**《材料科学与工程基础（双语）》教学大纲**

1. **课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程号 | 300004030 | 课程中文名称 | 材料科学与工程基础(双语) |
| 学分 | 3 | 课程英文名称 | FUNDAMENTALS OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING |
| 总学时 | 48 | 周学时 | 3 | 上课周数 | 16 |
| 课程属性 | ☑ 必修课 □ 选修课 |
| 课程类别 | □ 公共基础课 □ 通识模块课 ☑ 学科基础课 □ 专业核心课 □ 专业选修课 □ 实践教育课程 |
| 面向对象 | 高分子材料与工程专业，二年级本科生 |
| 先修课程 | 有机化学 |
| 课程负责人 | 赵长生 | 开课单位 | 高分子科学与工程学院 |
| 执笔人 | 冉起超 | 审核人 | 冉蓉 | 执行时间 | 2018.1 |

1. **课程简介**

**1. 中文课程简介**

“材料科学与工程基础”课程是工科材料类专业的学科基础课程，是联系基础课与专业课的桥梁，属必修课程。本课程从材料科学与工程的“四要素”出发，采用“集成化”的模式，详细讲授金属材料、无机非金属材料、高分子材料、复合材料等各种材料的共性规律及个性特征，并能够用于解决材料及其相关领域的复杂工程问题。通过本课程的学习，使学生建立材料制备/加工-组成/结构-性能-应用关系的一级学科整体概念，从原理上认识金属材料、无机非金属材料、高分子材料等各种材料的基本属性，及其在材料领域中的地位和作用，为后续二级专业课程的学习奠定良好的基础。

**2. 英文课程简介**

“Fundamentals of Materials science and engineering” course is a basic course of engineering materials major, which is a bridge between basic courses and professional courses, and is a compulsory course. Starting from the "four elements" of materials science and engineering, this course adopts the "integration" mode to give the common laws and respective characteristics of metal materials, inorganic non-metallic materials, polymer materials, composite materials and other materials in detail, and can be used to solve complex engineering problems in materials and related fields. Through the study of this course, students can establish the overall concept of the first level discipline of the relationship among material preparation and processing, composition and structure - performance – application, and understand the basic characteristics of metal materials, inorganic non-metallic materials, polymer materials and other materials in principle, as well as their status and role in the field of materials, so as to lay a good foundation for the subsequent study of secondary professional courses.

1. **课程目标及其对毕业要求的支撑**
2. **课程目标**

**课程目标1：**培养学生研究的基本能力。掌握原子结构、空间排列、聚集态结构及变化规律之间的相互关系。使学生对不同材料组成（成分）与物质结构的内在联系有较系统、深刻的理解。

**课程目标2：**培养学生问题分析能力。掌握金属、无机非金属、有机高分子和复合材料等各种材料的组成和结构，以及不同类型材料从微观到宏观的结构变化特点。

**课程目标3：**培养学生研究和运用工程知识的能力。掌握材料结构与性能关系的基本规律，了解不同类材料结构与性能特征，为材料的设计和应用奠定基础。

**课程目标4：**培养学生问题分析和运用工程知识的能力。掌握不同材料制备原理和主要方法，使学生在材料工程的基础上，建立材料制备-加工-结构-性能关系的整体概念。

1. **课程教学方法对课程目标的支撑**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程教学方法** | **课程目标1** | **课程目标2** | **课程目标3** | **课程目标4** |
| 课堂理论 | √ | √ | √ |  |
| 互动探究 | √ | √ | √ |  |
| 课堂测验 | √ | √ | √ |  |
| 课外作业 | √ | √ | √ | √ |
| 线上线下考核评价 | √ | √ | √ | √ |

1. **课程目标对毕业要求的支撑**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| 毕业要求1. 工程知识 | 毕业要求1.4 能够将高分子材料与工程专业知识和数学模型方法用于高分子材料领域复杂工程问题解决方案的比较与综合。 |  |  | 0.8 | 0.2 |
| 毕业要求2. 问题分析 | 毕业要求2.4 具有综合应用基础知识，工程科学的基本原理和方法，能够掌握文献资料查询和分析的方法，并将所得信息用于高分子材料制备、加工及应用等环节复杂工程问题的解决过程，获得有效结论。 |  | 0.7 |  | 0.3 |
| 毕业要求4.研究  | 4.1 能够基于自然科学和材料科学的相关科学原理，根据高分子材料研究或产品应用的需要选择科学合理的研究方案。 | 0.5 |  | 0.5 |  |

1. **课程教学内容**

**第一章 绪论 （1学时）**

简要介绍材料的定义及分类，材料科学与工程基础的基本内容。使学生对本课程的学习内容和学习方法建立整体概念。

重点：材料的定义、分类；材料科学与工程基础的定义、性质、重要性（举例）；课程学习的目的、方法、要求。

**第二章 物质结构基础 （15学时）**

按照从微观到宏观、从内容到表面、从静态到动态、从单组分到多组分的顺序，阐述原子结构、原子间相互作用和结合方式，与固体内部和表面原子的空间排列状态、聚集态结构及变化规律之间的相互关系。使学生对材料组成（成分）与物质结构的内在联系有较系统、深刻的理解。

**第一节 物质的组成、状态及材料结构；原子结构及原子之间相互作用、结合及排列（2学时）**

重点：物质与材料的区别；四个量子数的物理意义；原子中电子壳层数目、电子填充方式和原则、表达方式；电子能级及电子的稳定性；原子间相互作用的内在因素和结合类型与性质；原子的间距和半径，空间排列状态及配位数；键性与键能。

难点：材料的结构层次；键合的方式与特点，电子交换概念，离子性结合（%），式2.10（英）；原子间的作用力与间距的关系，图2-18；配位数的概念，表2-9和2-10。

**第二节 多原子体系中电子的相互作用与稳定性（1.5学时）**

要点：原子杂化轨道的类型及空间图形；分子轨道的意义、类型及空间图形；能带、能隙、带宽等基本概念、导体、绝缘体、导体的能带特点；费米能级的基本概念、费米分布的特点和分布函数。

难点：表2-11的立体几何图形，图2-30中的交叉；费米能级EF的物理意义，理解图2-31；能带的含义及类型，图2-33、2-34、2-35的内在联系。

**第三节 固体中的原子有序（4.5学时）**

重点：对称图形和对称操作；点阵的意义和特点；晶胞的表示和定位、晶系和空间点阵型式；晶向、晶面的表示及其指数的计算；晶面间距及测定、公式（2-43、2-44）；晶体结构与键合性质的关系；面心立方、体心立方、密排六方晶体的主要参数和计算方法；点阵常数、晶胞中原子数、致密度、密度、原子间距、配位数；间隙类型、数量和大小；离子晶体的配位数和晶格类型。

难点：点阵的意义、与材料粒子的抽象关系；晶系和空间点阵型式，表2-14,图2-44；晶向指数的计算、作图；晶面指数的计算、作图；晶面间距的计算式2-43；金属的三种晶体结构及参数、计算、作图；间隙的位置和数量，图2-59；配位数与离子半径比的关系及简单计算，表2-17。

**第四节 固体中的原子无序（3学时）**

重点：固溶体的概念、分类及典型结构特点；点缺陷的主要类型，金属晶体中的空位计算；棱位错和螺旋位错的特征和区别、位错线与柏格斯矢量；非晶体的结构模型、分布函数及其图形；体积扩散机制、扩散激活能和FICK第一定律、公式（2-52、2-53）。

难点：置换型和间隙型固溶体的形成条件及影响因素；空位的计算；两种线位错的特点（位错线与滑移方向之间的关系），图2-75、79；稳态扩散的特点及计算式2-53。

**第五节 固体中的转变（2学时）**

重点：四种转变类型及特点；一级相变和二级相变的数学表达式及物理意义；相律和相图，公式（2-62）；二元相图（匀晶、共晶）：特征点、线、区域的意义；杠杆法则及公式（2-66）。

难点：固体中的四种转变类型，拐点分解（图2-105）；（2）二元匀晶、共晶相图的相区，点、线、共存等意义和概念；组成或温度改变与材料点位置的变化关系；杠杆法则及计算（两相区中组成与重量的求解），图2-109、112，公式2-66。

**第六节 固体物质的表面结构（2学时）**

重点：表面张力和表面能的概念；表面结构特点与成因；表面能与表面特性的关系；润湿过程的种类及公式（2-68、2-69、2-70）；润湿方程，接触角（2-75）；粘附公式（2-80）。

难点：固体中的四种转变类型，拐点分解（图2-105）；二元匀晶、共晶相图的相区，点、线、共存等意义和概念，组成或温度改变与材料点位置的变化关系；杠杆法则及计算（两相区中组成与重量的求解），图2-109、112、公式2-66；润湿方程。

**第三章 材料的组成及结构（8学时）**

从材料的组成（成分）入手，详细阐述高分子材料、金属材料、无机非金属材料，及其多相多组分复合材料的聚集态结构和宏观组织结构特点。详细阐述由特性不同的各类材料相互复合而成的纳米级、微米级、粒子填充、纤维增强等复合材料的微观和宏观结构以及界面结构，使学生较系统地掌握不同类型材料从微观到宏观的结构变化特点。

**第一节 金属材料的组成与结构（2学时）**

要点：金属原子的电子结构与其晶体结构特点的关系，计算不同金属晶体的有关参量；金属合金的三种结构类型的特点；铁碳合金相图中点、线、区域的物理意义、微相结构特点及随温度和C含量的变化规律；铜的组成和结构特点；非晶态合金的TTT图；金属再结晶的物理意义及T、t、l的影响。

难点：金属原子的电子结构与其晶体结构特点的关系，表3-1；电子化合物，表3-2；铁碳合金状态图，图3-13；典型铁碳合金结晶过程分析，图3-14，3-20；塑性形变与再结晶。

**第二节 无机非金属材料的组成与结构（3学时）**

要点：组成和结合键性质；简单晶体的结构类型：AX、AmXp、AmBnXp；密度计算；几种典型晶体：单晶硅、NaCl、CsCl、ZnS、钙钛矿、尖晶石；硅酸盐的五种晶体结构、桥氧原子和非桥氧原子；玻璃的组成、特性及结构参数；凝胶与陶瓷的组成与结构特点；碳黑、石墨、金刚石、C60、碳纳米管的结构与性能特点。

难点：金属氧化合物简单晶体结构的主要类型；尖晶石型晶体结构，图3-46；硅酸盐晶体的层状结构，图3-52；玻璃和陶瓷中桥氧和非桥氧原子的概念和计算。

**第三节 高分子材料的组成与结构（2学时）**

要点：侧重与金属和无机非金属材料对照；高分子材料结构的多层次性概貌；大分子链的组成和结构特点；大分子链的内旋转、柔性和构象；大分子链间的相互作用与聚集态结构模型；结晶构象与晶体结构特点；取向态结构；合成聚合物和天然高分子的主要类型；聚合物共混材料的微结构特点、界面。

难点：大分子链的柔性和构象；结晶构象；结晶形态。

**第四节 复合材料的组成与结构（1学时）**

要点：复合材料的定义、分类、组成与结构特点；复合材料的典型结构及“连通性”概念；界面的形成过程、结构与功用特点；界面理论中的浸润和化学键理论。

难点：界面的形成过程；界面理论。

**第四章 材料的性能（21学时）**

本章内容较多，涉及的领域十分广泛。主要阐明在应力、热、电、光、磁、声、化学介质、氧等外界因素的作用下，各类材料所表现出来的宏观性质、破坏形式、及其内部结构的变化规律。讲述各类宏观物理性质的定义及测试和评价方法，介绍材料研究中的重大发现和进展。使学生掌握材料结构与性能关系的基本规律，了解不同类材料结构与性能特征，为材料的设计和应用奠定基础。

**第一节 固体材料的力学性能（7学时）**

重点：不同材料力学性能的差异及其与组成和结构的关系；应力和应变的定义、五种基本类型；应力－应变曲线的物理意义（参量）典型曲线；弹性形变、应力状态与模量之间的关系，公式（4-10、4-11）；粘弹形变与蠕变、应力松弛（静态）和内耗（动态）；永久形变的机制与塑性材料的增强途径；强度的概念及测试方法和计算公式；脆性断裂和韧性断裂的机制及相互转变因素；理论断裂强度和脆性断裂理论的推导过程，公式（4-35、4-43、4-49a、4-50、4-52、4-53）；裂纹在脆性断裂中的重要作用；塑性变形及断裂的计算；断裂韧性的类型，公式（4-56、4-57）；硬度的概念、布氏硬度、洛氏和维氏硬度的测试技术及区别，公式（4-60、4-61、4-62）；粘合摩擦和磨损机制，公式（4-68），材料减摩耐磨的途径；疲劳的概念及在工业中的重要性，疲劳寿命曲线与疲劳强度，疲劳断裂机制，提高材料耐疲劳性的途径。

难点：不同材料的应力－应变曲线特性；各种弹性模量的计算和相互转换；塑性变形机理和残余塑性形变量的计算；材料力学性能，强度、模量、施加载荷大小、一定载荷下应变大小和尺寸变化、计算与选材的结合；脆性断裂中σm、σc、σf的意义和裂纹长度的计算；延性断裂的颈缩与真实应力-应变曲线及计算。

**第二节 材料的热性能（2学时）**

重点：不同材料热物理性能的差异及其与组成和结构的关系；材料的导热机制、公式（4-75、4-77、4-78）；热导率的定义；热容和比热的定义及其在热分析技术中的应用，公式（4-82、4-83）；材料热膨胀的内在因素及影响因素，公式（4-87、4-88）；材料热性能与温度的关系；有机高分子材料的热物理和热化学稳定性、表征方法、耐热性和阻燃性高分子的组成和结构特点。

难点：热容和比热容的概念、热容的微观机制及与温度和相变的关系；热膨胀现象的微观机制及与温度和相变的关系；阻燃的主要途径和基本原理。

**第三节 材料的电学性能（3学时）**

重点：不同材料电学性能的差异及其与组成和结构的关系；电导率和电阻率的定义、电导机制、电导率的基本参数及影响因素；材料的电子能带结构与电导性、光导性和半导电性公式；超导电性的定义、超导体的2种特性、3个性能指标；介电常数的定义、介质极化的三种机制；交变电场中的介电损耗的成因及影响因素；击穿强度的定义；材料电性能与温度的关系。

难点：材料的电导率与电子结构的关系；几个电导率相关的计算公式、各参数的物理意义及应用；介电常数和介质损耗的概念和影响因素。

**第四节 材料的磁学性质（2学时）**

重点：磁矩、磁化强度、磁感应强度、磁导率和磁化率的定义；电子的磁矩和“交换作用”；磁化率与磁性材料的五种类型；磁滞回线的成因（磁畴）、物理意义、软磁与硬磁材料；金属和无机非金属材料的磁学性能。

难点：磁学物理量的概念，电子的磁矩，“交换作用”；磁畴，磁滞回线，（饱和）磁化率的计算。

**第五节 材料的光学性能（2.5学时）**

重点：电磁辐射与电子跃迁；光吸收与光波长的关系；材料对光吸收、反射和透射的内在因素和表述方式；折射率与材料的透明性；不同材料的光学性质及其与组成和结构的关系。

难点：光波长与材料颜色和透明性的关系；非线性光学性质；发光机理及应用。

**第六节 材料的耐腐蚀性（1.5学时）**

重点：高分子材料物理腐蚀的定义及影响因素，公式（4-160、4-162）；酸、碱、盐对金属和高分子材料的化学腐蚀；高分子材料大气老化腐蚀的类型及提高耐老化的途径；金属材料的氧化及电化学腐蚀。

难点：高分子材料物理腐蚀的热力学和动力学因素。

**第七节 复合材料的性能（1学时）**

重点：复合效应的主要类型；混合效应，公式（4-164、4-165）；几何尺寸效应lc和lc/d的意义及与拉应力的关系；界面效应、界面相的功能，二次复合规律，公式（4-169）；单向连续纤维增强复合材料的力学性能，模量和强度，计算公式（4-170、4-172、4-173、4-174、4-175、4-176），破坏模式。

难点：界面设计与界面控制基本概念；复合材料力学强度的缺陷敏感性及分散性；复合材料性质及力学强度、模量的计算。

**第八节、纳米材料及效应（1学时）**

重点：纳米材料的定义；纳米结构单元、纳米固体、纳米组装体系；纳米效应的基本特点；应用实例。

难点：纳米材料独特或反常的物理性能与四大基本纳米效应之间的关系；纳米复合材料结构与性能特点。

**第九节 小结（1学时）**

归纳、讨论第四章基本概念和作业中的问题

**第五章 材料的制备与成型加工（3学时）**

从原料出发，讲述材料的制备原理和主要方法，由各种材料的结构和性能特点，讲述其加工行为和主要加工方法。使学生在材料工程的基础上，建立材料制备——加工——结构——性能关系的整体概念。本章内容由学生自学完成。

**第一节 材料制备原理及方法（1.5学时）**

重点：铁的制备原理及方法；钢的制备原理及方法；铜的制备原理及方法；陶瓷的制备原理及方法；玻璃的制备原理及方法；水泥的制备原理及方法；聚合物合成工艺过程；主要的聚合物合成工业实施方法。

难点：主要的聚合反应类型。

**第二节 材料的成型加工性（1.5学时）**

重点：金属的熔体流动性与铸造性；金属的变形性与可煅性；切削加工性；金属材料的热处理；聚合物的熔融和流动特性；聚合物主要成型方法。

难点：聚合物加工过程中的结构变化。

1. **教学内容对应的课程目标**

**课程目标1**：教学内容为第一章、第二章。

**课程目标2**：教学内容为第三章，第二章相关内容为基础。

**课程目标3**：教学内容为第四章，第三章相关内容为基础。

**课程目标4**：教学内容为第五章，前四章内容为基础。

1. **考核方式及成绩评定标准**
2. **课程考核方式**

**课程考核包括考勤及课堂讨论、平时作业、线上考试（SPOC）、期中考试、期末考试等部分，各部分的比例分别如下：**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **考核方式** | **所占成绩比例（%）** | **对应课程目标** |
| 1 | 考勤及课堂讨论 | 5 | 1、2、3 |
| 2 | 平时作业 | 5 | 1、2、3 |
| 3 | 线上考试（SPOC） | 10 | 1、2、3、4 |
| 4 | 期中考试 | 30 | 1、2 |
| 5 | 期末考试 | 50 | 3、4 |

1. **评分标准**

**各项成绩构成评分标准如下：**

1. 考勤及课堂讨论评分标准：

|  |  |
| --- | --- |
| **标准描述** | **得分** |
| 出勤次数15次及以上，参与课堂讨论10次及以上 | 100~90（优） |
| 出勤次数12-14次，参与课堂讨论7-9次 | 89~80（良） |
| 出勤次数10-12次，参与课堂讨论4-6次 | 79~70（中） |
| 出勤次数8-10次，参与课堂讨论2-3次 | 69~60（及格） |
| 出勤次数8次以下，参与课堂讨论2次以下 | ＜60（不及格） |

1. 平时作业评分标准：

|  |  |
| --- | --- |
| **标准描述** | **得分** |
| 16次课后作业，完成质量良好，平均分90分以上 | 100~90（优） |
| 16次课后作业，完成质量良好，平均分89~80 | 89~80（良） |
| 16次课后作业，完成质量较好，平均分79~70 | 79~70（中） |
| 16次课后作业，完成质量一般，平均分69~60 | 69~60（及格） |
| 16次课后作业，完成质量较差，平均分低于60 | ＜60（不及格） |

1. 线上考核评分标准：

|  |  |
| --- | --- |
| **标准描述** | **得分** |
| 线上MOOC、SPOC综合得分100~90 | 100~90（优） |
| 线上MOOC、SPOC综合得分89~80 | 89~80（良） |
| 线上MOOC、SPOC综合得分79~70 | 79~70（中） |
| 线上MOOC、SPOC综合得分69~60 | 69~60（及格） |
| 线上MOOC、SPOC综合得分＜60 | ＜60（不及格） |

1. 期中考试评分标准：试卷评分标准详见每学期“《材料科学与工程基础》期中考试试卷参考答案及评分标准”。
2. 期末考试评分标准：试卷评分标准详见每学期“《材料科学与工程基础》期末考试试卷参考答案及评分标准”。
3. **教材与教学资源**

**（一）教材：**

《材料科学与工程基础（第三版）》，赵长生、顾宜主编，化工出版社，2020年.

**（二）参考书：**

1.《Fundsmentals of Materials Science and Engineering（第五版）》，William，D. Callister, Jr主编，化学工业出版社，2018年.

2. 《材料科学与工程基础》， William D.Callister,Jr.，David G.Rethwisch著，郭福，马立民译，化学工业出版社，2016年.

3. 《材料科学与工程基础（第二版）》，蔡珣主编，上海交通大学出版社，2017年.

4. 《材料科学基础（第二版）》，陶杰,姚正军,薛烽主编，化学工业出版社，2018年.

5. 《材料科学基础》，胡赓祥，蔡珣，戎咏华主编，上海交通大学出版社，2017年.

**（三）其他教学资源（如在线学习平台、视频资源等）**

1. 中国大学MOOC，SPOC，材料科学与工程基础，四川大学；

2. 爱课程，资源共享课；

3. 四川大学课程中心。