

# 中国科学院大学

## 2013 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题

### 科目名称：普通化学（乙）

#### 考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上均无效。
3. 可以使用无字典存储和编程功能的电子计算器。

---

#### 一、单项选择题（每题选一最佳答案，每小题 1.5 分，共 30 分）

1. 当两个碳原子之间成键数增加时，下列哪项会减小：  
A. 原子间的电子数； B. 键能； C. 键长； D. 没有一项。
2. 假设氢原子的电子吸收光子发生下列能级跃迁，请问哪一个吸收光子的能量最低：  
A. 从  $n=2$  到  $n=3$ ； B. 从  $n=1$  到  $n=2$ ；  
C. 从  $n=2$  到  $n=1$ ； D. 从  $n=2$  到  $n=4$ 。
3. 请将下列化合物按照熔点升高的顺序排列 NaF, MgF<sub>2</sub>, AlF<sub>3</sub>, NaBr, NaI：  
A. MgF<sub>2</sub>; AlF<sub>3</sub>; NaF; NaI; NaBr; B. NaF; NaBr; NaI; MgF<sub>2</sub>; AlF<sub>3</sub>;  
C. AlF<sub>3</sub>; MgF<sub>2</sub>; NaF; NaBr; NaI; D. NaI; NaBr; NaF; MgF<sub>2</sub>; AlF<sub>3</sub>。
4. 请问反应  $2\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$  的标准焓变与下列哪项相等：  
A.  $+2H_f^\ominus[\text{CO}(\text{g})]$ ; B.  $H_f^\ominus[\text{CO}(\text{g})]$ ; C.  $-H_f^\ominus[\text{CO}(\text{g})]$ ; D.  $-2H_f^\ominus[\text{CO}(\text{g})]$ 。

5. 水溶液中含有浓度为 0.10 M 苯甲酸以及浓度为 0.30 M 的苯甲酸钠，苯甲酸的  $K_a$  为  $6.5 \times 10^{-5}$ ，请问此溶液的 PH 值为多少：
- A. 4.66;      B. 4.19;      C. 0.477;      D. 3.71。
6. 若反应的机理如下:  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{慢}} \text{NO}_2\text{F}(\text{g}) + \text{F}(\text{g})$  (慢反应);  $\text{F}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{快}} \text{NO}_2\text{F}(\text{g})$  (快反应)。请问此反应的中间体为：
- A.  $\text{NO}_2\text{F}(\text{g})$ ;    B.  $\text{NO}_2(\text{g})$ ;      C.  $\text{F}(\text{g})$ ;      D.  $\text{NO}_2\text{F}(\text{g})$  以及  $\text{F}(\text{g})$
7. 下列哪种烃在室温及常压下是液体：
- A.  $\text{C}_6\text{H}_{14}$       B.  $\text{C}_3\text{H}_8$ ;      C.  $\text{C}_2\text{H}_6$ ;      D.  $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$
8. 某反应的  $\Delta H^\ominus$  为 +25 kcal/mol 以及  $\Delta S^\ominus$  为 +0.18 kcal/mol，请判断下列选项中正确的一项：
- A. 此反应在 298K 时可以自发进行，其他温度也可以；
- B. 此反应在 298K 时可以自发进行，但是在低温下不可以；
- C. 此反应在 298K 时不可以自发进行，但是在高温下可以；
- D. 此反应在任何温度下都不可以自发进行。
9. 在某电池中，总反应为： $\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{MnO}(\text{OH})(\text{s})$ ，请问下列哪个半反应是相应的阳极反应：
- A.  $2\text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{MnO}(\text{OH})(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ ;
- B.  $\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{e}^-$ ;
- C.  $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ ;
- D.  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$ .
10. 在下列哪个条件下  $\text{CO}_2$  的行为最偏离理想气体行为：
- A. 高温高压;    B. 低温高压;    C. 低温低压;    D. 高温低压。
11. 下列关于沸腾的说法不正确的是：
- A. 沸腾时吸热过程，因此沸腾时液体的温度会略微降低；
- B. 在密闭容器内加热液体，液体不会出现沸腾现象；

- C. 在一个大气压下把水加热到 100°C 也有可能出现水不沸腾的现象;  
D. 水的沸点会随大气压的增大而升高。
12. 25°C时, 铜-锌原电池中  $Zn^{2+}$  和  $Cu^{2+}$  的浓度分别为  $0.10 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  以及  $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ , 此时电池电动势比标准电动势:  
A. 增加 0.1184V; B. 增加 0.0592V;  
C. 减少 0.1184V; D. 减少 0.0592V。
13. 在一定温度下, 将 1.0mol 的  $N_2O_4(g)$  放入一密闭容器中, 当反应  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  达到平衡时, 容器内有 0.8mol  $NO_2$  气体, 气体的总压为 100.0kPa, 则该反应的  $K^\ominus$  为:  
A. 1.07; B. 0.76; C. 0.67; D. 1.3。
14. 下列分子或离子中键长最短的是:  
A.  $O_2^+$ ; B.  $O_2$ ; C.  $O_2^-$ ; D.  $O_2^{2-}$ 。
15. 下列哪个原子含有的中子数最少:  
A.  $^{27}Al$ ; B.  $^{31}P$ ; C.  $^{29}Si$ ; D.  $^{32}S$ 。
16. 在一个原子中最多可以有几个电子处于的量子数为  $n=3, l=1$  的亚层中:  
A. 2; B. 6; C. 10; D. 14。
17. 下列哪个分子中具有 C-O 单键:  
A.  $CO_2$ ; B.  $CO_3^{2-}$ ; C.  $COF_2$ ; D 以上都不对。
18. 已知  $K_{sp}^\ominus(Ag_2SO_4) = 1.2 \times 10^{-5}$ ,  $K_{sp}^\ominus(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}$ ,  
 $K_{sp}^\ominus(BaSO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$ 。将等体积的浓度为  $0.002 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  的  $Ag_2SO_4$  与浓度为  $2 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot L^{-1}$  的  $BaCl_2$  溶液混合, 将产生什么沉淀:

- A. 只生成  $\text{BaSO}_4$  沉淀;                      B. 只生成  $\text{AgCl}$  沉淀;  
C. 同时生成  $\text{BaSO}_4$  和  $\text{AgCl}$  沉淀;      D. 有  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  沉淀生成。

19. “高温”超导体指的是超导转变温度高于\_\_\_\_的材料:

- A. 液氮沸点温度; B. 室温; C. 液氮沸点温度; D. 摄氏零度。

20. 请选出下列碱基中那个不是 DNA(脱氧核糖核酸)的碱基:

- A. 腺嘌呤; B. 鸟嘌呤; C. 尿嘧啶; D. 胞嘧啶。

## 二、多项选择题 (每题选出一个或者多个正确选项, 多选, 少选, 选错均不得分, 每小题 2 分, 共 12 分)

1. 请选出一组对于某原子中的电子合理的量子数

- A.  $n = 1, l = 1, m_l = 1, m_s = +1/2$ ; B.  $n = 2, l = 1, m_l = -1, m_s = -1/2$   
C.  $n = 3, l = 2, m_l = -1, m_s = -1/2$ ; D.  $n = 3, l = 2, m_l = -1, m_s = 0$ 。

2. 加入下列哪种(些)物质可以使  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  在水中的溶解度增大:

- A.  $\text{CaCl}_2$       B.  $\text{NaCl}$       C.  $\text{Na}_3\text{PO}_4$       D.  $\text{H}_3\text{PO}_4$

3. 下列有关反应速率与温度关系的描述, 正确的有:

- A. 对吸热反应, 温度升高, 反应速率增大;  
B. 对放热反应, 温度升高, 反应速率下降;  
C. 活化能越大的反应, 反应速率随温度变化的幅度越大;  
D. 在相同温度下, 活化能越大的反应, 反应速率越低。

4. 反应  $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2$  在标准状态下可以正向进行, 若向溶液中再加入少量  $\text{NaCl}$ , 则下列说法中正确的有:

- A. 电动势  $E$  将减小;                      B. 反应  $\Delta G$  的绝对值将减小;  
C. 反应平衡常数将减小;                D. 正反应的反应速率将减小。

5. 下列各组物质中, 互为共轭酸碱对的有:

- A.  $\text{H}_3\text{PO}_4 - \text{PO}_4^{3-}$     B.  $\text{H}_3\text{O}^+ - \text{OH}^-$     C.  $\text{NH}_4^+ - \text{NH}_3$     D.  $\text{HCl} - \text{Cl}^-$

6. 下列对于零级、一级、二级、三级反应的特点的描述中, 正确的有:

- A. 零级反应的半衰期与反应物初始浓度无关;
- B. 一级反应中, 反应物浓度的对数  $\lg[A]$  对时间  $t$  作图, 可得一直线;
- C. 二级反应的反应速率常数单位为  $L \cdot mol^{-1} \cdot s^{-1}$ ;
- D. 三级反应中, 反应物起始浓度越大, 反应半衰期越短。

### 三、 填空题 (共 20 分)

1. 在相同的温度与相同的压力下, 相同体积的气体所含\_\_\_\_\_相同。(1分)
2. 稀溶液的依数性与溶质的量有关, 与溶质的\_\_\_\_\_无关。(1分)
3. 纯物质的完美晶体在\_\_\_\_\_时熵值为零。(1分)
4. 在相同温度下,  $PbSO_4$  在  $KNO_3$  溶液中的溶解度较在纯水中\_\_\_\_\_, 这种现象称为\_\_\_\_\_。(2分)
5.  $K_3[Fe(CN)_6]$  有弱磁性, 则  $Fe^{3+}$  以\_\_\_\_\_杂化轨道成键, 其空间构型为\_\_\_\_\_。(2分)
6. 已知  $\varphi^\circ(Fe^{3+}/Fe) = -0.036 V$ ,  $\varphi^\circ(Ni^{2+}/Ni) = -0.23 V$ , 在标准状态下, 反应  $3Ni + 2Fe^{3+} \rightleftharpoons 3Ni^{2+} + 2Fe$  \_\_\_\_\_向进行, 当  $c(Fe^{3+}) = 1.0 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1}$ ,  $c(Ni^{2+}) = 1.0 mol \cdot L^{-1}$  时,  $\varphi(Fe^{3+}/Fe) =$  \_\_\_\_\_  $V$ , 反应\_\_\_\_\_向进行。(6分)
7. 人体内某一酶催化反应的活化能是  $70.0 kJ \cdot mol^{-1}$ , 当人体发烧至  $40^\circ C$  时该反应的反应速率是正常人 ( $37^\circ C$ ) 的\_\_\_\_\_倍。(2分)
8. 熵减小的反应在低温可自发进行, 此反应的  $\Delta_r H_m^\circ$  \_\_\_\_\_。(2分)
9. 蛋白质是由 \_\_\_\_\_ 通过 \_\_\_\_\_ 键组成的天然高分子。(2分)
10. 聚丙烯的单体结构式是\_\_\_\_\_。(1分)

### 四、判断题: (每题 2 分, 共 30 分)

1. 配合物中心原子的配位数就是直接与中心原子配合的配体数目。
2. 功和热都是途径函数, 无确定的变化途径就无确定的数值。
3. 反应的级数取决于反应方程式中反应物的化学计量数。

4.  $\text{PbI}_2$  与  $\text{CaCO}_3$  的溶度积均近似为  $10^{-9}$ , 因此可知在它们的饱和溶液中, 前者的  $\text{Pb}^{2+}$  浓度与后者的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度近似相等。
5.  $m_s = \pm 1/2$  表示电子的自旋为顺时针运动和反时针运动。
6. 改变压力、温度、浓度和催化剂, 均可以使化学平衡移动。
7. 反应的活化能越大, 反应速率就越小; 反应温度越高, 反应速率就越快。
8. 根据酸碱质子理论,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+}$  的共轭酸是  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 。
9.  $K_{sp}^\ominus$  越小, 则难溶电解质的溶解度越小。
10. 由  $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{4-}$  的磁矩约为 1.8 B.M., 可推测其含有 1 个未成对电子。
11. 冰在室温下自动融化为水, 是熵增加起了重要作用。
12. 天然橡胶的  $T_g$  为  $-73^\circ\text{C}$ , 低于  $-73^\circ\text{C}$  则橡胶失去弹性变为玻璃态。
13.  $\text{BaO}$  是离子晶体。
14.  $\text{NF}_3$  是  $\text{SP}^3$  不等性杂化。
15. 化学反应达到平衡状态的标志是反应的  $\Delta_r G_m(T) = 0$ 。

## 五、问答题 (共 13 分)

1. 在新能源和可再生能源家族中, 太阳能是最引人注目, 开展研究工作最多, 应用最广的成员, 请举例说明三种太阳能转换的方式。(4 分)
2. 请简述大气污染的的几种污染物: 二氧化碳, 一氧化碳, 二硫化碳, 氟利昂以及  $\text{PM}_{2.5}$  的主要来源和对人体或者环境有害的原因。(5 分)
3. 硝基苯 ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ ) 的偶极矩为  $1.4 \times 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$ , 苯胺的为  $5.7 \times 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$ , 在水中硝基苯的溶解度大于苯胺, 请解释原因。(4 分)

## 六、计算题 (共 45 分)

1. (本小题 7 分) 用于制备半导体硅的反应:  $\text{SiO}_2(\text{s}) + 2\text{C}(\text{s}) = \text{Si}(\text{s}) + 2\text{CO}(\text{g})$ , 有关热力学数据如下表。试通过计算:

- (1) 判断此反应在 298.15K 的标准条件下能否自发进行；  
 (2) 估计在标准条件下自发进行的最低温度。

	SiO <sub>2</sub> (s)	C(s)	Si(s)	CO(g)
$\Delta_f H_m^\ominus(298.15K)/kJ \cdot mol^{-1}$	-859.4	0	0	-110.5
$S_m^\ominus(298.15K)/J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$	41.84	5.74	18.83	197.56

2. (本小题 12 分) 已知  $\varphi^\ominus(\text{Br}_2/\text{Br}^-) = 1.066\text{V}$ ,  $\varphi^\ominus(\text{IO}_3^-/\text{I}_2) = 1.20\text{V}$ :

- (1) 写出标准状态下自发进行的电池反应式；  
 (2) 若  $c(\text{Br}^-) = 0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 而其它条件不变, 通过计算判断反应将如何进行？  
 (3) 若调节溶液  $\text{pH} = 6.0$ , 其它条件不变, 通过计算判断反应进行方向。

3. (本小题 7 分) 某溶液中含有  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$ , 它们的浓度均为  $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 如果要求  $\text{Fe}^{3+}$  沉淀完全而  $\text{Fe}^{2+}$  不沉淀, 问溶液的  $\text{pH}$  应如何控制？

$$(K_{sp}^\ominus[\text{Fe}(\text{OH})_3] = 4 \times 10^{-38}), \quad K_{sp}^\ominus[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 8 \times 10^{-16})$$

4. (本小题 7 分) 反应  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$  在 300K 时的活化能为  $75.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . 若分别用  $\text{I}^-$  和酶催化, 活化能分别为  $56.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  和  $25.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . 计算在相同温度下, 催化反应的速率分别是无催化反应的多少倍？

5. (本小题 12 分) 20 ml  $c(\text{HCl}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 HCl 溶液与 20ml  $c(\text{NaAc}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 NaAc 溶液混合, 已知  $K_a^\ominus(\text{HAc}) = 1.8 \times 10^{-5}$ , 计算:

- (1) 溶液的  $\text{pH}$   
 (2) 在混合溶液中加入 1mL  $c(\text{NaOH}) = 0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 NaOH, 溶液  $\text{pH}$  变为多少？  
 (3) 在混合溶液中加入 1mL  $c(\text{HCl}) = 0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 HCl, 溶液  $\text{pH}$  变为多少？