

华南理工大学  
2017 年攻读硕士学位研究生入学考试试卷

(试卷上做答无效, 请在答题纸上做答, 试后本卷必须与答题纸一同交回)

科目名称: 材料物理化学

适用专业: 生物医学工程(理学); 材料学; 材料工程(专硕); 生物医学工程(专硕)

共 页

一、选择题(每题 2 分, 共 30 分)

1. 空间点阵是对晶体结构中的( )抽象而得的。

- A. 原子      B. 离子      C. 几何点      D. 等同点

2. 钙钛矿结构中,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ti}^{4+}$ 的静电键强度分别为( )

- A. 1/6, 2/3      B. 1/4, 1/2  
C. 1/2, 2/3      D. 1/4, 2/3

3. Al、Mg、O 元素电负性分别为 1.5、1.2 和 3.5, 则  $\text{MgO}$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  晶体的离子键成分为( )

- A. 50%, 63%      B. 73%, 82%  
C. 73%, 63%      D. 50%, 44%

4. 关于化合物 A ( $\text{KF} \cdot \text{AlF}_3 \cdot \text{BaO} \cdot 6\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ) 和 B ( $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 的结构, 下列说法正确的是( )

- A. 两者都属于层状结构  
B. 两者都与云母结构有关  
C. 两者属于类质同晶体  
D. 化合物 A 与云母有关, 而 B 与高岭石有关

5. 在简单碱金属硅酸盐熔体  $\text{R}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  中, 正离子  $\text{R}^+$  含量对熔体粘度有影响, 当 O/Si 值较低时, 粘度按  $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+$  次序增加, 这是因为( )

- A.  $(\text{SiO}_4)$  连接方式接近岛状, 四面体基本靠 R-O 键力相连  
B. 因为  $r_{\text{Li}^+} < r_{\text{Na}^+} < r_{\text{K}^+}$ ,  $\text{Li}^+$  键力最强  
C.  $\text{R}^+$  半径愈小, 对  $(\text{SiO}_4)$  间的 Si-O 键削弱能力增加  
D. 由于离子极化使离子变形, 共价键成分增加, 减弱了 Si-O 键力

6. 离子晶体通常借助表面离子的极化变形和重排来降低其表面能, 对于下列离子晶体的表面能, 最小的是( )

A.  $\text{CaF}_2$       B.  $\text{PbF}_2$       C.  $\text{PbI}_2$       D.  $\text{CaCl}_2$

7. 将高表面能的组分加入低表面能的组分中，则前者在表面层的浓度将（ ）其在体系内部的浓度。

A. 低于      B. 高于      C. 等于      D. 无明确关系

8. 在小角度晶界上测得位错腐蚀坑的间距为  $6.87 \mu\text{m}$ ，晶界夹角为  $0.084^\circ$ ，则伯氏矢量的长度是（ ）

A.  $8 \text{ \AA}$       B.  $10 \text{ \AA}$       C.  $15 \text{ \AA}$       D.  $10 \text{ \AA}$

9. 当用焊锡焊接铜丝时，往往先用挫刀除去表面层，这样做的目的不包括（ ）

A. 降低表面能  
B. 增加表面能  
C. 增加粗糙度  
D. 增加吸附牢固度

10.  $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的正负离子半径比分别为 0.47、0.36 和 0.40，下列说法正确的是（ ）

A.  $\text{MgO}$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  可以形成连续固溶体  
B.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  可以形成连续固溶体  
C.  $\text{MgO}$  和  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  可以形成连续固溶体  
D.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  可以形成有限固溶体

11. 合成镁铝尖晶石，选择以下（ ）组原料反应速度最快。

A.  $\text{MgCO}_3$ ， $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$       B.  $\text{MgO}$ ， $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$   
C.  $\text{MgCO}_3$ ， $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$       D.  $\text{MgCO}_3$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

12. 从熔体中析晶的相变通常发生在（ ）

A. 平衡相变温度      B. 低于平衡相变温度  
C. 高于平衡相变温度      D. 没有一定规律

13. 在  $\text{BaO}$  和  $\text{TiO}_2$  合成  $\text{BaTiO}_3$  时，在一定条件下可以生成  $2\text{BaO} \cdot \text{TiO}_2$ 、 $\text{BaO} \cdot \text{TiO}_2$ 、 $\text{BaO} \cdot 2\text{TiO}_2$ 、 $\text{BaO} \cdot 3\text{TiO}_2$ 、 $\text{BaO} \cdot 4\text{TiO}_2$  五种化合物，在此系统中独立组元数是（ ）

A. 2      B. 3      C. 4      D. 5

14. 在烧结中、后期，往往伴随着晶粒生长过程，晶粒的长大对物料烧结致密的影响

是 ( )

- A. 没有影响
- B. 阻碍烧结致密
- C. 促进烧结致密
- D. 先促进、后阻碍烧结致密

15. 为了促进  $\text{Si}_3\text{N}_4$  的烧结, 常在配料中加入 3% 的  $\text{MgO}$  和 2% 的  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , 这时的烧结机理是 ( )

- A. 蒸发-凝聚
- B. 溶解-沉淀
- C. 扩散传质
- D. 粘性流动

## 二、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

1. 反尖晶石型晶体  $(\text{B}(\text{AB})\text{O}_3)$  中 A 离子填充了\_\_\_\_\_空隙,  $\text{CsCl}$  晶体中  $\text{Cs}^+$  离子占据的是\_\_\_\_\_空隙, 萤石中  $\text{F}^-$  离子占据全部\_\_\_\_\_空隙。

2. 在硅酸盐结构分类中, 矿物  $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ 、 $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ 、 $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$  和  $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSiO}_7)$  分别属于\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_结构类型。

3. 氧化物的键强是形成玻璃的重要条件, 根据单键强度的大小可以把氧化物的正离子分为三类: \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_, 其单键强度数值范围分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

4. 一种玻璃的化学组成为 15.5wt%  $\text{Na}_2\text{O}$ 、14wt%  $\text{CaO}$ 、25.5wt%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和 45wt%  $\text{SiO}_2$ , 这种玻璃的结构参数 R 和 Y 分别为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

5. 有一个变价金属氧化物  $\text{XO}$ , 在还原气氛下形成非化学计量化合物, X 和 O 原子数之比为 1.1: 1, 则其化学式应为\_\_\_\_\_, 产生的晶格缺陷类型为\_\_\_\_\_, 缺陷反应方程式为\_\_\_\_\_, 随氧分压增大, 晶体的电导率是\_\_\_\_\_, 这类晶体的导电机理为\_\_\_\_\_。

6. 菲克第一定律适用于求解\_\_\_\_\_;  
菲克第二定律适用于求解\_\_\_\_\_。

7. 固相反应一般由扩散过程控制, 描述其动力学过程的方程众多, 其中抛物线方程、杨德方程和金斯特林格方程最具代表性, 抛物线方程的表达式为\_\_\_\_\_;  
杨德方程的表达式为\_\_\_\_\_;  
金斯特林格方程的表达式为\_\_\_\_\_。

8.在相变的成核-生长模式中，均匀成核是指\_\_\_\_\_；其临界半径为\_\_\_\_\_；其临界势垒为\_\_\_\_\_。非均匀成核是指\_\_\_\_\_，其势垒表达式是为\_\_\_\_\_。

三、问答与计算（共 7 题，70 分）

1.Si 和 Al 的原子量非常接近（分别为 28.09 和 26.98），但是 SiO<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的密度相差很大（分别为 2.65 和 3.98）。请描述两者的晶体结构特征，并说明密度差异的原因。

2.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 在 MgO 中形成固溶体，在低共熔温度 1995℃时，约有 18wt%（质量分数）Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 溶入 MgO 中，假设 MgO 单位晶胞尺寸变化可以忽略不计，请通过计算说明下列情况下密度的变化。

- (1) Al<sup>3+</sup>为填隙离子
- (2) Al<sup>3+</sup>为置换离子

3.将氧化铝粉和石英粉以 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:SiO<sub>2</sub>=3:2 配比混合组成原始物料，用以合成莫来石 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 2SiO<sub>2</sub>(A<sub>3</sub>S<sub>2</sub>)，若反应以纯固相反应的形式进行，此反应开始的温度是多少？某研究人员用高纯氧化铝粉和高纯石英砂，在 ZnO 作为矿化剂的条件下，升温至 1580℃ 才可获得完全反应产物莫来石。请问实际反应温度与你的计算结果有区别吗？为什么？

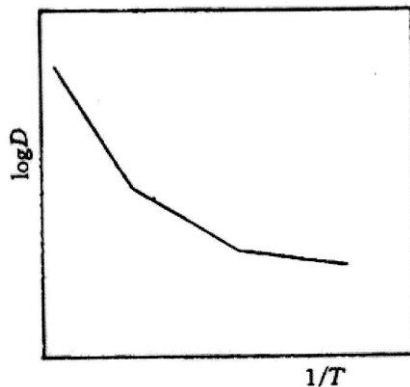
物质	热力学函数	$\Delta\Phi_T^{\circ}(\text{J/mol})$				
	$\Delta_f H_{298}$ (kJ/mol)	800K	1000K	1200K	1400K	1600K
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (S)	-1675.274	86.012	102.154	117.084	130.818	143.462
SiO <sub>2</sub> (S)	-910.857	61.230	70.667	79.311	87.182	94.391
A <sub>3</sub> S <sub>2</sub> (S)	-6819.209	418.230	484.434	545.753	602.121	653.993

4.下图是冷却程度对成核-生长速率的影响，试分析之。



5. 在  $\text{Al}_2\text{O}_3$  烧结中，加入少量  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  或  $\text{TiO}_2$  可促进烧结，且后者效果更好，请说明原因。

6. 掺入少量  $\text{Li}_2\text{O}$  的  $\text{CdO}$  的氧离子扩散系数与温度的关系如图，请分析：（1）氧离子扩散系数出现折线的原因；（2）各段折线的扩散系数表达式及扩散激活能的差异。



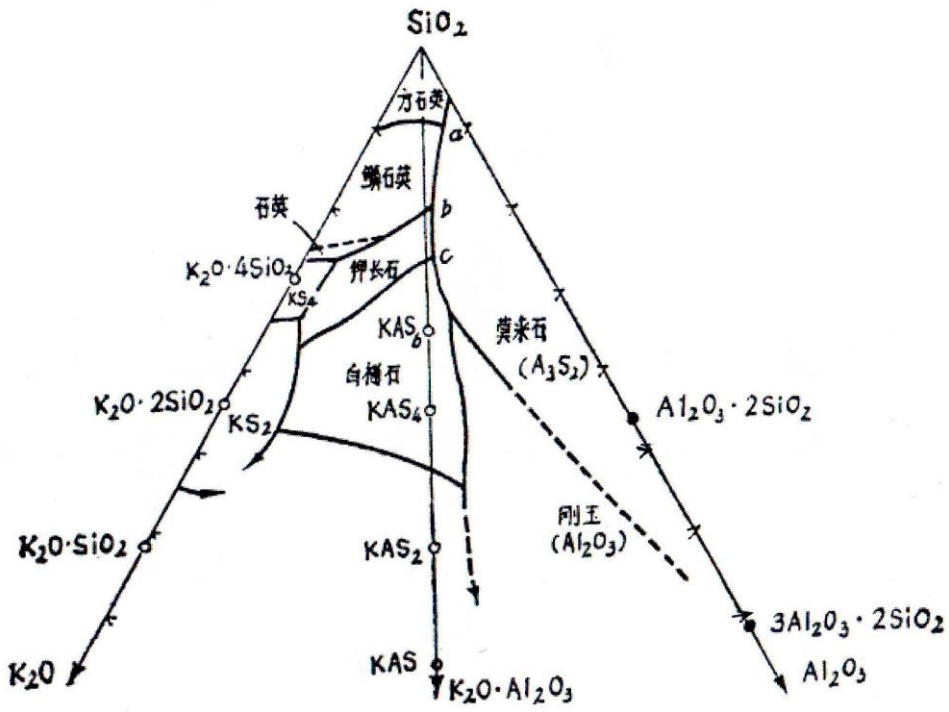
7. 脆性是无机材料主要的性能特征，材料的结构决定性能，请说明无机材料呈现脆性的原因，并举例说明如何通过显微结构设计改善无机材料的脆性。

四、（20 分）下图为  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  三元系统相图（重量%），有四个三元化合物，钾长石  $\text{KAS}_6$  ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ )  $1170^\circ\text{C}$  分解，石榴石  $\text{KAS}_4$   $1680^\circ\text{C}$  一致熔融，钾霞石  $\text{KAS}_2$   $1800^\circ\text{C}$  一致熔融，和  $\text{KAS}$ ，请回答下列问题：

1) 试画出图 2 中各相界线的温度下降的方向，并说明图中点 a, b, c 的性质（用式子表示）。

2) 配料点 M 的组成（重量%）为：煅烧过的高岭土  $\text{AS}_2$  50，石英  $\text{SiO}_2$  30，钾长石 20，试在图上画出 M 点，并求出在平衡条件下，出现液相的最低温度？此温度下可出现的最大液相量？液相的组成及百分含量？

请将此页剪下用于答题



(重量%)