

# Introduction and Quantum ML plans

方亚泉

Kickoff meeting of the IHEP ML Innovation project

2023年1月5日

# 人员名单

姓名	技术职务	人员分类 <sup>1</sup>	年工作月数		姓名	技术职务	人员分类 <sup>1</sup>	年工作月数
方亚泉	正高级	研究人员	6		徐达	副高级	研究人员	4
刘北江	正高级	研究人员	5		张诚	副高级	研究人员	4
袁野	正高级	研究人员	5		张正德	副高级	研究人员	4
焦毅	正高级	研究人员	5		赵光	副高级	研究人员	4
孙胜森	正高级	研究人员	4		方文兴	中级	研究人员	4
罗武鸣	副高级	研究人员	5		张笑鹏	中级	研究人员	5
李刚	副高级	研究人员	6		伍力源	中级	研究人员	5
王锦	副高级	研究人员	5					

# 经费预算

## 经费计划

年度	2023年	2024年	2025年		
经费	50	50	50		
支出科目	金额 (万元)		计算根据及理由		
合计	150				
1. 直接费用	150				
2. 设备费	0				
3. 设备购置费	0				
4. 设备试制费	0				
5. 设备改造与租赁费	0				
6. 重大仪器设备清单（1万元以上）	0				
7. 材料费	0				

8. 测试化验加工/计算分析费	45	量子计算学习需要用本源量子的机时（以本源量子24比特量子计算机为例，价格为2.89万/小时），本课题每年5小时机时，支持15万。
9. 燃料动力费	0	
10. 会议费	22.5	每周开一次组会，每年合作开2次80人以上的研讨会
11. 差旅费	15	每人每年支持1次国内会议
12. 国际合作与交流费	15	资助每人0.5次国际会议
13. 出版/文献/信息传播/知识产权事务费	0	
14. 劳务费	52.5	根据需要，支持2.5名学生 2.5X3万=7.5万/年，部分支持1名博士后1x10万/年=10万
15. 专家咨询费	0	
16. 其他支出	0	
17. 自筹经费	0	

# 任务书

【腾讯文档】任务书

<https://docs.qq.com/doc/DV0xqYWN1RUhrmRX>

- 立项依据
- 研究内容
- 预期目标  
(需要一些干货)

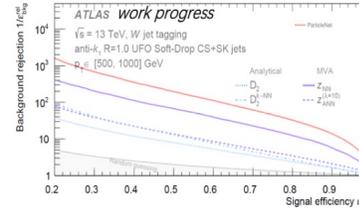
2023年申请一个基金委重点项目？  
四月份开一个国内高能物理机器学习研讨会？

## 研究内容

### 机器学习算法的研发与应用

- 先进算法应用于各个方向，快速出显著性成果
- 开发先进的机器学习算法

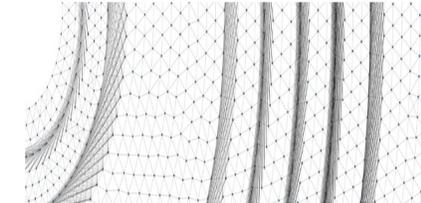
- ParticleNet/Transformer是最新的算法，可显著提高性能
- 开发机器学习的算法
  - 自注意
  - 仿生



### 规律指导下的机器学习

- 将已知规则加入神经网络，减少盲目摸索
  - 几何规律：交换对称性，探测器几何
  - 物理规律：洛伦兹四动量不变性

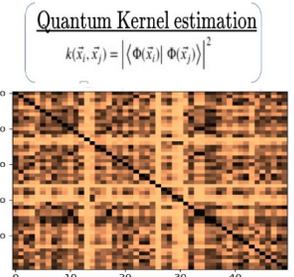
- BES漂移室GNN构建中，基于相邻关系构建，数量级降低计算资源的消耗。
- 粒子在磁场中运动的动力学约束



### 量子机器学习的算法优化

内核算法的优化

- 核心是计算每个事例是其它事例概率
- 利用 $2^{\text{qubit}}$ 试图一次性计算 (one shot)



- 1-2年之内，将先进算法应用于各个方向
- 利用3-5年期间开发出自己的算法
- 发展出HAI平台，并推广  
文章6篇

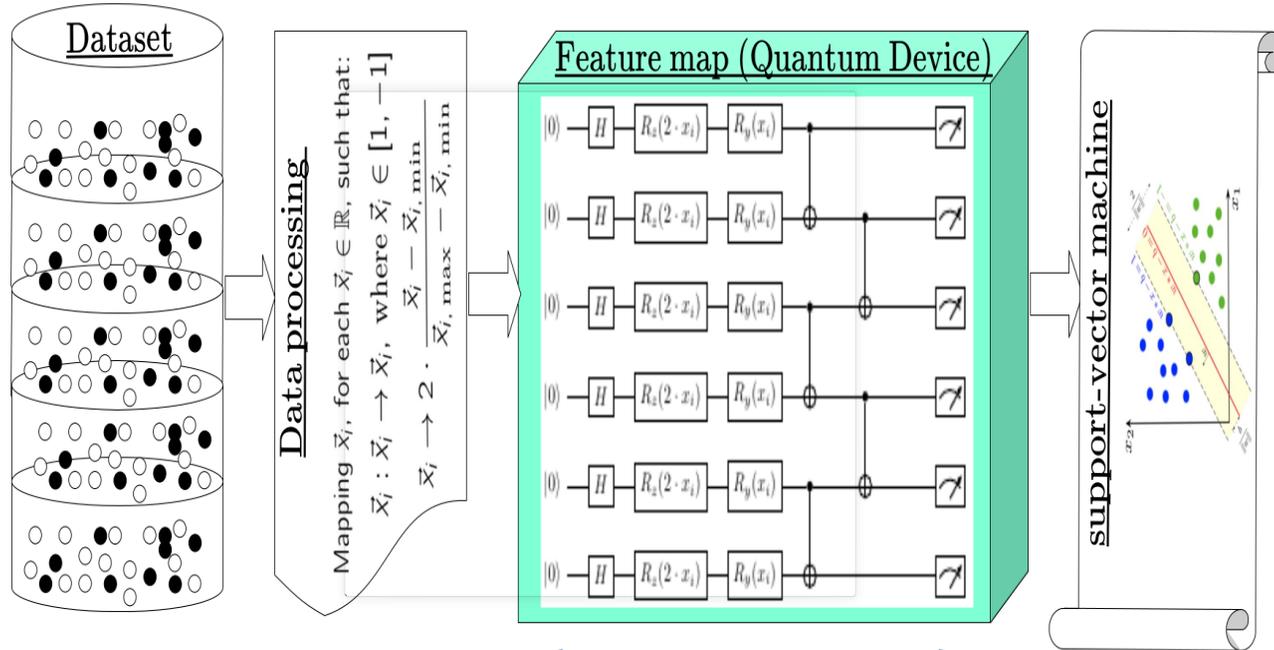


- 挖掘各方向上独特的规律
- 相互借鉴，资源、人力共享
- 实现机器学习的深入应用 1-2篇文章

- 寻找适合量子机器学习应用场景
- 算法优化，推动实现量子机器学习的霸权

# 量子机器学习 (plan) :

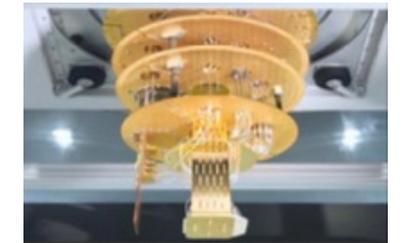
爱博、沙其雨、方亚泉、可能会增加—w



QM hardware

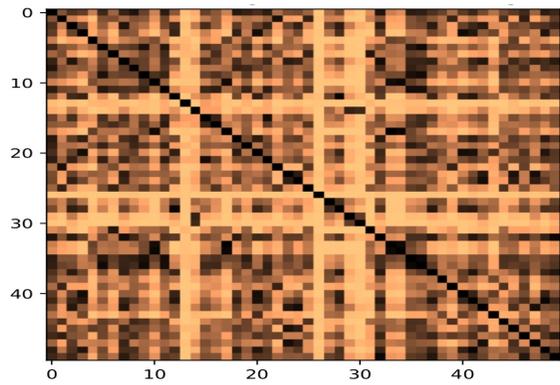
IBM

Wuyuan



**Quantum Kernel estimation**

$$k(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = \left| \langle \Phi(\vec{x}_i) | \Phi(\vec{x}_j) \rangle \right|^2$$



- 量子核是一个  $N \times N$  的矩阵,  $N$  是事例数
- 量子力学中求每个事例是其它事例的可能性
  - 其它和传统算法一样
  - 对这个内核的算法, 现在是要操作  $N \times N$  次
- 对于多qubit, 可以一次性完成内核计算 ?  $2^{qubits}$ 
  - 推动量子机器学习领域的量子霸权

完成 20/6 qubit CEPC h->bb,cc,gg/yy 机器学习的分析  
 完成1-2篇文章 (支持半个学生和Q ML 机时费 45万)