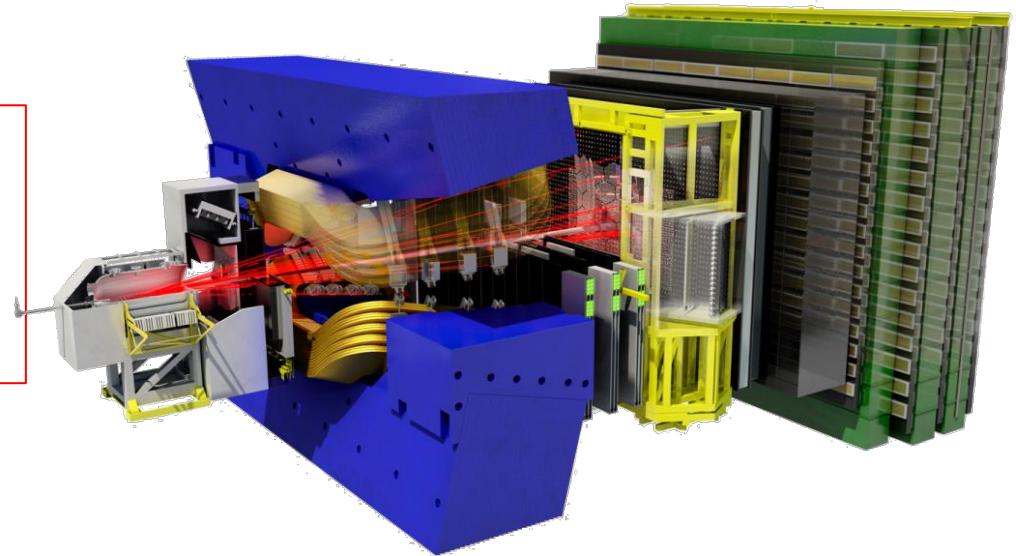


<http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb-public/>

Nato per esplorare la fisica del quark b è diventato un esperimento ad ampio spettro che include studi sul quark charm, fisica elettrodebole, QCD, Heavy Ions, etc.

Scopo principale di LHCb : ricerca di fisica oltre il Modello Standard da misure di alta precisione e ricerca di eventi rari.



Collaborazione internazionale: 90 Università e laboratori da 19 nazioni, circa 1500 membri. Il gruppo di LHCb Bicocca, partecipa ad LHCb dagli inizi dell'esperimento.

Sito web Bicocca: <https://sites.google.com/unimib.it/lhcbbicocca>

Il Modello Standard

- Il Modello Standard: fornisce un'ottima descrizione di grande parte dei fenomeni osservati fino ad ora in fisica delle particelle, ma lascia anche **tante domande aperte**: asimmetria materia-antimateria, materia oscura, esistenza 3 generazioni e gerarchia delle masse di quarks e leptoni, ...

Per andare oltre due strade percorribili



- Test di consistenza del MS con misure di alta precisione dei suoi parametri



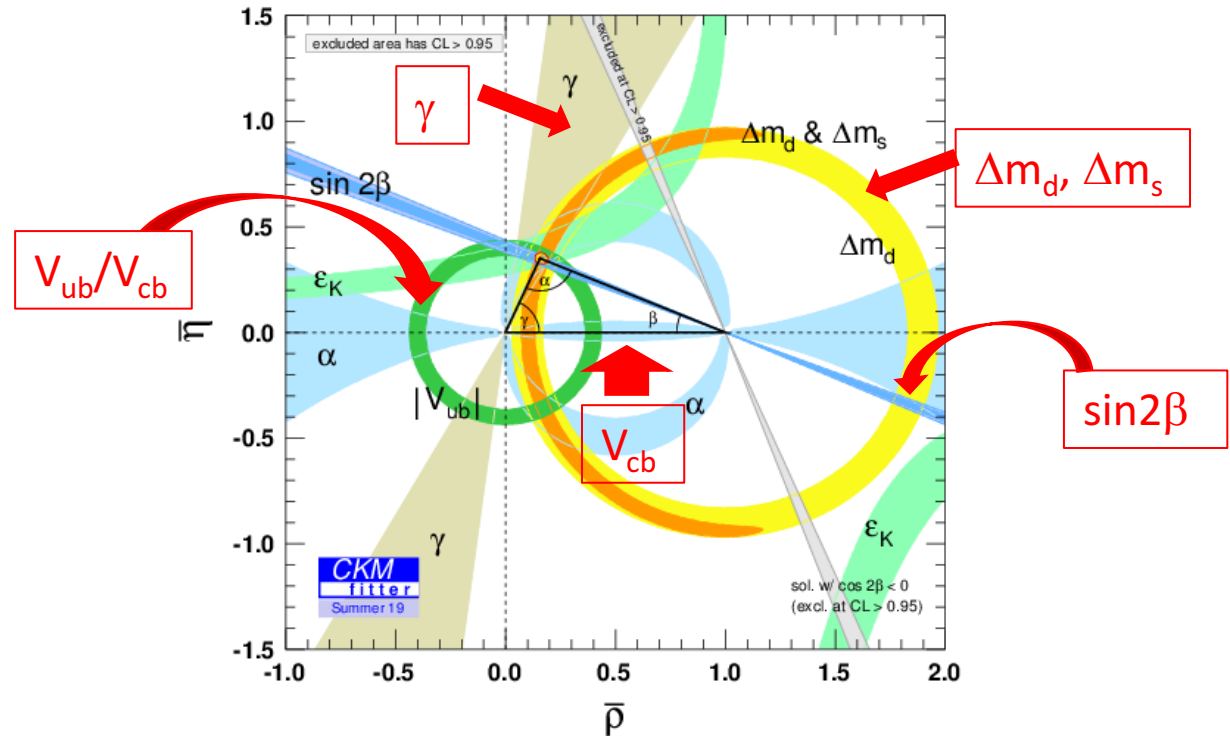
- Ricerca di violazioni rispetto le assunzioni del MS in termini di simmetrie e leggi di conservazione, osservazione di eventi rari

LHCb sta lavorando in queste direzioni.

Test del MS da misure di precisione

- Triangolo di unitarietà: raccoglie in un solo piano molteplici misure dei parametri della matrice CKM

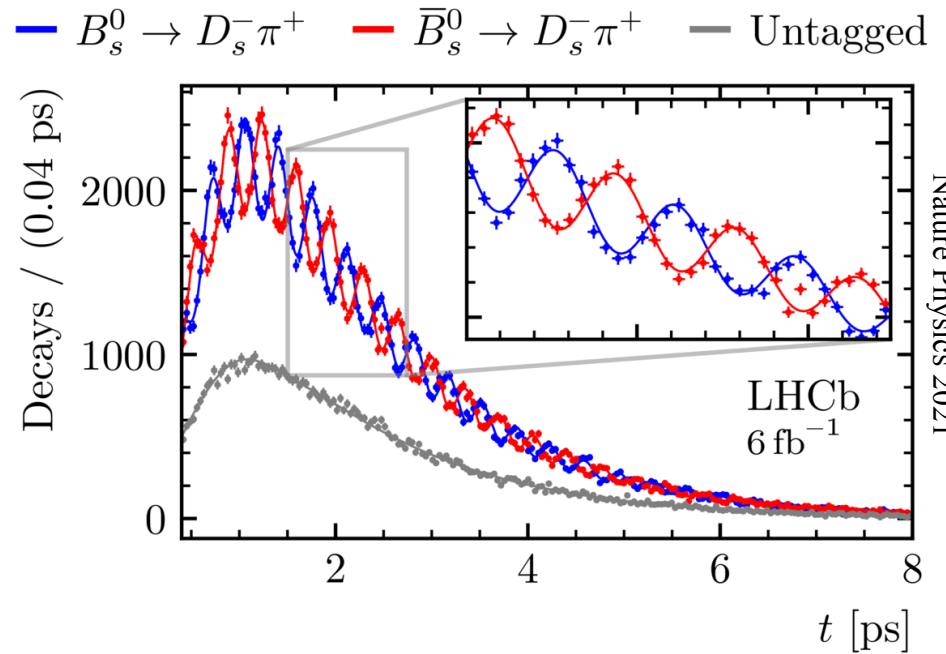
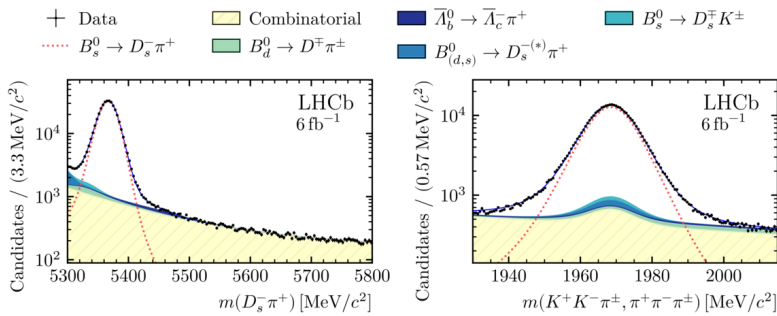
LHCb fornisce le misure più aggiornate, e in molti casi le più precise, di lati ed angoli



- Spettacolare concordanza di tutte le misure: **successo del MS**.
- Ma ancora possibile evidenziare discrepanze, che suggeriscano contributi di nuova fisica, con nuove misure più precise e in diversi modi di decadimento dei B.

$$\Delta m_s$$

$$\Delta m_s = 17.7666 \pm 0.0057 \text{ ps}^{-1}$$

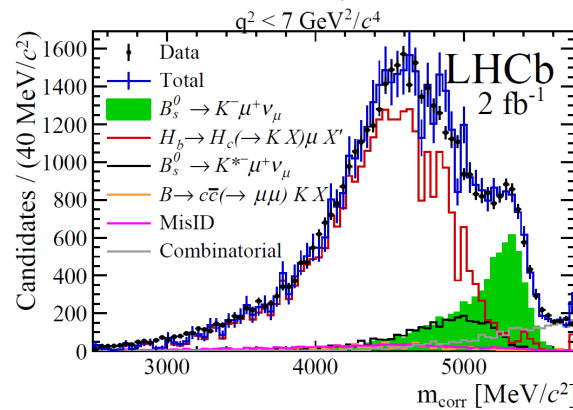


Nature Physics 2021

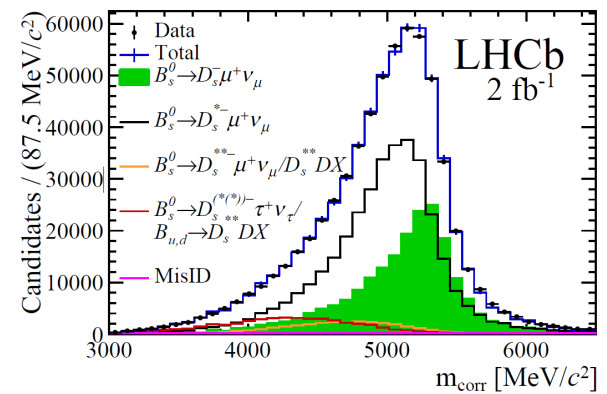
$$|V_{ub}| / |V_{cb}|$$

Prima misura di V_{ub}
ad un collider adronico.
Dati Run1.

$$B_s^0 \rightarrow K^- \mu^+ \nu_\mu \quad (b \rightarrow u)$$



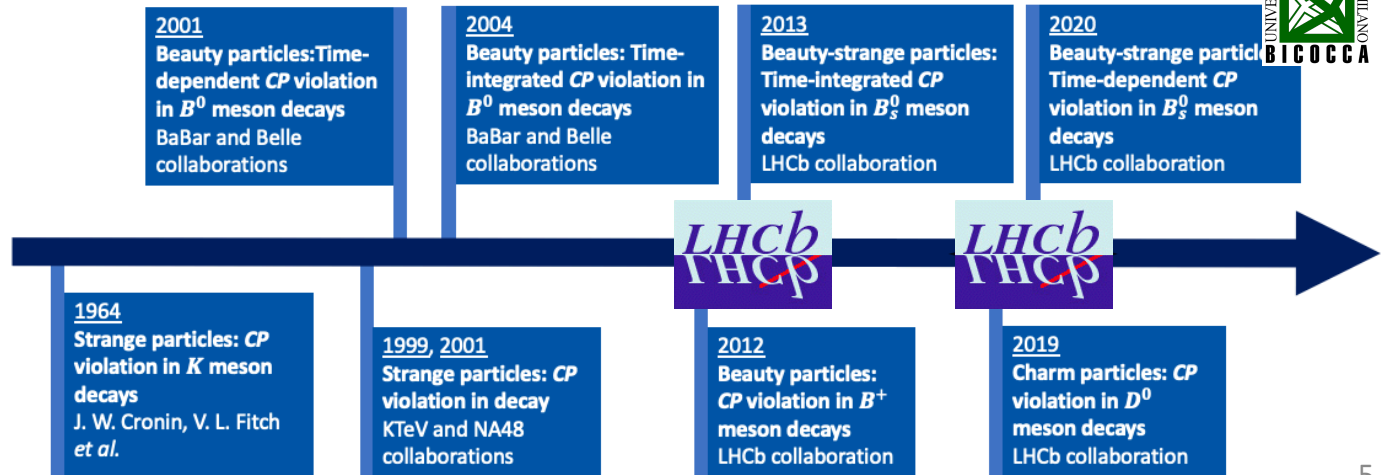
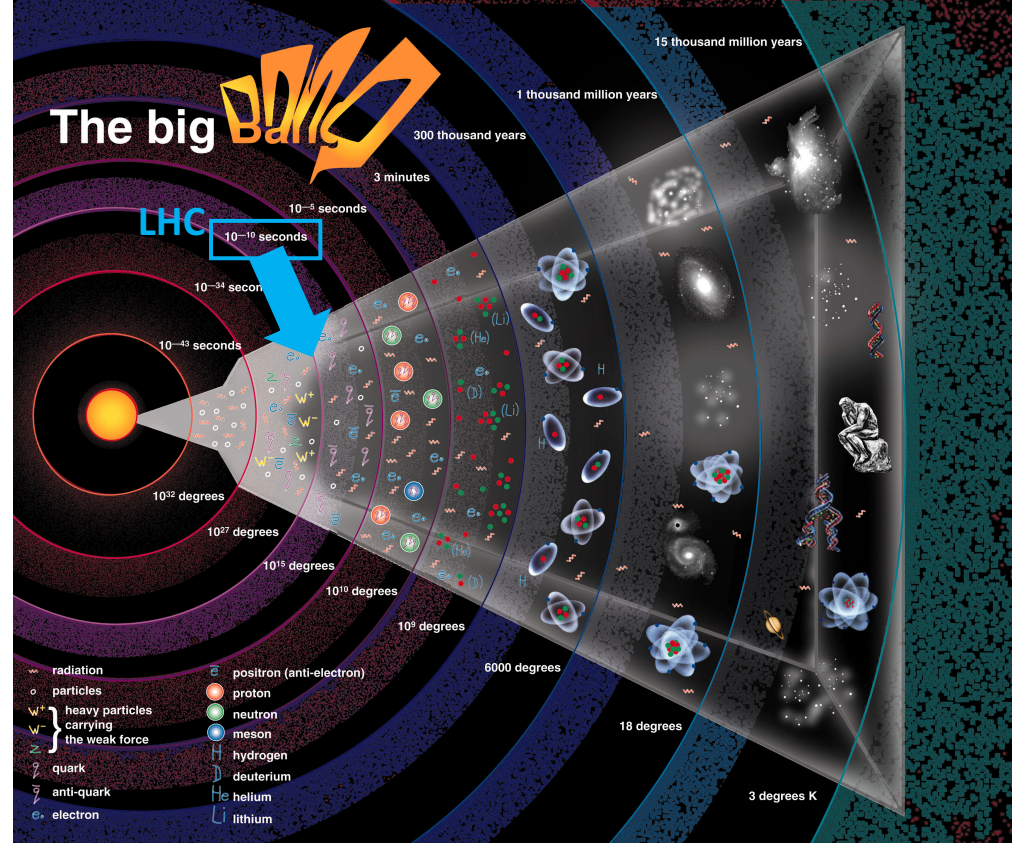
$$B_s^0 \rightarrow D_s^- \mu^+ \nu_\mu \quad (b \rightarrow c)$$

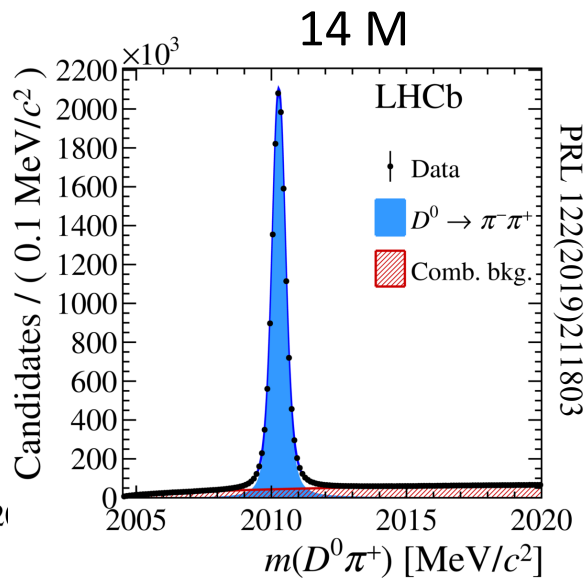
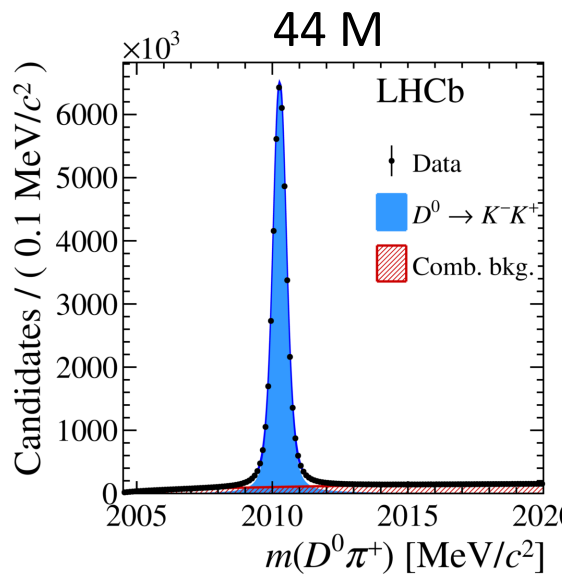


PRL 126(2021)081804

Violazione della simmetria di CP

- Il MS prevede l'esistenza della violazione di CP, ma in quantità troppo piccola per spiegare l'**asimmetria materia-antimateria dell'Universo**. Si deve cercare ancora.
- LHCb ha osservato diverse manifestazioni di CPV nel settore dei quarks beauty e charm.





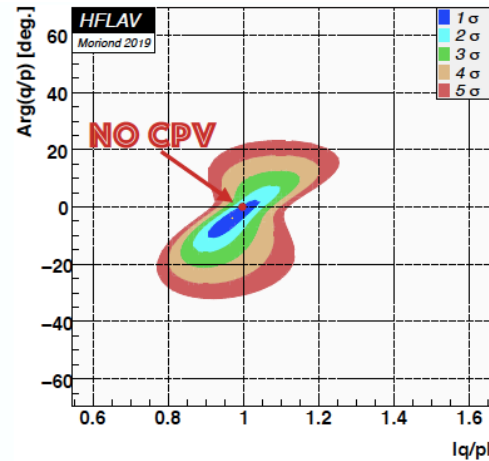
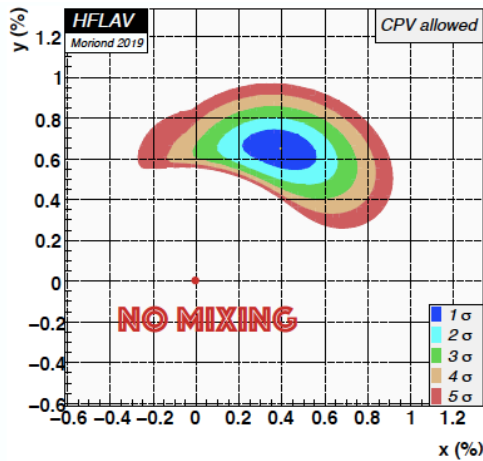
PRL 122(2019)211803

Osservazione di CPV diretta
(5.3σ) nel charm

$D^0 \rightarrow KK$ e $D^0 \rightarrow \pi\pi$, rispetto
 $\bar{D}^0 \rightarrow KK$ e $\bar{D}^0 \rightarrow \pi\pi$

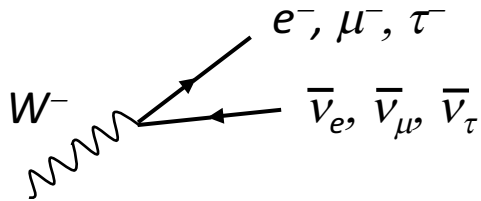
$$\Delta A_{CP} = A_{K^+K^-} - A_{\pi^+\pi^-} = (-15.4 \pm 2.9) \times 10^{-4}$$

- Manca ancora all'appello l'osservazione di CPV indotta dal mixing nel charm.
- Il MS prevede asimmetrie $O(10^{-4})$, $O(10^{-5})$



Promettenti i decadimenti a molti corpi, come $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^+$, $D^0 \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$, $D^0 \rightarrow K_S K^+ K^-$

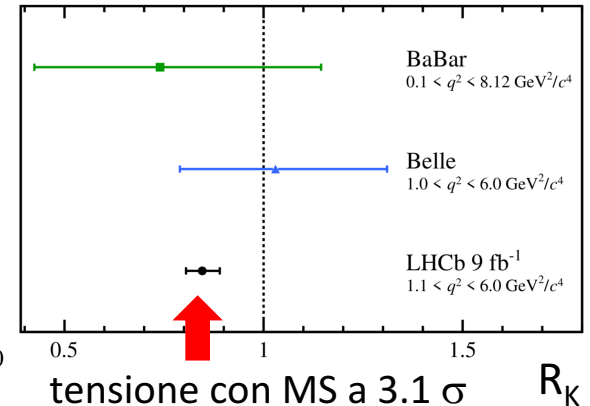
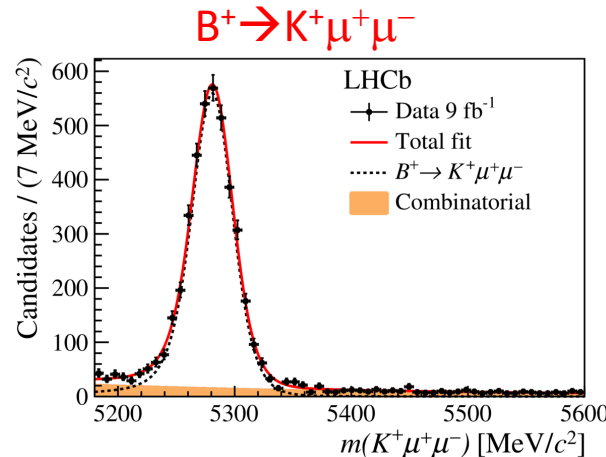
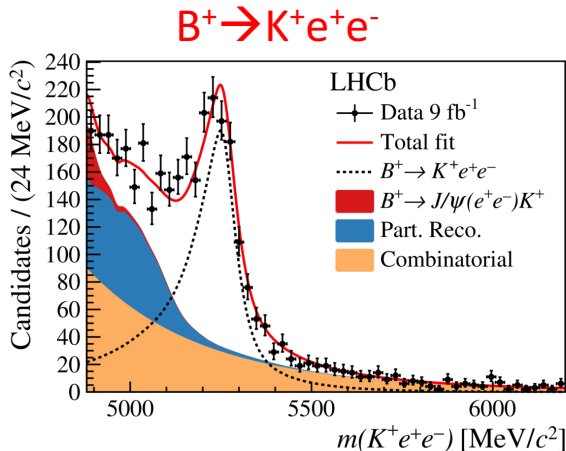
Universalità leptonica



Il MS prevede identici accoppiamenti elettrodeboli alle diverse famiglie di leptoni.

Recentemente sono state osservate alcune deviazioni dal MS nei decadimenti $b \rightarrow s l^+ l^-$ nei rapporti tra i branching ratios in muoni ed elettroni, e in variabili angolari: “b anomalies” .

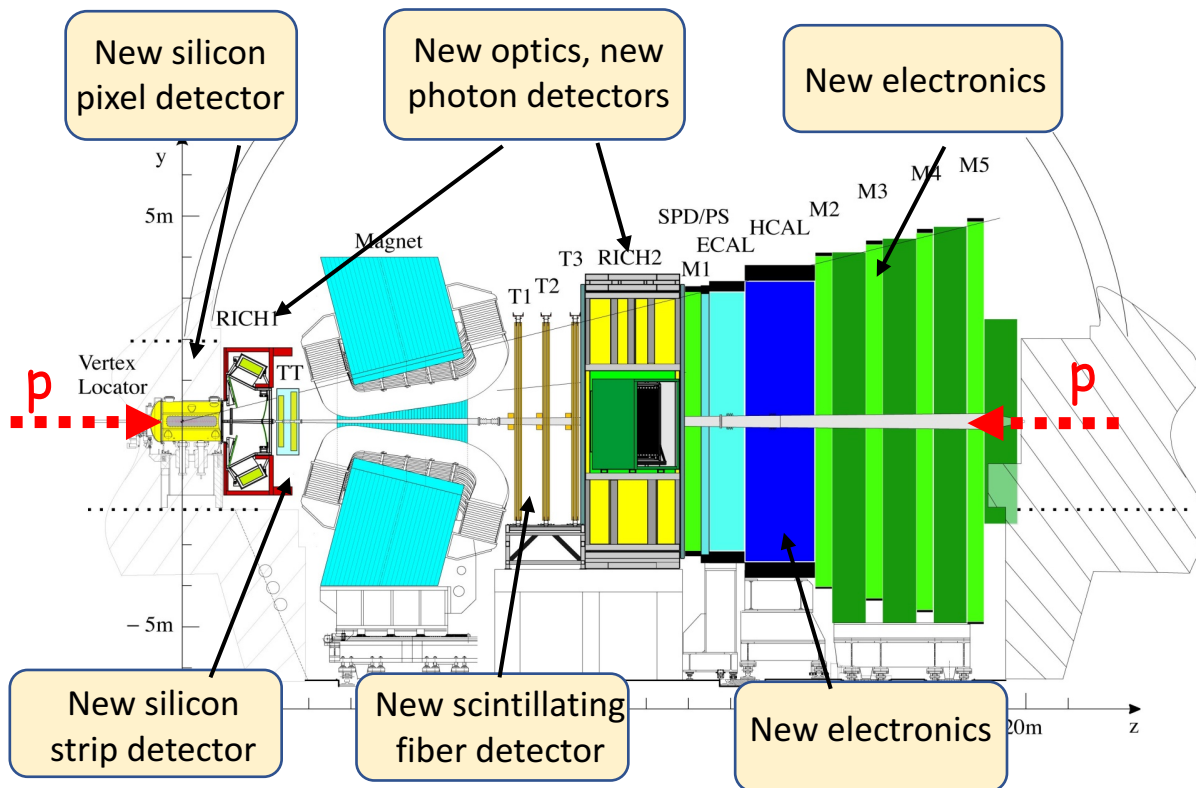
$$R_H \equiv \frac{\int_{q_{\min}^2}^{q_{\max}^2} \frac{d\mathcal{B}(B \rightarrow H \mu^+ \mu^-)}{dq^2} dq^2}{\int_{q_{\min}^2}^{q_{\max}^2} \frac{d\mathcal{B}(B \rightarrow H e^+ e^-)}{dq^2} dq^2}$$



- Deviazioni dalla LU osservate da diversi esperimenti anche nei decadimenti $b \rightarrow c l \nu$, nei rapporti tra leptoni τ e leptoni μ (vedi talk S.Meloni).

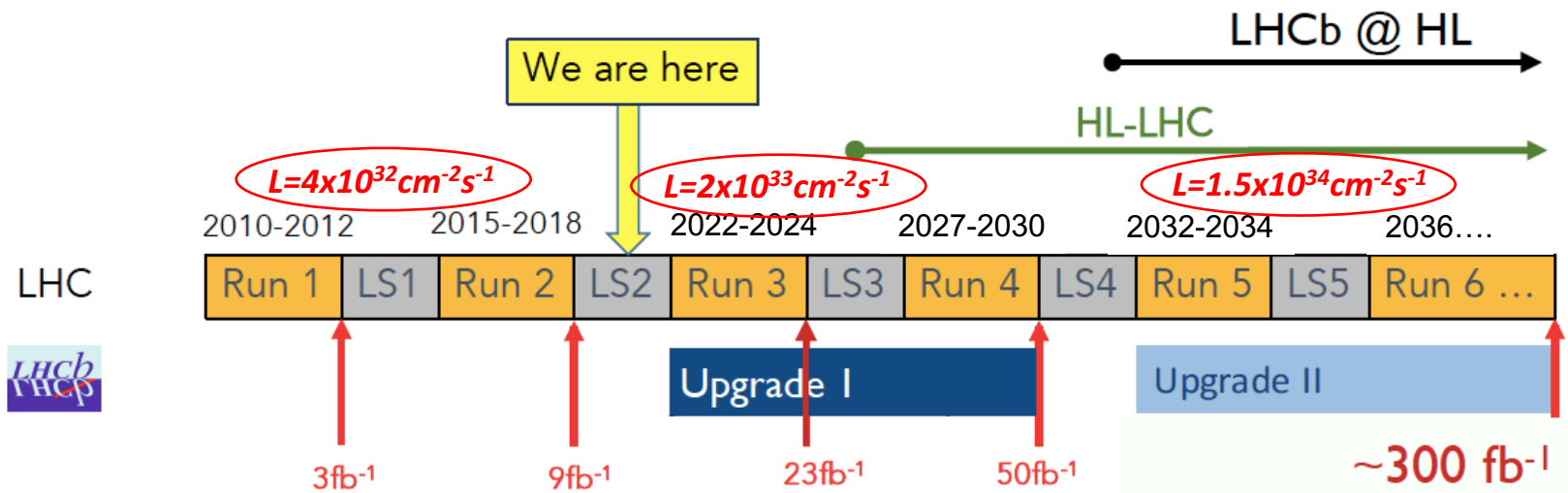
LHCb Upgrades

- Nel 2022 LHCb ripartirà con un **rivelatore completamente rinnovato**.
 - Supererà il limite attuale di run a luminosità livellata a $4 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Potrà sostenere una **luminosità istantanea 5 volte maggiore** e raccogliere 50 fb^{-1} di dati nel **Run3+4**



- Tutto il rivelatore verrà letto a 40 MHz e gli eventi di interesse verranno selezionati online → nuovo Trigger
- Maggior risoluzione spaziale per diminuire l'occupazione (più tracce) nel rivelatore
- Nuovi rivelatori in grado di resistere maggiormente alla radiazione

LHCb Upgrades



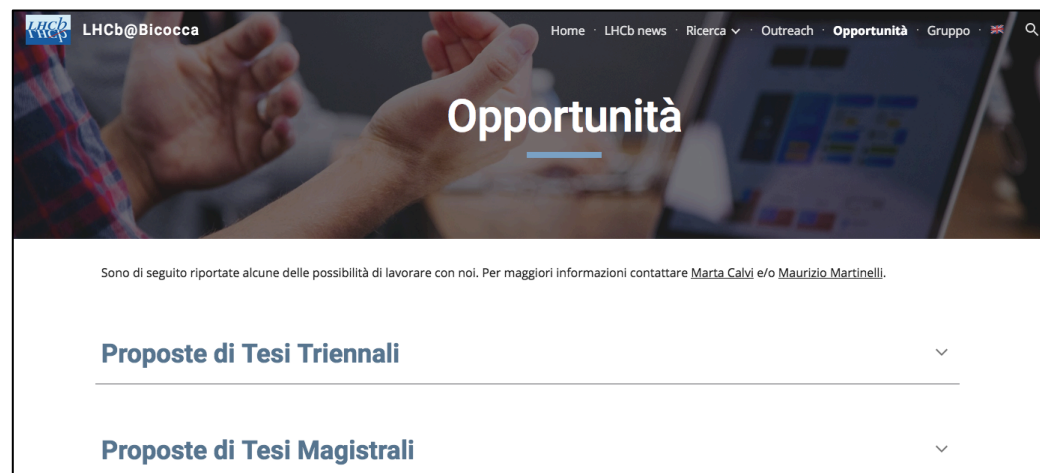
Attività per upgrade in Bicocca:

- **Studi software** per la ricostruzione e il trigger al Run 3.
- **Sviluppo di rivelatori** di nuova generazione per Upgrade 2: rendere possibile la presa dati ad una luminosità istantanea $O(10^{34})$
- Introduzione di coordinata temporale per rivelatori 4D
 - *Fotorivelatori ed elettronica associata per il RICH*
 - *Nuovo Calorimetro Elettromagnetico*
 - partecipazione a test su fascio di prototipi (Cern)
 - *Nuova concezione di trigger dell'evento*
 - Deep Machine Learning

Proposte di Tesi

Descrizione completa e aggiornamenti
sul sito del gruppo LHCb Bicocca

<https://sites.google.com/unimib.it/lhcbbicocca/>



Attività con analisi dei dati

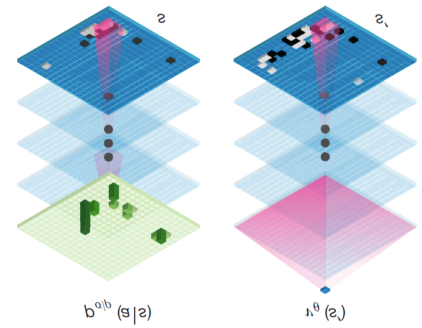
(Referenti: M. Calvi, S. Capelli, D. Fazzini, M. Martinelli, S. Meloni, J. Garcia Pardiñas, E. Shields)

- Test di **universalità leptonica** nei decadimenti semileptonici dei mesoni B con muoni e tauoni (uso di nuove variabili e analisi angolare)
- Misura dell' **elemento di matrice V_{ub}** dal decadimento $B_s^0 \rightarrow K\mu\nu$ (dati del Run2 per misura della decay rate differenziale) *Collaborazione con Sorbonne Univ., Parigi*
- Misura di **mixing e violazione di CP** in decadimenti a molti corpi del D^0 (dati del Run2 per nuova misura con $D^0 \rightarrow K\pi\pi\pi$ o $D^0 \rightarrow K_S\pi\pi$, $D^0 \rightarrow K\pi\pi^0$)
- Ricerca di **mixing e violazione di CP** nei decadimenti semileptonici $D^0 \rightarrow K\mu\nu$ (prima misura ad LHCb)

Attività con sviluppo di ML avanzato

(Referenti: M. Calvi, S. Meloni, J. Garcia Pardiñas)

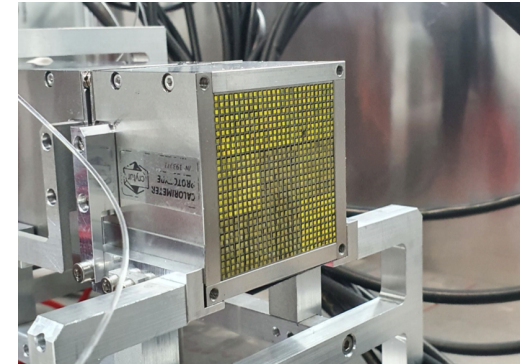
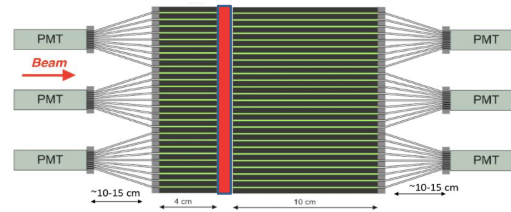
- **Deep-learning algorithms** for particle clustering at LHCb
(Uso di GNN e/o RL per la ricostruzione globale dell'evento - DFEI project)



Attività su rivelatori

(Referenti: L. Martinazzoli, M. Pizzichemi)

- Sviluppo del **Calorimetro Elettromagnetico** verso l'Upgrade II di LHCb
(sviluppo di moduli di SPACAL, studio della loro performance e ottimizzazione del loro design, test su fascio presso SPS al CERN, simulazioni Monte Carlo)



Attività in laboratorio

(Referenti: M. Calvi, P. Carniti, C. Gotti, G. Pessina)

- Studio della risoluzione temporale di fotorivelatori Multi Channel Plate e SiPM in regime di singolo fotone per applicazioni nell'Upgrade2 di LHCb e in futuri rivelatori Cherenkov.

Per domande e informazioni contattate:
marta.calvi@unimib.it, maurizio.martinelli@unimib.it