





一、选择题：本题共 16 小题，共 44 分。第 1~10 小题，每小题 2 分；第 11~16 小题，每小题 4 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. 今年五一假期，人文考古游持续成为热点。很多珍贵文物都记载着中华文明的灿烂成就，具有深邃的文化寓意和极高的学术价值。下列国宝级文物主要由合金材料制成的是

选项	A	B	C	D
文物				
名称	铸客大铜鼎	河姆渡出土陶灶	兽首玛瑙杯	角形玉杯

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. 铸客大铜鼎属于铜的合金，A 符合题意；

B. 河姆渡出土陶灶属于陶器，主要成分为硅酸盐，不属于合金，B 不符合题意；

C. 兽首玛瑙杯主要成分为二氧化硅，不属于合金，C 不符合题意；

D. 角形玉杯主要成分为硅酸盐，不属于合金，D 不符合题意；

故选 A。

2. 广东有众多国家级非物质文化遗产，如广东剪纸、粤绣、潮汕工夫茶艺和香云纱染整技艺等。下列说法不正确的是

A. 广东剪纸的裁剪过程不涉及化学变化

B. 冲泡工夫茶时茶香四溢，体现了分子是运动的

C. 制作粤绣所用的植物纤维布含有天然高分子化合物

D. 染整技艺中去除丝胶所用的纯碱水溶液属于纯净物

【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】A. 广东剪纸的裁剪过程中没有新物质生成，故不涉及化学变化，A 正确；

B. 冲泡工夫茶时茶香四溢，是因为茶水的香味分子不停地做无规则的运动，扩散到空气中，B 正确；

C. 制作粤绣所用的植物纤维布含有纤维素，属于天然高分子化合物，C 正确；

D. 染整技艺中去除丝胶所用的纯碱水溶液属于混合物，D 错误。

故选 D。

3. “天问一号”着陆火星，“嫦娥五号”采回月壤。腾飞中国离不开化学，长征系列运载火箭使用的燃料有液氢和煤油等化学品。下列有关说法正确的是

A. 煤油是可再生能源

B. H_2 燃烧过程中热能转化为化学能

C. 火星陨石中的 ^{20}Ne 质量数为 20

D. 月壤中的 3He 与地球上的 3H 互为同位素

【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】A. 煤油来源于石油，属于不可再生能源，故 A 错误；

B. 氢气的燃烧过程放出热量，将化学能变为热能，故 B 错误；

C. 元素符号左上角数字为质量数，所以火星陨石中的 ^{20}Ne 质量数为 20，故 C 正确；

D. 同位素须为同种元素， 3He 和 3H 的质子数不同，不可能为同位素关系，故 D 错误；

故选 C。

4. 化学创造美好生活。下列生产活动中，没有运用相应化学原理的是

选项	生产活动	化学原理
A	用聚乙烯塑料制作食品保鲜膜	聚乙烯燃烧生成 CO_2 和 H_2O
B	利用海水制取溴和镁单质	Br^- 可被氧化、 Mg^{2+} 可被还原
C	利用氢氟酸刻蚀石英制作艺术品	氢氟酸可与 SiO_2 反应

D	公园的钢铁护栏涂刷多彩防锈漆	钢铁与潮湿空气隔绝可防止腐蚀
---	----------------	----------------

A. A B. B C. C D. D

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. 聚乙烯是一种无毒的塑料，是最常见的食品包装袋材料之一，则用聚乙烯塑料制作食品包装袋与燃烧生成二氧化碳和水无关，故 A 符合题意；

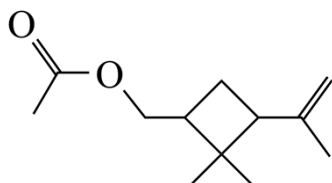
B. 溴离子具有还原性，能与氯气反应生成溴单质，镁离子具有弱氧化性，能用电解熔融氯化镁的方法制得镁，则海水制取溴和镁与单质，与溴离子可被氧化、镁离子可被还原有关，故 B 不符合题意；

C. 氢氟酸能与二氧化硅反应，常用来刻蚀石英制作艺术品，则用氢氟酸刻蚀石英制作艺术品，与氢氟酸能与二氧化硅反应有关，故 C 不符合题意；

D. 钢铁在潮湿的空气中易发生吸氧腐蚀，在护栏上涂油漆可以隔绝钢铁与潮湿空气接触，防止钢铁腐蚀，则公园的钢铁护栏涂刷多彩油漆防锈，与隔绝钢铁与潮湿的空气防止腐蚀有关，故 D 不符合题意；

故选 A。

5. 昆虫信息素是昆虫之间传递信号的化学物质。人工合成信息素可用于诱捕害虫、测报虫情等。一种信息素的分子结构简式如图所示，关于该化合物说法不正确的是



- A. 属于烷烃 B. 可发生水解反应
C. 可发生加聚反应 D. 具有一定的挥发性

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. 根据结构简式可知，分子中含 C、H、O，含碳碳双键和酯基，不属于烷烃，A 错误；

B. 分子中含酯基，在酸性条件或碱性条件下可发生水解反应，B 正确；

C. 分子中含碳碳双键，可发生加聚反应，C 正确；

D. 该信息素“可用于诱捕害虫、测报虫情”，可推测该有机物具有一定的挥发性，D 正确；

故选 A。

6. 劳动成就梦想。下列劳动项目与所述的化学知识没有关联的是

选项	劳动项目	化学知识
A	社区服务：用 84 消毒液对图书馆桌椅消毒	含氯消毒剂具有氧化性
B	学农活动：用厨余垃圾制肥料	厨余垃圾含 N、P、K 等元素
C	家务劳动：用白醋清洗水壶中的水垢	乙酸可由乙醇氧化制备
D	自主探究：以油脂为原料制肥皂	油脂可发生皂化反应

A. A

B. B

C. C

D. D

【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】A. 84 消毒液中含有具有强氧化性的次氯酸钠，能起到杀菌消毒的作用，则用 84 消毒液对图书馆桌椅消毒与含氯消毒剂具有氧化性有关，故 A 不符合题意；

B. 含有氮、磷、钾的物质常用做化肥，则厨余垃圾制肥料与厨余垃圾含有氮、磷、钾等元素有关，故 B 不符合题意；

C. 用白醋清洗水壶中的水垢与乙酸的酸性有关，与乙酸可由乙醇氧化制备无关，故 C 符合题意；

D. 油脂在碱性条件下可发生水解反应生成甘油和可制作肥皂的高级脂肪酸盐，则以油脂为原料制备肥皂与油脂可发生皂化反应有关，故 D 不符合题意；

故选 C。

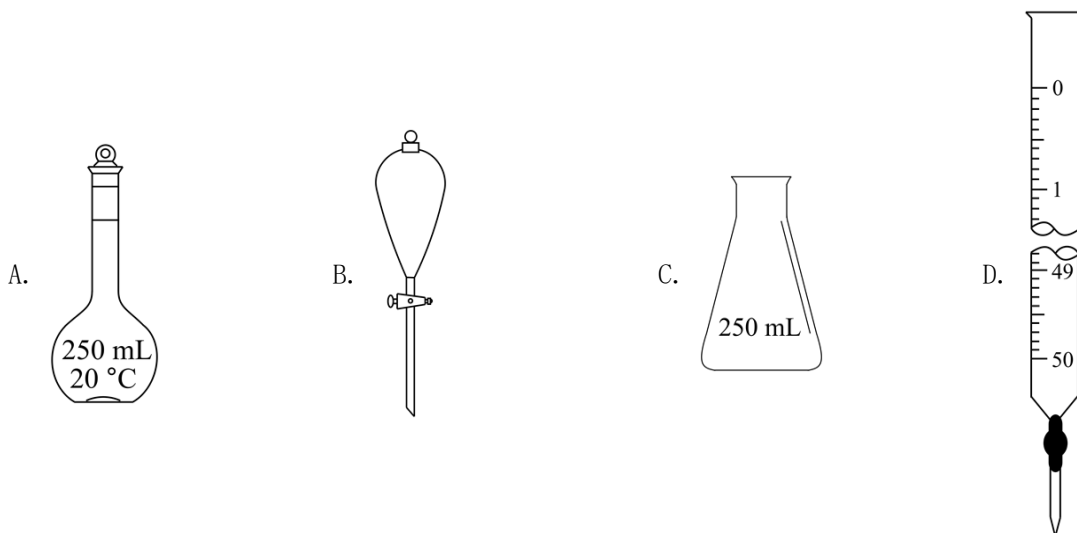
7. 测定浓硫酸试剂中 H_2SO_4 含量的主要操作包括：

①量取一定量的浓硫酸，稀释；

②转移定容得待测液；

③移取 20.00 mL 待测液，用 0.1000 mol/L 的 NaOH 溶液滴定。

上述操作中，不需要用到的仪器为



【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】实验过程中，①量取一定量的浓硫酸并稀释所需仪器为：量筒、烧杯、玻璃棒；

②转移定容得待测液所需仪器为：玻璃棒、容量瓶、胶头滴管；

③移取 20.00mL 待测液，用 0.1000mol/L 的 NaOH 溶液滴定所需仪器为：酸式滴定管、碱式滴定管、锥形瓶；

选项中 A 为容量瓶，B 为分液漏斗，C 为锥形瓶，D 为碱式滴定管，上述操作中，不需要用到的仪器为分液漏斗，综上所述，故答案为 B。

8. 鸟嘌呤(G)是一种有机弱碱，可与盐酸反应生成盐酸盐(用 GHCl 表示)。已知 GHCl 水溶液呈酸性，下列叙述正确的是

- A. 0.001 mol/L GHCl 水溶液的 $\text{pH} = 3$
- B. 0.001 mol/L GHCl 水溶液加水稀释， pH 升高
- C. GHCl 在水中的电离方程式为： $\text{GHCl} = \text{G} + \text{HCl}$
- D. GHCl 水溶液中： $c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-) = c(\text{GH}^+) + c(\text{G})$

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. GHCl 为强酸弱碱盐，电离出的 GH^+ 会发生水解，弱离子的水解较为微弱，因此 0.001mol/L GHCl 水溶液的 $\text{pH} > 3$ ，故 A 错误；

B. 稀释 GHCl 溶液时， GH^+ 水解程度将增大，根据勒夏特列原理可知溶液中 $c(\text{H}^+)$ 将减小，溶液 pH 将升高，

故 B 正确；

C. GHCl 为强酸弱碱盐，在水中电离方程式为 $\text{GHCl}=\text{GH}^++\text{Cl}^-$ ，故 C 错误；

D. 根据电荷守恒可知， GHCl 溶液中 $c(\text{OH}^-)+c(\text{Cl}^-)=c(\text{H}^+)+c(\text{GH}^+)$ ，故 D 错误；

综上所述，叙述正确的是 B 项，故答案为 B。

9. 火星大气中含有大量 CO_2 ，一种有 CO_2 参加反应的新型全固态电池有望为火星探测器供电。该电池以金属钠为负极，碳纳米管为正极，放电时

A. 负极上发生还原反应

B. CO_2 在正极上得电子

C. 阳离子由正极移向负极

D. 将电能转化为化学能

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】根据题干信息可知，放电时总反应为 $4\text{Na}+3\text{CO}_2=2\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{C}$ 。

A. 放电时负极上 Na 发生氧化反应失去电子生成 Na^+ ，故 A 错误；

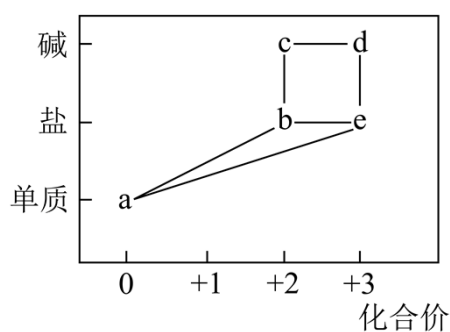
B. 放电时正极为 CO_2 得到电子生成 C ，故 B 正确；

C. 放电时阳离子移向还原电极，即阳离子由负极移向正极，故 C 错误；

D. 放电时装置为原电池，能量转化关系为化学能转化为电能和化学能等，故 D 正确；

综上所述，符合题意的为 B 项，故答案为 B。

10. 部分含铁物质的分类与相应化合价关系如图所示。下列推断不合理的是



A. a 可与 e 反应生成 b

B. b 既可被氧化，也可被还原

C. 可将 e 加入浓碱液中制得 d 的胶体

D. 可存在 $\text{b} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{d} \rightarrow \text{e} \rightarrow \text{b}$ 的循环转化关系

【答案】C

【解析】

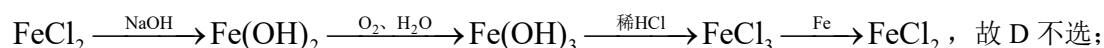
【分析】图中所示铁元素不同化合价的物质：a 为 Fe，b 为 FeCl₂、FeSO₄、Fe(NO₃)₂ 等 Fe(II) 的盐类物质，c 为 Fe(OH)₂，e 为 FeCl₃、Fe₂(SO₄)₃、Fe(NO₃)₃ 等 Fe(III) 的盐类物质，d 为 Fe(OH)₃。

【详解】A. Fe 与 Fe(III) 的盐类物质可发生反应生成 Fe(II) 的盐类物质，如 $\text{Fe} + 2\text{FeCl}_3 = 3\text{FeCl}_2$ ，故 A 不选；

B. Fe(II) 为铁元素的中间价态，既有还原性也有氧化性，因此既可被氧化，也可被还原，故 B 不选；

C. Fe(III) 的盐类物质与浓碱液反应生成 Fe(OH)₃ 沉淀，制备 Fe(OH)₃ 胶体操作为：向沸水中滴加饱和 FeCl₃ 溶液，继续煮沸至溶液呈红褐色，停止加热，故 C 选；

D. b → c → d → e → b 转化如



综上所述，答案为 C。

11. 设 N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是

A. 1 mol CHCl₃ 含有 C—Cl 键的数目为 $3N_A$

B. 1 L 1.0 mol/L 的盐酸含有阴离子总数为 $2N_A$

C. 11.2 L NO 与 11.2 L O₂ 混合后的分子数目为 N_A

D. 23 g Na 与足量 H₂O 反应生成的 H₂ 分子数目为 N_A

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. 1 个 CHCl₃ 分子中含有 3 个 C—Cl 键，微粒个数与物质的量成正比，故 1 mol CHCl₃ 含有 3 mol C—Cl 键，C—Cl 键的数目为 $3N_A$ ，A 正确；

B. 盐酸为氯化氢的水溶液，氯化氢会全部电离出阴离子 Cl⁻，水会部分电离出阴离子 OH⁻，水的质量及电离程度未知，故无法计算 1 L 1.0 mol/L 的盐酸含有阴离子总数，B 错误；

C. 未提到具体的温度、压强（如标况下），故无法计算 11.2 L NO 与 11.2 L O₂ 混合后的分子数目，C 错误

D. 23 g Na 为 1 mol，钠与足量的水反应生成氢气的关系式为： $2\text{Na} \sim \text{H}_2$ ，故 1 mol Na 应对应生成 0.5 mol H₂，H₂ 分子数目应为 $0.5N_A$ ，D 错误；

故选 A。

12. 化学是以实验为基础的科学。下列实验操作或做法正确且能达到目的的是

选项	操作或做法	目的
A	将铜丝插入浓硝酸中	制备 NO
B	将密闭烧瓶中的 NO ₂ 降温	探究温度对平衡移动的影响
C	将溴水滴入 KI 溶液中，加入乙醇并振荡	萃取溶液中生成的碘
D	实验结束，将剩余 NaCl 固体放回原试剂瓶	节约试剂

A. A B. B C. C D. D

【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】A. 将铜丝插入浓硝酸中开始会产生二氧化氮，不能达到实验目的，A 不符合题意；

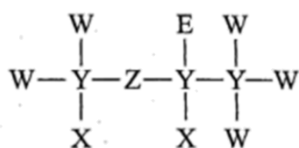
B. 二氧化氮气体在一定条件下存在平衡： $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ，正反应为放热反应，NO₂ 为红棕色气体，将密闭烧瓶中 NO₂ 降温，会使该平衡向正反应方向移动，气体颜色变浅，因此可达到实验目的，B 符合题意；

C. 乙醇与水互溶，不能作碘单质的萃取剂，做法不正确，C 不符合题意；

D. 一般情况下，剩余试剂需放到指定的容器中，不能放回原试剂瓶，以防污染原试剂，操作错误，D 不符合题意；

故选 B。

13. 一种麻醉剂的分子结构式如图所示。其中，X 的原子核只有 1 个质子；元素 Y、Z、W 原子序数依次增大，且均位于 X 的下一周期；元素 E 的原子比 W 原子多 8 个电子。下列说法不正确的是



- A. XEZ₄ 是一种强酸
- B. 非金属性：W > Z > Y
- C. 原子半径：Y > W > E
- D. ZW₂ 中，Z 的化合价为+2 价

【答案】C

【解析】

【分析】题给化合物结构中 X、W、E 均形成 1 个共价键、Y 形成 4 个共价键、Z 形成 2 个共价键。

X 的原子核只有 1 个质子，则 X 为 H 元素；元素 Y、Z、W 原子序数依次增大，且均位于 X 的下一周期，即第二周期元素，则 Y 为 C 元素，Z 为 O 元素，W 为 F 元素；元素 E 的原子比 W 原子多 8 个电子，则 E 为 Cl 元素，综合以上分析可知，X、Y、Z、W、E 分别为 H、C、O、F、Cl 元素。

据此分析解答。

【详解】A. 氯元素非金属性较强，其最高价氧化物的水化物 HClO_4 是一种强酸，故 A 正确；

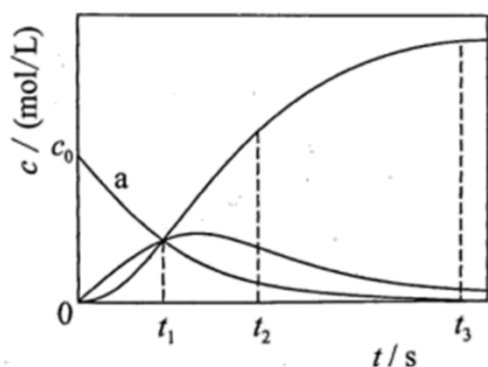
B. 同一周期元素从左到右非金属性逐渐增强，所以非金属性： $\text{F} > \text{O} > \text{C}$ ，故 B 正确；

C. 同一周期从左到右原子半径逐渐减小，同一主族从上到下原子半径逐渐增大，电子层越多半径越大，所以原子半径： $\text{Cl} > \text{C} > \text{F}$ ，故 C 错误；

D. OF_2 中，F 为 -1 价，则 O 的化合价为 +2 价，故 D 正确；

答案选 C。

14. 反应 $\text{X} = 2\text{Z}$ 经历两步：① $\text{X} \rightarrow \text{Y}$ ；② $\text{Y} \rightarrow 2\text{Z}$ 。反应体系中 X、Y、Z 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线如图所示。下列说法不正确的是



A. a 为 $c(\text{X})$ 随 t 的变化曲线

B. t_1 时， $c(\text{X}) = c(\text{Y}) = c(\text{Z})$

C. t_2 时，Y 的消耗速率大于生成速率

D. t_3 后， $c(\text{Z}) = 2c_0 - c(\text{Y})$

【答案】D

【解析】

【分析】由题中信息可知，反应 $\text{X} = 2\text{Z}$ 经历两步：① $\text{X} \rightarrow \text{Y}$ ；② $\text{Y} \rightarrow 2\text{Z}$ 。因此，图中呈不断减小趋势的 a 线为 X 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线，呈不断增加趋势的线为 Z 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线，先增加后减小的线为 Y 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线。

【详解】A. X 是唯一的反应物，随着反应的发生，其浓度不断减小，因此，由图可知，a 为 $c(\text{X})$ 随 t 的

变化曲线，A 正确；

B. 由图可知，分别代表 3 种不同物质的曲线相交于 t_1 时刻，因此， t_1 时 $c(X) = c(Y) = c(Z)$ ，B 正确；

C. 由图中信息可知， t_2 时刻以后，Y 的浓度仍在不断减小，说明 t_2 时刻反应两步仍在向正反应方向发生，而且反应①生成 Y 的速率小于反应②消耗 Y 的速率，即 t_2 时 Y 的消耗速率大于生成速率，C 正确；

D. 由图可知， t_3 时刻反应①完成，X 完全转化为 Y，若无反应②发生，则 $c(Y) = c_0$ ，由于反应② $Y \rightarrow 2Z$ 的发生， t_3 时刻 Y 浓度的变化量为 $c_0 - c(Y)$ ，变化量之比等于化学计量数之比，所以 Z 的浓度的变化量为 $2[c_0 - c(Y)]$ ，这种关系在 t_3 后仍成立，因此，D 不正确。

综上所述，本题选 D。

15. 宏观辨识与微观探析是化学学科核心素养之一。下列物质性质实验对应的反应方程式书写正确的是

A. Na_2O_2 放入水中： $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$

B. $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 通过灼热铁粉： $3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$

C. 铜丝插入热的浓硫酸中： $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$

D. SO_2 通入酸性 KMnO_4 溶液中： $5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{MnO}_4^- = 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{Mn}^{2+}$

【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】A. Na_2O_2 放入水中化学方程式应该是 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ ，A 选项中氧元素不守恒，A 错误；

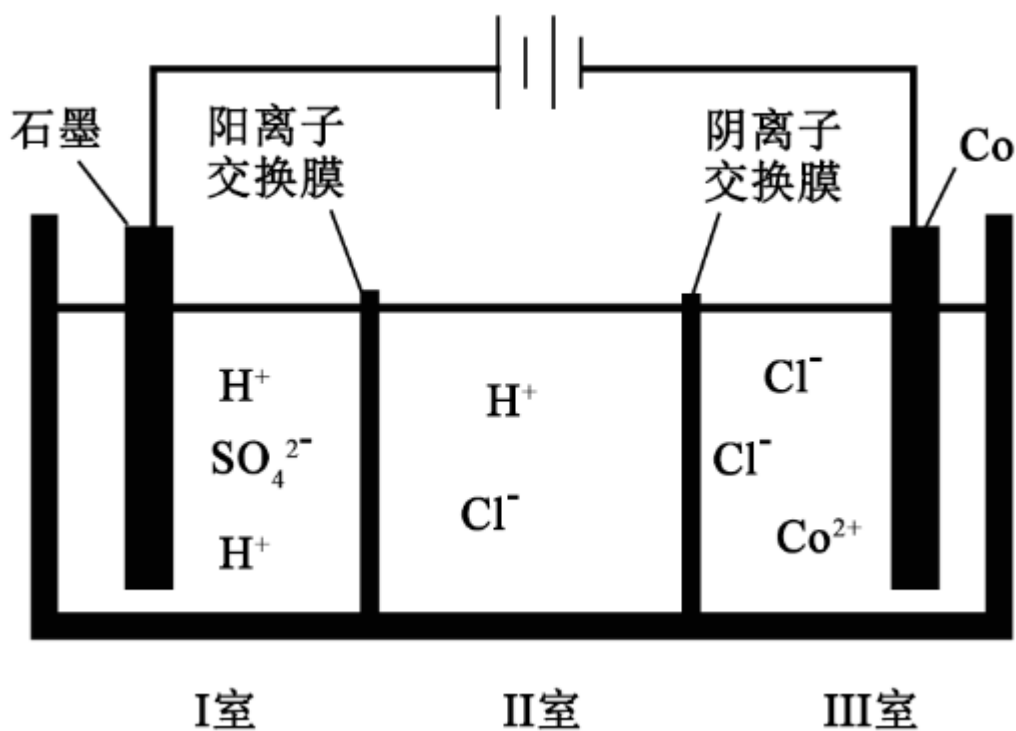
B. $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 通过灼热铁粉应高温条件下生成四氧化三铁和氢气，B 错误；

C. 铜丝插入热的浓硫酸中生成的气体不是氢气，应是二氧化硫，C 错误；

D. SO_2 通入酸性 KMnO_4 溶液中， SO_2 被 MnO_4^- 氧化为 SO_4^{2-} ， MnO_4^- 被 SO_2 还原为 Mn^{2+} ，再根据得失电子守恒、电荷守恒和元素守恒可得离子方程式为 $5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{MnO}_4^- = 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{Mn}^{2+}$ ，D 正确；

故选 D。

16. 钴(Co)的合金材料广泛应用于航空航天、机械制造等领域。如图为水溶液中电解制备金属钴的装置示意图。下列说法正确的是



- A. 工作时，I室和II室溶液的pH均增大
- B. 生成1 mol Co，I室溶液质量理论上减少16 g
- C. 移除两交换膜后，石墨电极上发生的反应不变
- D. 电解总反应： $2\text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{Co} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$

【答案】D

【解析】

【分析】由图可知，该装置为电解池，石墨电极为阳极，水在阳极失去电子发生氧化反应生成氧气和氢离子，电极反应式为 $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ ，I室中阳离子电荷数大于阴离子电荷数，放电生成的氢离子通过阳离子交换膜由I室向II室移动，钴电极为阴极，钴离子在阴极得到电子发生还原反应生成钴，电极反应式为 $\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Co}$ ，III室中阴离子电荷数大于阳离子电荷数，氯离子过阴离子交换膜由III室向II室移动，电解的总反应的离子方程式为 $2\text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{Co} + \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}^+$ 。

【详解】A. 由分析可知，放电生成的氢离子通过阳离子交换膜由I室向II室移动，使II室中氢离子浓度增大，溶液pH减小，故A错误；

B. 由分析可知，阴极生成1mol钴，阳极有1mol水放电，则I室溶液质量减少18g，故B错误；

C. 若移除离子交换膜，氯离子的放电能力强于水，氯离子会在阳极失去电子发生氧化反应生成氯气，则移除离子交换膜，石墨电极的电极反应会发生变化，故C错误；

D. 由分析可知, 电解的总反应的离子方程式为 $2\text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{Co} + \text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+$, 故 D 正确;

故选 D。

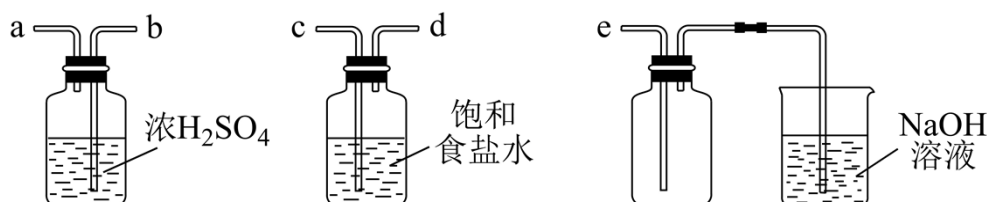
二、非选择题: 共 56 分。第 17~19 题为必考题, 考生都必须作答。第 20~21 题为选考题, 考生根据要求作答。

(一)必考题: 共 42 分。

17. 含氯物质在生产生活中有重要作用。1774 年, 舍勒在研究软锰矿(主要成分是 MnO_2)的过程中, 将它与浓盐酸混合加热, 产生了一种黄绿色气体。1810 年, 戴维确认这是一种新元素组成的单质, 并命名为 chlorine(中文命名“氯气”)。

(1)实验室沿用舍勒的方法制取 Cl_2 的化学方程式为_____。

(2)实验室制取干燥 Cl_2 时, 净化与收集 Cl_2 所需装置的接口连接顺序为_____。



(3)某氯水久置后不能使品红溶液褪色, 可推测氯水中_____已分解。检验此久置氯水中 Cl^- 存在的操作及现象是_____。

(4)某合作学习小组进行以下实验探究。

①实验任务。通过测定溶液电导率, 探究温度对 AgCl 溶解度的影响。

②查阅资料。电导率是表征电解质溶液导电能力的物理量。温度一定时, 强电解质稀溶液的电导率随溶液中离子浓度的增大而增大; 离子浓度一定时, 稀溶液电导率随温度的升高而增大。25℃时,

$$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}。$$

③提出猜想。

猜想 a: 较高温度的 AgCl 饱和溶液的电导率较大。

猜想 b: AgCl 在水中的溶解度 $s(45^\circ\text{C}) > s(35^\circ\text{C}) > s(25^\circ\text{C})$ 。

④设计实验、验证猜想。取试样 I、II、III(不同温度下配制的 AgCl 饱和溶液), 在设定的测试温度下, 进行表中实验 1~3, 记录数据。

实验序号	试样	测试温度/°C	电导率/($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	I: 25°C的AgCl饱和溶液	25	A_1
2	II: 35°C的AgCl饱和溶液	35	A_2
3	III: 45°C的AgCl饱和溶液	45	A_3

⑤数据分析、交流讨论。25°C的AgCl饱和溶液中， $c(\text{Cl}^-) = \underline{\hspace{2cm}}$ mol/L。

实验结果为 $A_3 > A_2 > A_1$ 。小组同学认为，此结果可以证明③中的猜想 a 成立，但不足以证明猜想 b 成立。

结合②中信息，猜想 b 不足以成立的理由有_____。

⑥优化实验。小组同学为进一步验证猜想 b，在实验 1~3 的基础上完善方案，进行实验 4 和 5。请在答题卡上完成表中内容。

实验序号	试样	测试温度/°C	电导率/($\mu\text{S}/\text{cm}$)
4	I	_____	B_1
5	_____	_____	B_2

⑦实验总结。根据实验 1~5 的结果，并结合②中信息，小组同学认为猜想 b 也成立。猜想 b 成立的判断依据是_____。

△

【答案】 (1). $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (2). c-d-b-a-e (3). HClO (4). 向溶液中加入

过量稀硝酸，防止溶液中含有 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等，再加入少量 AgNO_3 溶液，若有白色沉淀生成，则证明原溶液中含有 Cl^- (5). 1.34×10^{-5} (6). 测试温度不同，根据电导率结果无法判断不同温度下饱和溶液的溶解度 (7). 45°C (8). II (9). 45°C (10). $A_3 > B_2 > B_1$

【解析】

【分析】

【详解】 (1) 实验室通常采用浓盐酸和 MnO_2 制取 Cl_2 ，化学方程式为：

△

△

$\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ，故答案为： $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(2)根据化学方程式可知，制取的氯气中混有氯化氢、水蒸气，氯气有毒，必须进行尾气处理，因此使用饱和食盐水吸收氯化氢气体，浓硫酸除去水蒸气，最后用 NaOH 溶液吸收尾气，因此接口连接顺序为 c-d-b-a-e，故答案为：c-d-b-a-e；

(3)久置后不能使品红溶液褪色，说明 HClO 已分解，检验 Cl^- 的方法为向溶液中加入过量稀硝酸，防止溶液中含有 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等，再加入少量 AgNO_3 溶液，若有白色沉淀生成，则证明原溶液中含有 Cl^- ，故答案为：HClO；向溶液中加入过量稀硝酸，防止溶液中含有 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等，再加入少量 AgNO_3 溶液，若有白色沉淀生成，则证明原溶液中含有 Cl^- ；

(4)⑤25℃时， $K_{sp}(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+) \times c(\text{Cl}^-)$ ，根据沉淀溶解平衡可知，饱和的 AgCl 溶液中

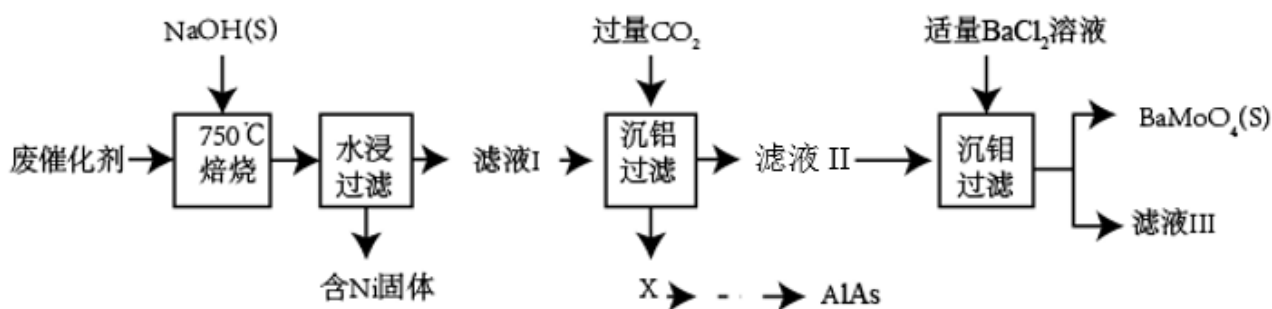
$$c(\text{Ag}^+) = c(\text{Cl}^-)，所以有 c(\text{Cl}^-) = \sqrt{K_{sp}(\text{AgCl})} = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}} = 1.34 \times 10^{-5} \text{ mol/L}；$$

实验 1~3 中，不同的饱和溶液浓度不同且测试温度不同，根据资料显示离子浓度一定时，稀溶液电导率随温度的升高而增大，所以根据实验 1~3 无法判断温度较高的饱和溶液离子浓度大，进而不能得出溶解度关系，故答案为： 1.34×10^{-5} ；测试温度不同，根据电导率结果无法判断不同温度下饱和溶液的溶解度；

⑥如果要判断 AgCl 在水中的溶解度随温度的变化情况，可以设计不相同温度下的饱和溶液在相同温度下测试，如果温度较高下的饱和溶液电导率比温度较低的饱和溶液电导率高，则可以得出温度升高饱和溶液中离子浓度高。所以可以设计试样 I 在 45℃ 下测试与实验 3 比较；设计试样 II 在 45℃ 下测试与实验 3 比较。故答案为：45℃；II；45℃；

⑦猜想 b 成立的判断依据是 $A_3 > B_2 > B_1$ ，故答案为： $A_3 > B_2 > B_1$ 。

18. 对废催化剂进行回收可有效利用金属资源。某废催化剂主要含铝(Al)、钼(Mo)、镍(Ni)等元素的氧化物，一种回收利用工艺的部分流程如下：



已知：25℃时， H_2CO_3 的 $K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}$ ， $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$ ； $K_{sp}(\text{BaMoO}_4) = 3.5 \times 10^{-8}$ ；

$K_{sp}(\text{BaCO}_3)=2.6\times 10^{-9}$ ；该工艺中， $\text{pH} > 6.0$ 时，溶液中 Mo 元素以 MoO_4^{2-} 的形态存在。

(1)“焙烧”中，有 Na_2MoO_4 生成，其中 Mo 元素的化合价为_____。

(2)“沉铝”中，生成的沉淀 X 为_____。

(3)“沉钼”中， pH 为 7.0。

①生成 BaMoO_4 的离子方程式为_____。

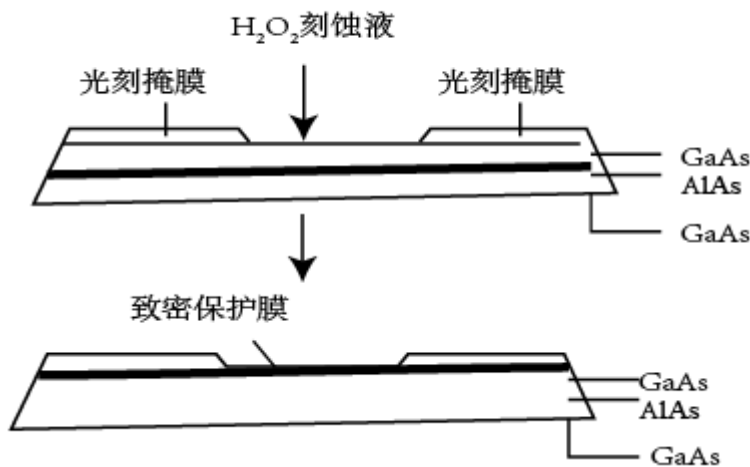
②若条件控制不当， BaCO_3 也会沉淀。为避免 BaMoO_4 中混入 BaCO_3 沉淀，溶液中

$c(\text{HCO}_3^-):c(\text{MoO}_4^{2-})=$ _____(列出算式)时，应停止加入 BaCl_2 溶液。

(4)①滤液 III 中，主要存在的钠盐有 NaCl 和 Y，Y 为_____。

②往滤液 III 中添加适量 NaCl 固体后，通入足量_____ (填化学式) 气体，再通入足量 CO_2 ，可析出 Y。

(5)高纯 AlAs (砷化铝) 可用于芯片制造。芯片制造中的一种刻蚀过程如图所示，图中所示致密保护膜为一种氧化物，可阻止 H_2O_2 刻蚀液与下层 GaAs (砷化镓) 反应。



①该氧化物为_____。

②已知 Ga 和 Al 同族，As 和 N 同族。在 H_2O_2 与上层 GaAs 的反应中，As 元素的化合价变为 +5 价，则该反应的氧化剂与还原剂物质的量之比为_____。

【答案】 (1). +6 (2). $\text{Al}(\text{OH})_3$ (3). $\text{MoO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaMoO}_4 \downarrow$ (4). $\frac{1 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 2.6 \times 10^{-9}}{4.7 \times 10^{-11} \times 3.5 \times 10^{-8}}$

(5). NaHCO_3 (6). NH_3 (7). Al_2O_3 (8). 4:1

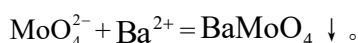
【解析】

【分析】由题中信息可知，废催化剂与氢氧化钠一起焙烧后，铝和钼都发生了反应分别转化为偏铝酸钠和钼酸钠，经水浸、过滤，分离出含镍的固体滤渣，滤液 I 中加入过量的二氧化碳，偏铝酸钠转化为氢氧化铝沉淀，过滤得到的沉淀 X 为氢氧化铝，滤液 II 中加入适量的氯化钡溶液沉钼后，过滤得到钼酸钡。

【详解】(1) “焙烧”中，有 Na_2MoO_4 生成，其中 Na 和 O 的化合价为 +1 和 -2，根据化合价的代数和为 0 可知，Mo 元素的化合价为 +6。

(2) “沉铝”中，偏铝酸钠转化为氢氧化铝，因此，生成的沉淀 X 为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。

(3) ①滤液 II 中含有钼酸钠，加入氯化钡溶液后生成 BaMoO_4 沉淀，该反应的离子方程式为



②若开始生成 BaCO_3 沉淀，则体系中恰好建立如下平衡： $\text{HCO}_3^- + \text{BaMoO}_4 \rightleftharpoons \text{BaCO}_3 + \text{MoO}_4^{2-} + \text{H}^+$ ，

该反应的化学平衡常数为 $K = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{MoO}_4^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} = \frac{c(\text{H}^+)c(\text{CO}_3^{2-})c(\text{MoO}_4^{2-})c(\text{Ba}^{2+})}{c(\text{HCO}_3^-)c(\text{CO}_3^{2-})c(\text{Ba}^{2+})} = \frac{K_{a2}K_{sp}(\text{BaMoO}_4)}{K_{sp}(\text{BaCO}_3)}$ 。

为避免 BaMoO_4 中混入 BaCO_3 沉淀，必须满足 $\frac{c(\text{H}^+)c(\text{MoO}_4^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} \leq \frac{K_{a2}K_{sp}(\text{BaMoO}_4)}{K_{sp}(\text{BaCO}_3)}$ ，由于“沉钼”中 pH

为 7.0， $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ，所以溶液中 $\frac{c(\text{MoO}_4^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} = \frac{K_{a2}K_{sp}(\text{BaMoO}_4)}{1 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times K_{sp}(\text{BaCO}_3)}$ 时，开始生成

BaCO_3 沉淀，因此， $c(\text{HCO}_3^-):c(\text{MoO}_4^{2-}) = \frac{1 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times K_{sp}(\text{BaCO}_3)}{K_{a2}K_{sp}(\text{BaMoO}_4)} = \frac{1 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 2.6 \times 10^{-9}}{4.7 \times 10^{-11} \times 3.5 \times 10^{-8}}$

时，应停止加入 BaCl_2 溶液。

(4) ①滤液 I 中加入过量的二氧化碳，偏铝酸钠转化为氢氧化铝沉淀，同时生成碳酸氢钠，过滤得到的滤液 II 中含有碳酸氢钠和钼酸钠。滤液 II 中加入适量的氯化钡溶液沉钼后，因此，过滤得到的滤液 III 中，主要存在的钠盐有 NaCl 和 NaHCO_3 ，故 Y 为 NaHCO_3 。

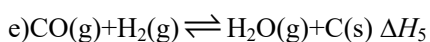
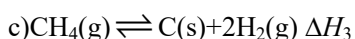
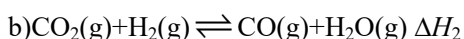
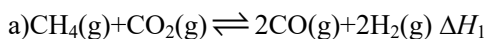
②根据侯氏制碱法的原理可知，往滤液 III 中添加适量 NaCl 固体后，通入足量 NH_3 ，再通入足量 CO_2 ，可析出 NaHCO_3 。

(5) ①由题中信息可知，致密的保护膜为一种氧化物，是由 H_2O_2 与 AlAs 反应生成的，联想到金属铝表面容易形成致密的氧化膜可知，该氧化物为 Al_2O_3 。

②由 Ga 和 Al 同族、As 和 N 同族可知， GaAs 中显 +3 价(其最高价)、As 显 -3 价。在 H_2O_2 与上层 GaAs

的反应中，As 元素的化合价变为+5 价，其化合价升高了 8，As 元素被氧化，则该反应的氧化剂为 H_2O_2 ，还原剂为 GaAs 。 H_2O_2 中的 O 元素为-1 价，其作为氧化剂时，O 元素要被还原到-2 价，每个 H_2O_2 参加反应会使化合价降低 2，根据氧化还原反应中元素化合价升高的总数值等于化合价降低的总数值可知，该反应的氧化剂与还原剂物质的量之比为 $8:2=4:1$ 。

19. 我国力争于 2030 年前做到碳达峰，2060 年前实现碳中和。 CH_4 与 CO_2 重整是 CO_2 利用的研究热点之一。该重整反应体系主要涉及以下反应：

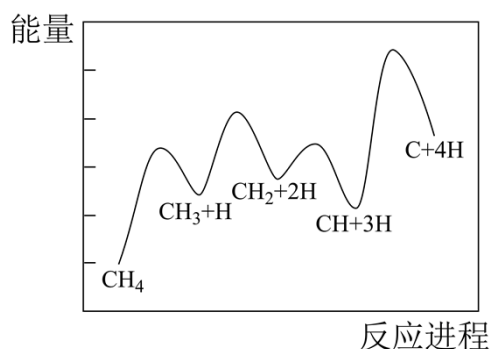


(1) 根据盖斯定律，反应 a 的 $\Delta H_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ (写出一个代数式即可)。

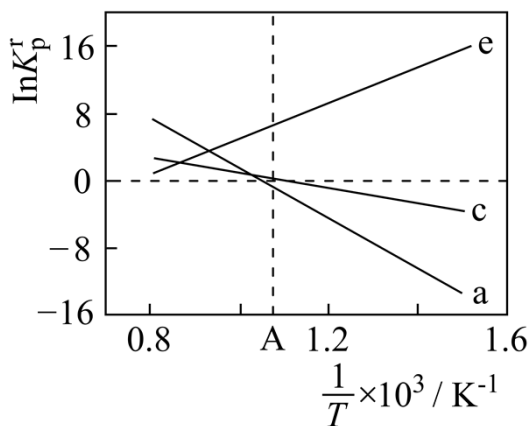
(2) 上述反应体系在一定条件下建立平衡后，下列说法正确的有 。

- A. 增大 CO_2 与 CH_4 的浓度，反应 a、b、c 的正反应速率都增加
- B. 移去部分 $\text{C}(\text{s})$ ，反应 c、d、e 的平衡均向右移动
- C. 加入反应 a 的催化剂，可提高 CH_4 的平衡转化率
- D. 降低反应温度，反应 a~e 的正、逆反应速率都减小

(3) 一定条件下， CH_4 分解形成碳的反应历程如图所示。该历程分 步进行，其中，第 步的正反应活化能最大。



(4) 设 K_p^r 为相对压力平衡常数，其表达式写法：在浓度平衡常数表达式中，用相对分压代替浓度。气体的相对分压等于其分压（单位为 kPa）除以 p_0 ($p_0=100\text{kPa}$)。反应 a、c、e 的 $\ln K_p^r$ 随 $\frac{1}{T}$ （温度的倒数）的变化如图所示。



①反应 a、c、e 中，属于吸热反应的有_____ (填字母)。

②反应 c 的相对压力平衡常数表达式为 $K_p^r =$ _____。

③在图中 A 点对应温度下、原料组成为 $n(\text{CO}_2):n(\text{CH}_4)=1:1$ 、初始总压为 100kPa 的恒容密闭容器中进行反应，体系达到平衡时 H_2 的分压为 40kPa。计算 CH_4 的平衡转化率，写出计算过程_____。

(5) CO_2 用途广泛，写出基于其物理性质的一种用途：_____。

【答案】 (1). $\Delta H_2 + \Delta H_3 - \Delta H_5$ 或 $\Delta H_3 - \Delta H_4$ (2). AD (3). 4 (4). 4 (5). ac (6). $\frac{(\frac{p(\text{H}_2)}{p_0})^2}{(\frac{p(\text{CH}_4)}{p_0})}$

(7). 68% (8). 做冷冻剂

【解析】

【分析】根据盖斯定律计算未知反应的反应热；根据影响化学反应速率和化学平衡的因素判断反应速率的变化及转化率的变化；根据图像及曲线高低判断反应进程和活化能的相对大小；根据平衡时反应物的分压计算平衡转化率；根据 CO_2 的物理性质推测 CO_2 的用途。

【详解】(1) 根据题目所给出的反应方程式关系可知， $a=b+c-e=c-d$ ，根据盖斯定律则有 $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 - \Delta H_5 = \Delta H_3 - \Delta H_4$ ；

(2)A. 增大 CO_2 和 CH_4 的浓度，对于反应 a、b、c 来说，均增大了反应物的浓度，反应的正反应速率增大，A 正确；

B. 移去部分 C(s)，没有改变反应体系中的压强，反应的正逆反应速率均不变，平衡不移动，B 错误；

C. 催化剂可以同等条件下增大正逆反应速率，只能加快反应进程，不改变反应的平衡状态，平衡转化率不变，C 错误；

D. 降低温度，体系的总能量降低，正、逆反应速率均减小，D 正确；

故答案选 AD；

(3)由图可知，反应过程中能量变化出现了4个峰，即吸收了4次活化能，经历了4步反应；且从左往右看4次活化能吸收中，第4次对应的峰最高，即正反应方向第4步吸收的能量最多，对应的正反应活化能最大。

(4)①随着温度的升高，反应a和c的 $\ln K_p^r$ 增大，说明 K_p^r 的数值增大，反应向正反应方向进行，反应a和c为吸热反应，同理反应e的 $\ln K_p^r$ 减小，说明 K_p^r 的减小，反应向逆反应方向进行，反应e为放热反应，故答案为ac；

②用相对分压代替浓度，则反应c的平衡常数表达式 $K_p^r = \frac{(\frac{p(\text{H}_2)}{p_0})^2}{(\frac{p(\text{CH}_4)}{p_0})}$ ；

③由图可知，A处对应反应c的 $\ln K_p^r = 0$ ，即 $K_p^r = \frac{(\frac{p(\text{H}_2)}{p_0})^2}{(\frac{p(\text{CH}_4)}{p_0})} = 1$ ，解方程的 $p^2(\text{H}_2) = p(\text{CH}_4)$ ，已知反应平衡

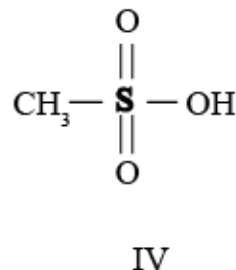
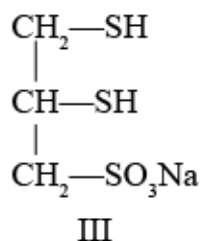
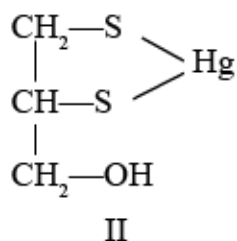
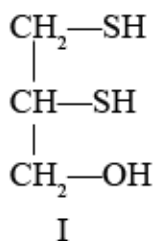
时 $p(\text{H}_2) = 40\text{kPa}$ ，则有 $p(\text{CH}_4) = 16\text{kPa}$ ，且初始状态时 $p(\text{CH}_4) = \frac{1}{1+1} \times 100\text{kPa} = 50\text{kPa}$ ，故 CH_4 的平衡转化率为 $\frac{50\text{kPa} - 16\text{kPa}}{50\text{kPa}} \times 100\% = 68\%$ ；

(5)固态 CO_2 即为干冰，干冰用于制冷或人工降雨均是利用其物理性质。

【点睛】本题难点在于 K_p^r 与 $\frac{1}{T}$ 关系曲线的判断，在曲线中斜率为正为放热反应，斜率为负为吸热反应。

【化学—选修3：物质结构与性质】

20. 很多含巯基(-SH)的有机化合物是重金属元素汞的解毒剂。例如，解毒剂化合物I可与氧化汞生成化合物II。



(1) 基态硫原子价电子排布式为_____。

(2) H_2S 、 CH_4 、 H_2O 的沸点由高到低顺序为_____。

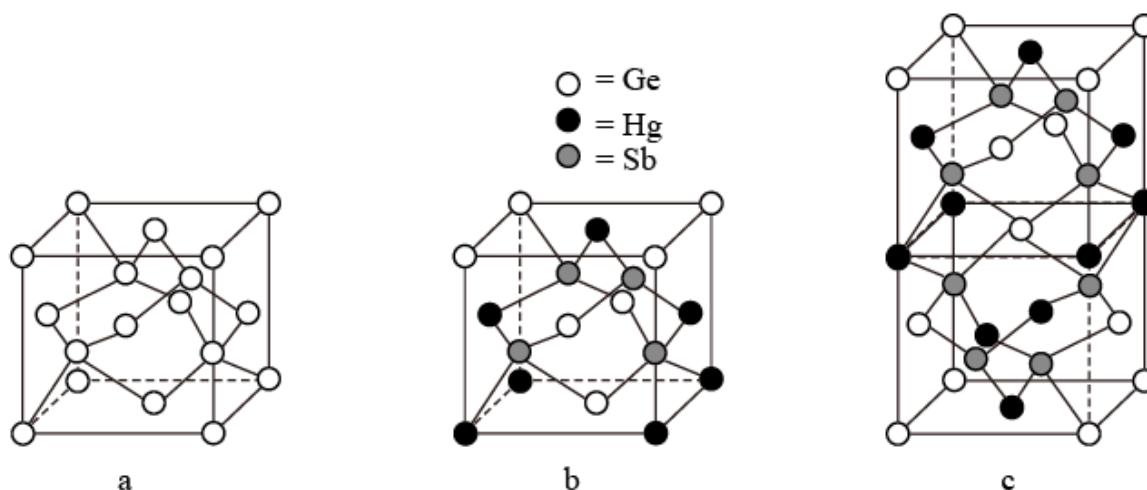
(3) 汞的原子序数为80，位于元素周期表第_____周期第II B族。

(4) 化合物III也是一种汞解毒剂。化合物IV是一种强酸。下列说法正确的有_____。

- A. 在I中S原子采取 sp^3 杂化 B. 在II中S元素的电负性最大
 C. 在III中C-C-C键角是 180° D. 在III中存在离子键与共价键
 E. 在IV中硫氧键的键能均相等

(5) 汞解毒剂的水溶性好, 有利于体内 重金属元素汞的解毒。化合物I与化合物III相比, 水溶性较好的是_____。

(6) 理论计算预测, 由汞(Hg)、锗(Ge)、锑(Sb)形成的一种新物质X为潜在的拓扑绝缘体材料。X的晶体可视为Ge晶体(晶胞如图9a所示)中部分Ge原子被Hg和Sb取代后形成。



①图9b为Ge晶胞中部分Ge原子被Hg和Sb取代后形成的一种单元结构, 它不是晶胞单元, 理由是_____。

②图9c为X的晶胞, X的晶体中与Hg距离最近的Sb的数目为_____; 该晶胞中粒子个数比Hg: Ge: Sb = _____。

③设X的最简式的式量为 M_r , 则X晶体的密度为_____ g/cm^3 (列出算式)。

【答案】 (1). $3s^23p^4$ (2). $H_2O > H_2S > CH_4$ (3). 六 (4). BD (5). 化合物III (6). 由图9c可

知, 图9b中Sb、Hg原子取代位置除图9b外还有其它形式 (7). 4 (8). 1: 1: 2 (9). $\frac{2 \times M_r}{301 \times x^2 y}$

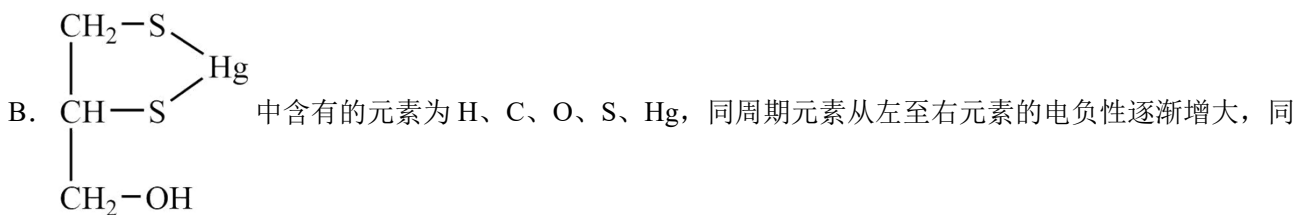
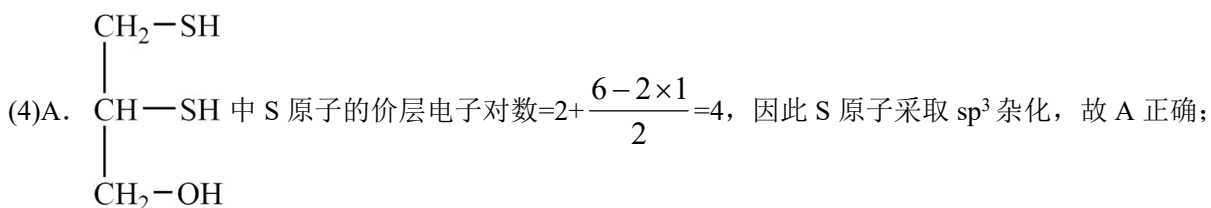
【解析】

【分析】

【详解】 (1)基态硫原子核外电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^4$, 因此基态硫原子价电子排布式为 $3s^23p^4$, 故答案为: $3s^23p^4$ 。

(2) H_2S 、 CH_4 、 H_2O 均为分子晶体， H_2O 分子间存在氢键，沸点较高， H_2S 、 CH_4 的分子间范德华力随相对分子质量增大而增加，因此沸点由高到低顺序为： $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{CH}_4$ ，故答案为： $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{CH}_4$ 。

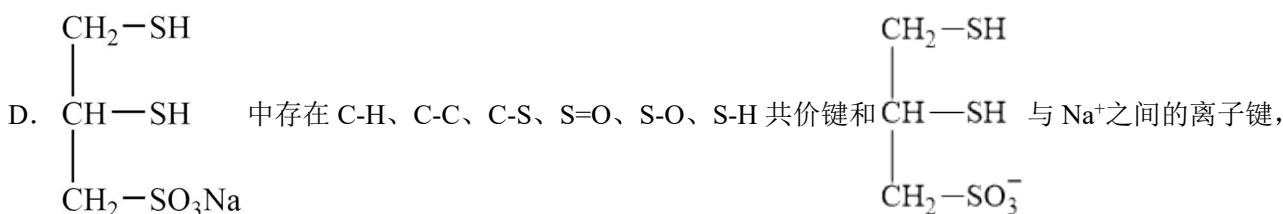
(3) 第六周期 0 族元素的原子序数为 86，因此第 80 号元素 Hg 位于第六周期第 IIB 族，故答案为：六。



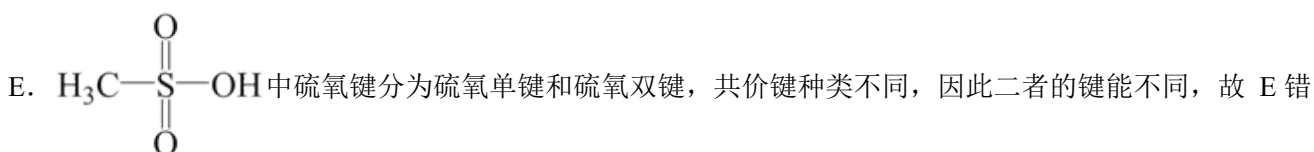
主族元素从上至下元素的电负性逐渐减小，因此 5 种元素中电负性最大的为 O 元素，故 B 错误；



错误；

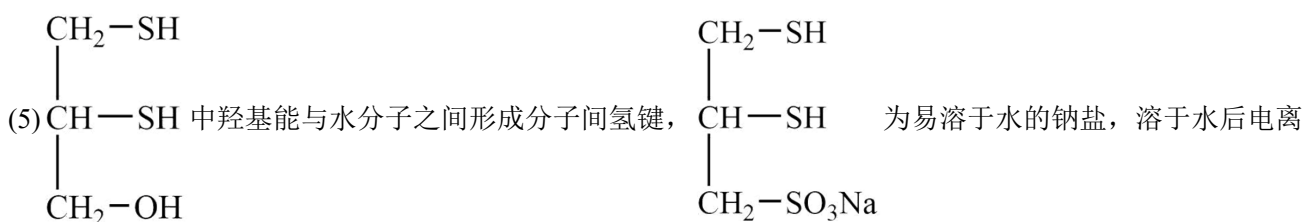


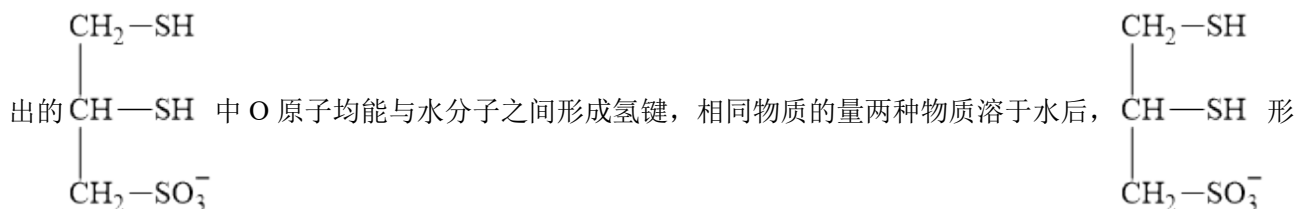
故 D 正确；



误；

综上所述，说法正确的是 BD 项，故答案为 BD。





成的氢键更多，因此化合物 III 更易溶于水，故答案为：化合物 III。

(6)①对比图 9b 和图 9c 可得 X 晶体的晶胞中上下两个单元内的原子位置不完全相同，不符合晶胞晶胞是晶体的最小重复单位要求，故答案为：由图 9c 可知，图 9b 中 Sb、Hg 原子取代位置除图 9b 外还有其它形式。

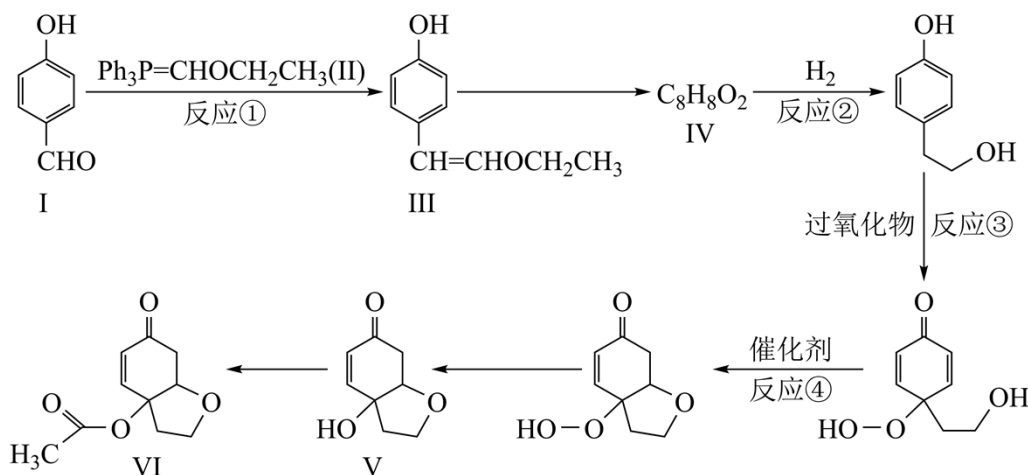
②以晶胞上方立方体中右侧面心中 Hg 原子为例，同一晶胞中与 Hg 距离最近的 Sb 的数目为 2，右侧晶胞中有 2 个 Sb 原子与 Hg 原子距离最近，因此 X 的晶体中与 Hg 距离最近的 Sb 的数目为 4；该晶胞中 Sb 原子均位于晶胞内，因此 1 个晶胞中含有 Sb 原子数为 8，Ge 原子位于晶胞顶点、面心、体心，因此 1 个晶胞中含有 Ge 原子数为 $1+8\times\frac{1}{8}+4\times\frac{1}{2}=4$ ，Hg 原子位于棱边、面心，因此 1 个晶胞中含有 Hg 原子数为 $6\times\frac{1}{2}+4\times\frac{1}{4}=4$ ，则该晶胞中粒子个数比 Hg: Ge: Sb = 4: 4: 8 = 1: 1: 2，故答案为：4: 1: 1: 2。

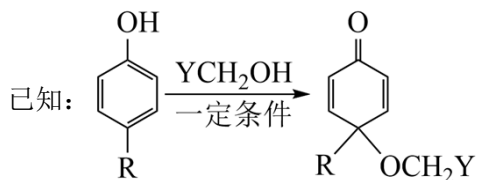
③1 个晶胞的质量 $m = \frac{4 \times M_r}{6.02 \times 10^{23}} \text{g}$ ，1 个晶胞的体积 $V = (x \times 10^{-7} \text{cm})^2 \times (y \times 10^{-7} \text{cm}) = x^2 y \times 10^{-21} \text{cm}^3$ ，则 X 晶体的

$$\text{密度为 } \frac{m}{V} = \frac{4 \times M_r}{6.02 \times 10^{23} \text{g}} = \frac{2 \times M_r}{301 \times x^2 y} \text{ g/cm}^3, \text{ 故答案为: } \frac{2 \times M_r}{301 \times x^2 y}。$$

【化学—选修 5：有机化学基础】

21. 天然产物 V 具有抗疟活性，某研究小组以化合物 I 为原料合成 V 及其衍生物 VI 的路线如下(部分反应条件省略，Ph 表示 -C₆H₅):



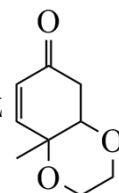


- (1) 化合物 I 中含氧官能团有_____ (写名称)。
 (2) 反应①的方程式可表示为: I+II=III+Z, 化合物 Z 的分子式为_____。
 (3) 化合物 IV 能发生银镜反应, 其结构简式为_____。
 (4) 反应②③④中属于还原反应的有_____, 属于加成反应的有_____。
 (5) 化合物 VI 的芳香族同分异构体中, 同时满足如下条件的有_____种, 写出其中任意一种的结构简式:

_____。

条件: a. 能与 NaHCO_3 反应; b. 最多能与 2 倍物质的量的 NaOH 反应; c. 能与 3 倍物质的量的 Na 发生放出 H_2 的反应; d. 核磁共振氢谱确定分子中有 6 个化学环境相同的氢原子; e. 不含手性碳原子(手性碳原子是指连有 4 个不同的原子或原子团的饱和碳原子)。

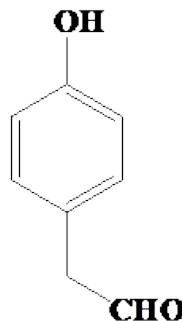
- (6) 根据上述信息, 写出以苯酚的一种同系物及 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 为原料合成



的路线_____ (不需注明

反应条件)。

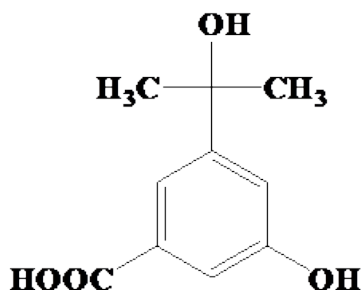
- 【答案】 (1). (酚)羟基、醛基 (2). $\text{C}_{18}\text{H}_{15}\text{OP}$ (3).



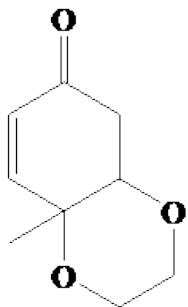
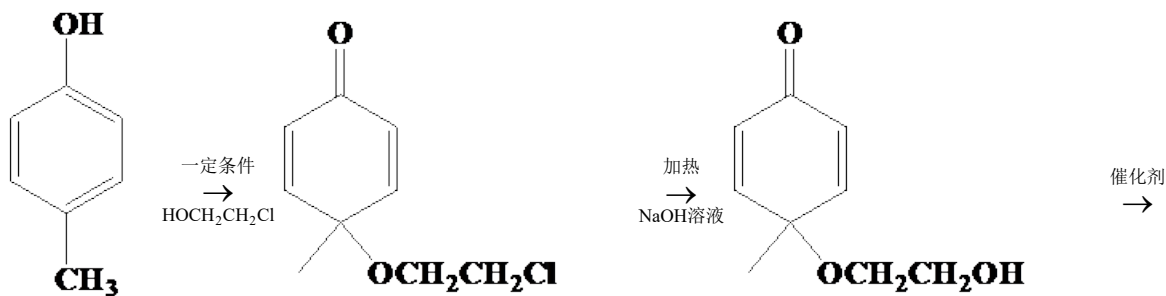
- (4). ② (5). ②④

- (6). 10

- (7).



- (8).



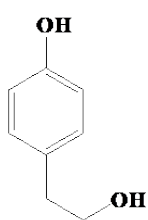
【解析】

【分析】

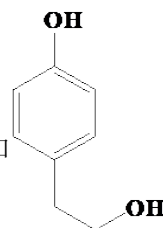
【详解】(1)根据有机物I的结构，有机物I为对醛基苯酚，其含氧官能团为（酚）羟基、醛基；

(2)反应①的方程式可表示为： $I+II=III+Z$ ，根据反应中I、II、III的分子式和质量守恒定律可知，反应前与反应后的原子个数相同，则反应后Z的分子式为 $C_{18}H_{15}OP$ ；

(3)已知有机物IV可以发生银镜反应，说明有机物IV中含有醛基，又已知有机物IV可以发生反应生成



，则有机物IV一定含有酚羟基，根据有机物IV的分子式和



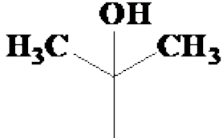
可以得出，有机物

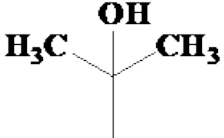


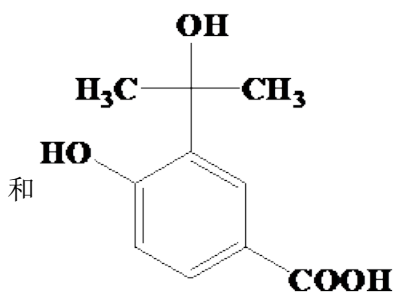
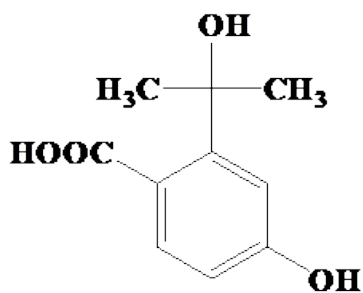
(4)还原反应时物质中元素的化合价降低，在有机反应中一般表现为加氢或者去氧，所以反应②为还原反应，

其中反应②④为加成反应；

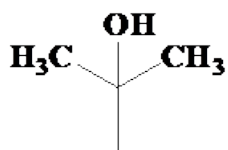
(5)化合物IV的分子式为 $C_{10}H_{12}O_4$ ，能与 $NaHCO_3$ 反应说明含有羧基，能与 $NaOH$ 反应说明含有酚羟基或羧基或酯基，最多能与 2 倍物质的量的 $NaOH$ 反应，说明除一个羧基外还可能含有酚羟基、羧基、酯基其中的一个，能与 Na 反应的挂能能团为醇羟基、酚羟基、羧基，能与 3 倍物质的量的发生放出的反应，说明一定含有醇羟基，综上该分子一定含有羧基和醇羟基，由于该分子共有 4 个碳氧原子，不可能再含有羧基和酯基，则还应含有酚羟基，核磁共振氢谱确定分子中有 6 个化学环境相同的氢原子，说明含有两个甲基取

代基，并且高度对称，据此可知共有三个取代基，分别是 $-OH$ 、 $-COOH$ 和 ，当 $-OH$

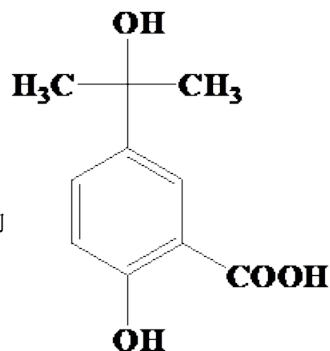
与 $-COOH$ 处于对位时， 有两种不同的取代位置，即

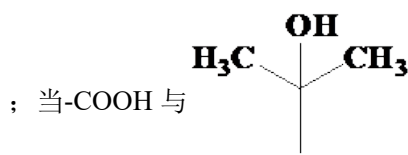
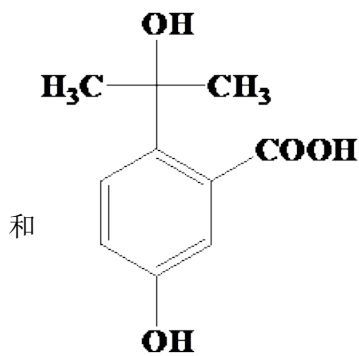


；当 $-OH$ 与

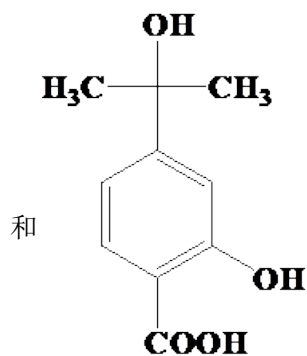
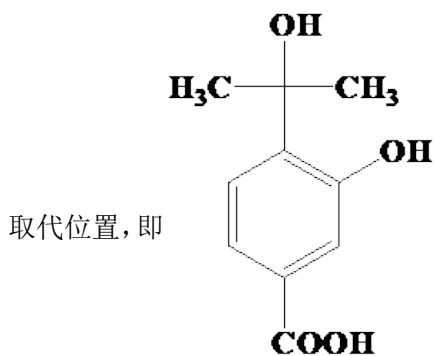


处于对位时， $-COOH$ 有两种不同的取代位置，即

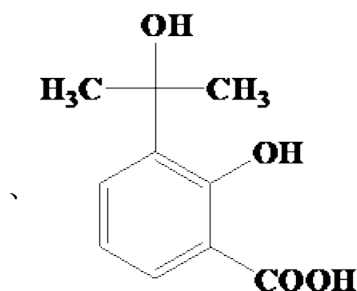
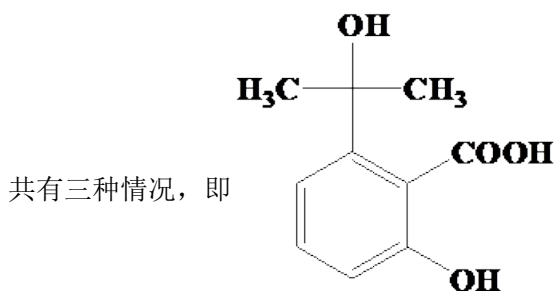




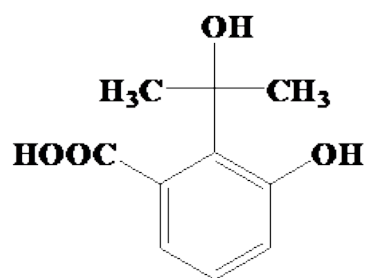
处于对位时，-OH有两种不同的



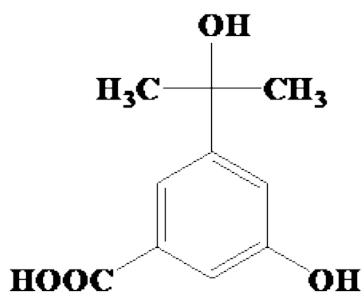
；当三个取代基处于三个连续碳时，



和

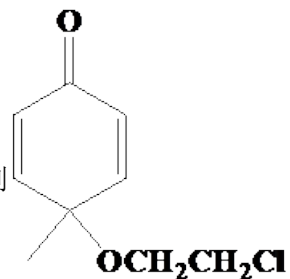


；当三个取代基处于间位时，共有一种情况，即

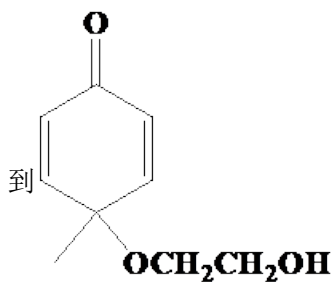


，综上所述该有机物的同分异构体共有十种。

(6)根据题给已知条件对甲苯酚与 $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ 反应能得到



，之后水解反应得



到

，观察题中反应可知得到目标产物需要利用反应④，所以合成的路线为

