

# Tesi triennali in Fisica del Neutrino massa del $\nu$

---

S. Dell'Oro (Milano-Bicocca, 2023.03.14)



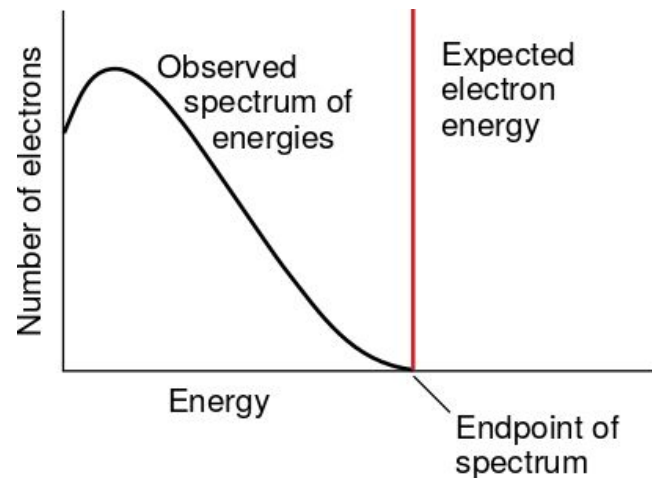
# (Quasi) cent'anni fa: il rompicapo del decadimento $\beta$

- decadimento a 2 corpi



- attesa energia fissata per l'elettrone, invece è osservato uno spettro continuo
  - E si conserva *in media*
  - ... oppure altro sta portando via una frazione di E

- una terza particella è coinvolta: il **neutrino**
- ipotesi: Pauli, 1930
- osservazione: Reines&Cowan, 1956
- studio: ... tutt'ora in corso



# Cosa sappiamo e *non* sappiamo del neutrino

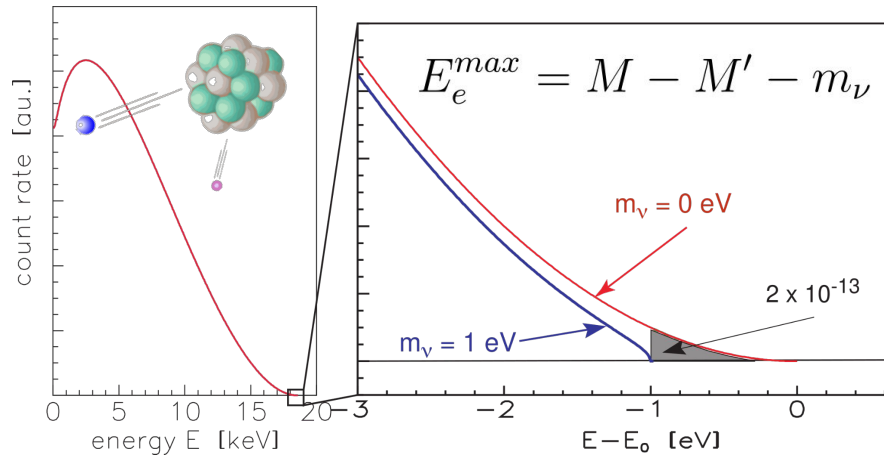
- ✓ piccolissima probabilità di interagire
    - sezione d'urto  $\sim 10^{-44}$  cm<sup>2</sup> @ 1 MeV
    - circa  $1/10^{20}$  prob. interazione di e<sup>-</sup>
  - ✓ ottimi messaggeri
    - materia trasparente
    - grandi distanze
  - ✓ numerose sorgenti di  $\nu$ 
    - naturali e artificiali
  - ✓ tre sapori di neutrino
    - $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$
  - ✓ descrizione nel SM
    - assunzione  $m = 0$
  - ✓ i neutrini hanno **massa** (SK, 1998)
    - **oscillazioni** tra gli autostati di massa
- × massa del neutrino più leggero
  - × ordinamento dei neutrini
  - ×  $\nu$  & anti- $\nu$  sono la stessa particella?
    - Dirac vs. Majorana
  - ×  $\nu$  & anti- $\nu$  si comportano ugualmente?
    - CP-violation nel settore leptonic
    - asimmetria matter/anti-matter nell'Universo
  - × esistono altri tipi di neutrini?
    - $\nu$  sterili



tanta strada ancora da fare  
... vediamo qualche esempio

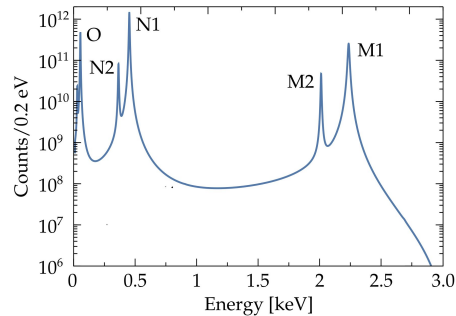
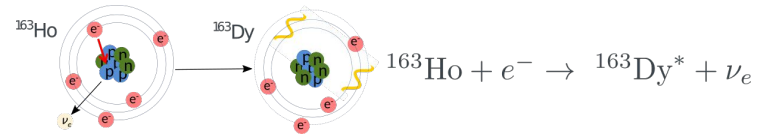
# Misura diretta $m_\nu$

- studio dello spettro  $\beta$ 
  - il neutrino ha massa non nulla  $\rightarrow$  l'elettrone non può prendersi tutta l'energia



# Misura diretta $m_\nu$ : HOLMES

- Esperimento in Milano-Bicocca
- micro-calorimetri @ <100 mK
- TES readout



- Sviluppo sorgente X criogenica per calibrazione rivelatori a basse T
- Sviluppo software per analisi e discriminazione pile-up
- Studio sensibilità di esperimenti per la misura della massa del neutrino con approccio bayesiano
- Sviluppo software simulazione segnali di micro-calorimetri TES

A. Nucciotti, M. Borghesi, M. Faverzani, E. Ferri, A. Giachero, D. Labranca, L. Origo

Info x tesi: [angelo.nucciotti@mib.infn.it](mailto:angelo.nucciotti@mib.infn.it) [marco.faverzani@mib.infn.it](mailto:marco.faverzani@mib.infn.it)

# Misura diretta $m_\nu / \nu$ sterili: KATRIN / TRISTAN



- KATRIN

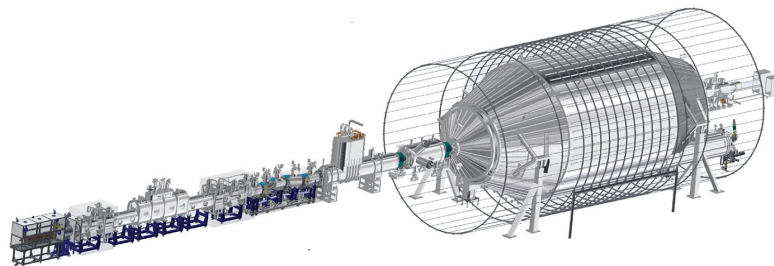
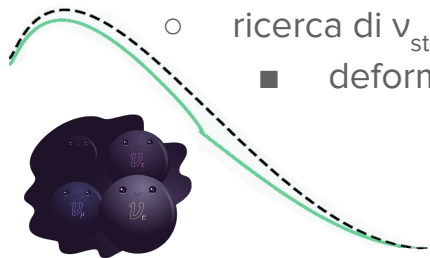
- $\beta$ -decay  $^3\text{H}$
- spettrometro

- TRISTAN

- apparato di KATRIN
- ricerca di  $\nu_{\text{sterili}}$ 
  - deformazione in spettro  $\beta$

- Simulazione MC interazione  $e^-$  con SDD
- Simulazione per misura spettri  $\beta$  (SDD + cristallo scintillatore)
- Studio sensibilità di TRISTAN per  $\nu_{\text{sterile}}$

- Misure di backscattering iper energia, angolo e materiali
- Misure di elettroni con SDD (dati vs. simulazione)



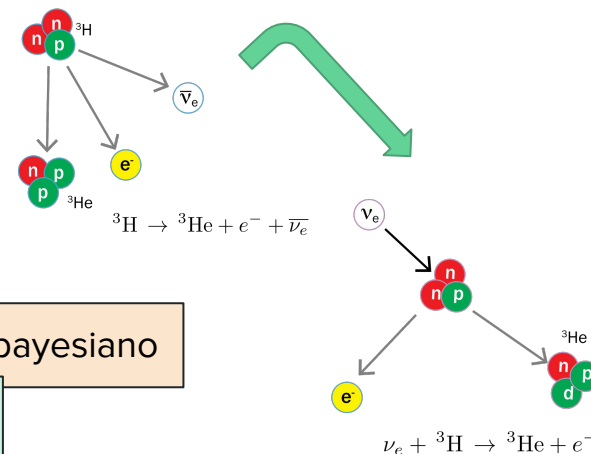
M. Biassoni, O. Cremonesi, A. Nava, I. Nutini, M. Pavan, S. Pozzi

Info x tesi: [matteo.biassoni@mib.infn.it](mailto:matteo.biassoni@mib.infn.it)

# Misura di $\nu$ primordiali: PTOLEMY



- ricerca di  $\nu$  primordiali dal Big Bang
  - simili a CMB, ma disaccoppiati dopo  $\sim 1s$
- i più numerosi... eppure i più difficili da misurare
- spettrometro + rivelatori TES



- Studio sensibilità PTOLEMY con approccio bayesiano

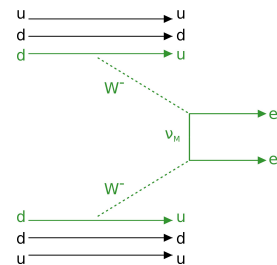
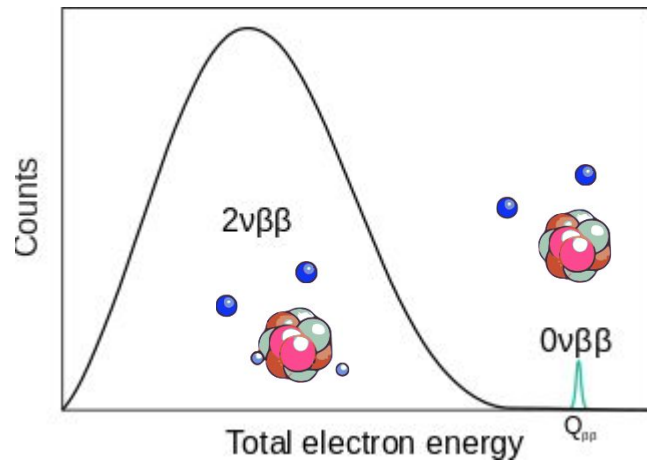
- Spettroscopia di elettroni con rivelatori criogenici
- Sviluppo software simulazione segnali di micro-calorimetri TES

A. Nucciotti, M. Borghesi, M. Faverzani, E. Ferri, A. Giachero, D. Labranca, L. Origo

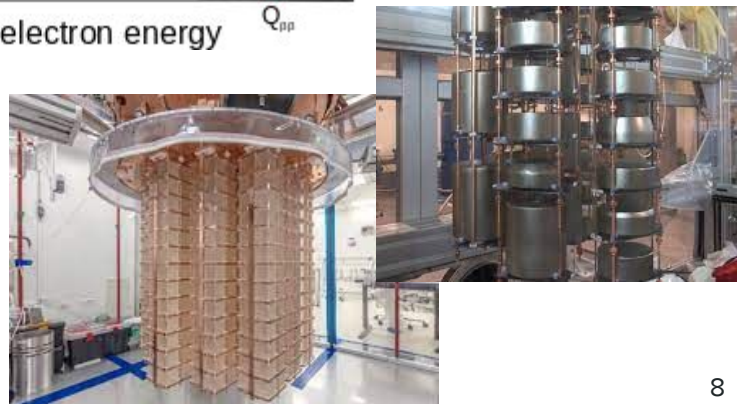
Info x tesi: [angelo.nucciotti@mib.infn.it](mailto:angelo.nucciotti@mib.infn.it) [marco.faverzani@mib.infn.it](mailto:marco.faverzani@mib.infn.it)

# Ricerca di decadimento $0\nu\beta\beta$ (o *creazione di $e^-$ nella materia*)

- $(A, Z) \rightarrow (A, Z+2) + 2e^- (+ 2\nu)$
- si considerano i 2  $e^-$  insieme
- decadimento  $\sim 2$  corpi
  - ricerca di un picco al Q-value
  - fondo da  $2\nu\beta\beta$



- **violazione** del numero leptonico  $L$
- informazioni su  $m_{\beta\beta}$ 
  - $[t_{1/2}]^{-1} = G \cdot |M_{0\nu}|^2 \cdot (m_{\beta\beta} / m_e)^2$





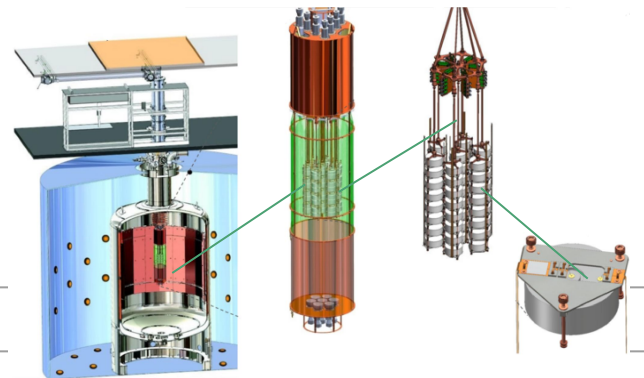
# Ricerca di decadimento $0\nu\beta\beta$ : LEGEND

- $0\nu\beta\beta$  del  $^{76}\text{Ge}$
- @LNGS
- HPGe detectors



- Digital processing dati luce di scintillazione LAr con SiPM
- Digital processing dati di rivelatori HPGe

- Misura & analisi performance di preamplificatori criogenici
- Performance cavi coassiali criogenici per polarizzazione HPGe
- Misure efficienza lastre wavelength-shifter come guida di luce



C. Cattadori

Info x tesi: [carla.cattadori@lngs.infn.it](mailto:carla.cattadori@lngs.infn.it)

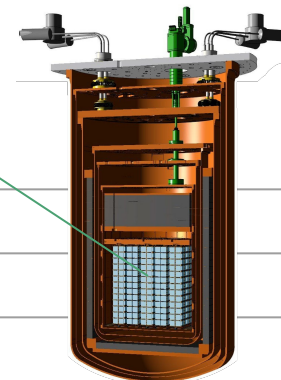
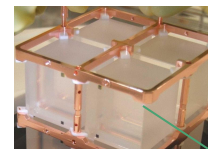
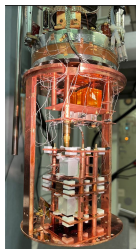
# Ricerca di decadimento $0\nu\beta\beta$ : CUORE & CUPID



- $0\nu\beta\beta$  del  $^{130}\text{Te} \rightarrow ^{100}\text{Mo}$
- @LNGS
- bolometri a  $T \sim 10$  mK
- Lab Criogenia @MiB
  - tecnologia nata qui
  - >30 anni di misure
  - ricco programma di R&D

- Sviluppo+test nuovi rivelatori bolometrici
- Misura contaminazioni radioattive materiali

- Caratterizzazione risposta rivelatori CUPID
- Modello fondo radioattivo CUORE & previsioni per CUPID
- Calibrazione CUORE: analisi dati & simulazione MC
- Algoritmi Machine Learning per studio pileup e rumore
- Eventi a bassa E: ricerca signature DM



M. Biassoni, C. Brofferio, S. Capelli, D. Chiesa, O. Cremonesi, S. Dell'Oro, M. Girola, L. Gironi, I. Nutini, M. Pavan, S. Pozzi, E. Previtali, M. Sisti

*Info x tesi:* chiara.brofferio@unimib.it, luca.gironi@mib.infn.it