

## 2011 年全国统一高考化学试卷（新课标）

一、选择题（每小题 6 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）

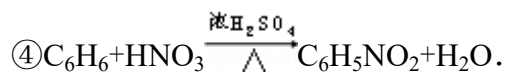
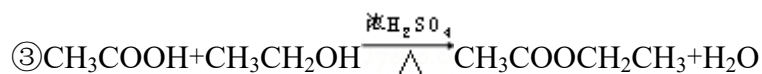
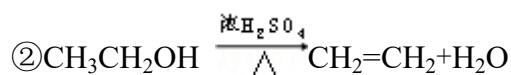
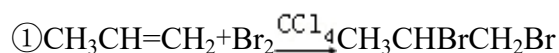
1. 下列叙述正确的是（ ）

- A. 1.00molNaCl 中含有  $6.02 \times 10^{23}$  个 NaCl 分子
- B. 1.00molNaCl 中，所有  $\text{Na}^+$  的最外层电子总数为  $8 \times 6.02 \times 10^{23}$
- C. 欲配置 1.00L，1.00mol·L<sup>-1</sup> 的 NaCl 溶液，可将 58.5gNaCl 溶于 1.00L 水中
- D. 电解 58.5g 熔融的 NaCl，能产生 22.4L 氯气（标准状况）、23.0g 金属钠

2. 分子式为  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$  的同分异构体共有（不考虑立体异构）（ ）

- A. 6 种
- B. 7 种
- C. 8 种
- D. 9 种

3. 下列反应中，属于取代反应的是（ ）



- A. ①②
- B. ③④
- C. ①③
- D. ②④

4. 将浓度为  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HF}$  溶液加水不断稀释，下列各量始终保持增大的是（ ）

- A.  $c(\text{H}^+)$
- B.  $K_a(\text{HF})$
- C.  $\frac{c(\text{F}^-)}{c(\text{H}^+)}$
- D.  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HF})}$

5. 铁镍蓄电池又称爱迪生电池，放电时的总反应为： $\text{Fe} + \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Ni}(\text{OH})_2$  下列有关该电池的说法不正确的是（ ）

- A. 电池的电解液为碱性溶液，正极为  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ 、负极为 Fe
- B. 电池放电时，负极反应为  $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$
- C. 电池充电过程中，阴极附近溶液的碱性减弱
- D. 电池充电时，阳极反应为  $2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

6. 能正确表示下列反应的离子方程式为（ ）

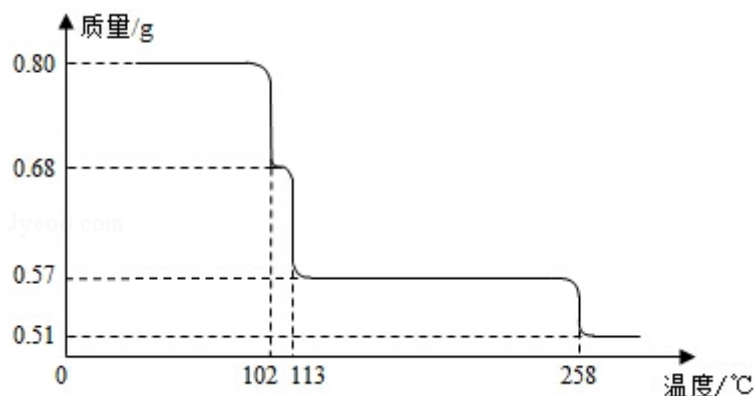
- A. 硫化亚铁溶于稀硝酸中： $\text{FeS}+2\text{H}^+=\text{Fe}^{2+}+\text{H}_2\text{S}\uparrow$
- B.  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶于过量的  $\text{NaOH}$  溶液中： $\text{HCO}_3^-+\text{OH}^-=\text{CO}_3^{2-}+\text{H}_2\text{O}$
- C. 少量  $\text{SO}_2$  通入苯酚钠溶液中： $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-+\text{SO}_2+\text{H}_2\text{O}=\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}+\text{HSO}_3^-$
- D. 大理石溶于醋酸中： $\text{CaCO}_3+2\text{CH}_3\text{COOH}=\text{Ca}^{2+}+2\text{CH}_3\text{COO}^-+\text{CO}_2\uparrow+\text{H}_2\text{O}$

7. 短周期元素 W、X、Y 和 Z 的原子序数依次增大。元素 W 是制备一种高效电池的重要材料，X 原子的最外层电子数是内层电子数的 2 倍，元素 Y 是地壳中含量最丰富的金属元素，Z 原子的最外层电子数是其电子层数的 2 倍。下列说法错误的是（ ）

- A. 元素 W、X 的氯化物中，各原子均满足 8 电子的稳定结构
- B. 元素 X 与氢形成的原子比为 1:1 的化合物有很多
- C. 元素 Y 的单质与氢氧化钠溶液或盐酸反应均有氢气生成
- D. 元素 Z 可与元素 X 形成共价化合物  $\text{XZ}_2$

## 二、解答题（共 3 小题，满分 29 分）

8. （14 分） $0.80\text{gCuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  样品受热脱水过程的热重曲线（样品质量随温度变化的曲线）如图所示。



请回答下列问题：

- 试确定  $200^\circ\text{C}$  时固体物质的化学式\_\_\_\_\_（要求写出推断过程）；
- 取  $270^\circ\text{C}$  所得样品，于  $570^\circ\text{C}$  灼烧得到的主要产物是黑色粉末和一种氧化性气体，该反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。把该黑色粉末溶解于稀硫酸中，经浓缩、冷却，有晶体析出，该晶体的化学式为\_\_\_\_\_，其存在的最高温度是\_\_\_\_\_；
- 上述氧化性气体与水反应生成一种化合物，该化合物的浓溶液与  $\text{Cu}$  在加

热时发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_；

- (4) 在  $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  硫酸铜溶液中加入氢氧化钠稀溶液充分搅拌，有浅蓝色氢氧化铜沉淀生成，当溶液的  $\text{pH}=8$  时， $c(\text{Cu}^{2+}) = \underline{\hspace{2cm}}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2.2 \times 10^{-20}$ )。若在  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  硫酸铜溶液中通入过量  $\text{H}_2\text{S}$  气体，使  $\text{Cu}^{2+}$  完全沉淀为  $\text{CuS}$ ，此时溶液中的  $\text{H}^+$  浓度是  $\underline{\hspace{2cm}}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

9. (15 分) 科学家利用太阳能分解水生成的氢气在催化剂作用下与二氧化碳反应生成甲醇，并开发出直接以甲醇为燃料的燃料电池。已知  $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{CO}(\text{g})$  和  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$  的燃烧热  $\Delta H$  分别为  $-285.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 $-283.0\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  和  $-726.5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。请回答下列问题：

- (1) 用太阳能分解  $10\text{mol}$  水消耗的能量是  $\underline{\hspace{2cm}}\text{kJ}$ ；  
(2) 甲醇不完全燃烧生成一氧化碳和液态水的热化学方程式为\_\_\_\_\_；  
(3) 在容积为  $2\text{L}$  的密闭容器中，由  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  合成甲醇，在其他条件不变的情况下，考察温度对反应的影响，实验结果如下图所示（注： $T_1$ 、 $T_2$  均大于  $300^\circ\text{C}$ ）；下列说法正确的是\_\_\_\_\_（填序号）

- ①温度为  $T_1$  时，从反应开始到平衡，生成甲醇的平均速率为  $v(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{n_{\text{A}}}{t_{\text{A}}}$   
 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

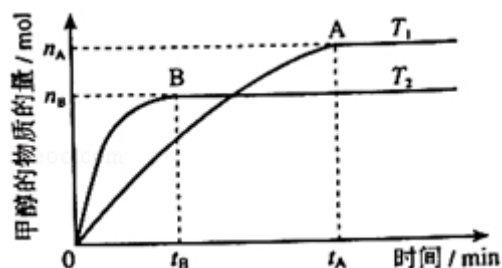
- ②该反应在  $T_1$  时的平衡常数比  $T_2$  时的小

- ③该反应为放热反应

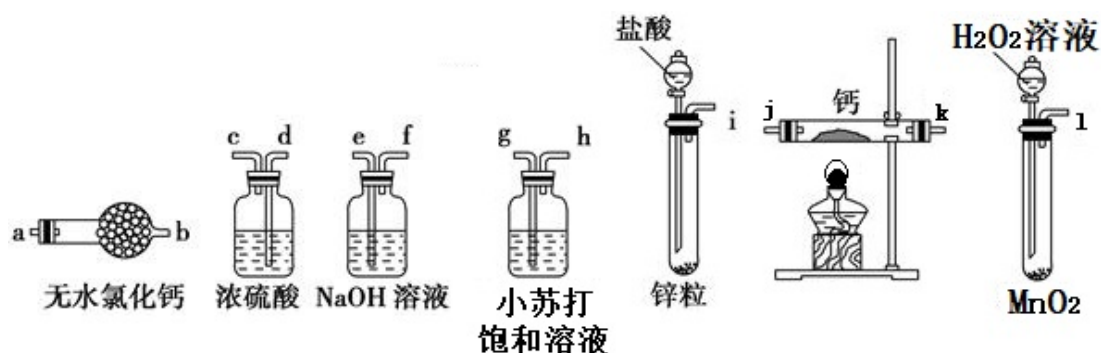
- ④处于 A 点的反应体系从  $T_1$  变到  $T_2$ ，达到平衡时  $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CH}_3\text{OH})}$  增大

- (4) 在  $T_1$  温度时，将  $1\text{molCO}_2$  和  $3\text{molH}_2$  充入一密闭恒容容器中，充分反应达到平衡后，若  $\text{CO}_2$  转化率为  $a$ ，则容器内的压强与起始压强之比为\_\_\_\_\_；

- (5) 在直接以甲醇为燃料的燃料电池中，电解质溶液为酸性，负极的反应式为\_\_\_\_\_，正极的反应式为\_\_\_\_\_。理想状态下，该燃料电池消耗  $1\text{mol}$  甲醇所能产生的最大电能为  $702.1\text{kJ}$ ，则该燃料电池的理论效率为\_\_\_\_\_（燃料电池的理论效率是指电池所产生的最大电能与燃料电池反应所能释放的全部能量之比）。



10. (15 分) 氢化钙固体登山运动员常用的能源提供剂。某兴趣小组拟选用如下装置制备氢化钙。



请回答下列问题：

(1) 请选择必要的装置，按气流方向连接顺序为\_\_\_\_\_ (填仪器接口的字母编号)

(2) 根据完整的实验装置进行实验，实验步骤如下：检查装置气密性后，装入药品；打开分液漏斗活塞\_\_\_\_\_ (请按正确的顺序填入下列步骤的标号)。

A. 加热反应一段时间

B. 收集气体并检验其纯度

C. 关闭分液漏斗活塞

D. 停止加热，充分冷却

(3) 实验结束后，某同学取少量产物，小心加入水中，观察到有气泡冒出，溶液中加入酚酞后显红色，该同学据此断，上述实验确有  $\text{CaH}_2$  生成。

①写出  $\text{CaH}_2$  与水反应的化学方程式\_\_\_\_\_；

②该同学的判断不正确，原因是\_\_\_\_\_。

(4) 请你设计一个实验，用化学方法区分钙与氢化钙，写出实验简要步骤及观察到的现象\_\_\_\_\_ (5) 登山运动员常用氢化钙作为能源提供剂，与氢气相比，其优点是\_\_\_\_\_。

### 三、选修部分

11. 【化学□□选修 2：化学与技术】（15 分）

普通纸张的主要成分是纤维素，在早期的纸张生产中，常采用纸张表面涂敷明矾的工艺，以填补其表面的微孔，防止墨迹扩散。请回答下列问题：

（1）人们发现纸张会发生酸性腐蚀而变脆、破损，严重威胁纸质文物的保存。经分析检验，发现酸性腐蚀主要与造纸中涂敷明矾的工艺有关，其中的化学原理是\_\_\_\_\_；为了防止纸张的酸性腐蚀，可在纸浆中加入碳酸钙等添加剂，该工艺原理的化学（离子）方程式为\_\_\_\_\_。

（2）为了保护这些纸质文物，有人建议采取下列措施：

①喷洒碱性溶液，如稀氢氧化钠溶液或氨水等。这样操作产生的主要问题是\_\_\_\_\_；

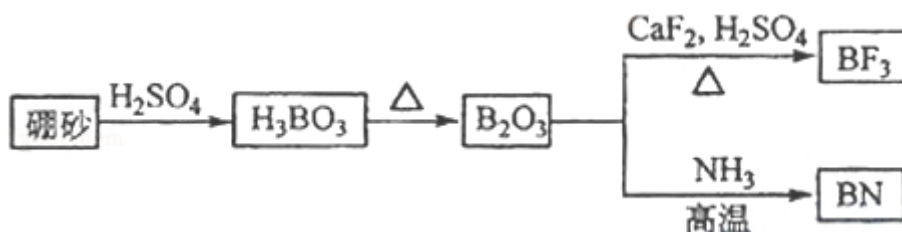
②喷洒  $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ 。  $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  可以与水反应生成氧化锌和乙烷。用化学（离子）方程式表示该方法生成氧化锌及防止酸性腐蚀的原理\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

（3）现代造纸工艺常用钛白粉（ $\text{TiO}_2$ ）替代明矾。钛白粉的一种工业制法是以钛铁矿（主要成分为  $\text{FeTiO}_3$ ）为原料按下列过程进行的，请完成下列化学方程式：

① \_\_\_\_\_  $\text{FeTiO}_3$  + \_\_\_\_\_  $\text{C}$  + \_\_\_\_\_  $\text{Cl}_2$   $\xrightarrow{900^\circ\text{C}}$  \_\_\_\_\_  $\text{TiCl}_4$  + \_\_\_\_\_  $\text{FeCl}_3$  + \_\_\_\_\_  $\text{CO}$

② \_\_\_\_\_  $\text{TiCl}_4$  + \_\_\_\_\_  $\text{O}_2$   $\xrightarrow{1000-1400^\circ\text{C}}$  \_\_\_\_\_  $\text{TiO}_2$  + \_\_\_\_\_  $\text{Cl}_2$ 。

12. （15 分）氮化硼（BN）是一种重要的功能陶瓷材料。以天然硼砂为起始物，经过一系列反应可以得到  $\text{BF}_3$  和 BN，如下图所示



请回答下列问题：

（1）由  $\text{B}_2\text{O}_3$  制备  $\text{BF}_3$ 、BN 的化学方程式依次是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_；

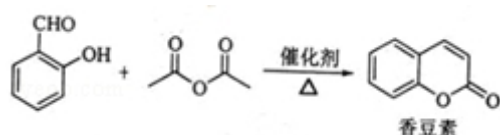
（2）基态 B 原子的电子排布式为\_\_\_\_\_；B 和 N 相比，电负性较大的是\_\_\_\_\_，BN 中 B 元素的化合价为\_\_\_\_\_；

(3) 在  $\text{BF}_3$  分子中,  $\text{F-B-F}$  的键角是\_\_\_\_\_, B 原子的杂化轨道类型为\_\_\_\_\_,  $\text{BF}_3$  和过量  $\text{NaF}$  作用可生成  $\text{NaBF}_4$ ,  $\text{BF}_4^-$  的立体结构为\_\_\_\_\_;

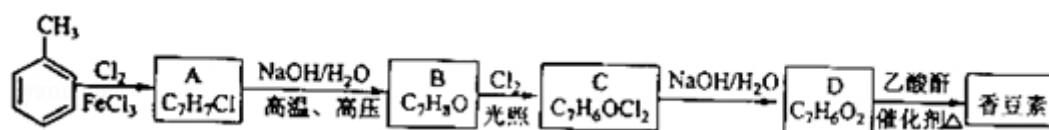
(4) 在与石墨结构相似的六方氮化硼晶体中, 层内 B 原子与 N 原子之间的化学键为\_\_\_\_\_, 层间作用力为\_\_\_\_\_;

(5) 六方氮化硼在高温高压下, 可以转化为立方氮化硼, 其结构与金刚石相似, 硬度与金刚石相当, 晶胞边长为  $361.5\text{pm}$ , 立方氮化硼晶胞中含有\_\_\_\_\_个氮原子、\_\_\_\_\_个硼原子, 立方氮化硼的密度是\_\_\_\_\_  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (只要求列算式, 不必计算出数值, 阿伏伽德罗常数为  $N_A$ )。

13. (15 分) 香豆素是一种天然香料, 存在于黑香豆、兰花等植物中. 工业上常用水杨醛与乙酸酐在催化剂存在下加热反应制得:



以下是由甲苯为原料生产香豆素的一种合成路线 (部分反应条件及副产物已略去)



已知以下信息:

- ① A 中有五种不同化学环境的氢
- ② B 可与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应
- ③ 同一个碳原子上连有两个羟基通常不稳定, 易脱水形成羰基.

请回答下列问题:

- (1) 香豆素的分子式为\_\_\_\_\_;
- (2) 由甲苯生成 A 的反应类型为\_\_\_\_\_; A 的化学名称为\_\_\_\_\_
- (3) 由 B 生成 C 的化学反应方程式为\_\_\_\_\_;
- (4) B 的同分异构体中含有苯环的还有\_\_\_\_\_种, 其中在核磁共振氢谱中只出现四组峰的有\_\_\_\_\_种;
- (5) D 的同分异构体中含有苯环的还有\_\_\_\_\_种, 其中:

- ①既能发生银境反应，又能发生水解反应的是\_\_\_\_\_（写结构简式）
- ②能够与饱和碳酸氢钠溶液反应放出  $\text{CO}_2$  的是\_\_\_\_\_（写结构简式）

# 2011 年全国统一高考化学试卷（新课标）

参考答案与试题解析

## 一、选择题

1. 下列叙述正确的是（ ）

- A. 1.00molNaCl 中含有  $6.02 \times 10^{23}$  个 NaCl 分子
- B. 1.00molNaCl 中，所有  $\text{Na}^+$  的最外层电子总数为  $8 \times 6.02 \times 10^{23}$
- C. 欲配置 1.00L，1.00mol·L<sup>-1</sup> 的 NaCl 溶液，可将 58.5gNaCl 溶于 1.00L 水中
- D. 电解 58.5g 熔融的 NaCl，能产生 22.4L 氯气（标准状况）、23.0g 金属钠

【考点】54：物质的量的相关计算；5C：物质的量浓度的相关计算.

【分析】根据物质的构成、离子的电子排布来分析微粒的物质的量，并根据溶液的配制来分析溶液的体积，利用电解反应中氯化钠的物质的量来计算电解产物的量即可解答.

【解答】解：A、因 NaCl 为离子化合物，则不存在 NaCl 分子，故 A 错误；

B、因  $\text{Na}^+$  的最外层电子总数为 8 电子稳定结构，则最外层电子的物质的量为 8mol，其电子总数为  $8 \times 6.02 \times 10^{23}$ ，故 B 正确；

C、欲配置 1.00L，1.00mol·L<sup>-1</sup> 的 NaCl 溶液，可将 58.5g NaCl 溶于适量水中，配成 1L 溶液，而不是溶于 1L 的水中，故 C 错误；

D、NaCl 的物质的量为  $\frac{58.5\text{g}}{58.5\text{g/mol}}=1\text{mol}$ ，则电解 58.5g 熔融的 NaCl，1molNaCl 生成 0.5mol 氯气，能产生  $0.5\text{mol} \times 22.4\text{L/mol}=11.2\text{L}$  氯气（标准状况），而不是 22.4L 氯气，故 D 错误；

故选：B。

【点评】本题考查微观粒子的物质的量的计算，明确物质的构成、电子排布、溶液的配制，电解等知识点来解答，学生熟悉物质的量的计算、利用原子守恒来判断电解产物的物质的量是解答本题的关键.



2. 分子式为  $C_5H_{11}Cl$  的同分异构体共有 (不考虑立体异构) ( )

- A. 6 种                      B. 7 种                      C. 8 种                      D. 9 种

【考点】I4: 同分异构现象和同分异构体.

【专题】532: 同分异构体的类型及其判定.

【分析】判断和书写烷烃的氯代物的异构体可以按照以下步骤来做: (1) 先确定烷烃的碳链异构, 即烷烃的同分异构体. (2) 确定烷烃的对称中心, 即找出等效的氢原子. (3) 根据先中心后外围的原则, 将氯原子逐一去代替氢原子. (4) 对于多氯代烷的同分异构体, 遵循先集中后分散的原则, 先将几个氯原子集中取代同一碳原子上的氢, 后分散去取代不同碳原子上的氢.

【解答】解: 分子式为  $C_5H_{11}Cl$  的同分异构体有

主链有 5 个碳原子的:  $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Cl$ ;  $CH_3CH_2CH_2CHClCH_3$ ;  
 $CH_3CH_2CHClCH_2CH_3$ ;

主链有 4 个碳原子的:  $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2Cl$ ;  $CH_3CH(CH_3)CHClCH_3$ ;  
 $CH_3CCl(CH_3)CH_2CH_3$ ;  $CH_2ClCH(CH_3)CH_2CH_3$ ;

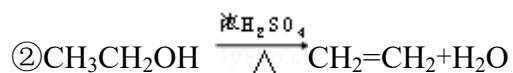
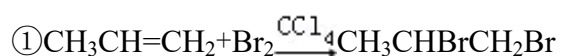
主链有 3 个碳原子的:  $CH_2C(CH_3)_2CH_2Cl$ ;

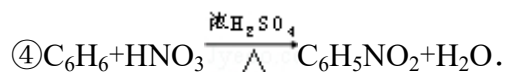
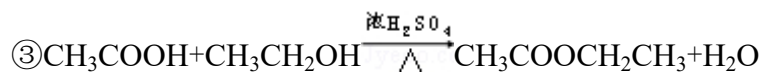
共有 8 种情况。

故选: C。

【点评】本题考查以氯代物的同分异构体的判断, 难度不大, 做题时要抓住判断角度, 找出等效氢原子种类. 一般说来, 同一个碳原子上的氢原子等效, 同一个碳原子上连的所有甲基上的氢原子等效, 处于镜面对称位置上的氢原子等效. 氯原子取代任意一个等效氢原子所得的一氯代物是同一种. 只要这样就可以了. 比如说丙烷有两种一氯代物.

3. 下列反应中, 属于取代反应的是 ( )





A. ①②

B. ③④

C. ①③

D. ②④

**【考点】**I6: 取代反应与加成反应.

**【分析】**①烯烃具有双键, 与溴的反应属于加成反应;

②在浓硫酸作用下, 加热到  $170^\circ\text{C}$  时, 乙醇发生消去反应, 生成乙烯和水;

③乙酸和乙醇在浓硫酸作用下加热时发生酯化反应, 生成乙酸乙酯和水, 也属于取代反应;

④在浓硫酸作用下, 加热时苯和浓硝酸发生硝化反应生成硝基苯和水, 也属于取代反应.

**【解答】**解: A、①属于加成反应; ②属于消去反应, 故 A 错;

B、③属于酯化反应, 也属于取代反应; ④属于苯的硝化反应, 也属于取代反应, 故 B 正确;

C、①属于加成反应; ③属于酯化反应, 也属于取代反应, 故 C 错;

D、②属于消去反应; ④属于苯的硝化反应, 也属于取代反应, 故 D 错.

故选: B.

**【点评】**本题考查有机物的反应类型, 做题时注意有机物的化学性质.

4. 将浓度为  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  HF 溶液加水不断稀释, 下列各量始终保持增大的是 ( )

A.  $c(\text{H}^+)$

B.  $K_a(\text{HF})$

C.  $\frac{c(\text{F}^-)}{c(\text{H}^+)}$

D.  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HF})}$

**【考点】**D5: 弱电解质在水溶液中的电离平衡.

**【专题】**21: 热点问题; 35: 类比迁移思想; 42: 控制单因变量法; 51G: 电离平衡与溶液的 pH 专题.

**【分析】**根据 HF 属于弱电解质, 则在加水不断稀释时, 电离程度增大, 电离平衡保持向正反应方向移动, 并注意温度不变时, 电离平衡常数不变来解

答.

【解答】解：A、因 HF 为弱酸，则浓度为  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  HF 溶液加水不断稀释，促进电离，平衡正向移动，电离程度增大， $n(\text{H}^+)$  增大，但  $c(\text{H}^+)$  不断减小，故 A 错误；

B、因电离平衡常数只与温度有关，则  $K_a(\text{HF})$  在稀释过程中不变，故 B 错误；

C、因稀释时一段时间电离产生等量的  $\text{H}^+$  和  $\text{F}^-$ ，溶液的体积相同，则两种离子的浓度的比值不变，但随着稀释的不断进行， $c(\text{H}^+)$  不会超过  $10^{-7}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $c(\text{F}^-)$  不断减小，则比值变小，故 C 错误；

D、因  $K_a(\text{HF}) = \frac{c(\text{F}^-) \times c(\text{H}^+)}{c(\text{HF})}$ ，当 HF 溶液加水不断稀释，促进电离， $c(\text{F}^-)$  不断减小， $K_a(\text{HF})$  不变，则  $\frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{HF})}$  增大，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查弱电解质的稀释，明确稀释中电离程度、离子浓度、 $K_a$  的变化即可解答，本题难点和易错点是不断稀释时  $c(\text{H}^+)$  不会超过  $10^{-7}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

5. 铁镍蓄电池又称爱迪生电池，放电时的总反应为： $\text{Fe} + \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Ni}(\text{OH})_2$  下列有关该电池的说法不正确的是（ ）
- A. 电池的电解液为碱性溶液，正极为  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ 、负极为 Fe
- B. 电池放电时，负极反应为  $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$
- C. 电池充电过程中，阴极附近溶液的碱性减弱
- D. 电池充电时，阳极反应为  $2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

【考点】BH：原电池和电解池的工作原理。

【专题】51I：电化学专题。

【分析】根据电池的总反应： $\text{Fe} + \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Ni}(\text{OH})_2$ ，可以判断出铁镍蓄电池放电时 Fe 作负极，发生氧化反应，为还原剂，失电子生成  $\text{Fe}^{2+}$ ，最终生成  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ， $\text{Ni}_2\text{O}_3$  作正极，发生还原反应，为氧化剂，得电子，最终生成  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ，电池放电时，负极反应为  $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$

(OH)<sub>2</sub>，则充电时，阴极发生  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- = \text{Fe} + 2\text{OH}^-$ ，阴极附近溶液的 pH 升高，电池充电时，阳极发生  $2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。

**【解答】**解：A、反应后产物有氢氧化物，可得电解液为碱性溶液，由放电时的反应可以得出铁做还原剂失去电子，Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 做氧化剂得到电子，即正极为 Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、负极为 Fe，故 A 正确；

B、根据总反应  $\text{Fe} + \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Ni}(\text{OH})_2$ ，可以判断出铁镍蓄电池放电时 Fe 作负极，发生氧化反应，为还原剂，失电子生成 Fe<sup>2+</sup>，碱性电解质中最终生成 Fe(OH)<sub>2</sub>，负极反应为： $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$ ，故 B 正确；

C、充电可以看作是放电的逆过程，即阴极为原来的负极，所以电池放电时，负极反应为： $\text{Fe} + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$ ，所以电池充电过程时阴极反应为  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- = \text{Fe} + 2\text{OH}^-$ ，因此电池充电过程中阴极附近溶液的 pH 会升高，故 C 错误；

D、充电时，阴极发生  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- = \text{Fe} + 2\text{OH}^-$ ，阳极发生  $2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2\text{e}^- = \text{Ni}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，故 D 正确。

故选：C。

**【点评】**本题考查二次电池的工作原理，涉及到原电池和电解池的有关知识，做题时注意根据总反应从氧化还原的角度判断化合价的变化，以得出电池的正负极以及所发生的反应。

6. 能正确表示下列反应的离子方程式为（ ）

A. 硫化亚铁溶于稀硝酸中： $\text{FeS} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$

B. NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 溶于过量的 NaOH 溶液中： $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

C. 少量 SO<sub>2</sub> 通入苯酚钠溶液中： $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{HSO}_3^-$

D. 大理石溶于醋酸中： $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

**【考点】**49：离子方程式的书写。

**【专题】**16：压轴题；516：离子反应专题。

**【分析】**A. 硝酸具有强氧化性，能氧化 FeS；

- B. 漏写铵根离子与氢氧根离子的反应；  
C. 少量  $\text{SO}_2$  通入苯酚钠溶液生成亚硫酸根离子；  
D. 碳酸钙和醋酸反应生成醋酸钙、水和二氧化碳。

【解答】解：A. 硝酸具有氧化性，能氧化  $\text{FeS}$ ，因此产物应该是硝酸铁、硫酸和一氧化氮，故 A 错误；

B.  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶于过量的  $\text{NaOH}$  溶液中除了生成碳酸钠外还有一水合氨生成，方程式为  $\text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^- + 2\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，故 B 错误；

C.  $\text{SO}_2$  不足产物应该是  $\text{SO}_3^{2-}$ ，少量  $\text{SO}_2$  通入苯酚钠溶液中的离子反应为  $2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{SO}_3^{2-}$ ，故 C 错误；

D. 碳酸钙和醋酸在离子反应中应保留化学式，大理石溶于醋酸中的离子反应为  $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，故 D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查离子反应方程式的书写，明确发生的化学反应是解答本题的关键，选项 C 为学生解答的难点，题目难度中等。

7. 短周期元素 W、X、Y 和 Z 的原子序数依次增大。元素 W 是制备一种高效电池的重要材料，X 原子的最外层电子数是内层电子数的 2 倍，元素 Y 是地壳中含量最丰富的金属元素，Z 原子的最外层电子数是其电子层数的 2 倍。下列说法错误的是（ ）
- A. 元素 W、X 的氯化物中，各原子均满足 8 电子的稳定结构  
B. 元素 X 与氢形成的原子比为 1：1 的化合物有很多  
C. 元素 Y 的单质与氢氧化钠溶液或盐酸反应均有氢气生成  
D. 元素 Z 可与元素 X 形成共价化合物  $\text{XZ}_2$

【考点】8F：原子结构与元素周期律的关系；8G：原子结构与元素的性质。

【专题】16：压轴题。

【分析】首先，根据原子结构的特点，推断出 W、X、Y 和 Z 分别是什么元素；然后，根据元素的性质，对照各个选项，判断正误。

【解答】解：因 X 原子的最外层电子数是内层电子数的 2 倍，是 C 元素，Y 是

地壳中含量最丰富的金属元素，为 Al 元素。Z 原子的最外层电子数是其电子层数的 2 倍，是短周期元素，且 W、X、Y 和 Z 的原子序数依次增大，Z 为 S 元素，W 是制备一种高效电池的重要材料，是 Li 元素；

A、W、X 的氯化物分别为 LiCl 和 CCl<sub>4</sub>，则 Li<sup>+</sup>的最外层只有两个电子，不满足 8 电子的稳定结构，故 A 错误；

B、元素 X 与氢形成的化合物有 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>，C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 等，故 B 正确；

C、元素 Y 为铝，铝与氢氧化钠溶液或盐酸反应均有氢气生成，故 C 正确；

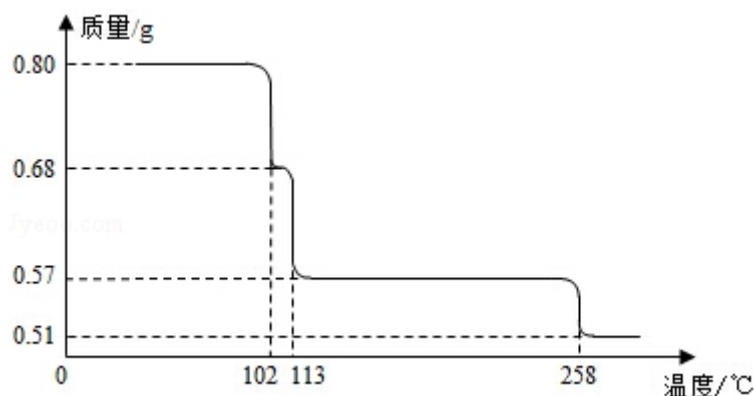
D、硫和碳可形成共价化合物 CS<sub>2</sub>，故 D 正确；

故选：A。

【点评】本题考查元素的推断和元素的性质，充分利用原子结构的知识是解题的关键。

## 二、解答题（共 3 小题，满分 29 分）

8. （14 分）0.80gCuSO<sub>4</sub>•5H<sub>2</sub>O 样品受热脱水过程的热重曲线（样品质量随温度变化的曲线）如图所示。



请回答下列问题：

（1）试确定 200℃时固体物质的化学式 CuSO<sub>4</sub>•H<sub>2</sub>O （要求写出推断过程）；

（2）取 270℃所得样品，于 570℃灼烧得到的主要产物是黑色粉末和一种氧化性气体，该反应的化学方程式为 CuSO<sub>4</sub> $\xrightarrow{570^{\circ}\text{C}}$ CuO+SO<sub>3</sub>↑。把该黑色粉末溶解于稀硫酸中，经浓缩、冷却，有晶体析出，该晶体的化学式为 CuSO<sub>4</sub>•5H<sub>2</sub>O，其存在的最高温度是 102℃；

(3) 上述氧化性气体与水反应生成一种化合物，该化合物的浓溶液与 Cu 在加热时发生反应的化学方程式为  $\underline{2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}}$ ；

(4) 在  $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  硫酸铜溶液中加入氢氧化钠稀溶液充分搅拌，有浅蓝色氢氧化铜沉淀生成，当溶液的  $\text{pH}=8$  时， $c(\text{Cu}^{2+}) = \underline{2.2 \times 10^{-8}} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2.2 \times 10^{-20}$ )。若在  $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  硫酸铜溶液中通入过量  $\text{H}_2\text{S}$  气体，使  $\text{Cu}^{2+}$  完全沉淀为  $\text{CuS}$ ，此时溶液中的  $\text{H}^+$  浓度是  $\underline{0.2} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

【考点】F8：浓硫酸的性质；M1：物质的量浓度的计算；R2：硫酸铜晶体中结晶水含量的测定。

【专题】18：实验分析题；54：化学实验。

【分析】(1) 由图分析可知， $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  受热到  $102^\circ\text{C}$  时开始脱水分解， $113^\circ\text{C}$  时可得到较稳定的一种中间物，到  $258^\circ\text{C}$  时才会继续分解。在  $200^\circ\text{C}$  时失去的水的质量为  $0.80\text{g} - 0.57\text{g} = 0.23\text{g}$ ，根据相应的化学方程式即可确定此时固体物质的化学式；

(2) 温度为  $570^\circ\text{C}$  灼烧得到的黑色粉末是  $\text{CuO}$ ，氧化性气体则为  $\text{SO}_3$ ，反应方程式为： $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{570^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{SO}_3\uparrow$ ； $\text{CuO}$  与稀硫酸反应的产物是硫酸铜和水，蒸发浓缩、冷却得到的晶体为

$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ；根据图象分析其存在的最高  $102^\circ\text{C}$ ；

(3) 根据浓硫酸具有强氧化性进行分析并写出有关的化学方程式；

(4) 根据溶度积常数进行计算  $c(\text{Cu}^{2+})$ ，根据溶液的电中性计算  $\text{H}^+$  浓度。

【解答】解：(1)  $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  受热到  $102^\circ\text{C}$  时开始脱水分解， $113^\circ\text{C}$  时可得到较稳定的一种中间物，到  $258^\circ\text{C}$  时才会继续分解。在  $200^\circ\text{C}$  时失去的水的质量为  $0.80\text{g} - 0.57\text{g} = 0.23\text{g}$ ，

根据反应的化学方程式：



250

18n

0.80g

$0.80\text{g} - 0.57\text{g} = 0.23\text{g}$

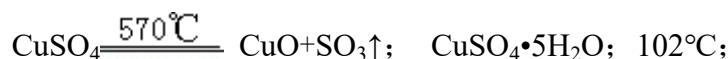


$$\frac{250}{18n} = \frac{0.80\text{g}}{0.23\text{g}}, \text{ 解得 } n=4,$$

200°C时该固体物质的化学式为  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，故答案为  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ；

(2) 温度为 570°C 灼烧得到的黑色粉末应是  $\text{CuO}$ ，氧化性气体则为  $\text{SO}_3$ ，反应方程式为： $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{570^\circ\text{C}} \text{CuO} + \text{SO}_3\uparrow$ ； $\text{CuO}$  与稀硫酸反应的产物是硫酸铜和水，

蒸发浓缩、冷却得到的晶体为  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ；其存在的最高 102°C。故答案为：



(3)  $\text{SO}_3$  与水反应生成硫酸，浓硫酸与铜加热反应的化学方程式为： $2\text{H}_2\text{SO}_4$  (浓) +  $\text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，故答案为： $2\text{H}_2\text{SO}_4$  (浓) +  $\text{Cu} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(4) 根据题给  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的溶度积即可确定  $\text{pH}=8$  时， $c(\text{OH}^-) = 10^{-6}\text{mol/L}$ ， $K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 2.2 \times 10^{-20}$ ，则  $c(\text{Cu}^{2+}) = 2.2 \times 10^{-8}\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ；在  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  硫酸铜溶液中通入过量  $\text{H}_2\text{S}$  气体，使  $\text{Cu}^{2+}$  完全沉淀为  $\text{CuS}$ ，此时溶液中的溶质为硫酸， $c(\text{SO}_4^{2-})$  不变，为  $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，由电荷守恒可知  $c(\text{H}^+)$  为  $0.2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。故答案为： $2.2 \times 10^{-8}$ ；0.2。

**【点评】** 本题考查硫酸铜结晶水含量的测定、溶度积常数的计算以及物质的量浓度的有关计算，题目较为综合，分析图象信息是完成本题目的关键。

9. 科学家利用太阳能分解水生成的氢气在催化剂作用下与二氧化碳反应生成甲醇，并开发出直接以甲醇为燃料的燃料电池。已知  $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{CO}(\text{g})$  和  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$  的燃烧热  $\Delta H$  分别为  $-285.8\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $-283.0\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  和  $-726.5\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。请回答下列问题：

(1) 用太阳能分解 10mol 水消耗的能量是 2858 kJ；

(2) 甲醇不完全燃烧生成一氧化碳和液态水的热化学方程式为  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -443.5\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；

(3) 在容积为 2L 的密闭容器中，由  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  合成甲醇，在其他条件不变的情况下，考察温度对反应的影响，实验结果如下图所示（注： $T_1$ 、 $T_2$  均大于  $300^\circ\text{C}$ ）；下列说法正确的是 ③④（填序号）



①温度为  $T_1$  时，从反应开始到平衡，生成甲醇的平均速率为  $v(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{n_A}{t_A}$

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

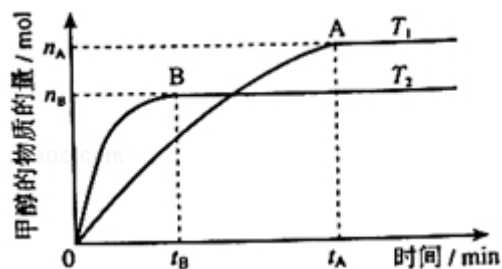
②该反应在  $T_1$  时的平衡常数比  $T_2$  时的小

③该反应为放热反应

④处于 A 点的反应体系从  $T_1$  变到  $T_2$ ，达到平衡时  $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{CH}_3\text{OH})}$  增大

(4) 在  $T_1$  温度时，将  $1\text{mol CO}_2$  和  $3\text{mol H}_2$  充入一密闭恒容容器中，充分反应达到平衡后，若  $\text{CO}_2$  转化率为  $a$ ，则容器内的压强与起始压强之比为  $\frac{2-a}{2}$ ；

(5) 在直接以甲醇为燃料的燃料电池中，电解质溶液为酸性，负极的反应式为  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- = \text{CO}_2 + 6\text{H}^+$ ，正极的反应式为  $\frac{3}{2}\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 3\text{H}_2\text{O}$ 。理想状态下，该燃料电池消耗  $1\text{mol}$  甲醇所能产生的最大电能为  $702.1\text{kJ}$ ，则该燃料电池的理论效率为  $96.6\%$ （燃料电池的理论效率是指电池所产生的最大电能与燃料电池反应所能释放的全部能量之比）。



**【考点】** BF：用盖斯定律进行有关反应热的计算；C9：用化学平衡常数进行计算；CB：化学平衡的影响因素；CP：化学平衡的计算；M7：有关燃烧热的计算。

**【专题】** 13：图像图表题；21：热点问题；33：物质变化与能量变化统一思想；51：基本概念与基本理论。

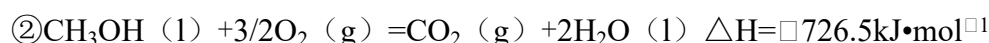
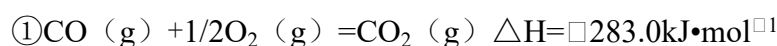
**【分析】** (1) 根据氢气的燃烧热可知水分解吸收的能量，然后利用化学计量数与反应热的关系来计算；

- (2) 根据 CO 和 CH<sub>3</sub>OH 的燃烧热先书写热方程式，再利用盖斯定律来分析甲醇不完全燃烧生成一氧化碳和液态水的热化学方程式；
- (3) 根据图象中甲醇的变化来计算反应速率，并利用图象中时间与速率的关系来分析 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>，再利用影响平衡的因素来分析解答；
- (4) 根据化学平衡的三段法计算平衡时各物质的物质的量，再利用反应前后气体的物质的量之比等于压强之比来解答；
- (5) 根据原电池中负极发生氧化反应，正极发生还原反应，并考虑电解质溶液参与电极反应来分析，并利用电池所产生的最大电能与燃料电池反应所能释放的全部能量之比来计算燃料电池的理论效率。

**【解答】**解：（1）由 H<sub>2</sub>（g）的燃烧热  $\Delta H$  为  $-285.8\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  知，1molH<sub>2</sub>（g）完全燃烧生成 1molH<sub>2</sub>O（l）放出热量 285.8kJ，即分解 1mol H<sub>2</sub>O（l）为 1mol H<sub>2</sub>（g）消耗的能量为 285.8kJ，则分解 10mol H<sub>2</sub>O（l）消耗的能量为  $285.8\text{kJ}\times 10=2858\text{kJ}$ ，

故答案为：2858；

（2）由 CO（g）和 CH<sub>3</sub>OH（l）的燃烧热  $\Delta H$  分别为  $-283.0\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  和  $-726.5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，则



由盖斯定律可知用②-①得反应  $\text{CH}_3\text{OH（l）} + \text{O}_2\text{（g）} = \text{CO（g）} + 2\text{H}_2\text{O（l）}$ ，该反应的反应热  $\Delta H = -726.5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1} - (-283.0\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) = -443.5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，

故答案为： $\text{CH}_3\text{OH（l）} + \text{O}_2\text{（g）} = \text{CO（g）} + 2\text{H}_2\text{O（l）} \quad \Delta H = -443.5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ；

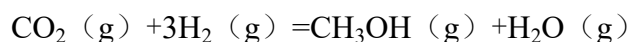
（3）根据题给图象分析可知，T<sub>2</sub> 先达到平衡则 T<sub>2</sub>>T<sub>1</sub>，由温度升高反应速率增大可知 T<sub>2</sub> 的反应速率大于 T<sub>1</sub>，

又温度高时平衡状态 CH<sub>3</sub>OH 的物质的量少，则说明可逆反应  $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$  向逆反应方向移动，故正反应为放热反应，则 T<sub>1</sub> 时的平衡常数比 T<sub>2</sub> 时的大，③、④正确，②中该反应在 T<sub>1</sub> 时的平衡常数比 T<sub>2</sub> 时的大，则

②错误，①中  $\frac{n_A}{t_A}$  的单位应为  $\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$ ，不符合浓度的单位，则①错误，故

答案为：③④；

(4) 由化学平衡的三段模式法计算可知,



起始 (mol/L)	1	3	0	0
变化 (mol/L)	a	3a	a	a
平衡 (mol/L)	1-a	3-3a	a	a

根据相同条件下气体的压强之比等于物质的量之比,

$$\text{则容器内的压强与起始压强之比为} \frac{(1-a+3-3a+a+a)}{1+3} = \frac{2-a}{2},$$

故答案为:  $\frac{2-a}{2}$ ;

(5) 由燃料电池是原电池的一种, 负极失电子发生氧化反应, 正极得电子发生还原反应, 甲醇燃烧生成二氧化碳和水,

但在酸性介质中, 正极不会生成大量氢离子, 则电解质参与电极反应, 甲醇燃料电池的负极反应式为  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- = \text{CO}_2 + 6\text{H}^+$ ,

正极反应式为  $\frac{3}{2}\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 3\text{H}_2\text{O}$ , 又该电池的理论效率为消耗 1mol 甲醇所能产生的最大电能与其燃烧热之比, 则电池的理论效率为

$$\frac{702.1}{726.5} \times 100\% = 96.6\%, \text{ 故 答 案 为: } \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} - 6\text{e}^- = \text{CO}_2 + 6\text{H}^+; \frac{3}{2}$$

$$\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 3\text{H}_2\text{O}; 96.6\%.$$

**【点评】** 本题综合性较强, 考查知识点较多, 注重了对高考热点的考查, 学生应熟悉燃烧热、盖斯定律、热化学反应方程式、反应速率、化学平衡、原电池等重要知识来解答.

10. (15 分) 氢化钙固体登山运动员常用的能源提供剂. 某兴趣小组长拟选用如下装置制备氢化钙.



请回答下列问题:

(1) 请选择必要的装置, 按气流方向连接顺序为 i→e, f→d, c→j, k (或 k, j) →a (填仪器接口的字母编号)

(2) 根据完整的实验装置进行实验, 实验步骤如下: 检查装置气密性后, 装入药品; 打开分液漏斗活塞 BADC (请按正确的顺序填入下列步骤的标号)。

A. 加热反应一段时间

B. 收集气体并检验其纯度

C. 关闭分液漏斗活塞

D. 停止加热, 充分冷却

(3) 实验结束后, 某同学取少量产物, 小心加入水中, 观察到有气泡冒出, 溶液中加入酚酞后显红色, 该同学据此断, 上述实验确有  $\text{CaH}_2$  生成。

①写出  $\text{CaH}_2$  与水反应的化学方程式  $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$ ;

②该同学的判断不正确, 原因是 金属钙与水反应也有类似现象。

(4) 请你设计一个实验, 用化学方法区分钙与氢化钙, 写出实验简要步骤及观察到的现象 取适量氢化钙, 在加热条件下与干燥氧气反应, 将反应气相产物通过装有无水硫酸铜的干燥管, 观察到白色变为蓝色; 取钙做类似实验, 观察不到白色变为蓝色。 (5) 登山运动员常用氢化钙作为能源提供剂, 与氢气相比, 其优点是 氢化钙是固体, 携带方便。

**【考点】** U3: 制备实验方案的设计。

**【专题】** 17: 综合实验题; 541: 化学实验常用仪器及试剂。

**【分析】** (1) 一般制备纯净干燥的气体的实验装置的顺序为: 制备装置→除杂装置→干燥装置等;

(2) 实验过程中要保证整个装置内已充满氢气, 实验的操作程序是: 检查装置的气密性→产生氢气→收集氢气并进行验纯→加热反应→停止加热→继续通氢气至冷却→停止通入氢气;

(3)  $\text{CaH}_2$  中 H 元素的化合价为  $\square 1$  价,  $\text{CaH}_2$  具有还原性, 与水发生氧化还原反应生成  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和  $\text{H}_2$ ; Ca 与水反应也能产生  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和  $\text{H}_2$ ;

(4) 区分钙和氢化钙时可利用其组成、性质的差异来判断;

(5) 作为能源, 氢化钙是固体, 比氢气更易携带, 使用也较方便。

**【解答】** 解: (1) 氢化钙和金属钙都是极强的还原剂, 遇水、遇空气都能发生

剧烈反应，因此在制取氢化钙时，必须要除去空气、水等其他杂质；在题给的实验装置中，不难判断出氢气的发生装置，氢气的净化装置和氢化钙的生成装置等，其连接顺序为  $i \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow j \rightarrow k$ （或  $k \rightarrow j$ ） $\rightarrow a$ ；故答案为：

$i \rightarrow e$ ,  $f \rightarrow d$ ,  $c \rightarrow j$ ,  $k$ （或  $k, j$ ） $\rightarrow a$ ；

(2) 为保证整个装置内已充满氢气，因此实验的操作程序是：检查装置的气密性 $\rightarrow$ 产生氢气 $\rightarrow$ 收集氢气并进行验纯 $\rightarrow$ 加热反应 $\rightarrow$ 停止加热 $\rightarrow$ 继续通氢气至冷却 $\rightarrow$ 停止通入氢气，故答案为：BADC；

(3)  $\text{CaH}_2$  和  $\text{Ca}$  与水反应都能产生  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和  $\text{H}_2$ ，反应方程式分别为： $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$  和  $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$ ，因此不能根据反应后溶液呈碱性判断是否含有  $\text{CaH}_2$ ，故答案为： $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\uparrow$ ；金属钙与水反应也有类似现象；

(4)  $\text{CaH}_2$  可以和氧气在加热条件下反应生成水，可用无水硫酸铜检验，现象是白色变为蓝色，故答案为：取适量氢化钙，在加热条件下与干燥氧气反应，将反应气相产物通过装有无水硫酸铜的干燥管，观察到白色变为蓝色；取钙做类似实验，观察不到白色变为蓝色；

(5) 作为能源，氢化钙明显比氢气更易携带，使用也较方便，故答案为：氢化钙是固体，携带方便。

**【点评】** 本题考查元素化合物知识，涉及到物质的性质和制备实验，注意实验的一般方法。

### 三、选修部分

#### 11. 【化学□□选修 2：化学与技术】

普通纸张的主要成分是纤维素，在早期的纸张生产中，常采用纸张表面涂敷明矾的工艺，以填补其表面的微孔，防止墨迹扩散。请回答下列问题：

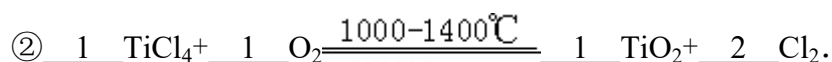
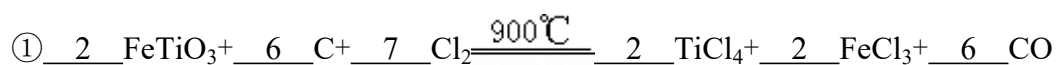
(1) 人们发现纸张会发生酸性腐蚀而变脆、破损，严重威胁纸质文物的保存。经分析检验，发现酸性腐蚀主要与造纸中涂敷明矾的工艺有关，其中的化学原理是 明矾水解产生酸性环境，在酸性条件下纤维素水解，使高分子链断裂；为了防止纸张的酸性腐蚀，可在纸浆中加入碳酸钙等添加剂，该工艺原理的化学（离子）方程式为  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 为了保护这些纸质文物，有人建议采取下列措施：

①喷洒碱性溶液，如稀氢氧化钠溶液或氨水等。这样操作产生的主要问题是过量的碱同样可能会导致纤维素水解，造成书籍污损；

②喷洒  $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ 。  $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  可以与水反应生成氧化锌和乙烷。用化学(离子)方程式表示该方法生成氧化锌及防止酸性腐蚀的原理  $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + 2\text{C}_2\text{H}_6\uparrow$ 、 $\text{ZnO} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 现代造纸工艺常用钛白粉( $\text{TiO}_2$ )替代明矾。钛白粉的一种工业制法是以钛铁矿(主要成分为  $\text{FeTiO}_3$ ) 为原料按下列过程进行的，请完成下列化学方程式：



【考点】48：化学方程式的书写；49：离子方程式的书写；B3：氧化还原反应方程式的配平；DD：盐类水解的应用。

【分析】涂敷明矾呈酸性的原因是明矾中存在  $\text{Al}^{3+}$  的水解，纸张发生酸性腐蚀的原因是纤维素在酸性条件下能发生水解；碳酸钙能中和  $\text{H}^+$ ，可防止纸张的酸性腐蚀，反应的离子方程式为  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；纤维素在碱性条件下同样也能发生水解，因此喷洒碱性溶液同样也能造成书籍污损；由  $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  与水反应生成氧化锌和乙烷、氧化锌和  $\text{H}^+$  反应来分析防止酸性腐蚀的离子方程式；利用电子得失守恒法来配平题给的两个化学方程式。

【解答】解：(1) 明矾中铝离子水解产生氢离子，在酸性条件下纤维素水解，使高分子链断裂，所以纸质会变脆，破损。

故答案为：明矾水解产生酸性环境，在酸性条件下纤维素水解，使高分子链断裂； $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ；

(2) ①纤维素不但能在酸性环境下水解，在碱性条件下同样水解。过量的碱同样可能会导致纤维素水解，造成书籍污损。

故答案为：过量的碱同样可能会导致纤维素水解，造成书籍污损；

②由信息可知： $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  可以与水反应生成氧化锌和乙烷，其实反应原理相可看成锌结合水电离出来的氢氧根，最后变为



氧化锌和水，则  $\text{C}_2\text{H}_5$  结合氢变为乙烷。氧化锌可以与酸性溶液反应，从而消耗掉氢离子，起到防止腐蚀的作用。

故答案为 ②  $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnO} + 2\text{C}_2\text{H}_6\uparrow$ ； $\text{ZnO} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ；

(3) ①利用电子得失守恒法有：Cl:  $0 \rightarrow +1$ ；Fe:  $+2 \rightarrow +3$ ；C:  $0 \rightarrow +2$

由原子守恒： $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{FeCl}_3$  前系数同时乘以 2，这样再根据 Ti 守恒与 Fe 守恒就可以配平该反应方程式了。

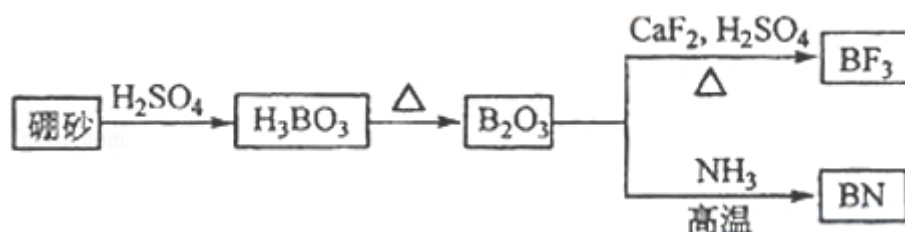
故答案为：2；6；7；2；2；6；

②根据氧气为氧化剂，1mol 氧气得到 2mol 电子，生成 1mol 氯气失去 1mol 电子，

故答案为：1；1；1；2。

【点评】该题是一个好题，前两个小题重点考查了盐类水解的应用。最后一小题考查氧化还原反应。难度是有的，但是符合学生的认知规律，作答起来有突破口。

12. 氮化硼 (BN) 是一种重要的功能陶瓷材料。以天然硼砂为起始物，经过一系列反应可以得到  $\text{BF}_3$  和 BN，如下图所示



请回答下列问题：

(1) 由  $\text{B}_2\text{O}_3$  制备  $\text{BF}_3$ 、BN 的化学方程式依次是  $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{CaF}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{BF}_3\uparrow + 3\text{CaSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{BN} + 3\text{H}_2\text{O}$ ；

(2) 基态 B 原子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^1$ ；B 和 N 相比，电负性较大的是 N，BN 中 B 元素的化合价为 +3；

(3) 在  $\text{BF}_3$  分子中， $\text{F}-\text{B}-\text{F}$  的键角是  $120^\circ$ ，B 原子的杂化轨道类型为  $\text{sp}^2$ ， $\text{BF}_3$  和过量 NaF 作用可生成  $\text{NaBF}_4$ ， $\text{BF}_4^-$  的立体结构为正四面体；

(4) 在与石墨结构相似的六方氮化硼晶体中，层内 B 原子与 N 原子之间的化

学键为 共价键（或极性共价键），层间作用力为 分子间作用力；

(5) 六方氮化硼在高温高压下，可以转化为立方氮化硼，其结构与金刚石相似，硬度与金刚石相当，晶胞边长为  $361.5\text{pm}$ ，立方氮化硼晶胞中含有 4

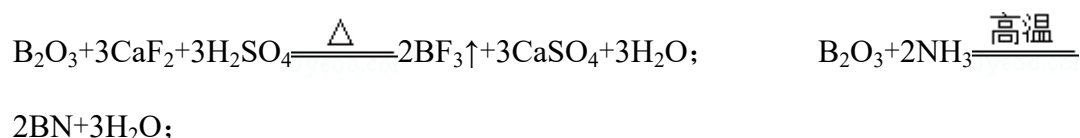
个氮原子、4 个硼原子，立方氮化硼的密度是  $\frac{25 \times 4}{(361.5)^3 N_A} \text{g} \cdot \text{pm}^{-3}$

（只要求列算式，不必计算出数值，阿伏伽德罗常数为  $N_A$ ）。

【考点】8A：原子核外电子的能级分布；8B：元素电离能、电负性的含义及应用；97：键能、键长、键角及其应用；9I：晶胞的计算。

【专题】16：压轴题。

【分析】（1）由图及元素守恒可写出这两个反应的方程式：



(2) B 的原子序数为 5，其基态原子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^1$ ；B 和 N 都属于第二周期元素，同周期自左至右元素的电负性逐渐增大，故电负性较大的是 N；B 属于第 IIIA 族元素，化合价为 +3 价。

(3) 依据价层电子对互斥理论，计算出的孤对电子对数以及价层电子对数，可判断出分子的空间构型；

(4) B、N 均属于非金属元素，二者形成的化学键是极性共价键；根据其结构与石墨相似，层与层之间应该靠分子间作用力结合。

(5) 描述晶体结构的基本单元叫做晶胞，金刚石晶胞是立方体，其中 8 个顶点有 8 个碳原子，6 个面各有 6 个碳原子，立方体内部还有 4 个碳原子，如图



所示：所以金刚石的一个晶胞中含有的碳原子数  $= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2}$

$+ 4 = 8$ ，因此立方氮化硼晶胞中应该含有 4 个 N 和 4 个 B 原子。一个晶胞中的

质量为  $\frac{25\text{g}}{N_A} \times 4$ ，一个立方氮化硼晶胞的体积是  $(361.5\text{pm})^3$ ，因此立方



氮化硼的密度是  $\frac{25 \times 4}{(361.5)^3 N_A} \text{g} \cdot \text{pm}^{-3}$ 。

【解答】解：（1）由图可知  $\text{B}_2\text{O}_3$  与  $\text{CaF}_2$  和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应即生成  $\text{BF}_3$ ，同时还应  
该产生硫酸钙和水，方程式为  $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{CaF}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{BF}_3 \uparrow + 3\text{CaSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ ； $\text{B}_2\text{O}_3$  与氨气在高温下反应即生成  $\text{BN}$ ，方程式为  
 $\text{B}_2\text{O}_3 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{BN} + 3\text{H}_2\text{O}$ ；故答案为： $\text{B}_2\text{O}_3 + 3\text{CaF}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} 2\text{BF}_3 \uparrow + 3\text{CaSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ ； $\text{B}_2\text{O}_3 + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{BN} + 3\text{H}_2\text{O}$ ；

（2）基态 B 原子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^1$ ；B 与 N 均位于第二周期，电负性  
从左向右依次递减，所以 N 的电负性大于 B；BN 中 B 元素的化合价为  
+3。故答案为： $1s^2 2s^2 2p^1$ ；N；+3；

（3）依据价层电子对互斥理论，计算出  $\text{BF}_3$  的孤对电子对数  $= \frac{1}{2} \times (a - xb) = \frac{1}{2} \times (3 - 3 \times 1) = 0$ ，并且价层电子对数为 3，所以  $\text{BF}_3$  分子为平面正三角形结  
构，键角为  $120^\circ$ ，杂化方式为  $sp^2$ ； $\text{BF}_4^-$  中心原子的孤对电子对数  $= \frac{1}{2} \times (a - xb) = \frac{1}{2} \times (4 - 4 \times 1) = 0$ ，其价层电子对数为 4，所以其结构为正四面  
体。故答案为： $120^\circ$ ； $sp^2$ ；正四面体；

（4）B、N 均属于非金属元素，二者形成的化学键是极性共价键；根据石墨结  
构可知六方氮化硼晶体中，层与层之间靠分子间作用力结合。故答案为：共  
价键（或极性共价键）；分子间作用力；

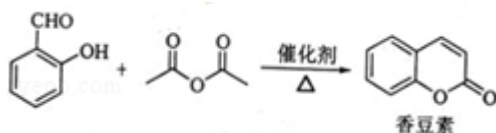
（5）根据金刚石的结构可以判断出金刚石的一个晶胞中含有的碳原子数  $= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} + 4 = 8$ ，因此一个立方氮化硼晶胞中含有 4 个 N 原子和 4 个 B 原子。一  
个晶胞中的质量为  $\frac{25 \text{g}}{N_A} \times 4$ ，一个立方氮化硼晶胞的体积是  $(361.5 \text{pm})^3$ ，

因此立方氮化硼的密度是  $\frac{25 \times 4}{(361.5)^3 N_A} \text{g} \cdot \text{pm}^{-3}$ 。故答案为： $\frac{25 \times 4}{(361.5)^3 N_A}$ 。

【点评】本题考查较为全面，涉及到化学方程式的书写、电子排布式、分子空  
间构型、杂化类型的判断以及有关晶体的计算，但解题具有较强的方法性和  
规律性，学习中注意总结如何书写电子排布式，如何判断分子空间构型以及

有关晶体计算等方法。

13. 香豆素是一种天然香料，存在于黑香豆、兰花等植物中。工业上常用水杨醛与乙酸酐在催化剂存在下加热反应制得：



以下是由甲苯为原料生产香豆素的一种合成路线（部分反应条件及副产物已略去）



已知以下信息：

- ①A 中有五种不同化学环境的氢
- ②B 可与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应
- ③同一个碳原子上连有两个羟基通常不稳定，易脱水形成羰基。

请回答下列问题：

- (1) 香豆素的分子式为  $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$ ；
- (2) 由甲苯生成 A 的反应类型为 取代反应；A 的化学名称为 2-氯甲苯（或邻氯甲苯）



- (4) B 的同分异构体中含有苯环的还有 4 种，其中在核磁共振氢谱中只出现四组峰的有 2 种；
- (5) D 的同分异构体中含有苯环的还有 4 种，其中：

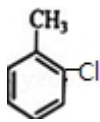
- ①既能发生银镜反应，又能发生水解反应的是 （写结构简式）
- ②能够与饱和碳酸氢钠溶液反应放出  $\text{CO}_2$  的是 （写结构简式）

**【考点】** HC：有机物的合成；I4：同分异构现象和同分异构体；IJ：苯的同系

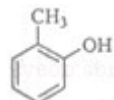
物的化学性质.

【专题】16: 压轴题.

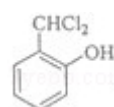
【分析】甲苯在催化作用下取代生成 A, A 中有五种不同化学环境的氢, 应为

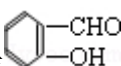


, B 可与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应, 说明 B 中含有酚羟基, B 为



, 对比 B、C 的分子式可知 B 在光照条件下发生取代生成 C 为



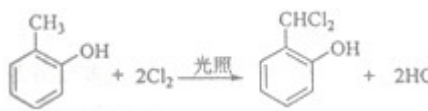
, D 的结构简式是 , 结合物质的结构和性质可解答该题.

【解答】解: (1) 香豆素的分子式为  $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$ , 故答案为:  $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$ ;

(2) 甲苯与氯气反应生成邻氯甲苯的反应类型为取代反应, 可以看作是一个氯原子取代一个氢原子, 故答案为: 取代反应; 2-氯甲苯 (或邻氯甲苯);

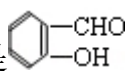
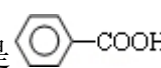
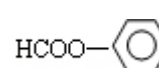
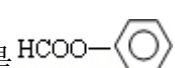
(3) B 可与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应, 说明 B 中含有酚羟基. 在光照条件下,

甲基上的两个氢原子被取代, 方程式为 ,

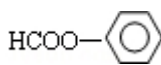
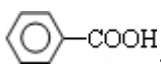
故答案为: ;

(4) 分子式为  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$  且含苯环的物质除邻甲基苯酚外, 还有间甲基苯酚、对甲基苯酚、苯甲醚、苯甲醇四种, 其中对甲基苯酚和苯甲醚在核磁共振氢谱中只出现四组峰,

故答案为: 4; 2;

(5) D 的结构简式是 , 若不改变取代基的种类和个数, 有对羟基苯甲醛和间羟基苯甲醛两种; 若只有一个取代基可以是 , 也可以是 . 其中既能发生银镜反应, 又能发生水解反应的是 .

能够与饱和碳酸氢钠溶液反应放出  $\text{CO}_2$  的是 .

故答案为: 4; ; .

【点评】本题考查有机物的合成, 题目难度中等, 本题注意根据有机物官能团的变化判断有机物的结构简式、反应类型等, 本题易错点为同分异构体的判

断，注意结构决定性质，性质推测结构.