

**中山大学理学院2023年**

**本科生创新创业训练计划选题汇总表**

1. 题目：真空破缺与广义相对论时空观的关联；

指导老师： 黄永盛

个人主页: https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher01/1395136.htm

根据量子力学的不确定性原理，真空中正反物质从虚态到实态的相互演化不停不息，这种状态表明真空并非空无一物。但是要从真空中将能量转化为物质又非常困难，要突破 Schwinger 极限。同样的，真空的另一面又对应三维空间和一维时间，质量和量都能够引起时空的弯曲。对于真空的性质如何理解？两种理论之间是否有冲突，如何理解。是否可以结合起来进一步探讨真空的本质。

2. 题目： 散射振幅的 Double Copy 理论

指导老师： 肖明磊

课题简介：散射振幅是粒子物理乃至高能理论物理中的核心概念之一。近年来， 散射振幅的普适性结构是一个研究热点，其中Double Copy理论引起了学界广泛的兴趣。它的一个著名范例就是 GR=YM^2，即引力（广义相对论）是规范理论（杨米尔斯理论）的平方，其背后与引力子自旋（2）是规范玻色子自旋（1）的两倍不无关系。本课题要求学习数图阶散射振幅的旋量表示，并理解Double Copy理论的几个经典范例，进而探究类似Double Copy的结构与自旋的内在联系。

3. 题目： EPR研究电化学使役下碳纳米管缺陷

指导老师： 张浩（纳米功能性材料晶体结构与谱学）

课题简介：1991年，limija通过透射电镜发现研究了碳纳米管。由于其独特的结构，在力学、电学、热学、光学、化学传感及作为载体等方面，碳纳米管展现出了丰富的物理特性。对于结构电子和声子的影响，碳纳米管表面的缺陷显著改变了上述种种特性。电子顺磁共振谱(Electron Paramagnetic Resonance , EPR)对于缺陷的表征能力极为突出。碳纳米管在电化学使役过程中的剥蚀作用，将其表面缺陷位的碳原子与氢氧根结合，形成了不成对电子状态，为EPR表征提供了极为有利的场景。

4. 题目：等离子体中的非线性波。

指导老师：赵耀

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

等离子体是由正负电荷构成的、表现出集体行为的多粒子宏观系统。在等离子体中存在各种波的模式，这些模式之间也会发生各种非线性耦合，从而导致各种非 线性现象。比如孤立波、自聚焦、非线性朗缪尔波、非线性离子声波、非线性朗道阻尼等。这些非线性过程对于能量传输、粒子输运等都有着非常重要的作用，并且成为了研究可控聚变中的重要课题。我们将对其中部分非线性现象进行学习、研究，从理论上探索非线性波的特性。

5. 题目： 放射性核素在医学诊治中的作用价值与进展

指导老师：蒋宁一，核医学专业（中山大学第七附属医院）

个人主页：https://szmed.sysu.edu.cn/zh-hans/teacher/2178

课题简介：核技术在医学中的应用发展很快，而且国家非常重视。近年来多级医院都先后开展了核医学诊断与治疗项目，实践中也解决了许多临床问题。但是也存在着许多需要研究的课题，主要在核素选择、放射性药物的研究，核医学仪器的开发。本项目旨在探索相关进展，开发有关医工结合的项目。

校外合作专家题目：

6. 题目：基于极化方向可调微波偏转腔的束团高维相空间测量

指导老师： 邵佳航（主导），毕远杰

个人主页：https://science.sysu.edu.cn/teacher/teacher01/1404588.htm

邵佳航研究员个人简介：邵佳航2011年本科毕业于清华大学电子工程系， 2016 年博士毕业于清华大学工程物理系，2016-2021 年在美国阿贡国家实验室先后任博士后及助理研究员；2021年加入深圳综合粒子设施研究院任研究员。邵佳航已获得国家及广东省青年海外高层次人才项目支持，目前主要从事深圳中能高重复频率X射线自由电子激光项目中电子枪、常温微波结构、尾场结构的研制工作。

简介：微波偏转腔是工作于类TM11模式的圆柱形微波器件，可以对束团施加特定方向的时变横向动量。束团沿零相位通过微波偏转腔并漂移一段距离后，其难以测量的纵向信息将转为便于测量的横向信息。因此，微波偏转腔可测量束团纵向分布、纵向相空间、切片发射度等关键信息，是大型直线加速器中重要的束测器件。传统微波偏转腔仅能提供固定方向的横向动量，而近年来发展的新型微波偏转腔则可提供方向连续 可调的横向动量。此类新型偏转腔将束团诊断能力拓展至高维相空间，如三维束团分布、正交横向方向相空间耦合等。本课题意在研究高维相空间测量原理及重建算法，进行束流模拟仿真，并探索极化方向可调微波偏转腔在束团诊断方向的更多应用。

7. 题目：伽马光子和 PET 探测器

指导老师： 彭旗宇，生物医学工程及核医学方向

个人主页： https://www.szbl.ac.cn/scientificresearch/researchteam/389.html

简介：正电子发射成像（PET）是一种先进的分子影像技术，广泛应用于肿瘤、脑疾病和心血管疾病的临床诊断。PET 设备的性能很大程度上取决于 PET 探测器的性能。目前主流的 PET 探测器采用间接方式设计，由闪烁晶体和光电传感器构成。正电子湮灭后产生的伽马光子对被闪烁晶体拦截后，产生闪烁光子群并被光电传感器检测到。然后通过后继电路和信号处理，实现对伽马光子作用的位置、时间和能量的测量。本课题意在通过蒙特卡罗仿真和光学仿真，设计和优化 PET 探测器，并进行实验验证，从而达到提高 PET 显像性能的目的。

8. 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

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。

9. 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

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。