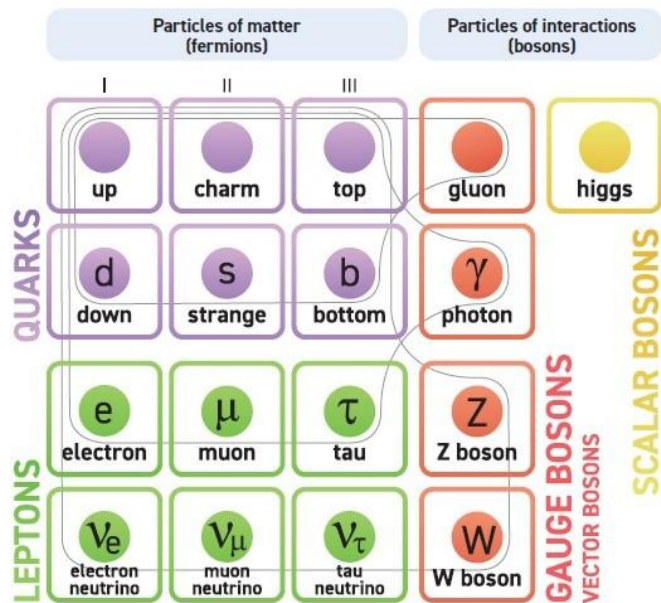


La massa dei neutrini

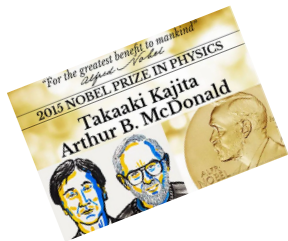
Andrea Nava - Presentazione tesi triennali, 8/01/2026

Il modello standard e i neutrini



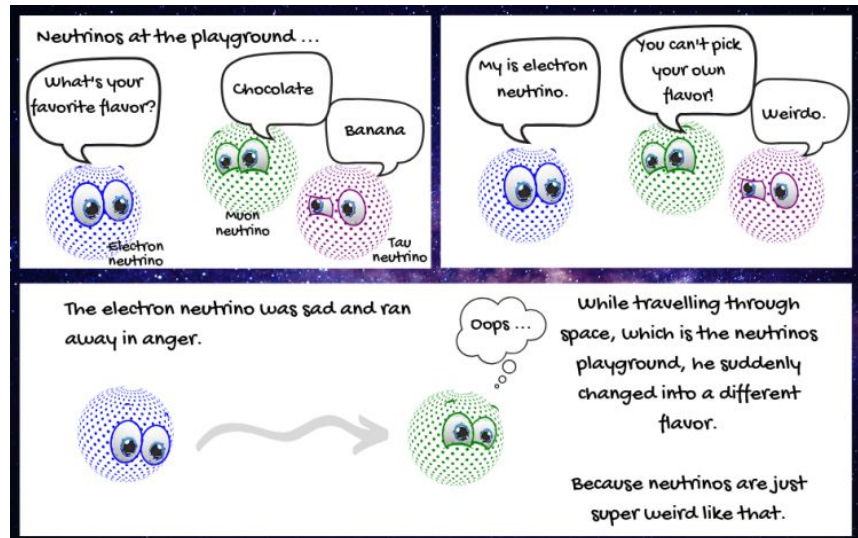
I neutrini sono descritti come leptoni:

- neutri
- poco interagenti (solo interazione debole)
- senza massa



Le oscillazioni dei neutrini

- scoperte nel 1998
- implicano che per i neutrini:
base di massa \neq base di sapore
- a sua volta implica che i neutrini hanno massa!



- nuovo “ramo” della fisica delle particelle che negli ultimi ~25 anni ha portato a misure di precisione nel settore dei neutrini

(alcuni) Open points

MASSA

quanto vale?
perché così piccola?

NATURA

$\nu \equiv \bar{\nu}$?
→ asimmetria
materia-antimateria

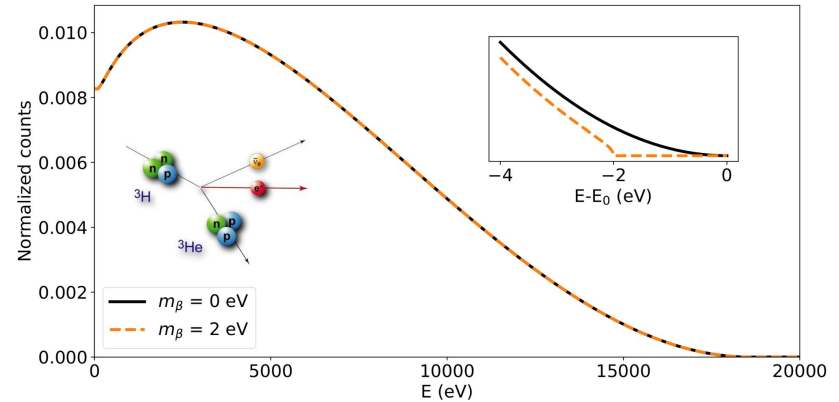
TIPI

sono solo 3?

Come misurare la massa del neutrino

Decadimento β : $A \rightarrow A' + e^- + \bar{\nu}_e$

- Una misura precisa della parte finale di uno spettro β (o di cattura elettronica) permette di misurare la massa del neutrino



Serve:

- eccellente risoluzione energetica
- basso background
- sorgente molto attiva

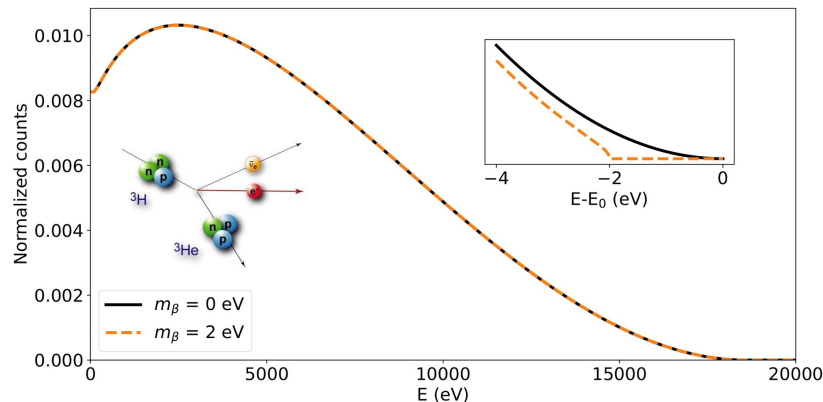
Come misurare la massa del neutrino

Decadimento β : $A \rightarrow A' + e^- + \bar{\nu}_e$

- Una misura precisa della parte finale di uno spettro β (o di cattura elettronica) permette di misurare la massa del neutrino
- ci sono due approcci seguiti in Bicocca:



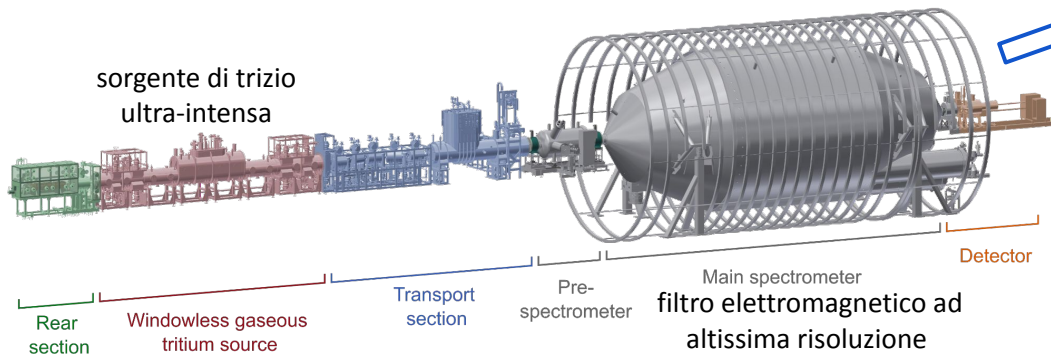
spettro β del ^3H misurato con spettrometro elettromagnetico



spettro di cattura elettronica del ^{163}Ho misurato con calorimetri criogenici



KATRIN



PROPOSTE DI TESI SOFTWARE

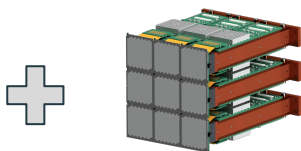
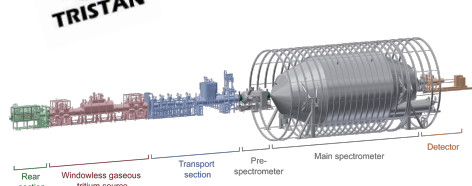
- caratterizzazione di nuovi effetti sperimentali non inclusi nell'attuale analisi mediante simulazioni Monte Carlo
- analisi di dati ottenuti da misure dedicate di calibrazione
- studi di sensibilità per disegnare l'upgrade dell'esperimento

M. Biassoni, G. Gagliardi, A. Nava, I. Nutini, M. Pavan

Info x tesi: matteo.biassoni@mib.infn.it,
andrea.nava@mib.infn.it

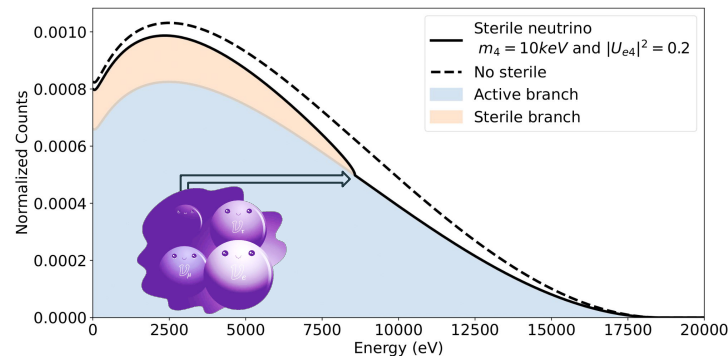


KATRIN: fase TRISTAN



Upgrade del detector: matrice di
Silicon Drift Detectors (SDD)

Una misura precisa di tutto lo spettro β permette di cercare
neutrini sterili (candidati per la Dark Matter)



PROPOSTE DI TESI SOFTWARE

- analisi Bayesiana dei primi dati di calibrazione raccolti con il detector TRISTAN partendo da simulazioni Monte Carlo
- sviluppo di un modello analitico per la funzione di risposta di KATRIN utilizzando tecniche di Machine Learning

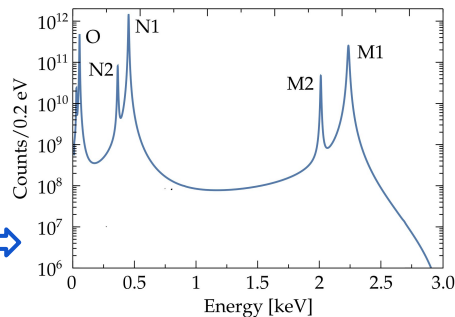
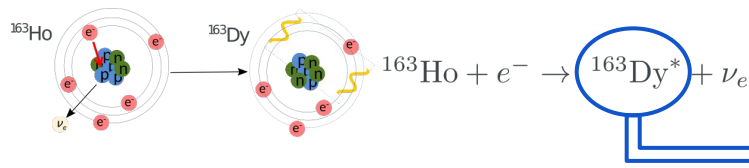
PROPOSTE DI TESI HARDWARE

- misura della funzione di risposta degli SDD ad elettroni esterni utilizzando un electron gun
- misura di spettri β proibiti con SDD e ricostruzione dello spettro misurato mediante simulazioni Monte Carlo

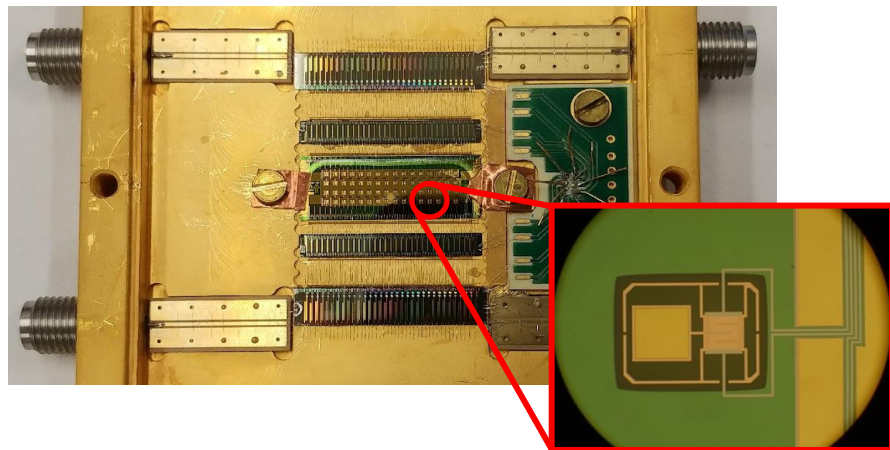
M. Biassoni, G. Gagliardi, A. Nava, I. Nutini, M. Pavan

Info x tesi: matteo.biassoni@mib.infn.it, andrea.nava@mib.infn.it

HOLMES



Diseccitazioni a seguito della cattura elettronica: l'energia massima è sempre $Q - m_\nu$



- Misura in corso a MiB
- microcalorimetri criogenici (<100mK)
letti da sensori superconduttivi

HOLMES



PROPOSTE DI TESI SOFTWARE

- sviluppo software per analisi e discriminazione di pile-up
- sviluppo di simulazioni di segnali da microcalorimetri letti con TES
- studi di sensibilità per disegnare la prossima fase dell'esperimento

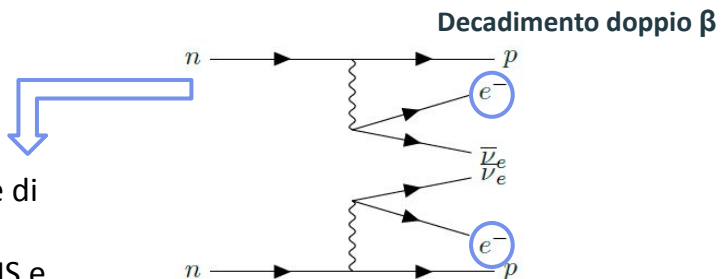
PROPOSTE DI TESI HARDWARE

- sviluppo sorgente criogenica per calibrazione di rivelatori a bassa temperatura
- presa dati per misure di massa del neutrino

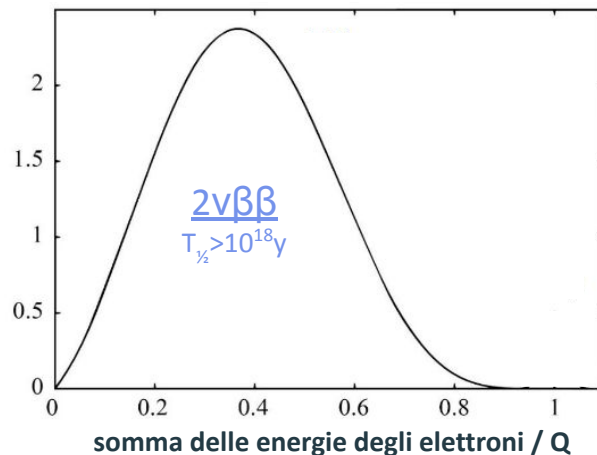
A. Nucciotti, M. Borghesi, M. Faverzani, E. Ferri, S. Gamba, A. Giachero, D. Labranca

Info x tesi: angelo.nucciotti@mib.infn.it, marco.faverzani@mib.infn.it

Come determinare la natura dei neutrini

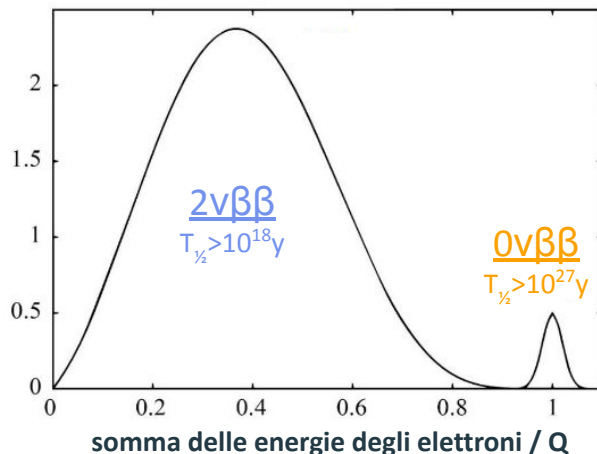
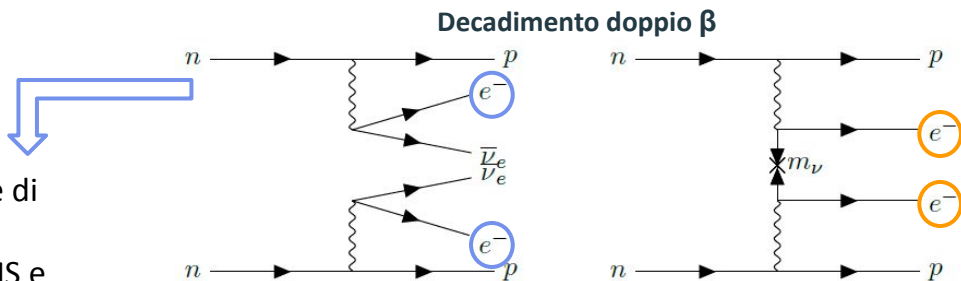


- con emissione di neutrini
- previsto dal MS e osservato per diversi isotopi
- uno dei processi più rari osservati in natura



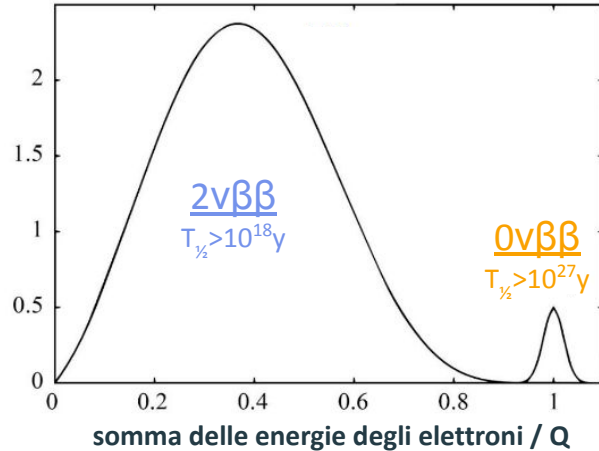
Come determinare la natura dei neutrini

- con emissione di neutrini
- previsto dal MS e osservato per diversi isotopi
- uno dei processi più rari osservati in natura



- senza emissione di neutrini
- non previsto dal MS (violazione del numero leptonico)
- potrebbe spiegare l'asimmetria materia-antimateria
- possibile solo se il neutrino è massivo e coincide con l'antineutrino

Come determinare la natura dei neutrini

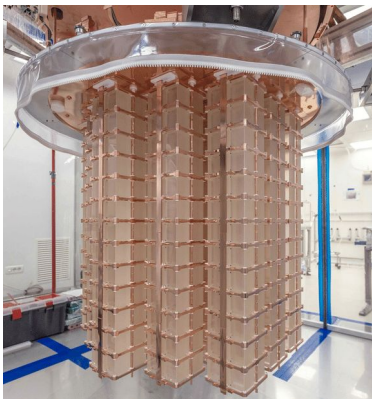


Ricerca di un picco al Q-valore

Serve:

- ottima risoluzione energetica
- bassissimo background → laboratori sotterranei
- tanti nuclei candidati → grande massa

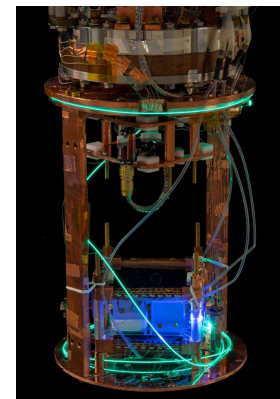




CUORE & CUPID

CUORE: 988 rivelatori termici operati a 10mK a LNGS: misura ad alta risoluzione dell'energia dall'aumento di temperatura
→ ricerca del $0\nu\beta\beta$ del ^{130}Te

CUPID: upgrade del rivelatore con cristalli scintillanti
→ ricerca del $0\nu\beta\beta$ del ^{100}Mo



setup
@MiB

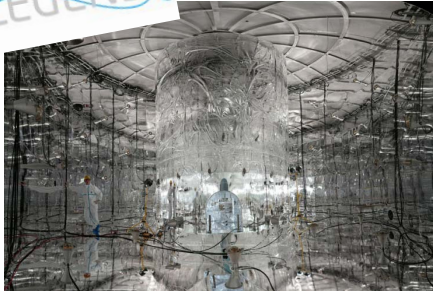
- caratterizzazione della risposta dei rivelatori di CUPID
- modello del background radioattivo di CUORE e previsione per CUPID
- calibrazione dei detector di CUORE: analisi dati e simulazioni Monte Carlo
- algoritmi di Machine Learning per studi di pile-up e noise
- studio della regione a bassa energia dello spettro di CUORE per ricerca di Dark Matter
- R&D su nuovi rivelatori criogenici
- misura di contaminazioni radioattive di materiali
- misure γ con HPGe e α con rivelatori al Silicio

*M. Biassoni, M. Beretta,
T. Bradanini, C. Brofferio,
S. Capelli, D. Chiesa,
O. Cremonesi, M. Girola,
L. Gironi, L. Imbert,
A. Nava, I. Nutini,
M. Pavan, S. Pozzi,
E. Previtali, M. Sisti,
S. Schneidewind*

Info x tesi: chiara.brofferio@unimib.it, elena.ferri@mib.infn.it

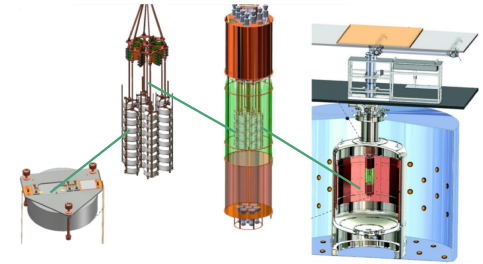
LEGEND

LEGEND



LEGEND-200: 200 kg di Germanio arricchito in presa dati ai LNGS
→ ricerca del $0\nu\beta\beta$ del ^{76}Ge

LEGEND-1000: upgrade del rivelatore finanziato ed in fase di progettazione e costruzione
→ gruppo di Bicocca coinvolto nella realizzazione del veto ai neutroni in argon liquido (LAr)



PROPOSTE DI TESI SOFTWARE

- Presa dati e analisi dati per LEGEND-200
- Simulazioni delle mappe ottiche per l'unità di rivelazione ottica

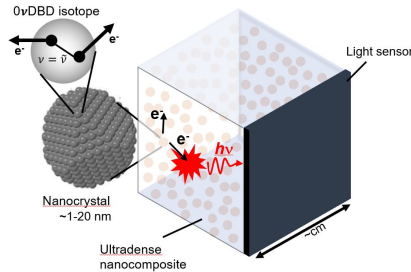
PROPOSTE DI TESI HARDWARE

- Test dell'unità di rivelazione dei fotoni per il veto ai neutroni
- Sviluppo di nuovi materiali per la conversione della luce VUV (in collaborazione con il Dipartimento di Scienza dei Materiali)
- SiPM: caratterizzazione e elettronica di lettura

A. Benaglia, L. Canonica, C. Cattadori, S. Dell'Oro, A. Ghezzi, M. Malberti, S. Ragazzi, T. Tabarelli de Fatis

Info x tesi: lucia.canonica@unimib.it, tommaso.tabarelli@unimib.it

UNICORN



→ sviluppo di simulazioni Monte Carlo in GEANT4 per ottimizzare il design del detector

→ caratterizzazione di scintillatori con nanocristalli in un setup dedicato @MiB



L. Gironi, M. Mazzola. **Info x tesi:** luca.gironi@mib.infn.it

In generale, forte collaborazione INFN sul fronte della ricerca del decadimento $0\nu\beta\beta$, con borse di studio che permettono periodi di ricerca presso laboratori nazionali, anche LNGS:

https://jobs.dsi.infn.it/dettagli_job.php?id=4438 → bando in scadenza domani!

(alcuni) Open points

MASSA

quanto vale?
perché così piccola?

NATURA

$\nu \equiv \bar{\nu}$?
→ asimmetria
materia-antimateria

TIPI

sono solo 3?

In Bicocca tante attività per cercare di rispondere a queste domande

HOLMES

MASSA



quanto vale?
perché così piccola?

TIPI



sono solo 3?

CUORE

NATURA



$$\nu \equiv \bar{\nu}?$$

→ asimmetria
materia-antimateria



LEGENDA