

电子科技大学

2007 年攻读硕士学位研究生入学试题

考试科目： 425 无机化学

特别注意：所有的答案必须写在答题纸上，做在试卷或草稿纸上无效。

一. 选择最佳答案填空（共 20 分，每小题 1 分。所有考生必做）

1. 稀有元素氩 (Ar) 的发现者是 ()
 (a) 莱姆赛 (Ramsay); (b) G.N.Lewis; (c) 巴特列脱 (N.Bartlett);
 (d) 美国科学家 Person; (e) 以上答案皆不对;
2. 已知氢气的分子量为 2, 氧气的分子量为 32, 根据气体扩散定律, 在同等实验条件下氢气与氧气分子的扩散速率之比为 ()。
 (a) $U_{\text{氢气}} : U_{\text{氧气}} = 1 : 16$; (b) $U_{\text{氢气}} : U_{\text{氧气}} = 1 : 4$;
 (c) $U_{\text{氢气}} : U_{\text{氧气}} = 16 : 1$; (d) $U_{\text{氢气}} : U_{\text{氧气}} = 4 : 1$;
3. 在人的健康血红蛋白中, () 离子是维持其生理功能所必需的。
 (a) Na^+ 离子和 K^+ 离子; (b) Ca^{2+} 离子和 Mg^{2+} 离子;
 (c) Fe^{2+} 离子和 Fe^{3+} ; (d) Cu^+ 离子和 Cu^{2+} 离子。
 (e) 以上答案都不对。
4. 金属 Co^{2+} 离子存在于下列 () 化合物中。
 (a) 叶绿素; (b) 维生素 C; (c) 维生素 B12;
 (d) 维生素 A2; (e) 无答案可选。
5. 在实验室中, 可以用润湿的淀粉-KI 试纸鉴别下列 () 气体。
 (a) O_3 和 Cl_2 ; (b) 氢气和氧气; (c) H_2S 和 HCl 等气体;
 (d) CH_4 和 CO ; (e) 无正确答案可选;
6. 根据酸碱质子理论, 在液 NH_3 中, 下列物质中属于酸的是 ()
 (a) NH_3 ; (b) NH_4^+ ; (c) NH_2^- ;
 (d) CH_3NO_2 ; (e) 无正确答案可选。
7. 在标准状态下, $0.01\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的 H_2SO_4 水溶液中的 $[\text{OH}^-]$ 为 () $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 。
 (已知 H_2SO_4 的第二级电离常数 $K_{a2} = 1.2 \times 10^{-2}$)。
 (a) 0.1; (b) 1.0×10^{-1} ; (c) 6.9×10^{-13} ; (d) 1.45×10^{-2} ;
 (e) 无正确答案可选;
8. $4\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}), \Delta_r G_m^0 = -1480\text{KJ}$;
 $4\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{Fe}(\text{s}) = 3\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}), \Delta_r G_m^0 = -80\text{KJ}$;
 则 $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$ 的 $\Delta_f G_m^0$ ()
 (a) -1013KJ/mol ; (b) -1560KJ/mol ;
 (c) -3040KJ/mol ; (d) $+1560\text{KJ/mol}$;
9. 在下列金属单质中, 密度最大的是 ()
 (a) 金属 Hg 单质; (b) 金属 Os 单质; (c) 金属 Pt 单质;

- (d) 金属 Au 单质; (e) 以上答案皆不对;
10. 根据酸碱离子理论, 在下列无机酸中属于一元酸的是 ()。
- (a) H_3PO_3 ; (b) H_2SO_3 ; (c) H_2SiO_3 ; (d) H_3BO_3 ;
(e) 无正确答案可选;
11. 有一种白色硝酸盐固体, 溶于水后, 用下列几种试剂分别处理, (1) 加 HCl 生成白色沉淀; (2) 加稀 H_2SO_4 析出白色沉淀; (3) 加氨水亦析出白色沉淀, 但不溶于过量的氨水, 这种硝酸盐的阳离子是 ()
- (a) Hg_2^{2+} ; (b) Ba^{2+} ; (c) Ag^+ ;
(d) Pb^{2+} ; (e) 以上无合适的答案;
12. 已知钠的电负性为 0.93, Cl 的电负性为 3.16, 则 NaCl 中化学键的离子百分数为 ()
- (a) 100%; (b) 95.2%; (c) 87.81%; (d) 71.15%; (e) 无答案可选;
13. 根据价层电子对互斥理论, 下列哪组分子皆是平面三角形结构 ()
- (a) NH_3 与 PH_3 ; (b) BCl_3 与 SO_3 ; (c) BF_3 与 ClF_3 ;
(d) H_3PO_4 与 H_2SO_4 ; (e) 以上答案都不对;
14. 实验室常用变色硅胶作干燥剂, 它是通过颜色的变化来指示是否还有效。其中加入指示剂为 ()
- (a) FeCl_3 ; (b) 酚酞; (c) CoCl_2 ;
(d) NiCl_2 ; (e) 无正确答案。
15. 下列物质中加入盐酸后, 不能够产生 Cl_2 气体的物质是 ()
- (a) Pb_3O_4 ; (b) $\text{Fe}(\text{OH})_3$;
(c) $\text{Co}(\text{OH})_3$; (d) $\text{Ni}(\text{OH})_3$;
16. 在下列体系中, 哪种体系的分子作用力最弱 ()
- (a) HCl 分子与 HBr 分子; (d) 水分子与 HF 分子。
(b) 水分子与氦气分子; (e) 硝酸分子与 CO_2 分子;
(c) 无答案可以选择;
17. 某原子有 11 个电子, 现有如下量子数, 其中对应于该原子中能量最高的那个电子的量子数为 ()
- (a) $n=2, l=1, m=0, m_s=-1/2$; (b) $n=2, l=2, m=0, m_s=-1/2$;
(c) $n=3, l=1, m=1, m_s=+1/2$; (d) $n=3, l=2, m=-2, m_s=-1/2$;
(e) $n=3, l=0, m=0, m_s=+1/2$;
18. 已知下列反应的平衡常数:
- $$2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) \quad \dots\dots (1) \quad K_1$$
- $$2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \dots\dots (2) \quad K_2$$
- 则反应 $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$ 的平衡常数为 ()
- (a) $\sqrt{K_1 + K_2}$; (b) $\sqrt{K_1 \times K_2}$; (c) $\sqrt{K_1} + \sqrt{K_2}$;
(d) $K_1 \times K_2$; (e) 无答案可选;
19. 在下列各溶液中通入过量的 H_2S 气体, 不能可以获得硫化物沉淀的溶液为 ()
- (a) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液; (b) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液; (c) ZnSO_4 溶液;

(d) CuSO_4 溶液;

(e) 以上答案都不对;

20. 如果将氢气与氧气的反应设计为燃料电池, 反应介质为 KOH 溶液, 在电池放电时, 正极发生的反应是 ()

(a) $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$;

(b) $4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = 4\text{OH}^- + \text{O}_2$;

(c) $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}$;

(d) $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = 4\text{OH}^-$;

(e) 以上答案都不对;

二. 判断下列叙述是否正确。[正确打 \checkmark ; 不正确打 \times]

(所有考生必做。共 30 分, 每小题 2 分)

() 1. 自然界中 Mo 与 W 常常形成共生矿, 这种现象可用镧系收缩效应解释。

() 2. 就目前世界上探明的稀有元素矿储藏量而言, 我国不是稀有元素矿储藏量最多的国家。

() 3. 在人体中含量最多(按重量百分比计)的化合物是有机化合物。

() 4. 由于碳酸的解离常数与氨水的解离常数相同, 故碳酸铵溶液的酸碱性与其浓度无关。

() 5. 化学成分为 Fe_2O_3 粉体可能是红色颜料, 也可能是黄色颜料。

() 6. 由于氢与氧都存在三种同位素, 故可以形成九种类型的水。

() 7. 砒霜是 As_4O_6 ; 雄黄是 As_4S_4 。

() 8. 如果分子的中心原子采用 sp^3 杂化轨道成键, 则分子的几何构型必为正四面体。

() 9. 缓冲溶液的作用原理是同离子效应。

() 10. PbO_2 和 NaBiO_3 等的强氧化性, 可以用惰性电对效应解释。

() 11. 对于纯水, 在 $0-100^\circ\text{C}$ 范围内, 其离子积 (K_w) 是 1.0×10^{-14} 。

() 12. 对于氢原子而言, 其核外的 $2s$ 轨道与 $2p$ 轨道的能量相同。

() 13. s 电子绕核运动的轨道为一圆周; 而 p 电子是走 ∞ 形的。

() 14. 外围电子构型为 $4f^7 5d^1 6s^2$ 的元素在周期表中的位置是第四周期 VII B 族;

() 15. 在硝酸溶液中, 不但存在分子间氢键, 还存在分子内氢键, 但不存在色散力。

三. 用化学反应方程式表达下列反应, 并说明主要产物的状态和颜色。(共 30 分, 每小题 6 分, 所有考生必做)

1. 写出下列离子鉴别的特征反应, 要求写出实验的试剂种类、反应方程式、实验现象。(1) Fe^{2+} ; (2) Fe^{3+} ; (3) CrO_4^{2-} ;

2. 酸性介质中过硫酸铵和 $\text{MnSO}_4(\text{aq})$ 反应 (Ag^+ 催化)。

3. 在实验室中用单质硅和单质铝制备氢气的反应。

4. 某些油画中的白色颜料放久后会发黑、发暗, 用 H_2O_2 来处理可以恢复原貌。

5. 将 SiCl_4 、 SnCl_4 分别加入水中进行水解反应。

四. 回答下列问题(共 40 分, 第 1、2 小题 12 分, 其余各小题 8 分。)

(所有考生必做第 1, 2 小题, 其余任选做二个小题)

1. 根据分子轨道理论, 画出 O_2^+ 、 O_2 、 O_2^- 分子与离子的分子轨道能级图, 计算分子的键级。并指出它们的磁性、稳定性顺序。

2. 用晶体场理论说明 $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 是高自旋, 而 $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{4-}$ 是低自旋, 计算

它们的磁矩大小；并判断 $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ 与 $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{4-}$ 配离子的稳定性。

3. 简述铅酸蓄电池的工作原理（必须写出充电与放电时的电极反应式）

4. 实验室研究表明， H_2O_2 具有氧化性又具有还原性，请设计一系列实验证实这一结论。要求写出实验的试剂种类和步骤、反应方程式、实验现象。

5. 以 $[\text{FeF}_6]^{3-}$ 和 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 为例，说明生成内轨型配合物与外轨型配位化合物的条件。

6. 证明：在浓度为 $1.0\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的 NaHCO_3 溶液中，溶液的 pH 值可以表示为：

$$\text{pH} = \frac{\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}}{2}; \text{其中: } K_{a1}: \text{碳酸的第一级电离平衡常数; } K_{a2}: \text{碳酸的第二级电离平衡常数}$$

五. 计算题（共 30 分，每小题 10 分。）

（应届考生必做第 1、第 2 小题，然后在任选一小题，即必须完成三个小题；非应届考生任选做三个小题）

1. 在 $0.10\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的 ZnCl_2 水溶液中通入 H_2S 气体，当通入的 H_2S 气体至饱和时（ $[\text{H}_2\text{S}] = 1.0\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ）刚好有 ZnS 沉淀生成，此时溶液中的 pH 值等于多少？

已知： H_2S 水溶液的 $K_{a1} = 5.7 \times 10^{-8}$ ， $K_{a2} = 1.2 \times 10^{-15}$ ； $K_{sp, \text{ZnS}} = 2.0 \times 10^{-22}$ 。

2. 有人想将 $1 \times 10^{-5}\text{mol}$ 的 AgI 完全溶解在 1ml 的氨水中，请你从理论上推算他所需氨水的最低浓度，以此说明他的愿望能否实现。

（已知： $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 的稳定常数为 1.7×10^7 ；

AgI 的溶度积常数： $K_{sp, \text{AgI}} = 1.56 \times 10^{-16}$ ）

3. 试通过计算说明 Zn 单质在标准状态下，既能与酸反应制备氢气，又能与碱反应制备氢气。

（已知：酸性： $\text{Zn} + 2\text{e} = \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2$ ， $\varphi_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0.76\text{V}$ ；

碱性： $\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Zn} + \text{OH}^-$ ， $\varphi_{\text{ZnO}_2^{2-}/\text{Zn}}^0 = -1.22\text{V}$ ）

4. 将 $0.2\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的盐酸与 $0.2\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 等体积混合，试计算溶液中 HC_2O_4^- 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 H^+ 、 OH^- 等离子的浓度。如果向 1.0dm^3 的该混合酸溶液中加入一滴 $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的 CaCl_2 溶液（一滴体积按 0.02ml 计算），刚滴入时能否产生沉淀？滴入后搅拌均匀，体系中能否有沉淀存在？

[已知： $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的电离平衡常数为： $K_{a1} = 6.0 \times 10^{-2}$ ； $K_{a2} = 6.0 \times 10^{-5}$ ；

CaC_2O_4 的 $K_{sp}^0 = 1.0 \times 10^{-9}$ 。]

5. 某溶液中含有 Fe^{3+} 和 Mg^{2+} 离子，两者的浓度皆为 $0.01\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ，计算（1）使 Fe^{3+} 离子完全沉淀，而 Mg^{2+} 不沉淀的 pH 值范围。（2）如果此 pH 值条件是通过通入氨气实现，则体系的氨水最高为多少（忽略配位化合物的生成）？

已知： $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的 $K_{sp}^0 = 2.7 \times 10^{-40}$ ； $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的 $K_{sp}^0 = 5.0 \times 10^{-12}$ ；

氨水的电离平衡常数为 $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ ；