

# 中国科学院金属研究所

## 2015 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. 为什么 X 射线衍射技术广泛应用于鉴定材料的晶体结构？（5 分）
2. 为什么金属材料的实际屈服强度远远低于理论强度？（5 分）
3. 金属材料与陶瓷材料在性能上主要有哪些区别？并简述其原理。（5 分）
4. 某元素的晶体结构为面心立方点阵，试指出面密度最大的晶面系的密勒指数，并求出面间距。（5 分）
5. 芭蕾舞演员在舞台上高速旋转能够保持身体平衡，转动过程中的各种动作是在改变那个物理量？并写出相应的守恒定律。（5 分）
6. 用火箭发射宇宙飞船要使其达到一定的速度以克服地球产生的万有引力，这个速度与哪些因素有关？它们是什么性质的关系？（5 分）
7. 为何合金退火时会发生晶粒粗化现象。（5 分）
8. 试述金属材料最常见的三种失效形式，并简述其机理。（5 分）
9. 金属钾晶体为体心立方结构，在单位晶胞中，钾原子的数目是几个？已知阿伏伽德罗常数为  $6.023 \times 10^{23}$ ，金属钾的密度为  $0.862 \text{ g/cm}^3$ ，金属钾的原子量为 39.10，试求出钾的半径。（5 分）
10. 氨的沸点为  $-33^\circ\text{C}$ ，在  $25^\circ\text{C}$  时氨的蒸汽压力为 1000 KPa，请选择下列正确的说法（ ）（5 分）
  - a)  $25^\circ\text{C}$  时，在压力为 500KPa 的氨罐中，必定含有液态氨；
  - b)  $25^\circ\text{C}$  时，在压力为 100KPa 的氨罐中，不可能含有液态氨；
  - c)  $40^\circ\text{C}$  时，在压力为 1000KPa 的氨罐中，必定含有液态氨；
  - d) 氨的临界温度必定低于  $0^\circ\text{C}$ 。
11. 阅读附页中的文献，撰写出 150-200 字的摘要。文章内容详见附页。（10 分）

## 选答题（请从以下四类中任选一类，共 40 分）

### 物理类（十二题任选十题，共 40 分）

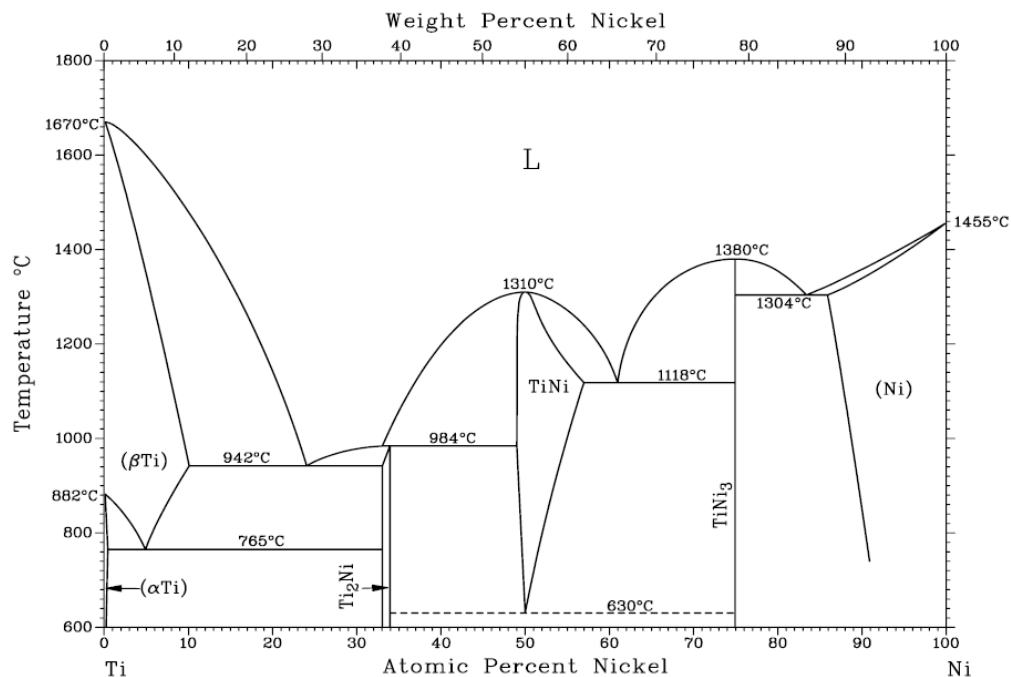
1. 名词解释：（每个2分，共4分）  
塞曼效应、声子。
2. 低温下电子、声子对固体热容量的贡献有何不同？（4分）
3. 试说明证实光具有波粒二相性的实验有哪些？（4分）
4. 简述牛顿三个定律的基本内容。（4分）
5. 原子核外电子的排布遵循那些规则？并给出相应的解释。（4分）
6. 比热反映什么？它的微观物理本质是什么？（4分）
7. 简述布洛赫定理。（4分）
8. 麦克斯韦方程组都包括哪些定理？试写出其微分或积分的公式。（4分）
9. 热力学第二定律“热量不能完全转变成功”，这是否与能量守恒定律相矛盾？  
试证明之。（4分）
10. 试求出装在势能为 $U(x, y, z) = [0(\text{容器内}) \text{ 或 } \infty(\text{容器外})]$ 容器内理想气体的哈密顿函数（能量）。（4分）
11. 写出由N个粒子组成的正则系统能量的平均值。（4分）
12. 给出自由电子能量与波矢之间的关系，并用简图表示，在晶体中这种关系会发生什么样的变化？（4分）

### 材料类（共 40 分）

1. 名词解释（每个 1 分，共 10 分）  
(1) 同素异构体；(2) 时效硬化；(3) 蠕变；(4) 成分过冷；(5) 晶带定律；  
(6) 弹性模量；(7) 上坡扩散；(8) 超塑性；(9) 伪共晶；(10) 伯氏矢量。
2. 简答题（每题 3 分，共 12 分）
  - 1) 简述 A 与 B 两种原子，具备哪些条件有利于形成固溶体？
  - 2) 什么是晶界？小角度晶界与大角度晶界之间的区别是什么？
  - 3) 简述纯金属熔体凝固时润湿角、杂质颗粒的晶体结构和表面形态对异质形核的影响。
  - 4) 试述材料硬度的物理意义，测量材料硬度的方式有哪些类型？

### 3. 论述题（共 18 分）

- 1) 试比较下列三种金属在室温下的塑性变形能力，并阐述其基本原理：铜（Cu）、铁（Fe）、镁（Mg）。（4 分）
- 2) 试比较低碳钢和高碳钢经淬火处理后形成的“马氏体”在形貌、亚结构和性能等方面分别具有哪些不同？（4 分）
- 3) 试阐述在 500°C 温度下，碳（C）原子和铬（Cr）原子在 $\alpha$ -铁（Fe）中的扩散机制有何不同？其中碳、铬、铁三种原子的半径分别为 0.077 nm、0.13 nm 和 0.128 nm。（4 分）
- 4) 指出下面二元合金相图中包含有哪些共晶转变？并写出反应的表达式（如  $L \leftrightarrow \alpha + \beta$ ）。（6 分）



### 加工类（共 40 分）

1. 名词解释：（每个 1 分，共 3 分）  
物理吸附、金属蠕变、活度
2. 简述钢的热处理目的和常用热处理工艺方法。为获得良好的综合性能，45# 优质碳素结构钢应该采用怎样的热处理工艺？为什么？（4 分）
3. 试比较砂型铸造、金属型铸造和熔化焊三种凝固过程及其微观组织，并画出

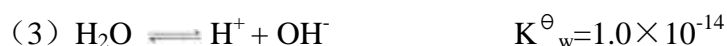
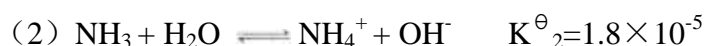
示意图。(4分)

4. 何谓晶界偏析?它对材料的性能有何危害?如何降低晶界偏析?(4分)
5. 解释多晶金属材料晶粒越细、强度越高、塑性越好。(4分)
6. 新相的长大为何会有扩散控制长大和界面控制长大两种类型,举例说明。(4分)
7. 比较粉末冶金法与铸造法生产合金的优缺点。(4分)
8. 什么是成分过冷?简述成分过冷与单相凝固组织类型的关系。(4分)
9. 什么是再结晶?影响再结晶的主要因素。(4分)
10. 画出 Fe-C 二元合金相图,并分析 Fe-0.80wt%C 钢的平衡凝固和固态相变过程。(5分)

### 化学类(共40分)

1. 周期系中哪一个元素的电负性最大?哪一个元素的电负性最小?周期系从左到右和从上到下元素的电负性变化呈现什么规律?为什么?(4分)
2. 金属的晶体结构有哪几种主要类型?它们的空间利用率和配位数各是多少?对金属性质的影响又如何?(4分)
3. 三氟化氮  $\text{NF}_3$ (沸点 $-129^\circ\text{C}$ )不显 Lewis 碱性,而相对分子质量最低的化合物  $\text{NH}_3$ (沸点 $-33^\circ\text{C}$ )却是个人所共知的 Lewis 碱。(a)说明它们挥发性判别如此之大的原因;(b)说明它们碱性不同的原因。(4分)
4. 解释如下现象:(5分)
  - 1) 镀锡的铁,铁先腐蚀,镀锌的铁,锌先腐蚀。
  - 2) 将  $\text{MnSO}_4$  溶液滴入  $\text{KMnO}_4$  酸性溶液得到  $\text{MnO}_2$  沉淀。
  - 3)  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ 在水溶液中会歧化为  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ 和铜。

5. 已知下列反应的平衡常数:(5分)



试计算下面反应的平衡常数:



6. 阿波罗登月火箭用联氨( $\text{N}_2\text{H}_4$ , l)作燃料,用  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 作氧化剂,燃烧产物为

$\text{N}_2(\text{g})$ 和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 。计算燃烧 1.0 kg 联氨所放出的热量，反应在 300K，101.3 kPa 下进行，需要多少升  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ ? (5 分)

已知

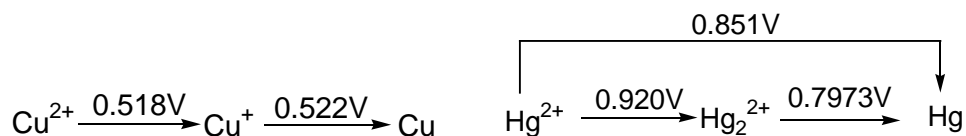
	$\text{N}_2\text{H}_4$ ( l )	$\text{N}_2\text{O}_4$ ( g )	$\text{H}_2\text{O}$ ( l )
$\Delta_f H_m^\ominus / \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	50.6	9.16	-285.8

7. 以下说法是否正确? 说明理由。(5 分)

- 1) 某反应的速率常数的单位是  $\text{mol}^{-1} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ，该反应是一级反应。
- 2) 化学动力学研究反应的快慢和限度。
- 3) 活化能大的反应受温度的影响大。
- 4) 反应历程中的速控步骤决定了反应速率，因此在速控步骤前发生的反应和在速控步骤后发生的反应对反应速率都毫无影响。
- 5) 反应速率常数是温度的函数，也是浓度的函数。

8. (8 分)

- 1) 为什么  $\text{Cu}^+$  不稳定、易歧化，而  $\text{Hg}_2^{2+}$  则较稳定。试用电极电势的数据和化学平衡的观点加以阐述；



- 2) 在什么情况下可使  $\text{Cu}^{2+}$  转化为  $\text{Cu}^+$ ，试举一例；
- 3) 在什么情况下可使  $\text{Hg}(\text{II})$  转化为  $\text{Hg}(\text{I})$ ； $\text{Hg}(\text{I})$  转化为  $\text{Hg}(\text{II})$ ，试各举几个反应方程式说明。