

厦门大学“凌云”计划项目式（PBL）

课程教学任务书

一、基本信息

责任导师	陈理想	研究方向	光场调控与量子信息
工号		校内职称和人才岗位	教授 / 南强特聘教授、教育部国家级高层次人才
PBL 课程名称	光场调控赋能关联成像技术		
总学分	12	执行周期	2026 年 9 月-2027 年 8 月
授课对象	已完成大二（四年制）学业并有物理学专业光学、量子力学基础的本科生		
导师组成员信息	张武虹；副教授 / 小米青年学者/闽江学者（青年）		
课题来源	导师在研高水平项目项目名称：莫尔超晶格可编程设计和可控制备（项目编号：2023YFA1407200）		

二、研究背景与课题来源

（一）研究背景（200 字以内）

关联成像依靠光场强度二阶关联实现无透镜成像，在散射介质探测、弱光无损检测领域具备独特优势，但传统方案存在成像信噪比低、视场受

限、多光谱适配性差等短板。光场调控可从相位、偏振、轨道角动量、光谱多维度重塑照明光场，从源头优化关联成像质量。本课题聚焦空间光调制器光场编码优化关联成像性能，以光路搭建、光场调制、关联采集与图像重构为主，无需大型极端实验装置；大二下学生已修光学、近代物理，一年周期可完成调制方案设计、对比实验与算法优化，工作量适中

（二）研究意义

学术创新：建立相位 / 偏振 / 轨道角动量多维光场调控与关联成像信噪比、分辨率、抗散射能力的构效关系，提出面向散射环境的优化光场编码方案，丰富关联成像的光场调控理论体系。

能力培养：推动学生从课堂经典光学理论走向光场调控与关联成像交叉前沿，完整掌握空间光调制、光电关联探测、图像重构、光学仿真一体化科研实践能力。

三、学生起点与补修计划

（一）入营基础诊断

已有基础：已修《光学》《原子物理》《量子力学（I）》，掌握波动光学、相干基础、光强传播规律；具备基础光路调节、示波器使用能力；掌握 Python 基础数值计算与绘图。

尚缺能力：多维光场调制原理、空间光调制器（SLM）编码、热光二阶关联理论、同步光电采集、关联成像降噪重构算法。

（三）知识补修路径

课程或知识点	学习形式	时间安排	考核方式	支撑的科研部分
关联成像基础	导师专著 + 领域经典文献精读	2026 年 9 月 - 10 月	组会文献汇报	掌握关联成像物理机制、二阶强度关联核心公式
光路设计	实验室光路培训 + 研究生跟班指导	2026 年 10 月 - 12 月	独立完成光场调控相关技术	实现光场自定义调制，优化成像光源
光电同步采集与关联测量	专项培训	2026 年 11 月 - 2027 年 2 月	光电探测器、同步采集卡实操考核	两路光强时序数据采集、关联函数计算
关联成像重构与降噪仿真	线上 Python 仿真课程 + 助教辅导	2027 年 2 月 - 4 月	完成关联成像仿真与数据处理	关联图像重构、信噪比定量优化分析

四、研究内容、目标与阶段任务

（一）核心研究内容及目标

1，多维光场调制关联成像光路搭建：以热光源为基础，引入 SLM 实现相位、偏振、轨道角动量三类光场调控，搭建物光 - 参考光双通道关联成像平台，完成不同调制模式下光场相干特性标定。

2，不同光场调控模式对成像性能的定量对比：分别采集均匀光场、相位涡旋光场、偏振结构化光场下的关联成像数据，定量分析调制方式对成像信噪比、空间分辨率、抗散射能力的影响规律。

3，面向散射介质的复合光场优化方案验证：融合相位 + 偏振双维度光场编码，设计复合调制照明方案，在浑浊散射介质中开展成像对照实验，形成高鲁棒性关联成像优化策略。

研究目标：可实现多维度光场调控的关联成像实验平台；阐明不同光场调控机制对成像质量的影响规律；可在中等散射介质下清晰重建目标图像。

(二) 分阶段实施计划

阶段	时间安排	关键任务与交付物
文献调研与光路方案设计	第 1-6 周	精读 20 篇关联成像、光场调控技术相关文献；完成光路仿真；交付：文献综述 + 光路仿真设计报告
光路搭建与相干标定	第 7-14 周	掌握光场调控技术、分光器件、双通道探测器操作；完成二阶相干度标定；交付：光路搭建与相干特性测试报告
关联成像对比实验与机理分析	第 15-26 周	完成关联成像测试；开展散射介质无损成像实验；交付：成像性能对比报告 + 中期

		答辩
算法优化、数据整理与结题撰写	第 27-32 周	拟合相干长度与成像质量关联模型，优化重构算法；撰写完整研究报告；交付： $\geq$ 10000 字结题报告 + 结题答辩

五、导师提供的研究条件

计算资源	实验室高性能计算机
实验设备	红外热光源、空间光调制器、硅光电探测器、红外光电探测器、双通道同步采集卡、散射介质测试靶标；课题组专用光路，预约使用
数据/样本	课题组简并鬼成像标准对照数据；多分辨率标准成像靶板、散射介质样品
经费支持	光学镜片、分光器件、探测器配件、测试耗材、学术会议差旅
指导时间	一对一指导每 2 周 1 次；固定参与课题组每周光场调控与关联成像组会
日常辅导	指定研究生助教：陈梓林（负责热光鬼成像光路搭建、双通道采集、Python 成像算法带教）
学术交流	支持参加全国光学学术年会、光学与关联成像相关会议

六、预期成果与考核要求

（一）必达成果

1. 完成 1 份规范研究报告（ $\geq$ 10000 字，结构完整：摘要、引言、方法、实验、结论，按照厦门大学本科毕业设计要求完成）。

2.通过结题答辩。

3.实验记录完整、可回溯（实验记录本）。

（二）力争成果

在光学领域重要期刊投递学生一作学术论文 1 篇。

申请发明相关研究专利 1 项。

获得全国大学生物理实验竞赛校级/省级及以上奖项。

（三）能力达成目标

经过一年完整课题训练，学生从基础物理学习者转变为具备光学、关联成像方向基础科研素养的新人。熟练掌握光场调控光路搭建、同步光电探测、二阶关联函数计算、图像重构全流程；能够自主梳理关联成像领域研究进展、识别经典成像固有局限、设计对照验证实验；建立“提出光学机理问题—搭建光路—采集关联时序数据—解析成像规律”完整科研逻辑链条。

（四）修读完成后可免修原培养方案中课程

《近代物理实验》（4 学分/64 学时）包含光源、光电探测、光强关联测量、成像采集等核心实验模块，学生独立完成整套关联成像系统搭建与标定，覆盖课程全部实操要求

《创新实践》（2 学分/32 学时）学生独立完成整套关联成像系统搭建与标定，覆盖课程全部实操要求

《毕业设计》（6 学分）学生完成项目后出具报告可以以毕设形式完成，涵盖毕业设计要求。

厦门大学“凌云”计划项目式（PBL）

课程教学任务书

一、基本信息

责任导师	陈张海	研究方向	凝聚态光谱物理
工号		校内职称和人才 岗位	教授 / 院长，国家杰出 青年科学基金获得者
PBL 课程 名称	凝聚态光谱学科科研实践（PBL）		
总学分	18	执行周期	2026 年 9 月-2027 年 8 月
授课对象	已完成大二（四年制）学业并有物理学专业相关知识基础的本 科生		
导师组成 员信息	张龙（教授）、孙旭飞（副教授）、周航（副教授）、罗松 （助理教授）		
课题来源	基于量子混沌的人工微结构的新物态及其调控 （项目编号：2023YFA1407100）		

二、研究背景与课题来源

（一） 研究背景（200 字以内）

低维半导体人工微结构中激子与光场的耦合调控是凝聚态物理前沿核心方向，在量子光源、光电器件等领域具备重要应用价值。本课题依托科技部重点研发计划

项目，选取 “低维微结构室温光谱表征与特性分析” 作为子课题，实验与理论难度适配大二本科生知识基础，可在一学年内完成完整科研训练。

（二）研究意义

1. 依托真实前沿科研项目开展本科训练，实现科教融合，帮助学生建立从理论到实验再到应用的完整认知链条；
2. 夯实学生凝聚态光谱学实验与分析能力，培养科研思维与创新意识，为本博贯通的博士阶段研究奠定基础；
3. 探索拔尖人才早期科研训练的有效路径，形成可复制的光谱学方向 PBL 教学模式。

三、学生起点与补修计划

（一）入营基础诊断

已有基础：

完成物理学专业前两年培养，掌握力学、热学、电磁学、光学、原子物理、数学物理方法等核心基础理论；具备基础物理实验操作能力与数据处理能力；掌握 Origin、C 语言等基础工具，具备基本的英文文献阅读能力。

尚缺能力：

缺乏量子光学、凝聚态光谱学的专业理论知识；未掌握专业光谱仪器的操作方法与实验设计能力；科研文献精读、科研选题与学术写作能力不足；缺乏完整科研项目的全流程实践经验。

(三) 知识补修路径

课程或知识 点	学习形式	时间安排	考核方式	支撑的科研 部分
量子光学基础 与光与物质相 互作用	PBL 配套理论课 + 导师组研讨	第 3 学年第 1 学 期（1-8 周）	课后作业 + 专题小测	光谱现象的物 理机制分析
凝聚态光谱学 原理与表征方 法	专题讲授 + 案 例解读	第 3 学年第 1 学 期（1-12 周）	课程报告 + 习题考核	实验方案设计 与光谱结果分 析
光谱实验仪器 操作与安全规 范	实验室实操培训 + 博士生带教	第 3 学年第 1 学 期（9-16 周）	操作考核 + 安全考试	样品光谱测试 与数据采集
科研文献检索 与学术写作	文献精读课 + 写作指导	第 3 学年全学期	文献综述 + 报告撰写	研究报告撰写 与成果总结

四、研究内容、目标与阶段任务

(一) 核心研究内容及目标

要求：（2-3 条，边界清晰，确保一年可完成）

1. 低维半导体微结构样品的基础表征与预处理

学习低维半导体微结构样品的制备流程与基础表征方法，完成实验样品的筛选、预处理与基本物性确认，掌握样品处理的规范操作。

2. 室温下微结构的光谱测试与数据采集

独立完成光谱实验的光路搭建、参数调试与样品测试，采集不同条件下的荧光、拉曼光谱数据，保证实验记录完整、数据可回溯。

3. 光谱数据处理与物理机制分析

运用专业软件完成光谱数据的降噪、拟合与分析，结合量子光学、固体物理知识解释光谱现象的物理机制，形成完整的研究结论。

总体目标：学生在一学年内完成从选题、实验到总结的完整科研流程，掌握凝聚态光谱研究的基本方法，具备独立开展基础光谱研究的能力。

(二) 分阶段实施计划

阶段	时间安排	关键任务与交付物
第一阶段：文献调研与知识补修	2026. 9-2026. 10	完成领域经典文献与前沿综述阅读，提交 3000 字文献综述；完成理论知识补修，通过基础考核
第二阶段：实验技能培训与预实验	2026. 11-2026. 12	掌握光谱仪、激光器等仪器操作，完成标准样品的预实验；提交预实验报告，通过实验操作考核
第三阶段：正式实验与数据采集	2027. 1-2027. 3	完成不同参数下的样品光谱测试，采集完整实验数据；形成规范的实验记录与原始数据集
第四阶段：数据处理与机制分析	2027. 4-2027. 5	完成数据降噪、拟合与对比分析，结合理论解释物理机制；提交数据分析报告，通过中期检查
第五阶段：研究报告撰写与修改	2027. 6-2027. 7	完成 8000 字以上规范研究报告，经导师指导修改完善；准备结题答辩材料
第六阶段：结题答辩与成果整理	2027. 8	参加学院专家委员会组织的结题答辩，整理全部实验资料与成果文件

五、导师提供的研究条件

计算资源	课题组专属计算工作站，提供 Origin、Matlab、Python 等正版数据处理与模拟软件
------	---

实验设备	凝聚态光谱实验室开放使用，包括显微共焦拉曼光谱仪、稳态 / 瞬态荧光光谱仪、可调谐激光器、低温样品台、光学平台等全套光谱表征设备
数据/样本	课题组提供成熟的低维半导体人工微结构实验样品，共享相关领域的实验数据库与文献资源
经费支持	从导师主持的国家级科研项目中列支实验耗材、样品测试、学术交流等相关费用
指导时间	每周固定 1 次课题组集体研讨，每周至少 2 小时一对一针对性指导，全程跟进项目进展
日常辅导	团队青年教师、在读博士生承担日常实验带教、软件操作指导与问题答疑
学术交流	优先参加课题组组会、领域线上前沿讲座，表现优秀者推荐参加国内学术会议

六、预期成果与考核要求

（一）必达成果

1. 完成 1 份规范研究报告（ ≥ 8000 字，结构完整：摘要、引言、方法、实验、结论）。
2. 通过结题答辩。
3. 实验记录完整、可回溯（Git 仓库或实验记录本）。

（二）力争成果

1. 在国内外物理学期刊投稿论文 1 篇（学生一作）。
2. 申请发明专利 1 项。

(三) 能力达成目标

- 1. 掌握凝聚态光谱学的基础实验技能与数据分析方法，能独立完成基础光谱研究项目；
- 2. 具备科研文献检索、精读与总结能力，形成规范的学术写作与汇报能力；
- 3. 建立科学的研究思维与问题意识，培养团队协作、自主探究与创新实践能力；
- 4. 完成本研衔接的能力过渡，具备进入博士阶段开展凝聚态光谱研究的基础素养。

(四)修读完成后可免修原培养方案中课程

对应原专业课程名称	学分
半导体物理学、物理学前沿系列讲座	4
近代物理实验（上）（下）、创新实践	4
专门化实验、电子设计与工艺实训 、生产实习、毕业论文	10
合计	18

厦门大学“凌云”计划项目式（PBL）

课程教学任务书

一、基本信息

责任导师	方陶陶	研究方向	天文学
工号		校内职称和人才 岗位	教授/杰青
PBL 课程 名称	星系生态系统		
总学分	11	执行周期	2026 年 9 月-2027 年 8 月
授课对象	已完成大二（四年制）学业并有天文学专业相关知识基础的本科生		
导师组成 员信息	方陶陶：教授/杰青 王俊峰：教授/优青 于浩然：教授/国家高层次青年人才 冯思轶：教授/国家高层次青年人才 葛翀：教授/优青		
课题来源	导师在研高水平项目项目名称：国家自然科学基金创新研究群体项目 “从黑洞到星系周介质：星系的物质和能量循环”（项目编号： 12221003）		

二、研究背景与课题来源

（一）研究背景（200 字以内）

本教学课题依托国家自然科学基金创新研究群体项目“从黑洞到星系周介质：星系的物质和能量循环”，聚焦星系生态系统前沿领域，设置四大学习方向：星系周介质与重子物质循环、恒星生命历程、跨尺度黑洞吸积、恒星与活动星系核反馈。学生可自主选定方向，完成文献调研、小规模预研与研究工具储备。经过一年系统培养，将获得超过普通本科生的星系天文学认知深度，为后续研究生科研筑牢基础。整体学习任务量可控，鼓励学有余力的学生产出高水平科研成果。

（二）研究意义

星系生态系统研究聚焦星系内恒星、气体、黑洞与星系周介质的物质能量循环，可破解恒星形成、星系演化熄灭等核心谜题，填补黑洞调控星系冷气体的关键证据空白。它能完善星系形成演化基础理论，支撑我国下一代大型天文观测设备核心科学目标，为理解宇宙多尺度结构形成提供核心依据，是当前天体物理领域最重要的前沿方向之一。

完成这门星系生态系统 PBL 课程，学生将收获四类核心科研能力：（1）天文领域的文献调研与独立选题能力，可自主梳理星系前沿方向的研究脉络；（2）天体物理专业工具实操能力，熟练掌握星系研究相关的基础分析方法；（3）小体量科研项目的预研落地能力，能独立完成从问题拆解到初步验证的全流程；（4）适配研究生阶段的学术思维，提前建立跨尺度天文问题的逻辑分析框架，大幅降低后续科研入门门槛。

三、学生基础与课程修读计划

（一）学生需要具备的基础

已修：《光学》、《原子物理》、《概论统计》、《基础天文》、《天体物理概论》、《观测天体物理》和《Python 天文应用》

(二) 知识补修路径

课程或知识点	学习形式	时间安排	考核方式	支撑的科研部分
星系周介质与重子物质循环方向调研	导师指定文献阅读	2026 年 9 月-10 月	参加组会并汇报文献阅读总结	星系周介质与重子物质循环研究
恒星生命历程方向调研	导师指定文献阅读	2026 年 10 月-11 月	参加组会并汇报文献阅读总结	恒星生命历程研究
跨尺度黑洞吸积方向调研	导师指定文献阅读	2026 年 11 月-12 月	参加组会并汇报文献阅读总结	跨尺度黑洞吸积研究
恒星与活动星系核反馈方向调研	导师指定文献阅读	2026 年 12 月-2027 年 1 月	参加组会并汇报文献阅读总结	恒星与活动星系核反馈研究
选定方向的深入专研	导师指定的文献阅读+相关数据分析软件或数值模拟软件学习	2027 年 1 月-3 月	调研总结及初步研究设想汇报	学生自主选定的感兴趣的科研方向

四、研究内容、目标与阶段任务

(一) 核心研究内容及目标

天文学专业星系生态系统 PBL 课程中的研究内容将根据学生的研究兴趣自主选定。

如下是可选项：

1. 星系周介质与重子循环：依托莱曼阿尔法巡天数据，匹配近邻星系的恒星形成、金属丰度样本，追踪星系周介质的气体入流出流路径，量化冷热气体循环的质量交换效率，验证低质量星系重子缺失问题的相关理论模型；

2. 恒星的生命历程：结合 GAIA 与 LAMOST 大样本恒星数据，统计不同金属丰度环境下恒星演化参数分布，追踪恒星内部元素扩散的观测痕迹，通过邻近超新星遗迹样本分析抛射物化学组成，约束大质量恒星爆炸阶段的质量损失规律；

3. 跨尺度黑洞的吸积：选取恒星级黑洞、中等质量黑洞、活动星系核三类样本，拟合多波段光变与反射光谱数据，对比不同质量黑洞的吸积流结构与辐射效率，验证跨尺度吸积过程的物理共性，完善黑洞吸积统一理论框架；

4. 恒星与 AGN 反馈：利用积分视场光谱数据，对比并合星系中 AGN 外流与恒星风的分布特征，量化两类反馈对星系冷气体的扰动作用，区分正负反馈的空间边界，厘清二者协同塑造星系演化的机制；

5. 其他方向：学生在调研过程中形成的独立课题，可与导师及导师组的相关老师充分沟通征求意见，获得负责导师支持后确定具体研究内容。

研究学习目标设定统一设定如下：

基础目标：完成选定方向文献调研，撰写综述报告；

进阶目标：掌握选定方向研究所需的科研工具，对公开数据进行分析验证，并为后续研究生培养奠定基础；

拔高目标：形成初步研究设想，并能形成具体的研究计划。

(二) 分阶段实施计划

阶段	时间安排	关键任务与交付物
方向调研与工具入门	2026 年 9 月-2027 年 3 月	完成四个研究可选方向前沿文献阅读，并定期组会口头汇报进展；选定具体研究方向进行深入调研并提交所选方向综述报告。
专题预研与实践	2027 年 3 月-6 月	开展具体研究工作，定期在组会上口头汇报进展情况
成果凝练与答辩准备	2027 年 6 月-8 月	整理研究结果，提交完整研究报告；报告参照毕业论文格式及具体要求撰写，将在答辩后做为本科毕业论文存档。

五、导师提供的研究条件

计算资源	天文学系虚拟机系统、高性能计算集群的使用权限
观测时间	根据导师指导撰写观测提案获取观测时间
观测数据	根据具体的研究内容获取公开或小范围公开观测数据
经费支持	研究相关的版面费、差旅费、计算费、能源动力费
指导时间	一对一：每 2 周一次，每周需参加组会
日常辅导	选定研究方向后，由相应方向的研究生落实
学术交流	支持参加国内各相关天文学术会议及暑期学校

六、预期成果与考核要求

(一) 必达成果

1. 完成 1 份规范研究报告（≥8000 字，结构完整：摘要、引言、方法、分析、结论）。

2. 通过结题答辩。

(二) 力争成果

1. 在国内外相关天文学术会议上做报告
2. 在 A&A、ApJ、MNRAS 或同等学术期刊投稿论文 1 篇（学生一作）
3. 获得大学生学术竞赛省部级以上奖项

(三) 能力达成目标

经过一年学习，学生将能够：

1. 独立梳理星系生态系统前沿领域的核心文献，系统把握研究方向与关键问题，形成明确的科研问题凝练能力；
2. 熟练使用星系天文学基础研究方法，掌握相关数据分析软件或模拟工具，具备从天文数据中提取物理信息并进行初步解读的能力；
3. 完整经历科研实践流程，具备自主完成选题、方法设计、数据分析或数值模拟、验证与结果分析的初步研究能力。

(四) 修读完成后可免修原培养方案中课程

课程 1：《恒星演化与致密天体概论》（2 学分/32 学时，本科生专业选修课）、

课程 2：《中微子天体物理概论》（2 学分/32 学时，本科生专业选修课）、

课程 3：《国内天文台实习》（2 学分/80 学时，本科生专业必修课）、

课程 4：《毕业论文（设计）》（3 学分/560 学时，本科生专业必修课）、

课程 5：《创新实践》（2 学分/80 学时，本科生专业必修课）