

### 1. C 【命题点】融合古文献考查铁合金及其冶炼。

【解析】由一种金属和另一种或几种金属(或非金属)熔合而成的具有金属特性的物质叫合金,钢是以铁为主的含碳合金,**A 项正确**;合金与各组分金属相比一般具有更大的硬度,钢的含碳量越高,硬度越大,脆性越大,**B 项正确**;由题意知,生铁和熟铁混合加热,生铁熔化而熟铁不熔,故生铁熔点低于熟铁,**C 项错误**;赤铁矿的主要成分是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,高炉炼铁的主要反应原理是利用焦炭生成的一氧化碳在高温下将氧化铁还原成铁,**D 项正确**。

**▶ 关键点拨** 生铁和钢都是铁的合金,主要区别是含碳量不同,生铁的含碳量为  $2\% \sim 4.3\%$ ,钢的含碳量为  $0.03\% \sim 2\%$ 。

### 2. B 【命题点】高分子材料的成分、性质与应用。

【解析】黏胶纤维是以天然纤维素为原料,经过碱化、老化、磺化等工序制成的可溶性纤维素磺酸酯,再溶于稀的碱溶液制成黏胶,芦苇的主要成分是纤维素,可用于制造黏胶纤维,**A 项正确**;聚氯乙烯由  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  通过加聚反应得到,聚氯乙烯耐热性差,在使用中会缓慢释放有毒物质,不能用于制作不粘锅的耐热涂层,聚四氟乙烯是不粘锅耐热涂层常用的主要成分,**B 项错误**;淀粉存在于自然界中,是多糖,相对分子质量可达到几十万,属于天然高分子化合物,**C 项正确**;大豆蛋白纤维的主要成分是蛋白质,在自然界中可被降解,最终变成氨基酸,**D 项正确**。

### 3. A 【命题点】基本实验操作。

【解析】用氢氧化钠标准溶液滴定醋酸,氢氧化钠标准溶液应装入碱式滴定管,醋酸装入锥形瓶中,二者恰好完全反应生成醋酸钠,醋酸钠是强碱弱酸盐,水解使溶液显碱性,选用酚酞作指示剂,**A 项正确**;小烧杯杯口过低,未与大烧杯杯口平齐,导致热量散失,且温度计与小烧杯底部接触,使测得的结果不准确,**B 项错误**;容量瓶是用来准确配制一定物质的量浓度溶液的仪器,不能作为稀释浓硫酸的仪器,**C 项错误**;萃取分液时,分液漏斗尖嘴处应该紧贴烧杯内壁,**D 项错误**。

#### 学霸解题·归纳 天津大学 刘鑫蕊

化学操作规范类题目需记住操作细节,根据本题可总结如下:

①稀释浓硫酸时水不入浓硫酸;②管尖贴杯壁(注意管尖斜口朝向);③温度计不贴壁,不贴底。

### 4. D 【命题点】硫和氮的氧化物的性质及造成的环境问题,体现了“科学态度与社会责任”的学科素养。

【解析】 $\text{SO}_2$  是无色、有刺激性气味的气体,能够形成硫酸型酸雨, $\text{NO}_2$  是红棕色、有刺激性气味的气体,能够形成硝酸型酸雨,**A 项错误**;汽车尾气中的主要大气污染物是  $\text{NO}_x$ 、CO 等,**B 项错误**;氮的固定是指游离态的氮转化为化合态的氮的过程,即由氮气转化为氮的化合物,**C 项错误**;可以采用石灰法除掉  $\text{SO}_2$ ,其原理为  $\text{SO}_2 + \text{CaCO}_3 = \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$ , $2\text{CaSO}_3 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = 2(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ,将二氧化硫转化为石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ),变废为宝,**D 项正确**。

**▶ 关键点拨** 二氧化硫和石灰浆、熟石灰都反应,但石灰石浆液的价格低,用石灰石浆液的成本更低,工业上常用石灰法除掉二氧化硫防止污染环境。

5. A 【命题点】原子结构推断和元素性质。

【解析】根据核反应 ${}_Z^NX+{}_0^1n\longrightarrow{}_p^7Y+{}_2^4\text{He}$ ,结合质子数和质量数守恒可知,X的质量数 $N=7+4-1=10$ 。Y在化合物中呈+1价,且质量数为7,则Y是Li,Y的质子数是3,X的质子数 $Z=3+2=5$ ,则X为硼(B)。硼酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )是一种弱酸,皮肤上不小心溅到氢氧化钠溶液,一般先用大量水冲洗,然后再涂上硼酸溶液,A项正确;锂在空气中燃烧生成氧化锂一种产物,B项错误;硼元素和氢元素只能形成共价化合物,如乙硼烷( $\text{B}_2\text{H}_6$ ),C项错误; ${}^6\text{Li}$ 和 ${}^7\text{Li}$ 质子数相同,而中子数不同,互为同位素,D项错误。

快解 锂的质量数是7,熟记常见短周期元素的质量数和相对原子质量可以快速解答本题。

巧记要点 辨析比较“四同”概念

概念	描述对象
同位素	原子,如 ${}_1^1\text{H}$ 、 ${}_1^2\text{H}$ 、 ${}_1^3\text{H}$
同素异形体	单质,如 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$
同系物	有机化合物,如 $\text{CH}_3\text{CH}_3$ 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
同分异构体	化合物,如正戊烷、新戊烷

6. D 【命题点】以工艺流程的形式考查物质的制备。

【解析】酸浸工序中分次加入稀硝酸可以使金属Bi的溶解更加彻底,且避免一次性加入反应过于剧烈,A项正确;硝酸铋在溶液中发生水解反应,使溶液呈酸性,转化工序中加入稀盐酸可以抑制 $\text{BiONO}_3$ 的生成,B项正确; $\text{Bi}^{3+}$ 水解产生 $\text{H}^+$ ,醋酸钠是强碱弱酸盐,在溶液中水解产生 $\text{OH}^-$ ,水解工序中,加入少量醋酸钠固体,可以使 $\text{Bi}^{3+}$ 的水解平衡正向移动,促进 $\text{Bi}^{3+}$ 水解,C项正确;硝酸铵是强酸弱碱盐,水解产生 $\text{H}^+$ ,水解工序中,加入硝酸铵固体会抑制 $\text{Bi}^{3+}$ 的水解,不利于 $\text{BiOCl}$ 的生成,D项错误。

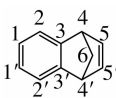
快解  $\text{Bi}^{3+}$ 水解使溶液显酸性,加入酸或水解显酸性的盐会抑制其水解,即抑制 $\text{Bi}^{3+}$ 转化为 $\text{BiOCl}$ ,可以快速得出答案为D。

7. C 【命题点】阿伏加德罗常数的相关计算。

【解析】22.4 L(标准状况)氟气中含有1 mol  $\text{F}_2$ 分子;氟为9号元素,每个氟原子含有9个质子,故1 mol  $\text{F}_2$ 中含有 $18N_A$ 个质子,A项正确。 $\text{H}_2+\text{I}_2\overset{\Delta}{\rightleftharpoons}2\text{HI}$ 为可逆反应,反应有一定限度,1 mol  $\text{I}_2$ 与1 mol  $\text{H}_2$ 在密闭容器中不会完全反应生成2 mol HI,故碘化氢分子数小于 $2N_A$ ,B项正确。电解饱和食盐水时,阴极反应为 $2\text{H}_2\text{O}+2\text{e}^-\longrightarrow\text{H}_2\uparrow+2\text{OH}^-$ ;阳极反应为 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^-\longrightarrow\text{Cl}_2\uparrow$ ;当阴阳两极产生气体的总质量为73 g时,即阴极产生1 mol  $\text{H}_2$ ,阳极产生1 mol  $\text{Cl}_2$ ,故转移的电子数为 $2N_A$ ,C项错误。由电荷守恒可知 $n(\text{NH}_4^+)+n(\text{H}^+)=n(\text{Br}^-)+n(\text{OH}^-)$ , $\text{Br}^-$ 不水解,在1 L  $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{NH}_4\text{Br}$ 溶液中 $n(\text{Br}^-)=1\text{ mol}$ ,故 $n(\text{NH}_4^+)+n(\text{H}^+)=n(\text{Br}^-)+n(\text{OH}^-)>n(\text{Br}^-)$ ,即 $\text{NH}_4^+$ 和 $\text{H}^+$ 的离子数之和大于 $N_A$ ,D项正确。

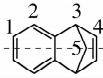
8. B 【命题点】陌生有机物的结构。

【解析】结构相似,分子组成上相差1个或若干个 $\text{CH}_2$ 原子团的化合物互为同系物,苯的同系物除苯环外,还含有若干个饱和烷基,故苯并降冰片烯不是苯的同系物,A项错误。苯环及与苯环直接相连的碳原子一定在一个平面上,故



结构中 1、1'、2、2'、3、3'、4、4' 一定在同一平面上；

4、4' 为  $sp^3$  杂化的碳原子，5、5'、6 不可能在苯环平面上，故分子中最多有 8 个碳原子共平面，**B 项正确**。苯并降冰片烯分

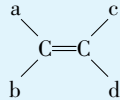
子沿虚线上下对称，具体如图，，故不考虑立体异

构的情况下，苯并降冰片烯有 5 种一氯代物，**C 项错误**。苯环中并不存在碳碳双键，故苯并降冰片烯仅含有一个碳碳双键，**D 项错误**。

**巧记要点** 以  $sp^3$  杂化的碳原子为中心的结构如图：

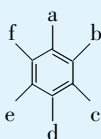


碳和 a、b、c、d 五个原子不可能在同一平面上，最多可使碳和 a、b、c、d 中的任意两个在同一平面上。

以  $sp^2$  杂化的碳原子为中心的结构如图：，两个 C 和 a、b、c、d 六个原子一定在同一平面上。

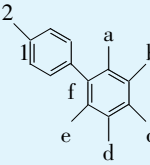
以  $sp$  杂化的碳原子为中心的结构如图： $a-C\equiv C-b$ ，两个 C 和 a、b 四个原子一定在同一直线上。

以形成离域  $\pi$  键的  $sp^2$  杂化的碳原子为中心的结构如图：



，六个 C 和 a、b、c、d、e、f 十二个原子一定在同

一平面上；若出现两个以  $sp^2$  杂化的碳原子形成的环直接

相连的结构，如图：，除原来的十二个原子

外，1、2 两个原子也一定在此平面上，即至少十四个原子共平面，当两个苯环绕中间单键转到一定角度时，可使其上所有原子共平面，即最多可使二十二个原子共平面。

## 9. D 【命题点】原电池原理。

**思路分析**

电极	电极反应式
a 电极(负极)	$K - e^- \rightleftharpoons K^+$
b 电极(正极)	$K^+ + O_2 + e^- \rightleftharpoons KO_2$

**【解析】**隔膜允许  $K^+$  通过，不允许  $O_2$  通过，避免  $O_2$  直接与负极材料 K 发生反应，**A 项正确**。放电时，a 为负极，b 为正极，电流由 b 电极沿导线流向 a 电极；充电时，a 作阴极，与电源负极相连，b 作阳极，与电源正极相连，**B 项正确**。生成的  $KO_2$  的物质的量与消耗的  $O_2$  的物质的量相等，故无论转移多少电子，生成  $KO_2$  的质量与消耗  $O_2$  的质量比值均为二者摩尔质量之比，即  $\frac{71 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 2.22$ ，**C 项正确**。当此电池消耗 3.9 g 钾时，转移 0.1 mol 电子；铅酸蓄电池充电时的总反应为  $2PbSO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4$ ，则转移 0.1 mol 电子

时消耗水的质量为 1.8 g, D 项错误。

**知识拓展**  $1\text{ C}=1\text{ A}\cdot\text{s}$ , 一个电子所带电量为  $1.6\times 10^{-19}\text{ C}$ 。

**10. B 【命题点】元素化合物知识, 涉及浓硫酸的脱水性、氯的含氧酸盐的氧化性等。**

**【解析】**糖类化合物中存在氢、氧元素, 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  可使糖类化合物中的氢、氧原子以水的组成比脱去从而炭化, 体现了浓硫酸的脱水性, A 项错误。  $\text{ClO}^-$ 、 $\text{ClO}_3^-$  等氯的含氧酸根离子的氧化性会随溶液 pH 减小而增强, B 项正确。加热 NaI 与浓  $\text{H}_3\text{PO}_4$  混合物可制得 HI, 是利用高沸点酸制低沸点酸, 而不是较强酸制较弱酸, C 项错误。浓  $\text{HNO}_3$  的氧化性强于稀  $\text{HNO}_3$ , 氧化性强弱与转移电子数目无关, D 项错误。

**易错警示** 氧化性、还原性的强弱由物质本身的性质决定, 与反应中转移的电子数目无关。外界条件如温度、浓度、介质的酸碱性发生改变时, 物质的氧化性、还原性有时会发生改变, 如稀硫酸无强氧化性, 浓硫酸有强氧化性。

**关键点拨** B 项内容可通过已知知识中,  $\text{NaClO}$ 、 $\text{KClO}_3$  可与浓盐酸发生归中反应生成  $\text{Cl}_2$ , 而在碱性环境,  $\text{Cl}_2$  发生歧化反应生成  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaClO}$  ( $\text{NaClO}_3$ ) 得出。

**11. CD 【命题点】元素推断、元素周期律及物质结构。**

**【解析】**由图可知, X、Z 均分别与 Y 形成一条共价键, 且 X、Z 为短周期同主族元素, 故 X 为氟元素, Z 为氯元素; W 与 Y 形成三条共价键, 故 W 可能为 B 或 N 元素; Y 可形成五条共价键且 Y 原子序数大于氟元素, 故 Y 为磷元素; Y 原子序数为 W 原子价电子数的 3 倍, 故 W 为氮元素。X 为氟元素, 是非金属性最强的元素, 通常认为不存在正价, A 项错误。HX 为 HF, 其溶于水形成的氢氟酸为弱酸, B 项错误。同主族元素, 核电荷数越小, 原子半径越小, 故原子半径:  $\text{N}<\text{P}$ ,  $\text{F}<\text{Cl}$ ; 同周期主族元素, 核电荷数越大, 原子半径越小, 故原子半径:  $\text{F}<\text{N}$ ,  $\text{Cl}<\text{P}$ , 即原子半径最大的是 P, 最小的是 F, C 项正确。Z (氯元素)、W (氮元素) 与氢三种元素, 可形成同时含有离子键和共价键的化合物  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , D 项正确。

**关键点拨** 将形成共价键数目与元素价电子数联系起来是解题关键。在短周期元素中, 可形成一条共价键的可能为第 I A 族的氢元素和第 VII A 族元素; 可形成两条共价键的为第 VI A 族元素; 可形成三条共价键的为第 III A 族或第 V A 族元素; 可形成四条共价键的为第 IV A 族元素。

**12. BC 【命题点】有机物的结构以及醇、羧酸和碳碳双键的性质。**

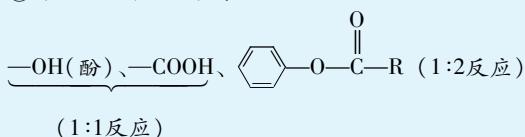
**【解析】**1 个该分子中含有 1 个  $-\text{COOH}$ , 故 1 mol 该物质与足量饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应, 可生成 1 mol  $\text{CO}_2$ , 即 22.4 L (标准状况)  $\text{CO}_2$ , A 项正确; 1 个该分子中含有 5 个  $-\text{OH}$  (醇羟基)、1 个  $-\text{COOH}$ , Na 与  $-\text{OH}$  (醇羟基)、 $-\text{COOH}$  均能反应, NaOH 只与  $-\text{COOH}$  反应, 故消耗二者物质的量之比为 6:1, B 项错误; 1 个该分子中只有 1 个碳碳双键可以与  $\text{H}_2$  发生加成反应, 故 1 mol 该物质可与 1 mol  $\text{H}_2$  发生加成反应, C 项错误; 该分子中含有碳碳双键, 可被酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液氧化, D 项正确。

**易错警示** 醇羟基无酸性, 不能与 NaOH 反应。

此类题目要清楚各类反应的官能团

①与 Na 反应:—OH(酚羟基与醇羟基)、—COOH(都是 1:1 反应)

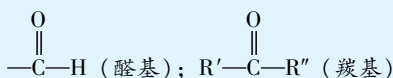
②与 NaOH 溶液反应:



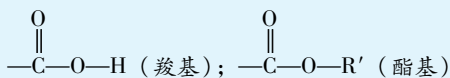
③与饱和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液反应:—COOH(1:1 反应)

④与 H<sub>2</sub> 加成:看不饱和键,注意 C=O 键与 H<sub>2</sub> 加成的情况。

碳氧双键能加成:

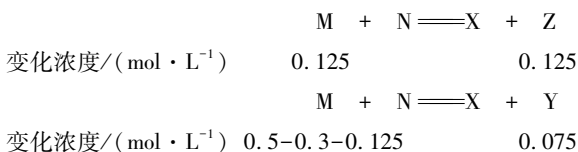


碳氧双键不能加成:



### 13. A 【命题点】化学反应速率与转化率的计算、活化能与化学反应速率的关系。

【解析】根据图示可知,0~30 min 时间段内,有如下关系:



$$v(\text{Y}) = \frac{0.075}{30} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{A}$$

项错误;相同时间内,Y 和 Z 的浓度之比等于两者的平均反应速率之比,因 Y 和 Z 分别是反应①和反应②的产物,故两

者的浓度之比  $\frac{c(\text{Y})}{c(\text{Z})} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{k_1}{k_2}$  为定值, B 项正确;前 30 min

内,M 转化为 Z 的转化率为  $\frac{0.125}{0.2} \times 100\% = 62.5\%$ ,反应中 M

转化为 Y、Z 的比例不变,故如果反应能进行到底,反应结束,有 62.5%的 M 转化为 Z, C 项正确;根据上述分析,反应

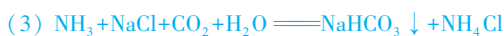
①的反应速率小于反应②的反应速率,则反应①的活化能大(活化能越大,反应速率越慢), D 项正确。

**关键点拨** 化学反应速率的快慢与活化能的大小有关。活化能越小,反应速率越快,活化能越大,反应速率越慢。

### 14. (14 分)

(1) aefbcghd 旋转玻璃塞使其上的凹槽与漏斗壁上的小孔相对

(2) 增大饱和氨盐水与 CO<sub>2</sub> 的接触面积,加快反应速率,使反应更充分



(4) ①0.84 ②降温结晶 过滤 (5) A

【命题点】NaHCO<sub>3</sub> 的制备及性质探究实验,涉及装置连接顺序、实验基本操作、酸碱滴定及误差分析等。

【解析】(1) 制备 NaHCO<sub>3</sub>,应先制备 CO<sub>2</sub>,然后除去 CO<sub>2</sub> 中的杂质(HCl),CO<sub>2</sub> 再与饱和氨盐水反应,最后进行尾气(含有 CO<sub>2</sub> 和 NH<sub>3</sub>)循环利用,则得仪器连接顺序为 aefbcghd;为顺利放出分液漏斗中的液体,方法包括打开玻璃塞或旋转玻

璃塞使其上的凹槽与漏斗壁上的小孔相对,使漏斗内压强与大气压相等。

(2)雾化装置可将饱和氨盐水雾化,使饱和氨盐水与  $\text{CO}_2$  充分接触,加快反应速率,从而使反应更充分。

(3)  $\text{NaHCO}_3$  的溶解度比较小,反应中会析出沉淀,可得反应的化学方程式为  $\text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ 。

(4) ① 根据题中操作可知反应的化学方程式为  $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 、 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  增加的质量可看作是吸收了  $\text{CO}$  增加的质量,可得:  $2\text{NaHCO}_3 \sim \text{CO}_2 \sim \text{Na}_2\text{O}_2 \sim \text{CO}$

$$\begin{array}{ccc} 2 \times 84 & & 28 \\ m & & 0.14 \text{ g} \end{array}$$

$$\frac{m}{2 \times 84} = \frac{0.14 \text{ g}}{28}, \text{解得 } m = 0.84 \text{ g}。$$

②从溶解度曲线图上看,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的溶解度受温度影响较大,  $\text{NaCl}$  的溶解度受温度影响较小,故采用降温结晶、过滤、洗涤、干燥的方法得到  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ 。

(5)若  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  吸收了水分,则滴定一定量盐酸时测得消耗的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  体积会偏大,使测得的盐酸浓度偏高, A 正确。

#### 15. (14 分)

(1)  $\text{Fe}$ 、 $\text{Cr}$  (2)溶解浸出 (3)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$

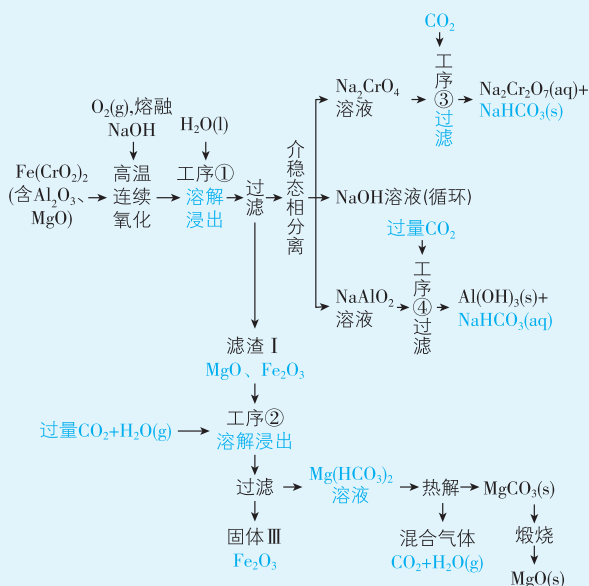
(4)  $2\text{Na}^+ + 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$

(5)  $4\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + 16\text{NaHCO}_3 + 7\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 8\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 16\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$

(6) ② (7) 8.37

【命题点】工艺流程中的铬铁矿的  $\text{Fe}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Mg}$  的回收利用,涉及化学方程式和离子方程式的书写、分离方法的判断、物质的循环利用、沉淀溶解平衡等。

思路分析 根据题中信息可以推断工艺流程中的物质转化关系如下:



【解析】(1)根据流程中的信息可知,高温连续氧化工序中被氧化的元素有  $\text{Fe}$ 、 $\text{Cr}$ 。

(2)工序①加入水后,部分固体溶解形成介稳态相,则工序①为溶解浸出。

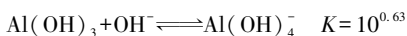
(3)根据流程中的信息可知:滤渣 I 为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 。

(4) 工序③中  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  溶液通入  $\text{CO}_2$  生成  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  和  $\text{NaHCO}_3$  的离子方程式为  $2\text{Na}^+ + 2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$ 。

(5)  $\text{NaHCO}_3$  代替  $\text{NaOH}$  进行高温连续氧化,  $\text{Fe}$  元素的化合价由+2价升高到+3价,  $\text{Cr}$  元素的化合价由+3价升高到+6价,  $\text{O}$  元素的化合价由0价降低为-2价, 根据得失电子守恒及原子守恒, 化学方程式为  $4\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2 + 16\text{NaHCO}_3 + 7\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 8\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 16\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ ; 可以代替  $\text{NaOH}$  的物质还有  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。

(6) 热解工序产生的气体为  $\text{CO}_2$  和水蒸气, 为达到最高的利用率, 最适宜返回的工序为②。

(7) 根据题中所给信息:



工序④中的铝元素为  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ , 当其完全转化为沉淀时,

$$K = \frac{c}{c(\text{OH}^-)} = \frac{10^{-5}}{c(\text{OH}^-)} = 10^{0.63}, \text{ 即 } c(\text{OH}^-) = 10^{-5.63} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$$

$$\text{常温下, } c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{OH}^-)} = 10^{-8.37} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 则 } \text{pH} = 8.37.$$

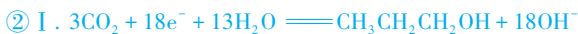
**关键点拨** (7) 中是从偏铝酸钠溶液中沉淀氢氧化铝, 应根据已知反应, 结合  $K$  值进行计算。

**易错警示** 根据工序③和工序④中均有物质  $\text{V}$  生成, 而工序④中通入的是过量的二氧化碳, 则物质  $\text{V}$  是碳酸氢钠。

## 16. (14 分)



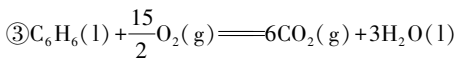
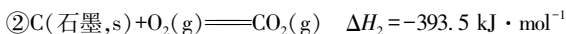
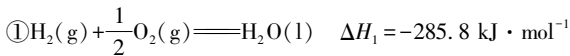
$$\Delta H = +49.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



II. cab

**【命题点】**热化学方程式的书写、化学平衡及其有关计算, 电极反应式的书写、反应速率的快慢比较等。

**【解析】**(1)  $\text{H}_2(\text{g})$  与  $\text{C}(\text{石墨}, \text{s})$  反应生成  $\text{C}_6\text{H}_6(1)$  的热化学方程式为  $3\text{H}_2(\text{g}) + 6\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6(1) \quad \Delta H$ , 根据表格中的数据可得如下热化学方程式:



$$\Delta H_3 = -3267.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

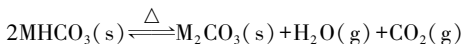
根据盖斯定律,  $\text{①} \times 3 + 6 \times \text{②} - \text{③}$  可得  $3\text{H}_2(\text{g}) + 6\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6(1) \quad \Delta H = 3 \times (-285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) + 6 \times (-393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) - (-3267.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = +49.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 溶液中的  $\text{CO}_2$  浓度与其在空气中的分压成正比, 比例系数为  $y \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$ , 大气压强为  $p \text{ kPa}$ , 大气中的  $\text{CO}_2$  的物质的量分数为  $x$ , 溶液中的  $\text{CO}_2$  浓度为  $p \text{ kPa} \times x \times y \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1} = pxy \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 又根据反应②, 其平衡常数  $K = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_2)}$ , 则  $c(\text{HCO}_3^-) = \frac{K_{xy}p}{c(\text{H}^+)}$ , 再考虑水的电离, 不考虑  $\text{HCO}_3^-$  的电离, 则  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{HCO}_3^-)$ ,  $c(\text{H}^+) = \frac{K_w}{c(\text{H}^+)} + \frac{K_{xy}p}{c(\text{H}^+)}$ , 溶液中的  $c(\text{H}^+)$  为



$$\sqrt{K_w + K_{xy} p} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}。$$

(3) 因为反应温度不变, 故化学平衡常数  $K_p$  不变, 反应  $2\text{MHCO}_3(\text{s}) \xrightleftharpoons{\Delta} \text{M}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$  的平衡常数  $K_p = p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2\text{O})$ , 反应达平衡时体系总压为 46 kPa, 则  $p(\text{CO}_2) = p(\text{H}_2\text{O}) = 23 \text{ kPa}$ ,  $K_p = p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2\text{O}) = 23 \times 23 = 529$ , 设  $\text{CO}_2(\text{g})$  的初始压强为  $x$ , 则可列式如下:



初始压强/kPa

$x$

平衡分压/kPa

5

$x+5$ ,

则有  $K_p = p(\text{CO}_2) \cdot p(\text{H}_2\text{O}) = 529 = 5 \times (x+5)$ , 解得  $x = 100.8 \text{ kPa}$ 。故要使平衡时体系中水蒸气分压小于 5 kPa,  $\text{CO}_2(\text{g})$  的初始压强应大于 100.8 kPa。

(4) ① 活泼金属 Li 失电子, 发生氧化反应, 为负极, 则  $\text{CO}_2$  在正极发生还原反应。Li- $\text{CO}_2$  电池的总反应式为  $4\text{Li} + 3\text{CO}_2 = 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ , 正极反应式为  $3\text{CO}_2 + 4\text{Li}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ , 根据反应步骤 I、II、IV, 可得步骤 III 的离子方程式为  $2\text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}_3^{2-} + \text{C}$ 。

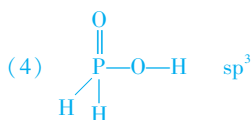
② I. 在碱性环境中,  $\text{CO}_2$  中的 +4 价的 C 得电子生成正丙醇中 -2 价 (平均化合价) 的 C, 根据电荷守恒和得失电子守恒, 得出电极反应为  $3\text{CO}_2 + 18\text{e}^- + 13\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + 18\text{OH}^-$ 。

II. 由题意得,  $\text{CO}_2$  电还原为 CO 和  $\text{H}^+$  电还原为  $\text{H}_2$  的反应同时发生, 则二者为竞争关系。活化能越高, 反应越难进行, 由图像可得,  $\text{H}^+$  电还原为  $\text{H}_2$  的难易顺序为 b 最容易, a 次之, c 最难, 则  $\text{CO}_2$  电还原为 CO 的难易程度为 c 最容易, a 次之, b 最难, 故答案为 cab。

## 17. (15 分)

$$(1) \text{K}^+、\text{P}^{3-} \quad (2) +\frac{3}{2} \text{ 或 } -\frac{3}{2}$$

(3) 键能越大, 物质越稳定,  $\text{N} \equiv \text{N}$  键键能较大, 而  $\text{P} \equiv \text{P}$  键键能较小, 故氮以  $\text{N}_2$  形式存在, 白磷以  $\text{P}_4$  形式存在



(5)  $\text{SiF}_4$  (或  $\text{SO}_2\text{F}_2$ , 答案合理即可)

$$(6) \text{P}_n \text{O}_{3n}^{n-}$$

$$(7) \textcircled{1} \frac{4 \times 136}{N_A \cdot a^2 c \times 10^{-30}} \quad \textcircled{2} \text{B}$$

【命题点】物质结构与性质, 涉及核外电子排布、电子自旋磁量子数、杂化轨道类型、等电子体、晶胞的计算等。

【解析】(1)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  中 K、P 元素的简单离子  $\text{K}^+$ 、 $\text{P}^{3-}$  的核外电子数均为 18, 核外电子排布相同。

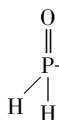
(2) 基态 P 原子的价电子排布为  $\begin{array}{|c|c|} \hline 3s \\ \hline \uparrow \downarrow \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 3p \\ \hline \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \\ \hline \end{array}$ , 其

3s 轨道上有 2 个自旋方向相反的电子, 3p 轨道上有 3 个自旋方向相同的电子, 则其价电子自旋磁量子数的代数和为  $+\frac{3}{2}$  或  $-\frac{3}{2}$ 。

(3) 键能越大, 物质越稳定, 结合表中数据可知,  $\text{N} \equiv \text{N}$  键键能较大, 所以氮以  $\text{N}_2$  形式存在, 而  $\text{P} \equiv \text{P}$  键键能较小, 白磷以  $\text{P}_4$  形式存在。



(4) 已知  $\text{KH}_2\text{PO}_2$  为正盐, 则  $\text{H}_3\text{PO}_2$  为一元酸, 其结构式为



; P 原子连有 4 个原子, 价层电子对数为 4, 且无孤电子对, 为  $\text{sp}^3$  杂化。

(5)  $\text{PO}_4^{3-}$  的原子总数为 5, 价电子总数为 32, 电子总数为 50, 原子总数和价电子总数均相同的微粒为等电子体, 与  $\text{PO}_4^{3-}$  电子总数相同且互为等电子体的分子有  $\text{SiF}_4$  或  $\text{SO}_2\text{F}_2$ 。

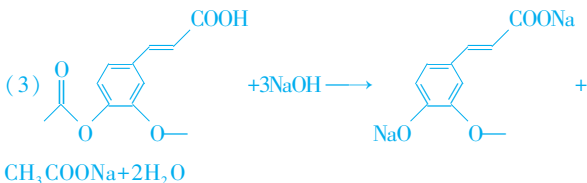
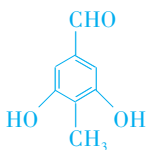
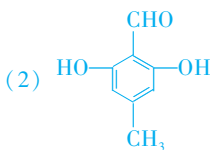
(6)  $n$  个磷酸分子间脱水形成环状时共脱去  $n$  个水分子生成  $\text{H}_n\text{P}_n\text{O}_{3n}$  或  $(\text{HPO}_3)_n$ , 环状分子中的氢原子位于羟基上, 均可被电离出来, 则相应的酸根为  $\text{P}_n\text{O}_{3n}^{n-}$  或  $(\text{PO}_3)_n^{n-}$ 。

(7) ①由图可知,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  位于晶胞顶点、面上和体心,  $\text{K}^+$  位于晶胞面上和棱上, 根据均摊法, 晶胞中  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  的个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 4 \times \frac{1}{2} + 1 = 4$ ,  $\text{K}^+$  的个数为  $4 \times \frac{1}{4} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ , 晶胞质量为  $\frac{4 \times 136}{N_A} \text{ g}$ , 晶胞体积为  $a^2 c \times 10^{-30} \text{ cm}^3$ , 则晶体密度  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \times 136}{N_A \cdot a^2 c \times 10^{-30}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ; ②  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  位于晶胞体心、晶胞前后面靠下位置,  $\text{K}^+$  位于前后面靠上位置, 则晶胞在  $x$  轴方向的投影图为 B。

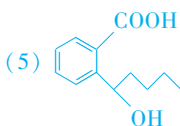
**关键点拨** 问题(2)中电子自旋磁量子数概念比较陌生, 可根据题给信息, 同一轨道的两个电子自旋方向相反, 其电子自旋磁量子数的代数和为 0, 而基态 P 原子 3p 轨道上的 3 个电子分占 3 个不同轨道, 且自旋方向相同, 其电子自旋磁量子数可加和; 问题(4)中首先判断  $\text{H}_3\text{PO}_2$  为一元酸, 而酸中只有羟基中氢原子能电离, 从而写出其结构式。

## 18. (15 分)

(1) 邻二甲苯

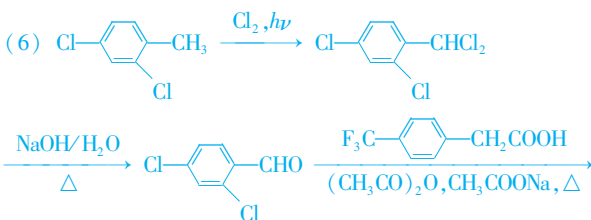


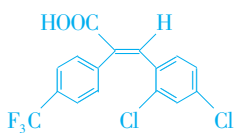
(4) 取代反应  $\text{Ag}^+$  能与  $\text{Br}^-$  反应生成  $\text{AgBr}$  沉淀, 可促进该反应的进行



HPBA 分子内含有羧基和羟基, 且羟基

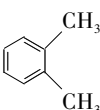
所连碳原子与羧基处于邻位, 能够发生分子内的酯化反应转化为 NBP, NBP 属于酯类, 常温下较稳定



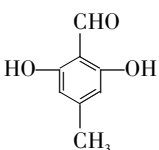
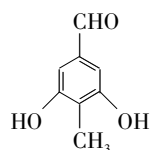


**【命题点】**有机合成与推断,涉及有机物的名称、同分异构体、有机化学方程式的书写、有机反应类型、有机物的结构及性质、合成路线设计等。

**【解析】**(1)由 A 的分子式、B 的结构简式及  $A \rightarrow B$  的反应条

件可知 A 为 , 其化学名称为邻二甲苯。

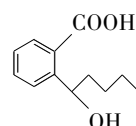
(2)D 的同分异构体满足以下条件:①属于芳香族化合物;②可发生银镜反应,说明含有醛基或甲酸酯基,能与  $\text{FeCl}_3$  溶液发生显色反应,说明含有酚羟基;③核磁共振氢谱有四组峰,峰面积比为 1:2:2:3,说明结构对称,则符合条件的同分

异构体的结构简式为 、。

(3) $E \rightarrow F$  中步骤 1) 为碱性条件下的酸碱中和反应和酯的水解反应。

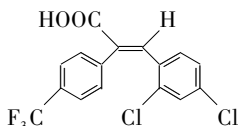
(4)比较 G 和 H 的结构简式可知, $G \rightarrow H$  属于取代反应;因  $\text{Ag}^+$  能与  $\text{Br}^-$  反应生成  $\text{AgBr}$  沉淀,可促进该反应的进行,而  $\text{Na}^+$  不具备此作用。

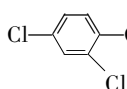
(5)根据题意 HPBA 是 NBP 的开环产物,结合 NBP 的结构

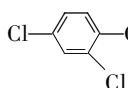
简式可知 HPBA 的结构简式为 ;HPBA 分子

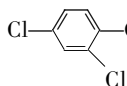
内含有羧基和羟基,且羟基所连碳原子与羧基处于邻位,能够发生分子内的酯化反应转化为 NBP,NBP 属于酯类,常温下较稳定,故 HPBA 不稳定、易转化为 NBP。

(6)采用逆合成分析法,要制备

, 需要先制备

 ,使其与  $\text{F}_3\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2\text{COOH}$  发生

已知信息反应生成 W,  可由

 先发生苯环侧链上的取代反应,再在

$\text{NaOH}$  水溶液、加热的条件下发生水解反应制得,据此写出合成路线。

**关键点拨** 问题(4)可根据平衡移动原理进行分析。