# JUNO利用太阳中微子寻找新物理项目简介

1. **导师及课题组介绍**
2. 导师介绍链接（**请将网址链接更新到导师自己的页面**）：

- <https://dingxf.cn/>

- <https://people.ucas.edu.cn/~dingxf>

1. 课题组介绍（导师提供）

丁雪峰课题组隶属于高能物理所实验物理中心中微子组，主要研究项目为江门中微子实验，同时也参与新型探测器的研发项目。课题负责人在博士和博士后期间，分别在意大利格兰萨索国家实验室和美国普林斯顿大学参与了Borexino实验的太阳中微子研究，并于2023年2月入职高能物理所，成立了课题组。目前，团队由课题负责人、1名客座博士和1名学术硕士组成。

在太阳中微子物理研究方向，课题组重点利用太阳中微子为标准太阳模型提供输入和研究中微子振荡现象。技术上，通过机器学习算法提升信号和本底的区分能力。

在新型探测器研发项目方面，课题组计划开发一种新型高气压气体时间投影室探测器，用于测量IBD阈值以下的反应堆中微子，以监测反应堆运行状态。目前，该项目处于设计和原型机验证阶段。

除了科创计划，课题组也欢迎申请者单独联系我们，申请加入以上两个课题。课题组经费充足，期待有志之士的加入。

1. **科创计划项目简介**
2. 项目简介

随着低本底探测技术的改进，太阳中微子研究已经进入了精确测量时代。该项目旨在通过精确测量太阳中微子相互作用事例率，深入研究中微子物理和太阳物理。

太阳中微子研究可以帮助我们理解中微子振荡的Mikheyev–Smirnov–Wolfenstein (MSW)效应，即物质效应。中微子的味本征态和质量本征态是混合状态，当中微子在传播过程中经过物质时，会与物质中的核子和电子发生散射。这将改变描述中微子状态演化的哈密顿量，进而改变振荡现象。这种现象被称为MSW效应。MSW效应预测，在过渡能量区间内，随着中微子能量的降低，太阳中微子的存活几率会增加，这被称为“抬头现象”。验证中微子的存活几率是否如物质效应预测的那样上升，可以检验MSW效应理论。抬头现象可能受到非标准相互作用或惰性中微子等新物理的影响，因此也可用于寻找新物理。

然而，受限于实验的本底水平或探测器靶质量，目前对太阳中微子弹性散射产生的反冲电子的测量阈值为3兆电子伏特，这只能对约7兆电子伏特以上能区内的硼-8太阳中微子的存活几率给出较好的限制。在该区域内，抬头现象较弱，因此尚不足以验证MSW效应和检验新物理。

江门中微子探测器可以将硼-8太阳中微子与电子弹性散射产生的反冲电子的测量阈值降低到2兆电子伏特。能量阈值越低，物质效应的影响就越明显，因此江门中微子实验将提高对抬头现象的统计显著性。此外，在夜间，太阳中微子在被探测到之前会先经过地球，地球引起的物质效应会提高太阳中微子的存活几率，这被称为再产生效应或日夜效应。日夜效应同样尚未被观测到，江门中微子实验有望在10年内给出3σ置信度的实验证据。

太阳中微子还可以用于研究太阳核心区域的结构和成分。作为离人类最近的恒星，太阳模型是所有恒星演化模型的基础，也是检验新物理模型的重要参照。在改进挥发性金属元素丰度估计的模型后，得到的金属丰度明显降低，使用该丰度的标准太阳模型不再吻合高精度的日震学数据。高精度的碳氮氧循环太阳中微子流强的测量可用来独立限制太阳核心区域的碳、氮元素丰度，从而诊断标准太阳模型中的物理模型。江门中微子实验有望改善对碳氮氧循环太阳中微子流强的测量精度，因此建立精确的本底成分和探测器响应模型、探索降低本底技术以提高探测器对碳氮氧循环太阳中微子的灵敏度至关重要。

本项目计划利用模拟事例研究硼-8太阳中微子的存活几率对非标准相互作用等新物理的限制。研究内容包括探测器模拟、本底挑选、信号估计、拟合、统计分析和系统误差分析六大部分。

1. 使用的实验方法、仪器设备、数据软件等

项目需使用C++语言和python语言，以及GEANT4和CERN ROOT工具包。

1. 对学生专业知识背景等方面的要求

- 具有基本的概率统计知识，了解随机变量、假设检验等相关的基本概念；

- 熟练使用C++和python语言，能用C++和python语言解决例如排序、绘图等简单问题；

- 了解本项目的科学意义。

4、项目预期目标、成果和收获

项目预期学生在完成项目后有以下收获：

* 了解并能独立完成从本底挑选、信号估计、拟合、到灵敏度分析、系统误差分析的完整的数据分析任务；
* 可以使用GEANT4研究简单的关于探测器设计的相关问题；
* 熟练掌握利用python对结果可视化；
* 培养科学思维模式与逻辑思维；
* 为分析江门中微子实验数据做好准备；
* 结果以小组文章或者合作组文章形式发表。

1. **其他说明**

在完成本课题后，可以继续以硼-8太阳中微子、铍-7太阳中微子、碳氮氧循环太阳中微子、质子-质子太阳中微子为研究目标，进一步完善和改进对本底的挑选方法、对探测器响应、重建方法、灵敏度分析等研究，开展硕士与博士阶段的研究。