_2\text{S}$ ，

故答案为： $\text{H}_2\text{S}$ ；

(3)  $\text{S}_8$ 、 $\text{SO}_2$  都分子晶体，分子晶体熔沸点与其分子间作用力成正比，分子间作用力与其相对分子质量成正比， $\text{S}_8$  相对分子质量大于  $\text{SO}_2$ ，所以分子间作用力  $\text{S}_8$  大于  $\text{SO}_2$ ，导致熔沸点  $\text{S}_8$  大于  $\text{SO}_2$ ，

故答案为： $\text{S}_8$  与  $\text{SO}_2$  都是分子晶体， $\text{S}_8$  相对分子质量比  $\text{SO}_2$  大， $\text{S}_8$  的分子间作用力大于  $\text{SO}_2$ ，所以熔沸点  $\text{S}_8 > \text{SO}_2$ ；

(4)  $\text{SO}_3$  中 S 原子价层电子对个数  $= 3 + \frac{6-3 \times 2}{2} = 3$ ，且不含孤电子对，根据价层

电子对互斥理论判断其空间构型为平面正三角形；该分子中 S—O 原子之间存在  $\sigma$  和离域大  $\pi$  键，所以共价键类型 2 种；该分子中每个 S 原子价层电子对个数都是 4，根据价层电子对互斥理论判断 S 原子杂化类型为  $\text{sp}^3$ ，

故答案为：平面正三角；2； $sp^3$ ；

(5) 晶胞边长为  $a\text{nm}=a\times 10^{-7}\text{cm}$ ，晶胞体积= $(a\times 10^{-7}\text{cm})^3$ ，该晶胞中  $\text{Fe}^{2+}$

$$\text{个数}=1+12\times\frac{1}{4}=4, \text{S}_2^{2-}\text{个数}=8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}=4, \text{其晶体密度}=\frac{m}{V}=\frac{\frac{M}{N_A}\times 4}{(a\times 10^{-7})^3}$$

$\text{g/cm}^3$ ；晶胞中  $\text{Fe}^{2+}$  位于  $\text{S}_2^{2-}$  所形成的八面体的体心，该正八面体的边长为每

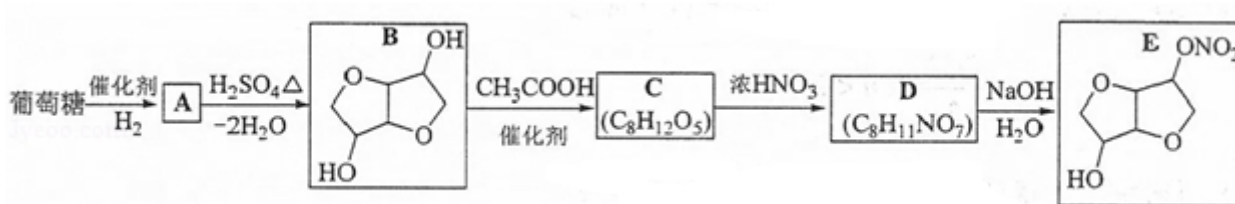
$$\text{个面对角线长度的一半}=\frac{1}{2}\times\sqrt{2}a\text{nm}=\frac{\sqrt{2}}{2}a\text{nm},$$

$$\text{故答案为: } \frac{\frac{M}{N_A}\times 4}{(a\times 10^{-7})^3}; \frac{\sqrt{2}}{2}a.$$

【点评】本题考查物质结构和性质，涉及晶胞计算、微粒空间构型判断、原子核外电子排布等知识点，侧重考查学生分析判断、公式的正确运用及空间想像能力，难点是晶胞计算，注意均摊分在晶胞中的灵活运用及  $\text{nm}$  与  $\text{cm}$  之间的换算。

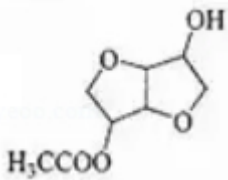
### [化学一选修 5：有机化学基础] (15 分)

12. 以葡萄糖为原料制得的山梨醇 (A) 和异山梨醇 (B) 都是重要的生物质转化平台化合物。E 是一种治疗心绞痛的药物。由葡萄糖为原料合成 E 的路线如下：

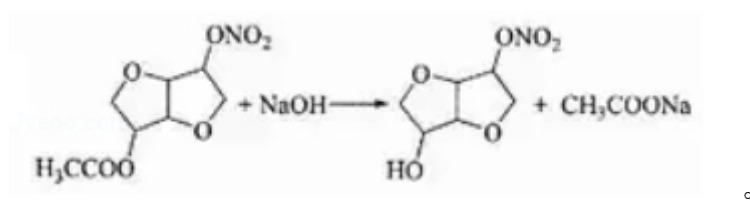


回答下列问题：

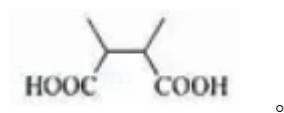
- (1) 葡萄糖的分子式为  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。
- (2) A 中含有的官能团的名称为 羟基。
- (3) 由 B 到 C 的反应类型为 酯化反应或取代反应。

(4) C 的结构简式为 。

(5) 由 D 到 E 的反应方程式为



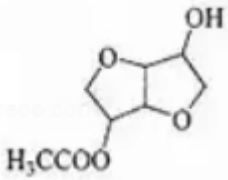
(6) F 是 B 的同分异构体，7.30g 的 F 与足量饱和碳酸氢钠反应可释放出 2.24L 二氧化碳（标准状况），F 的可能结构共有 9 种（不考虑立体异构）；其中核磁共振氢谱为三组峰，峰面积比为 3: 1: 1 的结构简式为

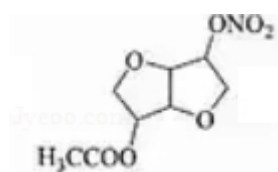


【考点】HC：有机物的合成。

【专题】534：有机物的化学性质及推断。

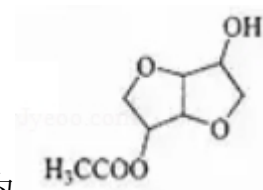
【分析】葡萄糖和氢气发生加成反应生成 A 为  $\text{HOCH}_2(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$ ，A 发生消去反应生成 B，B 和乙酸反应生成 C，根据 C 分子式知，B 中一个羟

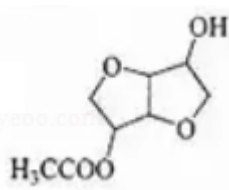
基发生酯化反应，C 结构简式为 ，根据 D 分子式知，生成 D 的反应为取代反应，D 发生水解反应生成 E，根据 E 结构简式知，D 为

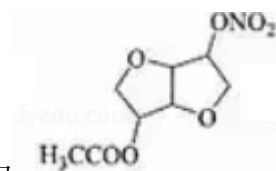


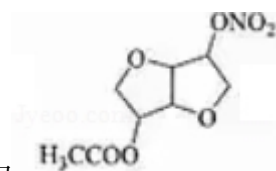
，结合题目分析解答。

【解答】解：葡萄糖和氢气发生加成反应生成 A 为  $\text{HOCH}_2(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}$ ，A 发生消去反应生成 B，B 和乙酸反应生成 C，根据 C 分子式



知，B 中一个羟基发生酯化反应，C 结构简式为 ，根据 D 分子式知，生成 D 的反应为取代反应，D 发生水解反应生成 E，根据 E 结



构简式知，D 为 ，

(1) 葡萄糖的分子式为  $C_6H_{12}O_6$ ，

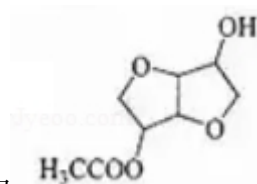
故答案为：  $C_6H_{12}O_6$ ；

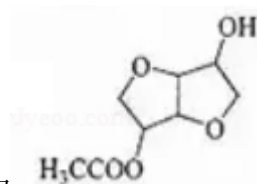
(2) A 为  $HOCH_2(CHOH)_4CH_2OH$ ，A 中含有的官能团的名称为羟基，

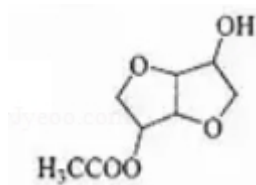
故答案为：羟基；

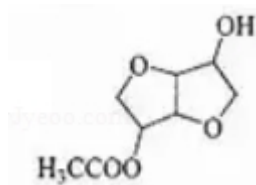
(3) 由 B 到 C 的反应类型为取代反应或酯化反应，

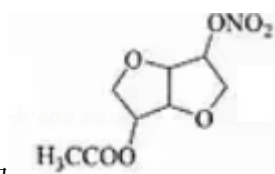
故答案为：取代反应或酯化反应；

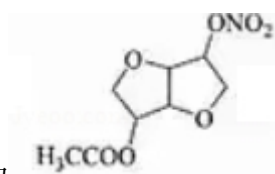


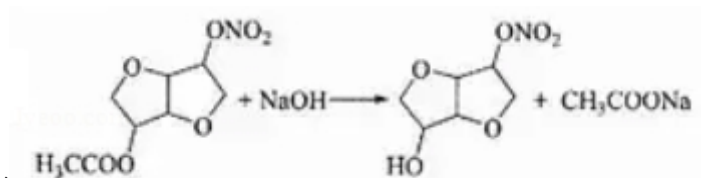
(4) C 的结构简式为 ，



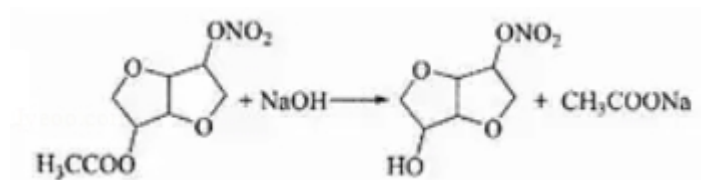
故答案为： ；



(5) D 为 ，D 发生水解反应生成 E，由 D 到 E 的反应方程



式为 ，



故答案为：

；

(6) F 是 B 的同分异构体，B 的相对分子质量为 146，7.30g 的 F 物质的量 =

$$\frac{7.30\text{g}}{146\text{g/mol}} = 0.05\text{mol}, \text{ 生成 } n(\text{CO}_2) = \frac{2.24\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.1\text{mol}, \text{ 说明该分子中含}$$

有 2 个  $\square\text{COOH}$ ，B 的分子式为  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$ ，B 的不饱和度 =  $\frac{6 \times 2 + 2 - 10}{2} = 2$ ，2

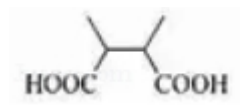
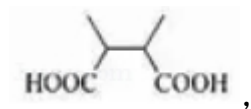
个  $\square\text{COOH}$  的不饱和度是 2，说明 F 中不含碳碳不饱和键和环，

如果剩余碳链结构为  $\text{C}\square\text{C}\square\text{C}\square\text{C}$ ，羧基排放方式有 6 种；

如果剩余碳链结构为  $\begin{array}{c} \text{C}-\text{C}-\text{C} \\ | \\ \text{C} \end{array}$ ，羧基排放方式有 3 种，

所以符合条件的同分异构体有 9 种；

其中核磁共振氢谱为三组峰，峰面积比为 3：1：1 的结构简式为



故答案为：9；

**【点评】** 本题考查有机物推断，侧重考查学生分析、推断能力，涉及物质推断、官能团判断、反应类型判断、同分异构体种类判断等知识点，明确有机物官能团及其性质关系是解本题关键，难点是同分异构体种类判断。