复旦大学硕士研究生招生考试自命题科目考试大纲

科目代码	850	科目名称	材料科学基础

一、考试内容范围

第一章：材料科学概论

1.1 材料与物质：理解物质与材料的关系和区别。

1.2 材料的分类：掌握材料的经典分类方法，及其各自的化学键合、特点、进一步分类和典型材料举例。

1.3 材料与社会发展：理解材料科学发展对社会发展的推动作用。

1.4 材料科学与工程：掌握材料科学与工程同材料科学的区别，及其四要素间的相互关系。

1.5 材料科学在工程中的应用及其发展重点：了解材料科学发展现状，能举例一些新材料并描述其特点、应用现状和应用前景等。

第二章：材料结构的基础知识

2.1 概述：掌握材料的四级结构，能理解它们如何分别对材料的性质产生影响。

2.2 原子结构：掌握原子的结构，包括质子、中子、电子间的关系；理解海森堡测不准原理和薛定谔波动方程；掌握电子能级分布，理解主量子数、角量子数、磁量子数与自旋量子数的含义和取值规则，及能运用泡利不相容原理、能量最低原则和洪特规则给出指定元素的核外电子排布，并据此解释磁性、原子价态、电负性等特性。

2.3 元素周期表及其特性：掌握元素周期表的结构及其主要特征。

2.4 原子结合键：掌握三种化学键、两种物理键以及混合键的特点，并能运用相关原理解释典型物质的特性。

2.5 结合能与材料性能：掌握以上几种结合键键能的大小范围，并能由此解释对材料物理性能和力学性能的影响。

2.6 原子排列方式：掌握晶态与非晶态的区别，及其对材料性质的不同影响。

2.7 晶体的显微组织：掌握显微组织对材料性能的影响，能区分单相组织和多相组织。

第三章：固体材料的晶体学基础

3.1 概述：掌握晶体与非晶体的区别，以及晶体材料的主要特征。

3.2 晶体结构与空间点阵：掌握空间点阵的含义，能用点阵参数描述晶胞结构。

3.3 晶系与布拉菲点阵：能从点阵参数的角度区分 7 种晶系和 14 种空间点阵，掌握金属材料三种最典型的晶体结构及其代表性元素。

3.4 布拉菲点阵和复合点阵：理解晶体结构和空间点阵的相互关系和区别。

3.5 晶向指数和晶面指数：掌握晶向指数和晶面指数的含义、表示方法以及同晶向族和晶面族的关系，能给出六方晶系的晶向指数和晶面指数。

3.6 晶带及晶面间距：掌握晶带的含义和晶带定律；掌握晶面间距的含义，能运用常见晶系的晶面间距计算公式求解给定元素中相邻晶面的晶面间距；了解晶面间距的测定方法，能运用布拉格定律求得晶面间距。

3.7 晶胞特征：掌握各种常见晶系晶胞内的原子数、原子半径、点阵参数、每个原子的相邻原子数、配位数、致密度、原子体密度的计算方法。

3.8 密堆结构的间隙：掌握各种常见晶系内，八面体间隙和四面体间隙的个数及其间隙半径；理解元素的多晶特性及其同素异构转变。

3.9 金属合金的晶体结构：理解金属合金的物相结构；掌握固溶体的分类（置换固溶体和间隙固溶体）及其引起的结构变化；掌握金属间化合物的分类（正常价化合物、电子化合物及尺寸因素化合物）及其各自的特性。

3.10 陶瓷的晶体结构：掌握陶瓷的显微组织构成（晶体相、玻璃相和气相）；掌握离子晶体的特性，能计算离子半径、配位数和离子堆积，了解离子晶体结构的三条鲍林规则，了解四种典型的离子晶体结构（二元离子晶体、刚玉型结构、钙钛矿型结构和尖晶石型结构）及其代表性物质；掌握共价晶体的特性，了解三种典型的共价晶体结构（单质型、硫化锌型和二氧化硅型）及其代表性物质；了解硅酸盐的基本结构。

3.11 高分子的晶体结构：掌握高分子链结构和聚集态结构，近程结构和远程结构，一级、二级、三级和四级结构，构造、构型和构象等概念及其影响因素，并能用来解释高分子材料的各种不同特性；理解高分子单晶、球晶、树枝状晶、串晶、伸直链晶等晶态结构及其模型，以及无序结构和有序结构的非晶态结构

及其模型。

第四章：固体材料的晶体缺陷

4.1 引言：掌握晶体缺陷的含义、作用和分类。

4.2 点缺陷：掌握空位、间隙原子和置换原子三种点缺陷产生的原因，以及对材料性能的影响。

4.3 线缺陷：掌握刃型位错和螺旋位错产生的原因及其柏格斯回路的表示方法，理解滑移和攀移这两种位错运动方式。

4.4 位错特性及测定法：理解位错对材料力学性能、力学行为、加工特性等的影响，熟悉观察位错的常用实验方法。

4.5 面缺陷：理解外表面缺陷和内界面缺陷的含义，能区分晶界、亚晶界、孪晶界、相界、堆垛层错，掌握它们对材料性能的影响。

4.6 体缺陷：能描述常见的体缺陷类型及其对材料性能的影响。

第五章：材料热力学与相图

5.1 概述：理解相的含义及其影响因素。

5.2 相图建立的基本方法：掌握相图的建立方法及图解方法，理解吉布斯相率和杠杆定律，并能运用杠杆定律计算相图中给定相的质量分数。

5.3 二元相图的基本类型和分析：掌握均晶相图、共晶相图、包晶相图等主要二元合金相图的图解分析方法，及能运用杠杆定律计算图中各相的质量分数。

5.4 相图与合金性能之间的关系：能根据相图判断材料的物理性能、力学性能、工艺性能等。

5.5 铁碳合金相图：能基于铁碳相图，1）区分渗碳体、铁素体、奥氏体等合金相及其在图中的位置；2）掌握包晶点、共晶点、共析点、包晶反应线、共晶反应线、共析反应线等典型位置对应的温度和含义；3）碳含量对材料的力学性能和工艺性能等的影响；4）掌握退火、正火、淬火及回火的区别和作用。

5.6 相图热力学基础：理解相图的意义，能识别不同热焓增量（ΔH）情况下的吉布斯自由能-成分曲线；理解化学位、相平衡、公切线法则的含义，及其在分析相图时的作用。

第六章：固体材料的凝固与结晶

6.1 引言：理解凝固和结晶的含义及其影响因素。

6.2 金属结晶的基本规律：掌握金属结晶的微观过程和宏观现象，理解过冷度对材料性能的影响。

6.3 纯金属结晶的基本条件：掌握金属结晶的热力学条件（过冷度）、结构条件（结构起伏）及其影响因素。

6.4 晶核的形成：理解均匀形核与非均匀形核的区别；掌握均匀形核的条件和过程，理解自由能变化、临界晶核、形核功、形核率的概念及其对均匀形核的影响；掌握非均匀形核的条件和过程，理解固体杂质润湿角、表面形貌和物理性能对非均匀形核的影响。

6.5 晶体的生长：掌握晶体长大的条件、微观结构变化过程、机制、形态以及影响因素。

6.6 陶瓷和高分子的凝固：了解陶瓷和高分子的结晶过程。

6.7 结晶理论的应用：理解铸态晶粒度的控制方法和单晶体的制备方法。

第七章：材料扩散与迁移

7.1 概况：理解扩散的物理含义。

7.2 扩散现象和扩散方程：掌握扩散现象在材料科学的含义及对材料性能的影响；掌握稳态扩散菲克第一定律和非稳态扩散菲克第二定律，并能熟练运用它们计算简单的工程问题；理解互扩散原理，及柯肯达尔效应的物理含义和意义。

7.3 扩散的微观机理：掌握扩散的微观机制（空位扩散、间隙扩散和自间隙机制），以及原子跃迁距离、扩散系数、扩散激活能的物理含义和计算方法。

7.4 扩散的驱动力和反应扩散：理解扩散的主要驱动力，以及反应扩散的含义、过程和实例。

7.5 影响扩散的因素：掌握温度、原子键力、晶体结构、晶体缺陷等对扩散的影响机制。

第八章：材料的基本性能

8.1 材料的性能：理解材料使用性能与工艺性能的区别。

8.2 金属材料的性能：

（1）力学性能：1）掌握常见的材料力学性能指标的含义及其试验方法；2）掌握材料的拉伸试验方法，能从拉伸曲线上区分弹性变形阶段、屈服变形阶段、塑性变形阶段和失稳断裂阶段，能鉴别各种典型材料的拉伸曲线，能熟练掌握弹性模量、屈服强度、抗拉强度、断裂伸长率、断面收缩率等的计算方法；3）了解材料的安全设计准则（强度准则和刚度准则）；4）能区分脆性断裂和韧性断裂的断口形貌；5）掌握各种硬度测试（布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度、几种小载荷显微硬度）的原理、方法、适用范围和表示方法；6）掌握材料冲击韧性的含义、试验方法和表示方法；7）掌握疲劳和疲劳极限的概念，能区分疲劳断口上的裂纹源、裂纹扩展区和瞬断区；8）掌握蠕变的概念，能区分蠕变的三个阶段；9）理解断裂韧性的概念，了解 Griffith 公式，掌握应力强度因子、断裂韧性的含义及三种裂纹扩展的基本形式。

（2）物理性能：掌握相对密度、熔点、热膨胀系数、磁性、导热性、导电性、介电常数等的物理含义、计算公式和测量方法等，能说出常见材料的这些特性。

（3）化学性能：掌握耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性的区别与关系。

（4）工艺性能：掌握铸造性、锻造性、可焊性、切削加工性和热处理工艺性等概念。

8.3 高分子材料的性能：1）掌握玻璃态、高弹态和粘流态的含义和区别，以及对应的脆化温度、玻璃化转变温度、粘流温度和分解温度；2）理解线性非晶态高分子、线性晶态高分子和体型高分子在力学状态上的区别；3）掌握高分子材料的强度、模量、弹性、韧性、耐磨性等力学性能及其与微观结构的关系，以及特殊的粘弹性行为（蠕变、应力松弛、滞后和内耗）；4）掌握高分子材料的绝缘性、耐热性、耐蚀性、耐老化性等物理与化学性能及其与微观结构的关系，以及相应的测试方法。

8.4 陶瓷材料的性能：掌握陶瓷材料的刚度、硬度、强度、塑性、韧性和脆性等力学性能，以及热膨胀性、导热性、热稳定性、化学稳定性、导电性等理化性能的含义和特点。

第九章：基础材料概论

9.1 金属材料：1）能区分黑色金属和有色金属、钢和铸铁；2）掌握钢铁材料的不同分类方法，包括按化学成分、金相组织、冶金质量和用途进行区分及所依据的标准；3）掌握 Si、Mn、P、S、N、O、H 等杂质元素对钢的影响；4）掌握我国钢材的编号规则，包括普通结构钢、优质碳素结构钢、碳素工具钢、合金结构钢、合金工具钢等，及其中各种符号的含义；5）掌握普通结构钢、优质结构钢、特殊性能钢、铸铁等的性能特点、要求、用途和常见牌号；6）掌握铝及其合金、铜及其合金、钛及其合金、镁及其合金的特点、种类、分级和用途。

9.2 陶瓷材料：掌握陶瓷材料的分类，能区分普通陶瓷和先进陶瓷。

9.3 聚合物材料：掌握聚合物材料的分类，能例举典型的热固性树脂和热塑性树脂及其应用。

9.4 复合材料：掌握复合材料的分类，能例举典型的复合材料及其应用。

9.5 半导体材料：掌握典型的半导体材料，理解它们的工作原理，能描述它们的应用现状和发展趋势。

第十章：新材料

10.1 掌握纳米材料的定义和四大效应，能例举常见的纳米材料。

10.2 能描述信息材料、能源材料、生物医用材料、智能材料、功能转换材料、环境材料和软材料等新材料的特点，并例举在生活中的应用。

二、试卷结构

总分 150 分。如果试卷结构有所变化，不再另行通知。

三、参考书目

作者	书名	出版社	出版时间	版次	备注
石德珂	材料科学基础	机械工业出版社	2005 年 1 月	2	
William F. Smith	Foundations of Materials Science and Engineering	McGraw-Hill Education	2018 年 1 月	6	