

《太阳能电池材料与制备技术》课程教学大纲

一、课程基本信息

英文名称	Solar Cells: Materials and Fabrication	课程代码	PHYS2026
课程性质	专业选修课程	授课对象	物理学
学 分	2 学分	学 时	36 学时
主讲教师	邓楷模	修订日期	2021. 9
指定教材	杨德仁, 《太阳电池材料》, 化学工业出版社, 2018 年		

二、课程目标

(一) 总体目标:

本课程的知识目标: 了解太阳能电池发展史、应用和前沿; 掌握半导体材料光电性能和制备方法; 系统掌握太阳能电池的基本概念、基本原理及制备方法; 了解不同类型太阳能电池的优缺点和应用范围。能力目标: 掌握物理学知识在太阳能电池中的实际应用, 提高解决交叉学科领域问题的能力, 锤炼科学思维能力和科研创新能力。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; 富有科学精神, 勇于在物理学、材料学前沿及交叉领域探索、创新与攀登。

(二) 课程目标:

课程目标 1: 了解太阳能电池的发展历史, 结合材料科学的发展更深入地认识太阳能电池; 了解太阳能电池的应用及适用范围; 了解太阳能电池实验和理论研究的前沿进展和应用前景; 使学生认识到太阳能电池理论在现代科学研究领域的重要意义, 掌握辩证唯物主义基本原理, 建立科学的世界观和方法论。

课程目标 2: 掌握基本的材料学知识, 掌握半导体材料的光电特性等知识, 学会运用物理学、材料学、半导体理论等基础知识对太阳能电池的结构、原理进行分析, 深入理解太阳能电池的基本原理; 训练学生运用理论知识分析实际器件的能力, 培养和提高学生的应用理论知识的能力和解决交叉学科领域实际问题的能力。

课程目标 3: 掌握各种硅材料的制备方法和功能特性, 掌握硅太阳能电池的制备流程, 掌握硅太阳能电池中的光学设计; 掌握其他类型太阳能电池比如有机太阳能电池、染料敏化太阳能电池和钙钛矿太阳能电池的基本原理和相关材料制备方法, 培养和提高学生对功能材料的了解, 掌握对物理学知识应用于实际的基本技能, 锤炼科学思维能力和科研创新能力。

(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 太阳能和太阳能电池 第二章 材料科学基础 第三章 半导体材料与光电物理	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 8: 具有自主学习和终身学习意识和社会适应能力。
课程目标 2	第三章 半导体材料与光电物理 第四章 太阳能电池原理和表征 第五章 硅太阳能电池	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 8: 具有自主学习和终身学习意识和社会适应能力。
课程目标 3	第三章 半导体材料与光电物理 第六章 薄膜太阳能电池 第七章 有机化合物太阳能电池	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 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 太阳能和太阳能电池

1. 教学目标

本章要求学生掌握太阳能电池的基本发展历史和时代背景；掌握太阳光谱相关知识，为了解太阳能电池的特性打下基础；了解太阳能电池市场化情况、适用范围和未来发展趋势；了解太阳能电池实验和理论研究的前沿进展和应用前景；使学生认识到太阳能电池在现代社会中发挥的重要作用。

2. 教学重难点

太阳光谱相关知识。

3. 教学内容

第一节 太阳能的利用形式

第二节 太阳能辐射和吸收

第三节 太阳能光电的研究应用历史

第四节 太阳能电池的研究和开发

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

以“无处不在的太阳能”、“太阳能电池的前世今生”等主题进行开放课题讨论。

第二章 材料科学基础

1. 教学目标

本章要求学生掌握与太阳能电池相关的材料科学的基础知识；使学生认识到材料学知识在制备太阳能电池中起到的重要作用。

2. 教学重难点

晶体缺陷。

3. 教学内容

第一节 材料科学简介

第二节 原子结构和化学键

第三节 晶体结构

第四节 晶体缺陷

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

以“缺陷之美”、“从原子开始”等主题进行开放课题讨论。

第三章 半导体材料与光电物理

1. 教学目标

本章要求学生掌握与太阳能电池相关的半导体基础知识；掌握太阳能电池中涉及的光电转换物理图像；使学生认识到半导体材料与光电物理在太阳能电池中起到的核心作用。

2. 教学重难点

光生伏特效应、PN 结。

3. 教学内容

第一节 半导体和太阳能光电材料

第二节 载流子和能带结构

第三节 半导体中的杂质和缺陷能级

第四节 热平衡载流子和非平衡少数载流子

第五节 PN 结

第六节 金属半导体接触和欧姆接触

第七节 光生伏特效应与太阳能电池

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

完成课后相关习题。以“半导体和太阳能”、“生活中的半导体”等主题进行开放课题讨论。

第四章 太阳能电池原理和表征

1. 教学目标

本章要求学生掌握太阳能电池的基本结构和工作原理；掌握表征太阳能电池性能的物理参数和测试方法；使学生进一步深入了解太阳能电池。

2. 教学重难点

太阳能电池性能表征。

3. 教学内容

第一节 太阳能电池基本结构

第二节 太阳能电池工作原理

第三节 太阳能电池性能表征

第四节 太阳能电池中的光学设计

第五节 太阳能电池中的电阻效应和温度效应

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

完成课后相关习题。以“太阳能电池的同与异”、“如何提高太阳能电池效率”等主题进行开放课题讨论。

第五章 硅太阳能电池

1. 教学目标

本章要求学生掌握硅材料的分类和制备方法；掌握单晶硅和多晶硅的提纯和加工；掌握太阳能电池片的制备工艺流程；了解晶体硅中的杂质与缺陷；了解高效率硅太阳能电池的设计，使学生进一步深入了解晶体硅太阳能电池。

2. 教学重难点

太阳能电池片的制备、高效率太阳能电池。

3. 教学内容

第一节 单晶硅制备

第二节 多晶硅制备

第三节 太阳能电池片制备工艺流程

第四节 高效率硅太阳能电池

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

完成课后相关习题。以“硅太阳能电池的商业表现”、“硅太阳能电池的前世今生”等主题进行开放课题讨论。

第六章 薄膜太阳能电池

1. 教学目标

本章要求学生掌握薄膜太阳能电池的特点；掌握薄膜太阳能电池中用到的半导体材料；掌握薄膜太阳能电池片的制备工艺流程，使学生进一步了解太阳能电池的各种典型代表。

2. 教学重难点

薄膜半导体材料制备。

3. 教学内容

第一节 非晶硅薄膜

第二节 GaAs

第三节 CdTe 和 CuInGaSe

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

以“薄膜太阳能电池的优缺点”、“什么样的半导体材料能用于太阳能电池”等主题进行开放课题讨论。

第七章 有机化合物太阳能电池

1. 教学目标

本章要求学生掌握有机太阳能电池的特点；掌握有机太阳能电池中用到的半导体材料；了解不同有机太阳能电池片的制备工艺流程，使学生进一步了解太阳能电池的各种典型代表。

2. 教学重难点

钙钛矿半导体材料。

3. 教学内容

第一节 染料敏化太阳能电池

第二节 有机聚合物半导体薄膜电池

第三节 钙钛矿太阳能电池

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

以“有机太阳能电池的优缺点”、“太阳能电池的未来：Who is next?”等主题进行开放课题讨论。

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	太阳能和太阳能电池	2 学时
第二章	材料科学基础	6 学时
第三章	半导体材料与光电物理	8 学时
第四章	太阳能电池原理表征	6 学时
第五章	硅太阳能电池	6 学时
第六章	薄膜太阳能电池	4 学时
第七章	有机化合物太阳能电池	4 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
1	-	第一章	太阳能和太阳能电池	2	习题与讨论	
2	-	第二章	材料科学基础	2	习题与讨论	
3	-	第二章	材料科学基础	2	习题与讨论	
4	-	第二章	材料科学基础	2	习题与讨论	
5	-	第三章	半导体材料与光电物理	2	习题与讨论	
6	-	第三章	半导体材料与光电物理	2	习题与讨论	
7	-	第三章	半导体材料与光电物理	2	习题与讨论	
8	-	第三章	半导体材料与光电物理	2	习题与讨论	

9	-	第四章	太阳能电池原理和表征	2	习题与讨论	
10	-	第四章	太阳能电池原理和表征	2	习题与讨论	
11	-	第五章	硅太阳能电池	2	习题与讨论	
12	-	第五章	硅太阳能电池	2	习题与讨论	
13	-	第五章	硅太阳能电池	2	习题与讨论	
14	-	第六章	薄膜太阳能电池	2	习题与讨论	
15	-	第六章	薄膜太阳能电池	2	习题与讨论	
16	-	第七章	有机化合物太阳能电池	2	习题与讨论	
17	-	第七章	有机化合物太阳能电池	2	习题与讨论	

六、教材及参考书目

1. 杨德仁, 《太阳电池材料》, 化学工业出版社, 2018年;
2. 种法力, 滕道祥, 《硅太阳能电池光伏材料》, 化学工业出版社, 2015年;
3. Martin A. Green, 《太阳能电池工作原理、技术和系统应用》, 上海交通大学出版社, 2010年。
4. 戴宝通, 郑晃忠, 《太阳能电池技术手册》, 人民邮电出版社, 2012年。

七、教学方法

1. 充分发挥理论和实践相结合的优势, 注重科技前沿内容增添, 与时俱进充实授课内容, 将基础物理学与材料学、半导体等课程结合, 关注交叉前沿的材料应用系统, 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. 利用互联网资源扩充教学内容, 借鉴国内外知名学校的教学经验和教学材料, 结合课堂教学, 使教学形式和内容进一步丰富。

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	阶段化考试+平时学习表现
课程目标 2	相关教学内容	阶段化考试+平时学习表现
课程目标 3	相关教学内容	阶段化考试+平时学习表现

(二) 评定方法

1. 评定方法

多元考核评价：从课堂到课内外，从期末到过程化，从课内到项目式等。平时学习表现+阶段化考试；按权重计算总评成绩。

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

课程目标	考核占比		总评达成度
	平时	阶段化考试	
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 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= $0.2 \times \text{课程目标 1 的达成度} + 0.4 \times \text{课程目标 2 的达成度} + 0.4 \times \text{课程目标 3 的达成度}$
课程目标 2	40%	40%	
课程目标 3	40%	40%	

(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	完全了解太阳能电池的发展简史，结合材料科学的发展更深入地认识太阳能电池；完全了解太阳能电池的应用及适用范围；完全了解太阳能电池实验和理论研究的前沿进展和应用前景。很好认识到太阳能电池理论在现代科学研究领域的重要意义，完全掌握辩证唯物主义基本原理，建立科学的世界观和方法论。	了解太阳能电池的发展简史，结合材料科学的发展更深入地认识太阳能电池；了解太阳能电池的应用及适用范围；了解太阳能电池实验和理论研究的前沿进展和应用前景。认识到太阳能电池理论在现代科学研究领域的重要意义，掌握辩证唯物主义基本原理，建立科学的世界观和方法论。	较好了解太阳能电池的发展简史，结合材料科学的发展更深入地认识太阳能电池；较好了解太阳能电池的应用及适用范围；较好了解太阳能电池实验和理论研究的前沿进展和应用前景。较好认识到太阳能电池理论在现代科学研究领域的重要意义，较好掌握辩证唯物主义基本原理，建立科学的世界观和方法论。	基本了解太阳能电池的发展简史，结合材料科学的发展更深入地认识太阳能电池；基本了解太阳能电池的应用及适用范围；基本了解太阳能电池实验和理论研究的前沿进展和应用前景。基本认识到太阳能电池理论在现代科学研究领域的重要意义，简单掌握辩证唯物主义基本原理，建立科学的世界观和方法论。	不了解太阳能电池的发展简史，结合材料科学的发展更深入地认识太阳能电池；不了解太阳能电池的应用及适用范围；不了解太阳能电池实验和理论研究的前沿进展和应用前景。没有认识到太阳能电池理论在现代科学研究领域的重要意义，无法掌握辩证唯物主义基本原理，建立科学的世界观和方法论。
课程 目标 2	完全掌握掌握基本的材料学知识，完全掌握半导体材料的光电特性等知识，很好运用物理学、材料学、半导体理论等基础知识对太阳能电池的结构、原理进行分析，深入理解太阳能电池的基本原理；很好做到运用理论知识分析实际器件，	掌握基本的材料学知识，掌握半导体材料的光电特性等知识，能够运用物理学、材料学、半导体理论等基础知识对太阳能电池的结构、原理进行分析，能够理解太阳能电池的基本原理；能够做到运用理论知识分析实际器件，应用理论知识解决	较好掌握基本的材料学知识，较好掌握半导体材料的光电特性等知识，较好运用物理学、材料学、半导体理论等基础知识对太阳能电池的结构、原理进行分析，较好理解太阳能电池的基本原理；较好做到运用理论知识分析	基本掌握基本的材料学知识，基本掌握半导体材料的光电特性等知识，基本运用物理学、材料学、半导体理论等基础知识对太阳能电池的结构、原理进行分析，基本理解太阳能电池的基本原理；基本做到运用理	未掌握基本的材料学知识，未掌握半导体材料的光电特性等知识，不能运用物理学、材料学、半导体理论等基础知识对太阳能电池的结构、原理进行分析，无法理解太阳能电池的基本原理；不能做到运用理论

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
	应用理论知识解决交叉学科领域实际问题。	交叉学科领域实际问题。	实际器件,应用理论知识解决交叉学科领域实际问题。	论知识分析实际器件,应用理论知识解决交叉学科领域实际问题。	知识分析实际器件,应用理论知识解决交叉学科领域实际问题。
课程 目标 3	完全掌握各种硅材料的制备方法和功能特性,完全掌握硅太阳能电池的制备流程,完全掌握硅太阳能电池中的光学设计;完全掌握其他类型太阳能电池的基本原理和相关材料制备方法,完全掌握对物理学知识应用于实际的基本技能,锤炼科学思维能力和科研创新能力。	掌握各种硅材料的制备方法和功能特性,掌握硅太阳能电池的制备流程,掌握硅太阳能电池中的光学设计;掌握其他类型太阳能电池的基本原理和相关材料制备方法,掌握对物理学知识应用于实际的基本技能,锤炼科学思维能力和科研创新能力。	较好掌握各种硅材料的制备方法和功能特性,较好掌握硅太阳能电池的制备流程,较好掌握硅太阳能电池中的光学设计;较好掌握其他类型太阳能电池的基本原理和相关材料制备方法,较好掌握对物理学知识应用于实际的基本技能,锤炼科学思维能力和科研创新能力。	基本掌握各种硅材料的制备方法和功能特性,基本掌握硅太阳能电池的制备流程,基本掌握硅太阳能电池中的光学设计;基本掌握其他类型太阳能电池的基本原理和相关材料制备方法,基本掌握对物理学知识应用于实际的基本技能,锤炼科学思维能力和科研创新能力。	未掌握各种硅材料的制备方法和功能特性,未掌握硅太阳能电池的制备流程,未掌握硅太阳能电池中的光学设计;未掌握其他类型太阳能电池的基本原理和相关材料制备方法,未掌握对物理学知识应用于实际的基本技能,锤炼科学思维能力和科研创新能力。