

## 2021 年硕士学位研究生入学考试试题

科目代码: 813 科目名称: 无机化学

满分: 150 分

注意: ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

## 一、选择题(每题 2 分, 共 60 分)

- 1、下列热力学函数的数值等于零的是( )。
 

(A)  $S_m^\theta(O_2, g, 298K)$  (B)  $\Delta_f G_m^\theta(I_2, g, 298K)$   
      (C)  $\Delta_f G_m^\theta(P_4, s, 298K)$  (D)  $\Delta_f G_m^\theta(\text{金刚石}, s, 298K)$
- 2、在定压下某气体膨胀吸收了 1.55 kJ 的热, 如果其热力学能增加了 1.32 kJ, 则该系统做功为( )。
 

(A) 1.55 kJ (B) 1.32 kJ (C) 0.23 kJ (D) -0.23 kJ
- 3、一种离子具有下列哪一特征, 才能使另一种与它接近的离子变形性增大( )。
 

(A) 电荷高、半径大 (B) 电荷低、半径小  
      (C) 电荷高、半径小 (D) 电荷低、半径大
- 4、化学式  $[\text{PdCl}_2(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})]$ , 这个化合物的名称是( )。
 

(A) 氯化水·二氯合钯(II) (B) 二氯·氨·水合钯(II)  
      (C) 氨·二氯·水合钯(II) (D) 水·氨·二氯合钯(II)
- 5、下面比较的是晶体场分裂能的大小, 其中错误的是( )。
 

(A)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} > [\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  (B)  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} > [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$   
      (C)  $[\text{MoCl}_6]^{3-} > [\text{CrCl}_6]^{3-}$  (D) 八面体场 > 四面体场
- 6、下列各组量子数不合理的是( )。
 

(A)  $n=3, l=2, m=0, m_s=+1/2$  (B)  $n=2, l=2, m=-1, m_s=-1/2$   
      (C)  $n=4, l=1, m=0, m_s=-1/2$  (D)  $n=3, l=1, m=-1, m_s=-1/2$
- 7、下列反应中, 反应的标准摩尔焓变等于产物的标准摩尔生成焓的是( )。
 

(A)  $\text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g) \rightarrow \text{CaCO}_3(s)$  (B)  $1/2\text{H}_2(g) + 1/2\text{Br}_2(g) \rightarrow \text{HBr}(g)$   
      (C)  $6\text{Li}(s) + \text{N}_2(g) \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}(s)$  (D)  $\text{K}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{KO}_2(s)$
- 8、推断  $\text{AgF}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$  在  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液中溶解度最小的是( )。
 

(A)  $\text{AgF}$  (B)  $\text{AgI}$  (C)  $\text{AgBr}$  (D)  $\text{AgCl}$
- 9、已知反应  $\text{Zn}(s) + 2\text{H}^+(aq) = \text{Zn}^{2+}(aq) + \text{H}_2(g)$  在任意温度下均能正向自发进行, 故该反应为( )。
 

(A)  $\Delta_r H_m^\theta > 0, \Delta_r S_m^\theta > 0$  (B)  $\Delta_r H_m^\theta > 0, \Delta_r S_m^\theta < 0$   
      (C)  $\Delta_r H_m^\theta < 0, \Delta_r S_m^\theta > 0$  (D)  $\Delta_r H_m^\theta < 0, \Delta_r S_m^\theta < 0$

## 10、下列物质中, 分子间不能形成氢键的是( )。

(A)  $\text{NH}_3$  (B)  $\text{N}_2\text{H}_4$  (C)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (D)  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ 11、能使  $\text{HgS}$  溶解的物质是( )。(A)  $\text{HNO}_3$  (B)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (C)  $\text{Na}_2\text{S}$  (D)  $\text{Na}_2\text{S}_2$ 

## 12、下列晶体熔化时, 不需要破坏化学键的是( )。

(A)  $\text{Si}$  (B)  $\text{NaCl}$  (C)  $\text{I}_2$  (D)  $\text{K}$ 

## 13、下列化合物不属于缺电子化合物的是( )。

(A)  $\text{BCl}_3$  (B)  $\text{HBF}_4$  (C)  $\text{B}_2\text{H}_6$  (D)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 14、对可逆反应  $a(g) + b(l) \rightleftharpoons c(g) + d(g) \quad \Delta_r H_m^\theta > 0$ , 为实现  $b$  的最大转化率,

应采取下列措施中的( )。

(A) 高温高压 (B) 低温低压 (C) 低温高压 (D) 高温低压

## 15、具有下列电子构型的原子中, 属于激发态的是( )。

(A)  $1s^2 2s^1 2p^1$  (B)  $1s^2 2s^2 2p^6$  (C)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$  (D)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ 16、下列溶液的浓度均为  $0.100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 其 pH 最大的是( )。(A)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (B)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (C)  $\text{NaHCO}_3$  (D)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ 

## 17、下列分子中, 偶极矩为 0 的分子是( )。

(A)  $\text{SO}_2$  (B)  $\text{CO}_2$  (C)  $\text{PCl}_3$  (D)  $\text{HCBr}_3$ 18、对于反应  $\text{HC}_2\text{O}_4^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq) + \text{OH}^-(aq)$ , 其中的强酸和弱碱是( )。(A)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  和  $\text{OH}^-$  (B)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  和  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$ (C)  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{HC}_2\text{O}_4^-$  (D)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 19、根据分子轨道理论,  $\text{N}_2$  的最高占有轨道是( )。(A)  $\pi_{2p}$  (B)  $\pi_{2p}^*$  (C)  $\sigma_{2p}$  (D)  $\sigma_{2p}^*$ 

## 20、下列哪一原子的原子轨道能量与角量子数无关( )。

(A)  $\text{Na}$  (B)  $\text{Ne}$  (C)  $\text{F}$  (D)  $\text{H}$ 21、 $\text{F}_2$  与水反应很激烈, 并有燃烧现象, 它的主要产物是( )。(A)  $\text{HF}$ 、 $\text{O}_2$  (B)  $\text{HF}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{OF}_2$ (C)  $\text{HF}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$  (D)  $\text{HF}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 

## 22、下列的等电子离子中半径最小的是( )。

(A)  $\text{F}^-$  (B)  $\text{Na}^+$  (C)  $\text{Mg}^{2+}$  (D)  $\text{O}^{2-}$ 23、已知  $E^\ominus(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) > E^\ominus(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) > E^\ominus(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) > E^\ominus(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$ ,

则上述诸电对的各物种中最强的氧化剂和最强的还原剂分别为( )。

(A)  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  (B)  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}$  (C)  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Fe}$  (D)  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ 

## 24、下列配合物中, 空间构型为直线形的是( )。

(A)  $[\text{Cu}(\text{en})_2]^{2+}$  (B)  $[\text{Cu}(\text{P}_2\text{O}_7)_2]^{6-}$  (C)  $[\text{Cu}(\text{edta})]^{2-}$  (D)  $[\text{CuCl}_2]^-$ 

## 25、下列各组分子中, 均有极性的一组是( )。

(A)  $\text{PF}_3$ ,  $\text{PF}_5$  (B)  $\text{SF}_4$ ,  $\text{SF}_6$ (C)  $\text{PF}_5$ ,  $\text{SF}_6$  (D)  $\text{PF}_3$ ,  $\text{SF}_4$ 

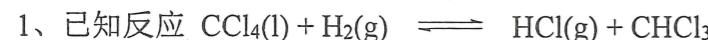
## 26、往 Cu-Zn 原电池的铜半电池中加入浓氨水(过量), 则电池电动势会( )。

(A) 增加 (B) 不变 (C) 减小 (D) 无法判断

27、下列分子或离子中含有  $\Pi_3^4$  键的是( )。(A)  $\text{ClO}_4^-$  (B)  $\text{CO}_3^{2-}$  (C)  $\text{SO}_2$  (D)  $\text{SO}_3^{2-}$

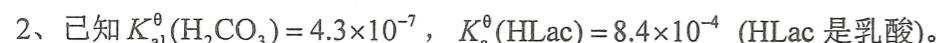
有一种可使湿润pH试纸变蓝的气体H逸出；若将溶液B酸化，再滴加一紫红色溶液I，可得淡黄色溶液J。于J中加入黄血盐溶液，立即产生深蓝色的沉淀K。试写出D、E、F、G、J的化学式。

### 三、计算题（每题 10 分，共 40 分）



$$\Delta_f G_m^\theta(298\text{K}) = -103.75 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}, \Delta_f G_m^\theta(373\text{K}) = -106.87 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

求该反应的  $\Delta_r H_m^\theta$  和  $\Delta_r S_m^\theta$  及 373K 时反应的标准平衡常数  $K^\theta$ 。



(1) 求反应  $\text{HLac} + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Lac}^- + \text{H}_2\text{CO}_3$  的标准平衡常数  $K^\theta$ ;

(2) 将  $2.8 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{H}_2\text{CO}_3$  溶液与  $5.4 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{HCO}_3^-$  溶液等体积混合。  
计算此溶液的 pH;

(3) 将  $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$  的 HLac 加到上述 1 L 溶液中，计算所得溶液的 pH。

3、某溶液中含有  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$ ，两者的浓度均为  $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ；在室温下通入  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$  使之成为  $\text{H}_2\text{S}$  饱和溶液，并加  $\text{HCl}$  控制  $\text{S}^{2-}$  浓度。为了使  $\text{PbS}$  沉淀出来，而  $\text{Zn}^{2+}$  仍留在溶液中，则溶液中的  $\text{H}^+$  浓度最低应是多少？此时溶液中的  $\text{Pb}^{2+}$  是否被沉淀完全？已知  $K_{\text{spa}}^\theta(\text{ZnS}) = 2 \times 10^{-2}$ ,  $K_{\text{spa}}^\theta(\text{PbS}) = 3 \times 10^{-7}$ 。

4、Cu 片插入  $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{CuSO}_4$  溶液中，Ag 片插入  $\text{AgNO}_3$  溶液中组成原电池，298K 时测定其电池电动势  $E_{\text{MF}} = 0.46 \text{ V}$ 。

已知  $E^\theta(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0.80 \text{ V}$ ,  $E^\theta(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0.34 \text{ V}$ 。

(1) 写出原电池符号；

(2) 写出电极反应及电池反应；

(3) 计算  $\text{AgNO}_3$  溶液的浓度；

(4) 计算反应的标准平衡常数  $K^\theta$ 。

28、下列分子或离子的键能大小顺序正确的是( )。

- (A)  $\text{O}_2^+ < \text{O}_2 < \text{O}_2^-$  (B)  $\text{NO} < \text{NO}^+$   
(C)  $\text{N}_2 > \text{O}_2 > \text{O}_2^+$  (D)  $\text{CO} < \text{NO} < \text{O}_2$

29、下列4个化合物中氧化能力最强的是( )。

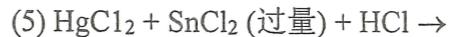
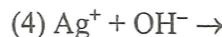
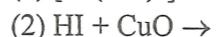
- (A)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (B)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (C)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$  (D)  $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$

30、二氧化铅具有强氧化性的原因是( )。

- (A)  $\text{Pb}^{4+}$  的有效核电荷大 (B)  $\text{Pb}^{2+}$  易形成配离子  
(C)  $\text{Pb}$  原子含有惰性电子对 (D)  $\text{Pb}^{2+}$  盐难溶于水

### 二、简答题（共 50 分）

1、正确书写下列各反应的方程式（每题 2 分，共 10 分）



2、填空（每空1分，共30分）

(1) 28 号元素的电子排布为 ①，它属于第 ② 周期，第 ③ 族。

(2) 稀有气体的分子间力有 ④。它们的沸点从低到高的次序为 ⑤。

(3)  $\text{CaCl}_2$  的熔点 ⑥ 于  $\text{NaCl}$  的熔点， $\text{MgO}$  的熔点 ⑦ 于  $\text{BaO}$  的熔点（填高或低）。

(4)  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$  的空间构型分别为 ⑧-⑪；中心原子成键所采用的杂化轨道方式依次为 ⑫-⑮。 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  和  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  分别以 ⑯-⑰ 杂化轨道成键的。

(5) 已知  $[\text{Co}(\text{en})_3]^{2+}$  的磁矩为  $3.82 \text{ B.M.}$ ，依据晶体场理论，其中心离子的 d 电子排布是 ⑯。

(6) 氧化性  $\text{HClO}_3$  ⑯  $\text{HClO}$ ，酸性  $\text{HClO}_3$  ⑯  $\text{HClO}$ （填大于或小于）。

(7) 氮的  $I_1$  高于同周期相邻两个元素的  $I_1$ ，是因为 ⑯。在该周期内  $I_1$  最大的元素和  $I_1$  最小的元素分别是 ⑯ 和 ⑯。

(8) 在  $\text{CuCl}_2$  溶液中加入浓  $\text{HCl}$ ，然后加入铜屑煮沸，生成土黄色的 ⑯ 溶液；将该溶液稀释时生成 ⑯ 色的 ⑯ 沉淀。在含  $\text{Hg}^{2+}$  的溶液中滴加适量  $\text{KI}$  溶液有 ⑯ 实验现象，滴加过量  $\text{KI}$  溶液有 ⑯ 实验现象。通常鉴定  $\text{Ni}^{2+}$  的方法是： $\text{Ni}^{2+}$  与 ⑯ 在弱碱性条件下生成难溶于水的 ⑯ 色的沉淀。

3、推断题（每题 5 分，共 10 分）

(1) 某棕黑色粉末 A，将其与浓盐酸混合并加热得近乎无色的溶液 B 和某有毒气体，向酸性的 B 中加入一些  $\text{PbO}_2$  粉末后得到紫红色溶液 C。向 C 中加入  $\text{NaOH}$  溶液至强碱性后再加入  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  溶液，有绿色溶液 D 生成，向 D 中再滴加稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  又生成 A 和 C。若向 B 中滴加  $\text{NaOH}$  溶液有白色沉淀 E 生成，E 不溶于过量  $\text{NaOH}$  溶液，但在空气中 E 逐渐变为棕黑色。试确定 A-E 各字母所代表物种的化学式。

(2) 一银灰色金属粉末 A，溶于稀硫酸得含 B 的溶液。于 B 溶液中加入一种硫酸盐 C，可得一种浅绿色单斜晶体 D；在 D 的水溶液中加入  $\text{NaOH}$  溶液，可得白色（或带浅绿色）沉淀 E；E 在空气中缓慢变成棕色，最终变成 F；若适量滴加  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液于 E 中，充分搅拌，可得黑色沉淀 G；在 E 的滤液中加入过量的  $\text{NaOH}$  溶液并加热，