



全  
品

高考复习方案

CANPOINT®

YN

主编：肖德好

QUANPIN GAOKAO FUXI FANG' AN

全国版

化学 作业手册

第 1 讲 物质的分类及转化 .....	379
第 2 讲 离子反应 离子方程式 .....	381
第 3 讲 离子共存 离子的检验与推断 .....	383
第 4 讲 氧化还原反应的基本概念和规律 .....	385
第 5 讲 氧化还原反应的配平与计算 .....	387
素养提升练(一) 模型认知——情境型方程式的书写 .....	389
第 6 讲 物质的量 气体摩尔体积 .....	391
第 7 讲 物质的量浓度及溶液的配制 .....	393
素养提升练(二) 宏微辨析—— $N_A$ 的综合应用 .....	395
素养提升练(三) 模型认知——化学计算的常用方法 .....	397
第 8 讲 化学实验常用仪器的合理使用 .....	399
第 9 讲 化学实验基本操作与常识 .....	401
第 10 讲 物质的分离提纯 .....	403
第 11 讲 钠的单质及其氧化物 .....	405
第 12 讲 碳酸钠和碳酸氢钠 碱金属 .....	407
第 13 讲 铁及其化合物 .....	409
第 14 讲 金属材料 金属矿物的开发和利用 .....	412
素养提升练(四) 科学探究——以金属及其化合物为主体的化学工艺流程分析 .....	414
第 15 讲 氯及其化合物 .....	417
第 16 讲 卤素 海水资源的开发和利用 .....	420
第 17 讲 硫及其化合物 .....	422
第 18 讲 含硫化合物的转化及应用 .....	424
第 19 讲 氮及其化合物 .....	426
第 20 讲 含氮化合物的转化及应用 .....	428
第 21 讲 无机非金属材料 .....	430
素养提升练(五) 学科价值——化学与 STSE .....	432
素养提升练(六) 科学探究——以非金属及其化合物为主体的“微实验”和“微流程” .....	434
第 22 讲 原子结构 原子核外电子排布 .....	436
第 23 讲 元素周期表 元素周期律 .....	438
素养提升练(七) 证据推理——元素综合推断 .....	440
第 24 讲 化学键 分子结构与性质 .....	442
第 25 讲 晶体结构与性质 配合物与超分子 .....	444

素养提升练(八) 证据推理——应用相关理论解释物质结构与性质的关系 .....	447
素养提升练(九) 模型认知——晶胞的原子分数坐标 投影图 .....	449
第 26 讲 化学反应的热效应 .....	451
素养提升练(十) 模型认知——反应热的计算 .....	454
第 27 讲 原电池 化学电源 .....	456
第 28 讲 电解池 金属的腐蚀与防护 .....	459
素养提升练(十一) 模型认知——电化学中的“多池”与“多室” .....	462
第 29 讲 化学反应速率及影响因素 .....	465
素养提升练(十二) 变化观念——化学反应速率与反应历程 .....	468
第 30 讲 化学平衡及影响因素 .....	471
素养提升练(十三) 平衡思想——化学平衡常数 $K$ 、 $K_p$ 的计算 .....	474
第 31 讲 化学反应速率与平衡图像分析 .....	477
第 32 讲 化学反应的方向与调控 .....	480
素养提升练(十四) 平衡思想——化学平衡原理的应用 .....	482
第 33 讲 电离平衡 .....	485
第 34 讲 水的电离和溶液的 pH .....	487
第 35 讲 酸碱中和滴定及拓展应用 .....	489
第 36 讲 盐类的水解 .....	492
第 37 讲 粒子浓度的大小比较 .....	494
第 38 讲 沉淀溶解平衡 .....	496
素养提升练(十五) 模型认知——与 $K_{sp}$ 相关的计算 .....	498
素养提升练(十六) 证据推理——电解质溶液的图像分析 .....	500
第 39 讲 认识有机化合物 .....	502
第 40 讲 烃 .....	504
第 41 讲 烃的衍生物(一) 卤代烃 醇 酚 醛和酮 .....	506
第 42 讲 烃的衍生物(二) 羧酸 羧酸衍生物 .....	508
第 43 讲 有机合成 .....	510
第 44 讲 生物大分子 合成高分子 .....	512
素养提升练(十七) 证据推理——有机推断与合成 .....	514
素养提升练(十八) 模型认知——限定条件下同分异构体的书写 .....	517
第 45 讲 实验方案的设计与评价 .....	519
第 46 讲 物质制备综合实验 .....	522
第 47 讲 定量综合实验分析 .....	524
第 48 讲 探究性综合实验 .....	526
<b>参考答案</b> .....	530

# 第1讲 物质的分类及转化

## 》考点一 物质的组成和分类

1. [2024·湖北荆州中学模拟] 湖北省是中华文明的重要发祥地之一,大批考古发掘成果展示了湖北悠久而辉煌的历史。下列文物的材质与另外三种不同的是 ( )

- A. 凤舞九天木雕      B. 石家河玉人像  
C. 睡虎地秦简      D. 漆木虎座鸟架鼓

2. [2024·广东六校联考] 谈及粤式美食,早茶在其中占有不可估量的地位,在茶楼“叹早茶”更是广东人的一大乐趣。下列有关说法错误的是 ( )

- A. 马拉糕在制作过程中加入的小苏打属于碳酸盐  
B. 喝茶使用的瓷杯属于传统无机非金属材料  
C. 蒜蓉生菜中不含糖类物质  
D. 肠粉中的鸡蛋在蒸制过程中发生了变性

3. [2024·山东青岛期初调研] 钙奶饼干是山东几代人的飘香记忆,其配料为小麦粉、白砂糖、花生油、棕榈油、鲜鸡蛋、全脂奶粉、食品添加剂(碳酸氢铵、碳酸钠、碳酸氢钠等)。下列说法正确的是 ( )

- A. 可用聚氯乙烯包装钙奶饼干,聚氯乙烯为混合物  
B. 白砂糖的主要成分为蔗糖,蔗糖为单糖  
C. 花生油的主要成分为饱和脂肪酸甘油酯,饱和脂肪酸甘油酯属于天然高分子化合物  
D. 碳酸氢铵、碳酸氢钠在饼干加工过程中起到膨松剂的作用

4. [2024·安徽合肥三模] 中华优秀传统文化源远流长,化学与文化传承密不可分。下列说法错误的是 ( )

- A. 徽州建筑精美绝伦,建筑材料采用青砖灰瓦,其主要成分为硅酸盐  
B. 产自安徽的宣笔、宣纸、徽墨、歙砚在历史上曾有过重要的影响,徽墨的主要成分是炭黑  
C. 2021年安徽含山凌家滩遗址入选全国“百年百大考古发现”,发掘出大量的玉器,玉器的主要成分是碳化硅  
D. 明代李时珍的《本草纲目》中记载:“豆腐之法,始于前汉淮南王刘安。”豆腐的主要成分是蛋白质

## 》考点二 物质的性质和转化

5. [2024·广东六校联考] 中华文明源远流长,现代科技也迅猛发展。下列有关我国文明和科技的说法中不涉及化学变化的是 ( )

- A. 青铜器皿除锈  
B. 节日燃放烟花  
C. 利用核反应发电  
D. 制造“蛟龙”号潜水器

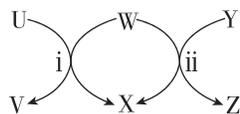
6. [2024·广东东莞三模] 化学与人类生活、科技、社会密切相关。下列新闻事件的解读正确的是 ( )

选项	新闻事件	化学解读
A	长征二号F遥十三运载火箭使用“偏二甲肼和NO <sub>2</sub> ”作推进剂	NO <sub>2</sub> 起氧化作用
B	化妆护肤品中常添加少量吸水性强的丙二醇	丙二醇是乙醇的同系物
C	速滑馆的冰面是采用超临界CO <sub>2</sub> 流体跨临界直冷制冰技术打造	跨临界直冷制冰技术是化学变化
D	科学家发现多层魔角石墨烯形成稳健超导性	石墨烯是有机高分子材料

7. [2024·湖南雅礼中学模拟] 下列变化中,前者是物理变化,后者是化学变化,且都有明显颜色变化的是 ( )

- A. 打开盛装NO的集气瓶;冷却NO<sub>2</sub>气体  
B. 用冰水混合物冷却SO<sub>3</sub>气体;加热氯化铵晶体  
C. 木炭吸附NO<sub>2</sub>气体;将氯气通入品红溶液中  
D. 向品红溶液中加入Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;向FeCl<sub>3</sub>溶液中滴加KSCN溶液

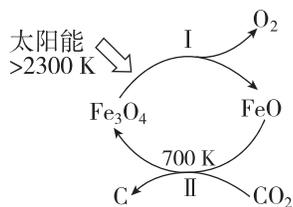
8. [2024·吉林通化模拟] U→Z六种物质在适当条件下能实现如图所示箭头方向一步转化,且反应i和ii均为置换反应,满足条件的物质组是 ( )



序号	U	W	Y	X
①	Na	H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	NaOH
②	Fe	H <sub>2</sub> O	C	H <sub>2</sub>
③	HBr	Cl <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	HCl
④	CuCl <sub>2</sub> (aq)	Al	HCl(aq)	AlCl <sub>3</sub> (aq)

- A. ②③      B. ②④  
C. ①②④      D. ①②③④

9. [2024·湘豫名校联考] 太阳能是理想的清洁能源,通过  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和  $\text{FeO}$  的热化学循环可以利用太阳能,其转化关系如图所示。下列说法错误的是 ( )



- A. 过程 I 中氧化产物是  $\text{O}_2$   
 B. 过程 II 的化学方程式为  $\text{CO}_2 + 6\text{FeO} \xrightarrow{700\text{ K}} 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{C}$   
 C. 过程 II 产物中只有离子键形成  
 D. 总反应为  $\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$ , 是吸热反应

### 考点三 分散系及其分类

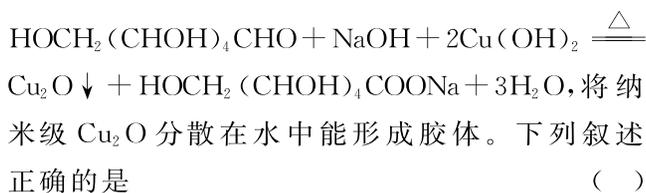
10. [2024·福建厦门二中模拟] 下列说法正确的是 ( )

- A. 氢氧化铁胶体可用作净水剂  
 B. 明矾溶于水生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  胶体:  $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}^+$   
 C.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体无色、透明,能产生丁达尔效应  
 D. 沸水中滴加饱和  $\text{FeCl}_3$  溶液,形成带电的胶体,导电能力增强

11. [2025·辽宁名校联盟联考] 下列叙述与胶体性质无关的是 ( )

- A. 放电时,放映机到银幕间形成光柱  
 B. 使用明矾对水进行净化  
 C. 鸡蛋清溶液中滴加  $\text{CuSO}_4$  溶液产生沉淀  
 D. 向豆浆中加入盐卤制作豆腐

12. [2024·河北保定部分学校联考] 纳米级  $\text{Cu}_2\text{O}$  具有优良的催化性能。一种制备原理是

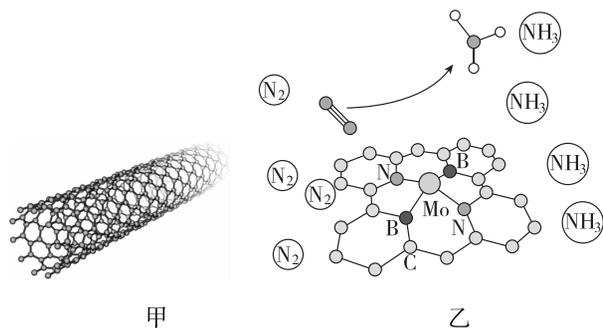


- A. 丁达尔效应是分散质粒子对光线散射造成的  
 B. 每转移 2 mol 电子,可制得  $\text{Cu}_2\text{O}$  胶粒数约为  $6.02 \times 10^{23}$   
 C. 该胶体中分散剂粒子直径为 1~100 nm  
 D. 持续加热上述胶体能观察到砖红色溶液

### 考点四 物质的组成、分类、性质及变化综合考查

13. 科学家合成了一种 B/N 共掺杂多孔碳纳米管负载 Mo 单原子位点(Mo/BCN),该材料在室温下能将

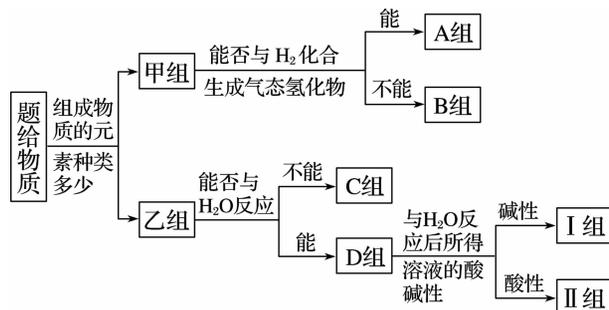
$\text{N}_2$  高效电还原为  $\text{NH}_3$ 。相关机理如图乙所示(图甲为碳纳米管):



下列叙述不正确的是 ( )

- A. 碳纳米管是一种新型非金属材料  
 B. 碳纳米管掺杂 B、N 的过程属于物理变化  
 C. 该材料能降低  $\text{N}_2$  成为活化分子所需要的能量  
 D. 该过程属于氮的固定中的人工固氮

14. 现有  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{SOCl}_2$  等物质,根据它们的组成及性质进行如下分类:



请回答下列问题:

- (1) 图示的分类方法叫\_\_\_\_\_。  
 (2) 淡黄色固体最终位于\_\_\_\_\_组,它的电子式为\_\_\_\_\_。  
 (3) C 组有一种气体常用作工业上冶炼铁的还原剂,写出高温下它还原  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的化学方程式:\_\_\_\_\_。  
 (4) II 组中的某种物质能与水发生氧化还原反应,该反应中被氧化与被还原的元素的质量比为\_\_\_\_\_。  
 (5) B 组中有一种物质只能在高温下才与水蒸气反应,若该反应过程中有  $8 \times 6.02 \times 10^{23}$  个电子发生转移,则有\_\_\_\_\_g 该物质参加反应。  
 (6) II 组中有一种物质滴入水中后与水剧烈反应,常用于某些盐的脱水以制取无水盐。写出该物质与  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  反应的化学方程式:\_\_\_\_\_。

## 第2讲 离子反应 离子方程式

### 》考点一 电解质及其电离

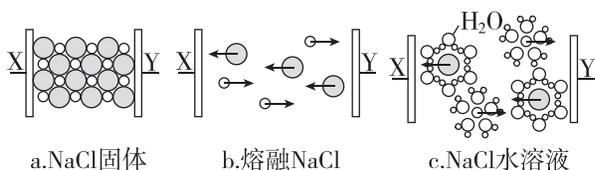
1. [2025·湖南名校联合体联考] 在“厨房化学”中, 下列相关化合物属于弱电解质的是 ( )

- A. 纯碱:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$       B. 大理石:  $\text{CaCO}_3$   
C. 白醋:  $\text{CH}_3\text{COOH}$       D. 酒精:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

2. [2024·湖南常德一中模拟] 下列说法正确的是 ( )

- A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  是强电解质, 故  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的电离方程式为  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}_2^{+} + \text{CO}_3^{2-}$   
B. 常温下,  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{BOH}$  溶液的  $\text{pH}=11$ , 则  $\text{BOH}$  的电离方程式为  $\text{BOH} \rightleftharpoons \text{B}^{+} + \text{OH}^{-}$   
C.  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$   $\text{NaA}$  溶液的  $\text{pH}>7$ , 则  $\text{HA}$  的电离方程式为  $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^{+} + \text{A}^{-}$   
D.  $\text{CaCO}_3$  的饱和水溶液导电性很弱, 故  $\text{CaCO}_3$  的电离方程式为  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$

3. 图 a~c 是氯化钠在不同状态下的导电实验微观示意图(X、Y 为石墨电极)。



下列说法正确的是 ( )

- A. 图示中  $\bigcirc$  代表的离子的电子式为  $[\text{:}\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}\text{:}]^{-}$   
B. 氯化钠在通电条件下发生了  $\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^{+} + \text{Cl}^{-}$   
C. c 中  $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{Cl}^{-}$  被水分子包围, 是因为  $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{Cl}^{-}$  均和  $\text{H}_2\text{O}$  分子存在氢键作用  
D. 图 b 和图 c 中发生的变化完全相同, 都是工业上生产钠的方法

### 》考点二 离子反应和离子方程式

4. 下列方程式与事实不相符的是 ( )

- A. 工业锅炉定期除水垢, 利用沉淀转化原理, 使用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液处理  $\text{CaSO}_4$ :  $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$   
B. 早期以硝石为氮源, 利用强酸制弱酸原理制备硝酸:  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) + \text{NaNO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NaHSO}_4 + \text{HNO}_3 \uparrow$   
C. 漂白粉或漂粉精应密封保存, 现买现用的原因:  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + 2\text{HClO}$ ,  $2\text{HClO} \xrightarrow{\text{光照}} 2\text{HCl} + \text{O}_2 \uparrow$   
D. 实验室鉴定  $\text{Fe}^{3+}$  的方法之一:  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3$

5. [2024·河北保定模拟] 下列离子方程式书写正确的是 ( )

- A. 过氧化钠溶于硫酸铜溶液中:  $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{Na}^{+} + \text{O}_2 \uparrow$   
B. 向次氯酸钠溶液中通入  $\text{SO}_2$ :  $\text{ClO}^{-} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} + \text{Cl}^{-} + 2\text{H}^{+}$   
C. 用  $\text{FeCl}_3$  溶液吸收少量  $\text{H}_2\text{S}$  气体:  $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^{+} + \text{S} \downarrow$   
D. 向碳酸钠溶液中滴加少量稀盐酸:  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^{+} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^{-}$

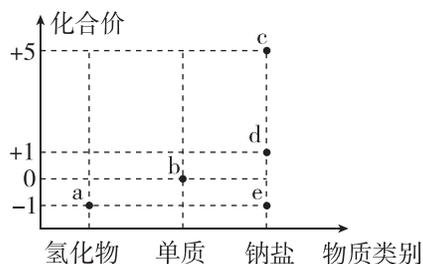
6. [2025·河南八市重点中学调研] 下列过程对应的离子方程式错误的是 ( )

- A. 用  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液溶解  $\text{FeS}_2$  得到  $\text{FeSO}_4$  溶液:  $\text{FeS}_2 + 14\text{Fe}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 15\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^{+}$   
B. 向  $\text{NaHCO}_3$  溶液中滴加少量  $\text{FeSO}_4$  溶液:  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^{-} \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
C. 用铜作电极电解饱和食盐水:  $2\text{Cl}^{-} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^{-}$   
D. 向  $\text{FeBr}_2$  溶液中通入少量  $\text{Cl}_2$ :  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^{-}$

7. [2025·东北三省三校联考] 下列离子方程式书写正确的是 ( )

- A. 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液与  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液反应:  $2\text{MnO}_4^{-} + 5\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 16\text{H}^{+} \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$   
B. 向硫酸铜溶液中通入过量氨气:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^{+}$   
C.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  和  $\text{HI}$  溶液的反应:  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^{+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$   
D.  $\text{FeBr}_2$  溶液与足量  $\text{Cl}_2$  反应:  $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{Br}^{-} + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^{-} + 2\text{Br}_2$

8. [2025·福建福州一中质检] 已知:  $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.5 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.7 \times 10^{-11}$ ,  $K_a(\text{HClO}) = 4.0 \times 10^{-8}$ 。下图为部分含氯物质的分类与化合价的关系图。下列有关离子方程式书写正确的是 ( )



- A. 用气体 b 与冷的石灰乳制取漂白粉:  $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- B. a 和 c 的溶液反应生成气体 b:  $\text{ClO}_3^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. 向 d 溶液中通入少量  $\text{CO}_2$ :  $2\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HClO} + \text{CO}_3^{2-}$
- D. 用惰性电极电解饱和 e 溶液制备烧碱:  $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$

### 考点三 与“量”有关离子方程式的书写

9. [2024·湖北武汉三模] 下列化学方程式或离子方程式错误的是 ( )

- A. 过量的  $\text{Cl}_2$  与  $\text{NH}_3$  反应:  $3\text{Cl}_2 + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{HCl}$
- B. 硫化钠溶液在空气中氧化变质:  $2\text{S}^{2-} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- C. 饱和碳酸钠溶液中通入足量  $\text{CO}_2$ :  $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHCO}_3 \downarrow$
- D. 酸化的  $\text{FeSO}_4$  溶液暴露在空气中:  $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$

10. [2024·江苏泰州调研] 下列离子方程式书写正确且各组物质反应后溶液的导电性变化不大的是 ( )

- A. 向硝酸银溶液中通入少量氯化氢:  $\text{Ag}^+ + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow + \text{H}^+$
- B. 向亚硫酸溶液中通入氯气:  $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$
- C. 向  $\text{FeI}_2$  溶液中通入少量氯气:  $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$
- D. 向  $\text{NaOH}$  溶液中通入少量氯气:  $2\text{OH}^- + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$

11. [2025·湖南常德阶段考] 宏观辨识与微观探析是化学学科核心素养之一, 下列离子方程式书写错误的是 ( )

- A. 酸性高锰酸钾溶液中滴加双氧水:  $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{O}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$
- B. 用醋酸和淀粉碘化钾溶液检验加碘盐中的  $\text{IO}_3^-$ :  $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- C. 向  $\text{NaHSO}_4$  溶液中加入等物质的量的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液:  $\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{BaSO}_4 \downarrow$
- D. 碳酸氢钠溶液中滴入少量澄清石灰水:  $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$

12. 下列反应对应的离子方程式不正确的是 ( )

- A. 将  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  溶液与  $\text{NaHCO}_3$  溶液混合:  $\text{HCO}_3^- + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

- B. 向次氯酸钙溶液通入过量二氧化碳:  $\text{ClO}^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{HCO}_3^-$
- C. 铜与稀硝酸:  $3\text{Cu} + 8\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
- D. 向硫化钠溶液通入过量二氧化硫:  $\text{S}^{2-} + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + 2\text{HSO}_3^-$

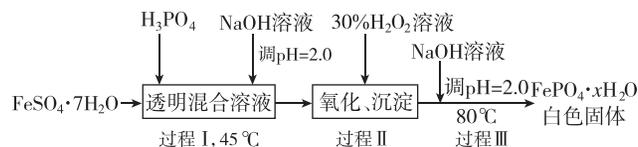
13. [2024·湖南雅礼中学模拟] 下列离子方程式正确的是 ( )

- A. 碳酸氢镁溶液中加入过量的澄清石灰水:  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + 2\text{Ca}^{2+} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- B.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液与稀硝酸混合:  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- C. 向硫酸氢铵溶液中滴加过量  $\text{NaOH}$  溶液:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$
- D. 向  $\text{NaHSO}_3$  溶液中滴加过量  $\text{NaIO}_3$  溶液:  $6\text{HSO}_3^- + \text{IO}_3^- \rightleftharpoons 3\text{SO}_4^{2-} + \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{SO}_2 \uparrow$

### 考点四 离子反应综合考查

14. 按要求完成下列题目。

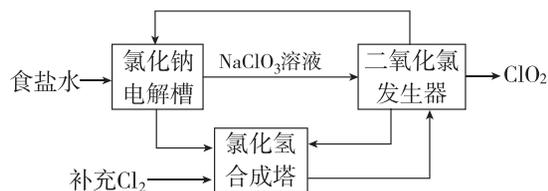
(1) 制备水合磷酸铁( $\text{FePO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ )的流程如下:



①过程 I, 加  $\text{NaOH}$  溶液调  $\text{pH}=2.0$  时透明混合溶液中含磷微粒主要是  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , 过程 I 发生反应的主要离子方程式是\_\_\_\_\_。

②过程 II“氧化、沉淀”反应生成  $\text{FePO}_4$  沉淀的离子方程式是\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{ClO}_2$  是一种高效安全的杀菌消毒剂。氯化钠电解法生产  $\text{ClO}_2$  的工艺原理示意图如图所示。



①写出氯化钠电解槽内发生反应的离子方程式:\_\_\_\_\_。

② $\text{ClO}_2$  能将电镀废水中的  $\text{CN}^-$  氧化成两种无毒气体, 自身被还原成  $\text{Cl}^-$ 。写出该反应的离子方程式:\_\_\_\_\_。

(3) 硫酸镍在强碱溶液中用  $\text{NaClO}$  氧化, 可沉淀出能用作镍镉电池正极材料的  $\text{NiOOH}$ , 写出该反应的离子方程式:\_\_\_\_\_。

## 第3讲 离子共存 离子的检验与推断

### 》考点一 离子共存

- 在溶液中能大量共存的离子组是 ( )
  - $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$
  - $\text{K}^+$ 、 $\text{ClO}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{I}^-$
  - $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{S}^{2-}$
  - $\text{OH}^-$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$
- [2025·东北三省三校联考] 下列各组中的离子,能在指定溶液中大量共存的是 ( )
  - $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$  溶液中: $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{ClO}^-$ 、 $\text{Fe}^{2+}$
  - 澄清透明的溶液中: $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Br}^-$
  - $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$  的溶液中: $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$
  - $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Ba}(\text{OH})_2$  溶液中: $\text{Cl}^-$ 、 $\text{I}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$
- [2025·湖南长沙一中阶段考] 室温下,下列各组离子一定能在指定溶液中共存的是 ( )
  - $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Ba}(\text{OH})_2$  溶液中: $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ClO}^-$
  - $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaHSO}_4$  溶液中: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$
  - $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$  溶液中: $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$
  - $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  氨水中: $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$
- [2024·山东济南统考] 常温下,下列溶液中一定能大量共存的离子组是 ( )
  - $\frac{K_w}{c(\text{H}^+)} = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液中: $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{ClO}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$
  - 由水电离出的  $c_{\text{水}}(\text{H}^+) = 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液中: $\text{Na}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$
  - 能使甲基橙溶液变红的溶液中: $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$
  - 无色透明溶液中: $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 、 $\text{Cl}^-$
- [2024·福建师大附中模拟] 下列微粒在所给条件下,能大量共存的是 ( )
  - 滴加 KSCN 溶液后显红色的溶液中: $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{I}^-$
  - 遇酚酞显红色的溶液中: $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$
  - 澄清透明的酸性溶液中: $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$
  - 常温下,  $\text{pH} < 1$  的溶液中: $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$

### 》考点二 离子检验与推断

- [2024·福建名校联盟联考] 实验室检验溶液中是否存在下列离子的方法正确的是 ( )

选项	离子	方法
A	$\text{I}^-$	滴加淀粉溶液
B	$\text{SO}_4^{2-}$	依次加入氯化钡溶液、稀盐酸
C	$\text{Fe}^{2+}$	滴加 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液
D	$\text{Al}^{3+}$	逐滴加入氨水至过量

- [2024·辽宁沈阳东北育才学校阶段考] 向物质的量浓度均为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{HNO}_3$  的混合溶液中加入一定质量的 Zn 粉,充分反应后过滤,得到固体 A 和溶液 B。下列说法正确的是 ( )
  - 向溶液 B 中滴入几滴 KSCN 溶液,溶液可能变为红色
  - 将固体 A 投入稀盐酸中,没有气泡生成,则溶液 B 中可能含有大量  $\text{H}^+$  和  $\text{Cu}^{2+}$
  - 若溶液 B 呈蓝绿色,则固体 A 中一定不含铁元素
  - 若溶液 B 无色透明,则固体 A 中一定含有 Zn 粉
- [2025·湖南名校联考] 某溶液 M 含一种阳离子和  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{ClO}^-$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  中的一种或几种阴离子。为了确定其组成,实验操作及现象如下:

实验	操作	现象
①	向溶液 M 中滴加酚酞溶液	溶液变红色
②	向溶液 M 中滴加盐酸	产生气体和浅黄色沉淀

根据实验结果,下列关于溶液 M 的推断合理的是 ( )

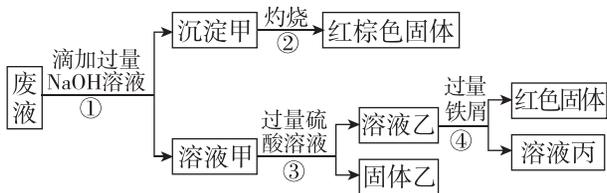
- 不可能含  $\text{Fe}^{3+}$
  - 一定含  $\text{ClO}^-$
  - 一定含  $\text{NO}_3^-$  和  $\text{S}^{2-}$
  - 一定不含  $\text{HCO}_3^-$
- [2024·湖北武汉武钢三中阶段考] 某绿色溶液 A 含有  $\text{H}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  和  $\text{HCO}_3^-$  中的若干种。取该溶液进行如下实验(已知  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  微溶于水,可溶于酸):
    - 向溶液 A 中滴加  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液,过滤,得到不溶于酸的白色沉淀和绿色滤液 B;
    - 取滤液 B,先用  $\text{HNO}_3$  酸化,再滴加  $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ AgNO}_3$  溶液,有白色沉淀生成。

下列说法不正确的是 ( )

- A. 溶液 A 中一定存在  $H^+$ 、 $SO_4^{2-}$  和  $Cl^-$   
 B. 溶液 A 中不存在  $Mg^{2+}$ 、 $CO_3^{2-}$  和  $HCO_3^-$ , 不能确定  $Na^+$  的存在  
 C. 第②步生成的白色沉淀只是  $AgCl$   
 D. 溶液 A 中存在  $Fe^{2+}$  与  $Cu^{2+}$  中的一种或两种, 且可用  $NaOH$  溶液判断

### 考点三 离子检验与推断综合考查

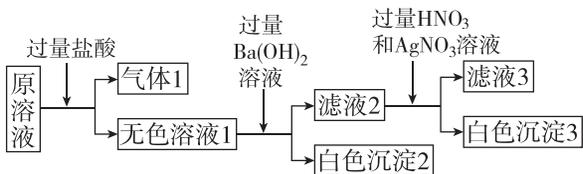
10. 某化学实验室产生的废液中的阳离子只可能含有  $Na^+$ 、 $NH_4^+$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Al^{3+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$  中的某几种, 实验室设计了下述方案对废液进行处理, 以回收金属, 保护环境。



已知: 步骤①中, 滴加  $NaOH$  溶液过程中产生的沉淀会部分溶解。下列说法正确的是 ( )

- A. 根据步骤①的现象, 说明废液中一定含有  $Al^{3+}$   
 B. 由步骤②中红棕色固体可知, 废液中一定存在  $Fe^{3+}$   
 C. 沉淀甲中可能含有  $Al(OH)_3$   
 D. 该废液中一定含有  $NH_4^+$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$  和  $Fe^{3+}$  至少存在一种

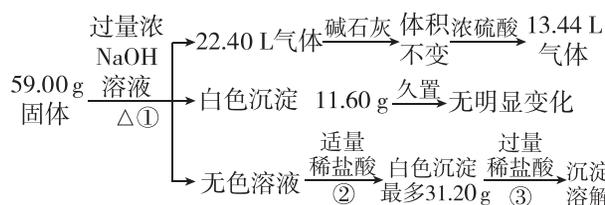
11. [2024·山东菏泽统考] 某溶液仅由  $Na^+$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $CO_3^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$  中的若干种离子组成, 取适量该溶液进行如下实验:



根据以上实验判断, 下列推断错误的是 ( )

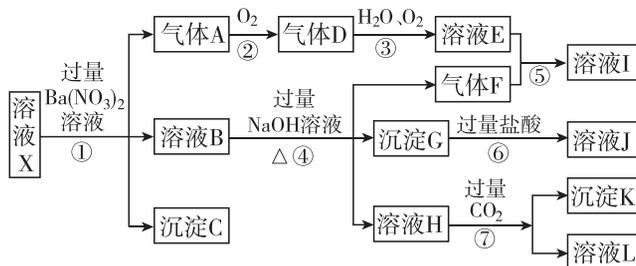
- A. 原溶液中一定存在  $Na^+$  和  $Cl^-$   
 B. 白色沉淀 2 中加稀硝酸, 沉淀不溶解  
 C. 气体 1 通入足量澄清石灰水中, 溶液变浑浊  
 D. 滤液 2 中加入碳酸钠溶液一定会产生白色沉淀
12. [2024·湖南衡阳联考] 某固体混合物可能含有  $Al$ 、 $(NH_4)_2SO_4$ 、 $MgCl_2$ 、 $AlCl_3$ 、 $FeCl_2$ 、 $NaCl$  中的一种

或几种, 现对该混合物进行实验, 所得现象和有关数据如图所示(气体体积均已换算成标准状况下的体积)。下列说法错误的是 ( )



- A. “步骤①”中发生了反应:  $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2 \uparrow$   
 B. “步骤②”和“步骤③”中反应消耗的  $H^+$  的物质的量之比大于 1 : 3  
 C. 混合物中一定含有  $Al$ 、 $(NH_4)_2SO_4$ 、 $MgCl_2$ 、 $NaCl$ , 不含有  $AlCl_3$   
 D. 混合物中一定不含有  $FeCl_2$ , 可能含  $NaCl$  和  $AlCl_3$

13. 某强酸性溶液 X 可能含有  $Al^{3+}$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $NH_4^+$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $CO_3^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SiO_3^{2-}$ 、 $NO_3^-$  中的一种或几种, 取该溶液进行实验, 其现象及转化如图所示。反应过程中有一种气体为红棕色。



请回答下列问题:

- (1) 由强酸性条件即可判断溶液 X 中一定不存在的离子有 \_\_\_\_\_。  
 (2) 溶液 X 中, 关于  $NO_3^-$  的判断一定正确的是 \_\_\_\_\_ (填字母)。  
 a. 一定有      b. 一定没有      c. 可能有  
 (3) 产生气体 A 的离子方程式为 \_\_\_\_\_。  
 (4) 转化⑥发生反应时产生的现象为 \_\_\_\_\_。  
 (5) 转化④中生成溶液 H 的离子方程式为 \_\_\_\_\_。

## 第4讲 氧化还原反应的基本概念和规律

### ► 考点一 氧化还原反应的基本概念

1. [2025·北京房山区检测] 下列物质的应用不涉及氧化还原反应的是 ( )

- A. 次氯酸钠作纸张的漂白剂
- B. 铁粉作食品保鲜的吸氧剂
- C. 过氧化钠作呼吸面具的供氧剂
- D. 碳酸氢钠作面食的膨松剂

2. 下列物质混合后,因发生氧化还原反应使溶液pH减小的是 ( )

- A. 向  $\text{NaHSO}_4$  溶液中加入少量  $\text{BaCl}_2$  溶液,生成白色沉淀
- B. 向  $\text{NaOH}$  和  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  的悬浊液中通入空气,生成红褐色沉淀
- C. 向  $\text{NaHCO}_3$  溶液中加入少量  $\text{CuSO}_4$  溶液,生成蓝绿色沉淀 [ $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ]
- D. 向  $\text{H}_2\text{S}$  溶液中通入氯气,生成黄色沉淀

3. 氯气管道发生泄漏可用浓氨水检验: $3\text{Cl}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons 6\text{NH}_4\text{Cl} + \text{N}_2$ ,下列说法不正确的是(设  $N_A$  为阿伏伽德罗常数的值) ( )

- A. 生成 1 mol  $\text{N}_2$  时转移电子的个数为  $6N_A$
- B. 若产生白烟,说明此处有氯气泄漏
- C.  $\text{Cl}_2$  仅表现氧化性, $\text{NH}_3$  仅表现还原性
- D.  $\text{N}_2$  也有一定的氧化性,但氧化性比  $\text{Cl}_2$  弱

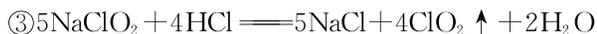
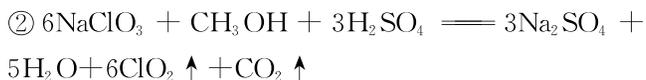
4. [2024·浙江卷] 汽车尾气中的  $\text{NO}$  和  $\text{CO}$  在催化剂作用下发生反应: $2\text{NO} + 2\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ,下列说法不正确的是( $N_A$  为阿伏伽德罗常数的值) ( )

- A. 生成 1 mol  $\text{CO}_2$  转移电子的数目为  $2N_A$
- B. 催化剂降低  $\text{NO}$  与  $\text{CO}$  反应的活化能
- C.  $\text{NO}$  是氧化剂, $\text{CO}$  是还原剂
- D.  $\text{N}_2$  既是氧化产物又是还原产物

5. [2024·浙江宁波十校联考]  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  是一种优良的饮用水处理剂,可用  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{KOH}$  混合共熔反应制得: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{KNO}_3 + 4\text{KOH} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 3\text{KNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。下列关于该反应的说法不正确的是 ( )

- A.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  是还原剂, $\text{KNO}_2$  为还原产物
- B. 在熔融条件下氧化性: $\text{KNO}_3 > \text{K}_2\text{FeO}_4$
- C. 每生成 1 mol  $\text{K}_2\text{FeO}_4$ ,转移 6 mol  $e^-$
- D.  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  在处理饮用水过程中起氧化、杀菌、脱色、除味、净水等作用

6.  $\text{ClO}_2$  是一种高效、环保的消毒剂,以下是常见的三种制备方法:



下列说法正确的是 ( )

- A. 反应①中  $\text{H}_2\text{O}_2$  发生还原反应
- B. 上述反应中  $\text{NaClO}_3$  是氧化剂
- C. 反应③中  $\text{HCl}$  既体现酸性,又体现还原性
- D.  $\text{ClO}_2$  的消毒效率是  $\text{Cl}_2$  的 2.5 倍(消毒效率:单位质量的消毒剂得到的电子数)

### ► 考点二 氧化还原反应的规律及应用

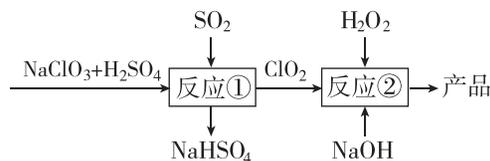
7. [2025·东北三省三校联考] 已知过二硫酸分子中含有一个过氧键 ( $-\text{O}-\text{O}-$ ),过二硫酸钾 ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) 与  $\text{MnSO}_4$  反应的化学方程式为  $5\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4$ 。下列说法错误的是 ( )

- A. 反应中硫元素被还原
- B. 氧化性: $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 > \text{KMnO}_4$
- C. 参加反应的氧化剂与还原剂的物质的量之比为 5 : 2
- D. 过二硫酸为二元酸

8. [2024·辽宁名校联盟联考] 四氟肼 ( $\text{N}_2\text{F}_4$ ) 的沸点为  $-73^\circ\text{C}$ ,可作高能燃料的氧化剂,可用  $\text{Fe}^{3+}$  与二氟胺 ( $\text{HNF}_2$ ) 反应制得,发生的反应为  $\text{HNF}_2 + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{N}_2\text{F}_4 + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+$  (未配平)。下列说法正确的是 ( )

- A. 氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{N}_2\text{F}_4$
- B. 上述反应中,氧化剂与还原剂的物质的量之比为 2 : 1
- C. 标准状况下,若生成 2.24 L  $\text{N}_2\text{F}_4$ ,转移电子的物质的量为 0.1 mol
- D.  $\text{N}_2\text{F}_4$  作氧化剂时,其还原产物可能是  $\text{NO}$  和  $\text{HF}$

9. [2024·湖南邵阳三模] 亚氯酸钠 ( $\text{NaClO}_2$ ) 是一种重要的含氯消毒剂。马蒂逊法制备亚氯酸钠的流程如图所示,下列说法错误的是 ( )

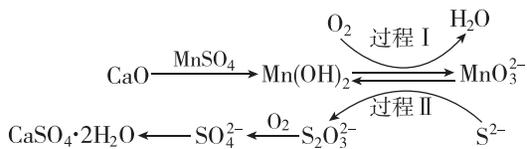


- A. 反应①中参加反应的  $\text{NaClO}_3$  和  $\text{SO}_2$  的物质的量之比为 2 : 1
- B. 由反应②可知,  $\text{ClO}_2$  的氧化性大于  $\text{H}_2\text{O}_2$
- C. 反应②中的  $\text{H}_2\text{O}_2$  可用  $\text{NaClO}_4$  代替
- D. 若反应①通过原电池来实现, 则  $\text{ClO}_2$  是正极产物

10. [2024 · 重庆名校联考] 铅丹( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )可作防锈用涂料, 其中铅的化合价为 +2 价和 +4 价, 它与浓盐酸反应的化学方程式为  $\text{Pb}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl}(\text{浓}) = 3\text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。下列说法正确的是 ( )

- A.  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  与浓盐酸反应时,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  作还原剂
- B. 物质的氧化性:  $\text{Pb}_3\text{O}_4 < \text{Cl}_2$
- C.  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  中 +2 价的 Pb 与 +4 价的 Pb 的物质的量之比为 2 : 1
- D. 当上述反应中消耗 1 mol  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  时, 生成的氯气为 22.4 L

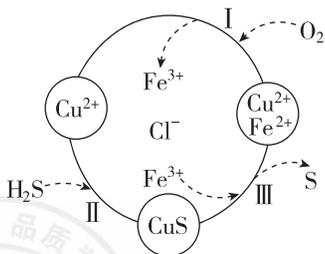
11. [2024 · 湖北四校联考] 工业生产中除去电石渣浆(含  $\text{CaO}$ )中的  $\text{S}^{2-}$  并制取硫酸盐的一种常用流程如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A. 碱性条件下, 氧化性:  $\text{O}_2 < \text{MnO}_3^{2-} < \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
- B. 过程 I 中氧化剂和还原剂的物质的量之比为 2 : 1
- C. 过程 II 中, 反应的离子方程式为  $4\text{MnO}_3^{2-} + 2\text{S}^{2-} + 9\text{H}_2\text{O} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 4\text{Mn}(\text{OH})_2 \downarrow + 10\text{OH}^-$
- D. 将 1 mol  $\text{S}^{2-}$  转化为  $\text{SO}_4^{2-}$  理论上需要  $\text{O}_2$  的体积为 22.4 L(标准状况)

### » 考点三 氧化还原反应综合考查

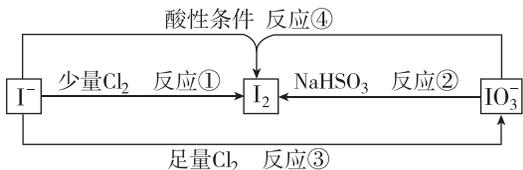
12. [2024 · 黑龙江七台河联考] 某废气(含  $\text{H}_2\text{S}$ )脱硫的方法是将废气与空气混合, 再通入由  $\text{FeCl}_2$ 、 $\text{CuCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$  组成的混合液中, 脱硫转化的流程如图所示, 下列说法错误的是 ( )



- A. 氧化性:  $\text{S} < \text{Fe}^{3+} < \text{O}_2$
- B. 转化过程中参与循环的离子有  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$
- C. 过程 II 为氧化还原反应, 两种反应物的物质的量之比为 1 : 1

D. 过程 III 中每转移 0.1 mol 电子会生成 0.1 mol  $\text{Fe}^{2+}$

13. [2024 · 山东济宁三模] 几种含碘粒子之间的转化关系如图所示, 下列说法正确的是 ( )



- A.  $\text{I}_2$ 、 $\text{IO}_3^-$  和  $\text{Cl}_2$  的氧化性强弱:  $\text{IO}_3^- > \text{Cl}_2 > \text{I}_2$
- B. 为增大  $\text{I}_2$  的产量, 反应②可以加过量  $\text{NaHSO}_3$
- C. 将淀粉 KI 溶液逐滴滴入新制氯水中, 溶液颜色先变浅后变蓝
- D. 产生等量的  $\text{I}_2$ , 反应④消耗的  $\text{H}^+$  与反应②产生的  $\text{H}^+$  的量相等

14. 氧化还原反应在工业生产、环保及科研中有广泛的应用, 请根据信息, 结合自己所掌握的化学知识, 回答下列问题:

I. 氢化亚铜( $\text{CuH}$ )是一种难溶物质, 用  $\text{CuSO}_4$  溶液和“另一物质”在  $40 \sim 50^\circ\text{C}$  时反应可生成它。CuH 具有的性质: 不稳定, 易分解, 在氯气中能燃烧; 与稀盐酸反应能生成气体,  $\text{Cu}^+$  在酸性条件下发生的反应是  $2\text{Cu}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}$ 。

(1) 写出 CuH 在氯气中燃烧的化学方程式:

\_\_\_\_\_。

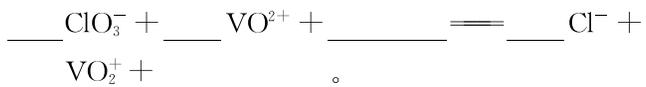
(2) CuH 溶解在稀盐酸中生成的气体是 \_\_\_\_\_ (填化学式)。

(3) 如果把 CuH 溶解在足量的稀硝酸中生成的气体只有 NO, 请写出 CuH 溶解在足量稀硝酸中反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

II. 钒性能优良, 用途广泛, 有金属“维生素”之称。

(4) 将废钒催化剂(主要成分为  $\text{V}_2\text{O}_5$ )与稀硫酸、亚硫酸钾溶液混合, 充分反应后生成  $\text{VO}^{2+}$  等, 该反应的化学方程式是 \_\_\_\_\_。

(5) 向上述所得溶液中加入  $\text{KClO}_3$  溶液, 完善并配平反应的离子方程式。

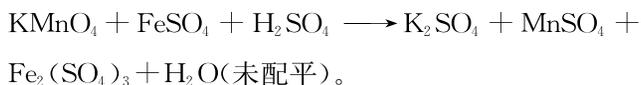


(6)  $\text{V}_2\text{O}_5$  能与盐酸反应产生  $\text{VO}^{2+}$  和一种黄绿色气体, 该气体能与  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液反应而被吸收, 则  $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{VO}^{2+}$  还原性由大到小的顺序是 \_\_\_\_\_。

## 第5讲 氧化还原反应的配平与计算

### ► 考点一 氧化还原反应配平及分析

1. 高锰酸钾溶液在酸性条件下可以与  $\text{FeSO}_4$  反应, 化学方程式如下:



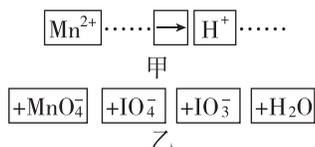
下列说法正确的是 ( )

- A.  $\text{MnO}_4^-$  是氧化剂,  $\text{Fe}^{3+}$  是还原产物
- B.  $\text{Fe}^{2+}$  的还原性强于  $\text{Mn}^{2+}$
- C. 该反应中,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  体现酸性和氧化性
- D. 该化学方程式配平后,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的化学计量数为 10

2. [2025·山东德州模拟] 甲醇可以将  $\text{NO}_3^-$  转化为无害的物质排放, 甲醇转化为  $\text{CO}_2$ 。下列说法正确的是 ( )

- A. 若转移 6 mol 电子则生成标准状况下 22.4 L  $\text{CO}_2$
- B.  $\text{NO}_3^-$  对应的产物为  $\text{NO}$
- C. 甲醇可以用臭氧代替
- D. 还原产物与氧化产物的物质的量之比为 6:5

3. 把图乙中的物质补充到图甲中, 可得到一个完整的氧化还原型离子方程式(未配平)。



对于该氧化还原型离子方程式, 下列说法不正确的是 ( )

- A.  $\text{IO}_4^-$  作氧化剂, 具有氧化性
- B. 氧化剂和还原剂的物质的量之比为 5:2
- C. 若有 2 mol  $\text{Mn}^{2+}$  参加反应, 则转移 10 mol 电子
- D. 氧化性:  $\text{MnO}_4^- > \text{IO}_4^-$

4. [2025·河北衡水调研] 多硫化钠( $\text{Na}_2\text{S}_x$ )液流电池因使用领域广、循环使用寿命长而被广泛研究。实验室常用次氯酸钠处理多硫化钠废液, 反应的化学方程式为  $\text{Na}_2\text{S}_x + \text{NaClO} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Y} + \text{H}_2\text{O}$ (未配平), 下列说法错误的是 ( )

- A. Y 为  $\text{NaCl}$ , 是还原产物
- B. 配平后, 氧化剂与还原剂的物质的量之比为  $(3x+1):1$
- C. 生成 1 mol  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  时, 反应转移  $6x$  mol 电子

D. 多硫化钠含有类似  $-\text{O}-\text{O}-$  的  $-\text{S}-\text{S}-$ , 故多硫化钠有一定的氧化性

5. [2024·湘豫名校联考] 测定某溶液中甲醇含量的部分过程如下: ①  $\text{KMnO}_4$  溶液处理:  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{MnO}_4^- + \text{X} \longrightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ (未配平, 下同); ② 酸化处理:  $\text{MnO}_4^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{MnO}_2 \downarrow + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$ 。下列说法错误的是 ( )

- A. 反应①中 X 为  $\text{OH}^-$ , 配平后化学计量数为 8
- B. 反应①中氧化性:  $\text{MnO}_4^- > \text{CO}_3^{2-}$
- C. 反应②中, 可用盐酸进行酸化
- D. 反应②消耗 71.4 g  $\text{MnO}_4^{2-}$  时, 转移 0.4 mol  $e^-$

6. “暴力制氧”能够在溶液中快速制取氧气, 涉及的反应有  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 \longrightarrow \text{KOH} + \text{MnO}_2 + \text{O}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (未配平), 由于反应生成了  $\text{MnO}_2$ , 会催化过氧化氢分解并大量放热, 从而加快制氧速率, 下列说法正确的是 ( )

- A. 未配平反应中氧化产物和还原产物的物质的量之比为 2:3
- B. 反应过程中溶液紫色褪去, 是因为  $\text{H}_2\text{O}_2$  起到了漂白作用
- C. 反应过程中, 每生成 1 mol 氧气转移 2 mol 电子
- D. 由于反应体系放出大量热, 反应剧烈并会形成大量酸雾

### ► 考点二 电子守恒法计算及应用

7. 已知酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液能被  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液还原成  $\text{Mn}^{2+}$  而使溶液褪色。欲使 20.00 mL  $1.000 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液恰好褪色, 需消耗 25.00 mL  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液, 则该  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液的物质的量浓度(单位:  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )为 ( )

- A.  $2.000 \times 10^{-2}$
- B.  $3.000 \times 10^{-2}$
- C.  $4.000 \times 10^{-2}$
- D.  $5.000 \times 10^{-2}$

8. 一定量的某磁黄铁矿(主要成分:  $\text{Fe}_x\text{S}$ , S 为 -2 价)与 100 mL 盐酸恰好完全反应(矿石中其他成分不与盐酸反应), 生成 3.2 g 硫单质、0.4 mol  $\text{FeCl}_2$  和一定量  $\text{H}_2\text{S}$  气体, 且溶液中无  $\text{Fe}^{3+}$ 。则下列说法正确的是 ( )

- A. 该盐酸的物质的量浓度为  $4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 该磁黄铁矿  $\text{Fe}_x\text{S}$  中,  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  的物质的量之比为 2:1
- C. 生成的  $\text{H}_2\text{S}$  气体在标准状况下的体积为 8.96 L
- D. 该磁黄铁矿中  $\text{Fe}_x\text{S}$  的  $x=0.85$

9. [2024·辽宁鞍山质检] 高铁酸钾( $K_2FeO_4$ )是一种集氧化、吸附、絮凝于一体的新型多功能水处理剂,工业上采用向  $KOH$  溶液中通入  $Cl_2$ , 然后加入  $Fe(NO_3)_3$  溶液的方法制备,发生反应:① $KOH + Cl_2 \longrightarrow KCl + KClO + KClO_3 + H_2O$ (未配平);

② $2Fe(NO_3)_3 + 3KClO + 10KOH \longrightarrow 2K_2FeO_4 + 6KNO_3 + 3KCl + 5H_2O$ 。下列说法正确的是 ( )

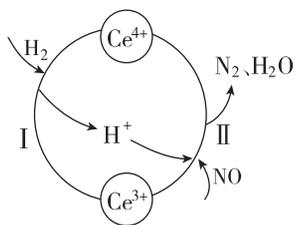
- A.  $Cl_2$  通入  $KOH$  溶液,反应后溶液中  $n(ClO^-) : n(ClO_3^-) = 5 : 1$ ,则参加反应的氧化剂与还原剂的物质的量之比为  $2 : 1$
- B. 若  $2 L 2 mol \cdot L^{-1}$  的  $KOH$  溶液完全反应,能吸收标准状况下  $44.8 L Cl_2$
- C.  $K_2FeO_4$  具有强氧化性,在碱性条件下的氧化能力比  $KClO$  强
- D. 按过程①②反应得到  $3.96 kg K_2FeO_4$ ,理论上消耗  $Cl_2$  为  $30 mol$

10. [2024·湖南益阳四校联考] 三氟化溴有强氧化性和强反应活性,是一种良好的非水溶剂,遇水立即发生如下反应: $3BrF_3 + 5H_2O \longrightarrow HBrO_3 + Br_2 + 9HF + O_2 \uparrow$ ,下列有关该反应的说法不正确的是 ( )

- A. 当  $0.5 mol H_2O$  被氧化时,生成  $0.1 mol O_2$
- B. 氧化剂与还原剂的物质的量之比为  $2 : 3$
- C. 当转移  $6 mol$  电子时,生成的还原产物为  $1 mol$
- D. 当生成  $2.7 mol HF$  时,被  $BrF_3$  还原的  $BrF_3$  为  $0.2 mol$

### 考点三 氧化还原反应综合考查

11. [2025·湖南长沙一中检测] 常温下,将  $NO$  和  $H_2$  的混合气体通入  $Ce(SO_4)_2$  与  $Ce_2(SO_4)_3$  的混合溶液中,其物质转化过程如图所示,下列说法错误的是 ( )

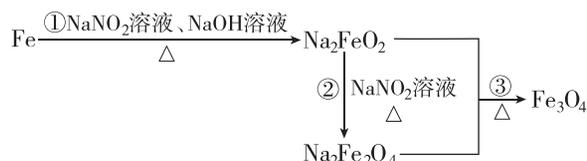


- A. 反应 I 的离子方程式为  $2Ce^{4+} + H_2 \longrightarrow 2Ce^{3+} + 2H^+$
- B. 反应 I 中  $Ce^{4+}$  为氧化剂,发生还原反应

C. 反应 II 为  $4Ce^{3+} + 2NO + 2H_2O \longrightarrow N_2 + 4Ce^{4+} + 4OH^-$

D. 若有  $2 mol H_2$  发生反应,理论上可获得标准状况下的  $N_2$  的体积为  $22.4 L$

12. [2024·湖南长沙长郡中学模拟] 发蓝工艺是一种材料保护技术,钢铁零件的发蓝处理实质是使钢铁表面通过氧化反应,生成有一定厚度、均匀、致密、附着力强、耐腐蚀性能好的深蓝色氧化膜。钢铁零件经历如图所示转化进行发蓝处理,已知  $NaNO_2$  的还原产物为  $NH_3$ 。下列说法正确的是 ( )



- A. 钢铁零件发蓝处理所得的深蓝色氧化膜是  $Fe_3O_4$
- B. 反应①中氧化剂和还原剂的物质的量之比为  $3 : 1$
- C. 反应②的离子方程式为  $6FeO_2^{2-} + NO_2^- + 7H^+ \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_4^{2-} + NH_3 \uparrow + 2H_2O$
- D. 反应③属于氧化还原反应

13. 氮、磷对水体的污染情况越来越受到人们的重视。回答下列问题:

(1)常温下,在  $pH$  约为  $9$  时,用澄清石灰水可将水体中的  $HPO_4^{2-}$  转化为  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  沉淀除去,该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(2)除去地下水中的硝态氮通常用还原剂将其还原为  $N_2$ 。

①有人提出用  $Pd-Cu$  作催化剂,常温下,在  $pH$  为  $4.0 \sim 6.0$  时,可直接用  $H_2$  将  $NO_3^-$  还原为  $N_2$ ,该反应的离子方程式为\_\_\_\_\_;研究发现用  $H_2$  和  $CO_2$  的混合气体代替  $H_2$ , $NO_3^-$  的去除效果比只用  $H_2$  时更好,其原因是\_\_\_\_\_。

②在  $pH$  约为  $5$  时,用纳米  $Fe$  粉可将  $NO_3^-$  还原为  $N_2$ , $Fe$  粉被氧化为  $Fe^{2+}$ ,该反应中氧化产物与还原产物的物质的量之比为\_\_\_\_\_。

## 素养提升练(一) 模型认知——情境型方程式的书写

### 探究点一 依据文字信息书写方程式

1. [2025·福建厦门双十中学阶段考] (1)铝与  $\text{NO}_3^-$  在酸性或碱性条件下均可反应,为了降低饮用水中  $\text{NO}_3^-$  的浓度,可以在碱性条件下用铝粉将  $\text{NO}_3^-$  还原为  $\text{N}_2$ ,写出该反应的离子方程式:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (产物中铝元素以四羟基合铝酸根离子形式存在)。

(2)用  $\text{NaClO-NaOH}$  溶液氧化  $\text{AgNO}_3$ ,制得高纯度的纳米级  $\text{Ag}_2\text{O}_2$ ,写出该反应的离子方程式:\_\_\_\_\_

2. 根据以下信息书写下列反应的方程式:

(1)实验室中可用次氯酸钠溶液与氨反应制备联氨( $\text{N}_2\text{H}_4$ ),化学方程式为\_\_\_\_\_

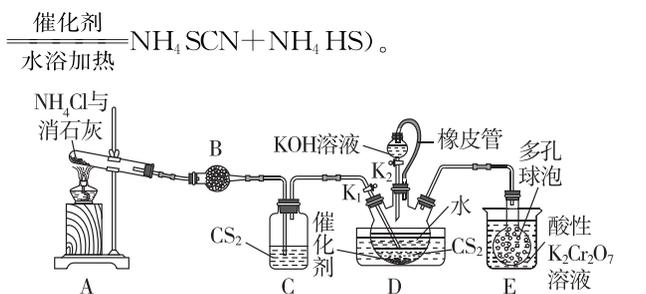
(2)滤液(含  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{H}^+$ )中加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液氧化时,发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_

(3)当用  $\text{CaSO}_3$  的水悬浮液吸收经  $\text{O}_3$  预处理的烟气时,清液(pH 约为 8)中的  $\text{SO}_3^{2-}$  将  $\text{NO}_2$  转化为  $\text{NO}_2^-$ ,其离子方程式为\_\_\_\_\_

(4) $\text{CuSO}_4$  溶液能用作  $\text{P}_4$  中毒的解毒剂,反应可生成 P 的最高价含氧酸和铜,该反应的化学方程式是\_\_\_\_\_

### 探究点二 依据实验信息书写方程式

3. 硫氰化钾(KSCN)俗称玫瑰红酸钾,是一种用途广泛的化学药品。实验室模拟工业制备硫氰化钾的实验装置如图所示(D中发生的反应为  $\text{CS}_2 + 3\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{水浴加热}]{\text{催化剂}} \text{NH}_4\text{SCN} + \text{NH}_4\text{HS}$ )。



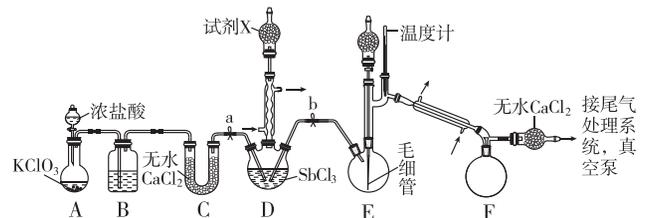
(1)实验前,经检查装置的气密性良好。装置 A 中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_

(2)反应进行至 D 中  $\text{CS}_2$  消失时,熄灭 A 处的酒精灯,关闭  $\text{K}_1$  和  $\text{K}_2$ ,移开水浴,将装置 D 继续加热至  $105^\circ\text{C}$ ,当  $\text{NH}_4\text{HS}$  完全分解后( $\text{NH}_4\text{HS} \xrightarrow{\Delta} \text{H}_2\text{S} \uparrow + \text{NH}_3 \uparrow$ ),打开  $\text{K}_2$ ,继续保持液温为  $105^\circ\text{C}$ ,缓缓滴入

适量的  $\text{KOH}$  溶液,发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(3)装置 E 中, $\text{NH}_3$  被酸性  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液氧化为  $\text{N}_2$ ,反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

4. 人们将酸强度超过  $100\% \text{H}_2\text{SO}_4$  的一类酸叫作超酸,某实验小组用  $\text{SbCl}_5$  制备超酸  $\text{HSbF}_6$ ,并探究其性质。制备  $\text{SbCl}_5$  的实验装置如图所示(夹持、加热及搅拌装置已略去)。

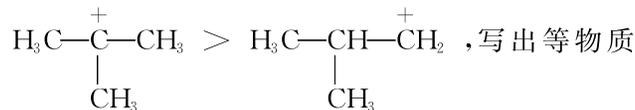


已知:制备  $\text{HSbF}_6$  的相关反应为  $\text{SbCl}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{SbCl}_5$ ,  $\text{SbCl}_5 + 6\text{HF} = \text{HSbF}_6 + 5\text{HCl}$ 。

(1)装置 A 中发生反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2)实验小组在由  $\text{SbCl}_5$  制备  $\text{HSbF}_6$  时,没有选择玻璃仪器,其原因是\_\_\_\_\_ (写化学方程式)。

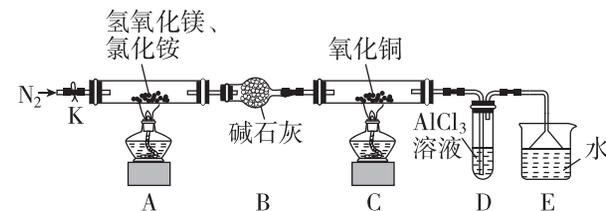
(3)1966 年,某研究员无意中将蜡烛扔进  $\text{HSbF}_6$  溶液中,发现蜡烛很快溶解,并放出  $\text{H}_2$ 。已知稳定性:



的量的异丁烷与  $\text{HSbF}_6$  发生反应的化学方程式:\_\_\_\_\_。

5. [2024·辽宁沈阳二中模拟] 碱式氯化镁

( $\text{MgOHCl}$ )常用作塑料添加剂,工业上制备方法较多,其中利用氢氧化镁热分解氯化铵制氨气并得到碱式氯化镁的工艺属于我国首创。某中学科研小组根据该原理设计如下装置图进行相关实验(夹持装置已略),装置 C 中  $\text{CuO}$  的质量为  $8.0\text{ g}$ 。



请回答下列问题:

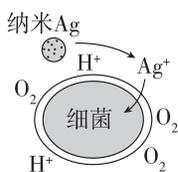
(1)装置 A 中发生反应生成碱式氯化镁的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2)装置 D 中生成沉淀,发生反应的离子方程式为\_\_\_\_\_。

(3)反应完毕,装置 C 中的氧化铜全部由黑色变为红色,称其质量为 6.8 g,且生成的气体可直接排放到大气中,该反应中转移电子的物质的量为 \_\_\_\_\_ mol,写出装置 C 中发生反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。

### 探究点三 依据流程或循环转化信息书写方程式

6. [2024·江苏卷节选] Ag 的抗菌性能。纳米 Ag 表面能产生  $\text{Ag}^+$  杀死细菌(如图所示),其抗菌性能受溶解氧浓度影响。

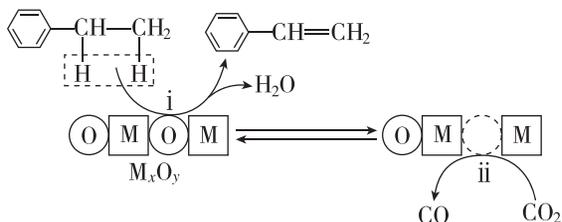


(1)纳米 Ag 溶解产生  $\text{Ag}^+$  的离子方程式为 \_\_\_\_\_。

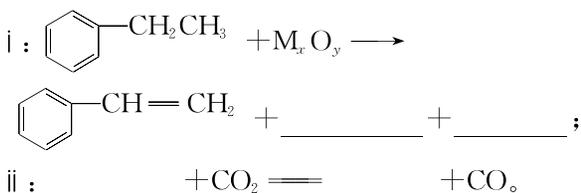
(2)实验表明溶解氧浓度过高,纳米 Ag 的抗菌性能下降,主要原因是 \_\_\_\_\_。

7. 苯乙烯是生产塑料与合成橡胶的重要原料。

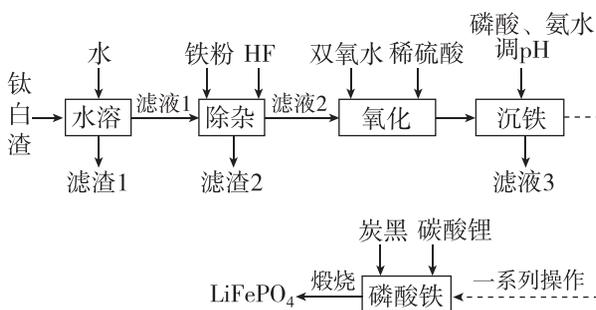
在高温催化剂  $\text{M}_x\text{O}_y$  作用下, $\text{CO}_2$  氧化乙苯脱氢制苯乙烯可能存在如图所示反应机理:



该机理可表示为以下两个基元反应,请结合图示补充完整反应 i 和反应 ii:



8. [2025·黑龙江大庆质检] 磷酸铁锂电池具有安全、稳定、可长期循环使用等优点。工业上用钛白渣[主要成分为  $\text{FeSO}_4$ ,还含有少量  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 $\text{MgSO}_4$  及  $\text{TiOSO}_4$ ]为主要原料生产  $\text{LiFePO}_4$  的工艺流程如图所示。



请回答下列问题:

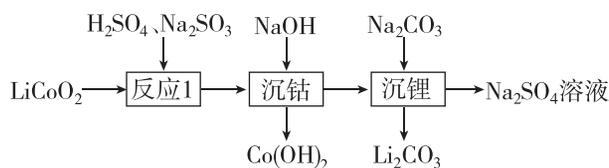
(1)“水溶”过程中, $\text{TiOSO}_4$  发生水解生成难溶于水的  $\text{H}_2\text{TiO}_3$ ,反应的化学方程式为 \_\_\_\_\_。

(2)“氧化”的目的是 \_\_\_\_\_。

(3)高温煅烧  $\text{FePO}_4$  步骤中,得到  $\text{LiFePO}_4$  的同时,只生成一种气体(有毒),该过程反应的化学方程式为 \_\_\_\_\_。

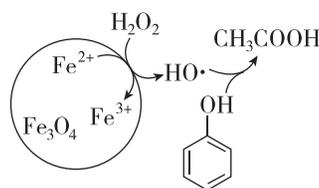
9. 根据提供的情境书写指定反应的方程式。

(1)通过如图所示转化可回收废旧锂电池电极材料  $\text{LiCoO}_2$  (难溶于水)中的钴元素和锂元素。

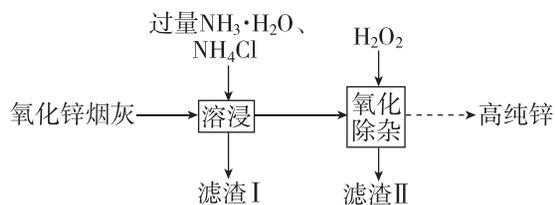


写出反应 1 的离子方程式: \_\_\_\_\_。

(2)活性自由基  $\text{HO}\cdot$  可有效除去废水中的苯酚( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ )等有机污染物,原理如图所示。写出  $\text{HO}\cdot$  除去苯酚反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。



(3)现代工业上用氧化锌烟灰(主要成分为  $\text{ZnO}$ ,含少量  $\text{Pb}$ 、 $\text{CuO}$  和  $\text{As}_2\text{O}_3$ )制取高纯锌的部分工艺流程如图所示。



①已知:“溶浸”后浸出液中含  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $\text{AsCl}_5^{2-}$  等。写出该过程中生成  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  的相关离子方程式: \_\_\_\_\_。

②“氧化除杂”的目的是将“ $\text{AsCl}_5^{2-}$ ”转化为  $\text{As}_2\text{O}_5$  胶体,再经吸附聚沉除去。写出该反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。

## 第6讲 物质的量 气体摩尔体积

### » 考点一 物质的量 气体摩尔体积

1. 下列说法正确的是 ( )

- A. 摩尔既是物质的数量单位又是物质的质量单位
- B. 阿伏伽德罗常数是  $12 \text{ kg } ^{12}\text{C}$  中含有的碳原子数
- C.  $1 \text{ mol}$  水分子中含有  $2 \text{ mol}$  氢原子和  $1 \text{ mol}$  氧原子
- D. 一个  $\text{NO}$  分子的质量是  $a \text{ g}$ , 一个  $\text{NO}_2$  分子的质量是  $b \text{ g}$ , 则氧原子的摩尔质量是  $(b-a) \text{ g}$

2. 屠呦呦因发现青蒿素治疟疾的新疗法而获得诺贝尔生理学或医学奖, 青蒿素的分子式为  $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$ , 相对分子质量是 282。下列关于青蒿素的说法正确的是 ( )

- A.  $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$  的摩尔质量为  $282 \text{ g}$
- B.  $1$  个  $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$  分子的质量约为  $\frac{282}{6.02 \times 10^{23}} \text{ g}$
- C.  $1 \text{ mol}$   $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$  在标准状况下的体积为  $22.4 \text{ L}$
- D. 含有  $6.02 \times 10^{23}$  个碳原子的  $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$  的物质的量为  $1 \text{ mol}$

3. [2024·辽宁沈阳二中模拟] 下列关于气体摩尔体积的说法中, 正确的是 ( )

- A.  $22.4 \text{ L}$  任何气体的物质的量均为  $1 \text{ mol}$
- B. 标准状况下,  $1 \text{ mol}$  物质的体积为  $22.4 \text{ L}$
- C.  $1 \text{ mol}$  由  $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{CO}_2$  组成的混合气体在标准状况下的体积约为  $22.4 \text{ L}$
- D. 同温同压下, 相同体积的任何气体单质所含分子数和原子数都相同

4. 已知水煤气反应为  $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ , 设  $N_A$  为阿伏伽德罗常数的值, 下列叙述正确的是 ( )

- A. 所得混合气体产物的平均摩尔质量为  $15 \text{ g}$
- B. 若反应得到  $2 \text{ g}$   $\text{H}_2$ , 则生成的  $\text{CO}$  体积为  $22.4 \text{ L}$
- C. 每消耗  $18 \text{ g}$   $\text{H}_2\text{O}$ , 反应转移电子数为  $2N_A$
- D. 当断裂  $N_A$  个极性共价键时反应生成  $N_A$  个  $\text{H}_2$

5. [2024·山东齐鲁名校联盟联考] 黑火药是中国古代四大发明之一, 其爆炸时发生的反应为  $\text{S} + 2\text{KNO}_3 + 3\text{C} \xrightarrow{\text{点燃}} \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2 \uparrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 。下列说法正确的是 ( )

- A. 常温常压下,  $16 \text{ g}$   $\text{S}$  的物质的量为  $0.5 \text{ mol}$
- B. 常温常压下,  $1 \text{ mol}$   $\text{CO}_2$  的体积约为  $22.4 \text{ L}$
- C.  $\text{KNO}_3$  的摩尔质量为  $101 \text{ g}$
- D. 参加反应的  $\text{S}$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{C}$  的质量之比为  $1:2:3$

6. [2024·湖南永州模拟] 设  $N_A$  为阿伏伽德罗常数的值。下列有关说法正确的是 ( )

- A. 标准状况下,  $22.4 \text{ L}$   $\text{CHCl}_3$  的分子数为  $N_A$
- B. 含水分子  $1 \text{ mol}$  的冰晶体中氢键的数目为  $4N_A$
- C.  $\text{NaCl}$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的固体混合物中含  $1 \text{ mol}$   $\text{Cl}^-$ , 则混合物中质子数为  $28N_A$
- D. 标准状况下,  $11.2 \text{ L}$   $\text{Cl}_2$  溶于水, 溶液中  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ClO}^-$  和  $\text{HClO}$  的微粒数之和为  $N_A$

### » 考点二 阿伏伽德罗定律及其推论的应用

7. [2025·重庆七中模拟] 下列叙述中正确的是 ( )

- A. 同温同压下, 等体积的  $\text{O}_2$  和  $\text{O}_3$  具有相同的原子数
- B. 等物质的量浓度的盐酸和硫酸中,  $\text{H}^+$  的物质的量浓度也相等
- C. 同温同容下, 等质量的  $\text{SO}_2$  和  $\text{CO}_2$  压强之比为  $16:11$
- D. 同温同压下, 等质量的  $\text{SO}_2$  和  $\text{CO}_2$  物质的量之比为  $11:16$

8. 常温下, 某氮的气态氧化物  $15.6 \text{ L}$  与过量的氢气混合, 在一定条件下反应, 使之生成液态水和无污染的气体单质。恢复到原状态, 反应后气体体积比反应前气体体积减小了  $46.8 \text{ L}$ , 则该氮的气态氧化物的化学式为 ( )

- A.  $\text{N}_2\text{O}_3$     B.  $\text{NO}_2$     C.  $\text{NO}$     D.  $\text{N}_2\text{O}$

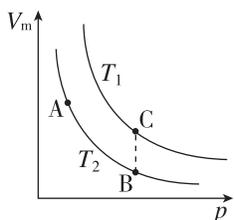
9. [2024·福建漳州质检]  $\text{NH}_4\text{N}_3$  (叠氮化铵) 易发生分解反应生成  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$ , 且两种气体的物质的量相等。若得到  $\text{NH}_4\text{N}_3$  的分解产物 (简称 a)  $28 \text{ g}$ , 则下列说法错误的是 ( )

- A. 叠氮化铵中  $\text{N}$  元素不止一种价态
- B. a 中两种气体的质量比为  $14:1$
- C. a 的平均摩尔质量为  $14.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 同温同压下, a 中两种气体的体积比为  $1:1$

10. [2025·湖南常德一中模拟] 三种气体 X、Y、Z 的相对分子质量关系为  $M_r(\text{X}) < M_r(\text{Y}) = 0.5M_r(\text{Z})$ , 下列说法正确的是 ( )

- A. 原子数目相等的三种气体, 质量最大的是 Z
- B. 相同条件下, 同质量的三种气体, 气体密度最小的是 X
- C. 若一定条件下, 三种气体的体积均为  $2.24 \text{ L}$ , 则它们的物质的量一定均为  $0.1 \text{ mol}$
- D. 同温下, 体积相同的两容器分别充入  $2 \text{ g}$  Y 气体和  $1 \text{ g}$  Z 气体, 则其压强比为  $2:1$

11. [2024·河北沧州联考] 如图为一定量理想气体压强与气体摩尔体积的关系, 下列关于图像的分析, 错误的是 ( )



- A. 微粒间距:  $B < A$   
 B. 为实现  $A \rightarrow B$ : 恒温加压  
 C. 为实现  $B \rightarrow C$ : 恒压降温  
 D. 一定量的理想气体, 决定气体摩尔体积的主要因素是微粒间距

12. [2024·湖北武汉重点中学联考] 有 X、Y 两恒压密闭容器且 X 容积大于 Y, X 中充满  $\text{CO}$  气体, Y 中充满  $\text{CH}_4$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$  混合气体, 同温同压测得两容器中气体密度相同。下列叙述中正确的是 ( )

- A. 两容器中气体平均摩尔质量不同  
 B. Y 中所含原子数更多  
 C. Y 容器中,  $\text{CH}_4$ 、 $\text{O}_2$  和  $\text{N}_2$  的质量比可能为  $1 : 6 : 3$   
 D. 升温引燃 Y 中气体, Y 中气体密度不变

### » 考点三 物质的量综合应用

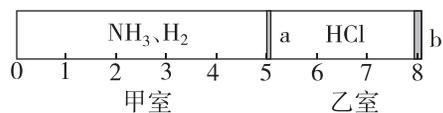
13. [2024·黑龙江大庆质检] 用  $N_A$  表示阿伏伽德罗常数的值。在密闭容器中将  $0.1 \text{ mol Cl}_2$  与  $0.1 \text{ mol CH}_4$  混合, 在光照条件下充分反应。下列说法正确的是 ( )

- A. 若  $0.1 \text{ mol Cl}_2$  完全消耗, 参与反应的  $\text{CH}_4$  分子数目为  $0.1N_A$   
 B.  $1.6 \text{ g CH}_4$  中含有的电子数目与  $1.8 \text{ g H}_2\text{O}$  中的相等  
 C. 充分反应后, 容器中气体在标准状况下的体积为  $4.48 \text{ L}$   
 D. 若  $0.1 \text{ mol Cl}_2$  完全消耗, 则形成的“ $\text{C}-\text{Cl}$ ”数目为  $0.2N_A$

14. [2024·江西赣州六校联考] 设  $N_A$  表示阿伏伽德罗常数的值。下列叙述不正确的是 ( )

- A. 电解饱和食盐水, 阳极产生  $22.4 \text{ L}$  气体时, 电路中通过的电子数目为  $2N_A$   
 B.  $4.4 \text{ g}$  由  $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}$  组成的混合气体中的电子数目为  $2.2N_A$   
 C. 含有氢原子数为  $0.4N_A$  的  $\text{CH}_3\text{OH}$  分子中含有的  $\text{C}-\text{H}$  数目为  $0.3N_A$   
 D. 常温下,  $1.0 \text{ L pH}=13$  的  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  溶液中含有的  $\text{OH}^-$  数目为  $0.1N_A$

15. 如图所示, 一密闭容器被体积不计、无摩擦、可滑动的两隔板 a 和 b 分成甲、乙两室。标准状况下, 在乙室中充入  $0.6 \text{ mol HCl}$ , 甲室中充入  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2$  的混合气体, 静止时隔板位置如图所示。已知甲、乙两室中气体的质量之差为  $10.9 \text{ g}$ 。



- (1) 甲室中气体的物质的量为 \_\_\_\_\_ mol。  
 (2) 甲室中气体的质量为 \_\_\_\_\_ g。  
 (3) 甲室中  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2$  的平均相对分子质量为 \_\_\_\_\_。

(4) 经过查资料知道  $\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}$  (常温下  $\text{NH}_4\text{Cl}$  是固体), 忽略固体所占的体积, 如果将隔板 a 去掉, 当  $\text{HCl}$  与  $\text{NH}_3$  完全反应后, 隔板 b 将静置于刻度“\_\_\_\_\_”处(填数字)。

16. 过氧化钙( $\text{CaO}_2$ ) 是一种安全无毒的物质, 一般带有结晶水, 通常还含有  $\text{CaO}$ 。过氧化钙在工农业生产中广泛用作杀菌剂、防腐剂、解酸剂、油类漂白剂等。

(1) 称取  $5.42 \text{ g}$  过氧化钙样品, 灼烧时发生如下反应:  $2(\text{CaO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) \xrightarrow{\Delta} 2\text{CaO} + \text{O}_2 \uparrow + 2x\text{H}_2\text{O}$ , 得到的  $\text{O}_2$  在标准状况下的体积为  $672 \text{ mL}$ , 则该样品中  $\text{CaO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  的物质的量为 \_\_\_\_\_。

(2) 另取同一样品  $5.42 \text{ g}$ , 溶于适量稀盐酸中, 然后加入足量的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, 将溶液中的  $\text{Ca}^{2+}$  全部转化为  $\text{CaCO}_3$  沉淀, 得到  $7.0 \text{ g}$  干燥的  $\text{CaCO}_3$ 。

- ①  $5.42 \text{ g}$  样品中  $\text{CaO}$  的质量为 \_\_\_\_\_。  
 ② 样品  $\text{CaO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  中  $x$  的值为 \_\_\_\_\_。

## 第7讲 物质的量浓度及溶液的配制

### ► 考点一 物质的量浓度及相关计算

1. 下列所得溶液的物质的量浓度为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的是 ( )

- A. 将  $0.1 \text{ mol NH}_3$  充分溶解在  $1 \text{ L}$  水中
- B. 将  $10 \text{ g}$  质量分数为  $98\%$  的硫酸与  $990 \text{ g}$  水混合
- C. 将  $25.0 \text{ g}$  胆矾溶于水配成  $1 \text{ L}$  溶液
- D. 将  $10 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸与  $90 \text{ mL}$  水充分混合

2. [2024·江苏泰州中学模拟] 下列关于物质的量浓度表述正确的是 ( )

- A.  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液中含有  $\text{Na}^+$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  的总物质的量为  $0.9 \text{ mol}$
- B.  $50 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{KCl}$  溶液和  $100 \text{ mL } 0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{MgCl}_2$  溶液中,  $\text{Cl}^-$  物质的量浓度相等
- C. 将  $10 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液加水稀释至  $100 \text{ mL}$ , 溶质的物质的量浓度变为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- D.  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  时,  $0.023 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的氢氧化钙饱和溶液中加入  $5 \text{ g}$  生石灰, 恢复至  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , 溶质的物质的量浓度将变大

3. [2024·湖南长沙周南中学阶段考] 下列说法中正确的是 ( )

- A. 将标准状况下  $V \text{ L}$   $A$  气体(相对分子质量为  $M$ ) 溶于  $0.1 \text{ L}$  水中, 所得溶液密度为  $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 则此溶液的物质的量浓度为  $\frac{V\rho}{MV+2240} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 将  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的硫酸与水等质量混合后, 所得硫酸的物质的量浓度小于  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. 用  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  晶体配制  $100 \text{ mL } 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, 定容时俯视刻度线会导致溶液浓度偏低
- D. 配制  $460 \text{ mL } 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液, 需用量筒量取质量分数为  $98\%$ 、密度为  $1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  的浓硫酸  $5.0 \text{ mL}$

4. 如图是某“84”消毒液(有效成分为次氯酸钠)标签的部分内容。下列说法正确的是 ( )

“84”消毒液

[性状]本品为无色透明液体

[规格]250 mL、252.50 g

[含量]氯含量为5.00%

[贮藏]密封保存

- A. 密封保存的目的是防止  $\text{NaClO}$  分解
- B. 该“84”消毒液中含  $\text{NaClO}$  的质量为  $252.50 \text{ g}$
- C. 该“84”消毒液的密度为  $1.10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

D. 该“84”消毒液中含氯微粒的物质的量浓度约为  $1.42 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

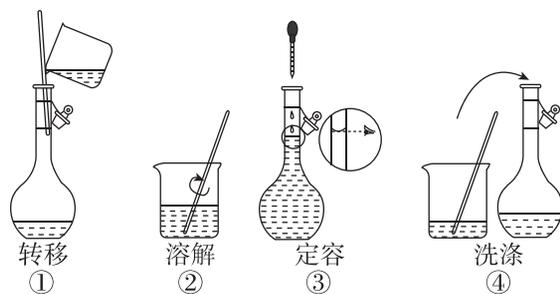
### ► 考点二 一定物质的量浓度溶液的配制

5. [2024·辽宁丹东五校协作体联考] 实验室将粗盐提纯并配制  $0.100 0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaCl}$  溶液。下列仪器中, 本实验必须用到的有 ( )

- ①天平 ②胶头滴管 ③坩埚 ④分液漏斗 ⑤容量瓶 ⑥烧杯 ⑦滴定管 ⑧酒精灯 ⑨温度计

- A. ①②④⑥⑨
- B. ①③④⑤⑧
- C. ①②⑤⑥⑧
- D. ②③⑤⑥⑦

6. 配制  $500 \text{ mL } 0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaCl}$  溶液, 部分实验操作示意图如下:



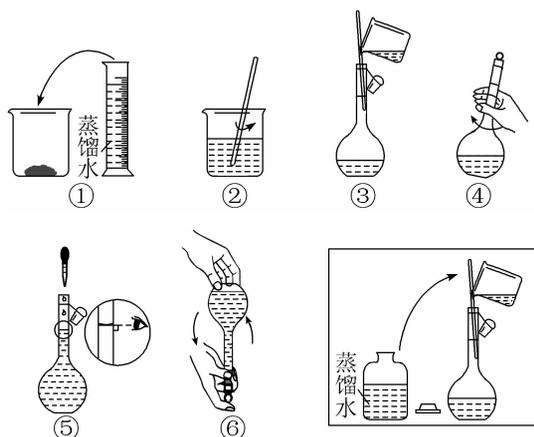
下列说法错误的是 ( )

- A. 容量瓶先后用自来水、蒸馏水洗净后, 不必干燥, 可继续后续操作
- B. 实验中需用的仪器有药匙、托盘天平、烧杯、玻璃棒、 $500 \text{ mL}$  容量瓶、胶头滴管等
- C. 实验操作步骤的正确顺序为②①④③
- D. 定容时, 仰视容量瓶颈部的刻度线, 会使配成的溶液中  $\text{NaCl}$  的物质的量浓度偏高

7. 某同学帮助水质监测站配制  $480 \text{ mL } 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaOH}$  溶液以备使用。

(1) 该同学应选择 \_\_\_\_\_  $\text{mL}$  的容量瓶。

(2) 其操作步骤如图所示, 则图框中的操作应在图中 \_\_\_\_\_ (填字母) 之间。

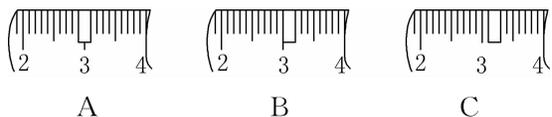


- A. ②与③
- B. ①与②
- C. ③与④
- D. ④与⑤

(3)该同学应称取 NaOH 固体 \_\_\_\_\_ g,用质量为 23.1 g 的烧杯放在托盘天平上称取所需 NaOH 固体时,请根据附表选取所需的砝码大小: \_\_\_\_\_ (填字母),并在下图中选出能正确表示游码位置的选项: \_\_\_\_\_。

附表:砝码规格

选项	a	b	c	d	e
砝码大小/g	100	50	20	10	5



(4)下列操作对所配溶液的浓度大小有何影响?(填“偏大”“偏小”或“无影响”)

- 定容时,俯视刻度线,浓度会 \_\_\_\_\_。
- 转移溶液时,少量液体溅出来,浓度会 \_\_\_\_\_。
- 容量瓶未干燥,浓度会 \_\_\_\_\_。
- 定容摇匀后发现溶液的凹液面低于刻度线,浓度会 \_\_\_\_\_。

### » 考点三 物质的量浓度综合考查

8. 下列溶液的物质的量浓度的相关计算正确的是 ( )

- 同浓度的三种物质的溶液:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液体积之比为 3 : 2 : 1,则  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度之比为 3 : 2 : 3
- 将 100 mL  $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的盐酸加水稀释至 1 L,再取出 5 mL,这 5 mL 溶液的物质的量浓度为  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 将  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaCl}$  溶液和  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{BaCl}_2$  溶液等体积混合后,忽略溶液体积变化,  $c(\text{Cl}^-) = 0.75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 标准状况下,22.4 L  $\text{HCl}$  溶于 1 L 水, $\text{HCl}$  的物质的量浓度为  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

9. [2024·湘豫名校联盟联考] 少量  $\text{Cl}_2$  通入  $\text{NaOH}$  稀溶液,反应所得溶液中含有  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ClO}^-$ 、 $\text{OH}^-$  四种离子。已知  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  物质的量浓度分别为  $0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,则溶液中  $\text{OH}^-$  物质的量浓度为(不考虑水解) ( )

- $0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

10. 测定“84”消毒液中次氯酸钠的浓度可用如下方法:取 10.00 mL 该消毒液,调节 pH 后,以淀粉为指示剂,用  $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{KI}$  溶液进行滴定,当溶液出现稳定浅蓝色时为滴定终点。反应原理为  $3\text{ClO}^- + \text{I}^- = 3\text{Cl}^- + \text{IO}_3^-$ ;  $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{I}_2$ ;三次平行实验中消耗  $\text{KI}$  溶液的平均体积为 20.00 mL,由此可知原消毒液中  $\text{NaClO}$  的物质的量浓度为 ( )

- $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- $0.60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

11. [2024·辽宁本溪阶段考] 某种天然碱的化学式为  $a\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot b\text{NaHCO}_3 \cdot c\text{H}_2\text{O}$ ,某实验小组欲测定该天然碱中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与  $\text{NaHCO}_3$  的比例,进行了如下实验。回答下列问题:

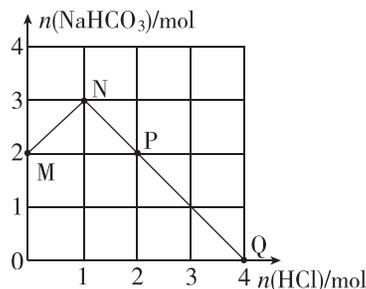
(1)配制一定物质的量浓度的稀盐酸。

①若要配制 250 mL  $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  稀盐酸,需用量筒量取  $12.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的浓盐酸 \_\_\_\_\_ mL(计算结果保留 1 位小数)。

②下列情况会使所配溶液浓度偏低的是 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- 容量瓶清洗后,未经过干燥处理
- 转移时,没有洗涤烧杯内壁和玻璃棒
- 溶液未经冷却直接转移入容量瓶中定容
- 摇匀后,发现液面低于刻度线,继续加水至液面与刻度线相切

(2)取一定质量该天然碱溶于水,逐滴加入稀盐酸,溶液中  $\text{NaHCO}_3$  的物质的量与加入  $\text{HCl}$  的物质的量关系如图所示。



- $a : b =$  \_\_\_\_\_。
- P 点处溶液中  $c(\text{Na}^+) : c(\text{Cl}^-) =$  \_\_\_\_\_。
- 若 Q 点时溶液体积为 5 L,则溶液中  $\text{Na}^+$  的浓度为 \_\_\_\_\_。
- “M→N”过程中发生反应的离子方程式是 \_\_\_\_\_。