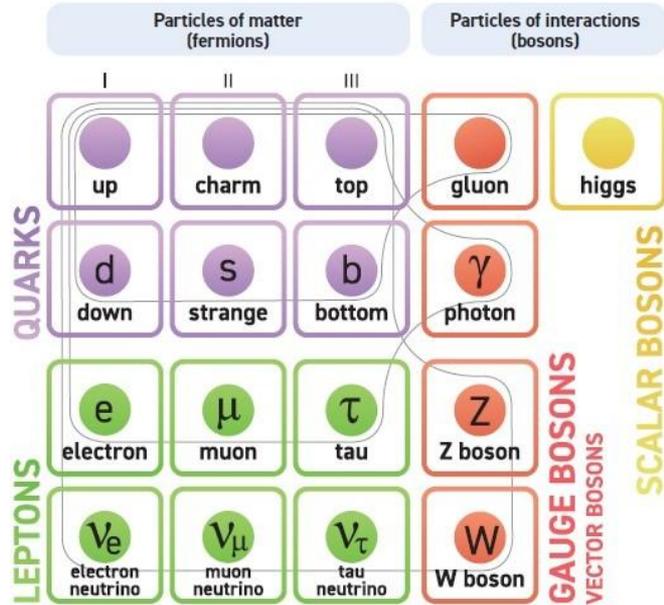


La massa dei neutrini

Andrea Nava - Presentazione tesi triennali, 14/01/2025

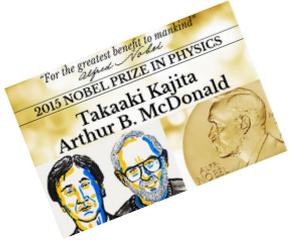
Il modello standard e i neutrini



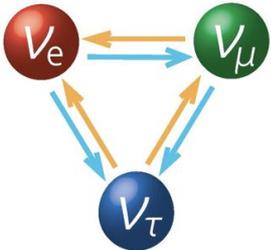
I neutrini sono descritti come leptoni:

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

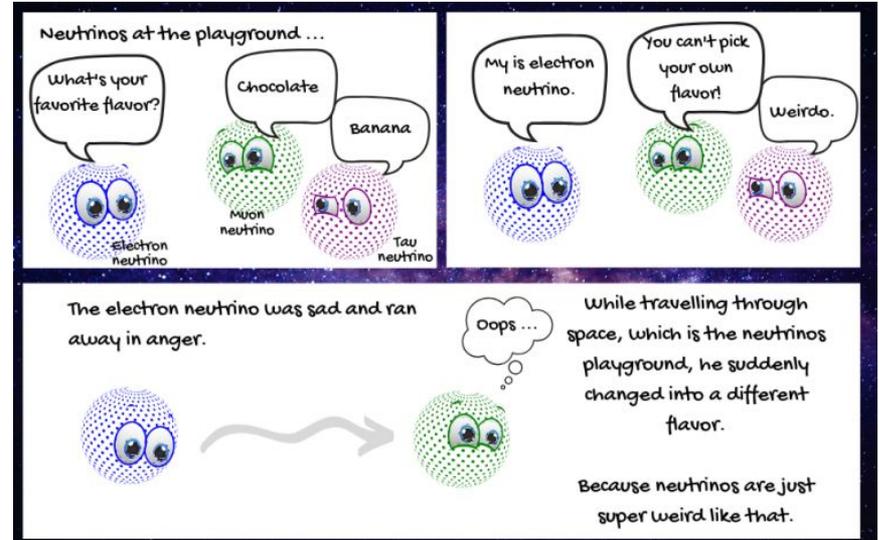
Le oscillazioni dei neutrini



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



== un neutrino prodotto con un sapore può essere rivelato con un altro sapore



Alcune domande fondamentali

MASSA

quanto vale?
perché così piccola?

NATURA

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

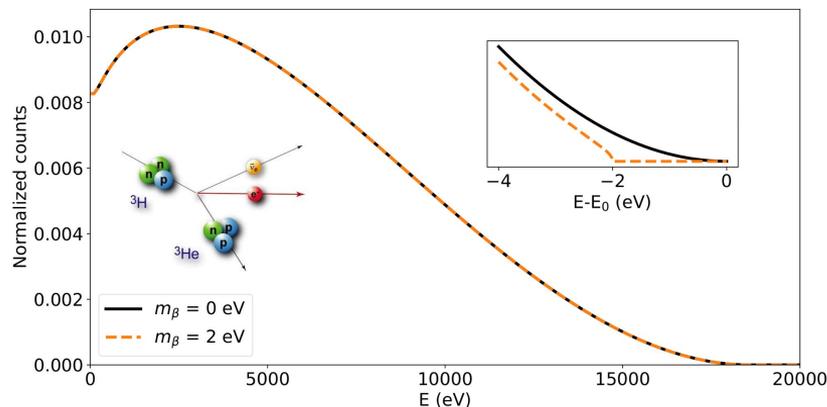
TIPI

sono solo 3?

Come misurare la massa del neutrino

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

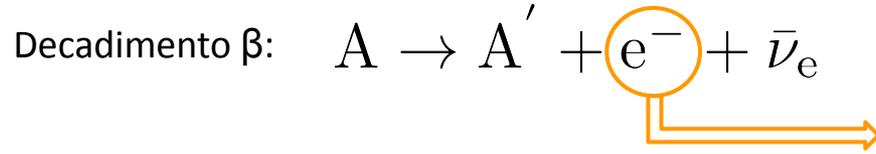
- Una misura precisa della parte finale di uno spettro β (o di cattura elettronica) permette di misurare la massa del neutrino



Serve:

- eccellente risoluzione energetica
- basso background
- sorgente molto attiva

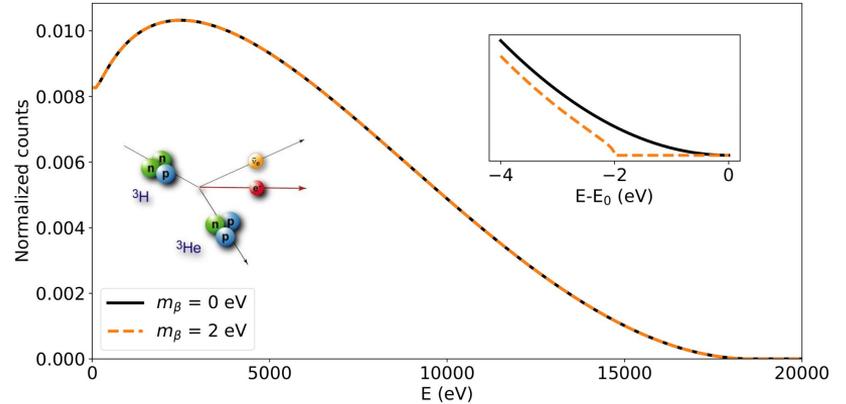
Come misurare la massa del neutrino



- 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:

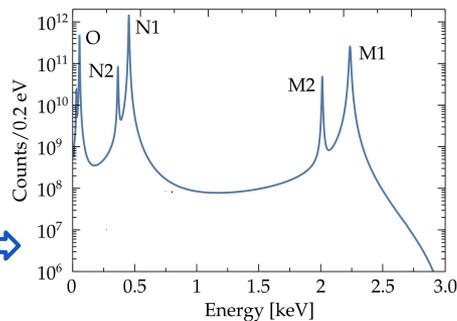
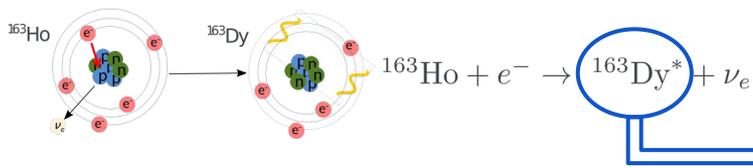


spettro di cattura elettronica del ^{163}Ho
misurato con calorimetri criogenici

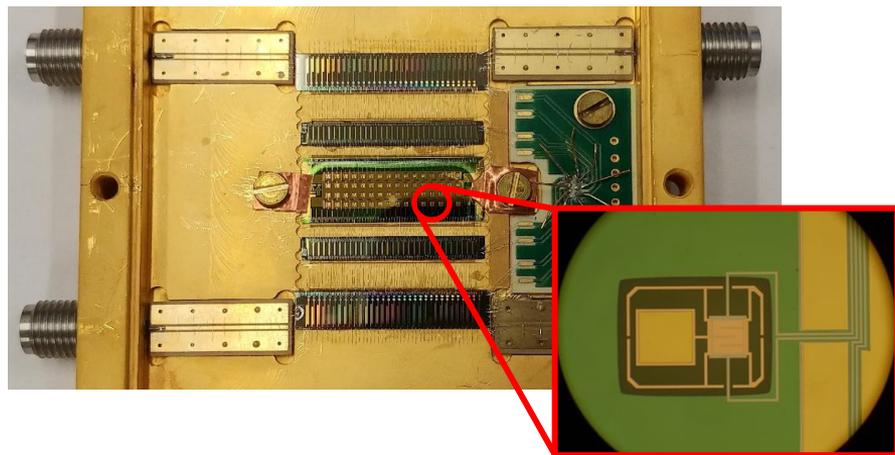


spettro β del ^3H misurato con
spettrometro elettromagnetico

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

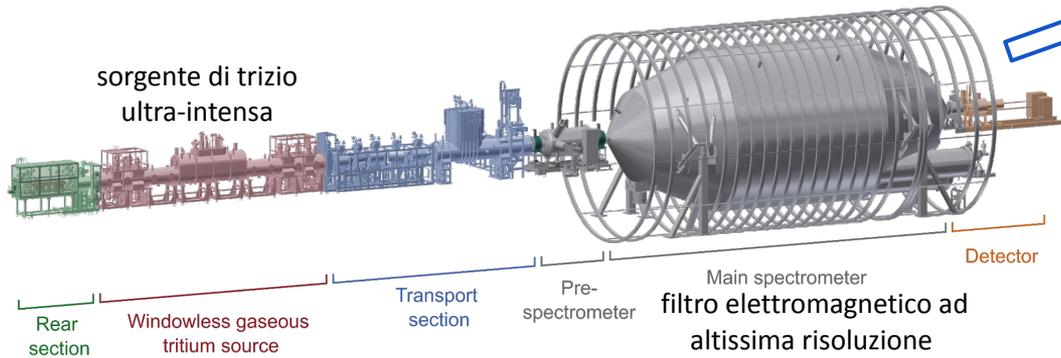
PROPOSTE DI TESI HARDWARE

- 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, A. Giachero, D. Labranca, L. Origo
Info x tesi: angelo.nucciotti@mib.infn.it, marco.faverzani@mib.infn.it



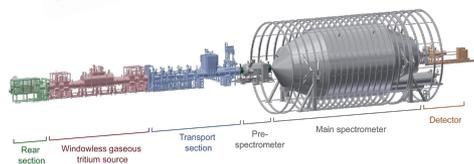
KATRIN



- 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

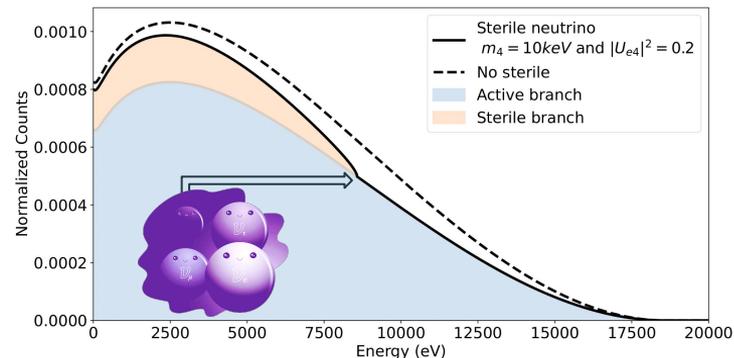


KATRIN: fase TRISTAN



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)

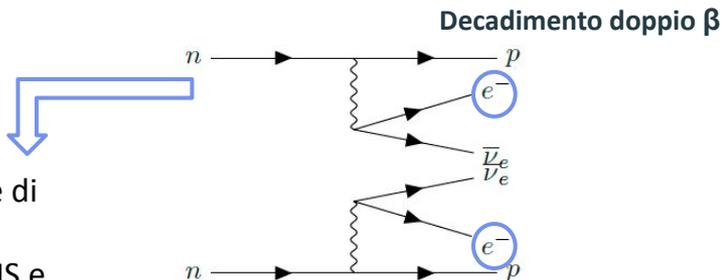


- analisi Bayesiana dei primi dati di calibrazione raccolti con il detector TRISTAN partendo da simulazioni Monte Carlo
 - sviluppo di un modello analitico per la funzione di risposta di KATRIN
 - inclusione di effetti sistematici negli studi di sensibilità al neutrino sterile
- misura della funzione di risposta degli SDD ad elettroni esterni utilizzando un electron gun
 - misura del coefficiente di backscattering di diversi materiali per identificare un buon assorbitore di elettroni
 - misura di spettri β proibiti con SDD e ricostruzione dello spettro misurato mediante simulazioni Monte Carlo

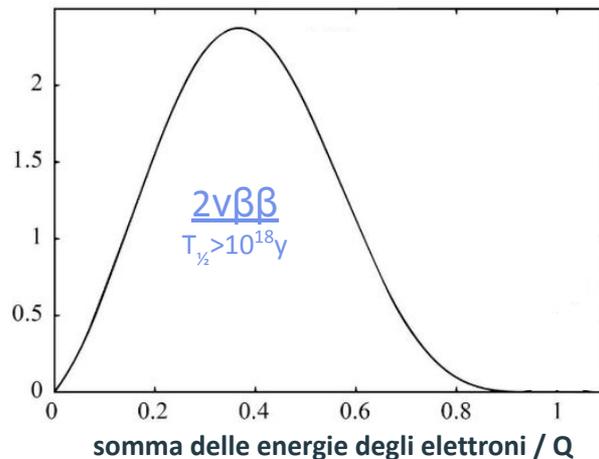
M. Biassoni, G. Gagliardi, A. Nava, I. Nutini, M. Pavan

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

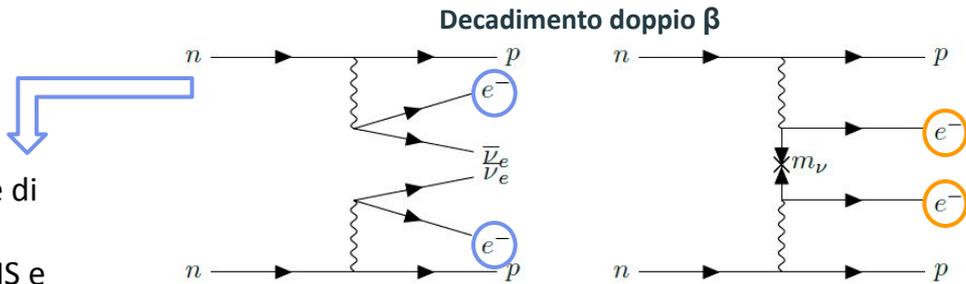
Come determinare la natura dei neutrini



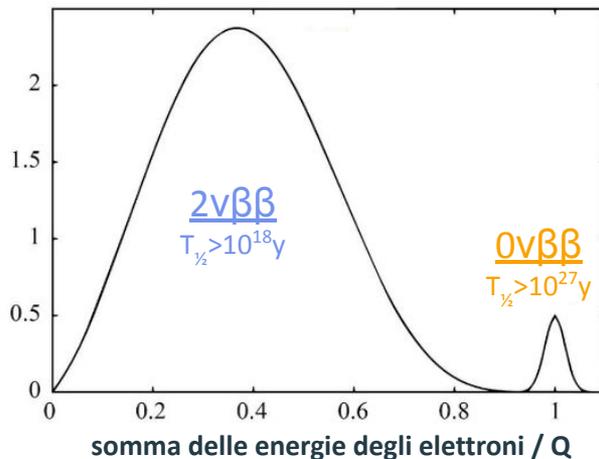
- con emissione di neutrini
- previsto dal MS e osservato per diversi isotopi
- uno dei processi più rari osservati in natura



Come determinare la natura dei neutrini

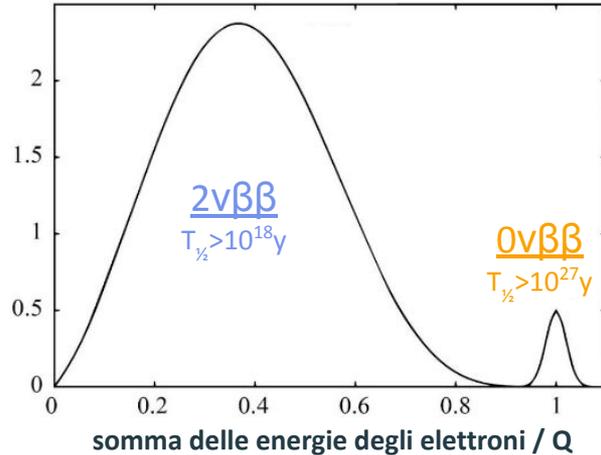


- con emissione di neutrini
- previsto dal MS e osservato per diversi isotopi
- uno dei processi più rari osservati in natura



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

Come determinare la natura dei neutrini

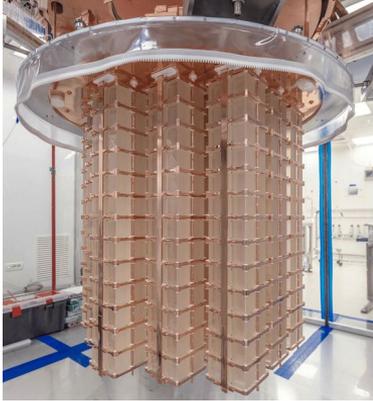


Ricerca di un picco al Q-valore

Serve:

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

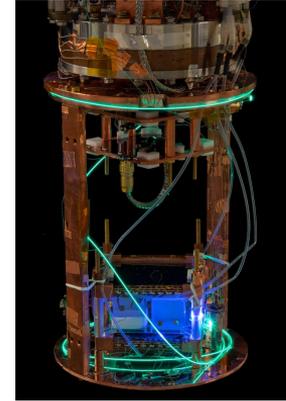




CUORE & CUPID

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

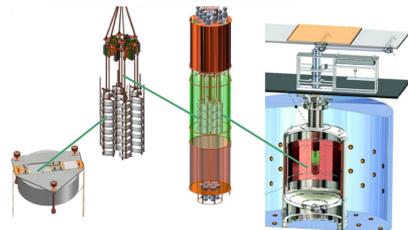
- caratterizzazione della risposta dei rivelatori di CUPID
 - modello del background radioattivo di CUORE e previsione per CUPID
 - calibrazione dei detector di CUORE: analisi dati e simulazioni Monte Carlo
 - algoritmi di Machine Learning per studi di pile-up e noise
 - studio della regione a bassa 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, S. Dell'Oro,
M. Girola, L. Gironi,
L. Imbert, A. Nava,
I. Nutini, M. Pavan,
S. Pozzi, E. Previtali,
M. Sisti*

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

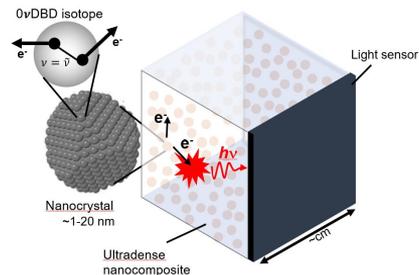


Rivelatori al Germanio + veto di Argon Liquido
 → ricerca del $0\nu\beta\beta$ del ^{76}Ge



- algoritmi machine learning per indentificazione del noise e studio della forma degli impulsi
 - analisi dati da SiPM per lettura luce di scintillazione del LAr
- presa dati e pre-analisi per LEGEND-200
 - messa in funzione di un setup per stimare l'efficienza del LAr neutron tagger
 - partecipazione a test di qualificazione nuovi rivelatori al Ge per LEGEND

Info x tesi: carla.cattadori@mib.infn.it



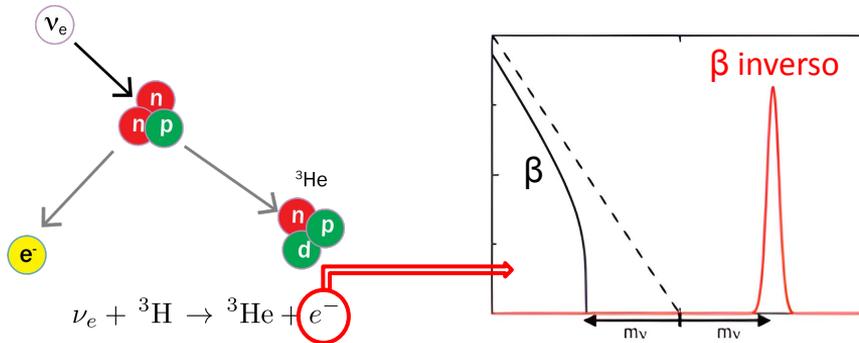
- sviluppo di simulazioni Monte Carlo in GEANT4 per ottimizzare il design del detector
- caratterizzazione di scintillatori con nanocristalli in un setup dedicato @MiB

L. Gironi, M. Mazzola

Info x tesi: luca.gironi@mib.infn.it

I neutrini primordiali e Ptolemy

- neutrini prodotti a seguito del Big Bang, si sono disaccoppiati dalle altre particelle dopo $\sim 1s$
- sono le particelle più presenti nell'universo, ma anche le più difficili da rivelare
- **Ptolemy**: decadimento β inverso su Trizio e misura ad altissima risoluzione (spettrometro+microcalorimetri criogenici) dell'energia dell'elettrone



→ studi di sensibilità di Ptolemy con approccio bayesiano

→ sviluppo software di simulazione segnali da microcalorimetri letti con TES

→ spettroscopia di elettroni con rivelatori criogenici

→ sviluppo di una sorgente di elettroni criogenica per caratterizzare i detector

A. Nucciotti, M. Borghesi, M. Faverzani, E. Ferri, A. Giachero, D. Labranca, L. Origo
Info x tesi: angelo.nucciotti@mib.infn.it, marco.faverzani@mib.infn.it

In Bicocca tante attività per cercare di rispondere a queste domande

HOLMES

MASSA



quanto vale?
perché così piccola?



PTOLEMY

TIPI



sono solo 3?

CUORE

NATURA



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



LEGENDA