

# 《薄膜技术和纳米材料》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

英文名称	Thin Film Technology and Nanomaterials	课程代码	PHYS2043
课程性质	跨专业选修课程	授课对象	物理学（师范）
学 分	2 学分	学 时	36 学时
主讲教师	游陆	修订日期	2021 年 9 月
指定教材	张耀君，纳米材料基础（双语版）（第二版）[M]，北京：化学工业出版社，2015.		

## 二、课程目标

### （一）总体目标：

让学生通过本课程的学习，了解纳米材料和薄膜技术的发展历史和前沿进展；纳米材料的基本概念、纳米材料的制备和表征方法、纳米材料结构和性能的关系，以及薄膜技术的基本原理；具备分析纳米材料的力、热、电、磁、光等物理性质的初步能力；在教学中通过学习分析和理解纳米材料在实际生活中的各种应用实例和内在物理原理，使学生体会物理学思想及科学方法，更好地理解科学本质，形成辩证唯物主义世界观和科学的时空观，培养学生科学思维能力，分析问题和解决问题能力。

### （二）课程目标：

**课程目标 1：**通过课堂教学使学生了解、掌握纳米材料的基本概念、纳米材料的制备和表征方法、纳米材料结构和性能的关系，以及薄膜技术的基本原理。同时对于纳米材料和薄膜技术的发展历史和前沿进展有一定的了解，拓宽相关知识面。

**课程目标 2：**通过对纳米材料的电、磁、光等基本物理性质的分析，培养学生运用固体物理和凝聚态物理的部分知识对材料的物理性质进行解释，培养学生科学探究能力，为学习后续相关实验和理论课程以及独立解决实际物理问题打下必要的基础。

**课程目标 3：**运用所学的纳米材料的相关知识，学习分析和理解纳米材料在实际生活中的各种应用实例和内在物理原理。通过采用反转课堂的方式，培养学生自主学习、知识获取以及课堂讲授和知识传达的能力。

### (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（及对应关系说明）	
课程目标 1	第 0 章 绪论 第一章 材料物理预备知识 第二章 纳米材料的基本物理效应 第三章 纳米材料的物理性质 第四章 纳米材料的制备方法 第五章 纳米材料的表征方法 第六章 薄膜技术 第七章 碳纳米材料	毕业要求 3: 学科素养: 掌握物理学基础知识和实验技能, 具有运用物理学理论和方法解决实际问题的能力。具有良好的教育学、心理学基础知识和较高的人文与科学素养。具有良好的中学物理教学的相关知识	掌握材料物理和固体物理的初步知识。掌握纳米材料的基本概念、纳米材料的制备和表征方法、纳米材料结构和性能的关系, 以及薄膜技术的基本原理, 培养学生在材料物理方面的科学素养和知识面。
课程目标 2	第一章 材料物理预备知识 第二章 纳米材料的基本物理效应 第三章 纳米材料的物理性质 第七章 碳纳米材料	毕业要求 3: 学科素养: 掌握物理学基础知识和实验技能, 具有运用物理学理论和方法解决实际问题的能力。具有良好的教育学、心理学基础知识和较高的人文与科学素养。具有良好的中学物理教学的相关知识	通过学习运用固体物理和凝聚态物理的部分知识对纳米材料的物理性质进行解释, 培养学生科学分析能力和运用物理学理论和方法解决实际问题的能力, 养成独立思考的习惯。
课程目标 3	第二章 纳米材料的基本物理效应 第三章 纳米材料的物理性质 第八章 纳米材料的应用	毕业要求 3: 学科素养: 掌握物理学基础知识、基本实验方法和实验技能, 具有运用物理学理论和方法解决实际问题的能力。具有良好的教育学、心理学基础知识和较高的人文与科学素养。具有良好的中学物理教学的相	通过反转课堂的方式, 培养学生自主学习、知识获取以及课堂讲授和知识传达的能力。同时使学生了解本课程相关的物理学前沿问题, 开阔学生的眼界, 培养学生科学探究的兴趣和能

		关知识。	力。
--	--	------	----

### 三、教学内容

#### 第〇章 绪论（基本概念、历史、展望）

##### 1. 教学目标

通过介绍纳米尺度、纳米材料和纳米科技的基本概念和内涵，以及纳米材料学科的发展简史和实际应用等，使学生对纳米材料和技术有初步的认识，并理解纳米材料对高科技的重要性。

##### 2. 教学重难点

无

##### 3. 教学内容

- (1) 了解和掌握纳米尺度的基本概念；
- (2) 了解自然界的纳米材料；
- (3) 了解人工纳米材料和纳米科技的研究对象及发展简史；
- (4) 了解纳米科技的发展前景及地位。

##### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等。

##### 5. 教学评价

课后习题

#### 第一章 材料物理预备知识

##### 1. 教学目标

通过讲授原子的电子结构、原子的结合、晶体结构和对称性、金属电子论、固体的能带结构以及半导体物理等内容，使学生掌握材料物理和固体物理的初步知识，为后续课程打下基础。

##### 2. 教学重难点

晶体结构和对称性关系；固体能带理论。

##### 3. 教学内容

- (1) 现代原子论的发展和原子的电子结构
- (2) 晶体结构、晶体对称性和晶体的缺陷
- (3) 金属电子论和能带理论
- (4) 半导体物理概述

#### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，指导学生自主学习等。

#### 5. 教学评价

课后相应习题，补充习题

## **第二章 纳米材料的基本物理效应**

### 1. 教学目标

掌握纳米材料的小尺寸效应、表面效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应等；并从固体物理原理上理解为何纳米材料具有这样的物理效应。

### 2. 教学重难点

利用固体物理知识解释纳米材料的基本物理效应

### 3. 教学内容

- (1) 小尺寸效应
- (2) 表面效应
- (3) 量子尺寸效应
- (4) 宏观量子隧道效应

### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等。

### 5. 教学评价

课后习题，随堂测验

## **第三章 纳米材料的物理性质**

### 1. 教学目标

了解和掌握纳米材料的力、热、电、磁、光等材料物理性质，以及与大块材料不同的反常性质；

学会使用第一、二章的内容，分析和解释纳米材料的特殊物理性质。

### 2. 教学重难点

灵活运用材料物理和固体物理知识，分析和理解纳米材料的物理性质

### 3. 教学内容

- (1) 纳米材料的力学性质；
- (2) 纳米材料的热学性质；
- (3) 纳米材料的电学性质；
- (4) 纳米材料的磁性性质；
- (5) 纳米材料的光学性质。

### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论，指导学生自主学习等

### 5. 教学评价

课后习题，补充作业

## **第四章 纳米材料的制备方法**

### 1. 教学目标

通过从自上而下和自下而上两种途径，分别介绍纳米材料的制备和合成手段，使学生了解和掌握各种纳米材料和纳米结构单元的具体制备方法，理解不同材料生长方法的基本原理和动力学过程，了解不同制备方法的优劣性以及使用范围等，并对部分尖端制备方法有一定的了解。

### 2. 教学重难点

不同类型的纳米材料制备方法，和典型技术

### 3. 教学内容

- (1) 了解和掌握自上而下和自下而上的概念和内容；
- (2) 了解两种方法的优劣性；
- (3) 了解物理气相沉积的原理和设备；
- (4) 了解化学气相沉积的原理和设备；
- (5) 了解化学液相合成方法及其机理；
- (6) 掌握自组装机理；
- (7) 了解物理粉碎法、光刻法和其他图形化技术。
- (8) 了解自上而下和自下而上相结合的制备方法

### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论等

### 5. 教学评价

课后作业，补充习题

## 第五章 纳米材料的表征方法

### 1. 教学目标

通过介绍三种利用不同相互作用成像的显微技术，即光学显微、扫描探针显微、和电子束显微技术，使学生对于常用的纳米材料表征方法有初步的了解，同时掌握各种显微技术的基本工作原理，以及各种显微技术的优劣性和应用范围。

### 2. 教学重难点

不同表征技术的物理原理。

### 3. 教学内容

- (1) 了解显微的三要素；
- (2) 了解和掌握电子与物质相互作用机理
- (3) 了解和掌握光学成像的原理及不同的成像方式；
- (4) 了解电子扫描显微镜发展过程和原理；
- (5) 了解电子光学系统发展过程、电子透射显微镜原理和电子衍射成像原理；
- (6) 了解像差的概念和产生原理；
- (7) 了解扫描探针显微镜的发展过程和原理；
- (8) 了解扫描探针显微镜的工作模式；
- (9) 了解和掌握激光扫描共聚焦显微技术；
- (10) 了解几种不同显微技术的优缺点；

### 4. 教学方法

教师讲授、师生讨论等

### 5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

## 第六章 薄膜技术

### 1. 教学目标

了解和掌握薄膜生长的两种常规手段：物理气相沉积和化学气相沉积。使学生了解常规的真空技术和薄膜生长设备，掌握薄膜生长的基本原理，以及薄膜技术在生产生活中的各种应用。

### 2. 教学重难点

薄膜生长的动力学和原理

### 3. 教学内容

- (1) 了解真空技术和薄膜生长设备；

(2) 了解和掌握不同的物理气相沉积和化学气相沉积

(3) 了解和掌握薄膜生长的物理机制。

#### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论

#### 5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

### **第七章 碳纳米材料**

#### 1. 教学目标

了解碳纳米材料的发现和相关领域的发展简史；掌握碳纳米材料的分类；两种典型的碳纳米材料：一维的碳纳米管和二维的石墨烯；了解和掌握这两种碳纳米材料的制备方法、物理化学性质和应用；最后对碳纳米材料的前景做了展望。

#### 2. 教学重难点

无

#### 3. 教学内容

(1) 了解碳纳米材料的发展简史；

(2) 了解碳纳米材料的分类；

(3) 了解碳纳米管的制备方法、物理化学性质和应用；

(4) 了解石墨烯的特性、制备方法和应用。

#### 4. 教学方法

教师讲授，师生讨论

#### 5. 教学评价

课后相应习题，补充作业

### **第八章 纳米材料的应用**

#### 1. 教学目标

通过采用反转课堂的方式，让学生运用所学的纳米材料的相关知识，学习分析和理解纳米材料在实际生活中的各种应用实例和内在物理原理，通过学生自主讲课，培养学生自主学习、知识获取以及课堂讲授和知识传达的能力。

#### 2. 教学重难点

区分和判断纳米材料在生产生活中的“有效”应用

#### 3. 教学内容

纳米材料在实际生活中的各种应用实例和内在物理原理

#### 4. 教学方法

翻转课堂，学生讲授，教师点评

#### 5. 教学评价

课堂讲授表现，点评提问

### 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
第〇章	绪论	2 学时
第一章	材料物理预备知识	6 学时
第二章	纳米材料的基本物理效应	2 学时
第三章	纳米材料的物理性质	4 学时
第四章	纳米材料的制备方法	4 学时
第五章	纳米材料的表征方法	4 学时
第六章	薄膜技术	4 学时
第七章	碳纳米材料	2 学时
第八章	纳米材料的应用	6 学时

### 五、教学进度

表 3：教学进度表

周次	章节名称	内容提要	授课时数	作业及要求	备注
1	第〇章	绪论	2	1. 什么是纳米尺度？通过对比日常物体来说明。 2. 搜索网上或书上资源，通	

				过图片和文字,简单描述一种你感兴趣的纳米材料或纳米技术。	
2	第一章	现代原子论的发展和原子的电子结构	2	标明各种原子的电子结构	
3	第一章	晶体结构、晶体对称性和晶体的缺陷	2	标明不同的晶体结构,晶面、晶向指数等。	
4	第一章	金属电子论和能带理论,半导体物理概述	2	计算载流子浓度和电导率等。	
5	第二章	纳米材料的基本物理效应	2	所谓的小尺寸效应,可以包含哪些效应? 纳米材料的表面效应和哪些因素有关?	
6	第三章	纳米材料的物理性质(力、热、光)	2	任选一种物理或化学性质,通过一个实例描述纳米材料可以对这种性质有什么改变?可以带来哪些应用?	
7	第三章	纳米材料的物理性质(电、磁)	2		
8	第四章	纳米材料的制备方法 1	2	课后相关知识点问题	
9	第四章	纳米材料的制备方法 2	2		
10	第五章	纳米材料的表征方法	2	课后相关知识点问题	
11	第五章	纳米材料的表征方法	2		
12	第六章	真空技术和薄膜生长设备	2	课后相关知识点问题	
13	第六章	薄膜生长方法和物理	2	课后相关知识点问题	
14	第七章	碳纳米材料	2	课后相关知识点问题	
15	第八章	纳米材料的应用 1	2	翻转课堂,学生分组进行课	

16	第八章	纳米材料的应用 2	2	堂讲授，结合课程知识讲解 纳米材料在实际生活中的应 用实例和其中的物理	
17	第八章	纳米材料的应用 3	2		

## 六、教材及参考书目

1. 张耀君. 纳米材料基础 (Fundamentals of Nanomaterials) [M], 北京: 化学工业出版社, 2015.
2. C. Kittel. Introduction to Solid-State Physics [M], John Wiley& Sons, Inc., 2005.
3. 黄昆. 固体物理学[M], 北京: 高等教育出版社, 1988.
4. 潘金生、田民波、仝健民. 材料科学基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.

## 七、教学方法

主要采用电子讲义和少量板书的方式，兼取传统与现代化教学手段的优势；采用讲授、讨论、翻转课堂等教学方法和模式；教学中始终突出以学生为本的教育理念，重视课程的规划和建设，按照课程体系制定规范的教学大纲和教学进度表因材施教，使学生掌握物理学的发展脉络和科学思维方法，使学生变被动学习为主动学习，真正达到从会学到好学；通过启发式教学培养学生较强的主动思考习惯，注重对大学生创新思维和解决实际问题能力的培养；及时与学生进行有效沟通，布置课后作业，必要时进行习题讲解；通过对纳米材料中的相关的物理前沿问题讨论分析，有效培养学生的科学思维能力和问题解决能力。

## 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	测验和考试+平时学习表现
课程目标 2	相关教学内容	测验和考试+平时学习表现
课程目标 3	相关教学内容	课堂报告表现，点评提问

## (二) 评定方法

### 1. 评定方法

测验和课堂报告，占 30 %，平时成绩（作业、讨论等）20 %，期末考试 50 %。

### 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	测验和考试	总评达成度
课程目标 1	40%	40%	(例：课程目标 1 达成度 = {0.2 x 平时目标 1 成绩 + 0.8 过程化考试目标 1 成绩} / 目标 1 总分。 过程化考核按考核实际情况分析)
课程目标 2	40%	40%	
课程目标 3	20%	20%	

## (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	完全掌握该课程的基础知识，完全理解掌握纳米材料的基本概念、纳米材料的制备和表征方法、纳米材料结构和性能的关系，以及薄膜技术的基本原理。	掌握了该课程的基础知识，掌握纳米材料的基本概念、纳米材料的制备和表征方法、纳米材料结构和性能的关系，以及薄膜技术的基本原理。	较好地掌握该课程的基础知识，较好地理解电磁场和时间空间基本性质，形成了正确的辩证唯物主义世界观和科学的时空观。	基本掌握该课程的基础知识，基本理解掌握纳米材料的基本概念、纳米材料的制备和表征方法、纳米材料结构和性能的关系，以及薄膜技术的基本原理。	没有掌握该课程的基础知识，没有理解掌握纳米材料的基本概念、纳米材料的制备和表征方法、纳米材料结构和性能的关系，以及薄膜技术的基本原理。
课程 目标 2	完全掌握纳米材料的各种物理性能，能够灵活运用固体物理和凝聚态物理的知识对	掌握纳米材料的各种物理性能，能够运用固体物理和凝聚态物理的知识对	较好掌握纳米材料的各种物理性能，基本能够运用固体物理和凝聚态物理的知识对	基本掌握纳米材料的各种物理性能，单还不能熟练运用固体物理和凝聚态物理的知识对	没有掌握纳米材料的各种物理性能，不会运用固体物理和凝聚态物理的知识对

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
	态物理的知识对材料的物理性质进行解释和分析，举一反三。	材料的物理性质进行解释和分析。	聚态物理的知识对材料的物理性质进行解释和分析。	物理的知识对材料的物理性质进行解释和分析。	理的知识对材料的物理性质进行解释和分析。
课程 目标 3	具备很好的自主学习和知识获取能力，能够结合课程所学知识将纳米材料在实际生活中的应用和物理原理，进行清楚的课堂讲授和知识传达。	具备较好的自主学习和知识获取能力，能够结合课程所学知识将纳米材料在实际生活中的应用和物理原理，进行较好的课堂讲授和知识传达。	具备一般的自主学习和知识获取能力，基本能够结合课程所学知识将纳米材料在实际生活中的应用和物理原理，进行清楚的课堂讲授和知识传达。	有一定的自主学习和知识获取能力，但不能较好能够结合课程所学知识将纳米材料在实际生活中的应用和物理原理，进行课堂讲授和知识传达。	没有自主学习和知识获取能力，不能够结合课程所学知识将纳米材料在实际生活中的应用和物理原理，进行课堂讲授和知识传达。