



Fisica del flavour al CERN: gli esperimenti NA62 e LHCb

Giuseppina Anzivino
a nome del gruppo NA62/LHCb

Sommario

- Fisica del Flavour: contesto e motivazioni
- Mesoni strani e Mesoni belli
- L'esperimento NA62
 - Descrizione dell'esperimento
 - Contributi e responsabilità del gruppo di Perugia
- L'esperimento LHCb
 - Descrizione dell'esperimento
 - Contributi e responsabilità del gruppo di Perugia
- Conclusioni e prospettive

Componenti del gruppo di ricerca

- Giuseppina Anzivino – professoressa associata
- Francesco Brizioli – assegnista di ricerca INFN
- Patrizia Cenci – dirigente di ricerca INFN
- Viacheslav Duk – ricercatore INFN
- Lisa Fantini – dottoranda
- Riccardo Lollini – assegnista di ricerca INFN
- Pasquale Lubrano - dirigente di ricerca INFN
- Gabriele Martelli – dottorando
- Monica Pepe – I ricercatrice INFN
- Mauro Piccini – ricercatore INFN

Contesto e motivazioni

Ambito di ricerca: **Fisica delle Particelle Elementari**

- Il Modello Standard è, ad oggi, verificato con estrema precisione
- ma non fornisce risposte a domande ancora aperte sull'origine ed evoluzione dell'Universo: materia oscura, energia oscura, antimateria.....
- Gli esperimenti di Fisica delle Particelle Elementari perseguono l'obiettivo di effettuare misure sempre più precise per spingere al limite le verifiche del SM e mettere in luce eventuale esistenza di Nuova Fisica oltre il Modello Standard
- Gli esperimenti NA62 e LHCb si inseriscono in questo ambito, utilizzando approcci e tecniche diversi

Motivazioni

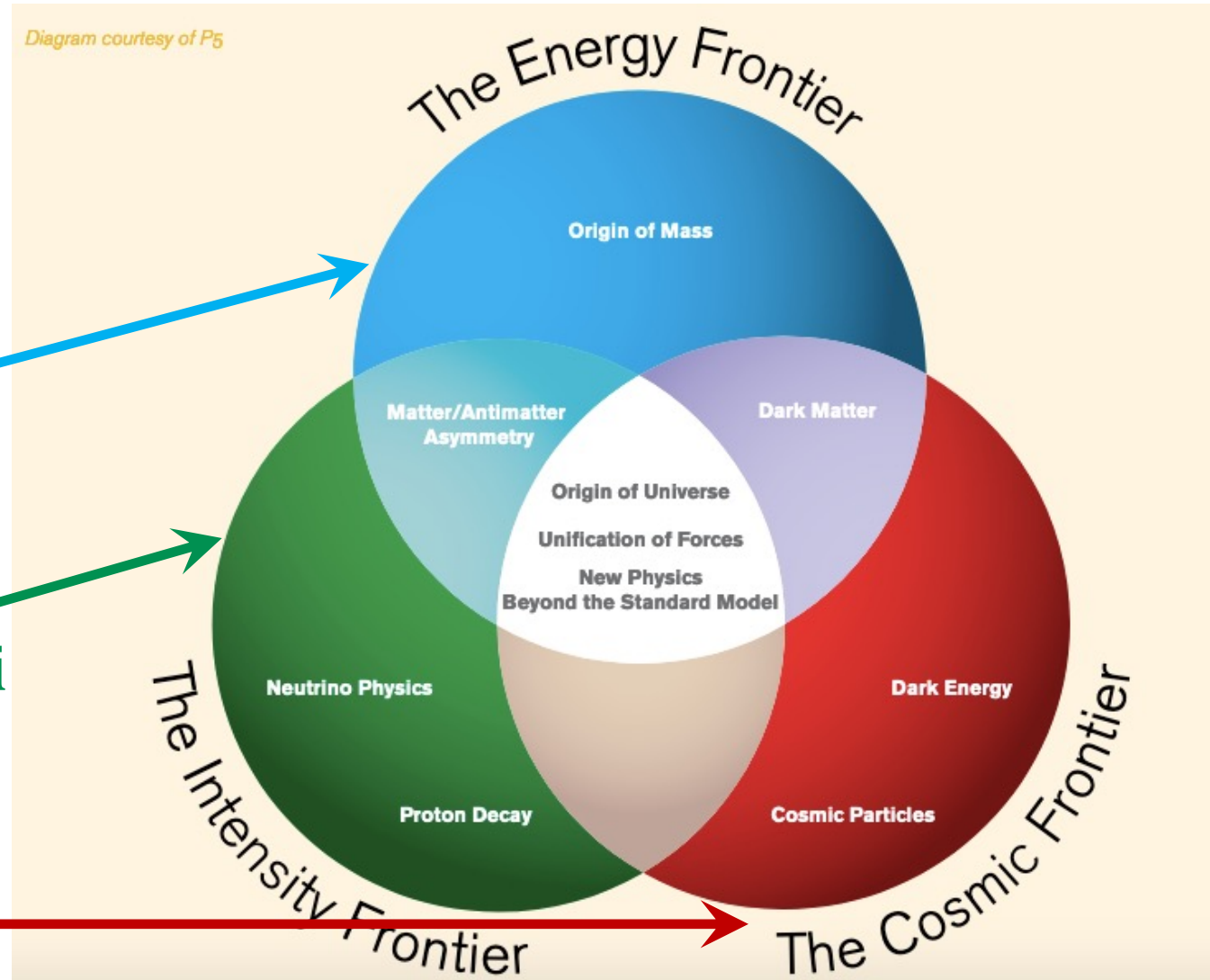
Come e dove cercare le risposte?

→ Le tre frontiere

Esperimenti ai collider

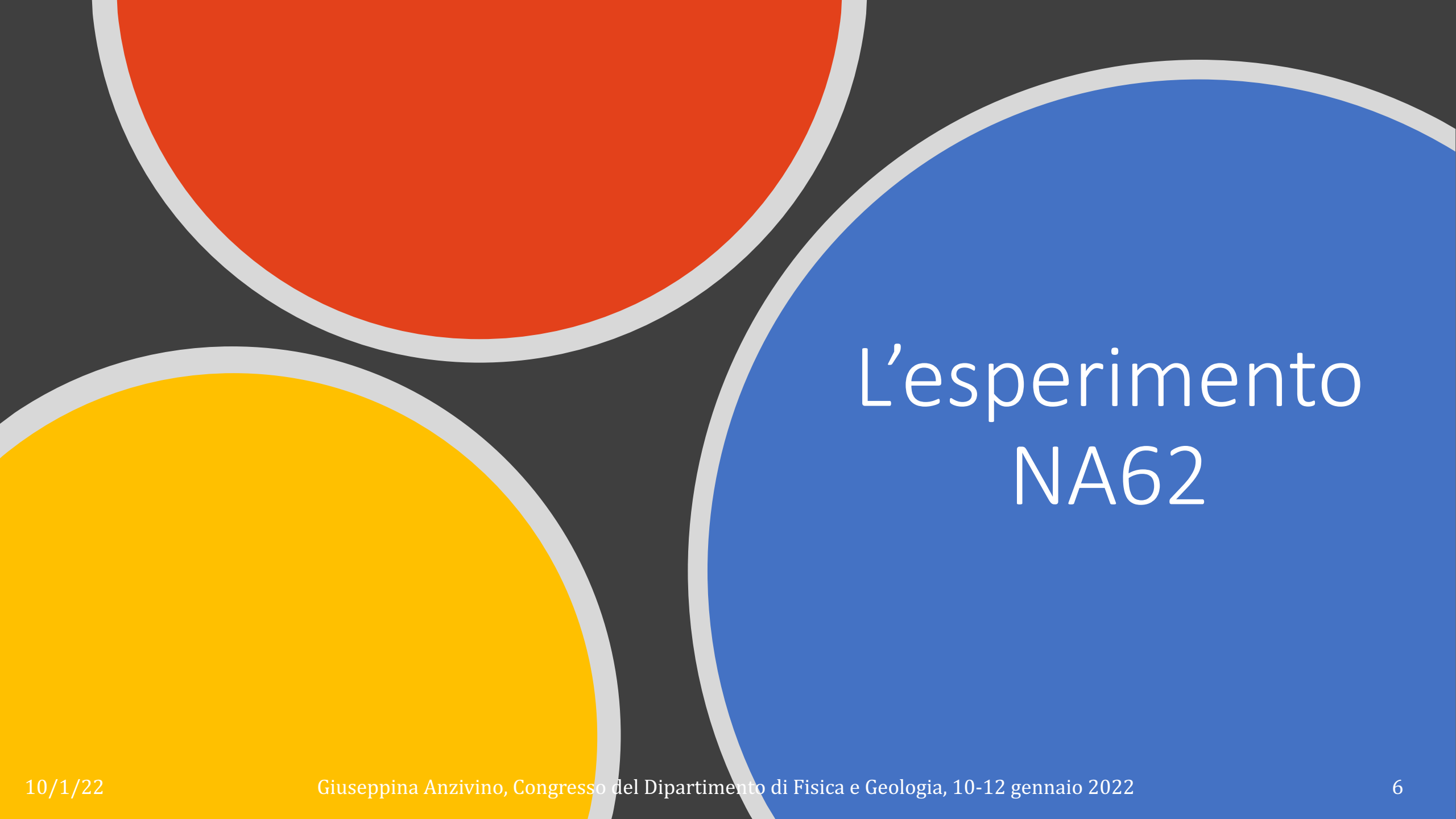
Misure di precisione con fasci estratti

Esperimenti nello spazio



Fisica del flavour

- La Fisica del flavour si occupa delle transizioni fra i diversi tipi (flavour) di quark
- Queste transizioni sono governate dalla matrice CKM
- Perché studiare la Fisica del flavour?
 - La maggior parte dei parametri liberi del SM sono legati a questo settore
 - Un esempio: il settore del flavour fornisce l'unica sorgente di violazione di CP nel SM
- Mesoni strani (K, contengono il quark 'strange') per NA62 e mesoni belli (B, contengono il quark 'beauty') per LHCb



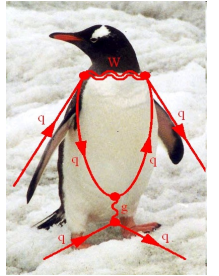
L'esperimento NA62

L'esperimento NA62

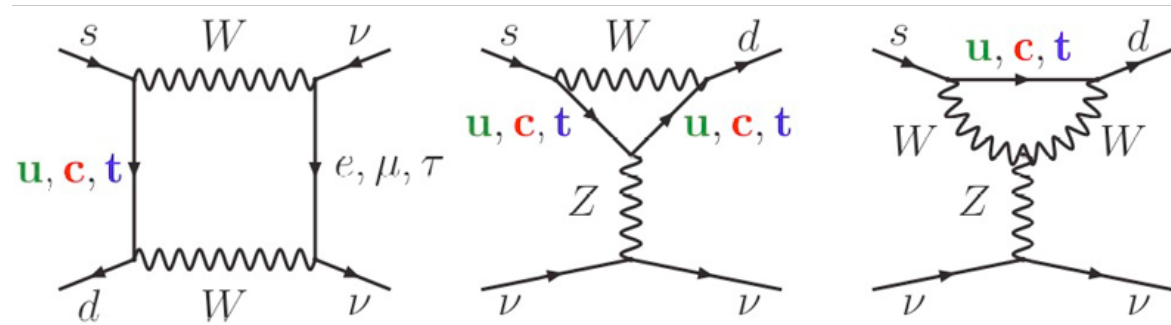


- Collaborazione internazionale, circa 200 partecipanti, 30 istituzioni
- Installato su un fascio estratto dal SPS del CERN
- Scopo principale: misura del BR del decadimento ultra-raro $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu})$ ($\sim 10^{-11}$)
- Segnatura sperimentale debole e decadimenti di fondo molto più abbondanti (es: 0.63)
- Sfida sperimentale ardua!
- Molte altre misure: ricerca di leptoni neutri pesanti, studi dell'universalità leptonica, ricerca di particelle esotiche, etc....
- Presa dati RUN1 (2016-2018), approvato RUN2 2022-2024 (5?)

NA62: il decadimento $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$



- Processo FCNC proibito a livello ad albero
- Dominato da contributi a corta distanza e descritto da diagrammi a box e pinguino



- Predizione teorica molto precisa: $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (8.4 \pm 1.0) \times 10^{-11}$
- Necessità di effettuare una misura con (altrettanta) estrema precisione
- Dalla misura del BR si possono estrarre informazioni sulla matrice CKM
- Diversi modelli di estensione del SM predicono valori del BR che si discostano in modo significativo da quello previsto dal SM

NA62: apparato sperimentale



- Rivelatori di traccia (GTK e STRAW)
- Rivelatori per identificazione di particelle (KTAG e RICH)
- Rivelatori di veto per fotoni (LKr, LAV, SAV)

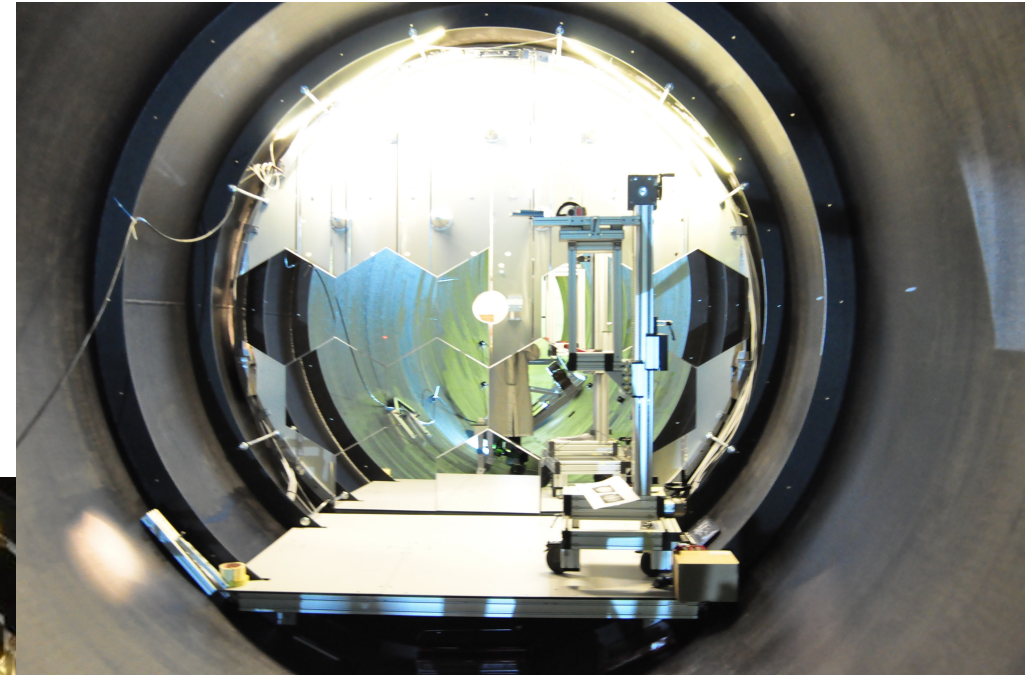
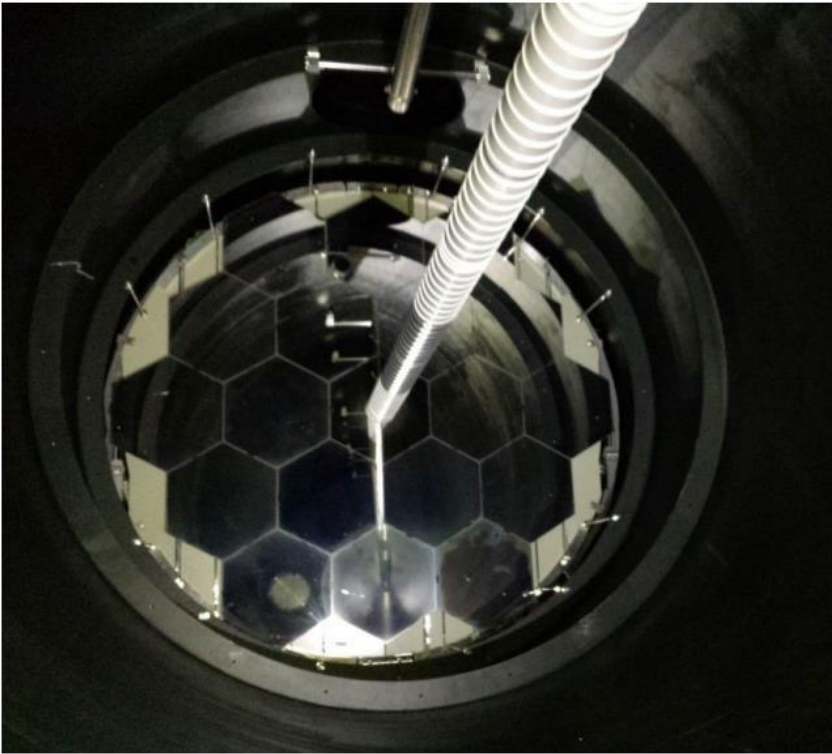
- Ottima risoluzione temporale $O(100 \text{ ps})$
- soppressione dei decadimenti con fotoni $O(10^7)$
- Reiezione cinematica e soppressione fondi con μ

NA62: contributi di Perugia: il RICH



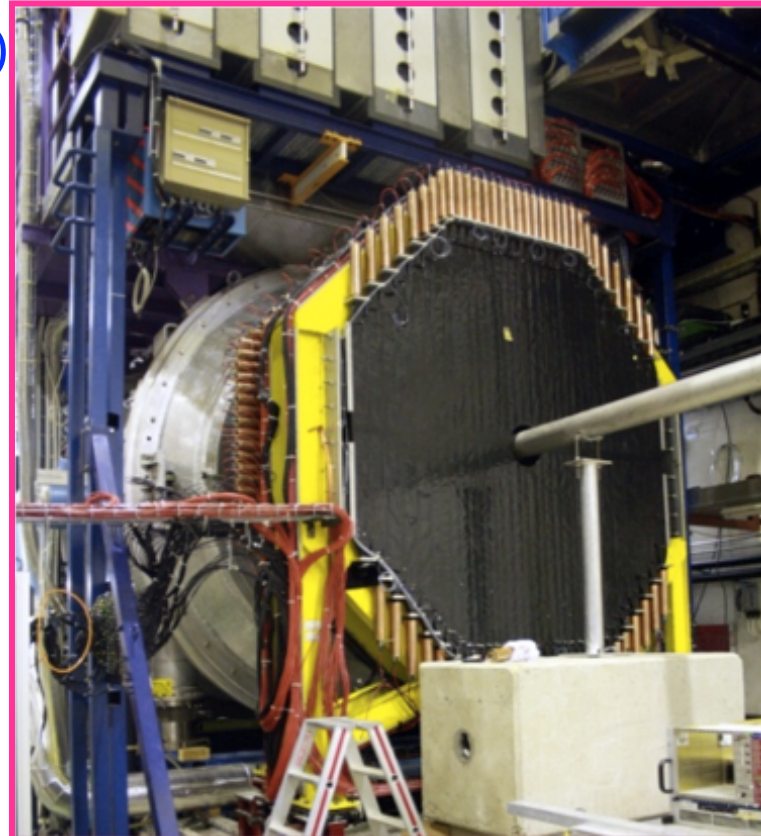
- Rivelatore Cherenkov , riempito di neon a pressione atmosferica, lungo 18 metri, con diametro da 3.5 a 4 metri
- responsabilità del progetto (con Firenze e CERN)
- responsabilità della costruzione dei prototipi, installazione della meccanica di supporto e degli specchi, con relativo sistema di movimentazione, e del collaudo finale del rivelatore
- responsabilità della manutenzione, sia hardware, sia software, durante i periodi di presa dati
- responsabilità dei programmi di ricostruzione degli anelli Cherenkov
- studi delle prestazioni del rivelatore per evidenziare eventuali modifiche da apportare

NA62: contributi di Perugia, il RICH



NA62: altri contributi di Perugia, CHOD e NHOD

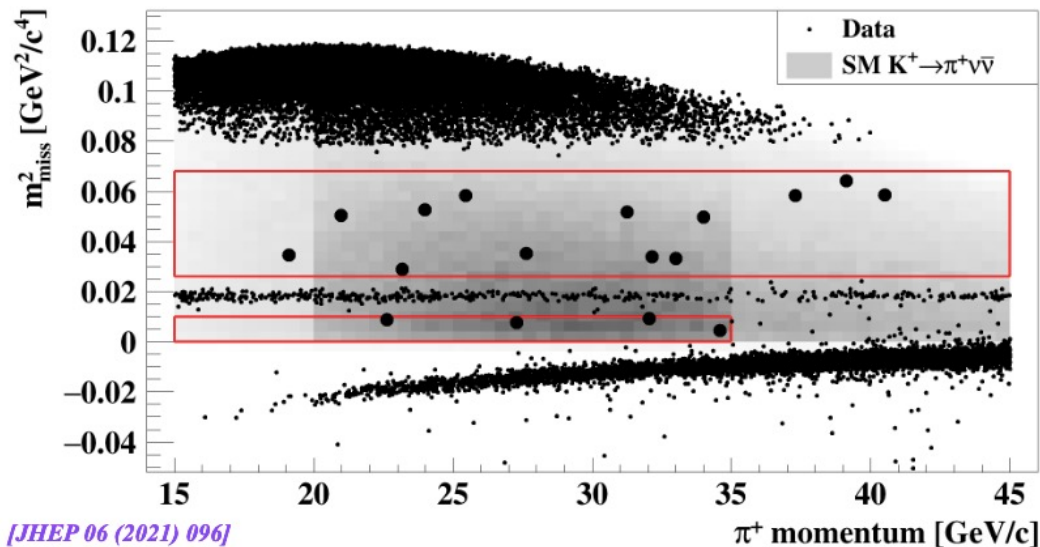
- Installati già nel precedente esperimento (NA48)
- CHOD (2 piani di rivelatori a scintillazione) riveste ancora un ruolo fondamentale
- Perugia responsabile
 - manutenzione hardware del rivelatore e della sua elettronica di lettura
 - calibrazioni temporali
 - programmi di ricostruzione
- NHOD solo parzialmente usato



NA62: contributi di Perugia, analisi dati

Ruolo rilevante nell'analisi del $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu})$, con due tesi di dottorato

- F. Brizioli, uno dei 3 analisti e corresponding authors dell'articolo con il risultato finale
- R. Lollini ha svolto l'analisi complessa del fondo principale: l'upstream background



Prima misura con la tecnica del decadimento in volo!
La più forte evidenza, ad oggi, dell'esistenza di questo decadimento

Osservati 17 eventi dai dati 2018
Altri 3 eventi dai dati 2016-2017

$$BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (10.6_{-3.4}^{+4.0}{}_{stat} \pm 0.9_{syst}) \times 10^{-11} \quad 68\% \text{ CL } (3.4 \sigma \text{ significance})$$

NA62: contributi di Perugia, altre analisi

Altre analisi in corso e vicine al completamento e successiva pubblicazione:

$K^+ \rightarrow \pi^+ X$, V. Duk

- Motivazione: molte estensioni del SM prevedono l'esistenza di una nuova particella feebly interacting (FIP), a lunga vita media, scalare o pseudoscalare
- Ricerca della produzione di questa particella può restringere il campo per modelli BSM

$K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu \gamma$, F. Brizioli

- Misura del BR - risultato migliorato di un fattore fra 2 e 3.6 rispetto alle misure precedenti, in termini di precisione relativa
- Misura dell'asimmetria T - compatibile con zero, precisione aumentata di un fattore 3

$K^+ \rightarrow e^+ \nu e^+ e^-$, R. Lollini

NA62: impegni futuri

Corto termine

- analisi dei dati 2021 per dimostrarne la qualità alla intensità nominale e con i nuovi rivelatori

Medio termine (2022-2024 (5?))

- raccolta dati, efficiente e stabile (29 settimane nel 2022)
- responsabilità del funzionamento dei rivelatori RICH e CHOD

Lungo termine

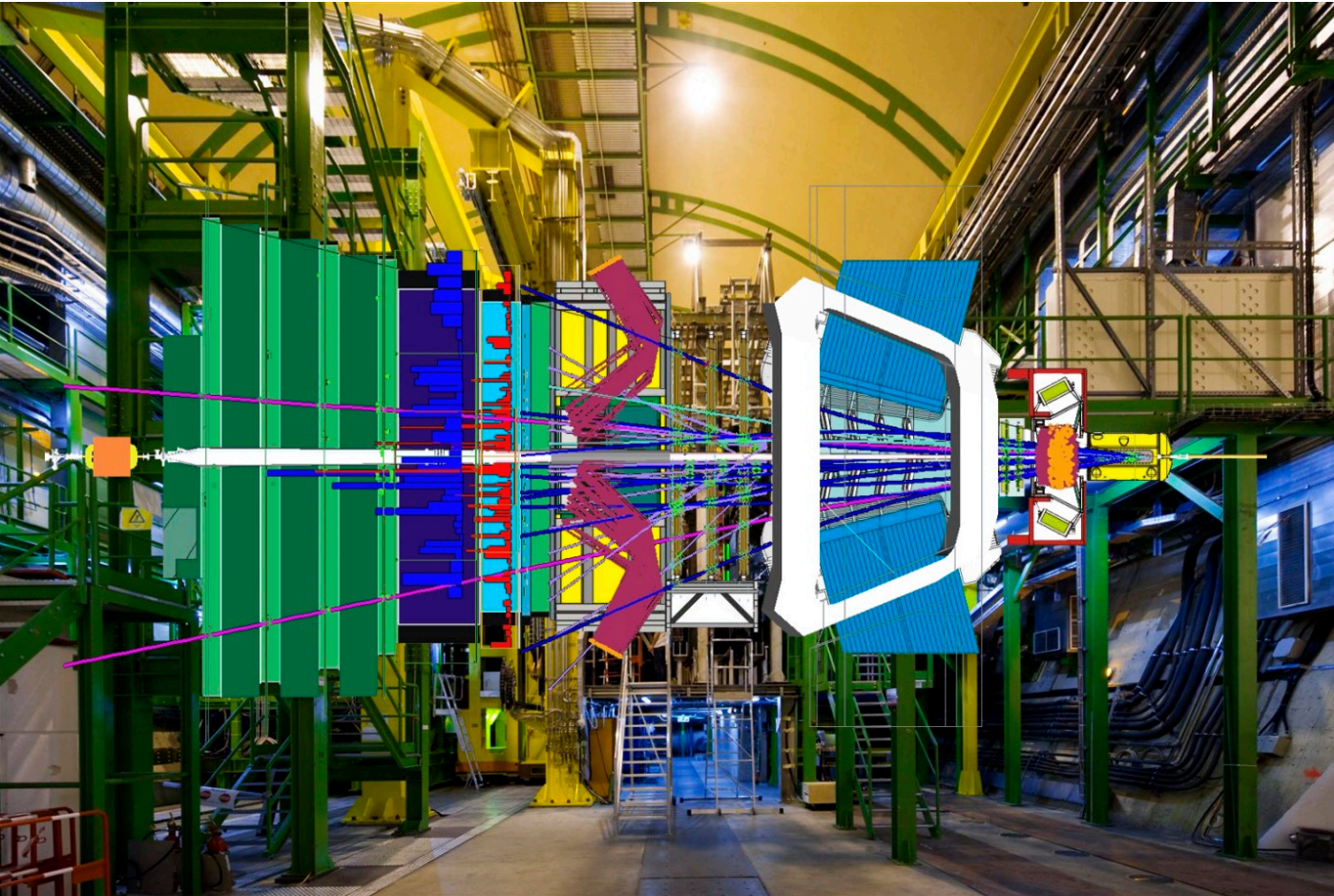
- Esperimenti con K ad alta intensità, nell'ambito dell'iniziativa Physics Beyond Colliders

Accelerator schedule	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
LHC		Run 2			LS2			Run 3		LS3			Run 4
SPS											NA stop	SPS stop	



L'esperimento LHCb

L'esperimento LHCb



- Collaborazione internazionale, circa 1400 partecipanti, 80 istituzioni
- Installato in una delle 4 intersezioni del LHC del CERN
- Esperimento quasi 'general purpose', ma con focalizzazione alla direzione in avanti, rivelatore asimmetrico
- Scopo principale: studio della fisica del beauty e di decadimenti rari di particelle (mesoni e barioni) dotate di quark b
- Recenti importanti risultati raggiunti: misura del $BR(B \rightarrow \mu^+ \mu^-)$; misura dell'angolo γ della matrice CKM; scoperta di particelle esotiche; etc.....

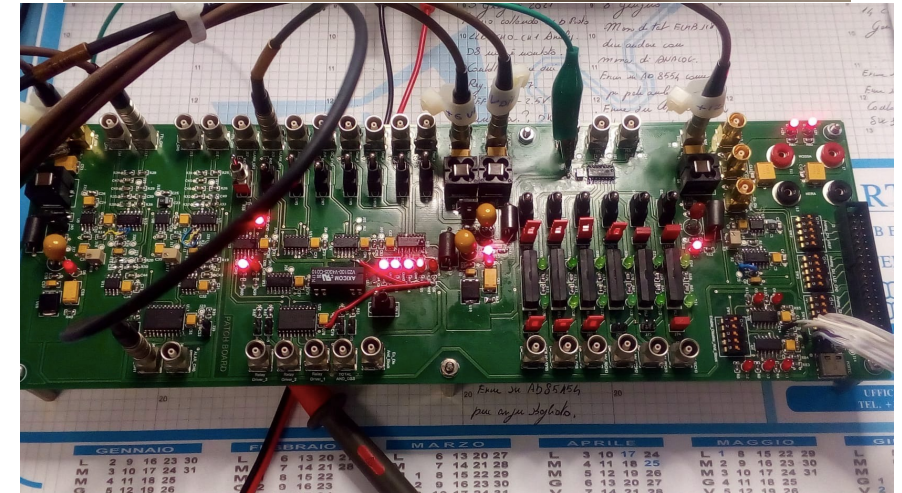
LHCb - contributi di Perugia

Attività hardware

- Data l'esperienza acquisita in NA62, le prime attività in LHCb sono concentrate sui rivelatori RICH
- Progettazione, costruzione e installazione dei Light Leak Detector (LLD), sensori di sicurezza connessi direttamente al sistema DSS (Detector Safety System) del rivelatore per arrestare l'HV dei sensori principali
- Responsabilità dell'elettronica per processare i segnali e per gestire la logica di tutti i segnali di allarme

Attività di analisi dati

- Ricerca di risonanze nel decadimento $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$, oggetto tesi di dottorato di G. Martelli
- Una nuova analisi da iniziare, oggetto tesi per la dottoranda L. Fantini



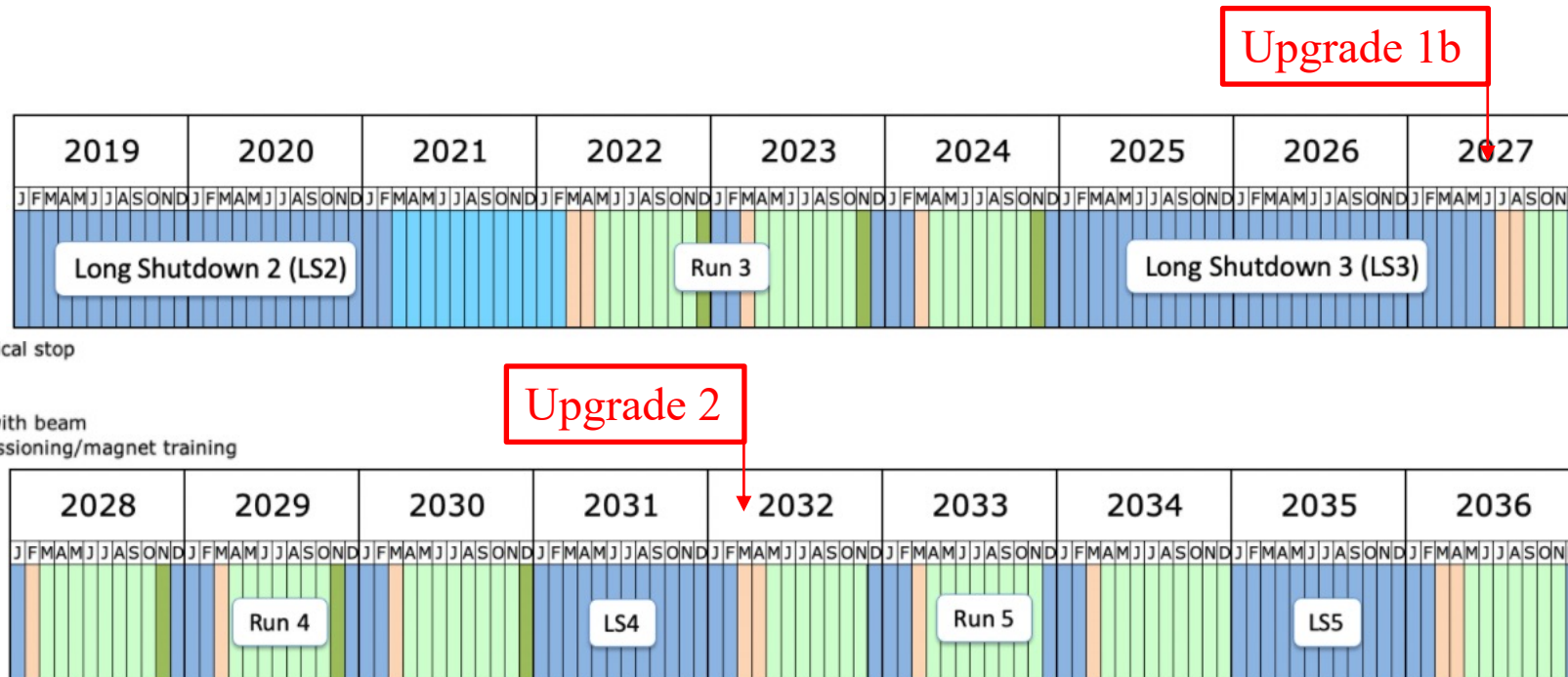
LHCb – attività previste nel 2022

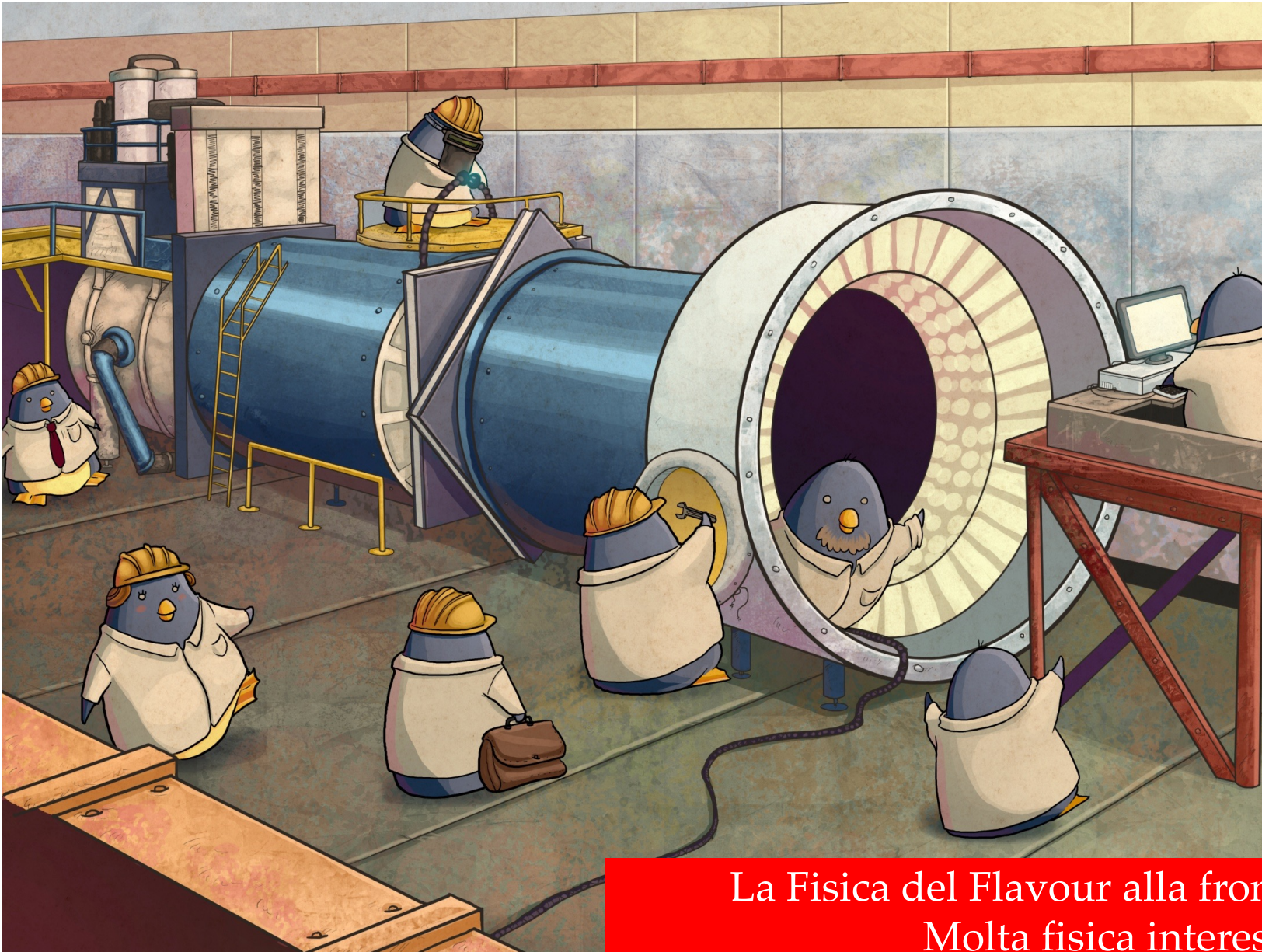
- Partecipazione al completamento del collaudo dei RICH di LHCb:
 - Fine dell'integrazione dei LLD nel DSS dell'esperimento
- Analisi dati:
 - Continuazione analisi $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$
 - Inizio di una seconda analisi, candidati:
 - decadimenti rari dei mesoni B con mesoni K e 2 leptoni nello stato finale
 - $\Lambda_B \rightarrow \Lambda^0 \mu^+ \mu^-$
- Contributo alla definizione degli High Level Trigger e delle linee di selezione dei canali in cui siamo coinvolti nell'analisi
- Contributo allo sviluppo del MonteCarlo dei RICH
- Presa dati
- Inizio R&D per gli upgrade dei RICH per le fasi successive, in vista di High-Lumi LHC (2028):
 - Nuovi sensori, nuova elettronica di read-out, nuova meccanica degli specchi

LHCb - futuro

- In Run-3, attuale, LHC avrà una luminosità maggiore, con un conseguente incremento in statistica rispetto a Run-1 e Run-2
- Grande attesa per gli aggiornamenti delle misure dei valori anomali nel settore del flavour

LHC era			HL-LHC era	
Run 1 (2010-12)	Run 2 (2015-18)	Run 3 (2021-24)	Run 4 (2027-30)	Run 5+ (2031+)
3 fb ⁻¹	9 fb ⁻¹	23 fb ⁻¹	50 fb ⁻¹	300 fb ⁻¹





Grazie per l'attenzione!

La Fisica del Flavour alla frontiera della fisica di precisione!
Molta fisica interessante davanti a noi!
Restate sintonizzati!