

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

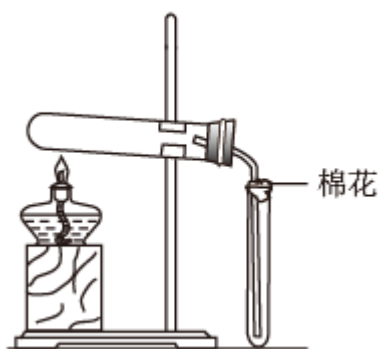
一、选择题

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_2 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_2 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	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$	NH_3

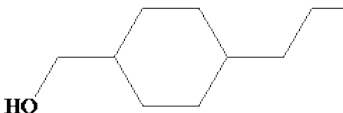
B	$\text{MnO}_2 + \text{HCl}(\text{浓})$	Cl_2
C	$\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3$	O_2
D	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓})$	HCl

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： $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS} \downarrow$

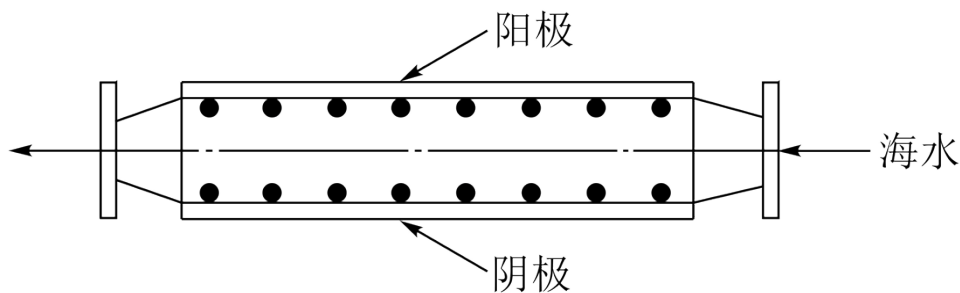
4. 一种活性物质的结构简式为 ，下列有关该物质的叙述正确的是

- 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 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

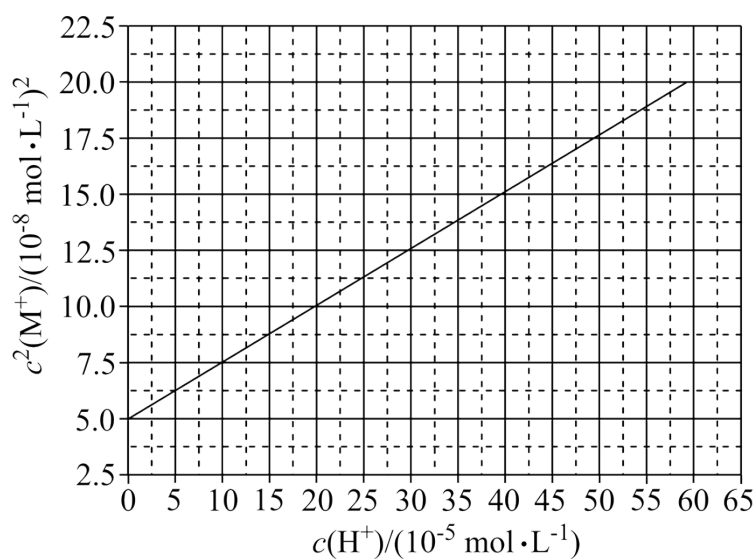
6. 沿海电厂采用海水为冷却水，但在排水管中生物的附着和滋生会阻碍冷却水排放并降低冷却效率，为解决这一问题，通常在管道口设置一对惰性电极(如图所示)，通入一定的电流。



下列叙述错误的是

- A. 阳极发生将海水中的 Cl^- 氧化生成 Cl_2 的反应
- B. 管道中可以生成氧化灭杀附着生物的 NaClO
- C. 阴极生成的 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， 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。

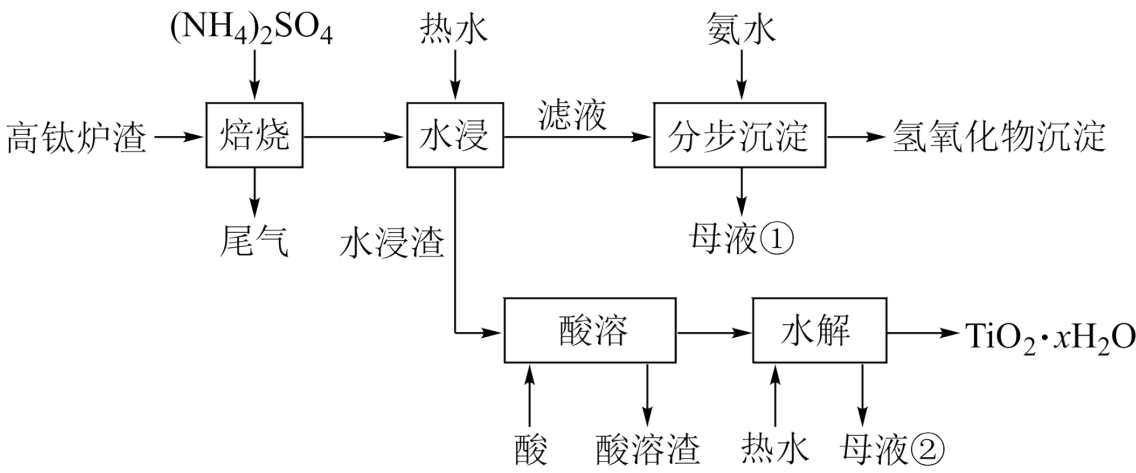


下列叙述错误的是

- 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 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 以及少量的 Fe_2O_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	Fe^{3+}	Al^{3+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}
开始沉淀的pH	2.2	3.5	9.5	12.4
沉淀完全 $\left(c=1.0\times10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\right)$ 的pH	3.2	4.7	11.1	13.8

回答下列问题：

(1)“焙烧”中， TiO_2 、 SiO_2 几乎不发生反应， Al_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Fe_2O_3 转化为相应的硫酸盐，写出 Al_2O_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_____。

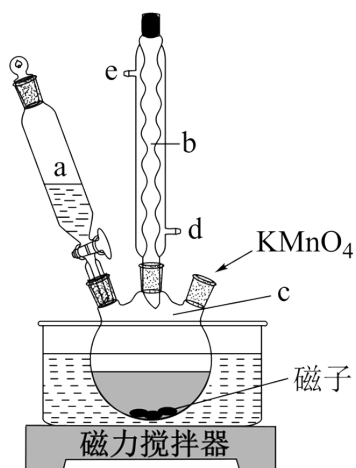
(3)“母液①”中 Mg^{2+} 浓度为_____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(4)“水浸渣”在 160°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， 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 H_2SO_4 、 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 KMnO_4 粉末，塞好瓶口。

II.转至油浴中， 35°C 搅拌 1 小时，缓慢滴加一定量的蒸馏水。升温至 98°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 H_2O_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 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， H_2O_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 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 Cl^- 是否洗净，其理由是_____。

10. 一氯化碘(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 ICl ，从而错过了一种新元素的发现，该元素是_____。

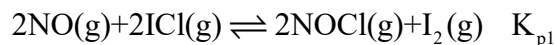
(2)氯铂酸钡(BaPtCl_6)固体加热时部分分解为 BaCl_2 、 Pt 和 Cl_2 ， 376.8°C 时平衡常数 $K_p' = 1.0 \times 10^4 \text{ Pa}^2$ ，

在一硬质玻璃烧瓶中加入过量 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°C ，

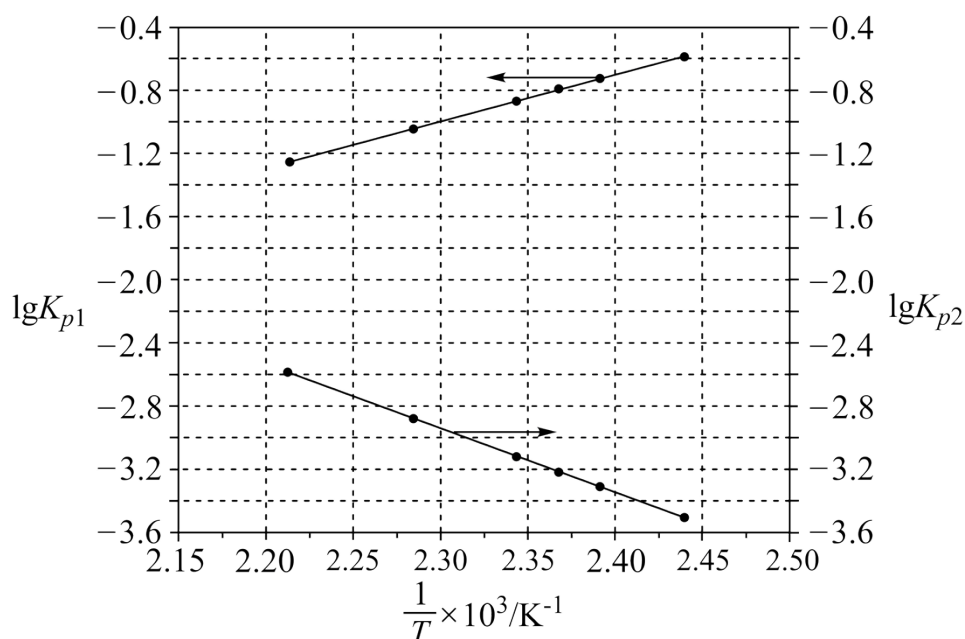
碘蒸气初始压强为 20.0kPa。376.8℃平衡时，测得烧瓶中压强为 32.5kPa，则 $p_{\text{ICl}} = \underline{\hspace{2cm}}$ kPa，反应

$2\text{ICl}(\text{g}) = \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ 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 。



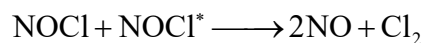
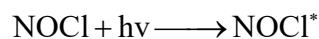
得到 $\lg K_{p1} \sim \frac{1}{T}$ 和 $\lg K_{p2} \sim \frac{1}{T}$ 均为线性关系，如下图所示：



①由图可知，NOCl 分解为 NO 和 Cl_2 反应的 $\Delta H \underline{\hspace{2cm}}$ 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 $\Delta H \underline{\hspace{2cm}}$ 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(ν)光的照射下机理为：



其中 $h\nu$ 表示一个光子能量， 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)。

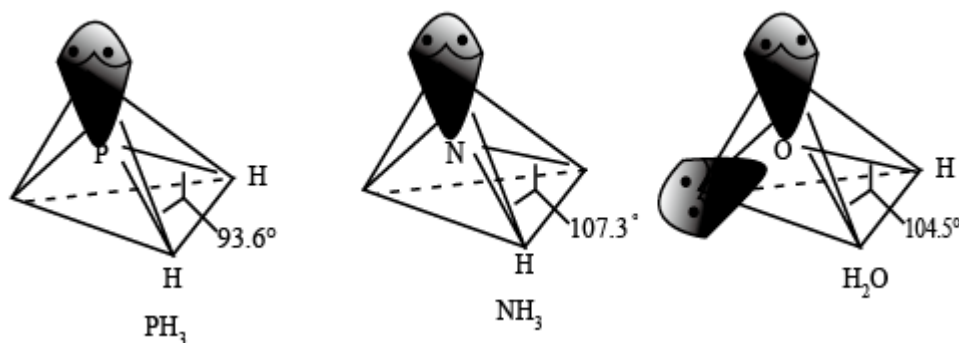
A. 轨道处于半充满时体系总能量低，核外电子排布应为 $[\text{Ar}]3d^5 4s^1$

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

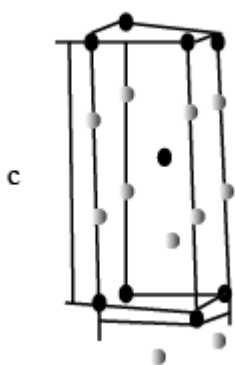
(2) 三价铬离子能形成多种配位化合物。 $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}]^{2+}$ 中提供电子对形成配位键的原子是 _____，中心离子的配位数为 _____。

(3) $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}]^{2+}$ 中配体分子 NH_3 、 H_2O 以及分子 PH_3 的空间结构和相应的键角如图所示。

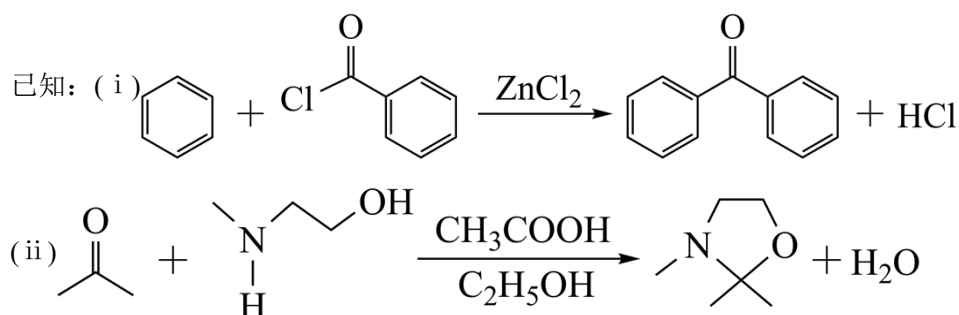
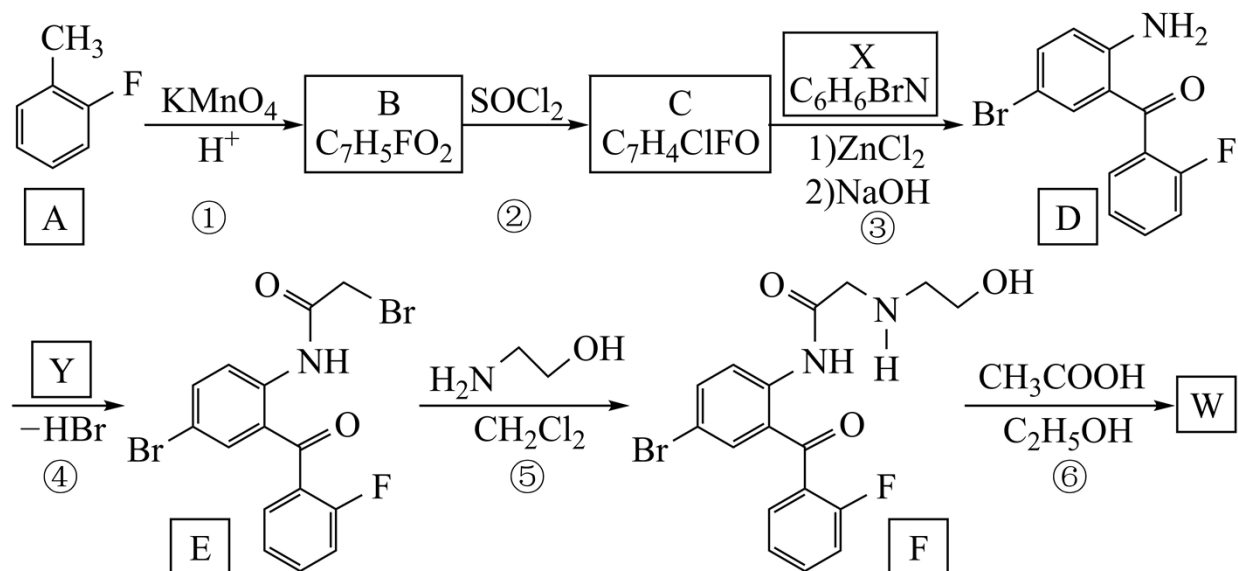


PH_3 中 P 的杂化类型是 _____。 NH_3 的沸点比 PH_3 的 _____，原因是 _____， H_2O 的键角小于 NH_3 的，分析原因 _____。

(4) 在金属材料中添加 AlCr_2 颗粒，可以增强材料的耐腐蚀性、硬度和机械性能。 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_{Cr} 和 r_{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_____。