

《近代物理实验》课程教学大纲

一、课程基本信息

英文名称	Modern Physics Experiment	课程代码	PHYS2004
课程性质	大类基础课程	授课对象	物理学
学 分	1 学分	学 时	54 学时（讲课 18 学时+实验 36 学时）
主讲教师	陈雅卉、苏晓东、翁雨燕、游陆、虞一青	修订日期	2021 年 9 月
指定教材	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. 11		

二、课程目标

（一）总体目标：

近代物理实验课程是物理学（含师范）专业的一门大类基础课程，它同时又是物理学（含师范）专业的必修实验课程和学位课程。本课程是在普通物理实验（一）、（二）、（三）的基础上开设的，其教学内容包括对一些在近代物理学发展史中起过重要作用的著名实验的实验思想、实验设计、实验技术及数据处理等四个方面的理解和掌握。让学生通过本课程的学习，进一步提高对近代物理思想和实验方法理解和掌握，具备分析和处理一些基本近代物理实验问题的初步能力。在教学中，通过对近代物理实验相关问题的深入讨论，强化学生对近代物理实验中涉及的基本概念和基本原理的理解；使学生充分了解物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用；培养学生分析问题、收集处理数据、分析归纳和解决问题的能力，培养良好的科学素养和实事求是的科学态度，激发学生自主学习和终身学习意识，为以后的学习和工作打下良好的科学基础。

（二）课程目标：

培养物理学（含师范）专业的学生在完成基础物理实验的基础上，进一步掌握和理解一些典型物理实验的方法和实验技巧，提高他们的科学实验能力和科学探索精神。要求学生能较为完整地掌握从实验选题内容和原理的资料收集，实验的具体实施和对实验结果的处理分析等一系列实验方法与技能。

课程目标 1：能根据实验选题学习和掌握相关的实验思想和实验研究方法，掌握实验内容和实验步骤，通过实验过程获取实验数据，掌握数据的分析和处理方法以及误差的分析和计算，并最终得出相应的实验结果，撰写实验报告。

课程目标 2：掌握数学、物理相关基础知识，能解释或理解物理规律，具有初步分析问

题和解决问题的能力，培养良好的科学素养和实事求是的科学态度，激发学生自主学习和终身学习意识，为以后的学习和工作打下良好的科学基础。

课程目标 3: 了解一些重要的物理学实验在物理学发展过程中的地位，以及物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用，使学生认识到物理实验对物理学学习和研究的重要性。

(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: 夫兰克—赫兹实验 实验 2: 塞曼效应 实验 3: 核磁共振 实验 4: 铁磁共振 实验 5: 电子自旋共振 实验 6: 微波实验 实验 7: 光速的测定 实验 8: X 射线实验 实验 9: 黑体辐射 实验 10: 光磁共振 实验 11: 法拉第磁光效应 实验 12: 巨磁电阻效应 实验 13: 燃料电池特性的测量 实验 14: 冉绍尔—汤森效应 实验 15: 拉曼光谱及四氯化碳的表征实验 实验 16: 氦氖激光器及激光特性研究 实验 17: 椭圆偏振仪及薄膜厚度的测量实验 实验 18: CCD 综合实验系统实验 实验 19: 压力传感器特性及人体	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；掌握物理实验研究方法和实验动手能力，具有设计实验、收集数据，整理分析数据，撰写实验报告能力。 毕业要求 3: 学科素养-理解物理知识体系与结构、基本原理；掌握物理学基本实验方法和技能。

	<p>心律与血压测量</p> <p>实验 20: 光栅光谱仪</p>	
课程目标 2	<p>实验 1: 夫兰克—赫兹实验</p> <p>实验 2: 塞曼效应</p> <p>实验 3: 核磁共振</p> <p>实验 5: 电子自旋共振</p> <p>实验 6: 微波实验</p> <p>实验 7: 光速的测定</p> <p>实验 8: X 射线实验</p> <p>实验 9: 黑体辐射</p> <p>实验 10: 光磁共振</p> <p>实验 11: 法拉第磁光效应</p> <p>实验 12: 巨磁电阻效应</p> <p>实验 13: 燃料电池特性的测量</p> <p>实验 14: 冉绍尔—汤森效应</p> <p>实验 15: 拉曼光谱及四氯化碳的表征实验</p> <p>实验 16: 氦氖激光器及激光特性研究</p> <p>实验 17: 椭圆偏振仪及薄膜厚度的测量实验</p> <p>实验 18: CCD 综合实验系统实验</p> <p>实验 19: 压力传感器特性及人体心律与血压测量</p> <p>实验 20: 光栅光谱仪</p>	<p>毕业要求 2: 掌握数学、物理学理论知识, 能解释或理解物理规律, 具有初步解决科学问题的能力。</p> <p>毕业要求 7: 具有课题调研、设计、数据处理和学术交流能力。</p> <p>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。</p>
课程目标 3	<p>实验 2: 塞曼效应</p> <p>实验 5: 电子自旋共振</p> <p>实验 6: 微波实验</p> <p>实验 8: X 射线实验</p> <p>实验 9: 黑体辐射</p>	<p>毕业要求 3: 了解国际物理学的知识领域, 相关领域的发展动态; 了解物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用。</p>

	实验 11: 法拉第磁光效应 实验 13: 燃料电池特性的测量 实验 15: 拉曼光谱及四氯化碳的表征实验 实验 16: 氦氖激光器及激光特性研究	
--	--	--

三、教学内容

实验项目 1: 夫兰克—赫兹实验

1. 教学目标

通过测定汞原子和氩原子的第一激发电位, 证明原子能级的存在, 学习测量微电流的方法。

2. 教学内容

- (1) 学习用慢电子碰撞原子的方法测量原子的中肯电位;
- (2) 验证原子能级的存在。

实验项目 2: 塞曼效应

1. 教学目标

使用法布里—珀洛干涉仪观察光谱线的塞曼效应, 并从所拍摄的干涉条纹测定电子的荷质比。

2. 教学内容

- (1) 观察和测量汞绿线的塞曼效应;
- (2) 测定电子的荷质比。

实验项目 3: 核磁共振

1. 教学目标

了解核磁共振现象, 用核磁共振方法精确测量磁场, 利用其稳态吸收信号测量均匀磁场及原子核旋磁比。

2. 教学内容

- (1) 用核磁共振法精确测量磁场;
- (2) 测定核的旋磁比和朗德因子。

实验项目 4: 铁磁共振

1. 教学目标

通过观察铁磁共振现象和测量 YIG 小球的共振线宽 ΔB , 了解 FMR 机理及其实验方法,

并学习有关的微波技术知识。

2. 教学内容

- (1) 通过观察铁磁共振现象和测量 YIG 小球的共振线宽 ΔB ;
- (2) 了解 FMR 机理及其实验方法，并学习有关的微波技术知识。

实验项目 5：电子自旋共振

1. 教学目标

了解电子自旋共振 (ESR) 现象及其基本原理，测量 DPPH 自由基中电子的 g 因子和共振曲线的线宽。

2. 教学内容

- (1) 测量 DPPH 自由基中电子的 g 因子和共振曲线的线宽。

实验项目 6：微波实验

1. 教学目标

熟悉微波测试系统，测出反射式速调管的工作特性曲线，掌握驻波测量、频率测量、功率测量及波导波长测量的基本方法。

2. 教学内容

- (1) 用只读频率计测量微波频率并计算微波波导波长；
- (2) 测量不同负载的驻波比。

实验项目 7：光速的测定

1. 教学目标

掌握几种测量光速的实验思想和实验方法。学会用位相法测定调制波的波长和间接测时法来测定光速。并比较各种方法的优劣和测量误差的主要来源。

2. 教学内容

- (1) 用“光程—时间法”测量光在空气中的传播速度；
- (2) 用“位相法”测量光在空气中的传播速度。

实验项目 8：X 射线实验

1. 教学目标

了解和掌握利用 X 射线对靶材料作用的特征光谱来研究晶体的结构，如测定单晶体的晶格结构、多晶粉末样品的晶面间隔和钨阳极特征 X 射线的精细结构等。

2. 教学内容

- (1) 测量钨的特征 X 射线光谱的波长；
- (2) 测量 NaCl 单晶样品的晶格常数。

实验项目 9：黑体辐射

1. 教学目标

理解和学会通过对黑体辐射能量和任意发光源辐射能量的测量，记录发光源的辐射能量曲线，并验证维恩位移定律和斯特藩—波尔兹曼定律。

2. 教学内容

- (1) 验证维恩位移定律；
- (2) 验证斯特藩—波尔兹曼定律。

实验项目 10：光磁共振

1. 教学目标

理解和掌握利用光抽运效应来研究碱金属原子铷，从而观察和测量原子超精细结构塞曼子能级间的磁共振。

2. 教学内容

利用光抽运效应测量原子超精细结构塞曼子能级间的磁共振。

实验项目 11：法拉第磁光效应

1. 教学目标

了解光和电磁现象之间的联系，观测并理解在光线传播方向的磁场作用下，线偏振光通过介质时的旋光现象。

2. 教学内容

- (1) 用毫特斯拉计测量电磁铁磁头中心的磁感应强度，分析线性范围；
- (2) 用消光法测量样品的费尔德常数。

实验项目 12：巨磁电阻效应

1. 教学目标

了解巨磁电阻效应原理，学习巨磁电阻传感器的定标方法，测量不同磁场下的巨磁电阻的阻值。

2. 教学内容

- (1) 由所测巨磁电阻的阻值，作 R_B/R_0-B 关系图，求电阻相对变化率的最大值；
- (2) 测定巨磁电阻传感器输出电压 V 输出与工作电压 V_+ 的关系；
- (3) 测定巨磁电阻传感器输出电压 V 输出与通电导线电流 I 的关系。

实验项目 13：燃料电池特性的测量

1. 教学目标

了解燃料电池和太阳能电池的工作原理。观察燃料电池和太阳能电池的能量转换过程。测量燃料电池的输出特性，计算燃料电池的最大输出功率和效率。

2. 教学内容

- (1) 测量质子交换膜电解池的特性，验证法拉第电解定律；
- (2) 测量太阳能电池的特性，作出其伏安特性曲线输出功率随电压的变化曲线，获取太阳能电池的各个特性参数。

实验项目 14：冉绍尔—汤森效应

1. 教学目标

了解电子碰撞管的设计、工作原理，掌握电子与原子的碰撞规则和测量原子散射截面的方法。验证冉绍尔—汤森效应，学习用量子力学理论解释该效应。

2. 教学内容

- (1) 测量低能电子与气体原子碰撞的散射几率与电子速度的关系；
- (2) 测量气体原子的有效弹性散射截面与电子速度的关系，测定散射截面最小时的电子能量。

实验项目 15：拉曼光谱及四氯化碳的表征实验

1. 教学目标

了解拉曼光谱仪的工作原理，掌握液体拉曼光谱的测量方法。学会分析 CCl_4 (四氯化碳) 的共振峰。

2. 教学内容

- (1) 测量 CCl_4 (四氯化碳) 的拉曼光谱；
- (2) 并对所测拉曼光谱的共振峰进行标定。

实验项目 16：氦氛激光器及激光特性研究

1. 教学目标

了解氦氛激光高斯光束参数的测量及高斯变换。学会测量氦氛激光器的稳定性、发散角和偏振特性。学会分析氦氛激光器的模式。

2. 教学内容

- (1) 测量激光的偏振特性，以及光功率稳定性；
- (2) 测量激光传播过程中的束腰半径。

实验项目 17：椭圆偏振仪及薄膜厚度的测量实验

1. 教学目标

了解椭圆偏振仪的工作原理；掌握固体表面薄膜厚度和折射率的测量方法；掌握固体表面薄膜厚度或折射率测量的物理模型。

2. 教学内容

- (1) 测量硅片上的二氧化硅的椭圆偏振光谱；
- (2) 建模拟合得到硅片上的二氧化硅的折射率与厚度。

实验项目 18: CCD 综合实验系统实验

1. 教学目标

掌握线阵 CCD 的基本特性,了解线阵 CCD 进行物体测量的方法;了解二值化处理的原理和软硬件二值化方法;了解几种非接触尺寸测量系统的原理。掌握隔行转移型面阵 CCD 的基本工作原理和特征;从图像图形处理技术的基本处理方法一点运算开始,逐步学习数字图形图像的处理技术。

2. 教学内容

- (1) 运用线阵 CCD 进行物体位置、角度的测量;
- (2) 掌握非接触在线测量的方法,并能自己设计符合要求的方案;
- (3) 学习面阵 CCD 图像数据采集的基本操作软件,并学会基本图像图形处理技术。

实验项目 19: 压力传感器特性及人体心律与血压测量

1. 教学目标

了解气体压力传感器的工作原理;学会组装数字式压力表;了解人体心律、血压的测量原理,利用压阻脉搏传感器测量脉搏波形和心跳频率。

2. 教学内容

- (1) 测量气体压力传感器的特性;
- (2) 用气体压力传感器、放大器和数字电压表来组装数字式压力表,并用标准指针式压力表对其进行定标,完成数字式压力表的制作;
- (3) 用自己组装的数字压力表采用柯氏音法测量人体血压;
- (4) 验证理想气体的波意耳(Boyle)定律。

实验项目 20: 光栅光谱仪

1. 教学目标

了解光栅光谱仪的工作原理;掌握利用光栅光谱仪进行测量的技术。

2. 教学内容

- (1) 学会使用氖灯、钠灯、汞灯以及其它已知光谱线的光源进行仪器波长校准;
- (2) 扫描测量不同光源的光谱,并根据测量对系统参数进行相应的设置,根据测量学会对出射、入射狭缝宽度进行相应的设置。

四、学时分配

表 2: 各项实验内容和学时分配表

序号	实验项目	学时分配	必修/选修
----	------	------	-------

1	夫兰克—赫兹实验	3	必修
2	塞曼效应	3	选修
3	核磁共振	3	必修
4	铁磁共振	3	必修
5	电子自旋共振	3	必修
6	微波实验	3	选修
7	光速的测定	3	选修
8	X 射线实验	3	必修
9	黑体辐射	3	必修
10	光磁共振	3	选修
11	法拉第磁光效应	3	必修
12	巨磁电阻效应	3	选修
13	燃料电池特性的测量	3	必修
14	冉绍尔—汤森效应	3	选修
15	拉曼光谱及四氯化碳的表征实验	3	选修
16	氦氖激光器及激光特性研究	3	必修
17	椭圆偏振仪及薄膜厚度的测量实验	3	必修

18	CCD 综合实验系统实验	3	选修
19	压力传感器特性及人体心律与血压测量	3	必修
20	光栅光谱仪	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. 11
2. 南京大学近代物理实验室. 近代物理实验讲义. 南京: 南京大学出版社, 1997.
3. 戴乐山. 近代物理实验讲义. 上海: 复旦大学出版社, 1995.
4. 吴思诚. 近代物理实验讲义. 北京: 北京大学出版社, 1995.

六、教学方法

近代物理实验课程的教学采用学生课前预习(内容为实验目的、实验原理、实验步骤等), 实验室完成实验过程的操作、实验数据的获得和课后完成实验数据处理、实验结果的计算及分析等步骤实施。学生实验操作开始前, 指导教师根据具体的实验项目介绍本实验的历史、基本思想、对物理学发展的影响和作用和实验过程的注意事项等进行必要的讲解。实验过程中采用启发式、探究式、合作式、讨论式等多种教学方法进行教学。

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 3: 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	平时实验表现+期末考试
课程目标 2	相关教学内容	平时实验表现+期末考试
课程目标 3	相关教学内容	平时实验表现+期末考试

(二) 评定方法

1. 评定方法

考核方式：每个实验的预习、操作、报告成绩；期末实验操作考试成绩。

成绩评定方式：平时实验成绩（出席率、上课表现、实验报告）占 70%，期末操作考试（考试内容随机抽取）成绩占 30%。

2. 课程目标的考核占比与达成度分析

表 4：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	40	40	课程目标 1 达成度= $\{0.7 \times$ 平时目标 1 成绩 $+0.3 \times$ 期 末考试目标 1 成绩 $\} /$ 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= $\{0.7 \times$ 平时目标 2 成绩 $+0.3 \times$ 期 末考试目标 2 成绩 $\} /$ 目标 2 总分。 课程目标 3 达成度= $\{0.7 \times$ 平时目标 3 成绩 $+0.3 \times$ 期 末考试目标 3 成绩 $\} /$ 目标 3 总分。 总评达成度= $0.4 \times$ 课程目 标 1 的达成度 $+0.4 \times$ 课程 目标 2 的达成度 $+0.2 \times$ 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	完全掌握实验内容和实验步骤,通过实验过程获取实验数据,完全掌握数据的分析和处理方法以及误差的分析和计算,并最终得出相应的实验结果,撰写实验报告。	掌握实验内容和实验步骤,通过实验过程获取实验数据,掌握数据的分析和处理方法以及误差的分析和计算,并最终得出相应的实验结果,撰写实验报告。	较好掌握实验内容和实验步骤,通过实验过程获取实验数据,较好掌握数据的分析和处理方法以及误差的分析和计算,并最终得出相应的实验结果,撰写实验报告。	基本掌握实验内容和实验步骤,通过实验过程获取实验数据,基本掌握数据的分析和处理方法以及误差的分析和计算,并最终得出相应的实验结果,撰写实验报告。	未掌握实验内容和实验步骤,未通过实验过程获取实验数据,未掌握数据的分析和处理方法以及误差的分析和计算,未能最终得出相应的实验结果。
课程 目标 2	完全掌握数学、物理相关基础知识,能完整解释或理解物理规律,具有分析问题和解决问题的能力,培养良好的科学素养和实事求是的科学态度,完全激发学生自主学习和终身学习意识,为以后的学习和工作打下良好的科学基础。	掌握数学、物理相关基础知识,能解释或理解物理规律,具有初步分析问题和解决问题的能力,培养良好的科学素养和实事求是的科学态度,激发学生自主学习和终身学习意识,为以后的学习和工作打下良好的科学基础。	较好掌握数学、物理相关基础知识,能较好解释或理解物理规律,具有初步分析问题和解决问题的能力,培养良好的科学素养和实事求是的科学态度,较好地激发学生自主学习和终身学习意识,为以后的学习和工作打下良好的科学基础。	基本掌握数学、物理相关基础知识,能解释或理解物理规律,基本具有初步分析问题和解决问题的能力,培养基本的科学素养和实事求是的科学态度,基本激发学生自主学习和终身学习意识,为以后的学习和工作打下良好的科学基础。	未掌握数学、物理相关基础知识,未能解释或理解物理规律,未具有初步分析问题和解决问题的能力。
课程 目标 3	完全了解一些重要的物理学实验在物理学发展过程中的地位,以及物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用	了解一些重要的物理学实验在物理学发展过程中的地位,以及物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用,使学生认识到物理实验	较好了解一些重要的物理学实验在物理学发展过程中的地位,以及物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用	基本了解一些重要的物理学实验在物理学发展过程中的地位,以及物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用,使学生基本认识到物	不了解一些重要的物理学实验在物理学发展过程中的地位,以及物理新发现、新技术、新动态对社会发展的应用前景或对推动知识创新、人类文明进展的作用,

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
	用，使学生充分认识到物理实验对物理学学习和研究的重要性。	对物理学学习和研究的重要性。	用，使学生较好地认识到物理实验对物理学学习和研究的重要性。	理实验对物理学学习和研究的重要性。	学生无法认识到物理实验对物理学学习和研究的重要性。