



# Gli esperimenti NA62 e LHCb al CERN

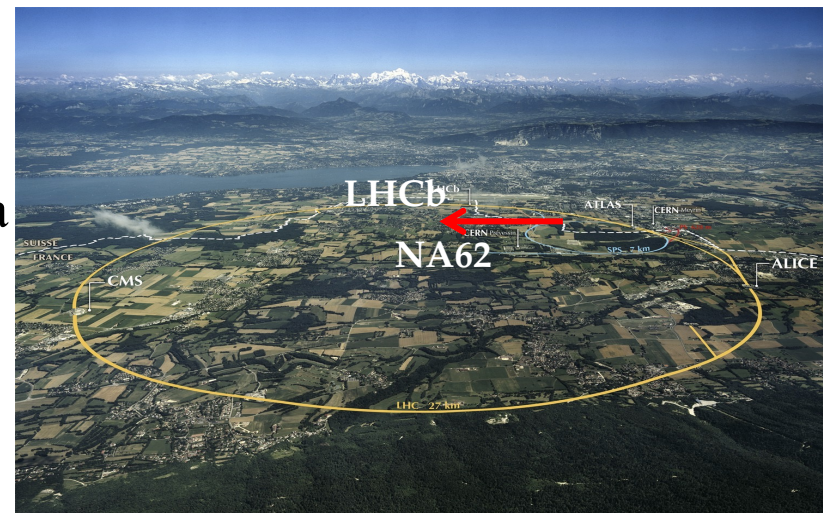
Mauro Piccini,

a nome del gruppo di ricerca NA62/LHCb:

Giuseppina Anzivino, Francesco Brizioli, Patrizia Cenci, Viacheslav Duk, Lisa Fantini, Pasquale Lubrano, Gabriele Martelli, Monica Pepe

17-06-2024

[mauro.piccini@pg.nfn.it](mailto:mauro.piccini@pg.nfn.it)



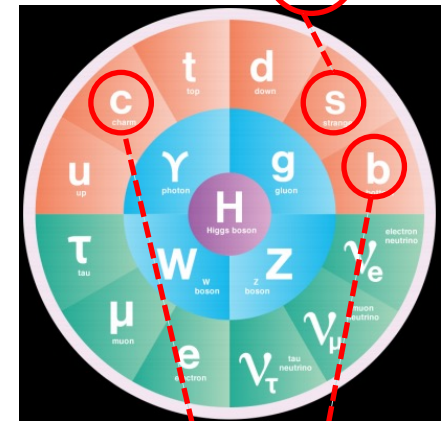
# Ambito: Fisica delle Particelle elementari

Il nostro Gruppo ha storicamente lavorato ad esperimenti con fascio incidente su bersaglio fisso (NA48, NA48/I, NA48/II, **NA62**).

➔ Fisica del sapore (legata allo studio delle proprietà dei quarks) con fasci ad alta intensità e a quarks di massa ‘leggera’, mesoni **K**:

- Misure di precisione
- Misure di processi rari o proibiti

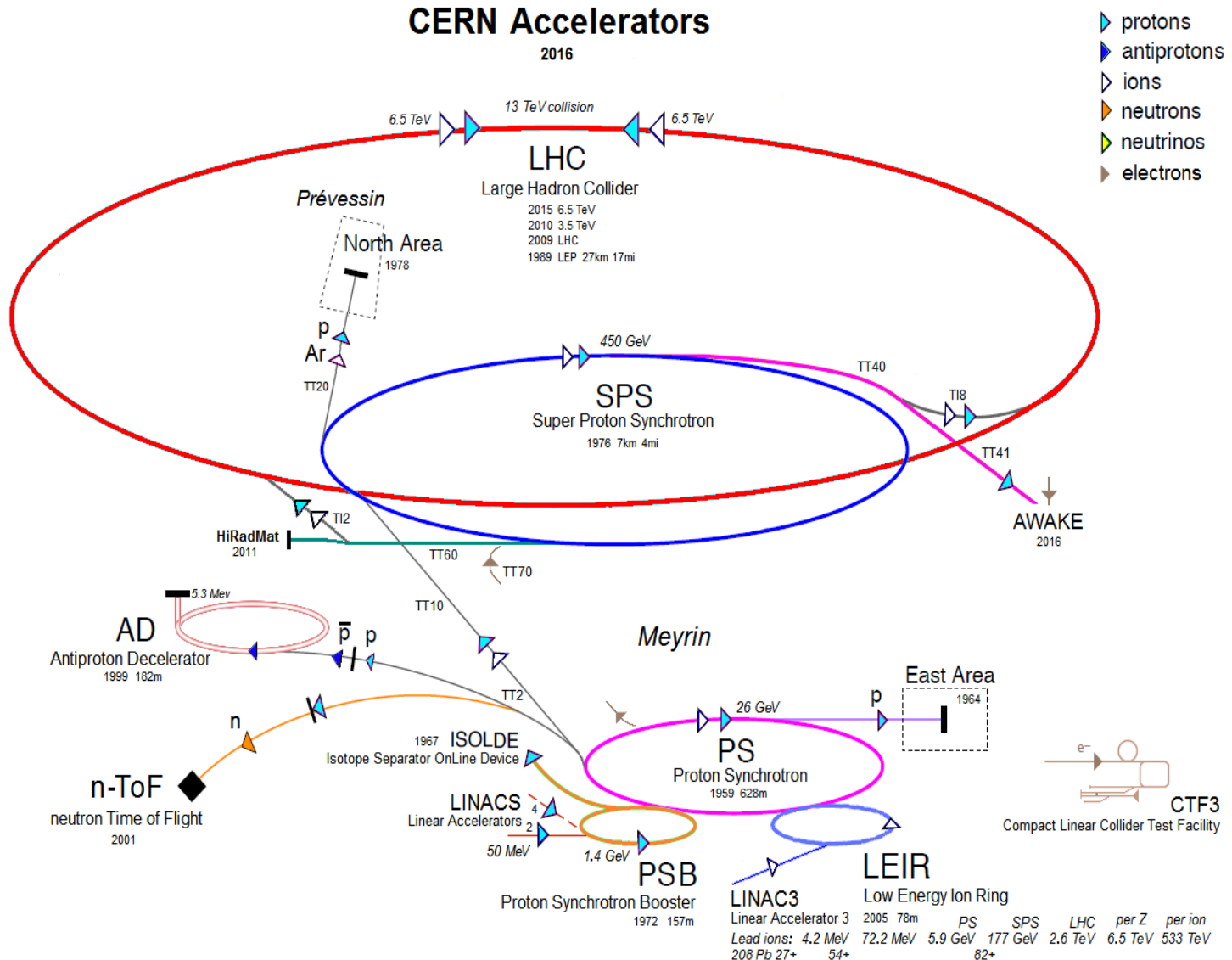
↓  
**Interesse: verifiche del Modello Standard e ricerca di Nuova Fisica**  
↑



Da inizio 2020 il gruppo è entrato nell'esperimento **LHCb**, sia per continuare nella fisica del sapore (in questo caso con mesoni **D** e **B**), sia per sfruttare le competenze acquisite nella costruzione di rivelatori per i futuri aggiornamenti di tale esperimento:

- Sviluppo e costruzione di sensori di radiazione
- Sviluppo di elettronica di acquisizione ad alte prestazioni

# Il complesso degli acceleratori del CERN



# L'esperimento NA62

---

Fascio incidente di  
protoni estratti dall'SPS,  
 $p_p=400$  GeV/c



Bersaglio,  
cristallo di  
Berillio



Particelle  
uscenti,  
6% di  $K^+$



$$E_{\text{COL}} \simeq \sqrt{2m_N p_p} \simeq 27 \text{ GeV}, m_N = \text{massa neutrone/protone}$$

$K^+$  {  
✓ mesoni  
✓ instabili  
✓ “strani”

formati da una coppia quark-antiquark  
decadono emettendo altri tipi di particelle  
contengono il quark “strange”

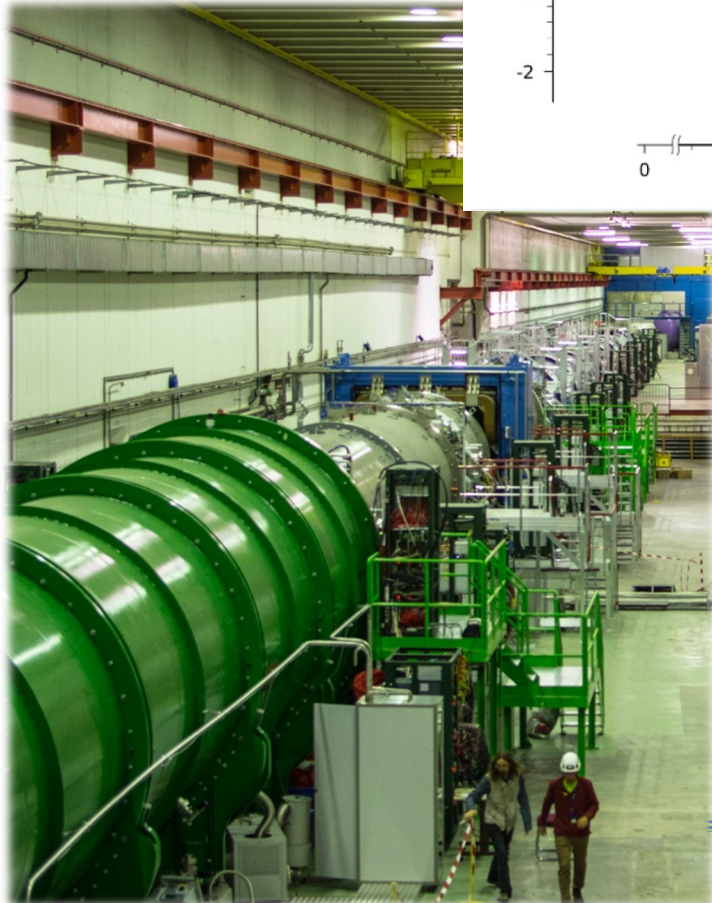
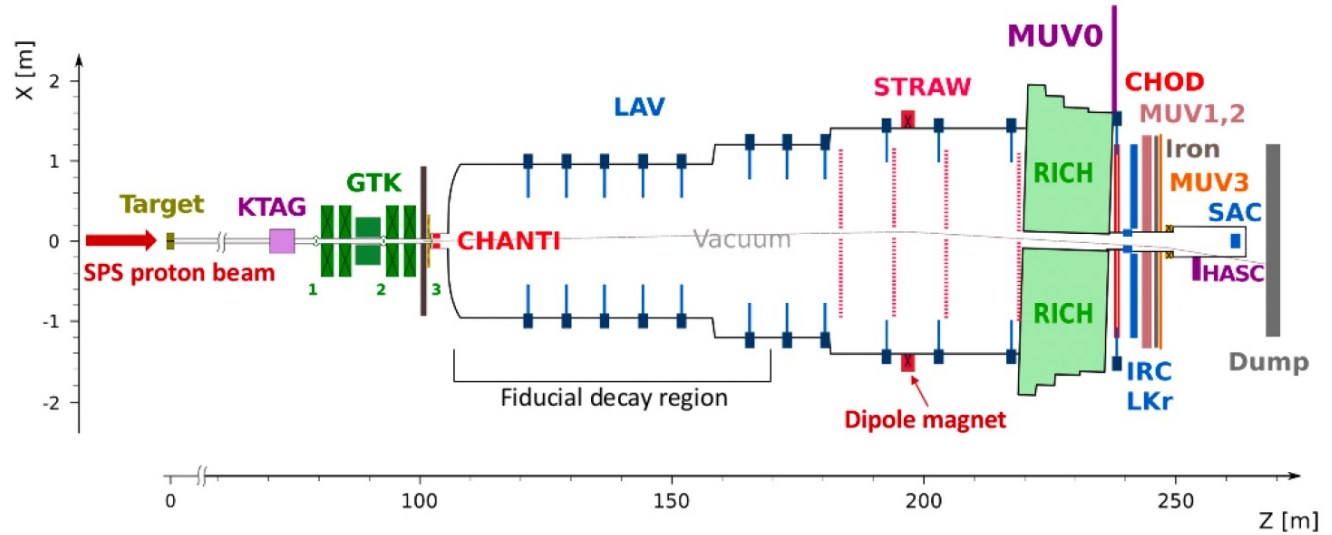
Periodi di presa dati:

- 2014-2015 commissioning
- 2016-2018 RUN 1
- 2021-2025 RUN 2



# NA62

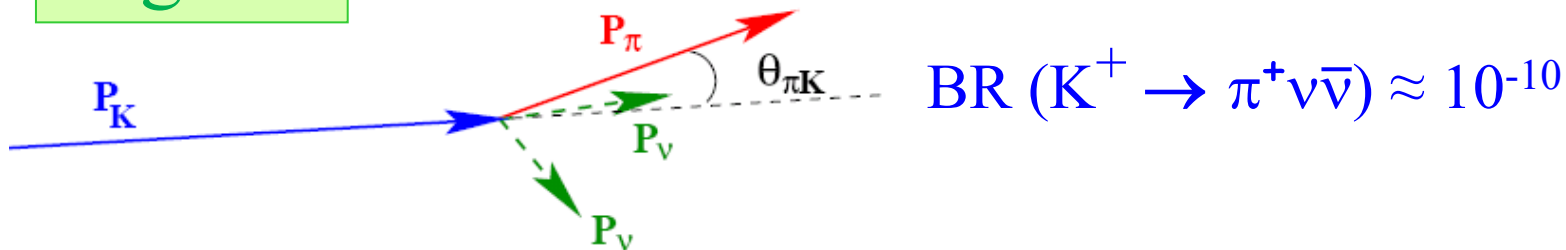
Collaborazione  
internazionale  
~ 30 istituzioni  
~ 180 membri



# NA62: Il decadimento ultra-raro $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$

- $Br^{SM}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (0.84 \pm 0.10) \cdot 10^{-10}$ ,  $Br^{SM}(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) = (0.34 \pm 0.06) \cdot 10^{-10}$   
[Buras et al., JHEP11(2015)033]

Segnale



Fondo

$$BR(K^+ \rightarrow \mu^+ \nu) = 63.5\%$$
$$BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0) = 20.7\%$$



**sfida sperimentale ardua!**

- ➔ alta intensità (tanti  $K^+$ )
- ➔ alta statistica (tanti dati)
- ➔ alta reiezione del fondo
- ➔ alta precisione e ridondanza in tutte le misure

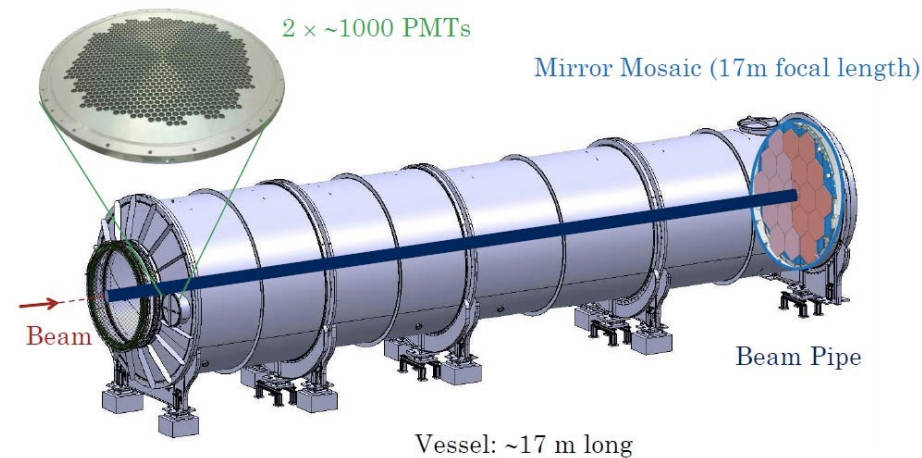
Mezzi





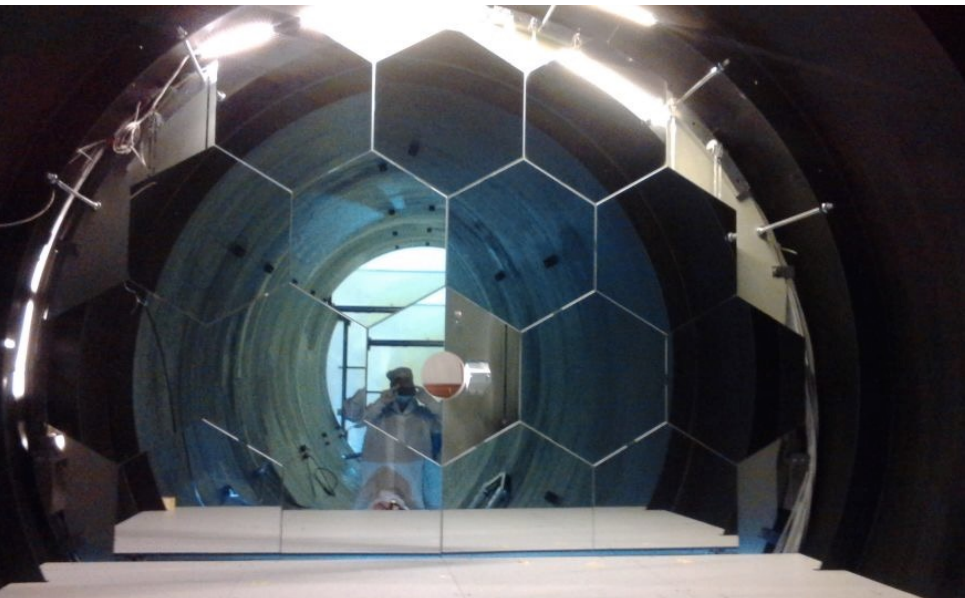
# NA62 – gruppo di Perugia: contributo ai rivelatori

**RICH** (Ring Imaging Cherenkov Counter)  
rivelatore Cherenkov per distinguere pioni da muoni



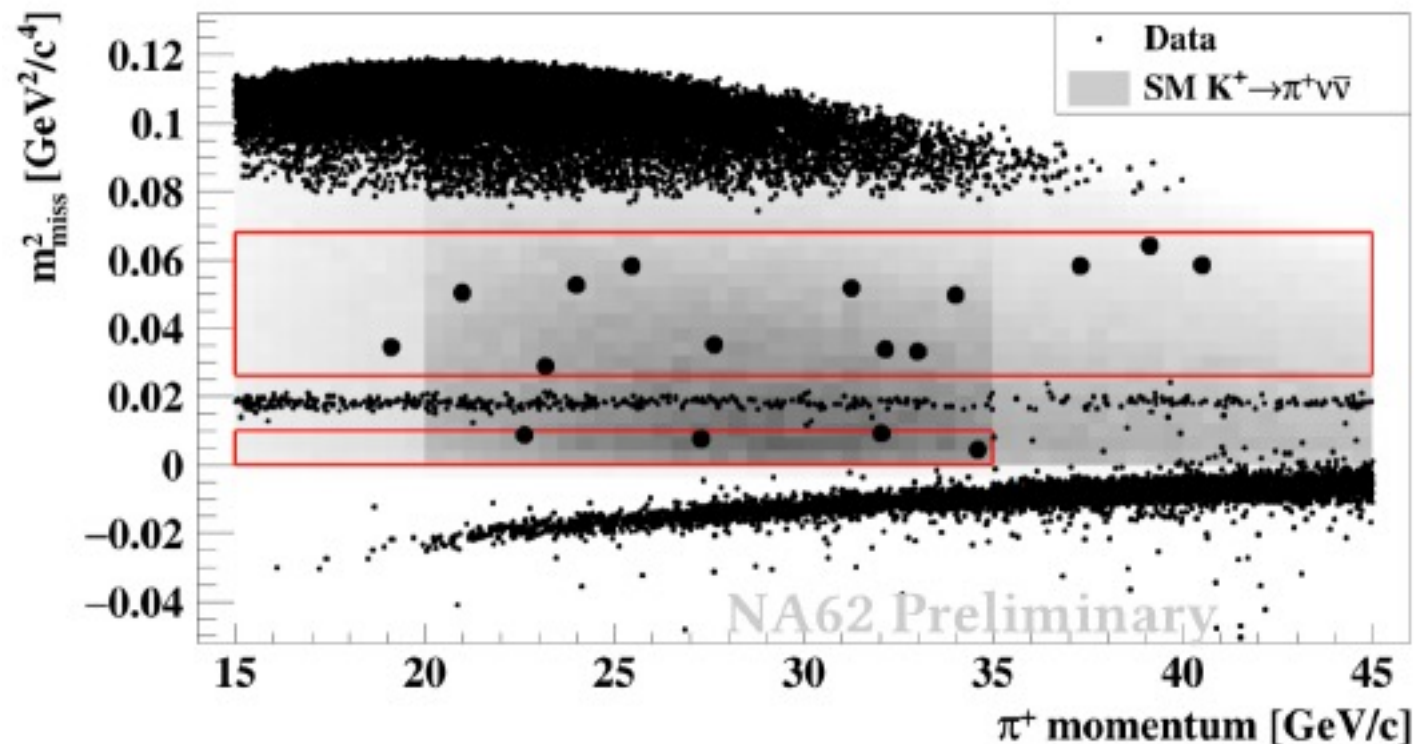
$$\cos\theta_c = \frac{1}{\beta n}$$

$$p = m\gamma\beta c$$



# NA62 – gruppo di Perugia: Analisi dati

Un esempio: Contributi fondamentali da parte dei dottorandi di Perugia all'analisi principale con i dati raccolti dal 2016 al 2018



[JHEP 06 (2021) 093]

F. Brizioli\*

\* Corresponding authors.

Risultato di RUN 1 (2016 + 2017 + 2018):

$$Br_{16+17+18}^{NA62}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (1.06_{-0.34}^{+0.40}{}_{stat} \pm 0.09_{syst}) \cdot 10^{-10}$$

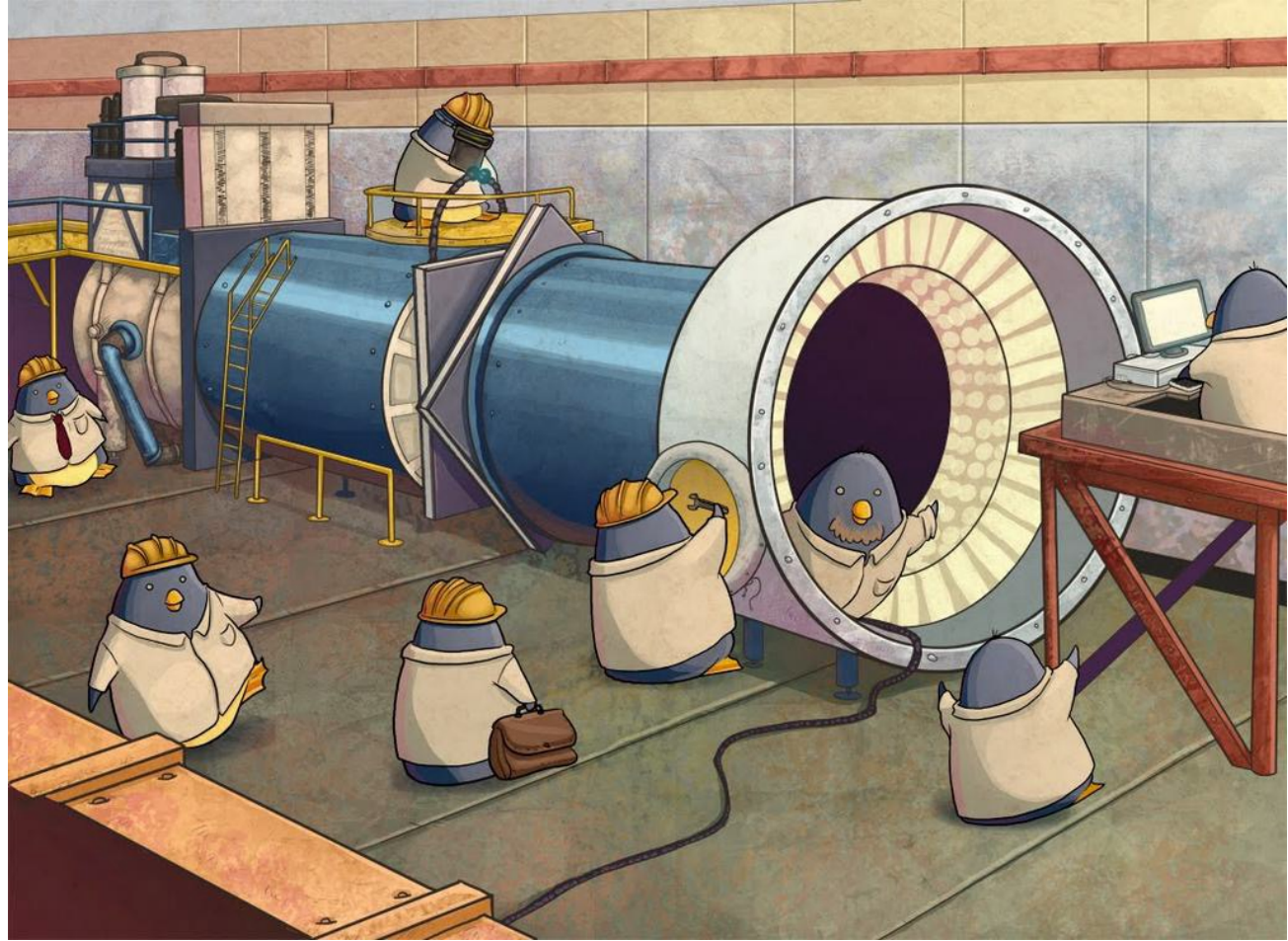
3.4 $\sigma$  significance,  $P(\text{only } bkg) = 3.4 \cdot 10^{-4}$



# Pinguini al lavoro!

---

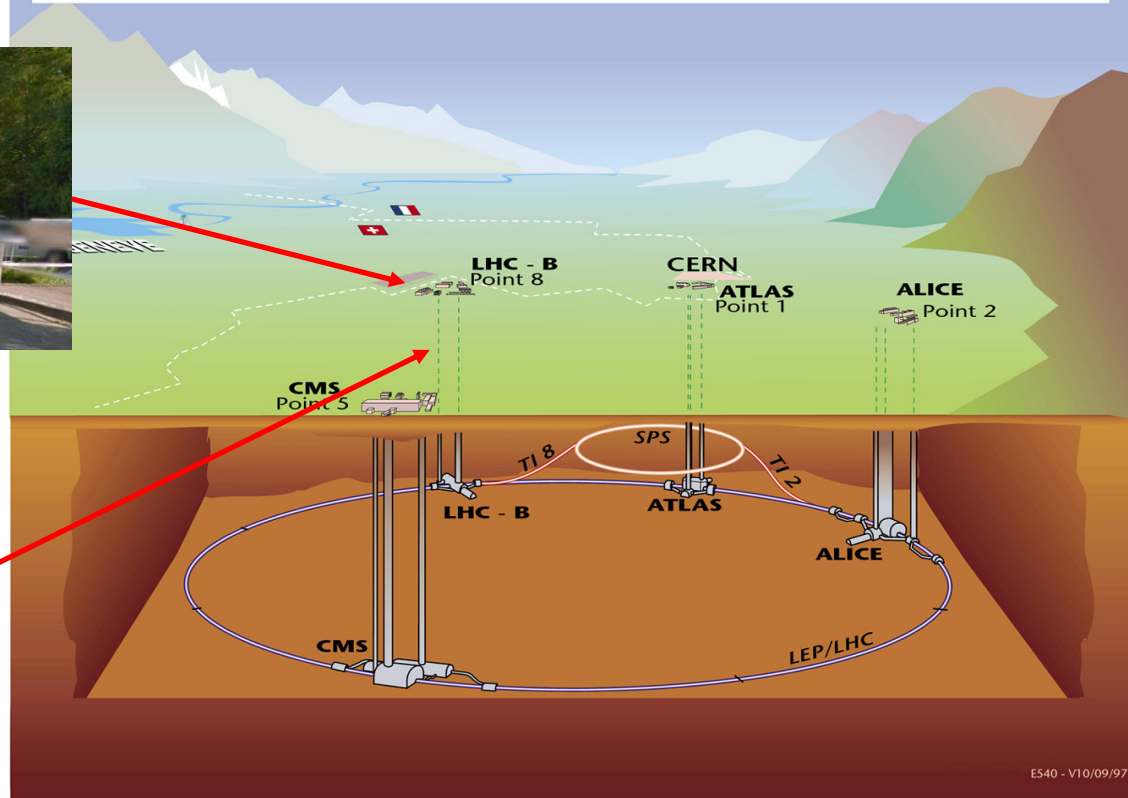
La nuova analisi con i dati 2021-2022 è in fase avanzata di completamento, nuovo risultato presto in arrivo!



# L'esperimento LHCb

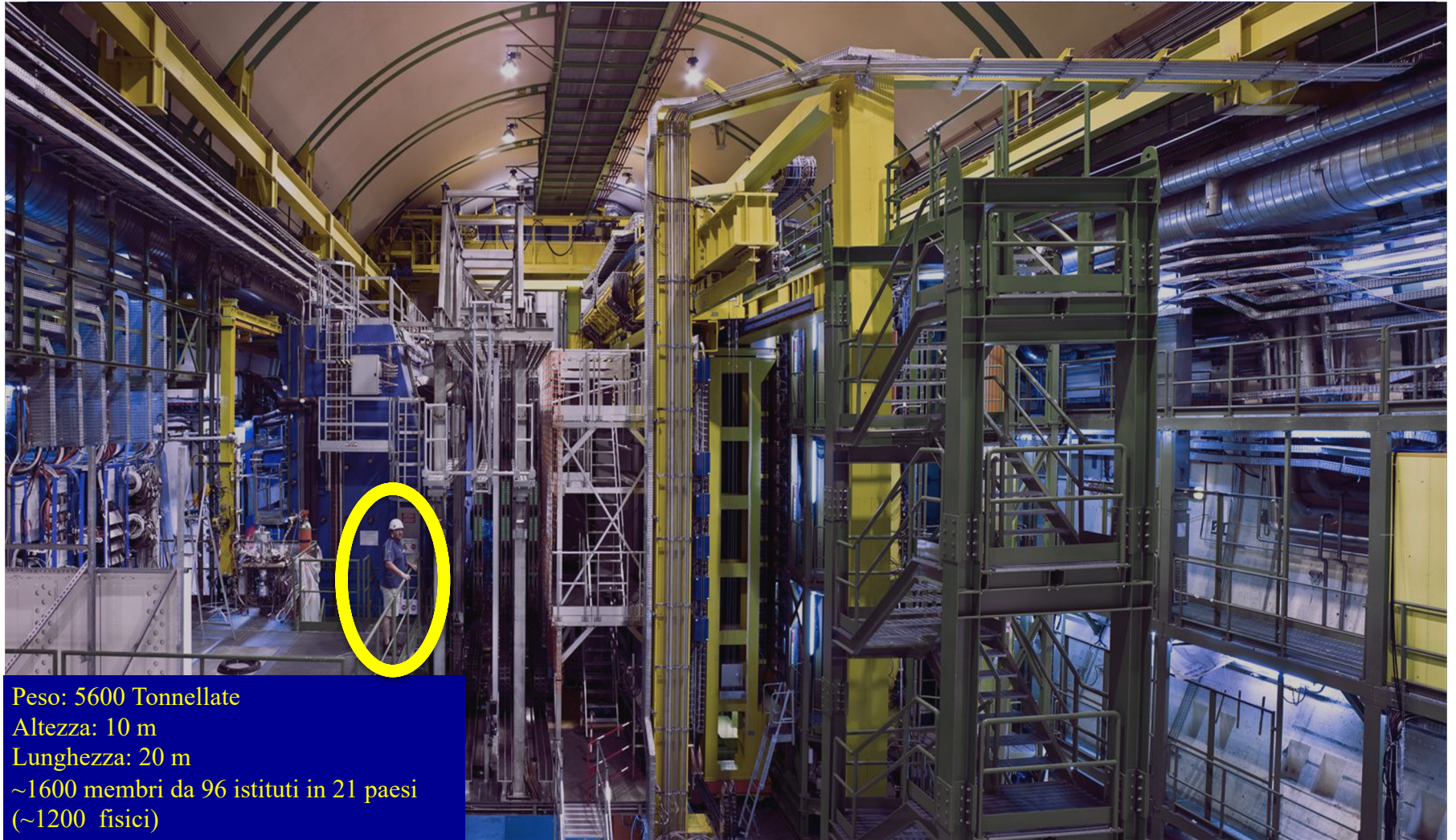


## Overall view of the LHC experiments.





# LHCb

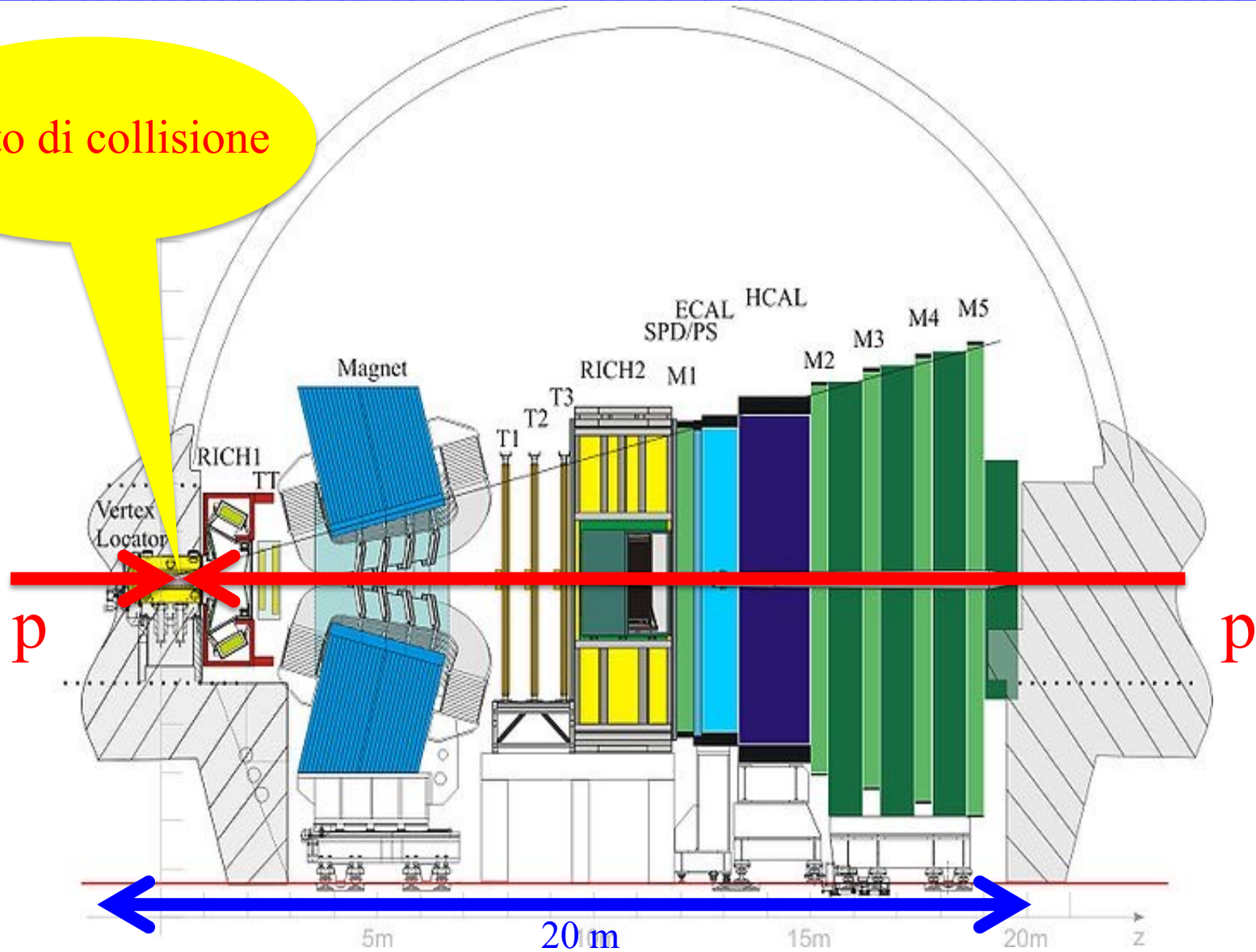


Peso: 5600 Tonnellate  
Altezza: 10 m  
Lunghezza: 20 m  
~1600 membri da 96 istituti in 21 paesi  
(~1200 fisici)

**b** come **Beauty** ma l'esperimento è ideale anche per rivelare particelle con quark **Charm**

# LHCb: il rivelatore

Punto di collisione





# LHCb: le attività di Perugia riguardo i rivelatori

LHCb ha iniziato la nuova fase di presa dati (con quasi tutti i rivelatori rinnovati) nel 2022, dopo quasi 4 anni di stop.

Con solo due anni a disposizione, Perugia è comunque riuscita a ritagliarsi uno spazio  
→ **Light Leak Detector (LLD) dei RICH**

Rivelatori RICH: “vedono” la luce Cherenkov prodotta da particelle cariche che viaggiano più veloci della luce in un mezzo prescelto.

I sensori dei RICH sono molto sensibili alla luce; il sistema LLD controlla l'intensità luminosa e in caso di picchi anomali arresta l'alimentazione dei sensori principali prima che vengano danneggiati

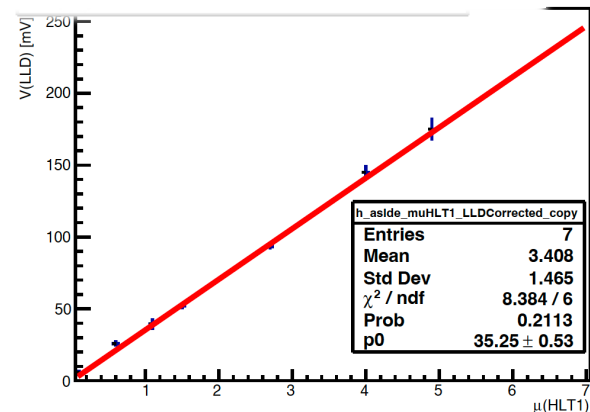


Un LLD (12 in totale)



Elettronica installata a LHCb

Segnale LLD VS LHC lumi



# LHCb: le attività di Perugia riguardo l'analisi dei dati

---

1) Studio dei decadimenti del barione  $\Sigma^+$  (quark uus), uno dei barioni più leggeri con un quark s

Misura del branching ratio del processo  $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$  e ricerca di risonanze nella coppia  $\mu^+ \mu^-$

(a seguito di un'anomalia in una misura effettuata nel 2006 da un altro esperimento in USA, HyperCP)

Tesi di dottorato di G. Martelli, lavoro in fase di pubblicazione (vedi seguito)

2) Studio dei decadimenti dei mesoni  $B^+$  (quark  $u\bar{b}$ ) e  $B_c^+$  (quark  $c\bar{b}$ )

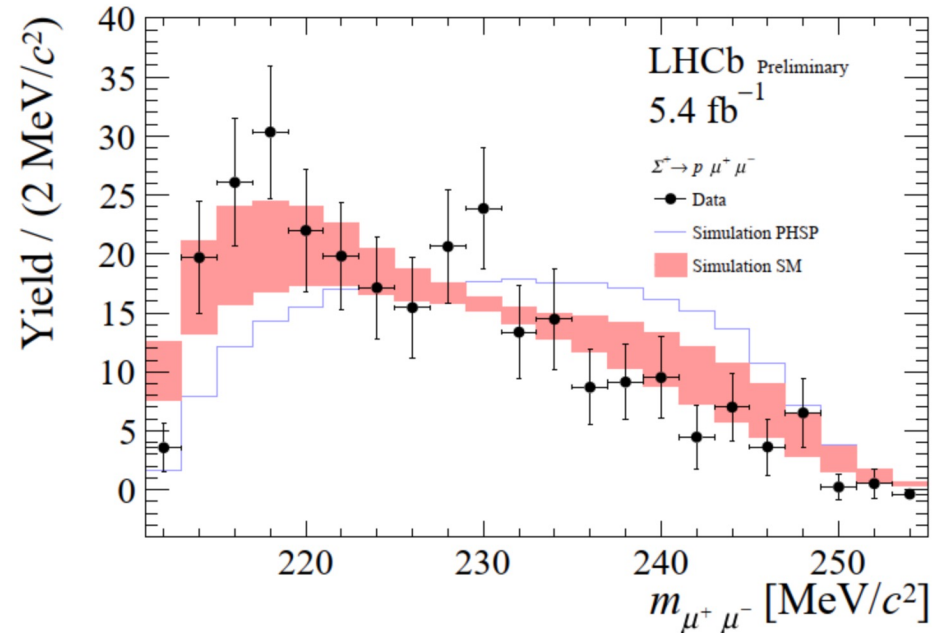
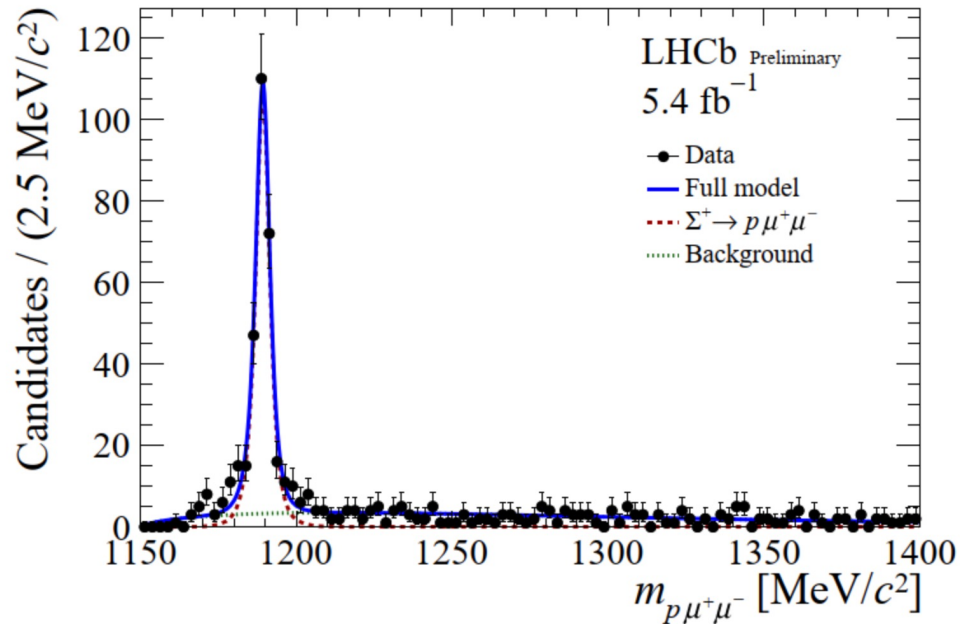
Ricerca di una nuova particella N nei decadimenti  $B_{(c)} \rightarrow e N$ ,  $N \rightarrow \mu \pi$  e  $B_{(c)} \rightarrow \mu N$ ,  $N \rightarrow e \pi$

Ricerca di neutrini di Majorana e della violazione del numero e/o del sapore leptonic

Lavoro oggetto della tesi di dottorato di L. Fantini

# Il decadimento $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$

I risultati ottenuti dall'analisi dei dati di run 2 (2016-2018) sono stati presentati da Gabriele in anteprima mondiale alla conferenza **BEACH 2024** (Charleston, SC, USA)



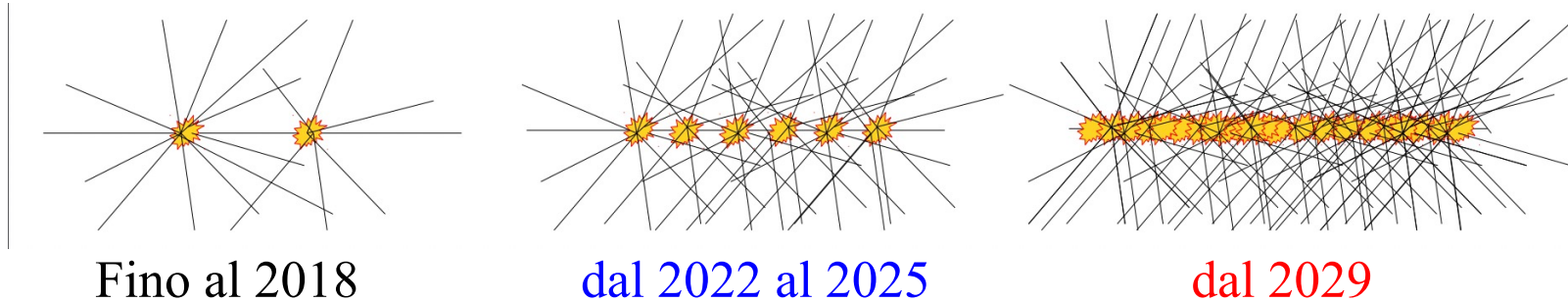
# LHCb: le attività di Perugia per il futuro

---

---

Perugia partecipa attivamente al programma di ricerca e sviluppo per i futuri aggiornamenti dei RICH di LHCb (prima fase 2028, seconda fase 2033)

Numero di collisioni p-p per ciascun incrocio di pacchetti in LHC:



Essenziale avere dei sensori resistenti alla radiazione e con ottima risoluzione temporale, per capire a quale interazione associare ciascuna particella carica rivelata nei RICH

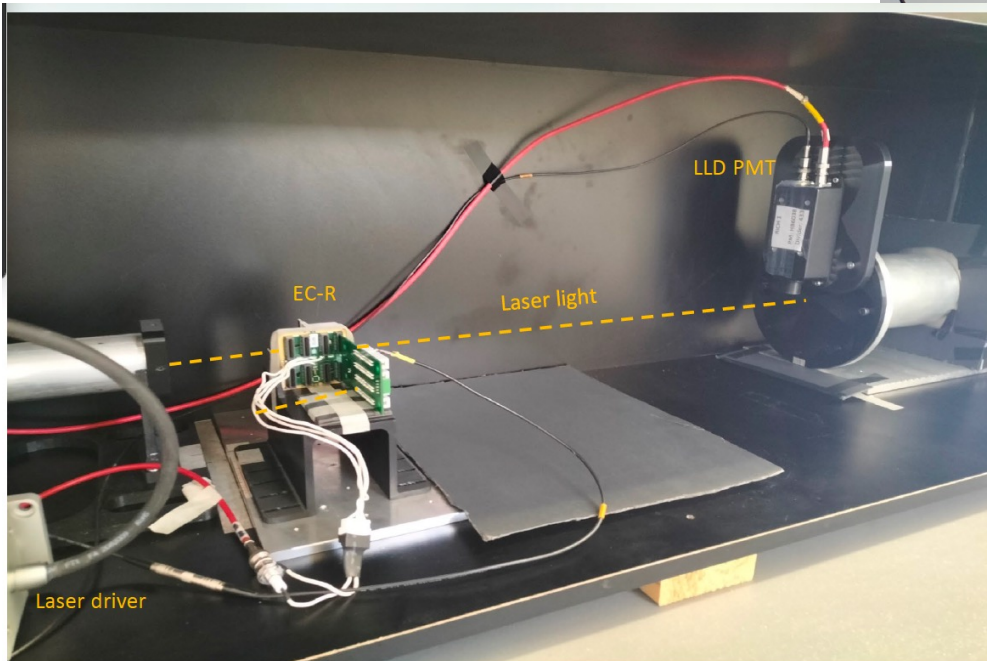
Perugia impegnata in 3 fronti:

- Ricerca e sviluppo per la scelta dei nuovi sensori e la loro caratterizzazione
- Sviluppo di un nuovo sistema di calibrazione dei sensori e di monitoraggio (misure di efficienza, allineamento temporale, misura di luminosità)
- Contributo all'elettronica di front-end e di acquisizione



# Il laboratorio a Perugia

Molte delle attività di ricerca e sviluppo del gruppo sono portate avanti nel laboratorio al secondo piano del dipartimento



# Componenti del Gruppo LHCb + NA62

- Giuseppina Anzivino – Università
- Francesco Brizioli - INFN
- Patrizia Cenci – INFN
- Viacheslav Duk – INFN
- Lisa Fantini – dottoranda
- Pasquale Lubrano – INFN
- Gabriele Martelli – PosDoc INFN
- Monica Pepe - INFN
- Mauro Piccini – INFN

