

# 《专业实验》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

英文名称	Professional Experiment	课程代码	PHYS2061
课程性质	专业必修课程	授课对象	物理学
学 分	1.5 学分	学 时	54 学时
主讲教师	虞一青、苏晓东、郑分刚、辛煜、汤如俊、翁雨燕、陈雅卉	修订日期	2021 年 9 月
指定教材	1、方亮，翁雨燕主编，近现代物理实验（第 1 版）[M]，北京：高等教育出版社，2020。 2、自编讲义		

## 二、课程目标

### （一）总体目标：

本课程针对各种材料体系设计出多个实验，让学生从中获得材料各种物性的直观印象，学习其测量方法，探究其设计思路。整个课程涉及到半导体材料、磁性材料、铁电材料等，包括磁性、电性、热电、光电、声光等物性，以及放电等离子体体系的研究。对这些实验的学习和训练，使得学生能把理论知识和实际情况联系起来，从而加深对材料物理学中有关原理的理解与掌握，同时培养学生独立开展科学研究工作的综合素质，提高学生的科学实验能力和科学实验素养。

### （二）课程目标：

**课程目标 1：**根据实验内容，学习掌握相关实验的思想、原理和研究方法，对获取的数据进行分析处理与误差分析，撰写实验报告。

**课程目标 2：**通过对多种材料体系的物性测量，让学生从中获得对材料各种物性的直观印象，学习掌握其测量方法。

**课程目标 3：**把理论知识和实际情况联系起来，加深对材料物理学中有关原理的理解与掌握。培养学生独立开展科学研究工作的综合素质，提高学生的科学实验能力和科学素养。

### （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	实验 1、用 Q 表测量软磁铁氧体的磁性 实验 2、介电常数和介质损耗的测量 实验 3、半导体热电特性综合实验 实验 4、霍尔效应 实验 5、四探针法测量电阻率 实验 6、铁磁材料磁滞回线和基本磁化曲线 实验 7、铁磁材料居里温度测试 实验 8、铁电体电滞回线测量 实验 9、固体介质折射率的测定 实验 10、晶体电光效应实验 实验 11、晶体声光效应实验 实验 12、太阳能电池基本特性的测量 实验 13、光敏传感器光电特性实验 实验 14、太阳能电池量子效率 (QE) 测试 实验 15、WH-II 金属电子逸出功测定 实验 16、X 射线衍射原理与实验 实验 17、大气压介质阻挡放电 实验 18、低气压射频空心阴极放电系统 实验 19、光刻实验	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。
课程目标 2	实验 1、用 Q 表测量软磁铁氧体的磁性 实验 2、介电常数和介质损耗的测量 实验 3、半导体热电特性综合实验 实验 4、霍尔效应 实验 5、四探针法测量电阻率 实验 6、铁磁材料磁滞回线和基本磁化曲线 实验 7、铁磁材料居里温度测试 实验 8、铁电体电滞回线测量	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。

	实验 9、固体介质折射率的测定 实验 10、晶体电光效应实验 实验 11、晶体声光效应实验 实验 12、太阳能电池基本特性的测量 实验 13、光敏传感器光电特性实验 实验 14、太阳能电池量子效率 (QE) 测试 实验 15、 WH- II 金属电子逸出功测定	
课程目标 3	实验 5、四探针法测量电阻率 实验 14、太阳能电池量子效率 (QE) 测试 实验 16、 X 射线衍射原理与实验 实验 17、大气压介质阻挡放电 实验 18、低气压射频空心阴极放电系统 实验 19、光刻实验	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。

### 三、教学内容

#### 实验项目 1: 用 Q 表测量软磁铁氧体的磁性

##### 1. 教学目标

- (1) 会使用 Q 表, 掌握用 Q 表测量高频线圈的分布电容和电感值;
- (2) 掌握用 Q 表测量软磁铁氧体在较高频率下的  $\mu_r$  和 Q 的方法。

##### 2. 教学内容

学习 Q 表测量原理, 理解品质因数 Q 的意义, 学会用 Q 表测量电容和电感的方法, 掌握计算磁导率的公式。

#### 实验项目 2: 介电常数和介质损耗的测量

##### 1. 教学目标

- (1) 了解电介质材料的介电常数及其测量方法;
- (2) 了解电介质材料的介质损耗及其测量方法;
- (3) 掌握误差修正的方法。

##### 2. 教学内容

学习根据介电常数的公式设计实验，并进行测量。掌握介电损耗的计算和测量方法。

### **实验项目 3：半导体热电特性综合实验**

#### 1.教学目标

- (1) 了解半导体热敏电阻、pn 结的电输运的微观机制及其与温度的关系；
- (2) 熟悉热电测量的原理和方法；
- (3) 掌握直接或间接用最小二乘法做一元线性回归，拟合得到热敏电阻的温度系数(热敏指数)和 pn 结的禁带宽度。

#### 2.教学内容

本实验学习测量半导体材料热电综合特性的实验方法及其实验装置，研究不同材料的热电特性，并学习智能化的综合测量和数据处理方法。

### **实验项目 4：霍尔效应**

#### 1.教学目标

- (1) 了解霍尔效应实验原理及有关霍尔元件对材料要求的知识；
- (2) 学习用“对称测量法”消除副效应的影响，测量并绘制样品的  $V_H-I_s$  和  $V_H-IM$  曲线；
- (3) 掌握利用霍尔效应确定样品的导电类型、计算出载流子浓度以及迁移率。

#### 2.教学内容

学会利用霍尔效应判断样品的导电类型，根据测量结果求的半导体器件的载流子浓度以及迁移率等物理量。学习用“对称测量法”消除实验中副效应的影响。

### **实验项目 5：四探针法测量电阻率**

#### 1.教学目标

- (1) 了解影响电阻率测试结果的因素；
- (2) 掌握四探针测量电阻率的原理和方法，并对特殊尺寸样品的电阻率测试结果进行修正。

#### 2.教学内容

学习四探针的工作原理和方法，了解影响测试结果的因素及其修正方法，对比不同位置处测量的电阻率值。

### **实验项目 6：铁磁材料磁滞回线和基本磁化曲线**

## 1.教学目标

- (1) 了解用示波器显示和观察动态磁滞回线的原理和方法；
- (2) 熟悉测绘铁磁材料动态磁滞回线和基本磁化曲线的原理和方法，加深对铁磁材料磁化规律的理解；
- (3) 学会根据磁滞回线确定矫顽力  $H_c$ 、剩余磁感应强度  $B_r$ 、饱和磁感应强度  $B_m$ 、磁滞损耗 $[BH]$ 等磁化参数；
- (4) 掌握测量磁性材料磁导率  $\mu$  的方法，并测绘铁磁材料的  $\mu-H$  曲线，了解铁磁材料的主要特性。

## 2.教学内容

铁磁性材料的分类，磁滞回线的特点和测量，磁滞损耗和计算和磁导率的确定。

### **实验项目 7：铁磁材料居里温度测试**

#### 1.教学目标

- (1) 了解铁磁物质由铁磁性转变为顺磁性的微观机理；
- (2) 熟悉交流电桥法测定铁磁材料样品的居里温度；
- (3) 掌握实验时的加热速率和交流电桥输入信号频率对居里温度测试结果的影响。

#### 2.教学内容

学会利用交流电桥法测定铁磁材料样品的居里温度，并学习分析实验参数（加热速率和交流电桥输入信号频率）对居里温度测试结果的影响。

### **实验项目 8：铁电体电滞回线测量**

#### 1.教学目标

- (1) 了解晶体的自发极化与电滞回线测量的基本原理；
- (2) 熟悉电滞回线测量系统的使用方法；
- (3) 掌握铁电体电滞回线的测量方法，对测量数据进行分析。

#### 2.教学内容

学习铁电体的基本知识与自发极化以及铁电体电滞回线测量的方法和基本原理，使用电滞回线测量仪对铁电体样品进行测量。

### **实验项目 9：固体介质折射率的测定**

#### 1.教学目标

(1) 了解偏振光的基本知识;

(2) 掌握偏振光的获取并测量激光源的偏振度, 确定偏振片的偏振方向。通过布儒斯特定律测定玻璃的折射率。

## 2. 教学内容

学习固体折射率测量的原理。通过偏振光知识与布儒斯特定律的学习, 研究玻璃材料的折射率测量方法。

## 实验项目 10: 晶体电光效应实验

### 1. 教学目标

(1) 对晶体具有电光效应基本知识有所了解, 并查阅相关晶体电光知识;

(2) 研究铌酸锂晶体的横向电光效应, 观察锥光干涉图样, 测量半波电压;

(3) 学习电光调制的原理和实验方法, 掌握调试技能;

(4) 了解利用电光调制模拟音频光通信的一种实验方法。

### 2. 教学内容

了解电光效应, 学习电光调制的原理和实验方法, 研究铌酸锂晶体的横向电光效应, 观察锥光干涉图样, 测量半波电压。

## 实验项目 11: 晶体声光效应实验

### 1. 教学目标

(1) 掌握声光效应的原理和实验规律;

(2) 观察拉曼-奈斯 (Raman—Nath) 衍射的实验条件和特点;

(3) 利用声光效应测量声波在介质中的传播速度;

(4) 测量声光器件的衍射效率和带宽;

(5) 了解声光效应的通信技术中的应用。

### 2. 教学内容

掌握声光效应的原理, 利用声光效应测量声波在介质中的传播速度, 了解声光效应的通信技术中的应用。

## 实验项目 12: 太阳能电池基本特性的测量

### 1. 教学目标

(1) 了解太阳电池的原理、主要表征参量；

(2) 掌握太阳电池特性曲线的测量方法，求出短路电流、开路电压，计算填充因子并测量太阳电池的光照特性。

## 2.教学内容

学习太阳电池的应用背景，太阳电池的结构、工作原理，学习其等效电路并对伏安特性进行测量。

### **实验项目 13：光敏传感器光电特性实验**

#### 1.教学目标

(1) 了解光敏电阻、光电池、光敏二极管和光敏三极管的基本物理特性；

(2) 熟悉光敏电阻的伏安特性和光照特性的基本测试原理；

(3) 掌握不同外加电压和光照强度下的光敏传感器的光电流的变化规律，从而对光敏传感器光电特性具有更深入全面的理解。

#### 2.教学内容

在了解光敏传感器光电基本物理特性的基础上，通过具体实验测量不同外加电压和光照强度下的光敏传感器的光电流大小，从而加深对光敏传感器光电特性的理解。

### **实验项目 14：太阳能电池量子效率（QE）测试**

#### 1.教学目标

(1) 了解量子效率的定义和分类，理解内量子效率与外量子效率的联系与差别；

(2) 熟悉不同太阳能电池的光谱响应；

(3) 掌握分束一步法测量太阳能电池量子效率的步骤与方法，并与一步法想比较，了解各自的优缺点。

#### 2.教学内容

(1) 量子效率的定义和分类；

(2) 不同太阳能电池的光谱响应；

(3) 两步法与分束一步法测量太阳能电池量子效率的优缺点。

### **实验项目 15：WH- II 金属电子逸出功测定**

#### 1.教学目标

- (1) 了解热电子发射现象及其基本规律；
- (2) 掌握里查孙直线法并测定金属钨的电子逸出功。

## 2. 教学内容

学习热电子发射现象，根据里查孙-杜什曼公式的变换由里查孙直线法得到电子逸出功。

## **实验项目 16：X 射线衍射原理与实验**

### 1. 教学目标

- (1) 了解晶体学、X 射线的基本知识、布拉格（Bragg）定律等；
- (2) 掌握 X 射线产生的条件及相关设备；
- (3) 掌握 XRD 测量的方法、软件使用方法以及数据分析。

### 2. 教学内容

本实验介绍 X 射线衍射原理和测量方法，希望为大学本科学生了解晶体学的相关知识、X 射线产生的条件及相关设备的使用，掌握 XRD 测量的方法、软件使用方法以及数据分析。

## **实验项目 17：大气压介质阻挡放电**

### 1. 教学目标

- (1) 了解大气压介质阻挡放电原理和放电方法；
- (2) 测量介质阻挡放电特性曲线；
- (3) 掌握大气压介质阻挡放电的电流电压特性曲线，加深介质阻挡放电的实际功率的测量与电子密度的理论计算能力；
- (4) 了解不同放电气体的放电特性。

### 2. 教学内容

大气压介质阻挡放电结构，介质阻挡放电特性。

## **实验项目 18：低气压射频空心阴极放电系统**

### 1. 教学目标

- (1) 了解低气压射频空心阴极放电系统的放电原理；
- (2) 掌握射频空心阴极放电系统的放电结构及其系统的其它支撑部分；



- (3) 掌握射频空心阴极放电系统的放电特征；
- (4) 掌握不同放电气压条件下氩气空心阴极放电的光谱特性。

## 2. 教学内容

低气压射频空心阴极放电系统的结构与设备组装、放电原理及其放电特性。

## 实验项目 19：光刻实验

### 1. 教学目标

- (1) 了解集成电路制造的流程及光刻工艺的基本步骤；
- (2) 了解光刻基本原理及光刻机结构；
- (3) 了解掩模的作用与制备；
- (4) 光刻胶的分类与组成。

### 2. 教学内容

集成电路的制造工艺、流程，光刻工艺的 8 个基本步骤，光刻机与不同波长的光源，掩膜版的制作，光刻胶的成分、分类。

## 四、学时分配

表 2：实验教学学时分配表

序号	实验项目	学时分配	必修/选修
1	用 Q 表测量软磁铁氧体的磁性	3	必修
2	介电常数和介质损耗的测量	3	选修
3	半导体热电特性综合实验	3	选修
4	霍尔效应	3	必修
5	四探针法测量电阻率	3	必修
6	铁磁材料磁滞回线和基本磁化曲线	3	选修
7	铁磁材料居里温度测试	3	必修

8	铁电体电滞回线测量	3	必修
9	固体介质折射率的测定	3	选修
10	晶体电光效应实验	3	选修
11	晶体声光效应实验	3	选修
12	太阳能电池基本特性的测量	3	必修
13	光敏传感器光电特性实验	3	必修
14	太阳能电池量子效率 (QE) 测试	3	必修
15	WH- II 金属电子逸出功测定	3	选修
16	X 射线衍射原理与实验	3	必修
17	大气压介质阻挡放电	3	必修
18	低气压射频空心阴极放电系统	3	必修
19	光刻实验	3	必修

## 五、教材及参考书目

1. 方亮, 翁雨燕主编, 近现代物理实验 (第 1 版) [M], 北京: 高等教育出版社, 2020.
2. 黄昆, 固体物理学, 高等教育出版社, 1988.
3. 刘诺、任敏等, 半导体物理与器件实验教程, 科学出版社, 2015.
4. 姜传海、杨传铮, 材料射线衍射和散射分析, 高等教育出版社, 2010.
5. 翁敏航、刘玮, 太阳能电池材料·制造·检测技术, 科学出版社, 2013.
6. 菅井秀郎, 等离子体电子工程学, 科学出版社, 2002.

## 六、教学方法

学生在课前自主预习 (内容包括实验目的、原理、使用仪器、实验步骤等), 实验当天至实验室完成实验操作。在实验操作前教师先讲解实验的原理、思想及实验过程中需要注意的事项。然后学生按照要求完成实验内容, 获取相应实验数据, 并在课后完成实验数据的处理, 对实验结果进行必要的计算分析包括误差分析等, 最终形成完整的实验报告并提交。

## 七、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	平时实验考核+期末考试
课程目标 2	相关教学内容	平时实验考核+期末考试
课程目标 3	相关教学内容	平时实验考核+期末考试

### (二) 评定方法

#### 1. 评定方法

平时成绩占 70%，期末考核占 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	期末考试	总评达成度
课程目标 1	40%	40%	课程目标 1 达成度= $\{0.7 \times \text{平时实验考核目标 1 成绩} + 0.3 \times \text{期终考试目标 1 成绩}\} / \text{目标 1 总分}$ 。
课程目标 2	40%	40%	
课程目标 3	20%	20%	课程目标 2 达成度= $\{0.7 \times \text{平时实验考核目标 2 成绩} + 0.3 \times \text{期终考试目标 2 成绩}\} / \text{目标 2 总分}$ 。 课程目标 3 达成度= $\{0.7 \times \text{平时实验考核目标 3 成绩} + 0.3 \times \text{期终考试目标 3 成绩}\} / \text{目标 3 总分}$ 。 总评达成度= $0.4 \times \text{课程目标 1 的达成度} + 0.4 \times \text{课程目标 2 的达成度}$

			+0.2×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	通过学习很好地掌握了相关实验的思想、原理和研究方法,对获取的数据进行分析处理与误差分析,撰写实验报告。	通过学习掌握了相关实验的思想、原理和研究方法,对获取的数据进行分析处理与误差分析,撰写实验报告。	通过学习较好地掌握了相关实验的思想、原理和研究方法,对获取的数据进行分析处理与误差分析,撰写实验报告。	通过学习基本掌握了相关实验的思想、原理和研究方法,对获取的数据进行分析处理与误差分析,撰写实验报告。	没有掌握相关实验的思想、原理和研究方法,没有对获取的数据进行分析处理与误差分析,撰写实验报告。
课程 目标 2	通过学习很好地掌握了多种材料体系的物性测量方法,获得对材料各种物性的直观印象。	通过学习掌握了多种材料体系的物性测量方法,获得了对材料各种物性的直观印象。	通过学习较好地掌握了多种材料体系的物性测量方法,获得了对材料各种物性的直观印象。	通过学习基本掌握了多种材料体系的物性测量方法,获得了对材料各种物性的直观印象。	没有掌握多种材料体系的物性测量方法,没有获得对材料各种物性的直观印象。
课程 目标 3	能够很好地把理论知识和实际情况联系起来,科学实验能力和科学素养有了提高。	能够把理论知识和实际情况联系起来,科学实验能力和科学素养有了提高。	能够较好地把理论知识和实际情况联系起来,科学实验能力和科学素养有了提高。	基本能够把理论知识和实际情况联系起来,科学实验能力和科学素养有了提高。	不能把理论知识和实际情况联系起来,科学实验能力和科学素养没有提高。