

Fisica delle particelle



Esempi di misure temporali

Matteo Borghesi

Quando in un evento la quantità di informazioni è così elevata da impedire di estrarre correttamente i parametri richiesti, l'evento è detto di **pile-up**.

Ma cosa si intende per evento?

Quando in un evento la quantità di informazioni è così elevata da impedire di estrarre correttamente i parametri richiesti, l'evento è detto di **pile-up**.

Ma cosa si intende per evento?

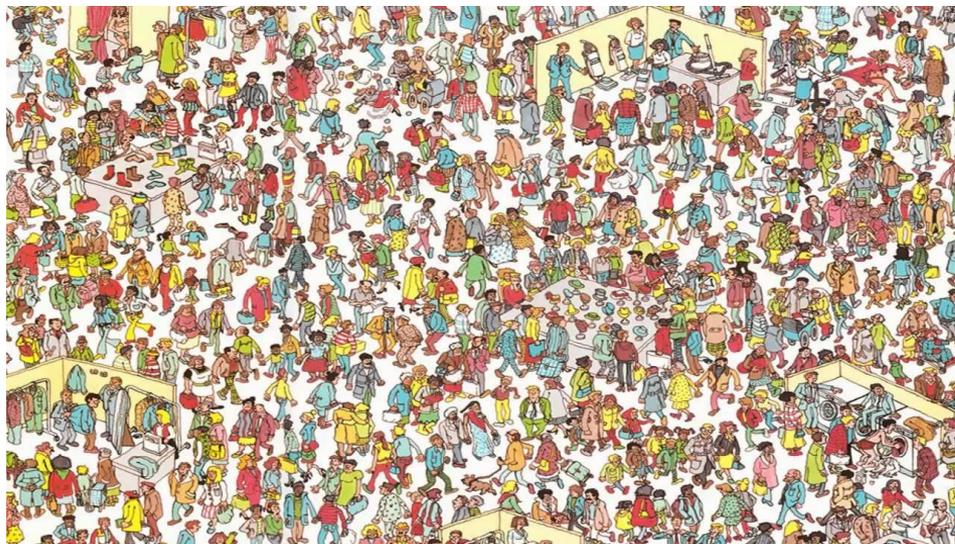
Il pile-up per CMS



Quando in un evento la quantità di informazioni è così elevata da impedire di estrarre correttamente i parametri richiesti, l'evento è detto di **pile-up**.

Ma cosa si intende per evento?

Il pile-up per CMS è diverso dal pile-up per HOLMES, CUORE...

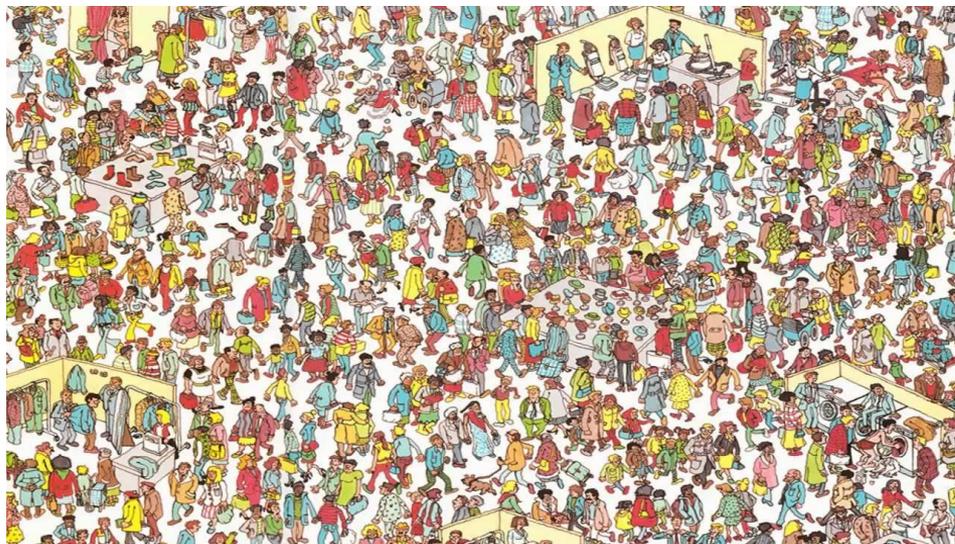


Quando in un evento la quantità di informazioni è così elevata da impedire di estrarre correttamente i parametri richiesti, l'evento è detto di **pile-up**.

Ma cosa si intende per evento?

Il pile-up per CMS è diverso dal pile-up per HOLMES, CUORE...

Trova Waldo



Trova le differenze

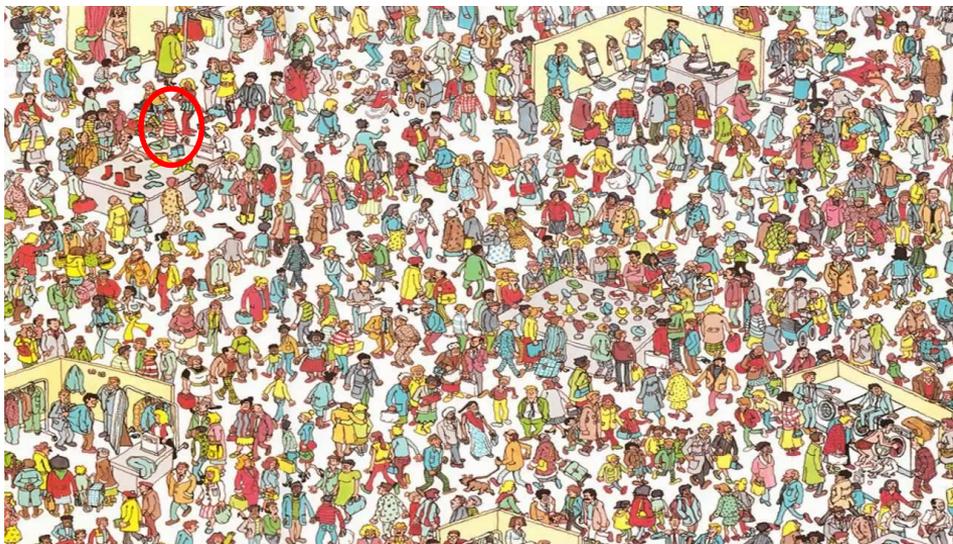


Quando in un evento la quantità di informazioni è così elevata da impedire di estrarre correttamente i parametri richiesti, l'evento è detto di **pile-up**.

Ma cosa si intende per evento?

Il pile-up per CMS è diverso dal pile-up per HOLMES, CUORE...

Trova Waldo



Trova le differenze

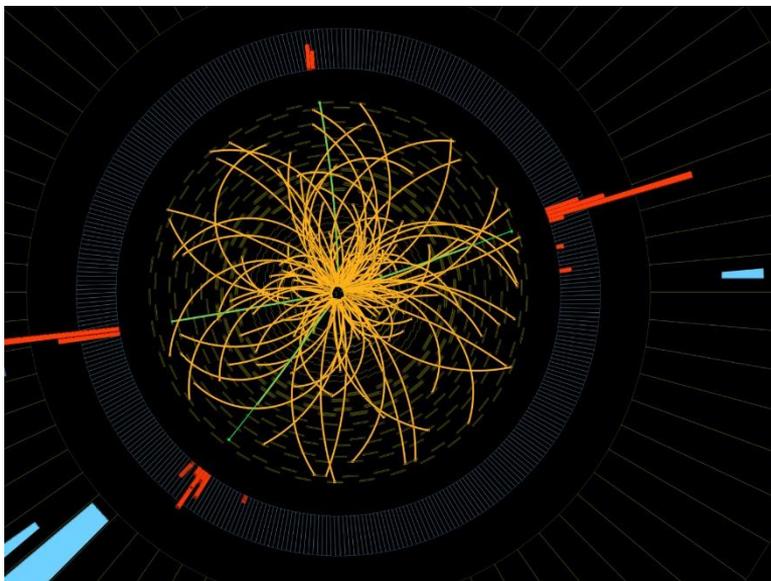


Quando in un evento la quantità di informazioni è così elevata da impedire di estrarre correttamente i parametri richiesti, l'evento è detto di **pile-up**.

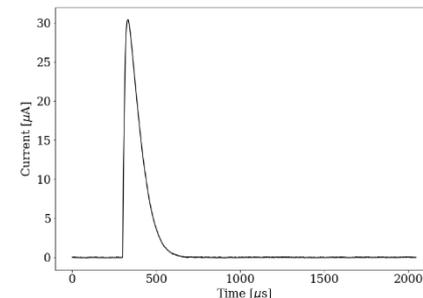
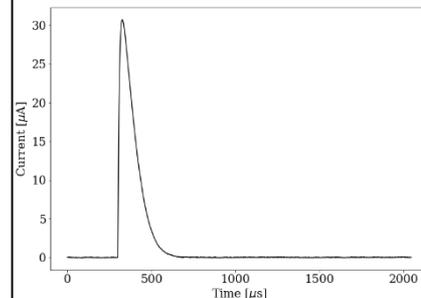
Ma cosa si intende per evento?

Il pile-up per CMS è diverso dal pile-up per HOLMES, CUORE...

Trova Waldo



Trova le differenze





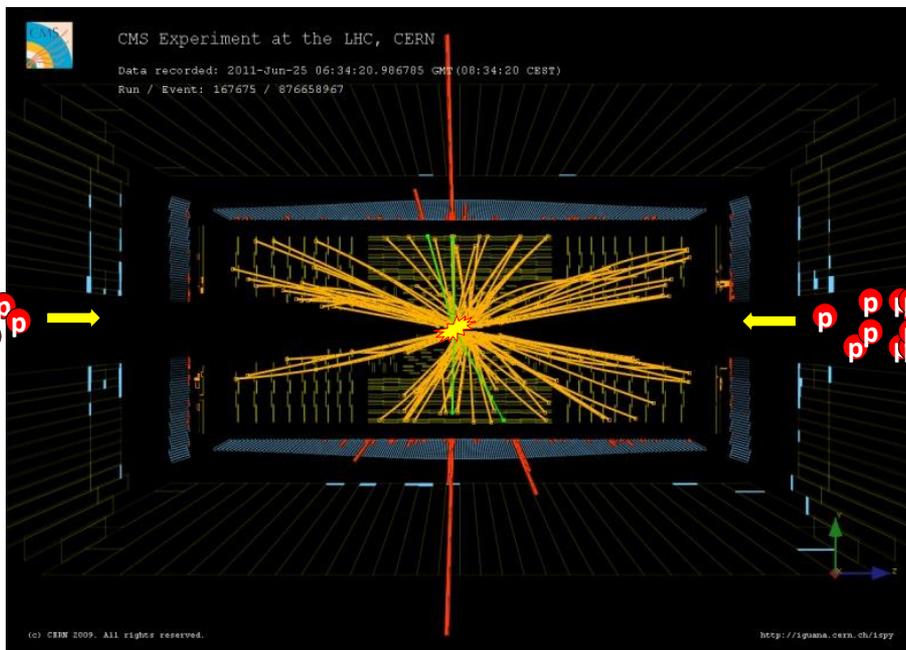
Ad LHC i protoni viaggiano suddivisi in migliaia pacchetti detti *bunch*.

Un evento è il risultato di un *bunch crossing*.

Ogni **25 ns** CMS scatta una foto delle collisioni.

Ad oggi la situazione
era *gestibile*.

Dei 10^{11} protoni che
compongono un bunch
'solo' ~ 50 interagiscono
ad ogni bunch crossing



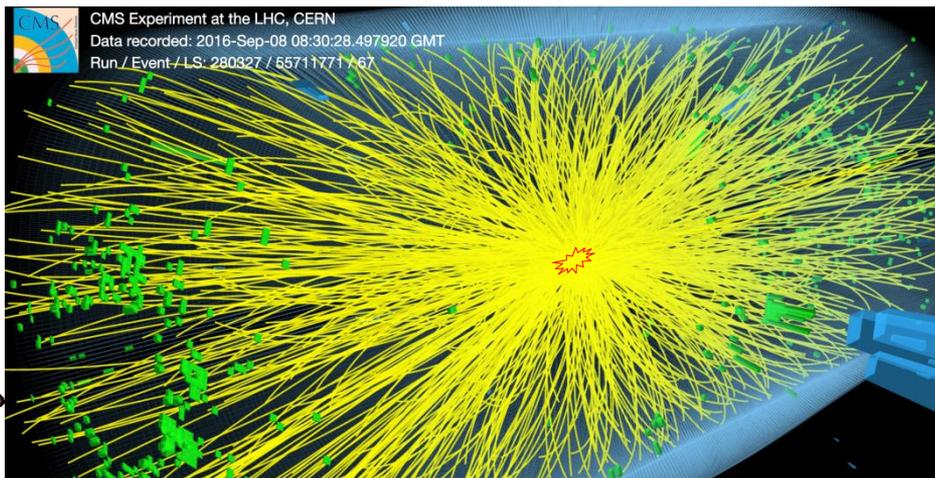
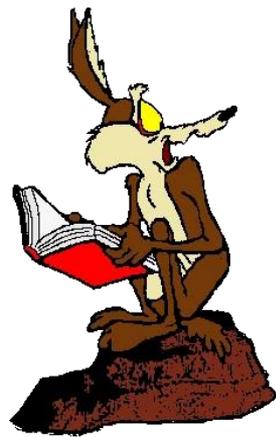
Ad LHC i protoni viaggiano suddivisi in migliaia pacchetti detti *bunch*.

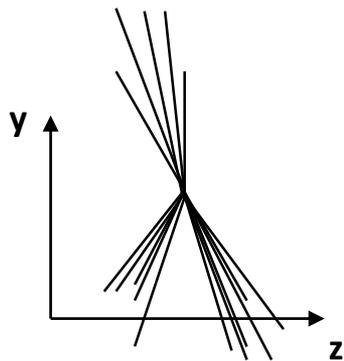
Un evento è il risultato di un *bunch crossing*.

Ogni **25 ns** CMS scatta una foto delle collisioni.

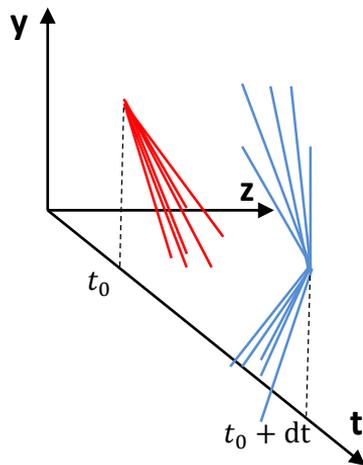
Ad oggi la situazione era *gestibile*.

Che fare quando di collisioni ce ne saranno 200?

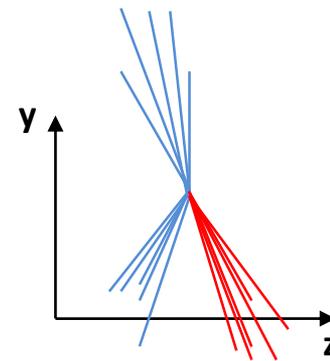




Evento senza
informazione
temporale

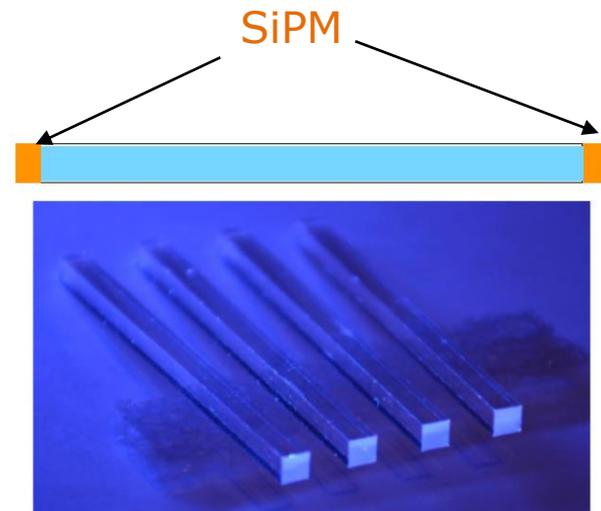
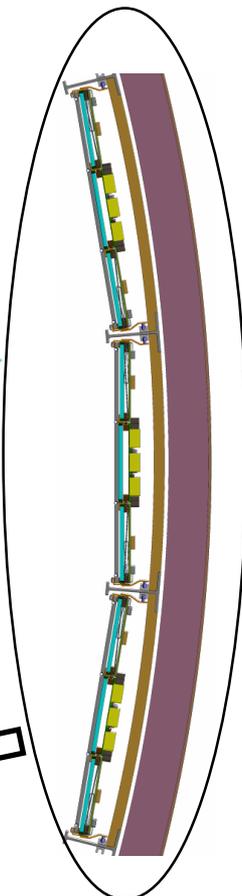
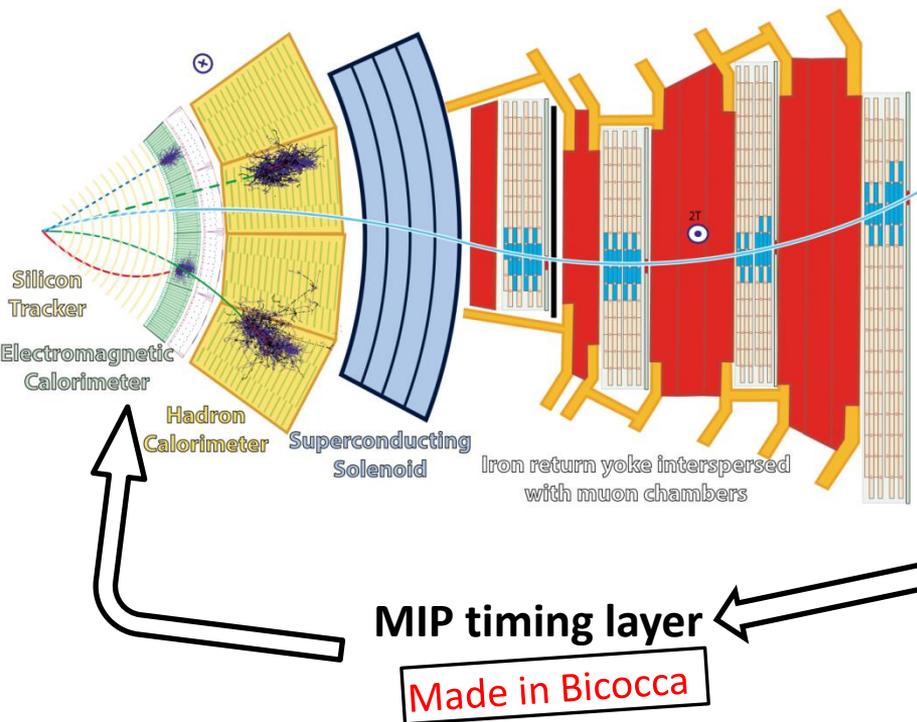


Timing sulle
tracce



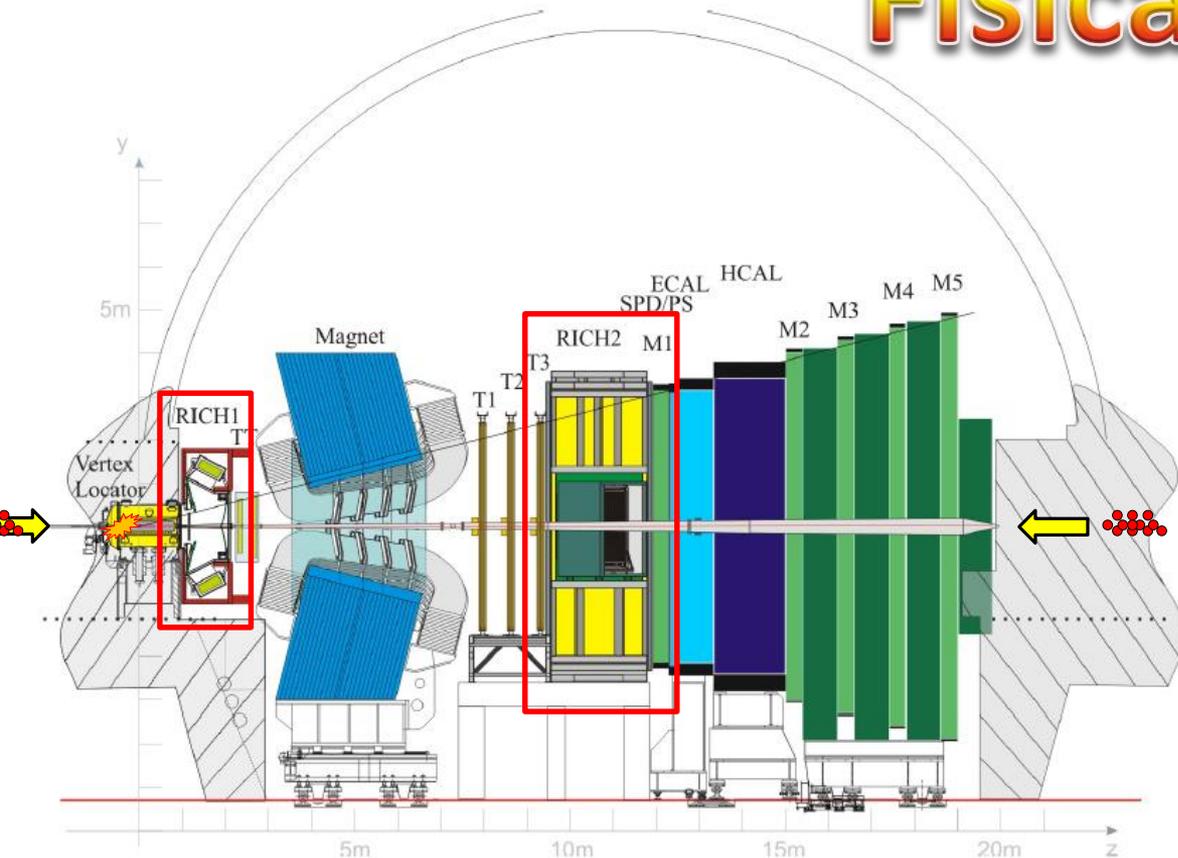
Evento con
informazione
temporale

Barre di cristalli scintillanti accoppiate a fotomoltiplicatori al silicio (SiPM)



Diversi ostacoli da superare:
danni da radiazione (rate di
dark current dei SiPM troppo
elevato), [...]

Fisica del sapore!

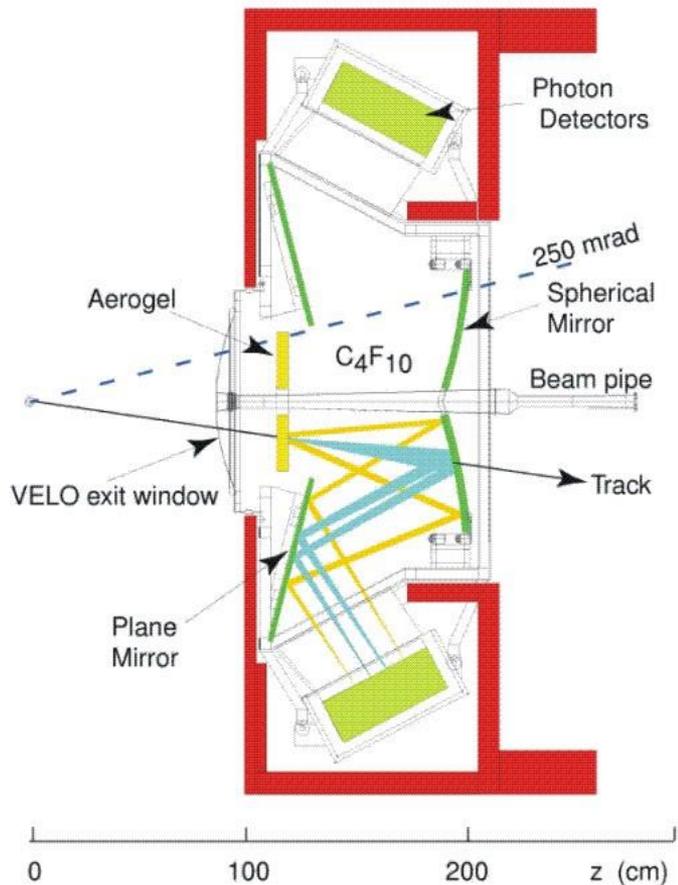


Informazioni raccolte:

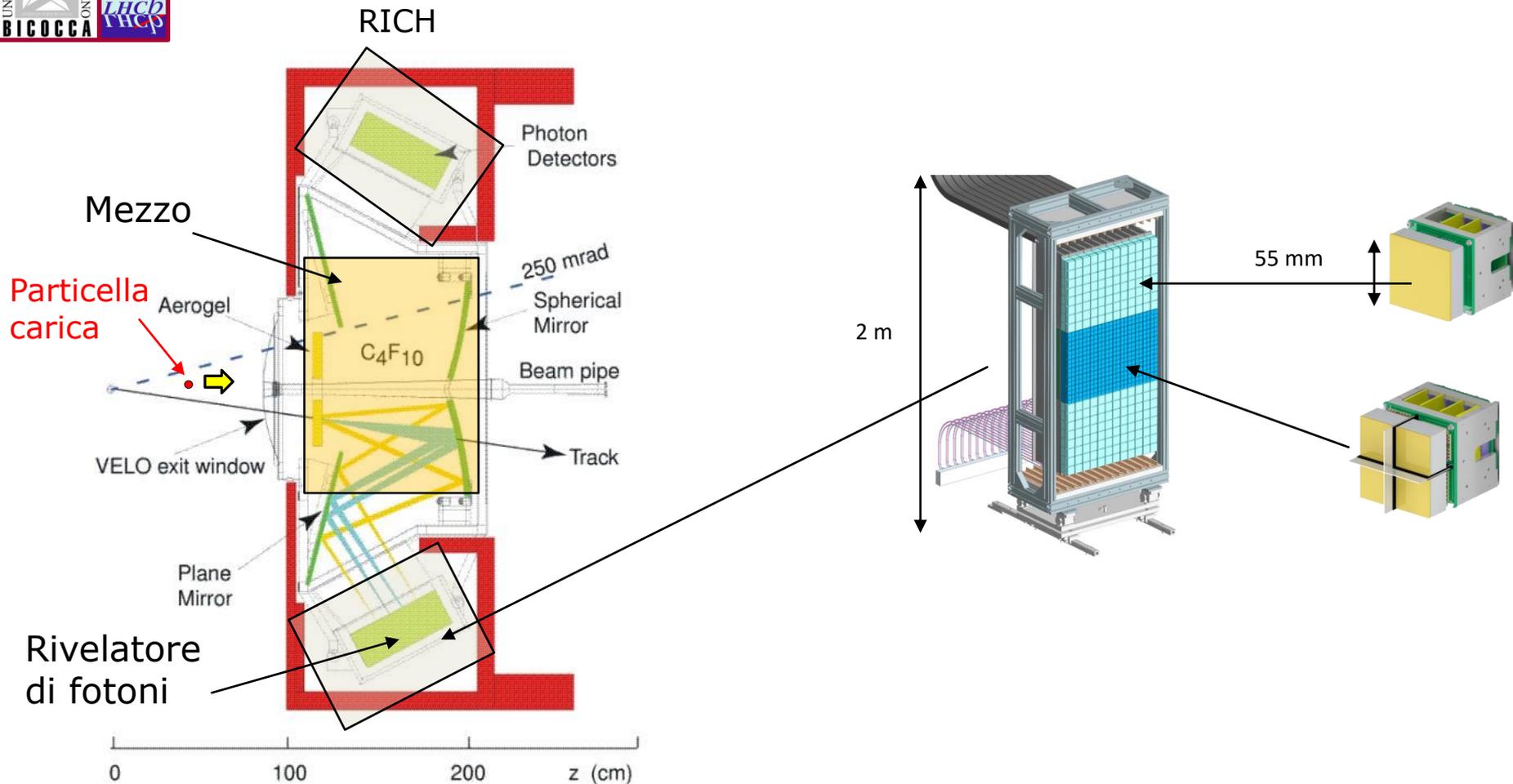
- ❖ Energia
 - ❖ Percorso
 - ❖ Momento
 - ❖ **Velocità**
- } Identificazione di particelle

Rivelatori RICH
(Ring Imaging CHerenkov)

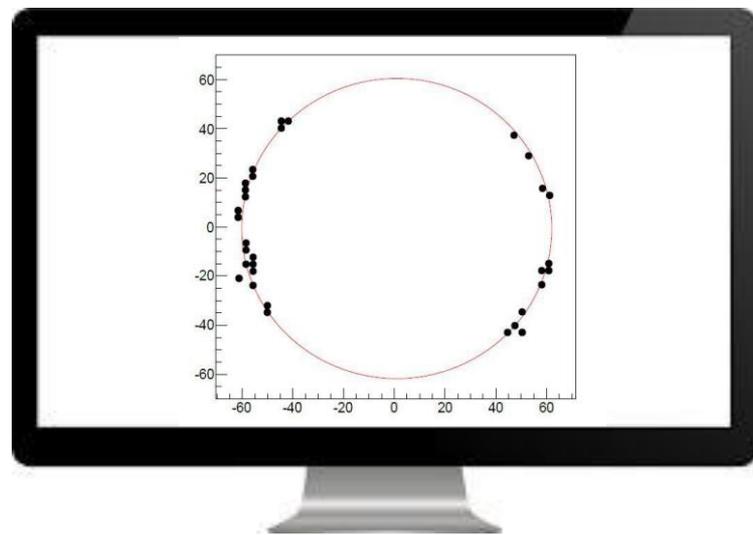
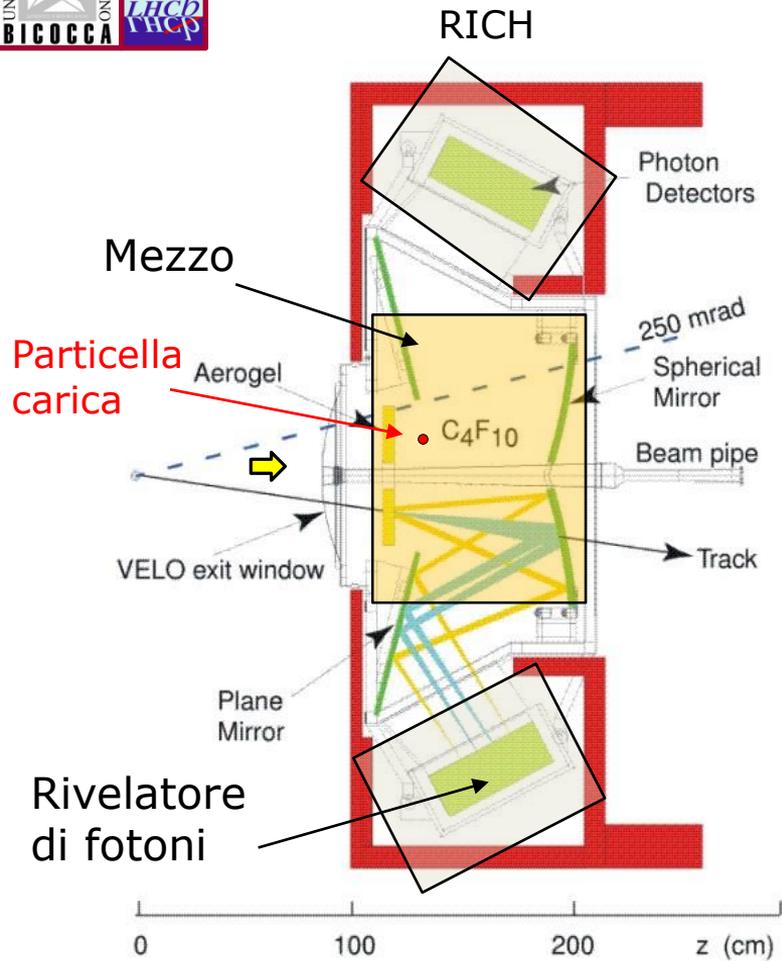
RICH

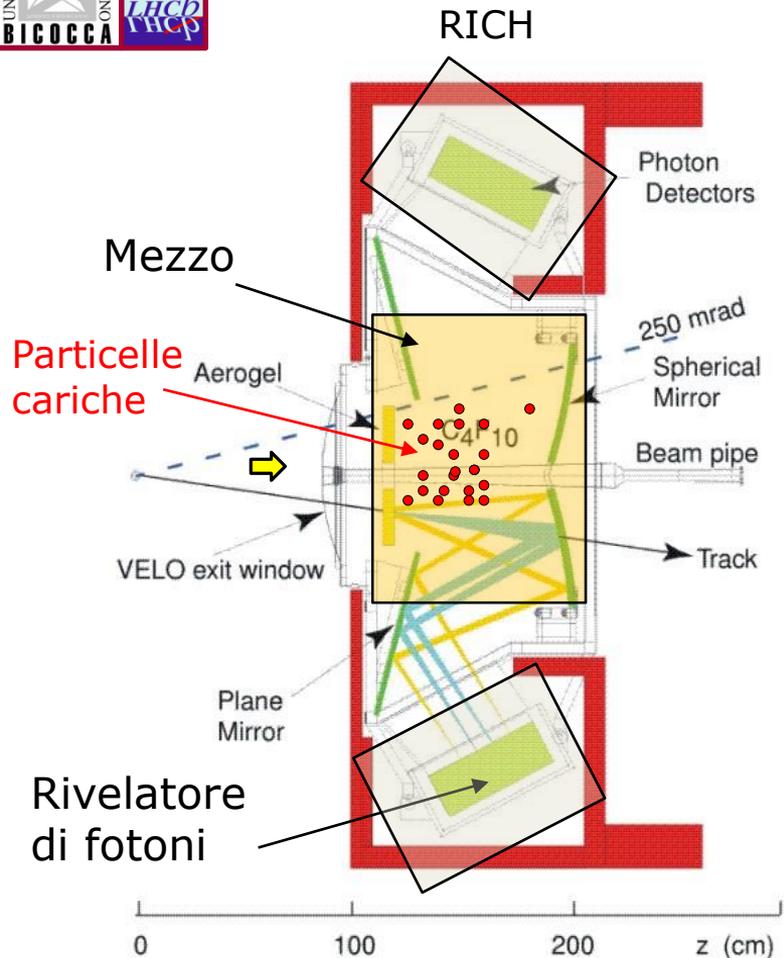


RICH e pile-up



RICH e pile-up





Difficile distinguere gli anelli

Difficile associare un anello alla giusta traccia

Diminuire le dimensioni dei pixel sui rivelatori di fotoni del RICH (aumentando la risoluzione dell'immagine)

Misurare l'informazione temporale

Intorno al tracciatore
(Simile a quello che succede in CMS)

Nei rivelatori RICH

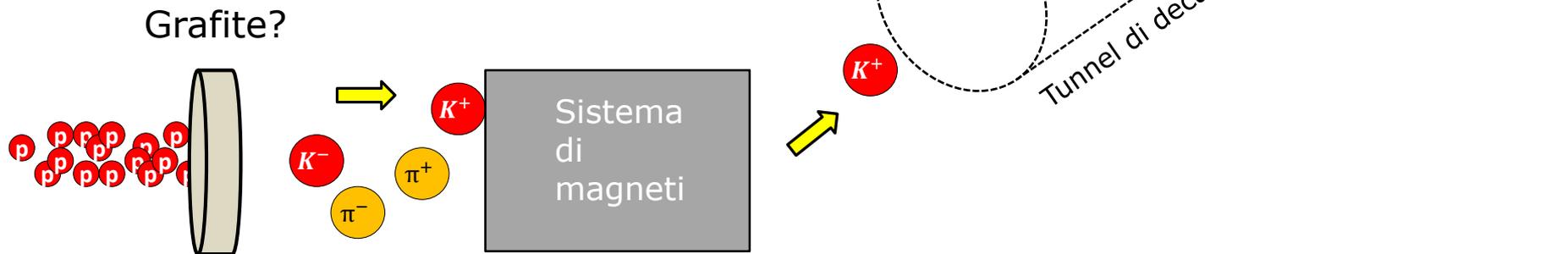


Aggiungere un rivelatore per ricavare l'informazione temporale dal tempo di volo (TORCH project)



I neutrini sono particelle { neutre
interagiscono pochissimo con la materia

Come si crea un fascio di neutrini?



Obiettivi:

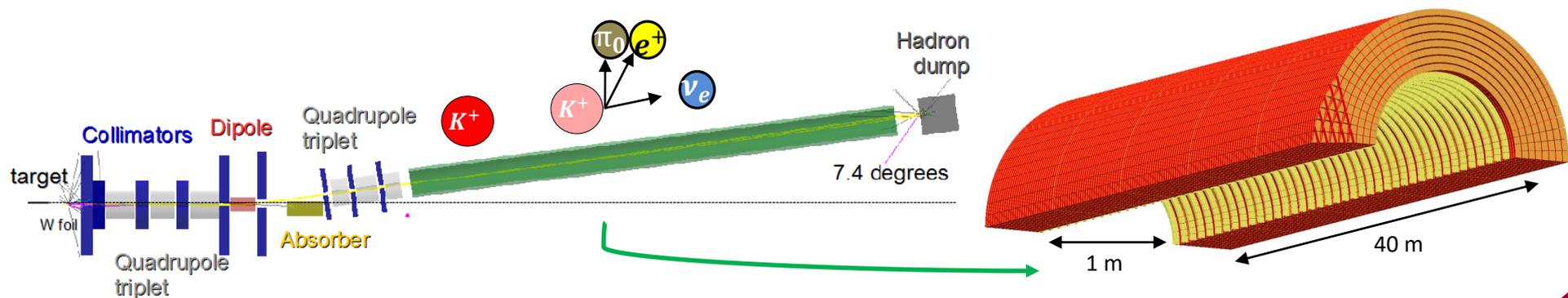
1. Monitor neutrino beam

Eliminare una grossa fonte d'incertezza nelle misure di oscillazioni del neutrino

Made in Bicocca

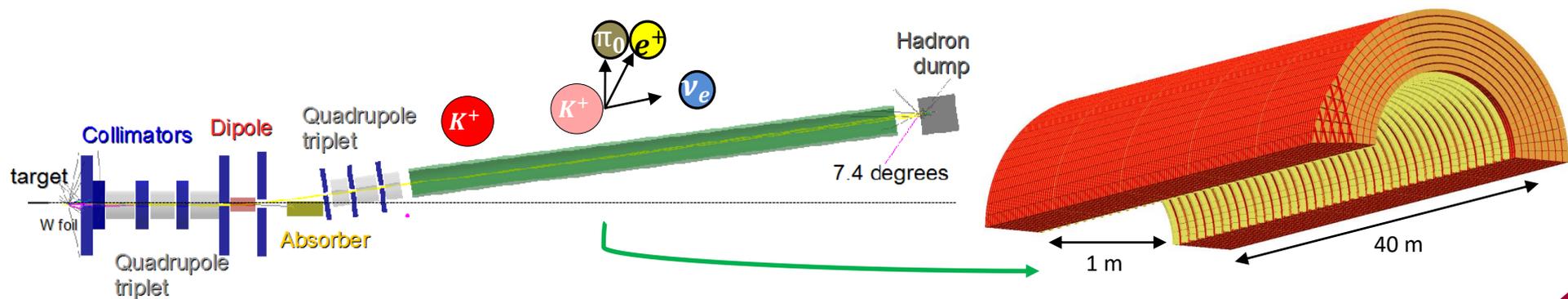
2. Tagged neutrino beam

Riuscire a misurare il tipo di neutrino sia all'arrivo che alla produzione



Obiettivi:

1. Monitor neutrino beam
2. Tagged neutrino beam →



Obiettivi:

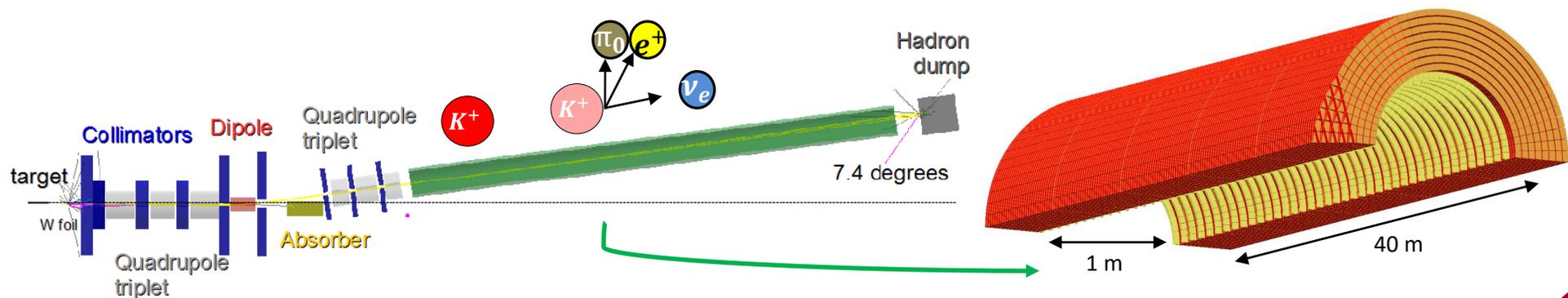
1. Monitor neutrino beam

Eliminare una grossa fonte d'incertezza nelle misure di oscillazioni del neutrino

Made in Bicocca

2. Tagged neutrino beam

Riuscire a misurare il tipo di neutrino sia all'arrivo che alla produzione



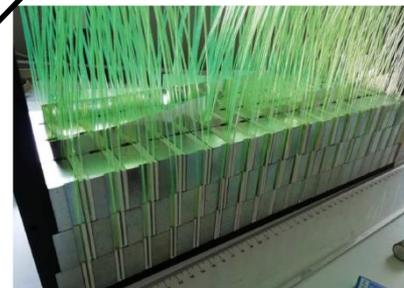
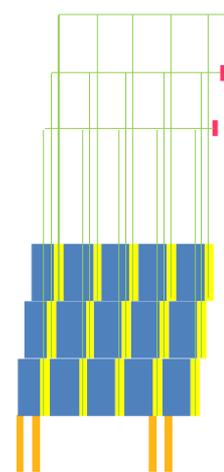
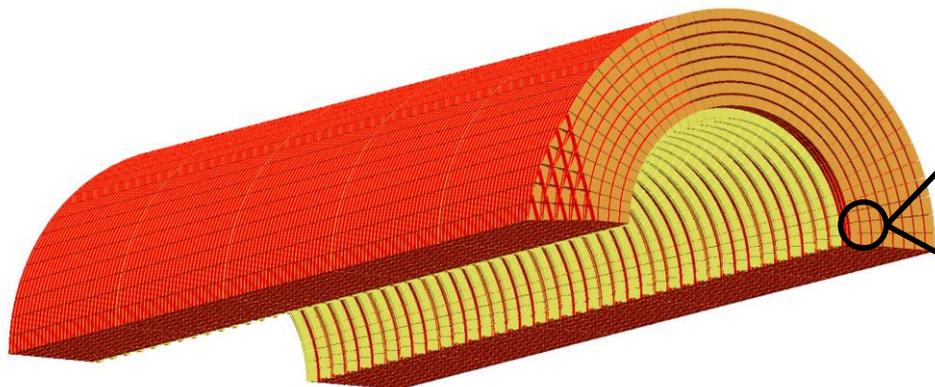
Un evento per enubet è un deposito di energia.

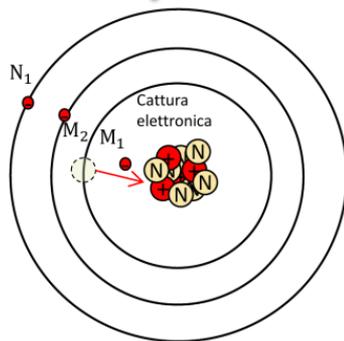
Particelle diverse depositano energia in maniera diversa nel calorimetro.



Il pile-up comporta:

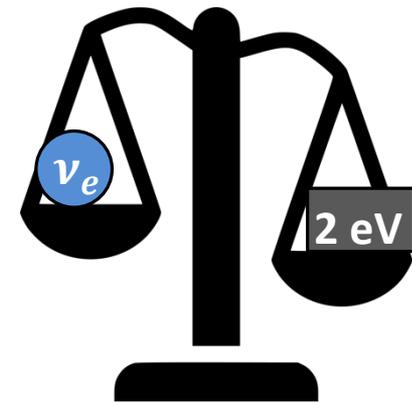
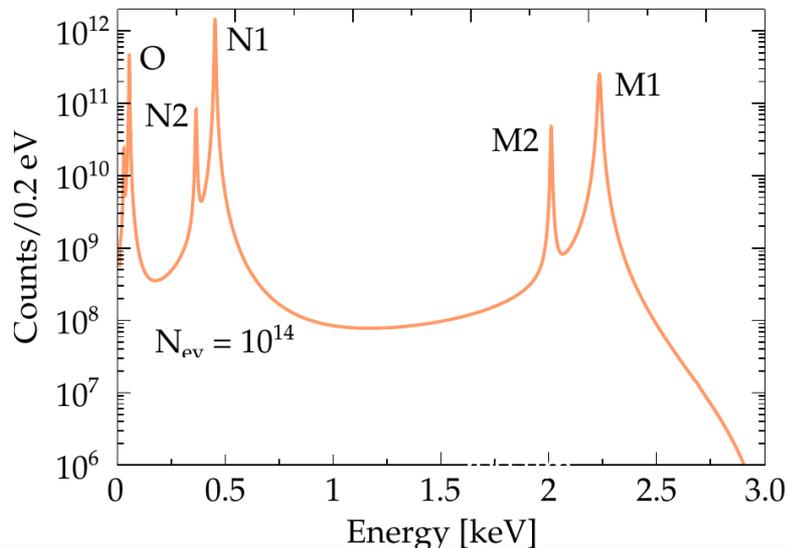
1. la presenza di una sistematica nella misura del numero di neutrini
2. un errato riconoscimento del sapore del neutrino

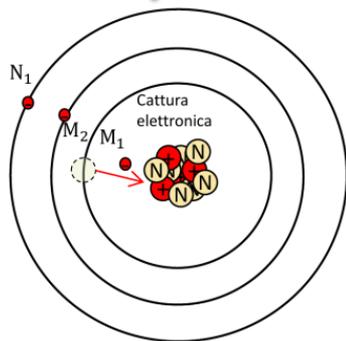




Studiando la forma dello spettro di decadimento dell' ^{163}Ho nella regione vicino all'end point è possibile **ricavare il valore della massa del neutrino!**

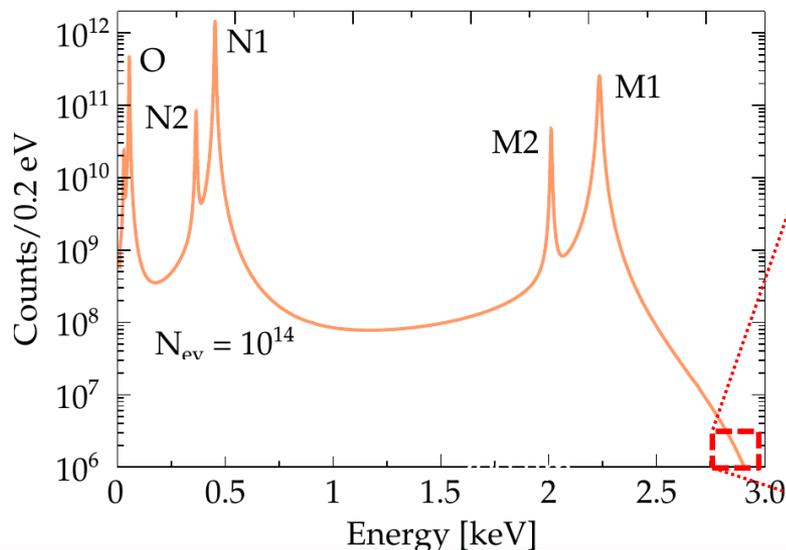
Spettro simulato dell' ^{163}Ho



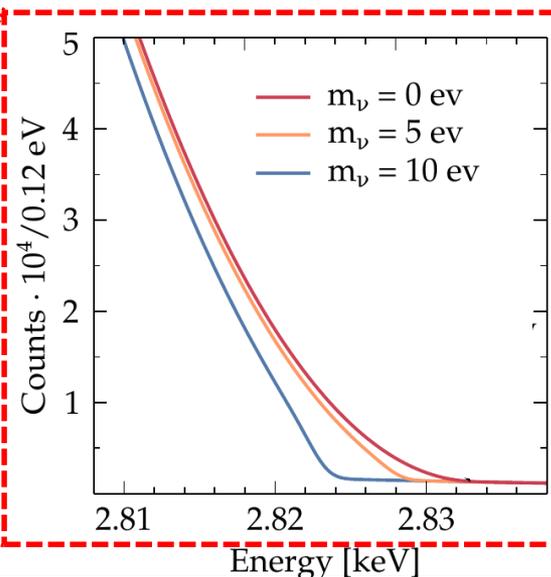


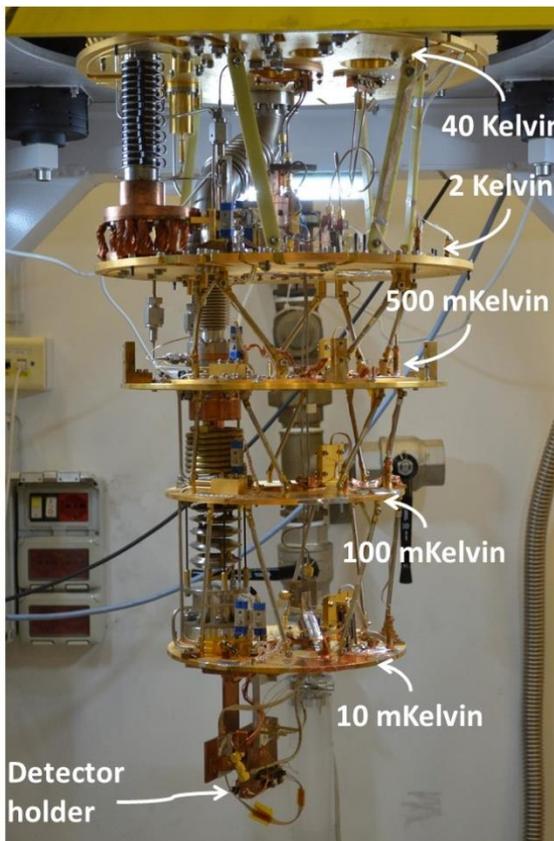
Studiando la forma dello spettro di decadimento dell' ^{163}Ho nella regione vicino all'end point è possibile **ricavare il valore della massa del neutrino!**

Spettro simulato dell' ^{163}Ho

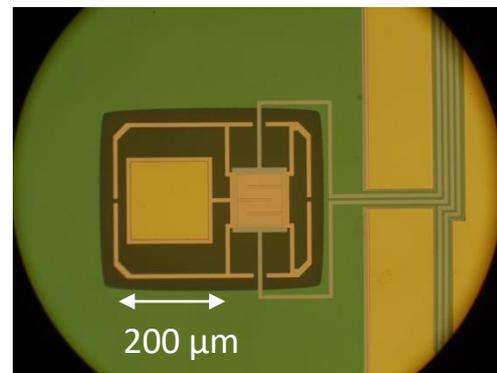
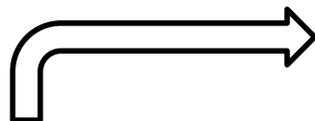


end point



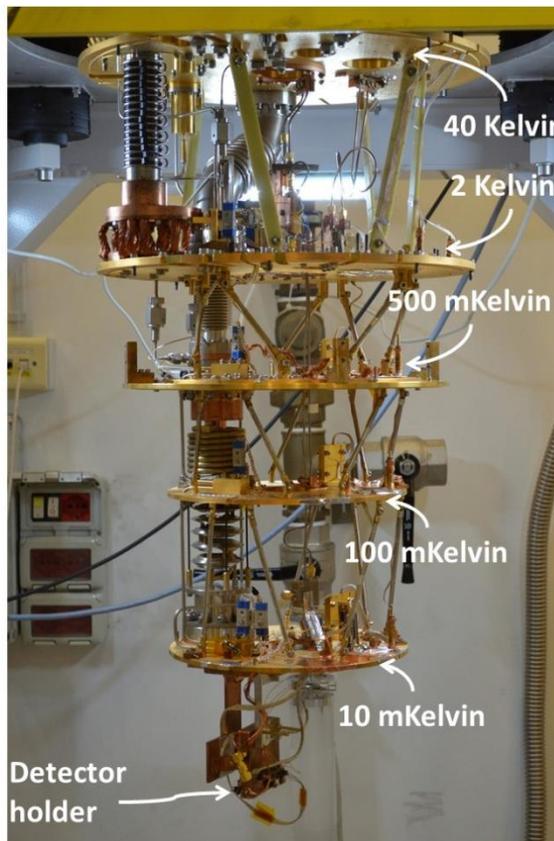


Esperimento condotto nei laboratori di criogenia qui in Bicocca!

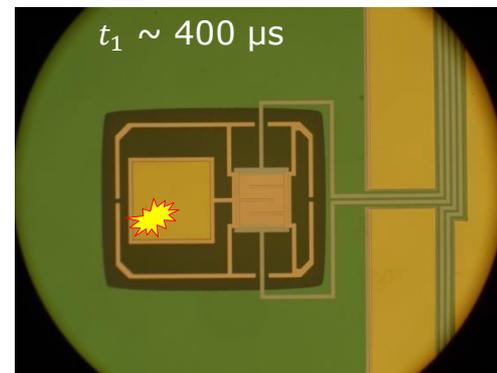
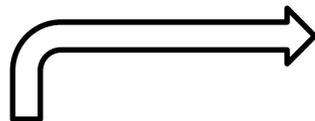


Uso di **microcalorimetri** ad altissima risoluzione energetica...

... che lavorano a 100 mK!

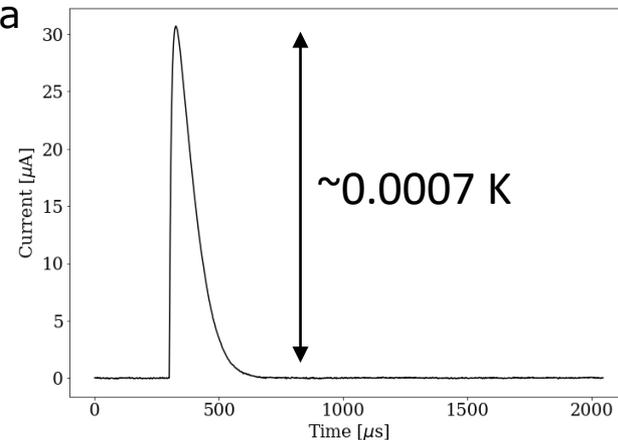


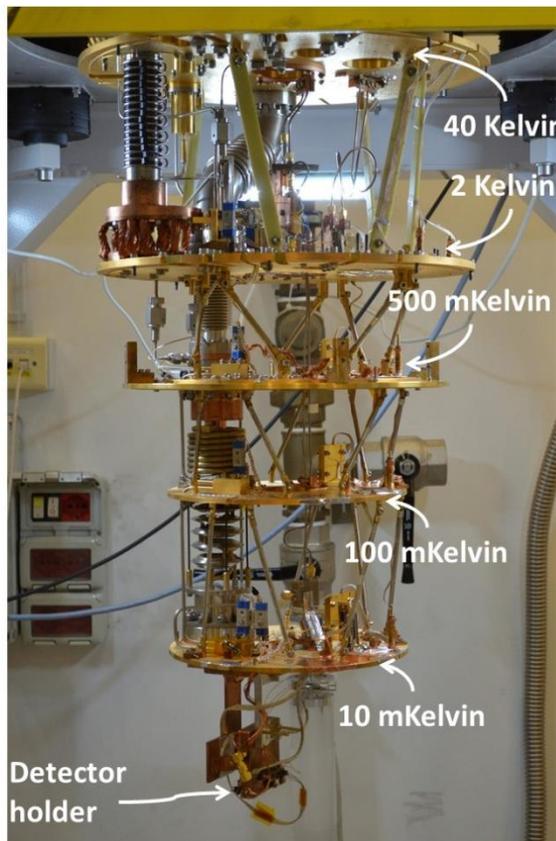
Esperimento condotto nei laboratori di criogenia qui in Bicocca!



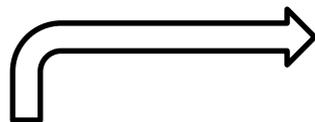
Uso di **microcalorimetri** ad altissima risoluzione energetica...

... che lavorano a 100 mK!



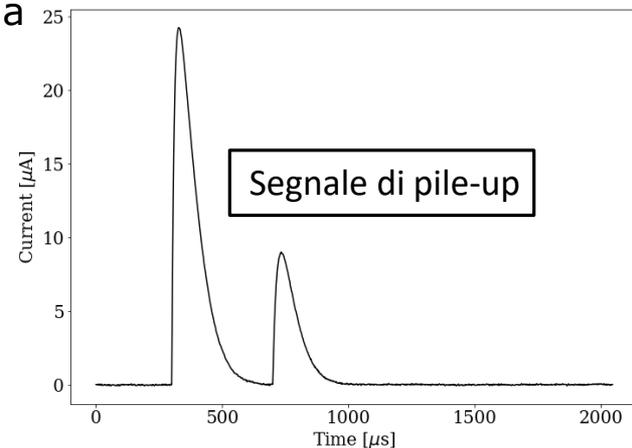
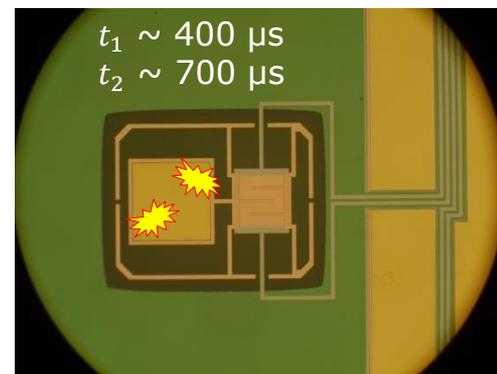


Esperimento condotto nei laboratori di criogenia qui in Bicocca!



Uso di **microcalorimetri** ad altissima risoluzione energetica...

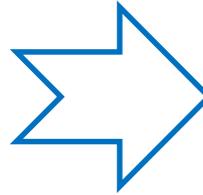
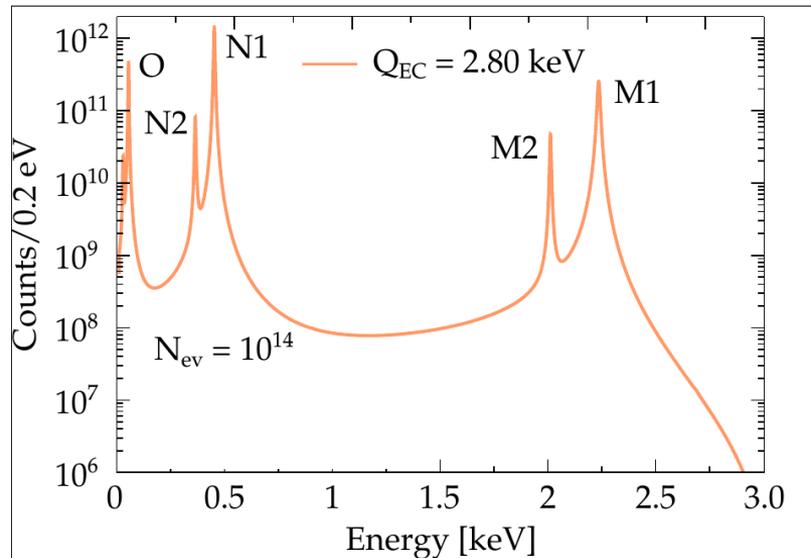
... che lavorano a 100 mK!



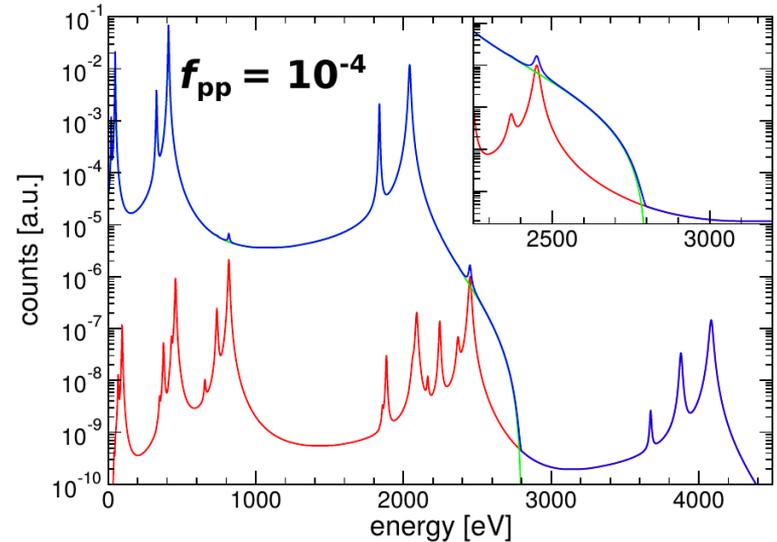
Gli eventi di pile-up modificano lo spettro di energia

Nella configurazione finale dell'esperimento si avranno **300 decadimenti al secondo** per rivelatore.

Spettro simulato dell' ^{163}Ho senza segnali di pile-up

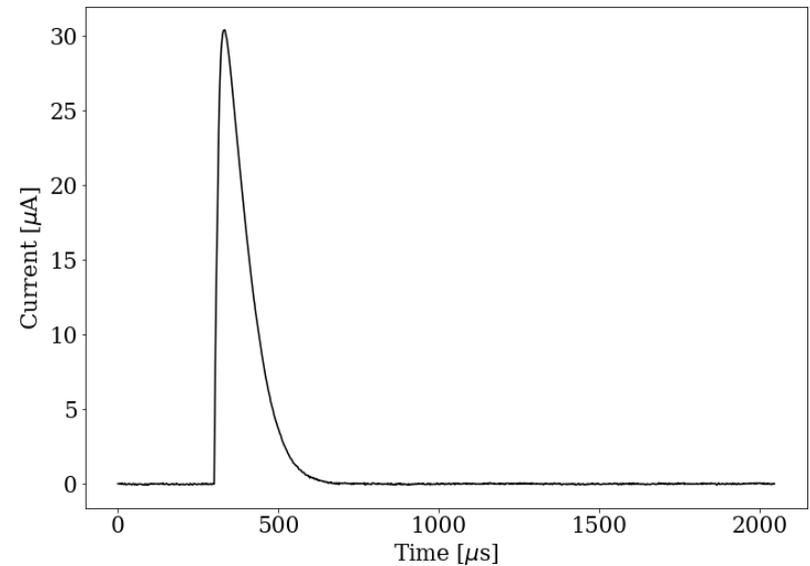
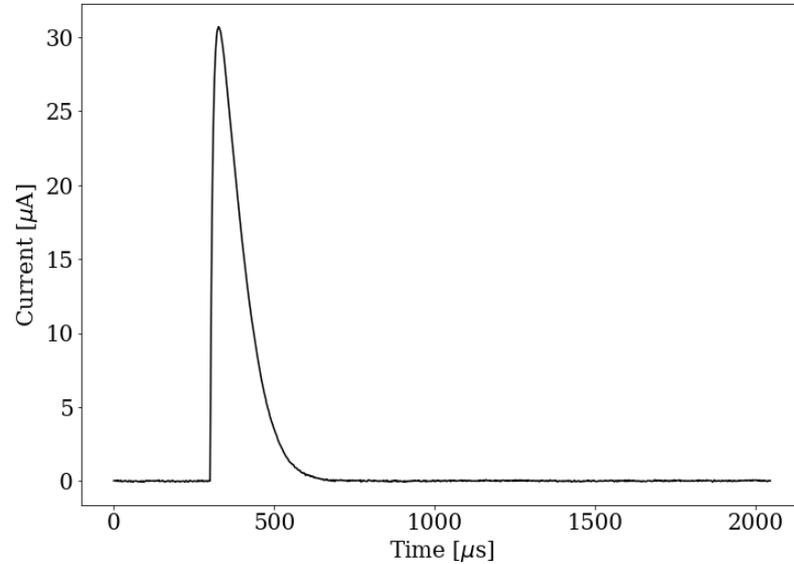


Spettro simulato dell' ^{163}Ho con segnali di pile-up

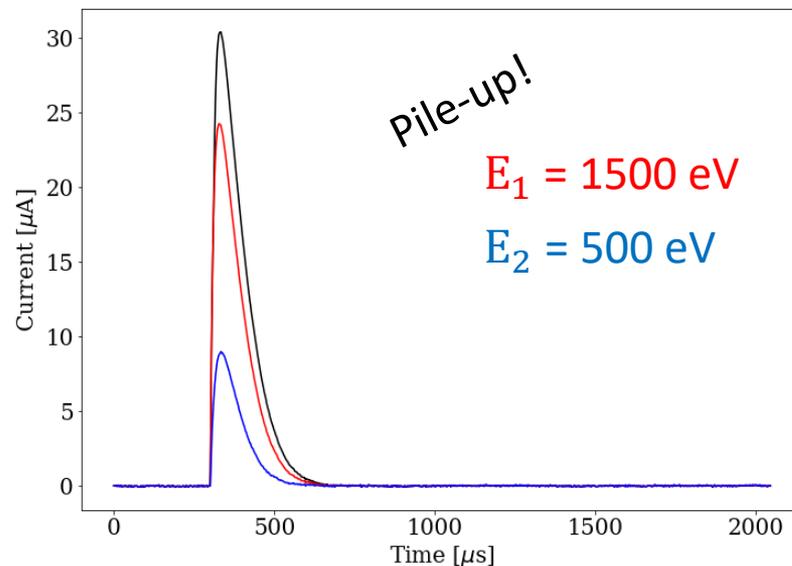
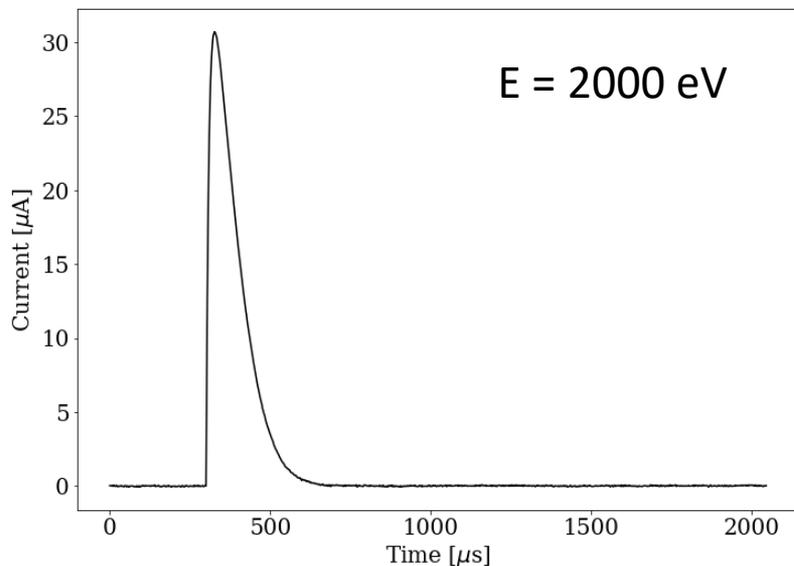


Quando il gioco si fa duro...

Uno di questi due segnali è un segnale di pile-up



Riuscite a capire quale dei due?

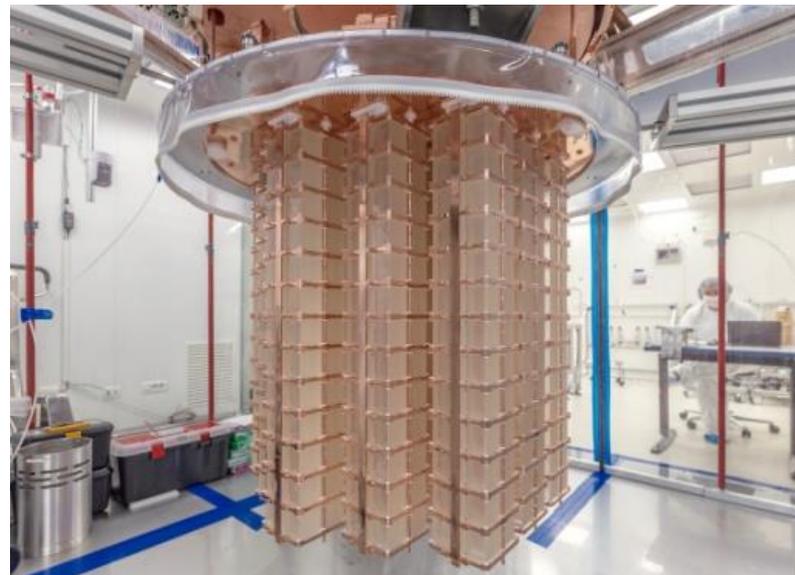


Non posso modificare il rivelatore.



Pulse shape analysis!

Machine learning, algoritmi di filtri sui segnali, Singular Value Decoposition...



E' il metro cubo più freddo
dell'universo

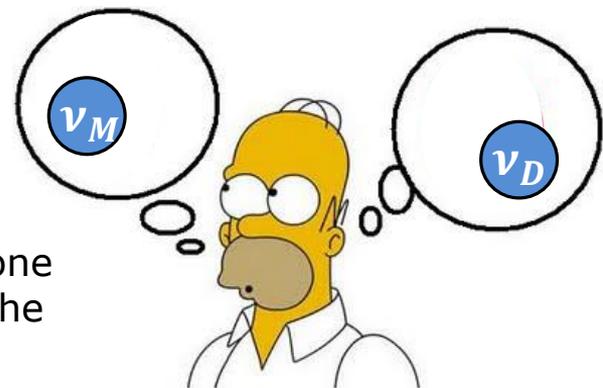


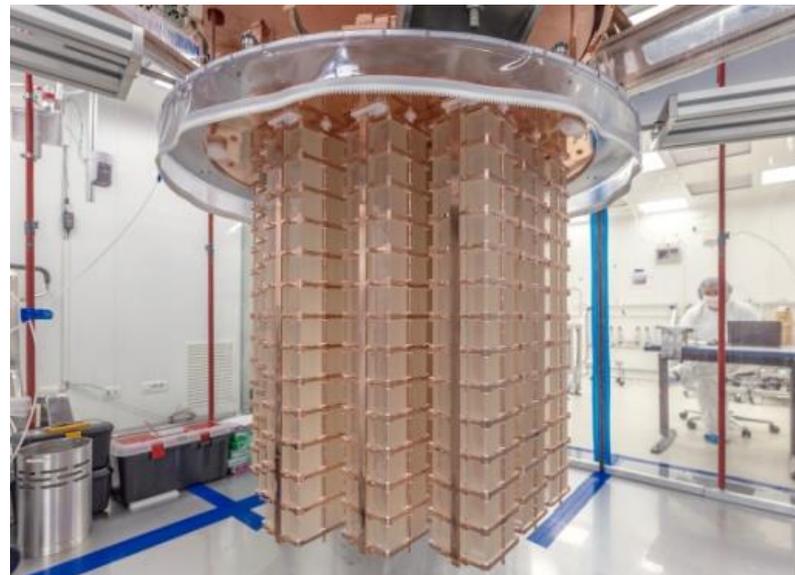
Studiare la natura del
neutrino.

Rivelatori con una risoluzione
energetica molto elevata che
lavorano a bassissime
temperature!

Rate di eventi totale ($2\beta\beta + \text{bkg}$)
per singolo rivelatore ~ 0.005 Hz

Decadimento raro!





E' il metro cubo più freddo
dell'universo

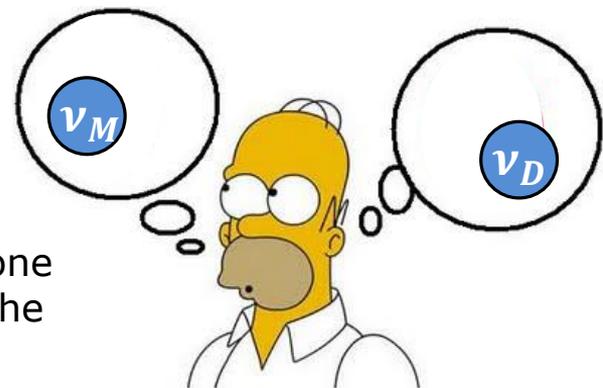


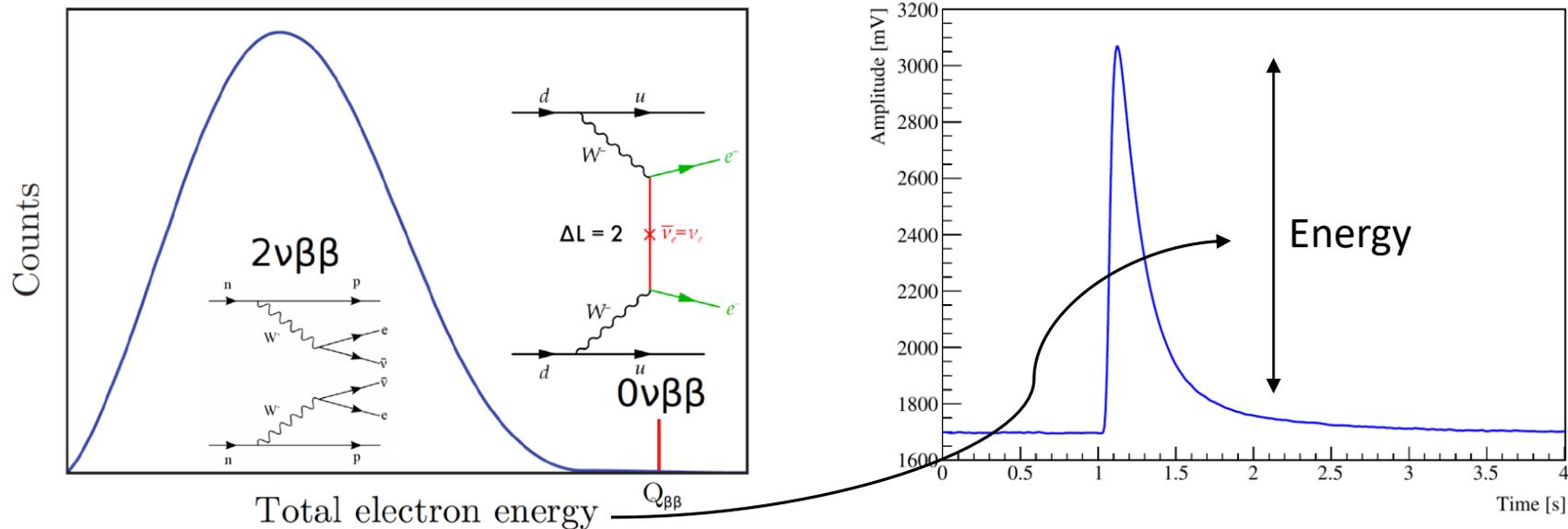
Studiare la natura del
neutrino.

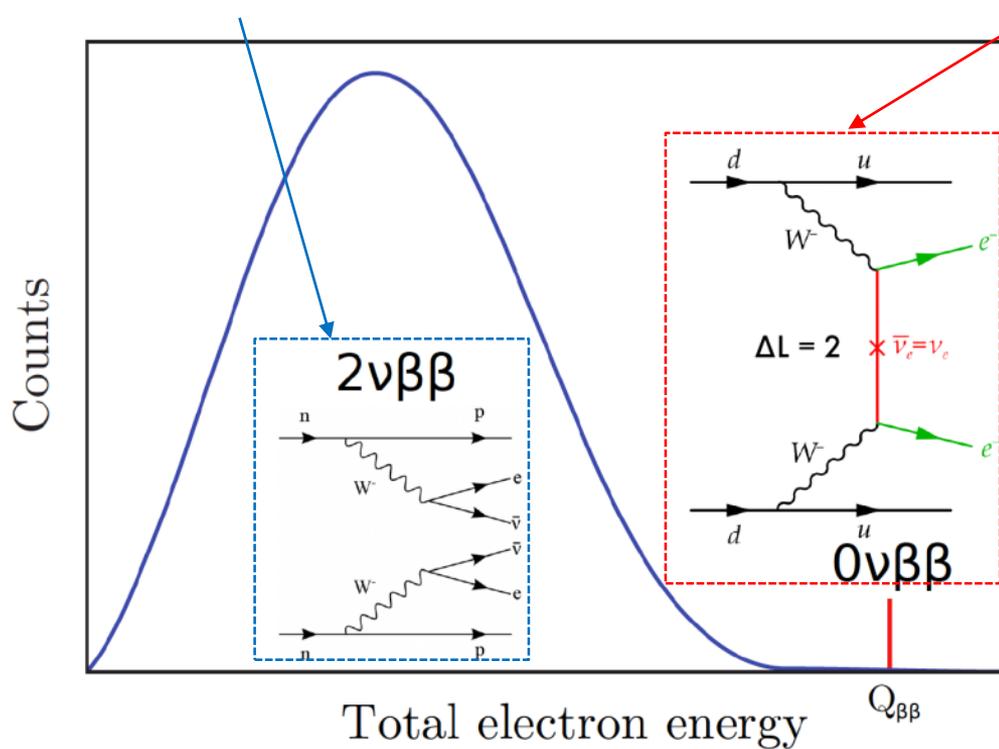
Rivelatori con una risoluzione
energetica molto elevata che
lavorano a bassissime
temperature!

Rate di eventi totale ($2\beta\beta + \text{bkg}$)
per singolo rivelatore ~ 0.005 Hz

Decadimento **raro!**





$\tau \sim 10^{20}$ anni $\tau > 10^{25}$ anni!

Il pile-up è ovunque.

C'è tanto lavoro da fare e altrettante attività interessanti in dipartimento!