

## 北京市联合命题

## 2020 年硕士学位研究生入学考试试题

(无机化学)

所有试题答案写在答题纸上, 答案写在试卷上无效

●需使用计算器

□不使用计算器

## 一、选择题 (每小题 2 分, 共 30 分)

1. 下列物质, 热稳定性次序由高到低排列正确的是\_\_\_\_\_。

[A]  $\text{MgCO}_3 < \text{CaCO}_3 < \text{ZnCO}_3$ ; [B]  $\text{MgCO}_3 < \text{ZnCO}_3 < \text{CaCO}_3$ ;[C]  $\text{ZnCO}_3 < \text{MgCO}_3 < \text{CaCO}_3$ ; [D]  $\text{ZnCO}_3 < \text{CaCO}_3 < \text{MgCO}_3$ ;2. 在相同的温度下扩散速率最接近  $\text{H}_2$  气  $1/3$  的气体是\_\_\_\_\_。

[A] 二氧化碳;

[B] 甲烷;

[C] 水蒸气;

[D] 一氧化碳;

3. 已知  $\text{Sn}(\text{白}) \longrightarrow \text{Sn}(\text{灰})$  $\Delta_f H_m^\ominus = -2.09 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  $\text{Sn}(\text{白}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{SnCl}_4(\text{l})$ (1)  $\Delta H_m^\ominus 1$  $\text{Sn}(\text{灰}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{SnCl}_4(\text{l})$ (2)  $\Delta H_m^\ominus 2$  $\text{Sn}(\text{白}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) = \text{SnCl}_4(\text{s})$ (3)  $\Delta H_m^\ominus 3$ 则三个反应在相同温度下  $\Delta H_m^\ominus$  的关系是\_\_\_\_\_。[A]  $\Delta H_m^\ominus 1 > \Delta H_m^\ominus 2 > \Delta H_m^\ominus 3$ ;[B]  $\Delta H_m^\ominus 2 > \Delta H_m^\ominus 1 > \Delta H_m^\ominus 3$ ;[C]  $\Delta H_m^\ominus 3 > \Delta H_m^\ominus 2 > \Delta H_m^\ominus 1$ ;[D]  $\Delta H_m^\ominus 1 > \Delta H_m^\ominus 3 > \Delta H_m^\ominus 2$ ;4. 氢原子中  $3s$ ,  $3p$ ,  $3d$ ,  $4s$  轨道能量高低的情况正确的为\_\_\_\_\_。[A]  $3s < 3p < 3d < 4s$ ;[B]  $3s < 3p < 4s < 3d$ ;[C]  $3s = 3p = 3d = 4s$ ;[D]  $3s = 3p = 3d < 4s$ ;

5. 对于催化剂特性的描述, 不正确的是\_\_\_\_\_。

[A] 催化剂只能缩短反应达到平衡的时间而不能改变平衡状态;

[B] 催化剂在反应前后其化学性质和物理性质皆不变;

[C] 催化剂不能改变平衡常数;

[D] 加入催化剂不能实现热力学上不可能进行的反应;

6. 下列晶体中, 熔化时只需克服色散力的是\_\_\_\_\_。

[A] K;

[B]  $\text{H}_2\text{O}$ ;

[C] SiC;

[D]  $\text{SiF}_4$ ;7. 饱和  $\text{H}_2\text{S}$  水溶液中, 各物质浓度大小顺序正确的是\_\_\_\_\_。[A]  $[\text{H}_2\text{S}] > [\text{HS}^-] > [\text{S}^{2-}]$ ;[B]  $[\text{HS}^-] > [\text{S}^{2-}] > [\text{H}_2\text{S}]$ ;

- A
- [C]  $[S^{2-}] > [H_2S] > [HS^-]$ ; [D]  $[H_2S] > [S^{2-}] > [H^+]$ ;
8. 设  $AgCl$  在水中, 在  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $CaCl_2$  中, 在  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $NaCl$  中, 在  $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $KNO_3$  中以及在  $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $AgNO_3$  中的溶解度分别为  $s_0$ 、 $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$  和  $s_4$ , 这些量之间的正确关系是\_\_\_\_\_。
- [A]  $s_0 > s_3 > s_2 > s_1 > s_4$ ; [B]  $s_3 > s_0 > s_1 = s_2 > s_4$ ;  
 [C]  $s_3 > s_0 > s_2 > s_4 > s_1$ ; [D]  $s_3 > s_0 > s_2 > s_1 > s_4$ ;
9. 根据酸碱质子理论, 下列物质中既可作为酸又可以作为碱的是\_\_\_\_\_。
- [A]  $NH_4^+$ ; [B]  $HCO_3^-$ ; [C]  $H_3O^+$ ; [D]  $H_2O_2$ ;
10. 已知  $K_{sp}^\theta(Ag_3PO_4) = 8.7 \times 10^{-17}$ , 则其在水中的溶解度  $s$  为\_\_\_\_\_  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。
- [A]  $9.7 \times 10^{-5}$ ; [B]  $4.2 \times 10^{-5}$ ; [C]  $1.3 \times 10^{-4}$ ; [D]  $7.3 \times 10^{-5}$ ;
11. 下列化合物中不能稳定存在的是\_\_\_\_\_。
- [A]  $SbI_3$ ; [B]  $PI_3$ ; [C]  $AlI_3$ ; [D]  $TlI_3$ ;
12. 在合成氨生产工艺中, 为吸收  $H_2$  中的  $CO$  杂质, 可选用的试剂是\_\_\_\_\_。
- [A]  $[Cu(NH_3)_4](Ac)_2$ ; [B]  $[Ag(NH_3)_2]^+$   
 [C]  $[Cu(NH_3)_2]Ac$ ; [D]  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$
13. 在地球电离层中, 存在着多种阳离子, 如果下列四种离子均存在的话, 最稳定的是\_\_\_\_\_。
- [A]  $N_2^+$ ; [B]  $NO^+$ ; [C]  $O_2^+$ ; [D]  $Be_2^+$ ;
14. 反应  $CaO(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons Ca(OH)_2(s)$  在  $25^\circ\text{C}$  自发进行, 高温时其逆反应变为自发, 这表明该反应是\_\_\_\_\_。
- [A]  $\Delta_r H_m^\theta$  为正值,  $\Delta_r S_m^\theta$  为正值; [B]  $\Delta_r H_m^\theta$  为正值,  $\Delta_r S_m^\theta$  为负值;  
 [C]  $\Delta_r H_m^\theta$  为负值,  $\Delta_r S_m^\theta$  为正值; [D]  $\Delta_r H_m^\theta$  为负值,  $\Delta_r S_m^\theta$  为负值;
15. 下列各组离子能大量共存于同一溶液中的一组是\_\_\_\_\_。
- [A]  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $I^-$ ; [B]  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cl^-$ ;  
 [C]  $Ag^+$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ; [D]  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $SCN^-$ ;

## 二、填空题 (每空 1.5 分, 共 30 分)

1. 实验室中:  $FeCl_3$  水溶液常显黄色是因为\_\_\_\_\_ ;  $KMnO_4$  溶液放在棕色瓶中是因为\_\_\_\_\_ ;  $Hg$  滴洒落, 因其蒸汽有毒, 常撒上硫粉是因为\_\_\_\_\_。
2.  $Ni^{2+}$  离子的价电子构型为\_\_\_\_\_,  $Ni$  原子可以和  $Cl$  形成  $[NiCl_4]^{2-}$ , 其几何构型为\_\_\_\_\_, 与  $CO$  离子形成  $Ni(CO)_4$ , 其几何构型为\_\_\_\_\_, 该配合物常用于  $Ni$  的\_\_\_\_\_。

3. 卤素单质是\_\_\_\_\_晶体，其熔点沸点决定于\_\_\_\_\_力。从F<sub>2</sub>到I<sub>2</sub>分子的变形性\_\_\_\_\_，故色散力\_\_\_\_\_，致使单质的熔点和沸点逐渐\_\_\_\_\_。
4. 已知反应  $\text{CO}_{(\text{g})} + 2\text{H}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{g})}$  的  $K^\theta(523\text{K}) = 2.33 \times 10^{-3}$ ,  $K^\theta(548\text{K}) = 5.42 \times 10^{-4}$ , 则该反应是\_\_\_\_\_热反应。当平衡后将系统容积压缩增大压力时，平衡向\_\_\_\_\_反应方向移动；在恒容条件下向平衡体系通入一定量的 N<sub>2</sub>，平衡\_\_\_\_\_。
5. 若反应  $\text{H}_2 + 2\text{NO} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{N}_2$  为基元反应，其反应速率方程式的表达式为\_\_\_\_\_，该反应的级数为\_\_\_\_\_。
6. 明矾的化学组成是\_\_\_\_\_，它在水中由于水解生成\_\_\_\_\_，吸附水中悬浮粒子而聚沉下来，起到\_\_\_\_\_作用。

### 三、简答题（每小题 8 分，共 40 分）

- 试用离子极化讨论 Cu<sup>+</sup> 与 Na<sup>+</sup> 虽半径相近，但 CuCl 在水中溶解度比 NaCl 小得多的原因。
- 石墨和金刚石都是碳元素的单质，但石墨软而导电，而金刚石坚硬且不导电。为什么？
- 简述 BF<sub>3</sub>、NF<sub>3</sub> 的几何构型。用杂化轨道理论说明它们的成键情况，并用 Lewis 酸碱理论分别分析它们作为酸碱的可能性。
- Fe<sup>2+</sup> 在水溶液中被 Cl<sub>2</sub> 氧化，反应方程式是：  

$$2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$$
 实验发现：当 Fe<sup>3+</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 浓度增加时，总反应速率下降，试论证哪一种机理可能符合实验观测事实？
 

$$(1) \text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{Cl} \quad \text{快速达到平衡①}$$

$$\text{Fe}^{2+} + \text{Cl} \xrightarrow{k_2} \text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- \quad \text{逆反应速率可忽略②}$$

$$(2) \text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{IV}) + 2\text{Cl}^- \quad \text{快速达到平衡③}$$

$$\text{Fe}(\text{IV}) + \text{Fe}^{2+} \xrightarrow{k_4} 2\text{Fe}^{3+} \quad \text{逆反应速率可忽略④}$$
- 如何用化学方法区别下列各对物质：(1) SnS 与 SnS<sub>2</sub>；(2) H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub> 和 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>。

### 四、推断题（每 1 小题 15 分，第 2 小题 10 分，共 25 分）

- 判断下列各字母所代表的物质，并写出相应方程式。化合物 A 是一种黑色固体，它不溶于水、稀乙酸和氢氧化钠，而易溶于热盐酸中，生成一种绿色溶液 B，如溶液 B 与铜丝一起煮沸，逐渐变棕黑（溶液 C），溶液 C 若用大量水稀释，生成白色沉淀 D，D 可溶于氨溶液中，生成无色溶液 E，E 若暴露空气中，则迅速变蓝（溶液 F），往 F 中加

入 KCN 时, 蓝色消失, 生成溶液 G, 往溶液 G 中加入锌粉, 则生成红棕色沉淀 H, H 不溶于稀的酸和碱, 可溶于热硝酸生成蓝色溶液。(15 分)

2. 在六个没有标签的试剂瓶中, 分别装有白色固体试剂:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  和  $\text{MgCO}_3$ 。试设法鉴别并以化学反应式表示之。(10 分)

## 五、计算题 (第 1 小题 9 分, 第 2 小题 16 分, 共 25 分)

1. 蔗糖在稀酸溶液中催化水解是一级反应



在 48 °C 时速率常数为  $3.22 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 。问:

(1) 20.0 g 蔗糖水解掉一半所需的时间?

(2) 若该反应活化能为  $110 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 在什么温度时反应速率常数是 48 °C 时的 10 倍?

2. 已知 298K 时的热力学数据, 试回答有关问题

$$\Delta_r G^\theta (\text{Pb}^{2+}, \text{aq}) = -24.29 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G^\theta (\text{SO}_4^{2-}, \text{aq}) = -741.28 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G^\theta (\text{PbSO}_4, \text{s}) = -810.46 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(1) 求算反应  $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{PbSO}_4(\text{s})$  的  $\Delta_r G^\theta$ 。

(2) 求算  $\text{PbSO}_4(\text{s})$  的  $K_{\text{sp}}$ 。

(3) 已知  $\varphi_A^\theta(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0.126 \text{ V}$ , 求算标准电极电势  $\varphi_A^\theta(\text{PbSO}_4/\text{Pb})$ 。

(4) 已知  $\varphi_A^\theta(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0.137 \text{ V}$ , 为了测定  $\text{PbSO}_4(\text{s})$  的溶度积常数, 某人利用  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$  和  $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$  两个半电池, 设计成一个原电池, 试写出该原电池的符号。