

《物性表征方法》课程教学大纲

一、课程基本信息

英文名称	Physical characterization methods	课程代码	PHYS1021
课程性质	专业选修课程	授课对象	物理学专业
学 分	1 学分	学 时	18 学时
主讲教师	田维	修订日期	2021.09.23
指定教材	王富耻主编，《材料现代分析测试方法》，北京理工大学出版社，2006 年		

二、课程目标

（一）总体目标：

本课程知识目标：全面理解材料结构、形貌、成分与性能之间的关系，掌握材料结构形貌与成分表征的基本方法、基本知识、基本技能及必要的理论基础，具有正确选择材料分析方法、测试方法的能力。能力目标：具备专业从事材料分析测试工作的初步基础；具备通过继续学习掌握材料分析新方法、新技术的自学能力，培养学生正确选用现代分析技术开展材料组成、结构与性能关系的科学研究能力。素质目标：掌握辩证唯物主义基本原理，建立科学的世界观和方法论；富有科学创新精神，积极在科研前沿不断探索和创新。

（二）课程目标：

课程目标 1：了解 X 射线衍射分析原理和 X 射线多晶衍射方法及应用；掌握 X 射线的物理学基础，多晶衍射方法和 X 射线物相分析；使学生认识到 X 射线对于晶体结构的揭示意义，认识到 X 射线对于不同类型样品的表征特性和影响因素，认识到 X 射线在物性表征方面的重要意义。

课程目标 2：掌握扫描电子显微镜，透射电子显微分析，电子衍射谱的特征与分析，扫描隧道显微及原子力显微等多种显微分析技术的工作原理及成像模式；认识和掌握扫描电子显微等多种显微技术的结构特点及应用范围；使学生掌握显微技术的工作原理及分析方法，并认识到显微技术的直接观测性；培养学生的主动分析材料和器件的形貌和物相，进而提高主动解决材料性能及功能方面的能力。

课程目标 3：掌握光电子能谱、俄歇电子能谱分析；认识相关电子能谱的基本原理和相关应用分析；掌握电子能谱的对应材料的物性，从而了解材料的相关本质特征；培养学生对新方法、新技术的自学能力。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

表 1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表

课程目标	对应课程内容	对应毕业要求
课程目标 1	第一章 X 射线衍射分析原理 第二章 X 射线多晶衍射方法及应用	毕业要求 2：掌握数学、物理相关的基础知识、基本物理实验方法和实验技能，具有运用物理学理论和方法解决问题、解释或理解物理规律。 毕业要求 3：了解物理学前沿和发展动态，新技术中的物理思想，熟悉物理学新发现、新理论、新技术对社会的影响。
课程目标 2	第三章 透射电子显微技术 第四章 扫描电子显微镜与电子探针 第九章 其他显微分析方法	毕业要求 3：了解物理学前沿和发展动态，新技术中的物理思想，熟悉物理学新发现、新理论、新技术对社会的影响。 毕业要求 7：具有课题调研、设计、数据处理和学术交流能力。
课程目标 3	第五章 光电子能谱与俄歇电子能谱	毕业要求 3：了解物理学前沿和发展动态，新技术中的物理思想，熟悉物理学新发现、新理论、新技术对社会的影响。 毕业要求 7：具有课题调研、设计、数据处理和学术交流能力。毕业要求 8：具有自主学习和终身学习意识和社会适应能力。

三、教学内容

第一章 X 射线衍射分析原理

1. 教学目标

本章要求学生掌握 X 射线物理学基础，X 射线衍晶体学基础，X 射线衍射方向和衍射强度。

2. 教学重难点

X 射线；X 射线管；连续谱与特征谱；布拉格方程。

3. 教学内容

一、X 射线物理学基础

教学要点：掌握 X 射线的产生与性质；掌握 X 射线谱；掌握 X 射线与物质的相互作用；掌握 X 射线的吸收。

二、X 射线衍晶体学基础

教学要点：晶体结构及其表示法；倒易点阵。

三、X 射线衍射方向

教学要点：劳埃方程；布拉格方程；衍射矢量方程与厄瓦尔德图解；各种衍射方法；非理想条件下的衍射。

四、X 射线衍射强度

教学要点：多晶衍射花样的形成；一个电子对 X 射线的散射；原子对 X 射线的散射-原子散射因子；一个晶胞对 X 射线的散射-结构因子；小晶体对 X 射线的衍射及积分强度；影响多晶(粉末)积分强度的其他因素；多晶(粉末)衍射的积分强度。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转课堂，指导学生自主学习等。

5. 教学评价

习题 3、5、8

思考题：

1、特征 X 射线与荧光 X 射线的产生机理有何不同？

2、X 射线管的工作机理是什么？

第二章 X 射线多晶衍射方法及应用

1. 教学目标

本章要求学生掌握多晶衍射方法和 X 射线物相分析。

2. 教学重难点

多晶衍射；衍射仪结构和试验参数；X 射线物相分析。

3. 教学内容

一、X 射线衍射强度

教学要点：德拜照相法；立方系多晶衍射花样的测量、计算和标定；X 射线衍射仪。

二、多晶衍射方法

教学要点：物相定性分析；物相定量分析。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转课堂，指导学生自主学习等。

5. 教学评价

习题 2、10

第三章 透射电子显微分析

1. 教学目标

本章要求学生掌握透射电镜的基本概述，电子与固体的相互作用，透射电镜的构造与工作原理，电子衍射谱的特征与分析，TEM 显微图像衬度分析和试样制备。

2. 教学重难点

TEM 结构和成像原理；TEM 主要性能参数；TEM 样品制备；电子衍射谱的特征分析；TEM 的应用。

3. 教学内容

一、概述

教学要点：了解光学显微镜到商用透射电子显微镜的发展史。

二、电子与固体的相互作用

教学要点：电子波长；电子散射；电子散射截面与电子散射能力；弹性相干散射和电子衍射。

三、透射电镜的构造与工作原理

教学要点：电磁透镜；照明系统；成像系统与成像方法。

四、电子衍射谱的特征与分析

教学要点：正倒空间点阵的基本关系；单晶电子衍射谱的基本特征；简单电子衍射谱的标定；复杂电子衍射谱的特征。

五、TEM 显微图像衬度分析

教学要点：质厚衬度和 TEM 图像；衍射衬度和 TEM 图像。

六、试样制备

教学要点：薄膜法；复型和萃取法；粉末试样与支撑膜。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转课堂，指导学生自主学习等。

5. 教学评价

课后思考题：

1、在电镜中，电子束的波长主要取决于什么？

2、简述镜筒的基本构造和各部分的作用？

- 3、聚光镜光阑，物镜光阑和选区光阑各有什么作用
- 4、简述选区电子衍射的原理和操作？
- 5、多晶电子衍射花样和单晶电子衍射花样有何不同？

第四章 扫描电子显微镜与电子探针

1. 教学目标

本章要求学生掌握扫描电子显微镜，电子图像分析，电子探针的工作原理与结构和电子探针的分析方法及应用。

2. 教学重难点

扫描电镜结构原理、特点及应用；电镜图像及衬度；电子探测定性和定量分析原理。

3. 教学内容

一、扫描电子显微镜

教学要点：电子与样品物质的交互作用；扫描电子显微镜的原理、结构和性能。

二、电子图像分析

教学要点：二次电子像的衬度；背散射电子像的衬度。

三、电子探针的工作原理与结构

教学要点：波谱仪的工作原理及结构；能谱仪的工作原理与结构。

四、电子探针仪的分析方法及应用

教学要点：定点分析；线扫描分析与面扫描分析。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转课堂，指导学生自主学习等。

5. 教学评价

习题 2、3、4、6、9

第五章 光电子能谱与俄歇电子能谱

1. 教学目标

本章要求学生掌握光电子能谱的基本原理，光电子能谱实验技术，光电子能谱的应用和俄歇电子能谱分析。

2. 教学重难点

光电子能谱和俄歇电子能谱的结构、工作原理及应用分析。

3. 教学内容

一、光电子能谱基本原理

教学要点：光电子的基本概述；光电子能谱的测量原理。

二、光电子能谱实验技术

教学要点：光电子能谱仪；样品的测定。

三、光电子能谱的应用

教学要点：元素及其化学态的定性分析；定量分析；化学结构分析。

三、俄歇电子能谱分析

教学要点：俄歇电子能谱的基本原理；俄歇电子能谱分析；俄歇电子能谱分析的应用。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转课堂，指导学生自主学习等。

5. 教学评价

习题题 1、3

第九章 其他分析方法简介

1. 教学目标

本章要求学生掌握扫描显微镜 (STM) 和原子力显微镜 (AFM) 的结构、原理及应用。

2. 教学重难点

STM 和 AFM 的工作原理及模式。

3. 教学内容

一、扫描隧道显微镜 (STM)

教学要点：STM 的基本原理；STM 的工作模式；STM 的特点及应用。

二、原子力显微镜 (AFM)

教学要点：AFM 的工作原理；AFM 的微悬臂及其形变的检测方法；AFM 的成像模式；AFM 的应用。

4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，翻转课堂，指导学生自主学习等。

5. 教学评价

习题 1、2

四、学时分配

表 2：各章节的具体内容和学时分配表

章节	章节内容	学时分配
第一章	X 射线衍射分析原理	2 学时
第二章	X 射线多晶衍射方法及应用	2 学时
第三章	透射电子显微分析	4 学时
第四章	扫描电子显微镜与电子探针	2 学时
第五章	光电子能谱与俄歇电子能谱	2 学时
第九章	其他显微分析方法	2 学时
综合	复习	2 学时

五、教学进度

表 3：教学进度表

周次	日期	章节名称	内容提要	授课时数	作业及要求	备注
2	-	第一章	X 射线性质与特点, X 射线管的工作原理;连续谱与特征谱的产生机制;布拉格方程的推导与应用	2	习题&思考题	
4	-	第二章	粉末多晶体衍射强度的影响因素;衍射仪的结构, 衍射仪试验参数的选择;X 射线物相定性分析	2	习题&思考题	
6	-	第四章	扫描电镜结构原理, 电镜图象及衬度;扫描电镜的特点与应用;电子探测定性和定量分析原理	2	习题&思考题	
8	-	第三章	透射电子显微镜的结构和成像原理;透射电镜的主要性能参数及测定;电镜样品的制备	4	习题&思考题	
10	-	第三章	电子衍射谱的特征与分析;透射电子显微镜的应用	2	习题&思考题	

12	-	第九章	扫描隧道显微镜的工作原理及模式,特点与应用;原子力显微镜的工作原理及模式	2	习题&思考题	
14	-	第五章	光电子能谱的基本原理;光电子能谱仪;俄歇电子谱的基本原理	2	习题&思考题	
16	-	综合	复习	2		

六、教材及参考书目

1. 王富耻主编,《材料现代分析测试方法》,北京理工大学出版社,2006年;
2. 周玉主编,《材料分析方法》。机械工业出版社,2004年;
3. 梁敬魁编著,《粉末衍射法测定晶体结构》(上、下册),科学出版社,2003年;
4. 吴刚主编,《材料结构表征及应用》,化学工业出版社,2002年;
5. 孟庆昌主编,《透射电子显微学》。哈尔滨工业大学出版社,2002年;
6. 常铁军,祁欣编,《材料近代分析测试方法》,哈尔滨工业大学出版社,1999年。

七、教学方法

1. 充分发挥实验物理课程的育人作用,夯实数理基础,并注重科技前沿内容增添,与时俱进充实授课内容,将物性表征方法与固体物理、半导体等课程结合,关注交叉前沿的表征分析技术手段,锤炼科学思维能力和科研创新能力。
2. 板书和PPT结合,兼取传统与现代化教学手段的优势;综合采用讲授、讨论、翻转课堂等教学方法和模式。
3. 信息化手段应用:信息化教学环境,结合线下课堂教学,使教学形式呈现互动性;例如采用雨课堂发放小测实时掌控教学效果;使用智慧树“知到”,协助课堂翻转、专题研讨等教学活动。

八、考核方式及评定方法

(一) 课程考核与课程目标的对应关系

表 4: 课程考核与课程目标的对应关系表

课程目标	考核要点	考核方式
课程目标 1	相关教学内容	期末考试+平时学习表现

课程目标 2	相关教学内容	期末考试+平时学习表现
课程目标 3	相关教学内容	期末考试+平时学习表现

（二）评定方法

1. 评定方法

多元考核评价：从课堂到课外，从平时到期末。课堂讨论+课后作业+闭卷期末考试，按权重计算总评成绩。

期末考试成绩占 70%，平时成绩（作业、讨论等）及考勤占 30%。

2. 课程目标的考核占比与达成度分析

表 5：课程目标的考核占比与达成度分析表

考核占比 课程目标	平时	期末	总评达成度
课程目标 1	20%	20%	课程目标 1 达成度= $\{0.2 \times \text{平时目标 1 成绩} + 0.8 \times \text{过程化考试目标 1 成绩}\} / \text{目标 1 总分}$ 。
课程目标 2	40%	40%	
课程目标 3	40%	40%	课程目标 2 达成度= $\{0.2 \times \text{平时目标 2 成绩} + 0.8 \times \text{过程化考试目标 2 成绩}\} / \text{目标 2 总分}$ 。 课程目标 3 达成度= $\{0.2 \times \text{平时目标 3 成绩} + 0.8 \times \text{过程化考试目标 3 成绩}\} / \text{目标 3 总分}$ 。 总评达成度= $0.2 \times \text{课程目标 1 的达成度} + 0.4 \times \text{课程目标 2 的达成度} + 0.4 \times \text{课程目标 3 的达成度}$

（三）评分标准

课程 目标	评分标准				
	90-100	80-89	70-79	60-69	<60
	优	良	中	合格	不合格
	A	B	C	D	F
课程 目标 1	完全了解 X 射线衍射分析原理和 X 射线多晶衍射方法及应用;完全掌握 X 射线的物理学基础,多晶衍射方法和 X 射线物相分析;学生充分认识到 X 射线对于晶体结构的揭示意义,充分认识到 X 射线对于不同类型样品的表征特性和影响因素,深刻认识到 X 射线在物性表征方面的重要意义。	了解 X 射线衍射分析原理和 X 射线多晶衍射方法及应用;掌握 X 射线的物理学基础,多晶衍射方法和 X 射线物相分析;学生认识到 X 射线对于晶体结构的揭示意义,认识到 X 射线对于不同类型样品的表征特性和影响因素,认识到 X 射线在物性表征方面的重要意义。	较好了解 X 射线衍射分析原理和 X 射线多晶衍射方法及应用;较好掌握 X 射线的物理学基础,多晶衍射方法和 X 射线物相分析;学生较好认识到 X 射线对于晶体结构的揭示意义,认识到 X 射线对于不同类型样品的表征特性和影响因素,较好认识到 X 射线在物性表征方面的重要意义。	基本了解 X 射线衍射分析原理和 X 射线多晶衍射方法及应用;基本掌握 X 射线的物理学基础,多晶衍射方法和 X 射线物相分析;学生基本认识到 X 射线对于晶体结构的揭示意义,基本认识到 X 射线对于不同类型样品的表征特性和影响因素,基本认识到 X 射线在物性表征方面的重要意义。	不了解 X 射线衍射分析原理和 X 射线多晶衍射方法及应用;未掌握 X 射线的物理学基础,多晶衍射方法和 X 射线物相分析;学生未认识到 X 射线对于晶体结构的揭示意义,未认识到 X 射线对于不同类型样品的表征特性和影响因素,未认识到 X 射线在物性表征方面的重要意义。
课程 目标 2	完全掌握扫描电子显微镜,透射电子显微分析,电子衍射谱的特征与分析,扫描隧道显微及原子力显微等多种显微分析技术的工作原理及成像模式;完全认识和掌握扫描电子显微等多种显微技术的结构特点及应用范围;学生完全掌握显微技术的工作原理及分析方法,并充分认识到显微技术的直接观测性;	掌握扫描电子显微镜,透射电子显微分析,电子衍射谱的特征与分析,扫描隧道显微及原子力显微等多种显微分析技术的工作原理及成像模式;认识和掌握扫描电子显微等多种显微技术的结构特点及应用范围;学生掌握显微技术的工作原理及分析方法,并认识到显微技术的直接观测性;学生具有主动分析材料	较好掌握扫描电子显微镜,透射电子显微分析,电子衍射谱的特征与分析,扫描隧道显微及原子力显微等多种显微分析技术的工作原理及成像模式;较好认识和掌握扫描电子显微等多种显微技术的结构特点及应用范围;学生较好掌握显微技术的工作原理及分析方法,并较好认识到显微	基本掌握扫描电子显微镜,透射电子显微分析,电子衍射谱的特征与分析,扫描隧道显微及原子力显微等多种显微分析技术的工作原理及成像模式;基本认识和掌握扫描电子显微等多种显微技术的结构特点及应用范围;学生基本掌握显微技术的工作原理及分析方法,并基	未掌握扫描电子显微镜,透射电子显微分析,电子衍射谱的特征与分析,扫描隧道显微及原子力显微等多种显微分析技术的工作原理及成像模式;未认识和掌握扫描电子显微等多种显微技术的结构特点及应用范围;学生未掌握显微技术的工作原理及分析方法,并认识到

课程 目标	评分标准				
	90-100	80-89	70-79	60-69	<60
	优	良	中	合格	不合格
	A	B	C	D	F
	学生具有积极主动分析材料和器件的形貌和物相，解决材料性能及功能方面的能力。	和器件的形貌和物相，解决材料性能及功能方面的能力。	技术的直接观测性；学生具有主动分析材料和器件的形貌和物相，主动解决材料性能及功能方面的能力。	本认识到显微技术的直接观测性；学生不具有主动分析材料和器件的形貌和物相，主动解决材料性能及功能方面的能力。	显微技术的直接观测性；学生不具有主动分析材料和器件的形貌和物相，主动解决材料性能及功能方面的能力。
课程 目标 3	完全掌握光电子能谱、俄歇电子能谱分析；完全认识相关电子能谱的基本原理和相关应用分析；完全掌握电子能谱的对应材料的物性，从而了解材料的相关本质特征；学生完全具有对新方法、新技术的自学能力。	掌握光电子能谱、俄歇电子能谱分析；认识相关电子能谱的基本原理和相关应用分析；掌握电子能谱的对应材料的物性，从而了解材料的相关本质特征；学生具有对新方法、新技术的自学能力。	较好掌握光电子能谱、俄歇电子能谱分析；较好认识相关电子能谱的基本原理和相关应用分析；较好掌握电子能谱的对应材料的物性，从而了解材料的相关本质特征；学生较具有对新方法、新技术的自学能力。	基本掌握光电子能谱、俄歇电子能谱分析；基本认识相关电子能谱的基本原理和相关应用分析；基本掌握电子能谱的对应材料的物性，从而了解材料的相关本质特征；学生基本具有对新方法、新技术的自学能力。	未掌握光电子能谱、俄歇电子能谱分析；未认识相关电子能谱的基本原理和相关应用分析；未掌握电子能谱的对应材料的物性，从而了解材料的相关本质特征；学生不具有对新方法、新技术的自学能力。