

中山大学理学院 2025-2026 年 本科生伽玛科创计划选题汇总表

1. 题目：基于多窗调制的 OCT 去旁瓣算法研究（组队已完成）

指导老师：葛昕

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1404923.htm>

课题简介：基于微小颗粒的光散射理论，研究微米级颗粒在纯水或空气中的光散射特性，建立颗粒计数检测的理论光学模型。项目重点在于开发微弱光信号精密检测电路、检测算法和微米级液体或气体颗粒计数器的标定算法。目标是开发专用的光学检测系统，满足灵敏度、准确度和计数效率等关键检测指标，最终实现高效的微米级颗粒计数器。

2. 题目：结构色及其物理研究（组队已完成）

指导老师：葛昕

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1404923.htm>

课题简介：本项目将解决低分辨率光学相干层析成像（OCT）中低反射带VI的分割与测量问题。在临床应用中，低反射带VI的精准分割对视网膜疾病的诊断具有重要意义。目前，大多数研究集中于高分辨率 OCT 图像的分割，而低分辨率图像由于噪声较大、边缘模糊，导致现有算法难以实现精确分割和测量，这限制了其在实际临床中的应用。随着低成本 OCT 设备的普及，开发适用于低分辨率图像的高效分割算法显得尤为重要。本项目将通过结合传统图像处理与深度学习技术，设计一种自动化分割与测量系统。

3. 题目：多种探测器上的长寿命粒子性质分析

指导老师：苏伟，理论物理方向

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/SuWei>

课题简介：基础粒子物理已建立“完美”的标准模型，四大相互作用的三种已经很好的统一。但是，多种理论和实验结果预示着新物理的存在。其中相比于重型夸克等短寿命粒子，长寿命粒子由于其特殊物理性质会容易逃脱当前多类实验探测。在前沿领域，设计各种寻找它的量子探测器发展迅速。本课题意在基本粒子性质，探索其探测方式形成，进行相关实验模拟和设计，并争取撰写论文。

4. 题目：二维高斯回归过程在高能物理实验中的应用

指导老师：刘炳萱

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/536>

课题简介：高斯过程回归（Gaussian Process Regression, GPR）是一种无参数贝叶斯方法，在机器学习中有广泛应用。GPR 方法在高能物理实验中有很大潜力，在之前的相关工作中（其中包括刘炳萱副教授课题组近期刚刚发表的一项工作[1]），一维 GPR 在本底预估中的效能得到验证。本伽马科创课题将对二维 GPR 在高能物理中的应用做出探究。这项工作有潜力拓展 GPR 在高能物理实验中的应用，具有很强的创新性（和挑战性）。参与学生将利用工作[1]中积累的技术和知识经验，首先熟悉掌握一维 GPR 的使用，然后开始对二维 GPR 的研究。该工作预计将发表

一篇与参考文献同级别（或更高级别）期刊文章。[参考 Bignxuan Liu, Jackson Barr, *Eur.Phys.J.C* 85 (2025) 8, 846]

5. 题目：Transformer 喷注标记算法的新应用

指导老师：刘炳萱

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/536>

课题简介：Transformer 算法在 ATLAS 实验的喷注标记算法中获得极大成功，相较于之前算法，喷注标记效能有了数倍提升。喷注标记是一项非常有挑战性的任务，需要我们在海量样本中挑选出信号，一直以来是粒子物理实验领域机器学习和人工智能的试验场。该课题将基于 ATLAS 最新发表的喷注标记算法文章，和与之同步发布的公开数据集，利用成熟的软件架构来探究喷注标记算法设计 and 应用与新思路。参与学生将有机会亲身体验这项划时代的新方法，体会工业化的机器学习与人工智能软件使用和开发。我们研究的课题将集中在如何在喷注标记算法的设计中将更多的物理目的考虑进去。参与该项工作将有机会在 ATLAS 合作组会议展示相关结果，预计将有一篇学术论文发表。[参考 ATLAS Collaboration, *Nature Communications* (accepted)]

6. 题目：二维拓扑绝缘体的性质表征和调控

导师：虞祥龙（理论物理）

学院个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/640>

项目简介：本项目运用第一性原理和二次量子化模型的方法深入研究二维拓扑绝缘体的电子结构、拓扑属性和输运性质，包括：能带结构、态密度、贝利曲率、拓扑边界态和量子输运等，探索外加电、磁场对其性质的调控作用，进而设计自旋电子学元器件。本项目能够为深入理解拓扑量子相变机制提供新视角，为开发低功耗自旋逻辑器件奠定基础。

7. 题目：Fe 掺杂 β -Ni(OH)₂ 晶体的带电界面演化的研究

指导老师：张浩

课题简介：固液界面不仅与我们的日常生活息息相关，也是众多科学领域的核心研究主题，例如多相催化、光转化、电化学、传感器、电子器件、腐蚀与润滑等材料科学中发挥着关键作用。最基础的问题之一便是活性材料固液表界面晶体结构以及稳定性决定着固液界面的诸多特殊物理化学性质。理想情况下，氢原子质量轻、尺寸小，获取水分子的内部自由度信息（即羟基（OH）键的取向）至今仍是巨大挑战。本项目提出以 Fe 掺杂氢氧化镍（Ni(OH)₂）是典型的层状氢氧化物，作为一种重要的非贵金属的电极材料，用于电化学析氧反应，很大的应用潜力。

8. 题目：表面等离子激元的光学特性研究

指导老师：赵耀

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1402439.htm>

课题简介：表面等离子激元是电磁波与金属表面自由电子耦合形成的集体振荡，能够将光场局限在深亚波长尺度并产生强烈的局域电场增强效应。其紧凑型结构与高能效优势使其在超快电子衍射、先进成像以及放射治疗等领域展现出广阔应用前景。我们先利用 COMSOL、EPOCH 等软件进行物理机制研究，后续计划利用实验室的激光装置进行相应实验测量。

9. 题目：基于机器学习提升激光聚变增益

指导老师：赵耀

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1402439.htm>

课题简介：惯性约束聚变通常依赖多束高功率激光同时辐照氘氚靶丸，通过压缩并加热靶丸至高能量密度状态，并在一定时间内维持，从而实现聚变反应并释放能量。通过人工智能的方法优化激光和靶参数，助力于攻克高增益内爆的复杂科学难题。同时将智能模型扩展可为聚变实验方案的设计提供优化方案和风险评估。

10. 题目：无纸电子笔

指导老师：苏伟，理论物理方向

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/SuWei>

课题简介：当前随着 AI 增强辅助的日益优化，AI 辅助机器设备日益精确，基于 AI 的各种机器设备在日常生活中日益普遍。本课题拟一个可以在空中随意位置书写的电子笔，即通过精密跟踪电子笔的空中轨迹，实现任意位置的电子书写，直观运用包含教室课堂电子板书、远程电子签名等。设备即属于智能穿戴装置，精密跟踪算法也可运用到更广泛的 AI 增强的智能机器人部件。

11. 题目：伽玛光子对于阿尔兹海默症等神经性疑难疾病治疗中的建模和剂量评估

指导老师：黄永盛 医学物理 粒子物理与核物理 等离子体物理 伽玛光子对撞机

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/HuangYongsheng>

课题简介：儿童自闭症、脑瘫和老年痴呆、阿尔兹海默症等目前发病率在上升，已经成为困扰万千家庭的疑难病症。利用 X 射线或者伽玛光子对人体头部神经功能部位进行干预有望成为一条高效的治疗路径。目前已经有不少医学事例积累，但是系统和详尽的生物物理结合研究依然十分稀缺。本课题希望能够针对现有的核素治疗，进行治疗模型建立和放射性剂量评估，给出关键性数据，对未来该治疗路径的临床以及未来应用提供支持。

12. 题目：拓扑声波的可视化研究

指导老师：郑立洋，声学物理

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1398495.htm>

课题简介：该课题将利用热声效应，学习和探索人工结构中声波的激发与传播特性；并依据声波与结构的相互作用，设计实验实现声波的人眼可视化。

13. 题目：重现高能电子-传统方法与机器学习

指导老师：张晋

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1398492.htm>

课题简介：在高能物理实验中，径迹重建是理解粒子世界的关键步骤。探测器记录到的只是带电粒子经过时留下的离散信号点，重建是从这些探测信号中重建出粒子的真实运动轨迹。对于电子而言，这项任务尤其困难——高能电子在探测器中容易发生韧致辐射，使得其轨迹能量损失的分布偏离常规的高斯形态。传统的拟合方法（如卡尔曼滤波）在这种“非高斯”情况下往往表现不佳。本课题首先实现一种先进的传统算法（高斯累加滤波）实现电子的精确重建；接下来探索一种基于机器学习的电子径迹重建方法，利用神经网络直接学习电子在

磁场和韧致辐射作用下的真实运动规律。传统方法已有具体的流程和程序可以复现，基于机器学习的研究具有较高挑战性，且在国际粒子物理领域尚属前沿探索。

14. 题目：加速器模拟软件的传承

指导老师：张晋

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1398492.htm>

课题简介：本课题以国际主流的加速器模拟软件 CAIN 为基础，开展加速器物理方向的研究，并致力于传承与发展高能加速器模拟软件的核心技术。项目将与 费米实验室 (Fermilab)、日本高能加速器研究机构 (KEK) 等国际顶尖研究团队的资深科学家合作与学习，为学生提供接触国际前沿科研的平台。

欢迎热爱物理、对理论计算不畏惧、具备一定编程和代码阅读能力、愿意用英语进行学术交流，并计划在中山大学继续攻读研究生的同学加入。

15. 题目：物理研究中的人工智能应用

指导老师：冯劼

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1404757.htm>

课题简介：在 2024 年，诺贝尔物理学奖授予了神经网络相关研究，这进一步表明人工智能正在成为理解复杂自然现象的重要工具。本项目基于人工智能，研究宇宙线的变化和它们与太阳活动之间的关系。宇宙线是从太空飞来的高速粒子，当它们与地球的大气层碰撞时，会产生其他粒子。研究这些粒子有助于我们更好地理解宇宙的构成。通过分析这些波动，我们能更好地理解太阳活动如何影响地球环境。

在此背景下，本项目将探索人工智能在宇宙线研究中的应用潜力。人工智能不仅能帮助我们更高效地处理和分析庞大的物理数据，还能通过模式识别和数据预测，发现传统方法难以察觉的变化趋势。我们将利用这一新兴工具，探索如何利用人工智能帮助我们分析物理数据，提升测量精度。我们将使用先进的计算方法，优化不同设备之间的数据处理，确保数据预测更加准确。通过这些技术，我们可以预测质子的变化，并生成更精细的时间数据，帮助我们研究快速变化的现象。除此之外，我们还计划将这种方法应用到像黑洞和中子星这样的引力波的研究中。引力波是由大质量天体运动产生的时空波动，它们为我们提供了全新的方式去观察宇宙。我们将通过人工智能方法，让这些研究变得更加高效，并提升技术在实际应用中的表现，推动人工智能在物理学中的发展。

16. 题目：宇宙线物理以及探测技术

指导老师：冯劼

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher02/1404757.htm>

课题简介：本项目研究宇宙线的变化和它们与太阳活动之间的关系。宇宙线是从太空飞来的高速粒子，当它们与地球的大气层碰撞时，会产生其他粒子。研究这些粒子有助于我们更好地理解宇宙的构成。它们的强度会随着太阳活动的变化而波动，尤其是太阳风和磁场的变化。通过分析这些波动，我们能更好地理解太阳活动如何影响地球环境。

目前，宇宙线研究通常依赖一些设备进行长期监测，但这些设备在捕捉短时间内宇宙线的快速变化（例如宇宙线突然下降）时存在局限。本项目将结合质子通量数据，弥补这一空白，精确地记录宇宙线在短时间内的变化，帮助我们更清楚地观察太阳活动对宇宙线的快速影响。

此外，我们还将利用中山大学的实验设备，进行地面实验和数据校准，提升对短期变化事件的监测能力。通过分析 2011 至 2024 年的数据，我们希望揭示太阳活动不同阶段对宇宙线的影响，尤其是太阳磁场较弱时的变化。最终，我们的目标是更全面地理解太阳活动对宇宙线的长期影响，并推动宇宙线和太阳物理学的研究。

17. 题目：高时空分辨率傅里叶变换红外光谱仪的设计和构建

指导老师：蒋先涛

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/JiangXiantao>

课题简介：傅里叶变换红外光谱仪（FTIR）是一种利用红外光对固体、液体或气体样品进行定性和定量分析的技术。它通过傅里叶变换原理将干涉信号转换为频率域的光谱图，以表征样品的分子结构和化学键信息。FTIR 具有信噪比高、扫描速度快、重现性好等优点，在医药、化学、环境、材料分析等领域有广泛应用。然而，FTIR 长期受到国外仪器厂商的垄断，不仅价格高昂，且随时面临技术封锁的问题。本项目旨在开发一套全国产化的高时空分辨率傅里叶变换红外光谱仪，突破国外技术封锁，为高端光学仪器的国产化开展探索。参考国外产品：nano-FTIR, Quantum Design, 美国。

18. 题目：高分辨率偏振光学成像系统设计及构建

指导老师：蒋先涛

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/JiangXiantao>

课题简介：偏振光学成像系统是一种利用光的偏振特性进行成像的技术。它通过控制和分析光的偏振状态，可以增强对材料结构、表面特性或内部缺陷的检测能力。该系统通常包括偏振光源、偏振片、偏振分析器以及成像装置，结合偏振调制和检测技术，实现对被摄物体的偏振信息采集与分析。偏振光学成像广泛应用于材料科学、医学成像、安检检测和工业无损检测等领域，能够提供比传统光学成像更丰富的结构和表面信息。本项目拟自主设计和搭建一套偏振光学显微成像系统，并开展其高分辨率生物成像应用。参考文献：Rudolf Oldenbourg, Nature 381, 811 – 812 (1996)

19. 题目：从光路设计到谱图解析：拉曼光谱仪搭建与应用研究

指导老师：侯超（材料物理与化学、物理实验教学）、凌丰姿（光学、物理实验教学）

个人主页链接：[谷歌学术](#)

课题简介：拉曼光谱技术基于分子对光子非弹性散射效应，能够揭示分子的振动能级，被誉为物质的“指纹光谱”，在化学分析、材料表征和生命科学中具有重要应用。然而，商业化拉曼光谱仪多为“黑箱”形式，学习者难以深入理解其光学原理与搭建思路。本项目拟开展一项以拉曼光谱仪自主搭建为核心的研究训练，目标是通过亲手组装光学系统，使学生在掌握拉曼效应原理的同时，理解一台光谱仪从激光源、滤波片、二向色镜、样品仓到光谱检测器的完整构建逻辑。研究内容包括光路设计与搭建（分阶段完成激光激发、样品散射、信号收集与光谱分析模块的组装）、系统调试与优化（研究光栅、滤波片等光学元件参数对分辨率与信噪比的影响并探索优化方案）、以及性能验证与应用（利用所搭建的光谱仪对硅片、乙醇等标准样品进行测试与校准，分析拉曼峰位并检验仪器性能）。通过该项目，学生不仅能够直观掌握拉曼光谱的基本原理，还能培养仪器搭建、调试与改进的科研能力，最终形成一套面向研究训练的拉曼光谱仪自主搭建方案。

20. 题目：马赫-曾德尔干涉仪的自主搭建与应用探索

指导老师：凌丰姿（光学、物理实验教学）、侯超（材料物理与化学、物理实验教学）

课题简介：本项目基于光学干涉原理，围绕马赫-曾德尔干涉仪的自主搭建与应用开展研究。马赫-曾德尔干涉仪结构灵活、适用范围广，在基础物理实验、精密测量及光学传感等领域具有重要价值。然而，现有教学多以理论讲授或虚拟演示为主，学生缺乏自主构建与深入应用的实践机会。本项目拟在指导教师引导下，由学生团队自主完成干涉仪的光学系统设计、元件选配、光路调试及实验平台搭建，并实现干涉条纹观测与干涉信号测量。在此基础上，结合传感器与数据采集技术，开发用于折射率测量及环境参数变化监测的应用方案。项目将推动学生在光学实验设计、仪器搭建、数据处理与分析等环节的全流程训练，培养科研创新能力与工程实践素养。项目成果不仅可丰富大学物理实验的教学内容，也可作为光学干涉仪的低成本搭建与多样化应用提供参考，具有显著的教学和实践价值。

21. 题目：基于法拉第效应的偏振复用光信号调制与解调系统的研究

指导老师：杨帆(助理实验师)，光学

课题简介：近年来，随着互联网普及率的提升及 5G、云计算、物联网、虚拟现实等高带宽需求服务的兴起，全球数据流量呈现指数级增长，对通信系统的数据传输速度有了日益增长的需求。特别是人工智能技术的快速发展背景下，AI 模型不断迭代，在模型训练时日益增加的数据传输需求导致卡间带宽需求不断增大，以及服务器间互联带宽需求的不断增加都对光通信设备提出越来越高的要求。在此背景下，研发可用于通信领域的偏振检测系统，具有极大的产业化价值和市场前景。本项目的主要设计思路是，利用磁光材料的法拉第效应将磁场信息转化为偏振信息加载在光信号中实现偏振调制；进一步通过特定的光路设计，将偏振信息转化为光束的相位信息，利用干涉现象将相位信息转化为干涉条纹移动信息，分析干涉条纹反推得到偏振信息实现偏振解调；最后结合干涉条纹图像的智能分析算法，构建一套高精度偏振复用调制与解调系统。

22. 题目：探测器电子学实验探索与创新实践

指导老师：杨帆(助理实验师)，光学

课题简介：本项目旨在通过系统性探索电子学插件的电路核心模块（如信号产生、逻辑控制、反馈电路等）、探测器的核心构成。基于此，设计组装探测器及电子学插件，实现正常探测器功能。通过该实践，学生不仅能深入理解电子学基础理论，还能培养跨学科创新思维，为后续科研竞赛和工程应用奠定基础。

23. 题目：基于特殊欧几里得群 $SE(3)$ 上变分曲线的无人机路径规划研究

指导老师：张二川

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/537>

课题简介：无人机路径规划作为智能装备制造领域的核心技术之一，其研究对于提升国家科技竞争力和促进产业升级具有重要战略意义。针对传统路径规划方法在刚体运动特性建模方面的不足，本项目将引入特殊欧几里得群 $SE(3)$ 上的高阶变分曲线理论，构建符合三维物理空间无人机运动规律的路径规划框架。在理论层面着重构建非欧空间中的运动学建模体系，在应用层面则致力于开发可高效计算的轨迹生成算法。

24. 题目：稀疏优化、张量优化相关问题的理论与算法研究

指导老师：李昱帆，最优化方向

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/LiYufan>

课题简介：稀疏表示和压缩感知是信号处理和机器学习领域的热门课题，在科学与工程领域已得到了广泛的应用，如图像/视频恢复处理、人脸识别等。（稀疏性作为信息的一种表示属性，指的是有意义的信号可在适当选取的一组完备基下只由其中少数几个基来表达。众所周知，向量和矩阵的稀疏性可分别由其非零元个数和非零奇异值个数（即秩）来合理度量。）本课题拟针对低秩高维数据（张量）恢复问题展开相关理论与算法研究，进行数值实验，并考虑相关应用问题的求解，如磁共振图像处理等。

25. 题目：术前 CT 影像引导下基于深度学习的肝肿瘤冷冻消融手术规划算法研究

指导老师：王册 计算成像与医学影像分析

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/643>

课题简介：原发性肝癌是我国高发恶性肿瘤，其中肝细胞癌占比高达 75% - 85%，位居常见恶性肿瘤第四位、癌症死因第二位。针对小肝癌，国家卫健委确认消融治疗为手术切除外的根治性手段，具有创伤小、疗效确切等特点。其中冷冻消融操作便捷、消融范围可控，已成为重要治疗方式。该技术借助探针在肿瘤局部形成低温冰球灭活肿瘤，但术中呼吸会导致器官形变，影响医生施针决策，因此术前精准规划对实现完整消融尤为关键。

然而，当前术前规划主要依赖医生的临床经验，缺乏智能化、个体化的辅助分析工具。近年来，以深度学习为代表的人工智能技术，在医学影像分析领域展现出强大的潜力，为肝肿瘤冷冻消融术前规划提供了新的技术路径。本项目拟基于术前 CT 影像，构建一套融合深度学习的肝肿瘤冷冻消融手术规划算法，旨在实现消融区域的精准预测与手术方案的智能优化。该算法的最终目标是为医生提供可视化的定量规划建议，包括最优的进针路径、布针位置及消融参数设置，从而在术前最大程度降低因解剖部位形变和器官运动导致的治疗不确定性，提升手术成功率与患者预后。

26. 题目：基于 3D 可微高斯技术的术中 CT 影像金属伪影校正算法研究

指导老师：王册 计算成像与医学影像分析

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/643>

课题简介：在骨科、牙科及肿瘤介入治疗等众多外科手术中，术中 CT 成像对于实现精准的导航与实时评估至关重要。然而，当手术区域内存在植入物、螺钉、探针等金属器械时，X 射线穿透这些高密度物体后会发生诸如束硬化、散射等一系列物理效应，在重建的 CT 图像中产生严重的金属伪影。这些伪影表现为从金属区域发出的条纹、阴影和信号丢失，极大地扭曲了周围的解剖结构，不仅遮蔽了关键的病灶区域，还可能导致医生对解剖关系误判，直接危及手术的安全性与成功率。项目旨在突破现有技术的局限，创新性地引入前沿的 3DGS 技术，研究一种全新的术中影像金属伪影校正算法。该技术将三维空间建模为一系列具备可学习属性（如颜色、不透明度、尺度和协方差）的 3D 高斯椭球体的集合；并构建一个端到端的可微渲染方案，通过对被金属伪影污染的原始 CT 投影数据进行优化，精准地分解出由真实解剖结构和高密度金属分别贡献的 X 射线衰减信号。本项目的成功

实施，将有望为外科手术提供一种近乎实时、高保真的金属伪影校正解决方案，能够清晰还原被伪影遮蔽的软组织和骨性结构，为医生提供更可靠的决策依据，从而有效提升复杂骨科内固定、肿瘤消融等高难度手术的精准度与安全性。

27. 题目：两相型氙探测器中的缪子信号研究与径迹重建

指导老师：陶奕；粒子物理实验，暗物质直接探测，PandaX 实验，MIMAC 实验

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/872>

课题简介：“共享阴极”双时间投影室 (TPC) 设计（即一个中心阴极两侧各有一个灵敏体积）已成为未来暗物质探测器的重要发展方向之一。然而，这种新颖结构也带来了新的本底挑战。当放射性杂质（如探测器材料或气体中的氡、钍系元素）在阴极附近发生 α 衰变时，产生的 α 粒子和子核（反冲核）会向相反方向运动。在共享阴极的几何结构下， α 粒子可能完全进入对面的 TPC，而子核反冲径迹则留在当前的 TPC 中。这导致了一个 TPC 中仅有一个典型的低能核反冲信号（模仿暗物质或中子信号），而与之成对的、能量更高的 α 信号却出现在另一个 TPC 中。这些事例是暗物质核反冲信号的重要事例，为我们分析暗物质在探测器中的特征（如径迹、方向等）提供参考。

28. 题目：基于共享阴极结构的双时间投影室中 α 衰变的跨室事例研究

指导老师：陶奕；粒子物理实验，暗物质直接探测，PandaX 实验，MIMAC 实验

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/872>

课题简介：暗物质探测与中微子物理是当前粒子物理学前沿的核心课题。两相型液氙时间投影室 (LXe-TPC) 因其极高的纯净度、优异的能量分辨率和三维径迹重建能力，被国际公认为最有效的探测技术之一，广泛应用于如 PandaX、LZ、XENONnT 等先进的暗物质探测实验中。在探测器中，宇宙线缪子及其产生的底信号是一个不可忽视的因素。一方面，缪子信号本身是重要的本底，精确鉴别和排除缪子事件是提高暗物质探测灵敏度的关键。另一方面，缪子作为一种已知的“信使”粒子，为探测器的性能标定、位置重建算法的验证以及能量响应模型的理解提供了绝佳的测试样本。本项目旨在研究两相型氙探测器中的缪子信号，通过模拟研究与数据分析，深入理解缪子事例穿过探测器，特别是液氙的信号特征，并开发优化相应的径迹重建算法。该研究不仅对于提升大型液氙探测实验的本底排除能力具有直接的应用价值，为超重质量暗物质信号的径迹重建提供参考，也能加深我们对探测器工作机制的理解，为未来参与更大规模的国际合作项目打下坚实的技术基础。

29. 题目：鸡尾酒会问题的优化建模与动量加速算法研究

指导老师：李建泽，流形优化、张量优化、独立成分分析 (ICA)、人工智能鲁棒性

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/891>

课题简介：在嘈杂环境中分辨不同说话者的声音，被形象地称为“鸡尾酒会问题”。它是信号处理领域的经典难题，广泛应用于语音识别、脑部 EEG 数据处理等场景。传统的分离方法往往依赖经典优化算法，速度较慢，难以满足实时或大规模处理的需求。在本项目中，学生将从实例出发，学习如何把鸡尾酒会问题转化为一个优化问题，并在此基础上探索更高效的算法。特别是通过引入动量加速策略，提升语音分离的收敛速度。通过实验与可视化展示，学生不仅能够理解语音分离的基本原理，还能体会优化算法在信号分离等实际问题中的重要作用。

30. 题目：音频多模态大模型的危险问题识别与安全拒绝机制研究

指导老师：李建泽，流形优化、张量优化、独立成分分析(ICA)、人工智能鲁棒性

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/891>

课题简介：随着大模型在语音助手、智能客服等应用中的普及，如何保障其安全性成为重要问题。当用户提出涉及违法、暴力或其他危险内容的问题时，模型需要能够识别并拒绝回答，以避免误导或带来风险。本项目以音频多模态大模型为研究对象，聚焦于危险问题的识别与安全拒绝机制。学生将通过收集和整理一批包含正常与危险提问的数据，设计并测试不同的识别方法，比较单模态与多模态模型在拒绝危险问题方面的表现。同时，项目还将探索 Activation Steering 等简单有效的对齐策略，提升模型的拒绝准确率和鲁棒性。

31. 题目：多面体和三角剖分的几何性质探究

指导老师：王子丽（多面体和三角剖分）

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/WangZili>

课题简介：多面体是由多边形面围成的三维几何体，三角剖分是将二维曲面剖分成三角形（高维空间则是单纯形）的碎片，二者皆是基本的数学研究对象，有广泛的应用。通过本项目，学生将学习多面体和三角剖分相关的基本性质和理论，包括欧几里得和双曲平面的等距映射和密铺、多面体的对称性、测地线以及三角剖分的计算算法和实际应用等，并选择自己感兴趣的课题进行探索。学生需完成一篇介绍该课题最新研究进展的文献综述，或拟定一个小范围的定理并完成证明。参与学生建议培养英文文献检索和阅读能力。

32. 题目：一维浅水波方程的高精度保结构数值方法研究

指导老师：丁生荣，偏微分数值解与计算流体力学

个人主页：<https://science.sysu.edu.cn/teacher/1083>

课题简介：浅水波方程（Shallow Water Equations, SWE）是描述浅层流体在重力作用下水平运动的重要模型方程，广泛应用于海洋与水利工程领域，例如，河口与近岸水域的潮汐运动、潮汐激波的传播、以及河流、水库和明渠的流动。浅水波方程具有非线性，解析求解十分困难。因此，数值计算成为研究和求解该方程的有效且关键手段。该方程还具有双曲性质，其解可能包含激波、稀疏波等非光滑结构（即使初值是光滑的），这给高精度数值方法的发展带来了巨大挑战。此外，潜水波方程内蕴含重要物理结构或性质，例如水深的正性、静水平衡性（well-balanced property）。这些结构承载了方程内在的关键信息，若数值方法违反它们其中之一，就可能会出现严重的数值不稳定性或计算结果错误。因此，设计数值方法时应尽可能多地保持这些重要结构，不仅可以增强数值方法的稳定性和鲁棒性，还可提高数值方法的准确性和可靠性，具有重要的科学意义和研究价值。本项目拟开展一维浅水波方程的高精度保结构数值方法的研究，期望新方法能够同时具有高精度、保平衡性质、保正性，为进一步研究二维浅水波及可压流体方程奠定基础，为极端复杂流动问题的数值模拟提供新的有效工具。

校外合作专家题目：

33. 题目：

- 1.) MiniLED 背光显示方法的研究
- 2.) 高端 PCB 特性阻抗和插损的过程管控技术研究及仿真、测试系统研究
- 3.) 高灵敏度电路板电镀技术的研究
- 4.) 提升印刷电路板压合稳定性的技术研究
- 5.) 具有防电流过载功能双面电路板的研究

指导老师：龙南鼎泰电子科技有限公司

34. 题目：染色质层面的 DNA 的损伤修复

指导老师：申雪桐，生物学

个人主页：<https://www.szbl.ac.cn/scientificresearch/researchteam/2277.html>

课题简介：放射生物学是研究电离辐射在集体、个体、组织、细胞、分子等各种水平上对生物作用的科学，其中 DNA 的损伤修复是放射生物学的核心。经典 DNA 的损伤修复研究立足于 DNA 本身，而染色质才是 DNA 的损伤修复的天然靶点。我们利用多学科交叉的优势，例如放射物理，分子生物学等手段开创了染色质层面的 DNA 损伤修复新领域。本课题将探索相关 DNA 损伤修复新通路及新分子机制。

35. 题目：锥束 CT 散射建模、测量与校正方法

指导老师：牛田野，医学物理方向

个人主页：<https://www.me.gatech.edu/faculty/niu>

课题简介：锥束 CT 成像速度快、分辨率高，穿透性强，广泛用于医学临床诊断和工业无损检测、逆向设计等领域。但是，由于 X 射线和物体的相互作用，散射光子会偏离原来路径并被探测器一同接收，并在投影图上形成散射伪影，造成图像质量恶化。从根本上校正散射伪影对提高锥束 CT 的性能具有重要的意义。针对锥束 CT 散射伪影校正问题，本课题根据不同种类成像物体的特点，建立仿真模型，在实验上定量测量散射光子分布并校正散射伪影，提升物理知识应用能力、动手能力和协作能力。

36. 题目：探测器能谱仿真估计与精准测量

指导老师：牛田野，医学物理方向

个人主页：<https://www.me.gatech.edu/faculty/niu>

课题简介：多能谱能够充分利用 X 射线的能谱信息，有效地提高图像质量，获得物质成分信息，增强软组织对比度，全方位提升 CT 的成像质量，是 X 射线成像发展的趋势。多能探测器是多能谱 CT 的关键部件，具有更大的动态范围、更快的读出速率和能量分辨能力。多能探测器对硬件和软件开发环境要求较高，本课题围绕多能谱探测，重点解决能谱仿真、多能数据校正等瓶颈问题，提升物理知识应用能力、动手能力和协作能力。