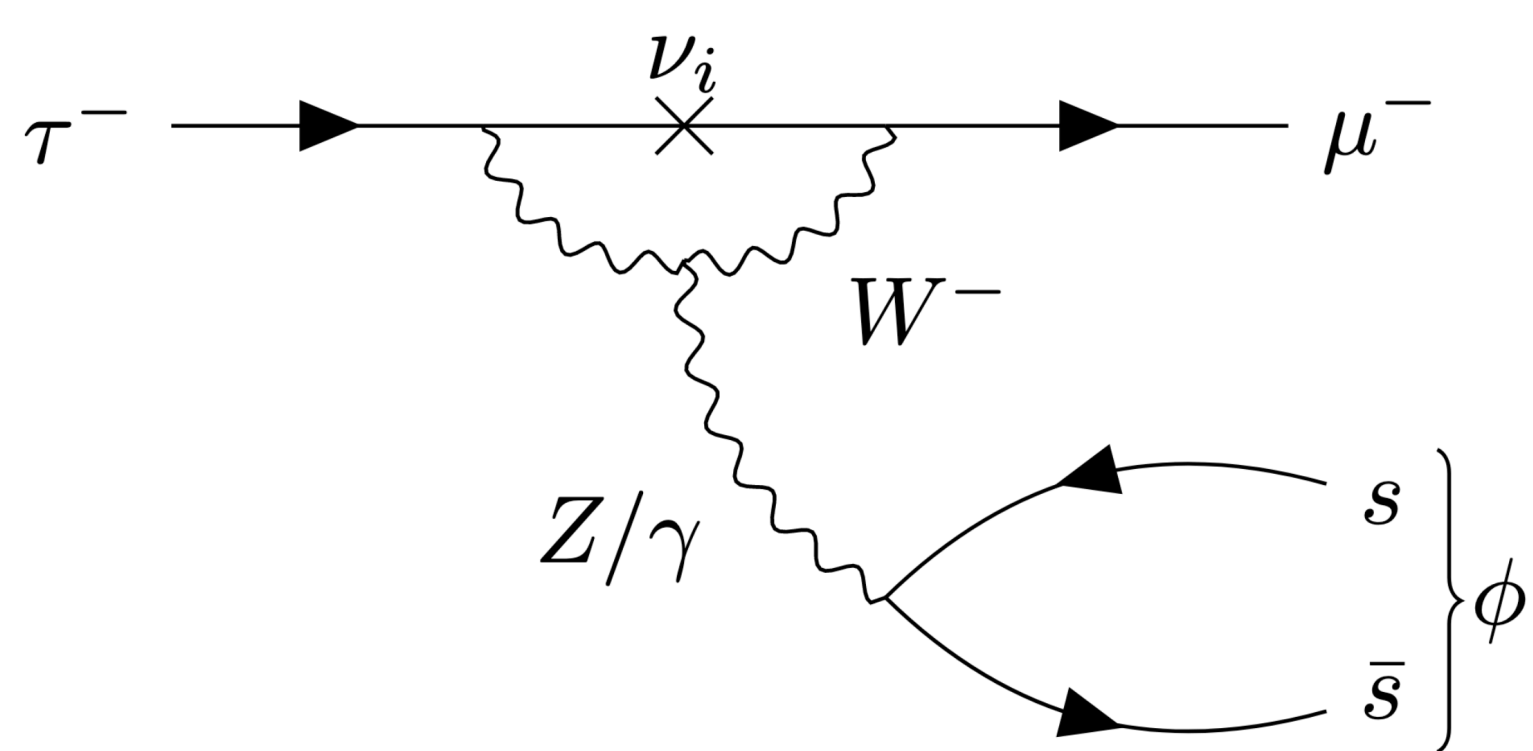


## Introduzione

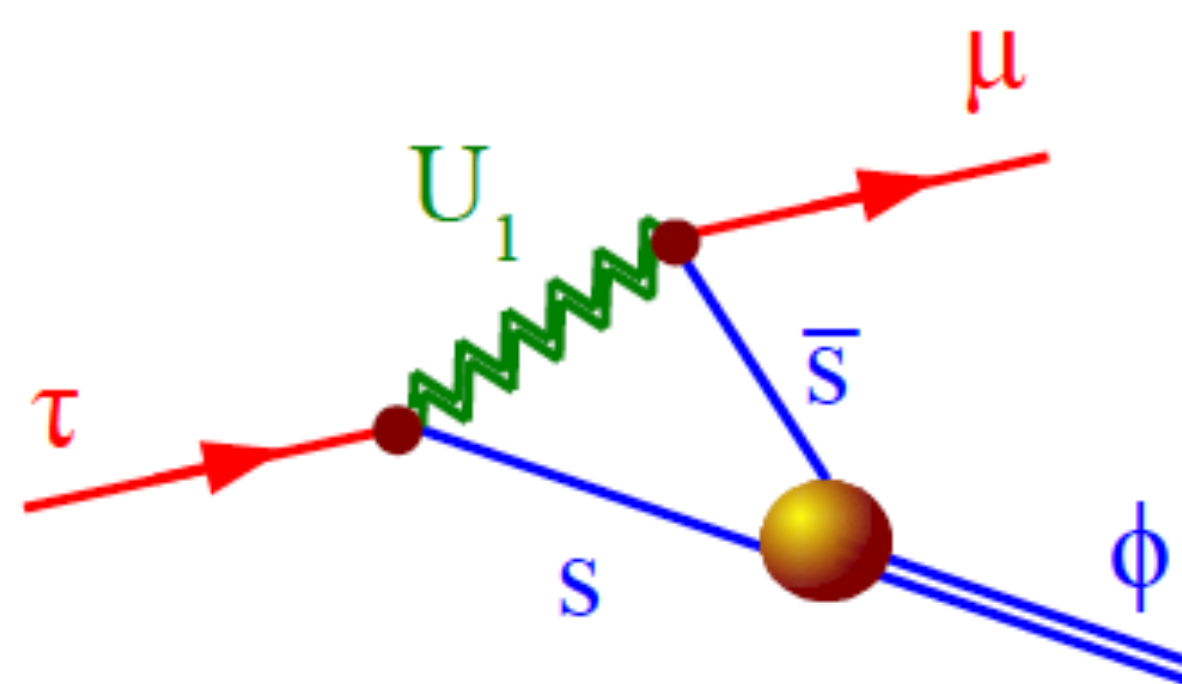
Il Modello Standard è attualmente la teoria più completa e meglio verificata che descrive le particelle fondamentali e le loro interazioni. In tale Modello, a ogni doppietto di leptoni è associato un **numero leptonico** (elettronico, muonico, tau) la cui conservazione non è garantita da alcuna simmetria fondamentale.

L'osservazione dell'oscillazione dei neutrini ha dimostrato la **violazione del numero leptonico** (LFV) per i leptoni neutri, estendendo questa violazione anche al **settore dei leptoni carichi**. In quest'ultimo caso, i branching ratio dei processi LFV sono predetti  $\mathcal{O}(10^{-50})$  [1] e, di conseguenza, la loro misura diretta è ben al di là della portata degli esperimenti attuali e futuri.



## Motivazioni

Al di là del Modello Standard, si formulano scenari in cui la violazione del numero leptonico è prossima all'attuale sensibilità sperimentale,  $\mathcal{O}(10^{-8})$ , come nel decadimento  $\tau \rightarrow \mu\phi$ .



Le teorie di **Nuova Fisica** come i **modelli a leptoquark** introducono nuove interazioni che prevedono branching ratio per questo decadimento nell'intervallo da  $10^{-11}$  a  $10^{-8}$  [2].

## Stato dell'arte

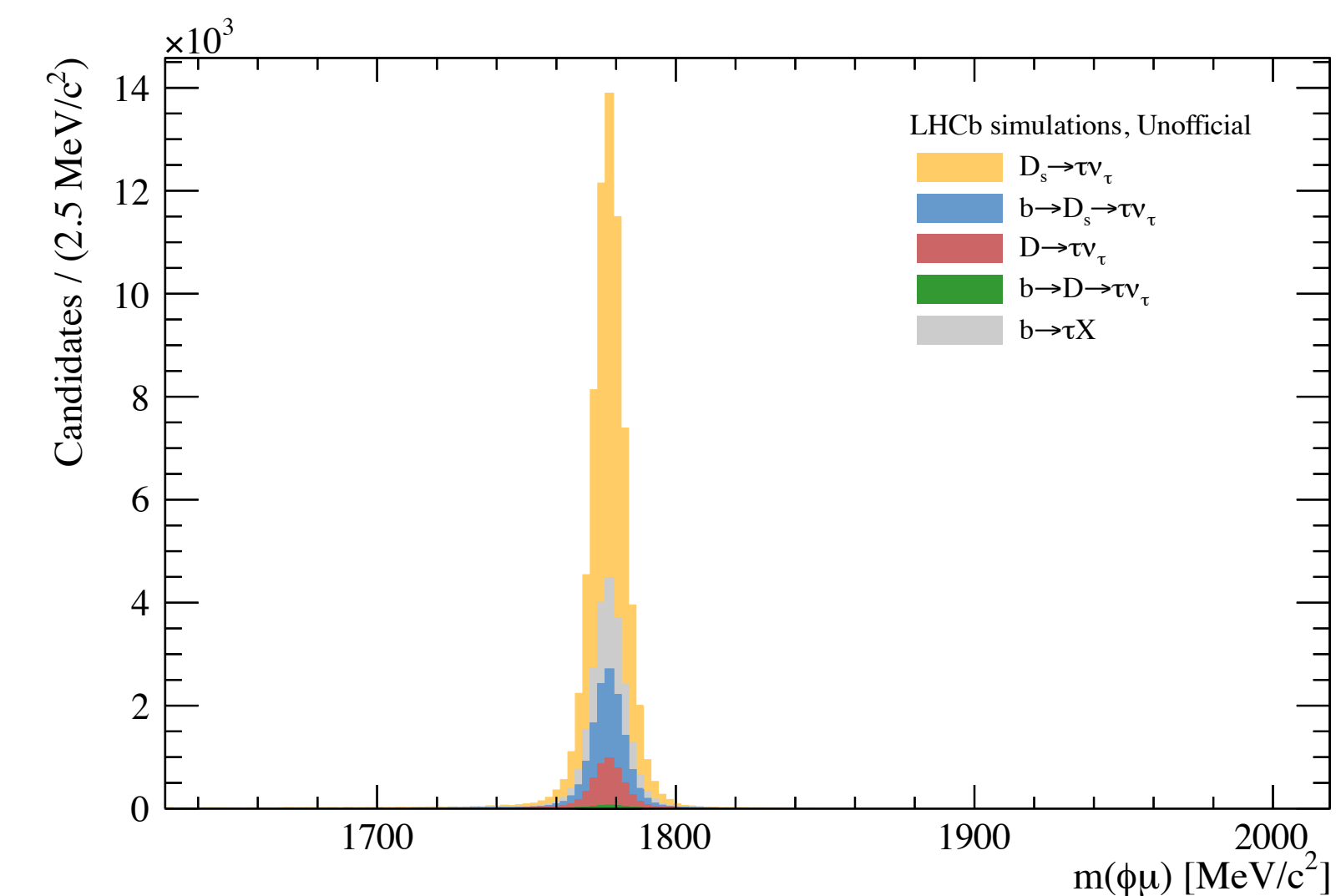
Il decadimento  $\tau \rightarrow \mu\phi$  è stato studiato ai collisionatori  $e^+e^-$  e l'esperimento Belle fornisce attualmente il limite superiore più stringente:

Experiment	Upper limit @ 90%	Year	Integrated luminosity
CLEO	$7.0 \times 10^{-6}$	1998	$4.79 \text{ fb}^{-1}$
BaBar	$1.9 \times 10^{-7}$	2009	$451 \text{ fb}^{-1}$
Belle	$8.4 \times 10^{-8}$	2011	$854 \text{ fb}^{-1}$ [3]
Belle II	$9.7 \times 10^{-8}$	2023	$190 \text{ fb}^{-1}$ [4]

Questo lavoro rappresenta il **primo tentativo** di ricerca presso un collider adronico, come il Large Hadron Collider (CERN), il quale offre un ambiente completamente nuovo e promettente per lo studio di questo decadimento.

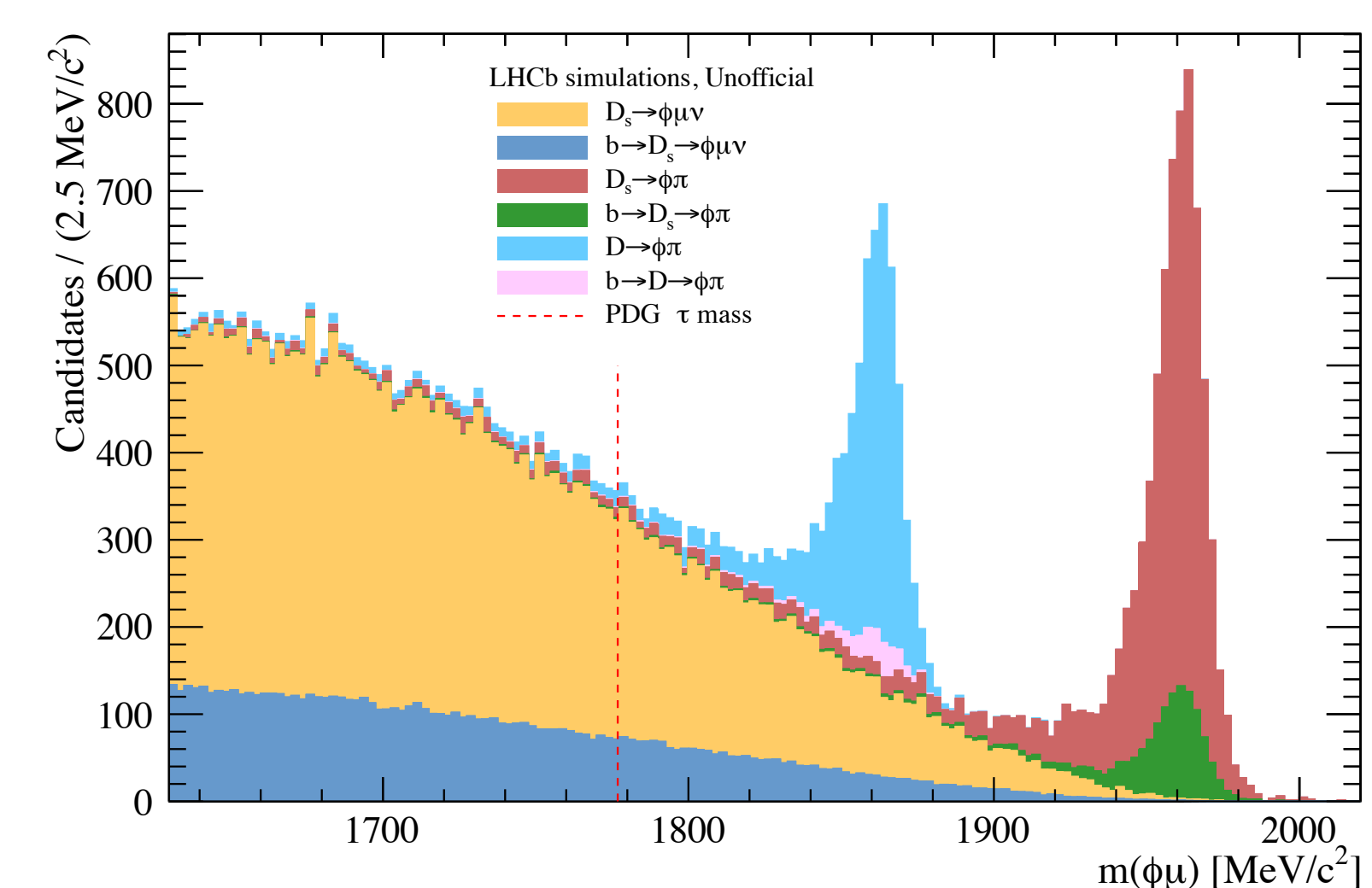
## Produzione di leptoni $\tau$ a LHCb

La ricerca di questo processo a una macchina adronica beneficia di una più **abbondante** sezione d'urto di **produzione** di leptoni  $\tau$  (prodotti  $\sim 10^{11}\tau$  nel Run 2) principalmente derivanti dal decadimento del mesone  $D_s$ . Tuttavia, l'ambiente adronico è caratterizzato da **processi di fondo** molto più **difficili da rigettare**.



## Strategia d'analisi

- Si ricerca un **eccesso di eventi** al valore nominale della massa del  $\tau$  nella distribuzione di massa invariante  $\phi\mu$ ;
- lo spettro in massa è diviso in due regioni:
  - regione del segnale:  $m_{\phi\mu} \in [1755, 1795] \text{ MeV} \rightarrow$  **analisi blind** sui dati reali;
  - regioni sideband: per studiare e caratterizzare i fondi;
- il  $D_s \rightarrow \phi\mu\nu_\mu$  è il fondo fisico più rilevante (non-peaking);
- si utilizza il  $D_s \rightarrow \phi\pi$  come canale di normalizzazione;



- si applica un **discriminatore multivariato per separare il segnale dal fondo**;
- si determina lo yield del segnale facendo un fit simultaneo alle distribuzioni di massa in diversi bin dell'output del discriminatore.

## Conclusioni e prospettive future

L'analisi è **attualmente in corso**. Utilizzando i dati del Run 2, un **risultato preliminare** della **sensibilità** ottenibile a LHCb è:

$$\mathcal{B}(\tau \rightarrow \mu\phi) < 1.1 \times 10^{-6} @ 90\% \text{ CL}$$

prodotto con una diversa procedura [5] e che migliorerà con l'analisi in corso. L'**upgrade** del detector LHCb rappresenta un'opportunità unica per un ulteriore miglioramento grazie all'aumento del campione statistico (Run 3 e oltre) e all'implementazione di una selezione di trigger dedicata.

[1] G. Hernández-Tomé *et al.*, "Flavor violating leptonic decays of  $\tau$  and  $\mu$  leptons in the Standard Model with massive neutrinos", *Eur. Phys. J. C* 79, [10.1140/epjc/s10052-019-6563-4](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-6563-4)  
[2] Cornella, C. *et al.*, "Reading the footprints of the B-meson flavor anomalies". *J. High Energy Phys.* 2021, 50 (2021), [10.1007/JHEP08\(2021\)050](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2021)050)  
[3] Belle collaboration, "Search for Lepton-Flavor-Violating tau Decays into a Lepton and a Vector Meson", *Phys. Lett. B* 699 (2011) 251  
[4] Belle-II collaboration, "Search for lepton-flavor-violating  $\tau^- \rightarrow l^-\phi$  decays in 2019–2021 Belle II data", [arXiv:2305.04759](https://arxiv.org/abs/2305.04759)  
[5] Riccardi, D. *et al.*, "Search for the lepton-flavour violating decay  $\tau \rightarrow \mu\phi$  at the LHCb experiment", [CDS CERN 2022](https://cds.cern.ch/record/2822222)

