

中国科学院大学（金属研究所）
2013 年招收攻读硕士学位研究生复试专业综合试题

考生须知：

1. 本试卷满分为 100 分，全部考试时间总计 180 分钟，闭卷考试。
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。

必答题（共 60 分）

1. 从结构、性能或物理化学过程角度来解释下述概念的差异。（每题 2 分，共 10 分）
(1) 晶体与非晶体 (2) 吸附与吸收 (3) 溶解与熔解
(4) 脆性与韧性 (5) 淬火与回火
2. 试述热电偶的测温原理？（4 分）
3. 表面处理可以使许多金属材料有更好或独特的性能，试举出三种以上的表面处理方法。（4 分）
4. $\rho = \rho(x, t)$, $\beta = \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$, 证明 $\frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \rho}{\partial \beta^2} \left(\frac{\partial \beta}{\partial x}\right)^2$ 。（3 分）
5. 金刚石和石墨都由碳（C）原子组成，金刚石具有很高的硬度，但不导电；而石墨的硬度低，且具有良好的导电性，为什么？（4 分）
6. 试述金属、陶瓷、塑料的主要性能差异。（6 分）
7. 镁比铝的比重小，为什么镁合金没有像铝合金一样广泛应用于航空工业？（4 分）
8. 试解释硅材料广泛应用于太阳能领域的基本原理。（4 分）
9. 两个烧杯重量、容积相同，只是高度和直径不同。把它们开口朝下垂直侵入水中，用手压住使两个烧杯的底部没入水面，且保持同一水平位置。问哪个烧杯需要施加的力更大？为什么？（4 分）
10. 当时间是 18:00 时，试问下次时针与分针重合所需的时间。（3 分）
11. 两种离子间的库仑作用为 $u(r) = \frac{-a}{r^m} + \frac{b}{r^n}$ ($n > m$)， r 表示两个离子之间的距离。求出当两个离子处于平衡位置时的距离。（4 分）
12. 阅读文献后，请写 300 字以内的结论。（10 分）文献内容详见附页。

选答题（请从以下四类中任选一类，共 40 分）

材料类（共 40 分）

一、名词解释（每题 1 分，共 6 分）

包析转变；偏晶转变；反应扩散；柯垂尔气团；弥散强化；CCT 曲线

二、简答题（每题 4 分，共 16 分）

1. 在立方晶胞中标出以下晶向和晶面：

$[\bar{1}13]$ $(11\bar{2})$ $[0\bar{1}1]$ $[\bar{1}03]$

2. 什么是加工硬化？为什么有些金属（如铅、锡等）在常温下没有加工硬化现象？

3. 溶质在圆棒的一端向另一端扩散，扩散系数与浓度无关，写出溶质浓度所遵循的偏微分方程。

4. 普通晶体材料的强度为什么远低于其理论强度。

三、论述题（每题 6 分，共 18 分）

1. 列举三种金属材料强化机制，并分别讨论位错在强化中所起作用。

2. 画出一匀晶合金相图。在相图中给定一合金成分，简述该合金在平衡和非平衡条件下的凝固过程，并在相图中示意画出两种条件下合金凝固过程中液相和固相成分的变化轨迹。

3. 假设二元合金单向凝固，溶质满足液相均匀混合，固相无扩散条件，推导凝固后溶质浓度沿凝固方向的分布（夏尔方程）。

物理类（共 40 分）

一、写出主量子数 $n=2$ 时，氢原子波函数的可能状态 (nlm) （4 分）

二、什么是电离能，什么是亲和能，什么是负电性？（4 分）

三、 N 个孤立原子（为 Al）组合在一起形成晶体时，系统的能量会如何变化，为什么？（4 分）

四、晶化过程是一级相变还是二级相变，为什么？（4 分）

五、在金属中形成空位和间隙原子都会使系统的内能增加，为什么它们还会形成，并证明。（6 分）

六、在绝对零度下，空位和间隙原子能否形成？为什么？（4 分）

七、位错能否在晶体内部起始或终止，为什么？（4 分）

- 八、位错 \bar{b} , \bar{b}_1 , \bar{b}_2 的关系为 $\bar{b}=\bar{b}_1 + \bar{b}_2$, \bar{b}_1 和 \bar{b}_2 之间的夹角为锐角, \bar{b} 是否倾向于分解为 \bar{b}_1 和 \bar{b}_2 , 为什么, 并证明。(6分)
- 九、在绝对零度时, 金属中是否存在自由电子, 为什么? (4分)

加工类 (共 40 分)

一、概念题 (每题 2 分, 共 10 分)

表面张力; 凝固潜热; 成份过冷; 超塑性; 熔化焊

二、简答题 (每题 4 分, 共 12 分)

1. 铸件宏观凝固组织特征及形成机理。
2. 画出典型焊接热循环曲线, 标出特征参数, 并解释其含义。
3. 焊接结构发生变形的本质原因是什么? 简述三种消除焊接残余应力的方法。

三、分析题 (每题 6 分, 共 18 分)

1. 影响金属塑性的因素有哪些? 请比较且分析固溶态奥氏体不锈钢 (SUS304) 和淬火态中碳钢 (45#钢) 的塑性。
2. 传统铸造工艺中浇注系统的设计有几种? 各自优缺点是什么? 要克服传统浇注系统弊端, 你觉得应该如何设计浇注系统?
3. 焊接冷裂纹的影响因素有哪些? 高碳钢厚板焊接时易出现冷裂纹, 请从高碳钢材料和结构两方面出发分析降低高碳钢厚板焊接冷裂纹的方法。

化学类 (共 40 分)

一、选择题 (每小题 2 分, 共 6 分)

1. 可用于解释碱土金属碳酸盐热稳定性变化规律的理论是: ()
A、原子结构理论 B、分子轨道理论 C、离子极化理论 D、价层电子对互斥理论
2. 下列关系式中错误的是: ()
A、 $H=U+PV$ B、 $\Delta U(\text{体系})+\Delta U(\text{环境})=0$
C、 $\Delta G=\Delta H-T\Delta S$ D、 $\Delta G(\text{正反应})\times\Delta G(\text{逆反应})=1$
3. 下列各组化合物中, 都有颜色的一组化合物是: ()
A、 SiCl_4 , SnCl_4 , PbO B、 CCl_4 , NO_2 , HgI_2
C、 SiC , B_2H_6 , N_2O_4 D、 PbO_2 , PbI_2 , SnS

二、填空题 (每小题 3 分, 共 6 分)

1. 在相同条件下, A 容器中的 H_2 和 B 容器中的 NH_3 所含的原子数目相同, 则 A、B 两容器的体积比是: _____。

2. 共价键的键参数是指_____、_____和_____。

三、简答题 (共 28 分)

1. 在配置 FeCl_3 、 SnCl_2 溶液时, 通常要加入浓 HCl , 其目的是什么? (3 分)

2. 二甲醚 ($\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$) 和乙醇 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 互为同分异构体, 它们的沸点分别是 23°C 和 78.5°C , 为什么差别这么大? (3 分)

3. 1A 族与 1B 族元素, 从上往下性质递变规律有何区别, 为什么? (5 分)

4. CuCl 、 AgCl 、 Hg_2Cl_2 均为难溶于水的白色粉末, 试用最简便的方法区别之。(3 分)

5. 基元反应 $2\text{A}(\text{g})+\text{B}(\text{g})\rightarrow 2\text{C}(\text{g})$, 写出该反应的速率方程。(2 分)

6. 下列体系中存在的分子间作用力是什么? (7 分)

$\text{H}_2\text{O-C}_2\text{H}_5\text{OH}$; $\text{CH}_3\text{Cl}_3\text{-CH}_3\text{Cl}_3$; $\text{Cl}_2\text{-Cl}_2$

7. 利用金属电极电势, 通过计算说明, 用 Sn 从 Pb^{2+} 盐溶液中置换 Pb 的过程能否进行到底? (Sn^{2+}/Sn 为 -0.14V , Pb^{2+}/Pb 为 -0.13V) (5 分)