

关于强子谱研究的几点想法

北京大学物理学院
高原宁

第一届强子物理前沿讨论会
湖南师范大学，2018年11月



内容提要

- 现状和努力方向
- LHCb : RUNII & Upgrade
- 两个小问题
 - Argand 图有用吗？
 - Diquark 可以实验验证吗？
- LHCb : 未来的课题探讨

我国的强子物理研究

- **基本判断：引领国际前沿**
 - 从层子模型开始的理论研究
 - 北京谱仪和国际合作
- **升级之路：不要让贫穷限制了我们的想象力**
 - 科学问题的凝炼：**原理上可行**
 - 科学装置的设想：**技术上可行**
 - 科学计算的预期：**理论上可行**

当代粒子物理的核心科学问题

① 基本费米子性质

② 基本粒子的质量起源

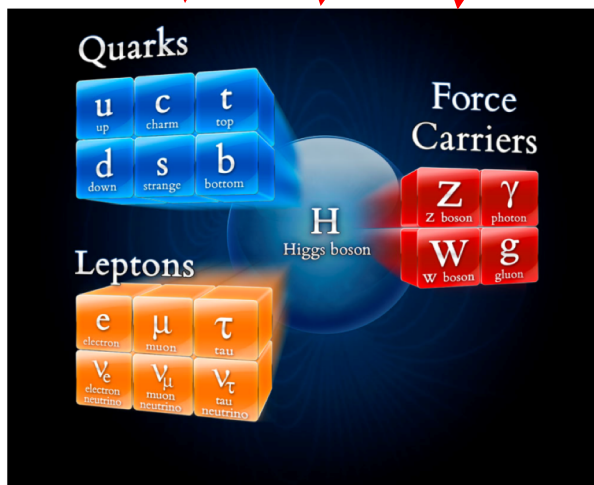
③ 暗物质的本质

④ 夸克禁闭和强相互作用力性质

天文观测

正反物质不对称

暗物质



标准模型

探索强相互作用的本质，寻找超出标准模型新物理作为总体科学目标，聚焦四个核心科学问题

核心科学问题：极大和极小的桥梁

① 基本费米子性质

② 基本粒子的质量起源

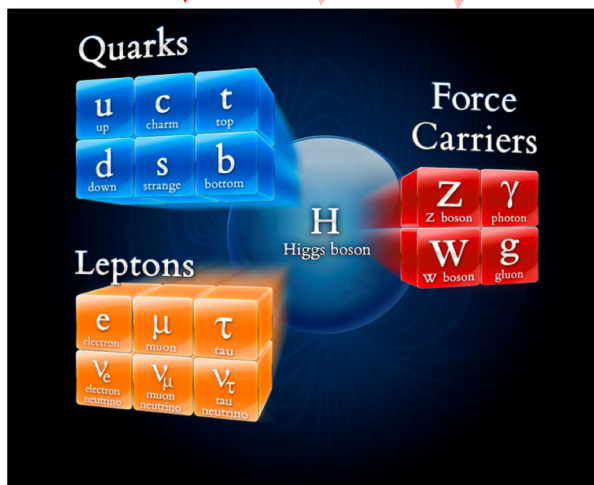
③ 暗物质的本质

④ 夸克禁闭和强相互作用力性质

天文观测

正反物质不对称

暗物质



标准模型

粒子物理的问题：

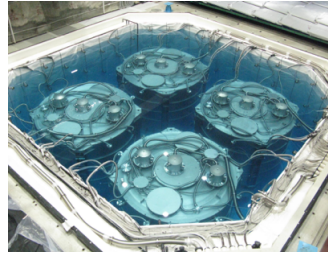
- CP破坏是解决正反物质不对称的关键
- 弱作用与宇称
- 中微子质量，Majorana or Dirac
- 重子数、轻子数与大统一

凝聚态物理的启发： 在低维电子系统上激发集体运动形成的Weyl和Majorana准粒子费米子是否可以帮理解场的真空和激发？

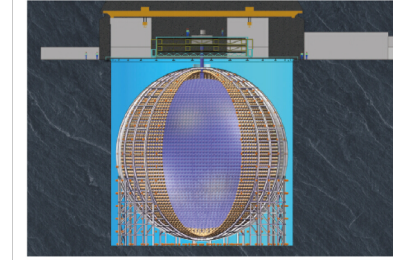
基本费米子的性质

□ 中微子之谜

- 质量和质量序
- CP对称性破缺机制
- 是否Majorana粒子



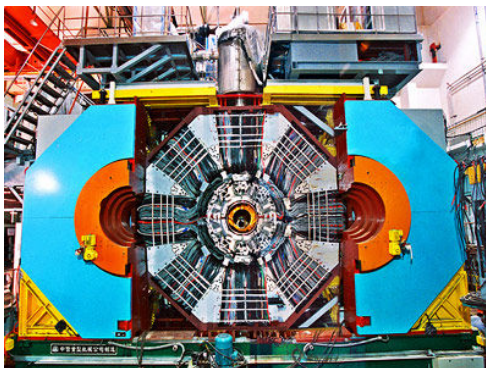
大亚湾实验



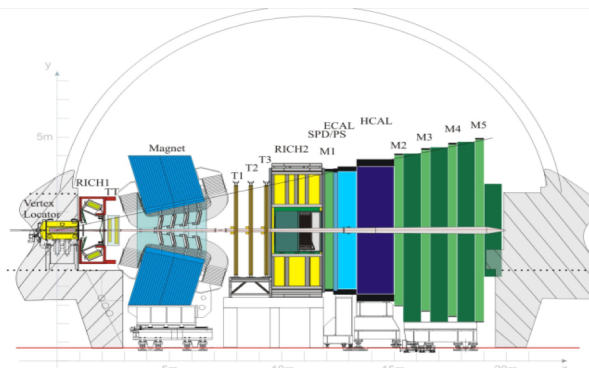
江门实验

□ 粲夸克、底夸克和顶夸克物理

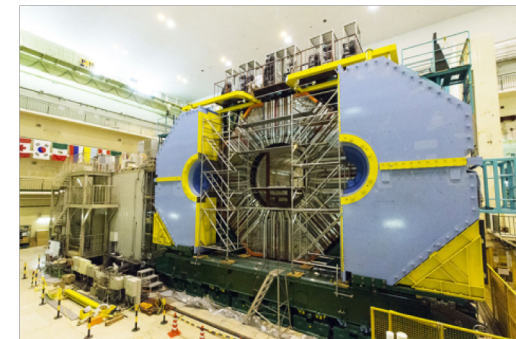
- 高精度味物理探测和寻找CP对称性破坏来源
- 禁戒和稀有衰变研究
- 新CP对称性破缺，衰变机制



BESIII



LHCb



BelleII

核心科学问题：极大和极小的桥梁

① 基本费米子性质

② 基本粒子的质量起源

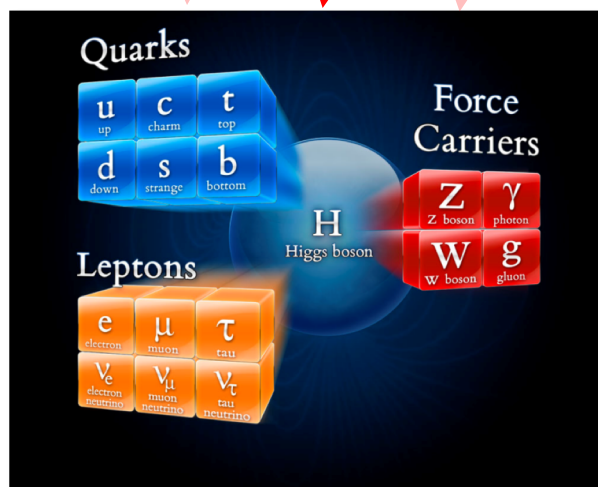
③ 暗物质的本质

④ 夸克禁闭和强相互作用力性质

天文观测

正反物质不对称

暗物质



如果： $m_e = 0$ ，玻尔半径趋于无穷大

$m_u = m_d = 0$ ，中子比质子轻，质子不稳定

$M_W = M_Z = 0$ ，弱相互作用强于电磁相互作用

电弱真空二级相变无法解释宇宙以正物质为主

标准模型

基本粒子的质量起源

- 大型强子对撞机（LHC）将继续主导未来前沿研究
 - Higgs粒子性质
 - 寻找新粒子（包括暗物质粒子）
- 高精度电弱实验
 - W、Z 粒子的性质
- 电弱对称性破缺的物理机制，二次发散问题
 - 从Ginzburg-Landau理论到BCS理论
- 物理量精确理论计算的高效方法

核心科学问题：极大和极小的桥梁

① 基本费米子性质

② 基本粒子的质量起源

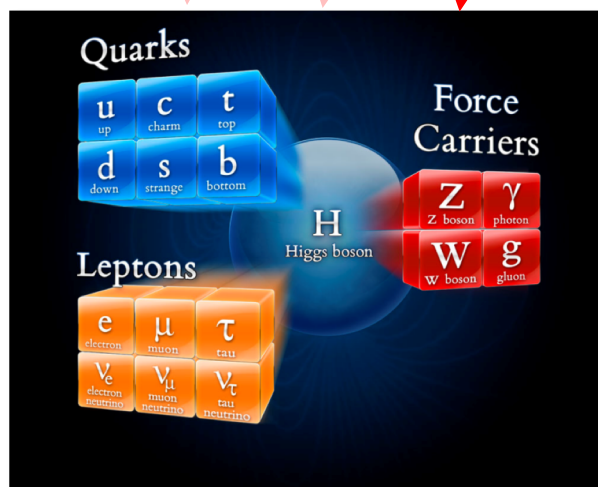
③ 暗物质的本质

④ 夸克禁闭和强相互作用力性质

天文观测

正反物质不对称

暗物质



标准模型

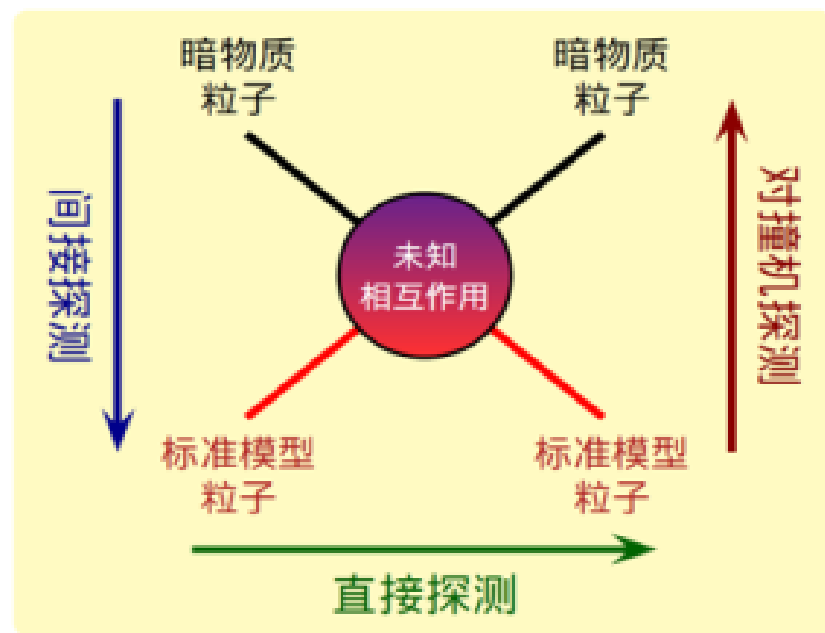
尝试引入新对称性解决标准模型的问题，自然伴随暗物质的候选者。探测暗物质的结果对新物理模型有很强的限制

- 强CP问题 → Axion
- 精细调节 → 超对称 → WIMP

暗物质的本质

- ❑ 通过地下、空间和对撞机实验寻找暗物质
- ❑ 结合理论研究，开拓暗物质探测方法

- 加速器实验直接产生和寻找
- 深地直接探测
- 空间间接探测



- ✓ 暗物质粒子与核子散射截面达到 10^{-47}cm^2 量级；空间探测电子能谱至5TeV，揭示空间暗物质实验反常超出的根源
- ✓ 对轴子等新粒子开展探测
- ✓ 暗物质模型的构建，理论实验结合开展数据解释，探索暗物质探测新方法

核心科学问题：极大和极小的桥梁

① 基本费米子性质

② 基本粒子的质量起源

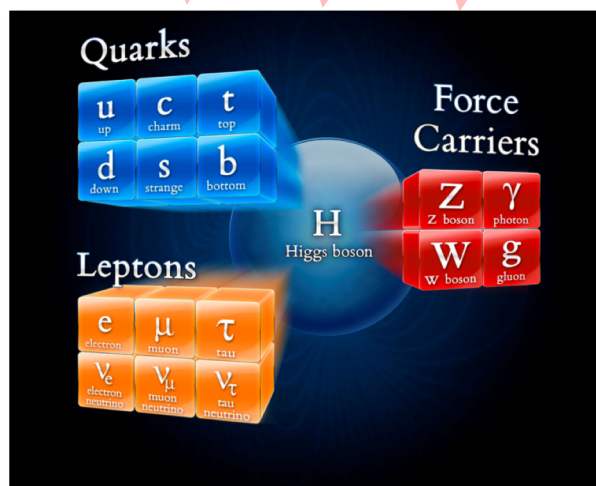
③ 暗物质的本质

④ 夸克禁闭和强相互作用力性质

天文观测

正反物质不对称

暗物质



标准模型

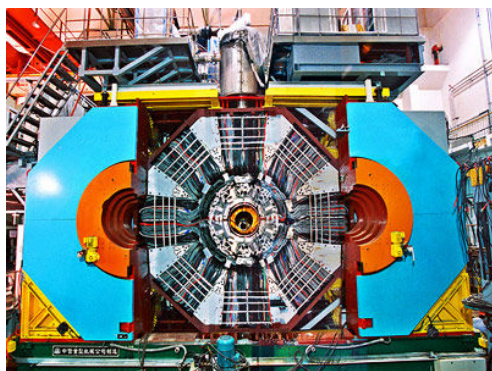
- 强作用力的性质是理解强子结构和原子核性质的关键
- 对新物理研究的启发
 - ✓ 手征对称性的破缺和恢复
 - ✓ 真空凝聚、瞬子
 - ✓ 强相互作用CP对称性问题

夸克禁闭和强作用力性质

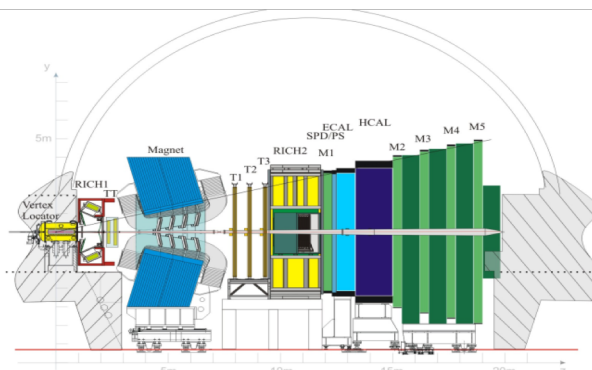
- ❑ 强子谱的实验和唯象理论
- ❑ 格点量子色动力学
 - 强子谱学、强子矩阵元计算等
 - 探索QCD第一性原理的手征有效场论
 - 研究夸克模型预言的双重味重子
 - 研究四夸克态、五夸克态等奇特强子态和胶球的性质



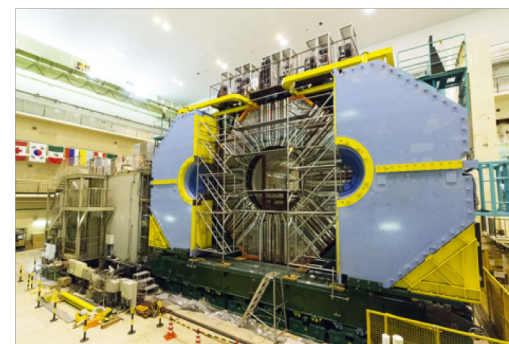
GluonX



BESIII



LHCb

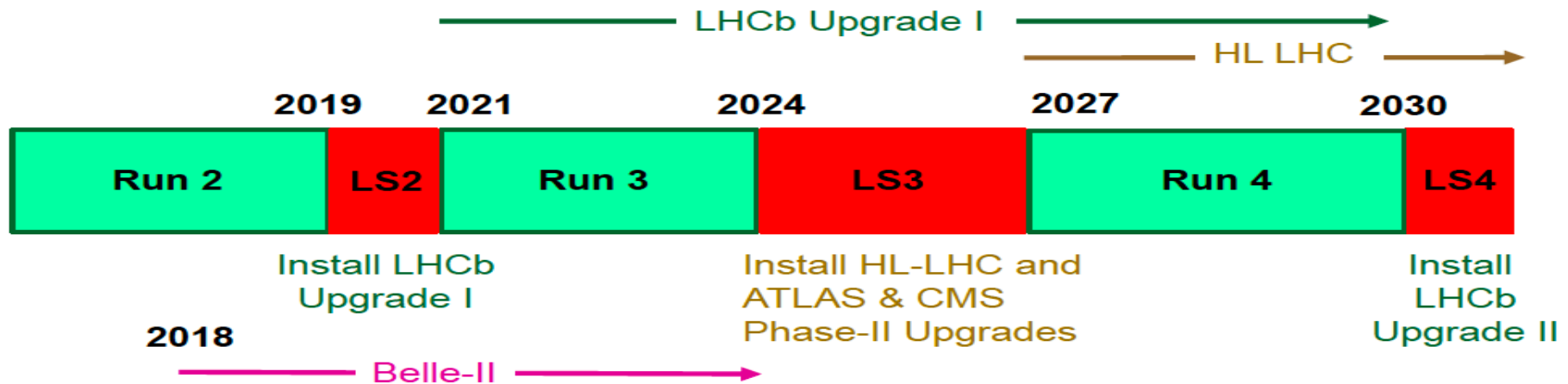


Belle II

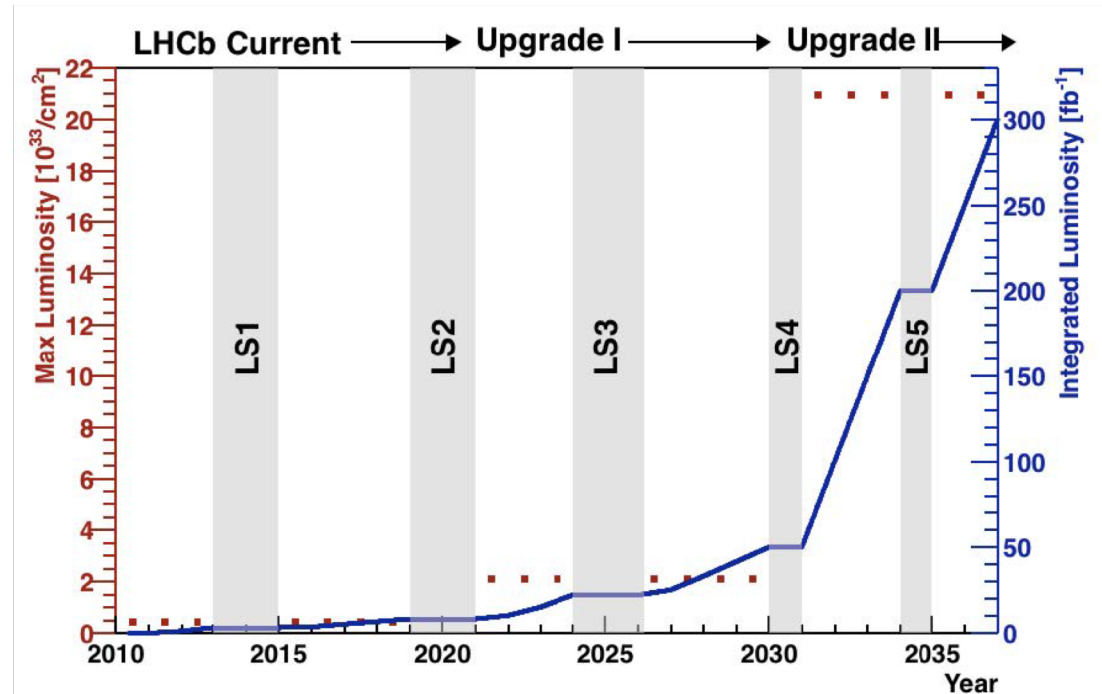
我国的强子物理研究

- **基本判断：引领国际前沿**
 - 从层子模型开始的理论研究
 - 北京谱仪和国际合作
- **升级之路：不要让贫穷限制了我们的想象力**
 - 科学问题的凝炼：**原理上可行**
 - 科学装置的设想：**技术上可行**
 - 科学计算的预期：**理论上可行**

LHC Schedule & LHCb upgrade

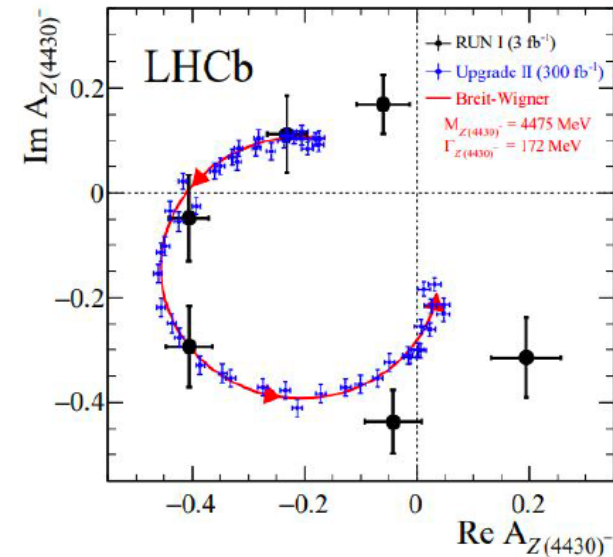


- RUN I 3 fb^{-1}
- RUN II $+ 6 \text{ fb}^{-1}$
- $\sigma_{b\bar{b}}(13\text{TeV})/\sigma_{b\bar{b}}(7\text{TeV}) \approx 2$
- 2025: 23 fb^{-1}
- (dataset compete with Belle2)
- Full LHC run: 300 fb^{-1}



Spectroscopy at upgraded LHCb

- High statistics will allow
 - studies of particle properties
 - searches for particles through relative rare decay modes
 - ...

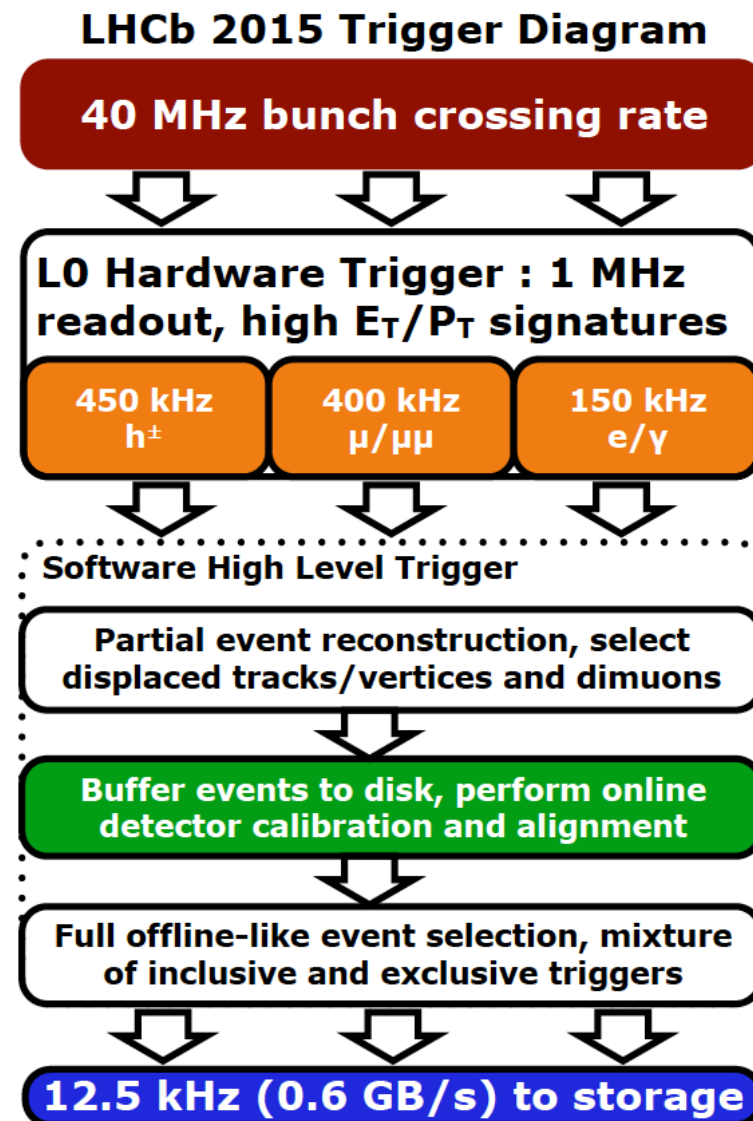


- With upgraded detector, for example ECAL, would allow the studies extended to final states with neutrals ?
 - ← physics cases
- Very challenging in data analysis
 - no trigger no physics

LHCb Trigger in RUN II

TURBO stream introduced in 2015

- 5 kHz of 12 kHz go to TURBO
- Only trigger information saved
→ smaller event, faster analysis
- Used for high yield exclusive trigger lines: J/ψ , D^0 , D^+ , ...



两个小问题

- Argand 图有用吗？

hard to produce, hard to justify the statistical significance

Breit-Wigner formula & Argand plot

- Diquark可验证吗？

why diquark

how to test

