



Milano Bicocca University

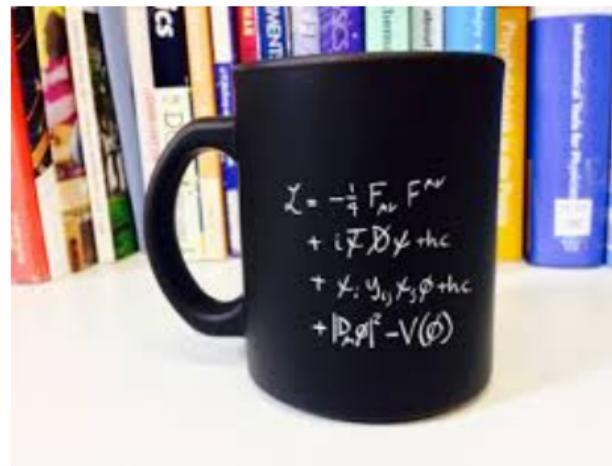
# ANALISI DATI ALL'ESPERIMENTO LHCb

May 21, 2021

**Simone Meloni**



- L'obiettivo è analizzare la grande mole di dati raccolti dall'esperimento, alla ricerca di deviazioni dalle previsioni del Modello Standard
- Il MS è una delle teorie più testate ai giorni d'oggi. Deviazioni, se presenti, sono difficili da trovare.
  - ▶ Analisi di decadimenti rari
  - ▶ Analisi di precisione

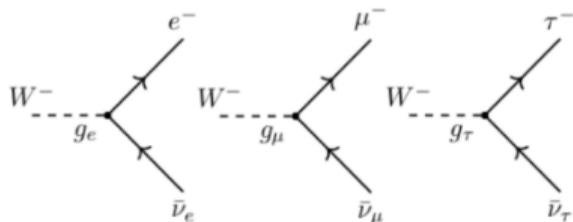


### Analisi di precisione ad LHCb

- Vorrei darvi un'idea di cosa vuol dire
- Visione molto distorta dal mio interesse e la mia linea di ricerca: **Ricerca di violazione di universalità leptonica**
- Molte altre linee di ricerca nel nostro gruppo, come già introdotto in precedenza

## Universalità leptonica in $b \rightarrow cl\nu$

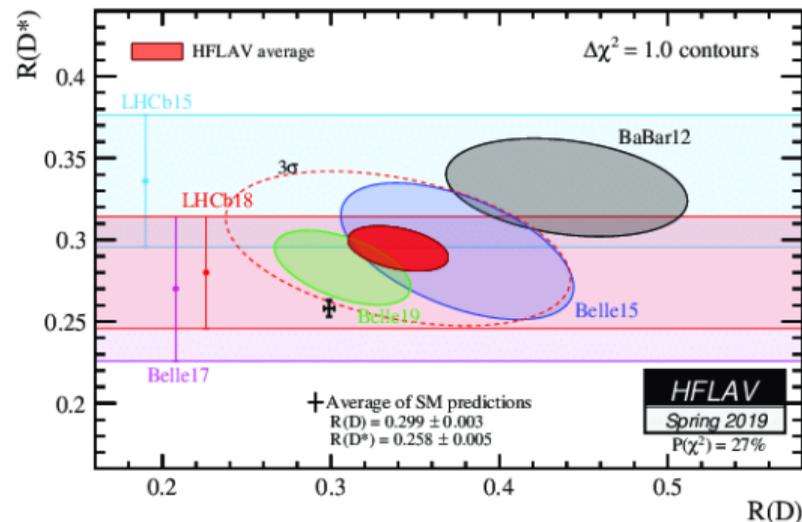
- Nel Modello Standard sono presenti tre famiglie leptoniche
- Solo differenze in massa, interazioni con le altre particelle universali



- Il nostro gruppo è fortemente coinvolto in analisi per testare universalità leptonica in decadimenti semileptonici (corrente carica)

$$\mathcal{R}(D^{(*,+)} ) = \frac{\mathcal{B}(B \rightarrow D^{(*,+)} \tau \nu)}{\mathcal{B}(B \rightarrow D^{(*,+)} \mu \nu)}$$

- **Tensione rispetto alle previsioni del Modello Standard**
- Necessarie nuove misure di  $\mathcal{R}(D)$  da collisori adronici



## Ricorda qualcosa?

- Osservabile analoga a quella che ha dominato le testate giornalistiche i mesi scorsi,  $\mathcal{R}(K)$

### Cern, osservato un fenomeno che sfida le leggi della fisica

Forse è la spia di particelle o forze mai viste

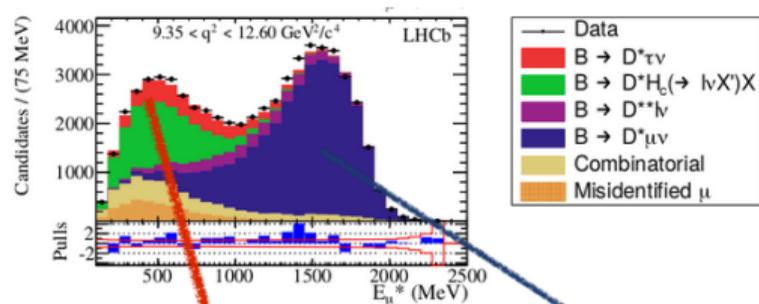


Redazione ANSA 23 marzo 2021 17:46 [Scribi alla redazione](#) [Stampa](#)

- $\mathcal{R}(D^*)$ 
  - ▶ Decadimento in corrente carica:  $W \rightarrow l\nu$
  - ▶ Molti eventi, molti fondi, neutrini nell'evento
  - ▶ Tensione a  $3\sigma$
- $\mathcal{R}(K)$ 
  - ▶ Decadimento in corrente neutra:  $Z \rightarrow \ell\ell$
  - ▶ Molto raro (procede al secondo ordine perturbativo), ma molto pulito
  - ▶ Tensione a  $4.2\sigma$

$$\mathcal{R}(D^{*+}) = \frac{\Gamma(B \rightarrow D^{*+} \mu \nu)}{\Gamma(B \rightarrow D^{*+} \ell \nu)}$$

- Come si effettua l'analisi?
  - 1 Selezione degli eventi in cui sono presenti una coppia  $D\mu$ , con certe caratteristiche (alto  $p_T$ , vertice displaced rispetto al PV, buona qualità del vertice)
  - 2 Studio e sviluppo di simulazioni MC per stimare la forma dei fondi e del segnale
  - 3 Confronto dei dati con un fit per determinare il numero di eventi di segnale
- Misura molto complessa, a causa della difficile separazione dai fondi
  - ▶ Neutrini nello stato finale, spettri continui
  - ▶  $\mathcal{B}$  dei fondi molto alti



$$\mathcal{R}(D) = N(B \rightarrow D\tau\nu) / N(B \rightarrow D\mu\nu)$$

Per effettuare un'analisi di precisione di questo tipo è fondamentale:

- **Teoria:** conoscere con alta precisione il processo di decadimento sotto analisi
- **Esperimento:** ridurre il più possibile il livello di fondo e controllare molto bene quello che rimane



- Il nostro gruppo ha collaborato strettamente con un gruppo di fenomenologia, responsabile del tool **Hammer**.
- Abbiamo sviluppato un'interfaccia di questo pacchetto con il software di analisi di LHCb ([arXiv:2007.12605](https://arxiv.org/abs/2007.12605))
- **Adesso è possibile misurare i parametri del modello teorico di decadimento, direttamente dai dati.**

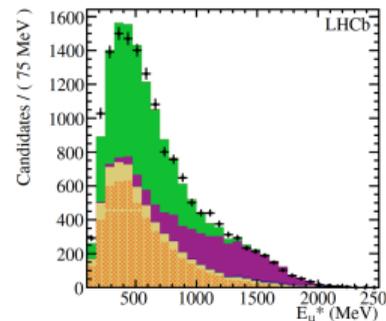
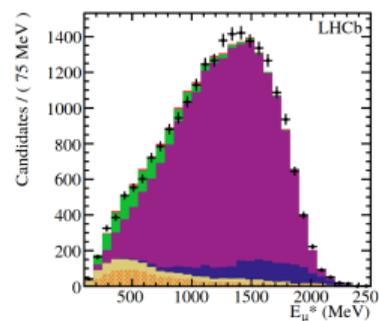
## Prossimi passi

- Questa interfaccia è già utilizzata per stimare le incertezze sistematiche dovute alle interazioni adroniche nel decadimento debole
- **Grazie a questa interfaccia sarà possibile effettuare analisi in cui vengono misurati, direttamente dai dati, parametri legati a possibili effetti di nuova fisica**

- Esempio: Analisi angolare dei decadimenti
- Misura dei coefficienti di Wilson

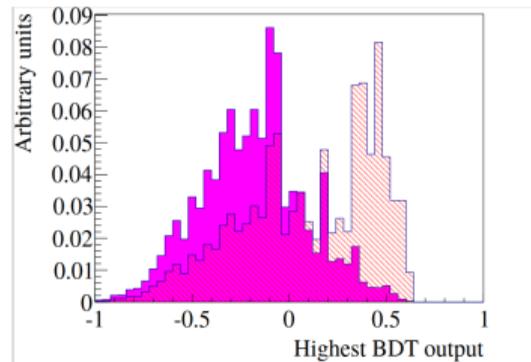
$$\mathcal{L} = \sum_i c_i \mathcal{O}_i \quad (1)$$

- Analisi di precisione complesse come questa sono un esercizio di stima e di controllo dei fondi
- E' necessario sopprimere i fondi il più possibile, cercando di mantenere una buona efficienza sul segnale da studiare
- Studio dei fondi in modo data/driven quando possibile



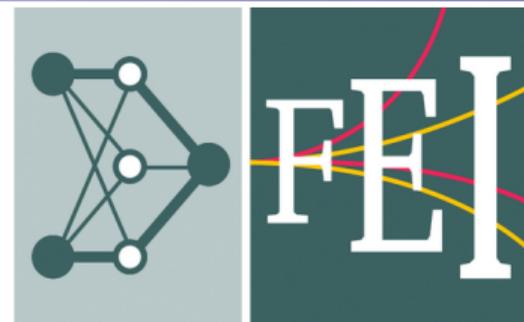
## Tecniche di analisi

- L'utilizzo di tecniche statistiche e di Machine Learning classico è molto comune per raggiungere questo scopo
  - ▶ Variabili di isolamento sulle tracce dell'evento
  - ▶ BDT/NN per soppressione dei fondi
  - ▶ Metodi basati su MVA per correzioni alla simulazione
  - ▶ [...]



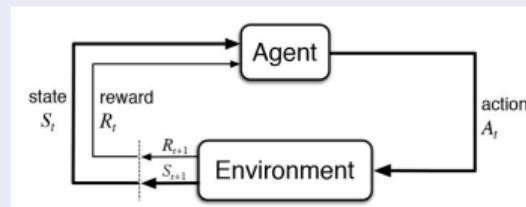
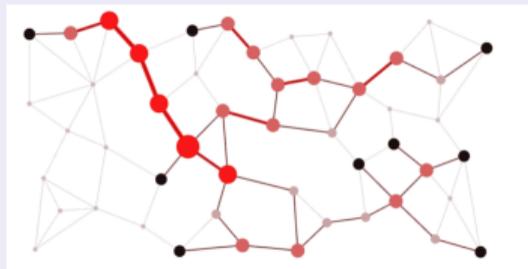
# DFEI: Deep Full Event Interpretation

- Siamo coinvolti anche in linee di ricerca, che sfruttano tecniche di AI di frontiera
- Collaborazione con Zurigo, Amsterdam e Bristol
- Utilizzo di tecniche di Machine Learning avanzati per la ricostruzione degli eventi.



## DFEI

- **Obiettivo:** ricostruzione dei decadimenti avvenuti nel rivelatore, a partire dalle singole tracce
- **Tecniche utilizzate:** Neural Networks, Graph Convolutional neural networks, Reinforcement Learning



- Siamo a frontiera
- Collaborazioni
- Utilizzo di eventi

## Ricorda qualcosa?

- Tecniche utilizzate in AI di frontiera
- Algoritmi che ultimamente hanno raggiunto capacità superumane in giochi complessi
  - ▶ Scacchi
  - ▶ Go
  - ▶ Shogi



## DFEI

- Obiettivi
- Tecniche

## Se siete interessati

- Non esitate a contattarmi
- s.meloni1@campus.unimib.it
- Solo un piccolo scorcio su cosa vuol dire fare analisi dati nel nostro gruppo. La mia esperienza
  - ▶ Ampie possibilità di collaborazioni e scambi internazionali (Summer Student, Periodi di exchange, ...)
  - ▶ Possibilità di essere introdotti fin da subito a responsabilità d'analisi, anche attraverso corsi introduttivi al software necessario (StarterKit, ImpactKit, ...)
  - ▶ Gruppo molto attivo su molti fronti, con diverse expertise
- Per maggiori informazioni, potete consultare anche il nostro [sito web](#)

