

中国科学院大学

2020 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（甲）

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一律无效。
 3. 可以使用无字典存储和编程功能的电子计算器。
-

一、选择题（单选，请选择最合适的答案，每小题 2 分，共 34 分）

1. 下列物质各 10 克，分别溶于 1000 克苯，溶液的凝固点最低的是（ ）。
A. CH_2Cl_2 B. CCl_4 C. CHCl_3 D. CH_3Cl
 2. 有一个半透膜，将两个浓度不同的蔗糖水溶液隔开，其结果是（ ）。
A. 蔗糖从浓溶液向稀溶液渗透
B. 水从浓溶液向稀溶液渗透
C. 水从稀溶液向浓溶液渗透
D. 蔗糖从稀溶液向浓溶液渗透
 3. 在下列反应中，进行 1mol 反应时放出热量最大的是（ ）。
A. $\text{CH}_4(\text{l}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
B. $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
C. $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
D. $\text{CH}_4(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
-

4. 在一定条件下, 由乙二醇水溶液、冰、水蒸气、氮气和氧气组成的系统中含有 ()。

- A. 三个相 B. 四个相 C. 五个相 D. 五种组分

5. 某温度时, 反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) = 2\text{HBr}(\text{g})$ 的标准平衡常数 $K^\ominus = 4 \times 10^{-2}$, 则反应 $\text{HBr}(\text{g}) = \frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{Br}_2(\text{g})$ 的标准平衡常数 K^\ominus 等于 ()。

- A. $\frac{1}{4 \times 10^{-2}}$
B. $\frac{1}{\sqrt{4 \times 10^{-2}}}$
C. 4×10^{-2}
D. $\sqrt{4 \times 10^{-2}}$

6. 升高温度可以增加反应速率, 主要是因为 ()。

- A. 增加了分子总数
B. 增加了活化分子的百分数
C. 降低了反应的活化能
D. 促使平衡向吸热方向移动

7. 在 $\text{K}[\text{CoCl}_4(\text{NH}_3)_2]$ 中, Co 的氧化数和配位数分别是 ()。

- A. +2 和 4 B. +4 和 6 C. +3 和 6 D. +3 和 4

8. 金属 Ni 的晶格型属于面心立方, 其晶胞中 Ni 原子数为 (), 每个 Ni 原子的配位数为 ()。

- A. 2, 8 B. 4, 8 C. 2, 12 D. 4, 12

9. 为了防止海轮船体的腐蚀, 可在船壳水线以下位置嵌上一定数量的 ()。

- A. 铜块 B. 铅块 C. 锌块 D. 钠块

10. 下列物质中, 可以作为螯合剂的是 ()。

- (1) HO-OH (2) $\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$ (3) NH_2OH (4) $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$

- A. (4) B. (2)(4) C. 都可以 D. 都不可以

11. 已知电极反应 $\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ 和 $\frac{1}{2}\text{Cl}_2 + \text{e} = \text{Cl}^-$ 的标准电极电势分别为 1.45 V 和 1.36 V, 则电极反应 $\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{e} = \frac{1}{2}\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 的标准电极电势等于 ()。
- A. 1.47 V B. 0.09 V C. 1.37 V D. -0.09 V
12. 下列化合物熔点从高到低顺序为 ()。
- A. $\text{SiCl}_4 > \text{KCl} > \text{KBr} > \text{SiBr}_4$ B. $\text{KCl} > \text{KBr} > \text{SiBr}_4 > \text{SiCl}_4$
 C. $\text{SiBr}_4 > \text{SiCl}_4 > \text{KBr} > \text{KCl}$ D. $\text{KCl} > \text{KBr} > \text{SiCl}_4 > \text{SiBr}_4$
13. 以下哪个量子数不是求解薛定谔方程时引入的 ()。
- A. 自旋量子数 m_s B. 角量子数 l
 C. 主量子数 n D. 磁量子数 m
14. 下列原子中, 哪一个具有最大的第一电离能 ()。
- A. B B. N C. O D. Be
15. 下列分子中空间构型是正四面体的分子是 ()。
- A. CH_3Cl B. SnCl_4 C. BBr_3 D. CHCl_3
16. 减压蒸馏所依据的原理是 ()。
- A. 液相的蒸气压增大 B. 液相的沸点降低
 C. 液相的温度升高 D. 气相的温度降低
17. He^+ 中, $3s, 3p, 3d, 4s$ 轨道能量高低关系是 ()。
- A. $3s=3p=3d<4s$ B. $3s<3p<3d<4s$
 C. $3s<3p<4s<3d$ D. $3s=3p=3d=4s$

二、判断题 (每小题 2 分, 共 24 分)

1. 热力学第一定律的数学表达式 $\Delta U=Q+W$ 只适用于封闭体系。 ()
2. 自发反应总是熵增加的。 ()

3. 对反应系统 $C(s)+H_2O(g)=CO(g)+H_2(g)$, 由于化学方程式两边物质的化学计量数的总和相等, 所以增加总压力对平衡没有影响。 ()
4. 反应的级数取决于反应方程式中反应物的化学计量数。 ()
5. 溶解度和溶度积都是难溶物的特征性质, 溶度积 K_{sp} 由溶解度各离子浓度幂的乘积来计算, 对同类型的难溶物, K_{sp} 越小溶解度越小。 ()
6. 根据配合物的价键理论, $Co(NH_3)_6^{3+}$ 配位离子形成的配合物为内轨型配合物, 未成对电子数较多, 表现出较强的顺磁性。 ()
7. 离子极化显著影响晶体结构, 使化学键中共价键成分增加, 削弱了正负离子间相互作用, 由离子键向共价键转变。 ()
8. 锌汞电池的主要电极物质为 HgO / Hg 和 ZnO / Zn , 该电池的电极反应是在碱性溶液中进行。在电池放电过程中, 电池的电动势随着锌的氧化消耗, 逐渐降低直至无法使用。 ()
9. 具有相同温度的不同物体有相同的分子平均动能。 ()
10. 液体冷却曲线有水平段, 而固体加热曲线没有。 ()
11. 原子的金属半径一般比其单键半径大。 ()
12. 分子间作用力就其本质来说是一种静电力。 ()

三、填空题 (每空 1 分, 共 22 分)

1. 将 0.845g 的 NaCl (摩尔质量为 $58.5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) 溶于 435g 水中, 溶液的质量摩尔浓度等于_____。

2. 对于反应: $N_2(g)+3H_2(g)=2NH_3(g)$, $\Delta_r H_m^\ominus = -92.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 若升高温度约 100K, 则下列各项将如何变化 (填写不变, 基本不变, 增大或减小)

$\Delta_r H_m^\ominus$ _____; $\Delta_r S_m^\ominus$ _____; $\Delta_r G_m^\ominus$ _____;

K^\ominus _____; $v(\text{正})$ _____; $v(\text{逆})$ _____。

3. 配合物的空间异构是指配合物的分子式, 内外界组成, 配体及配位原子皆相同, 而仅是配体在中心体周围空间分布不同的配位现象, 又分为几何异构和涉及手性的旋光异构。下面几种配合物各有多少种几何异构体? (M 代表中心金属

离子, A、B、C 代表配位体。)

MA₄BC _____; MA₃B₂C _____; MA₂BC _____。

4. 经 X 射线单晶衍射分析鉴定, 钛酸钡离子晶体属于立方晶系, 其中钡离子位于立方体中心, 钛离子位于各顶点, 氧离子位于各边的中点, 并知钛离子和钡离子都分别和氧离子接触, 据此推测该晶体的化学式为 _____, 钛离子的氧配位数为 _____。

5. 溶液中含有相同浓度 (0.01 mol·L⁻¹) 的 KCl 和 K₂CrO₄, 向此溶液中逐滴加入 AgNO₃ 溶液, 滴加时考虑 AgNO₃ 溶液充分扩散, 并忽略 AgNO₃ 溶液滴入后带来的混合溶液总体积的变化, 则 _____ 后沉淀出来, 此时, Ag⁺ 浓度为 _____。(K_{sp}(AgCl) = 1.77 × 10⁻¹⁰, K_{sp}(Ag₂CrO₄) = 1.12 × 10⁻¹²)

6. 理想气体模型最重要的两点假设是 _____ 和 _____。分子运动论得出的理想气体分子平均动能与温度的关系式是 _____。

7. 共价键的主要特点是具有 _____ 和 _____。在分子轨道理论中, 原子轨道有效组合成分子轨道所满足的 3 个原则是: _____, _____, _____。

四、问答题 (共 26 分)

1. (5 分) 把生活在海水中的鱼放入淡水中, 会发生什么? 为什么?

2. (5 分) C 和 Si 同为第四主族元素, 且在原子序数上仅相差一个周期, 它们与氧形成的氧化物 CO₂ 和 SiO₂ 都是共价键化合物, 为什么通常状态下前者为气态, 而后者则为固态, 难熔且硬度大?

3. (8 分) 铀有两种重要同位素 ²³⁵U 和 ²³⁸U (还有很少量的 ²³⁴U), 而只有 ²³⁵U 在热中子轰击下可以发生裂变释放巨大能量, 因此核武器研制中需要分离出 ²³⁵U。20 世纪 30 年代, 一种常用的有效方法是利用铀的挥发性化合物 ²³⁵UF₆ 和 ²³⁸UF₆ 扩散速率的不同, 请解释这一分离方法的原理。

4. (8 分) 请解释常压下液体冷却的过冷现象。

五、计算题 (共 44 分)

1. (12 分) 已知反应: C(s) + CO₂(g) = 2CO(g), 其 K[⊖] (1040K) = 4.6, K[⊖] (940K) = 0.5, 请问:

(1) 这个反应是吸热还是放热反应? $\Delta H^\ominus = ?$

(2) 在 940K 时的 $\Delta G^\ominus = ?$

(3) 这个反应的 $\Delta S^\ominus = ?$

2. (10 分) 欲配置 500mL pH=5.0 的缓冲溶液, 问需要 $1.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 HAc 和 $6.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaAc 溶液各多少毫升? ($K_a^\ominus(\text{HAc}) = 1.76 \times 10^{-5}$)

3. (12 分) 锶 (Sr) 是一种活泼的碱土金属, 它的化学性质与 Ca 或 Ba 类似, 很容易被氧化为稳定的、无色的 Sr^{2+} 。在自然界中常以菱锶矿 (SrCO_3) 的形式存在。当 SrCO_3 固体在 pH 为 8.6 的缓冲液中进行溶解平衡后, 测得 $[\text{Sr}^{2+}] = 2.2 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 试计算 SrCO_3 的溶度积。

(已知 H_2CO_3 的酸电离平衡常数为 $K_{a1} = 4.5 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 4.7 \times 10^{-11}$)

4. (10 分) 电极反应 $\text{Au}^{3+} + 3\text{e} = \text{Au}$ 的标准电极电势为 +1.52 V, 若向溶液中加入足够的 Cl^- 可已形成 AuCl_4^- , 当 Cl^- 和 AuCl_4^- 的浓度均为 $1.00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 电极电势降为 +1.00 V。试计算反应 $\text{Au}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AuCl}_4^-$ 的配位平衡常数 $K_{\text{稳}}$ 。