



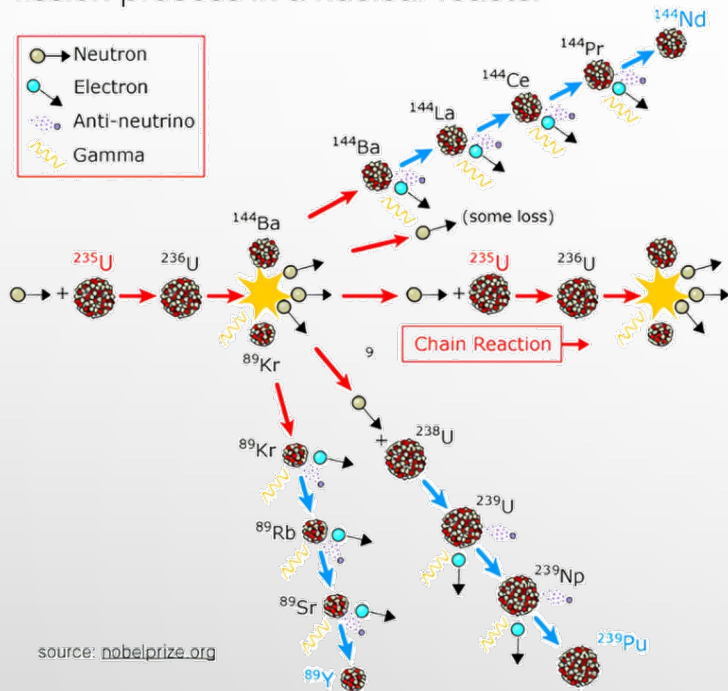
ALARM

ARRAY OF LATTICE FOR ANTINEUTRINO REACTOR MONITORING

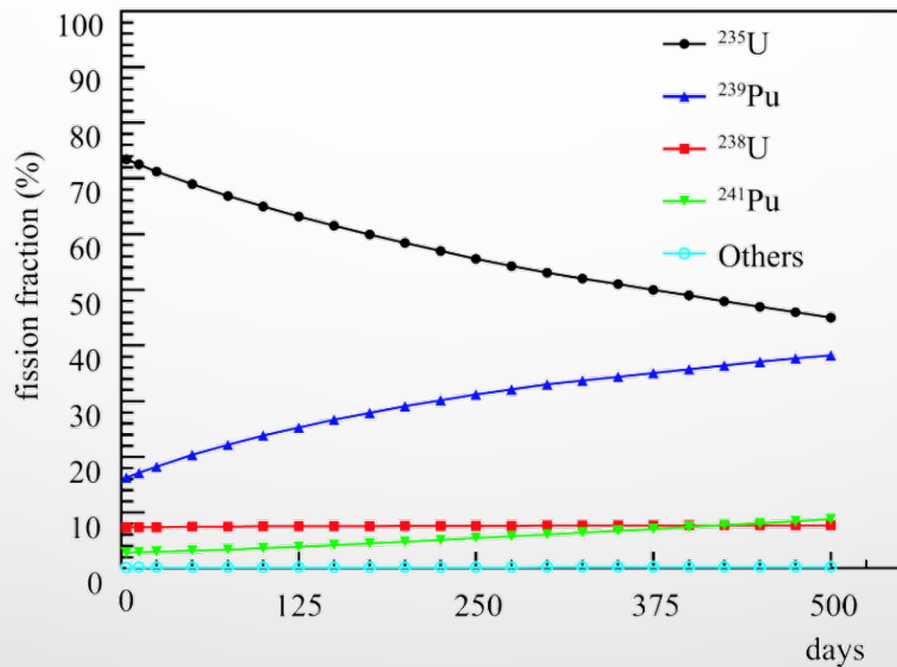
安丰鹏 代表ALARM研究组
中山大学

反应堆作为中微子源

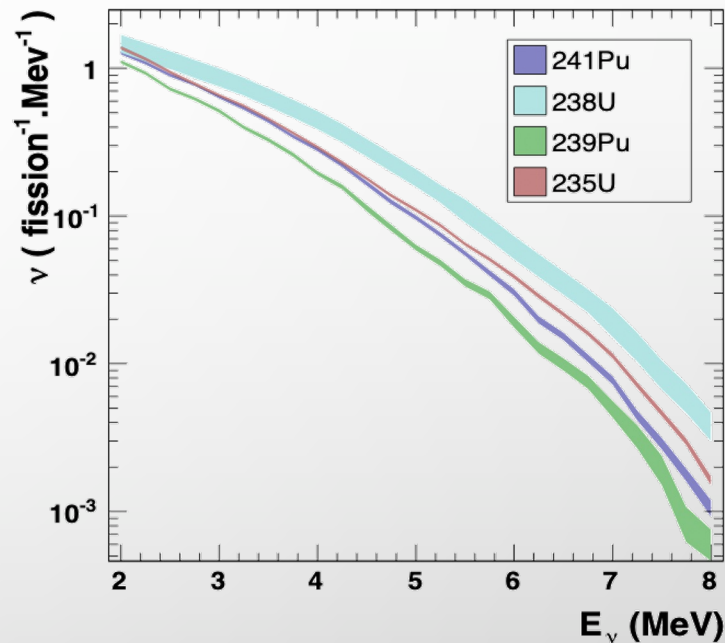
fission process in a nuclear reactor



$\sim 6 \bar{\nu}_e$ /fission



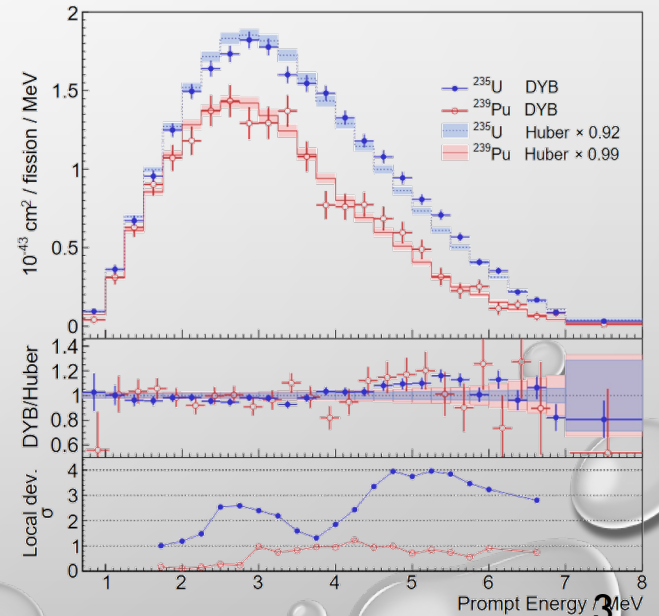
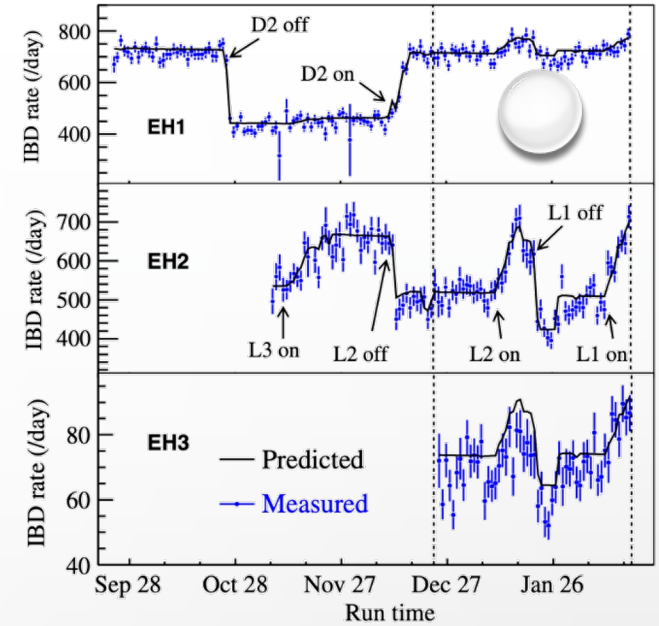
核素裂变份额时间演化



裂变核素的中微子能谱

中微子是核反应堆的有效探针

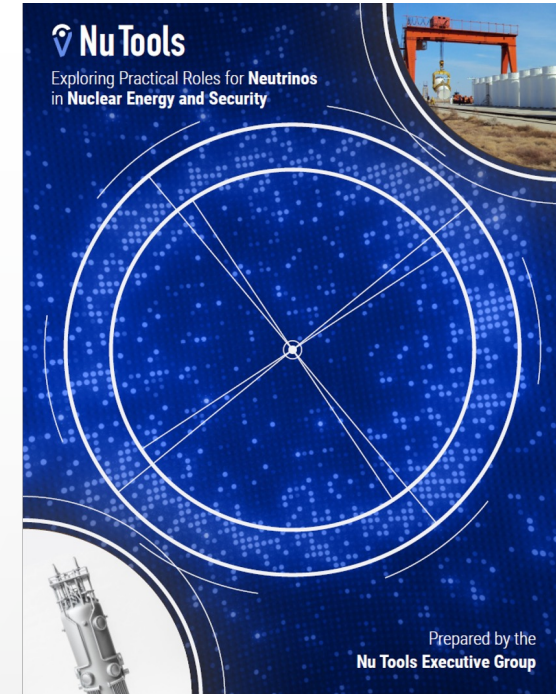
- 中微子流强正比于反应堆功率
- 能谱形状包含反应堆演化信息
- 中微子可轻易穿透物质，提供非侵入测量手段



中微子反应堆监测应用

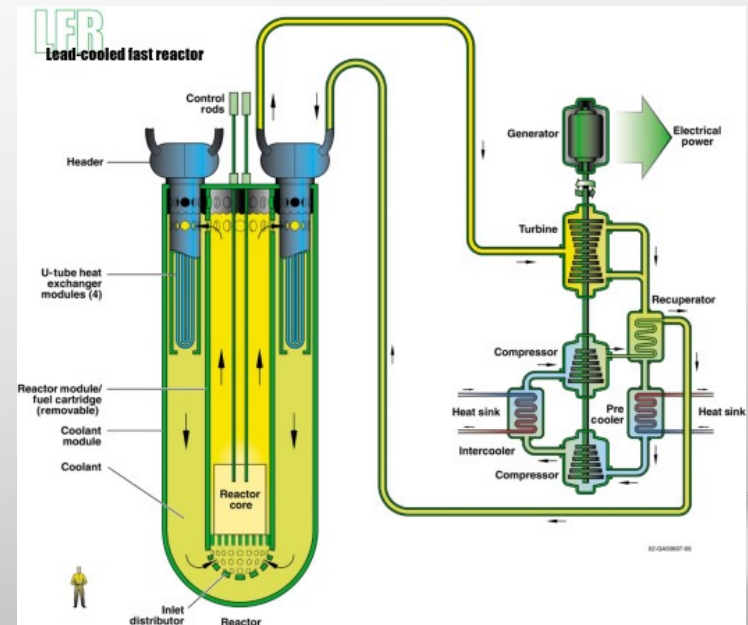
核不扩散监测:

- 确定未知反应堆/核事件的存在
- 监测反应堆运行状态的变化: 开关堆、升降功率操作
- 是否存在钚增殖活动



反应堆安全监测:

- 反应堆安全监测: 例如功率峰因子
- 先进反应堆研发: 例如铅基快堆



ALARM- ARRAY OF LATTICE FOR ANTINEUTRINO REACTOR MONITORING

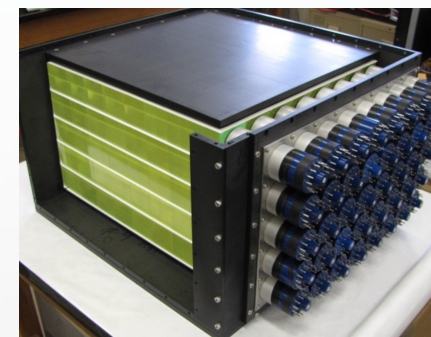
物理目标:

- 使用简单、紧凑、廉价的探测器方案实现反应堆功率监测
- 反应堆中微子监测应用技术验证

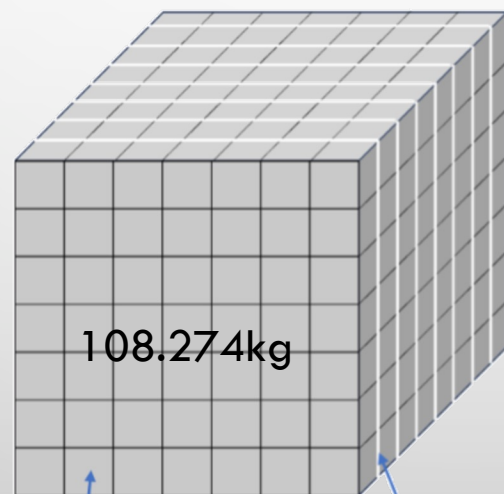
探测器设计: $\bar{\nu}_e + p \rightarrow e^+ + n$

- 使用模块化塑料闪烁体阵列作为中微子靶并探测正电子
- 使用掺 ^6Li 的ZnS闪烁体标记中子俘获事例

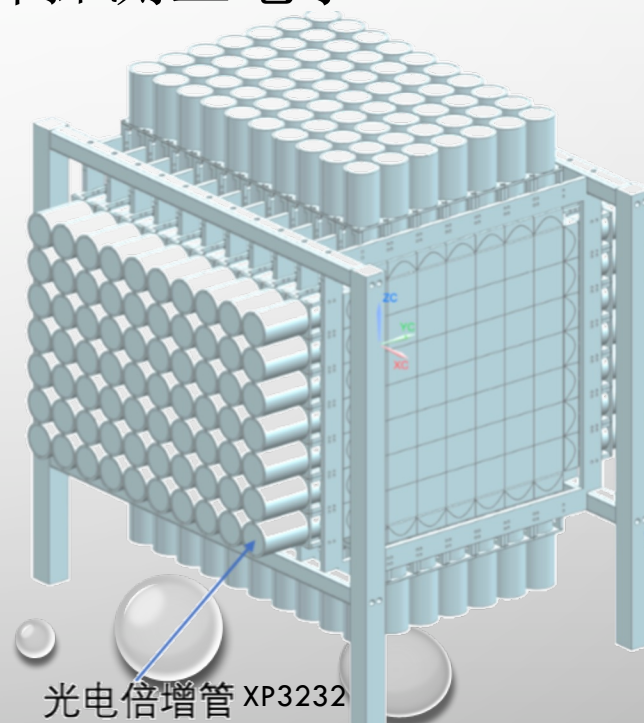
类Chandler设计



7x7x10 塑闪阵列
每个模块边长6cm



塑料闪烁体EJ200 中子闪烁屏夹层EJ426

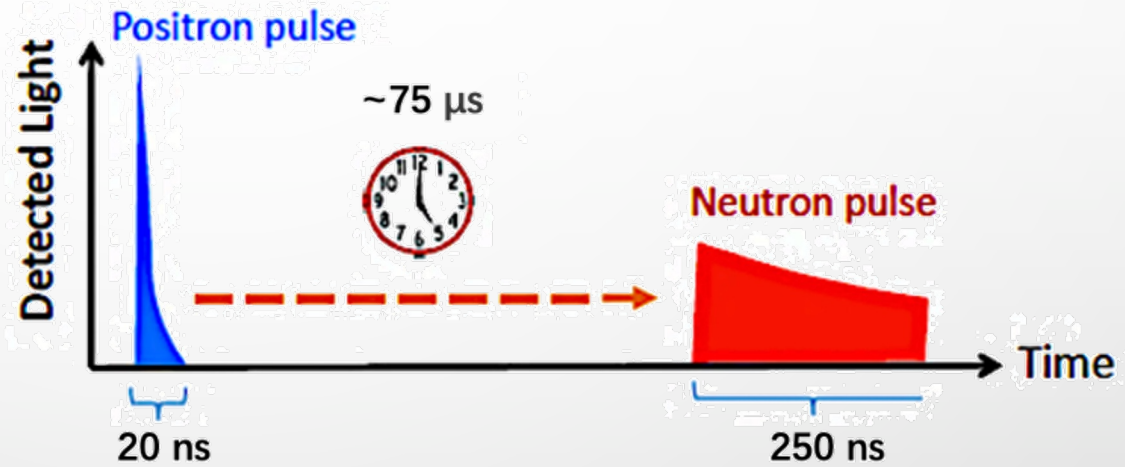
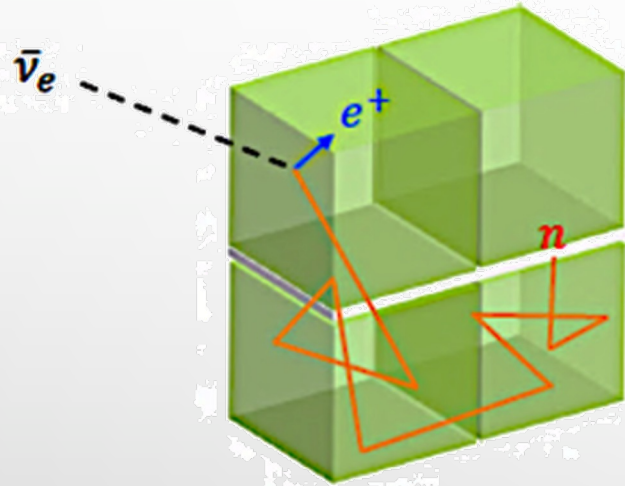


光电倍增管 XP3232

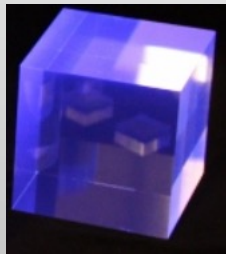
机械支撑结构

ALARM探测器中微子信号

Inverse beta decay (IBD)



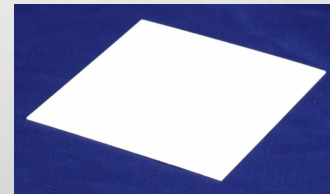
EJ-200



- 光衰减长度长
- 发光衰减时间短

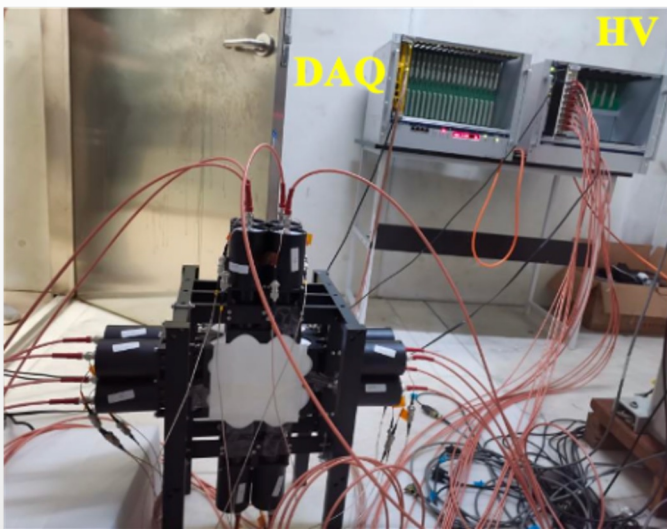
EJ-426

$^6\text{LiF:ZnS}$



- 高效的热中子探测器
- 对gamma不敏感
- 发光衰减时间长

波形甄別



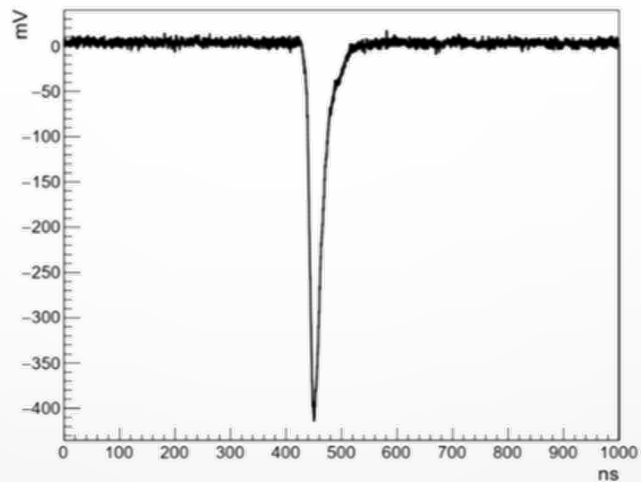
小模型测试：使用Am-Be 中子源

Mesytec MDPP-32QDC

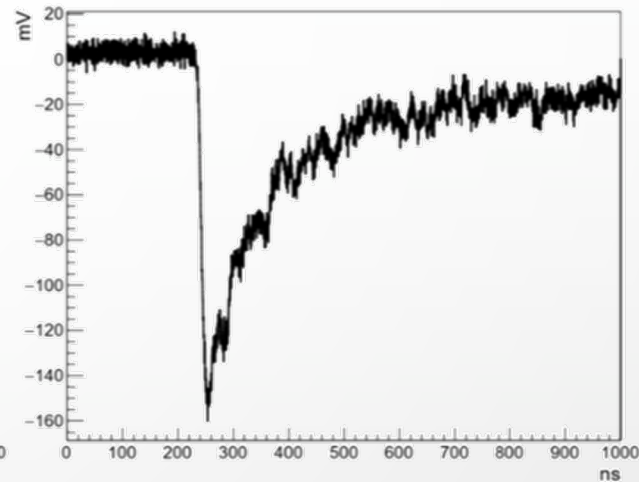
$$PSD = 1 - \frac{Q_{short}}{Q_{long}}$$



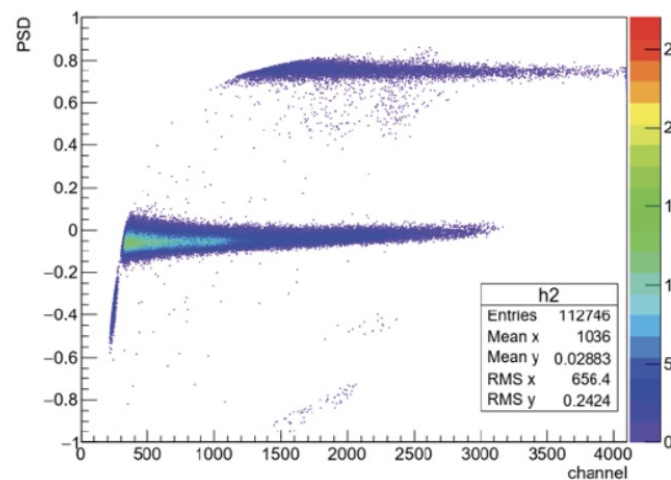
γ 信号波形



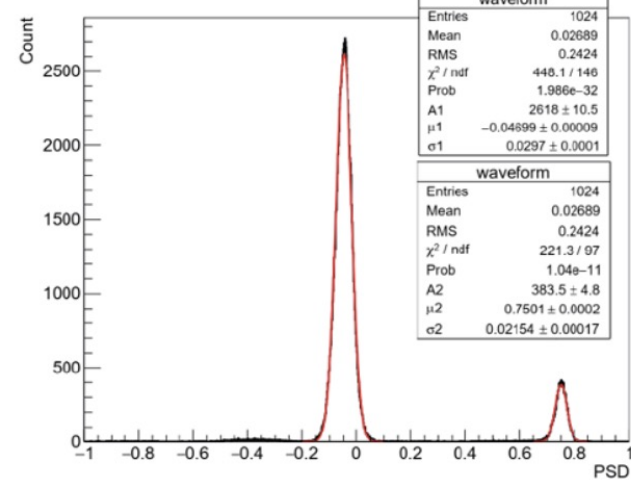
中子信号波形



2DPSD

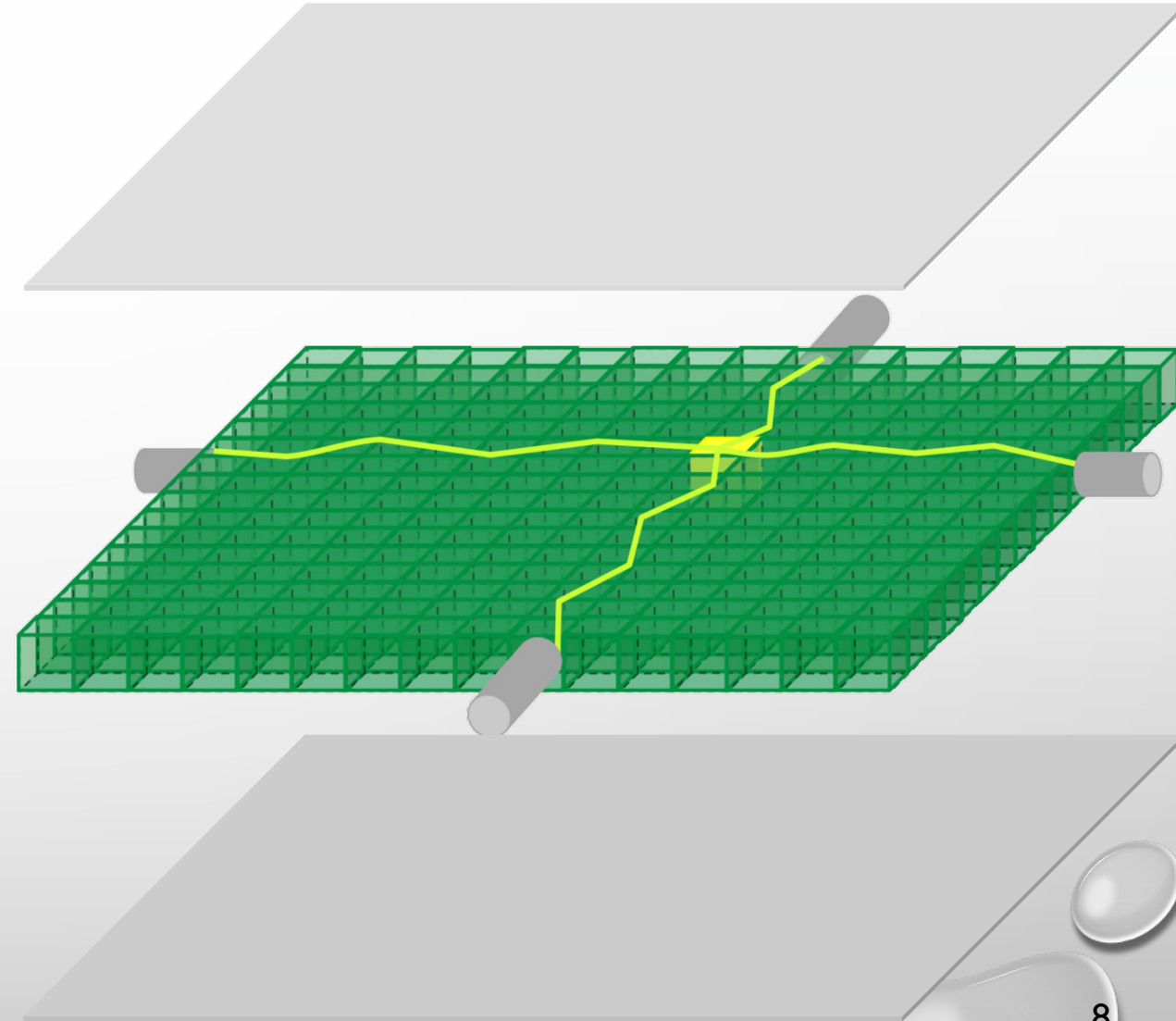


1DPSD



RAGHAVAN OPTICAL LATTICE: 空间分辨

- 塑料闪烁体模块紧贴在一起，构成光传播的通道
- 塑料闪烁体模块发的光通过全反射到达探测器边缘的PMT
- 中子闪烁屏夹在两层塑闪之间
- 中子在闪烁屏上被俘获所发射的光在塑闪模块中被吸收重发射，进而通过全反射到达PMT



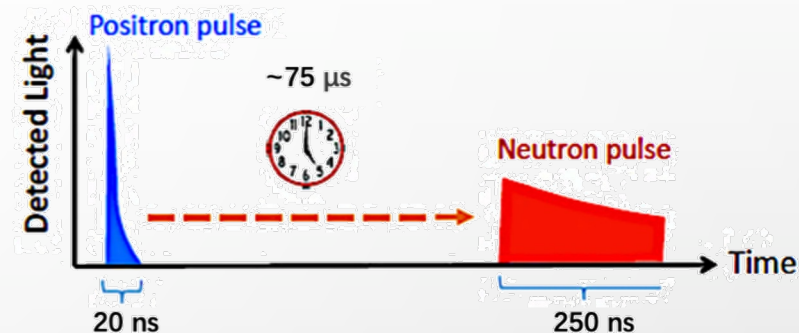
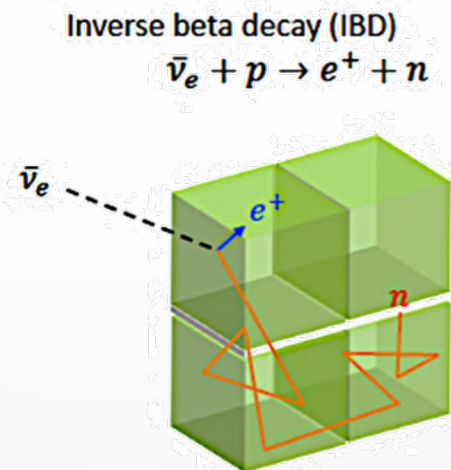
中微子信号和本底

IBD事例:

具有时间和空间关联的信号组合

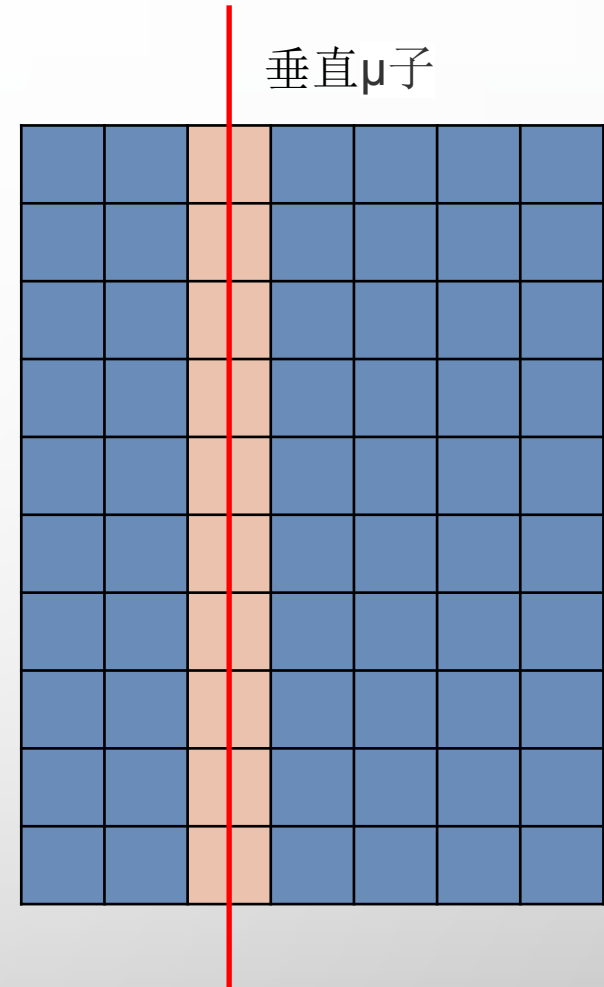
主要本底:

1. 快中子本底: 快中子和质子碰撞产生快信号, 中子继续被俘获产生慢信号
排除: 快慢信号的空间距离分布比IBD大
2. 偶然符合本底: 非关联的类正电子和中子信号
排除: 时间和空间都不关联



探测器刻度

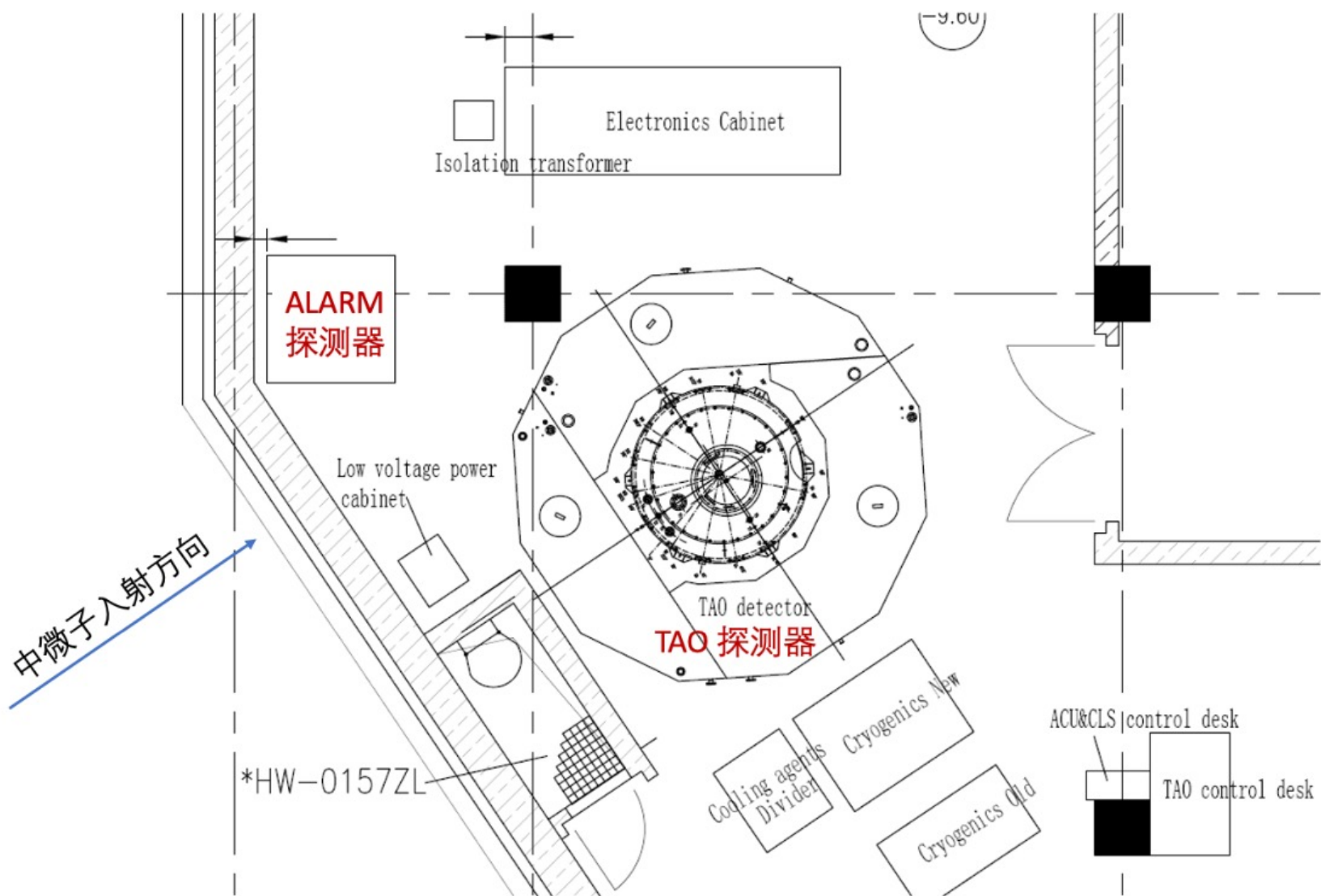
- 垂直入射 μ 子作为刻度源:
- μ 子在每块6cm厚的塑闪中沉积能量 $\sim 12\text{MeV}$
- 探测器外布置放射源, 结合全探测器蒙特卡洛+tuning



实验部署

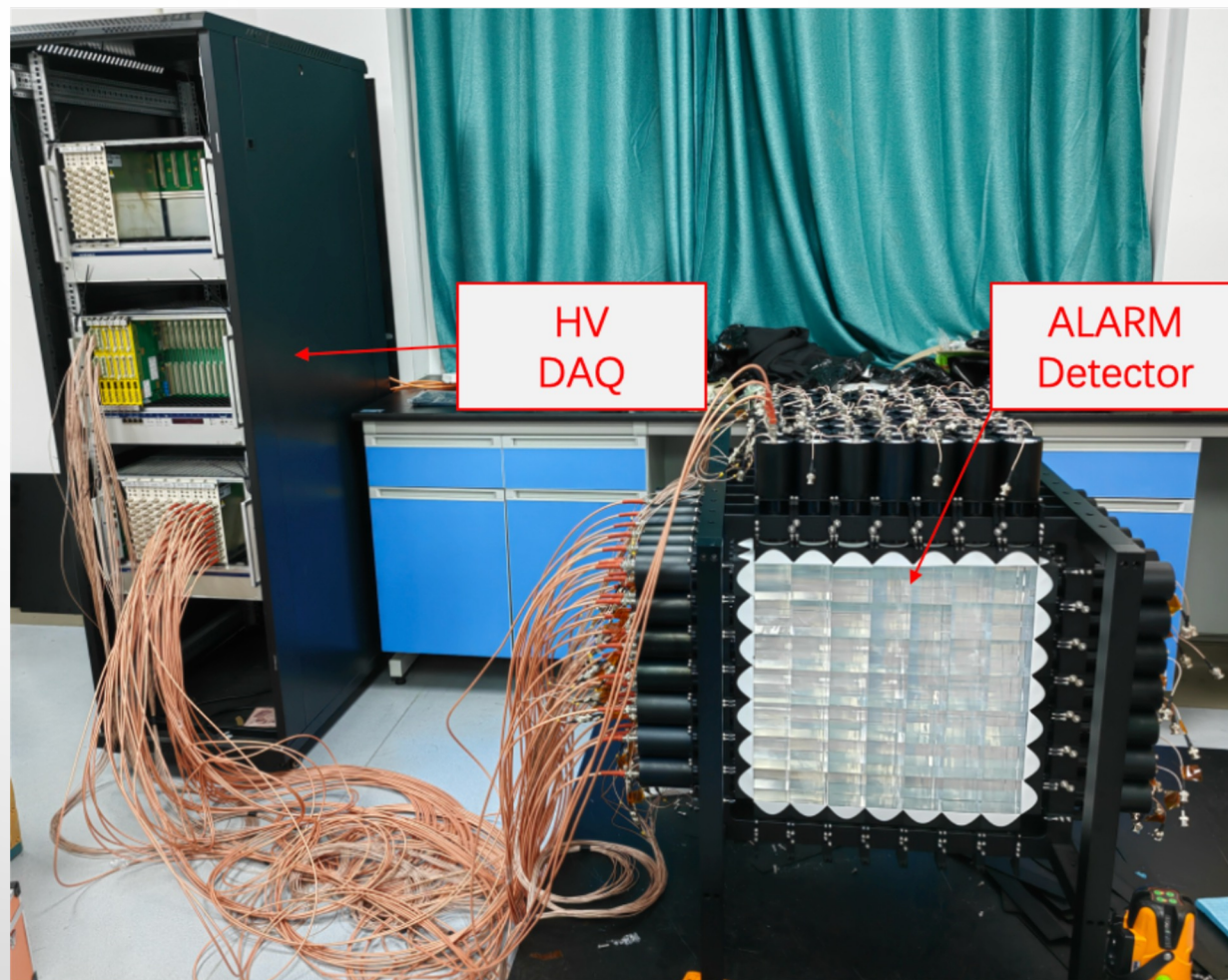
ALARM探测器将安装在TAO探测器旁边，并共享探测器电子学间

基线长度~42米



探测器进展

- 探测器部件到位
- PMT批量测试
- 完成小模型测试取数
- 试安装和muon取数



安装和取数计划

2024年9月：在中山大学完成组装和测试

2024年底：整体运输至台山实验室并安装调试

2025年：开始取数

总结：

- **ALARM**主要物理目标：使用简单、紧凑、廉价的探测器方案实现反应堆功率监测
- 利用分块化的探测器设计实现较差屏蔽条件下的中微子测量
- 开展反应堆中微子监测应用技术验证
- 与TAO探测器开展联合分析和校验

谢谢!