

**2021 年普通高等学校招生全国统一考试**  
**理科综合能力测试**

注意事项:

- 1.答卷前,考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上,并将自己的姓名、准考证号、座位号填写在本试卷上。
- 2.回答选择题时,选出每小题答案后,用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑;如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其他答案标号,涂写在本试卷上无效。
- 3.作答非选择题时,将答案书写在答题卡上,书写在本试卷上无效。
- 4.考试结束后,将本试卷和答题卡一并交回。

可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 N 14 O 16 Na 23 Al 27 Cl 35.5 Fe 56

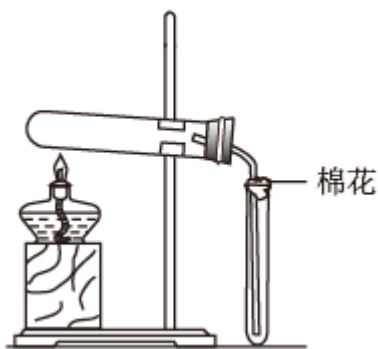
一、选择题

1. 我国提出争取在 2030 年前实现碳达峰, 2060 年实现碳中和, 这对于改善环境, 实现绿色发展至关重要。

碳中和是指 CO<sub>2</sub> 的排放总量和减少总量相当。下列措施中能促进碳中和最直接有效的是

- A. 将重质油裂解为轻质油作为燃料
- B. 大规模开采可燃冰作为新能源
- C. 通过清洁煤技术减少煤燃烧污染
- D. 研发催化剂将 CO<sub>2</sub> 还原为甲醇

2. 在实验室采用如图装置制备气体, 合理的是



	化学试剂	制备的气体
A	Ca(OH) <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> Cl	NH <sub>3</sub>

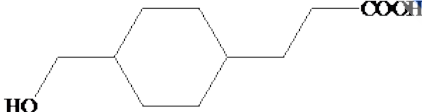
B	$\text{MnO}_2 + \text{HCl}(\text{浓})$	$\text{Cl}_2$
C	$\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3$	$\text{O}_2$
D	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓})$	$\text{HCl}$

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

3. 下列过程中的化学反应，相应的离子方程式正确的是

- A. 用碳酸钠溶液处理水垢中的硫酸钙： $\text{CO}_3^{2-} + \text{CaSO}_4 = \text{CaCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$
- B. 过量铁粉加入稀硝酸中： $\text{Fe} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- = \text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- C. 硫酸铝溶液中滴加少量氢氧化钾溶液： $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$
- D. 氯化铜溶液中通入硫化氢： $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS} \downarrow$

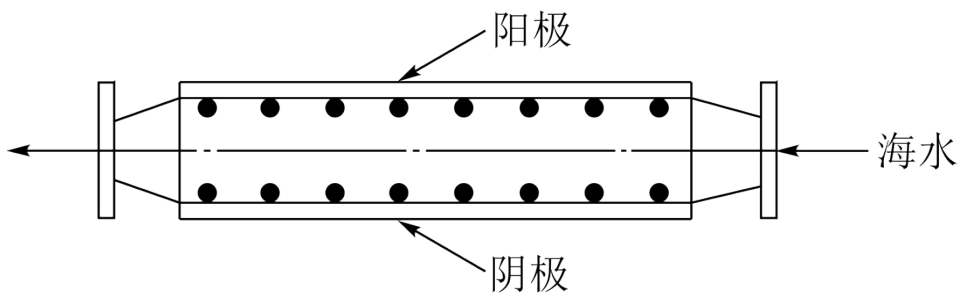
4. 一种活性物质的结构简式为 ，下列有关该物质的叙述正确的是

- A. 能发生取代反应，不能发生加成反应
- B. 既是乙醇的同系物也是乙酸的同系物
- C. 与  互为同分异构体
- D. 1mol 该物质与碳酸钠反应得 44g  $\text{CO}_2$

5. 我国嫦娥五号探测器带回 1.731kg 的月球土壤，经分析发现其构成与地球土壤类似土壤中含有的短周期元素 W、X、Y、Z，原子序数依次增大，最外层电子数之和为 15。X、Y、Z 为同周期相邻元素，且均不与 W 同族，下列结论正确的是

- A. 原子半径大小顺序为  $\text{W} > \text{X} > \text{Y} > \text{Z}$
- B. 化合物 XW 中的化学键为离子键
- C. Y 单质的导电性能弱于 Z 单质的
- D. Z 的氧化物的水化物的酸性强于碳酸

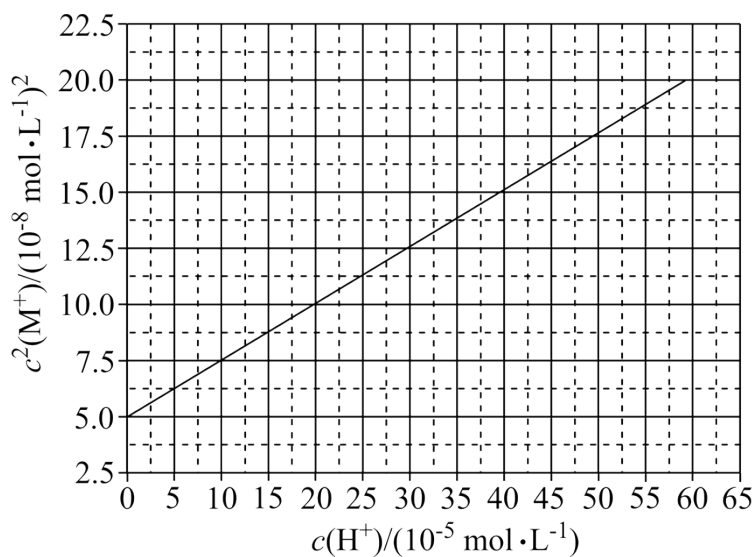
6. 沿海电厂采用海水为冷却水，但在排水管中生物的附着和滋生会阻碍冷却水排放并降低冷却效率，为解决这一问题，通常在管道口设置一对惰性电极(如图所示)，通入一定的电流。



下列叙述错误的是

- A. 阳极发生将海水中的  $\text{Cl}^-$  氧化生成  $\text{Cl}_2$  的反应
- B. 管道中可以生成氧化灭杀附着生物的  $\text{NaClO}$
- C. 阴极生成的  $\text{H}_2$  应及时通风稀释安全地排入大气
- D. 阳极表面形成的  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  等积垢需要定期清理

7. HA 是一元弱酸，难溶盐 MA 的饱和溶液中  $c(\text{M}^+)$  随  $c(\text{H}^+)$  而变化， $\text{M}^+$  不发生水解。实验发现，298K 时  $c^2(\text{M}^+)-c(\text{H}^+)$  为线性关系，如下图中实线所示。

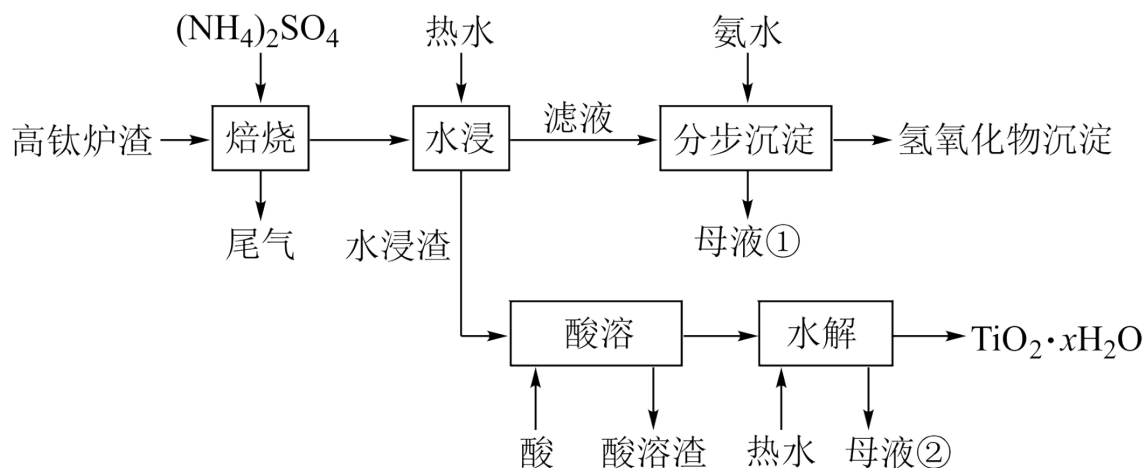


下列叙述错误的是

- A. 溶液  $\text{pH} = 4$  时， $c(\text{M}^+) < 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. MA 的溶度积  $K_{\text{sp}}(\text{MA}) = 5.0 \times 10^{-8}$
- C. 溶液  $\text{pH} = 7$  时， $c(\text{M}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{A}^-) + c(\text{OH}^-)$
- D. HA 的电离常数  $K_{\text{a}}(\text{HA}) \approx 2.0 \times 10^{-4}$

## 二、非选择题

8. 磁选后的炼铁高钛炉渣，主要成分有  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  以及少量的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。为节约和充分利用资源，通过如下工艺流程回收钛、铝、镁等。



该工艺条件下，有关金属离子开始沉淀和沉淀完全的 pH 见下表

金属离子	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
开始沉淀的 pH	2.2	3.5	9.5	12.4
沉淀完全 ( $c=1.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 的 pH	3.2	4.7	11.1	13.8

回答下列问题：

(1)“焙烧”中， $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$  几乎不发生反应， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  转化为相应的硫酸盐，写出  $\text{Al}_2\text{O}_3$  转化为  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  的化学方程式\_\_\_\_\_。

(2)“水浸”后“滤液”的 pH 约为 2.0，在“分步沉淀”时用氨水逐步调节 pH 至 11.6，依次析出的金属离子是\_\_\_\_\_。

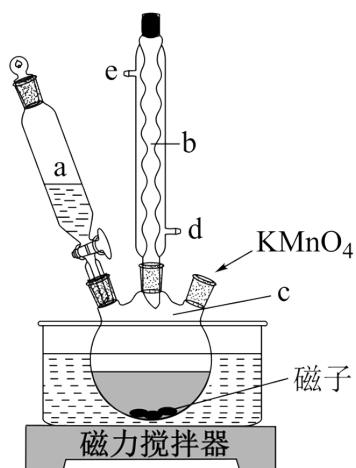
(3)“母液①”中  $\text{Mg}^{2+}$  浓度为\_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4)“水浸渣”在  $160^\circ\text{C}$ “酸溶”最适合的酸是\_\_\_\_\_。“酸溶渣”的成分是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(5)“酸溶”后，将溶液适当稀释并加热， $\text{TiO}^{2+}$  水解析出  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  沉淀，该反应的离子方程式是\_\_\_\_\_。

(6)将“母液①”和“母液②”混合，吸收尾气，经处理得\_\_\_\_\_，循环利用。

9. 氧化石墨烯具有稳定的网状结构，在能源、材料等领域有着重要的应用前景，通过氧化剥离石墨制备氧化石墨烯的一种方法如下(转置如图所示)：



I. 将浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaNO}_3$ 、石墨粉末在  $c$  中混合，置于冰水浴中，剧烈搅拌下，分批缓慢加入  $\text{KMnO}_4$  粉末，塞好瓶口。

II. 转至油浴中， $35^\circ\text{C}$  搅拌 1 小时，缓慢滴加一定量的蒸馏水。升温至  $98^\circ\text{C}$  并保持 1 小时。

III. 转移至大烧杯中，静置冷却至室温。加入大量蒸馏水，而后滴加  $\text{H}_2\text{O}_2$  至悬浊液由紫色变为土黄色。

IV. 离心分离，稀盐酸洗涤沉淀。

V. 蒸馏水洗涤沉淀。

VI. 冷冻干燥，得到土黄色的氧化石墨烯。

回答下列问题：

(1) 装置图中，仪器  $a$ 、 $c$  的名称分别是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_，仪器  $b$  的进水口是\_\_\_\_\_ (填字母)。

(2) 步骤 I 中，需分批缓慢加入  $\text{KMnO}_4$  粉末并使用冰水浴，原因是\_\_\_\_\_。

(3) 步骤 II 中的加热方式采用油浴，不使用热水浴，原因是\_\_\_\_\_。

(4) 步骤 III 中， $\text{H}_2\text{O}_2$  的作用是\_\_\_\_\_ (以离子方程式表示)。

(5) 步骤 IV 中，洗涤是否完成，可通过检测洗出液中是否存在  $\text{SO}_4^{2-}$  来判断。检测的方法是\_\_\_\_\_。

(6) 步骤 V 可用 pH 试纸检测来判断  $\text{Cl}^-$  是否洗净，其理由是\_\_\_\_\_。

10. 一氯化碘( $\text{ICl}$ )是一种卤素互化物，具有强氧化性，可与金属直接反应，也可用作有机合成中的碘化剂。

回答下列问题：

(1) 历史上海藻提碘中得到一种红棕色液体，由于性质相似，Liebig 误认为是  $\text{ICl}$ ，从而错过了一种新元素的发现，该元素是\_\_\_\_\_。

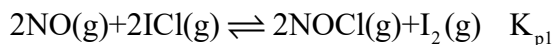
(2) 氯铂酸钡( $\text{BaPtCl}_6$ )固体加热时部分分解为  $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{Pt}$  和  $\text{Cl}_2$ ， $376.8^\circ\text{C}$  时平衡常数  $K_p' = 1.0 \times 10^4 \text{ Pa}^2$ ，

在一硬质玻璃烧瓶中加入过量  $\text{BaPtCl}_6$ ，抽真空后，通过一支管通入碘蒸气(然后将支管封闭)，在  $376.8^\circ\text{C}$ ，

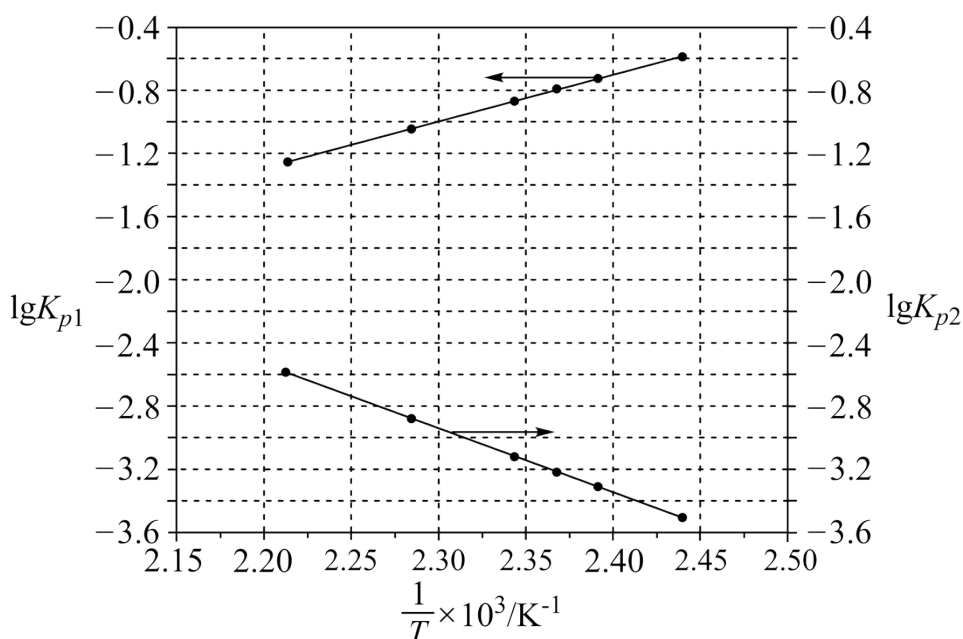
碘蒸气初始压强为 20.0kPa。376.8℃平衡时，测得烧瓶中压强为 32.5kPa，则  $p_{\text{I}_2} = \underline{\hspace{2cm}}$  kPa，反应

$2\text{ICl}(\text{g}) = \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  的平衡常数  $K = \underline{\hspace{2cm}}$  (列出计算式即可)。

(3)McMorris 测定和计算了在 136~180℃范围内下列反应的平衡常数  $K_p$ 。



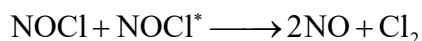
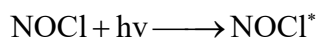
得到  $\lg K_{p1} \sim \frac{1}{T}$  和  $\lg K_{p2} \sim \frac{1}{T}$  均为线性关系，如下图所示：



①由图可知，NOCl 分解为 NO 和  $\text{Cl}_2$  反应的  $\Delta H \underline{\hspace{1cm}}$  0(填“大于”或“小于”)

②反应  $2\text{ICl}(\text{g}) = \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  的  $K = \underline{\hspace{2cm}}$  (用  $K_{p1}$ 、 $K_{p2}$  表示)：该反应的  $\Delta H \underline{\hspace{1cm}}$  0(填“大于”或“小于”)，写出推理过程  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4)Kistiakowsky 曾研究了 NOCl 光化学分解反应，在一定频率( $\nu$ )光的照射下机理为：



其中  $h\nu$  表示一个光子能量， $\text{NOCl}^*$  表示 NOCl 的激发态。可知，分解 1mol 的 NOCl 需要吸收  $\underline{\hspace{2cm}}$  mol 光子。

11. 过渡金属元素铬(Cr)是不锈钢的重要成分，在工农业生产和国防建设中有着广泛应用。回答下列问题：

(1)对于基态 Cr 原子，下列叙述正确的是  $\underline{\hspace{2cm}}$  (填标号)。

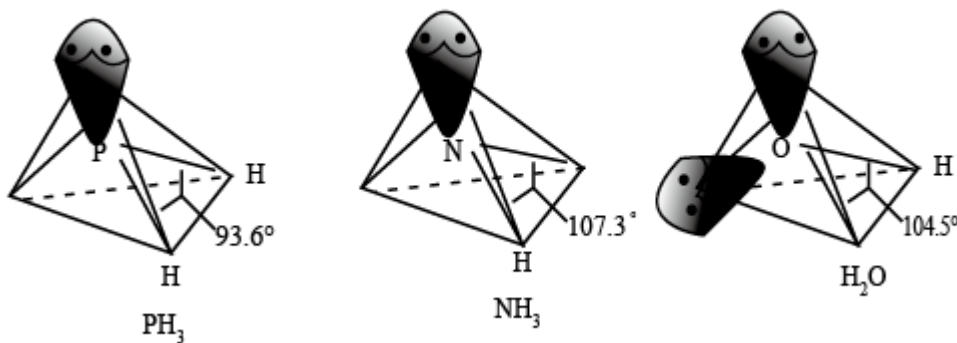
A.轨道处于半充满时体系总能量低，核外电子排布应为 $[\text{Ar}]3d^5 4s^1$

B.4s 电子能量较高，总是在比 3s 电子离核更远的地方运动

C.电负性比钾高，原子对键合电子的吸引力比钾大

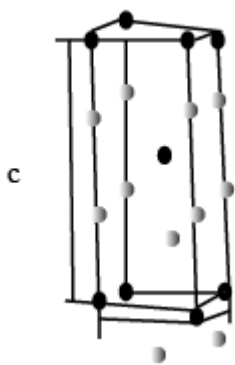
(2)三价铬离子能形成多种配位化合物。 $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}]^{2+}$  中提供电子对形成配位键的原子是\_\_\_\_\_，中心离子的配位数为\_\_\_\_\_。

(3) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}]^{2+}$  中配体分子  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  以及分子  $\text{PH}_3$  的空间结构和相应的键角如图所示。

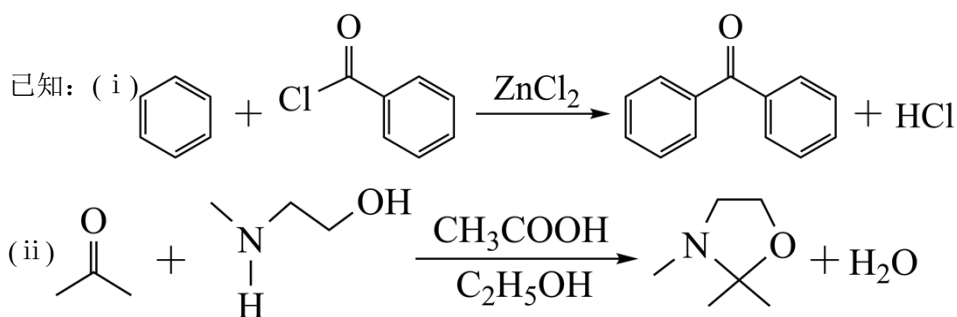
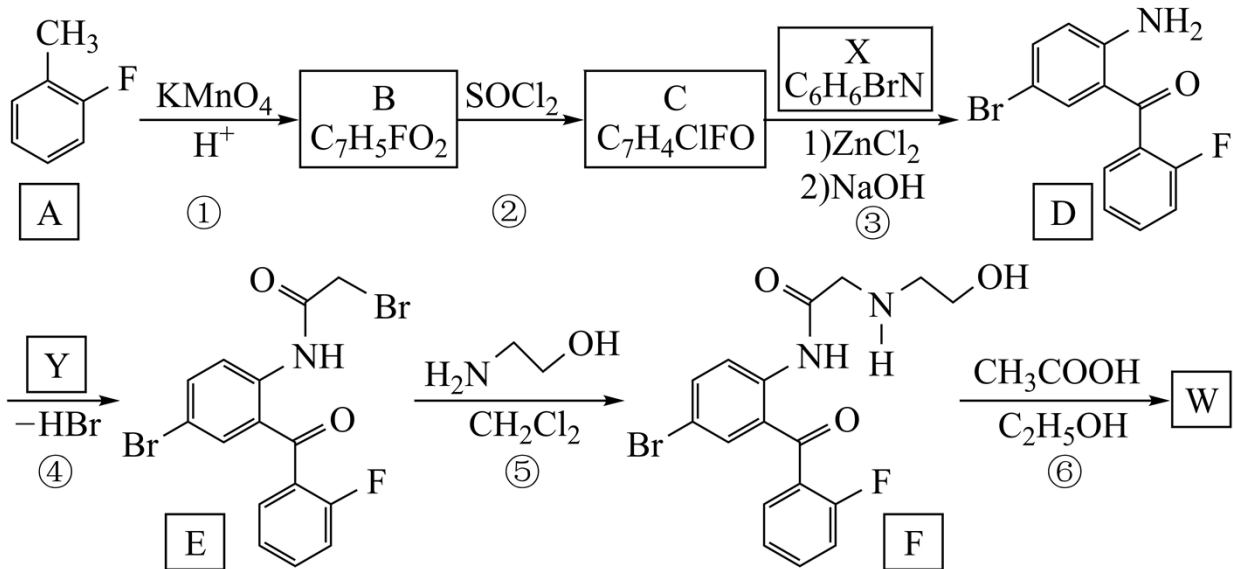


$\text{PH}_3$  中 P 的杂化类型是\_\_\_\_\_。 $\text{NH}_3$  的沸点比  $\text{PH}_3$  的\_\_\_\_\_，原因是\_\_\_\_\_， $\text{H}_2\text{O}$  的键角小于  $\text{NH}_3$  的，分析原因\_\_\_\_\_。

(4)在金属材料中添加  $\text{AlCr}_2$  颗粒，可以增强材料的耐腐蚀性、硬度和机械性能。 $\text{AlCr}_2$  具有体心四方结构，如图所示，处于顶角位置的是\_\_\_\_\_原子。设 Cr 和 Al 原子半径分别为  $r_{\text{Cr}}$  和  $r_{\text{Al}}$ ，则金属原子空间占有率为\_\_\_\_\_%(列出计算表达式)。



12. 卤沙唑仑 W 是一种抗失眠药物，在医药工业中的一种合成方法如下：



回答下列问题:

- (1) A 的化学名称是\_\_\_\_\_。
- (2) 写出反应③的化学方程式\_\_\_\_\_。
- (3) D 具有的官能团名称是\_\_\_\_\_。(不考虑苯环)
- (4) 反应④中, Y 的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (5) 反应⑤的反应类型是\_\_\_\_\_。
- (6) C 的同分异构体中, 含有苯环并能发生银镜反应的化合物共有\_\_\_\_\_种。
- (7) 写出 W 的结构简式\_\_\_\_\_。