

L'esperimento DUNE per lo studio dei neutrini e attività a Lecce

Francesca Alemanno

Per il gruppo DUNE-Lecce

Giornata della ricerca

Dipartimento di Matematica e Fisica

Lecce, 15/04/2024

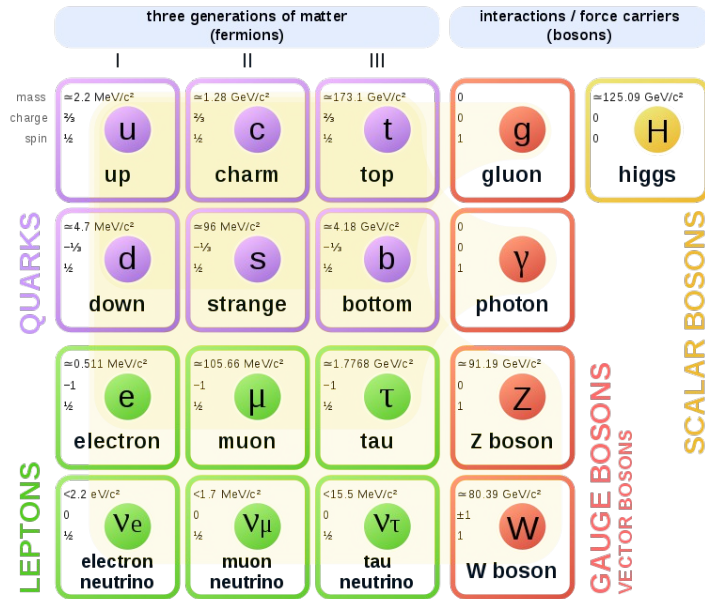


Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
SEZIONE DI LECCE



I neutrini e lo studio dell'oscillazione

Standard Model of Elementary Particles

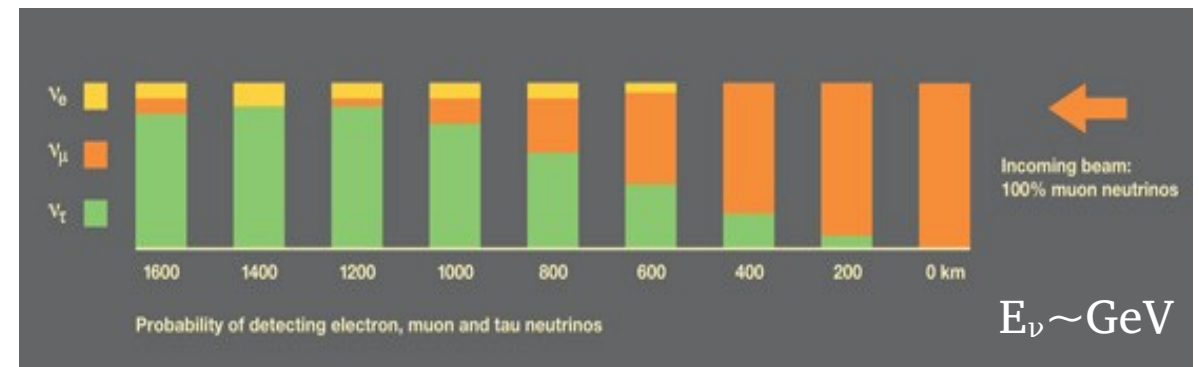


- I neutrini sono **leptoni** raggruppati in **3 famiglie** (flavor)
- Sono i partner di elettrone (ν_e), muone (ν_μ) e tau (ν_τ) nelle interazioni elettrodeboli
- Sono particelle elementari **stabili**, **neutre** e che **interagiscono** solo **debolmente**

- I neutrini possono **cambiare flavor** dal punto di produzione a quello di rivelazione → **OSCILLAZIONE**
- La probabilità che un neutrino di tipo α oscilli in un neutrino di tipo β è data da:

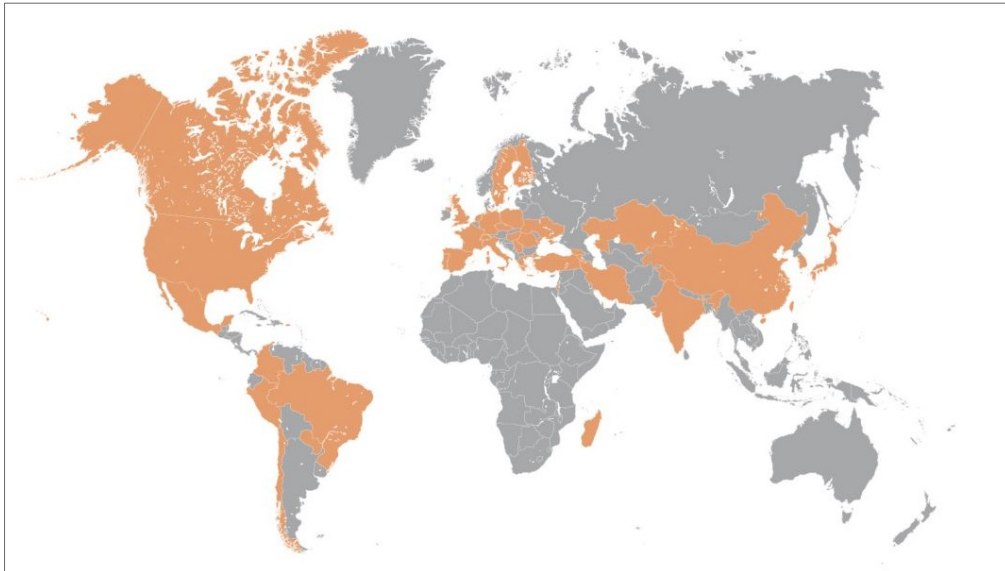
$$P_{\alpha\beta} = \sin^2 2\theta \sin^2 \left(\frac{\Delta m^2 L}{4E} \right)$$

- θ e Δm^2 parametri di mixing da misurare sperimentalmente; E energia del neutrino
- **La distanza L tra punto di produzione e rivelazione ha un ruolo fondamentale**

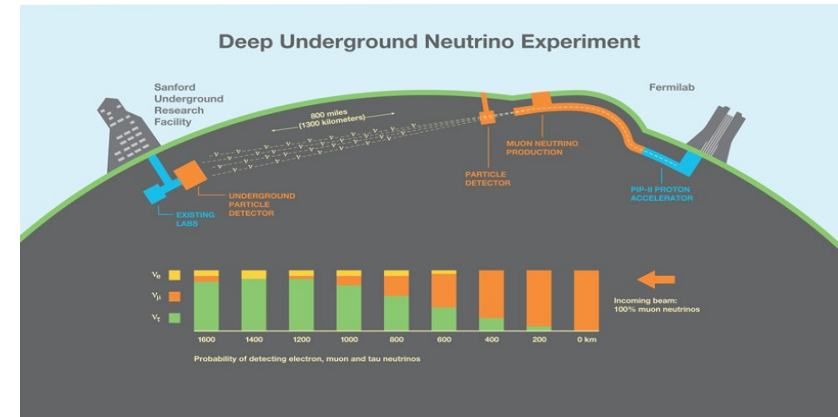


L'esperimento DUNE a Fermilab (USA)

Il **Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE)** è un esperimento di nuova generazione per lo studio dei neutrini con un fascio su lunga distanza (~1300 km)



- 1400+ collaboratori
- 200+ istituti e laboratori
- 35+ stati + CERN
- Installazione al Fermilab alla fine del 2028
- Inizio presa dati con esperimento completo ~2030

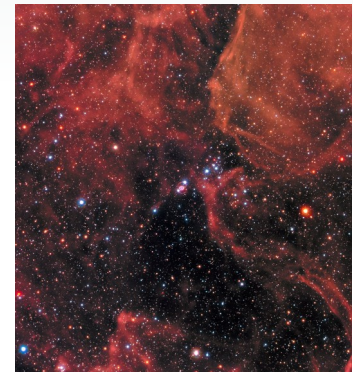
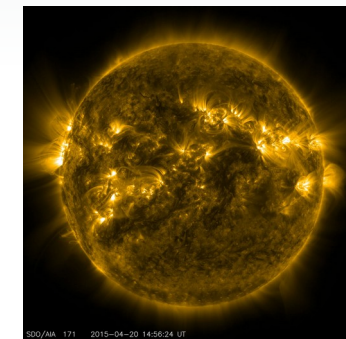


Obiettivi principali:

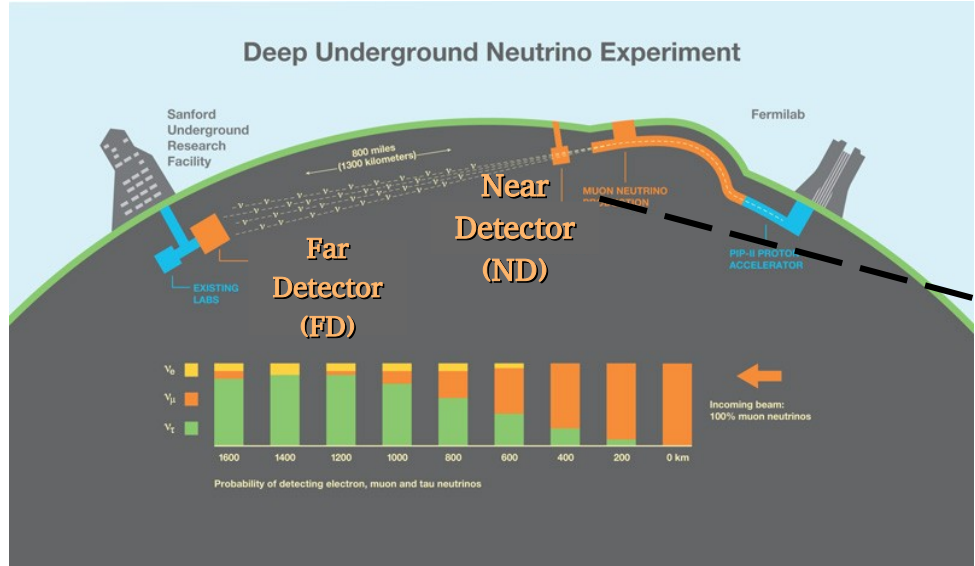
Investigare le proprietà fondamentali della materia attraverso misure di alta precisione dell'oscillazione dei neutrini

Ampliare la comprensione di vari oggetti astrofisici grazie alla rivelazione di neutrini da supernova e solari

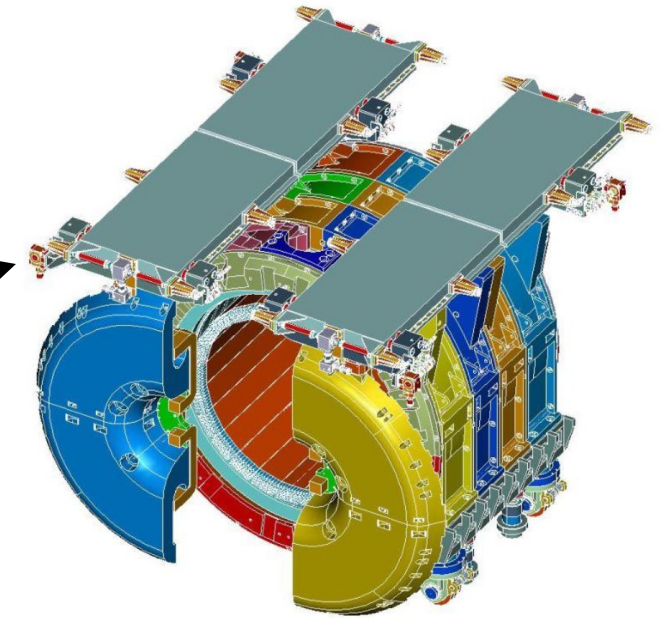
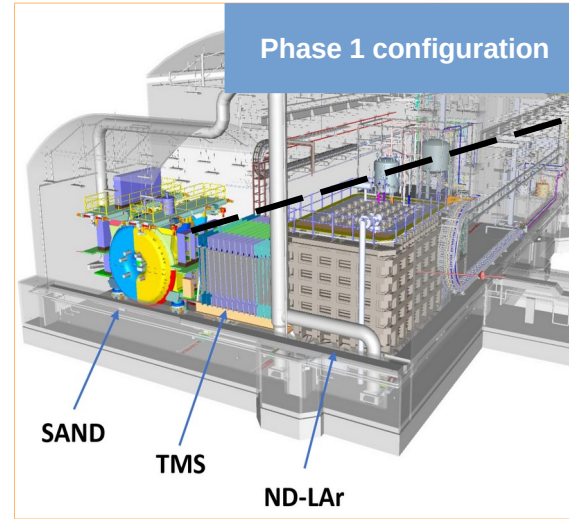
Studiare l'unificazione delle forze con la ricerca del decadimento del protone



L'esperimento DUNE e SAND

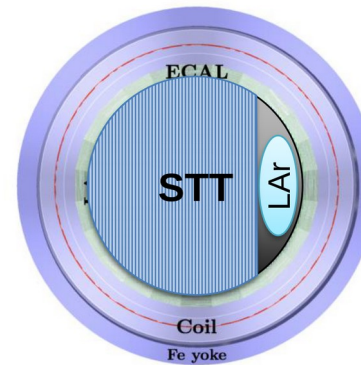


- Fascio di protoni dal Fermilab (Chicago)
- Produzione di un fascio di neutrini (~GeV)
- **Near detector** a **575m** dal punto di produzione dei neutrini
- **Far detector** in South Dakota (~**1300km**) e 1.5km sottoterra
- LArTPC → 4 moduli da 17 kton ciascuno



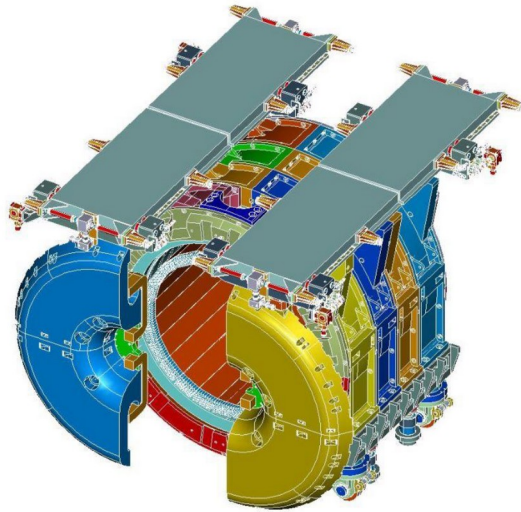
The System for on-Axis Neutrino Detection (SAND)

- Magnete superconduttore (0.6 T)
- Calorimetro elettromagnetico (ECAL)
- Tracciatore (STT)
- GRAIN : 1 t Argon Liquido (LAr) come target attivo



Dall'esperimento KLOE ai laboratori nazionali di Frascati

Il detector SAND: attività a Lecce

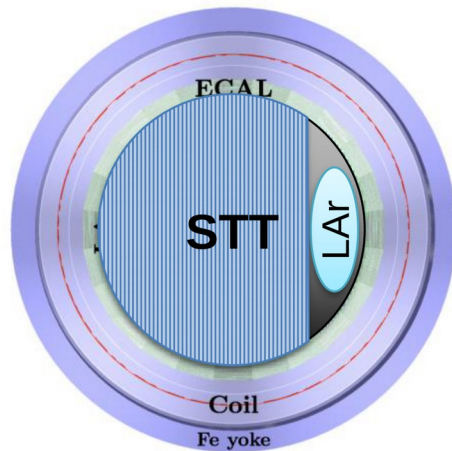


1) **Calorimetro Elettromagnetico (ECAL)** Hardware

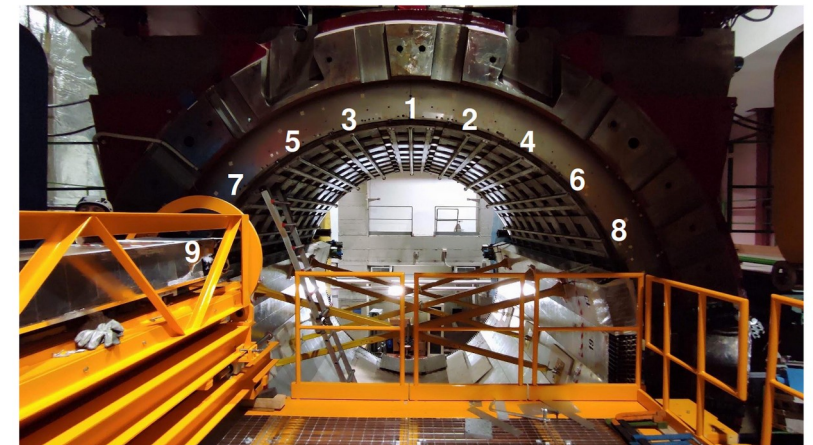
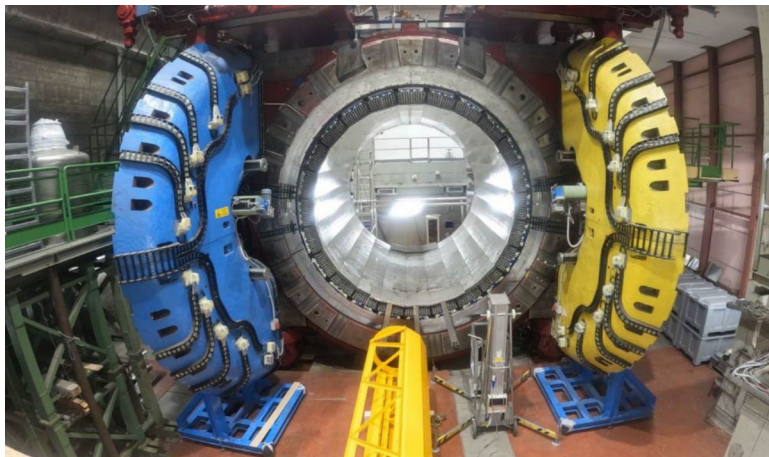
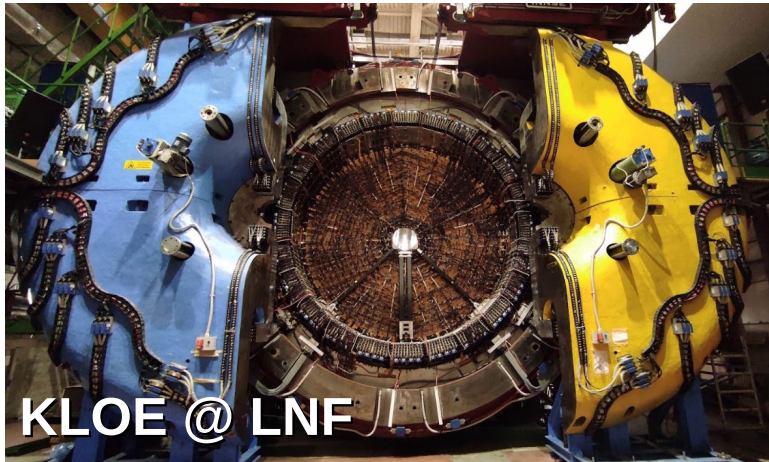
2) **GRAIN (target attivo di Argon Liquido)** Hardware, Software, Analitica

3) **SAND (ECAL+STT+GRAIN)** Software e analisi

4) **PHYSICS** Beyond standard model, teorica/fenomenologica

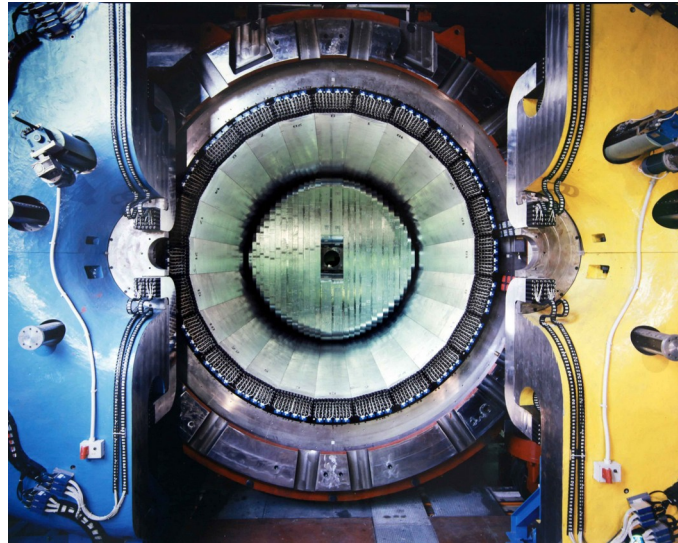


Attività su ECAL @LNF



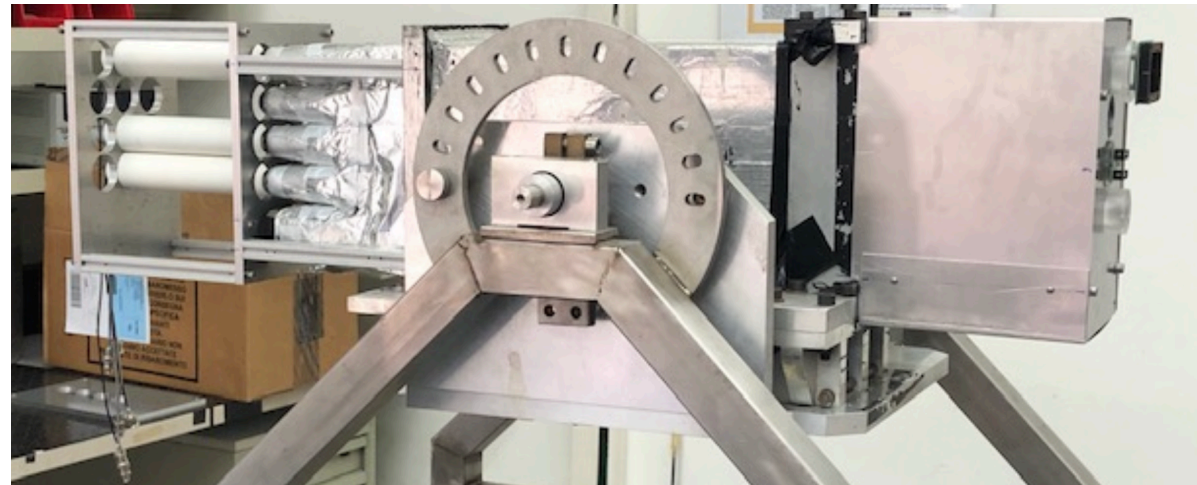
- Estrazione della camera a drift di KLOE ai laboratori nazionali di Frascati
- Partecipazione nell'estrazione dei moduli del calorimetro
- In futuro: test dei moduli del calorimetro e della lettura con i PMT

Attività su ECAL nel laboratorio di astroparticelle

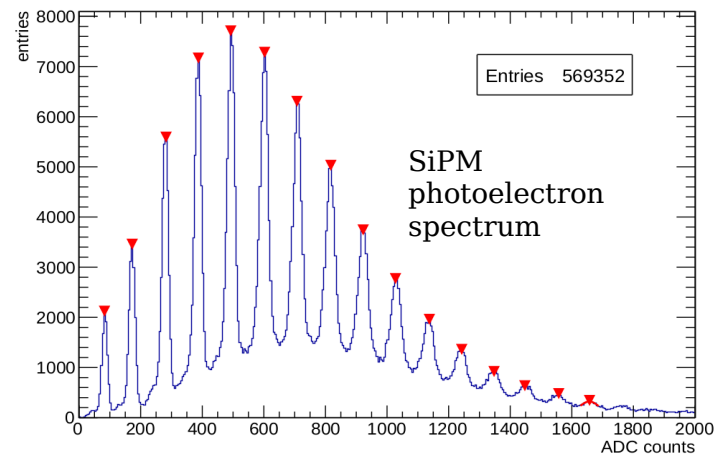


PMT

Confronto tra PMT e SiPM per la lettura del calorimetro



SiPM



Study of silicon photomultipliers for the readout of a lead/scintillating-fiber calorimeter

To be published on JINST

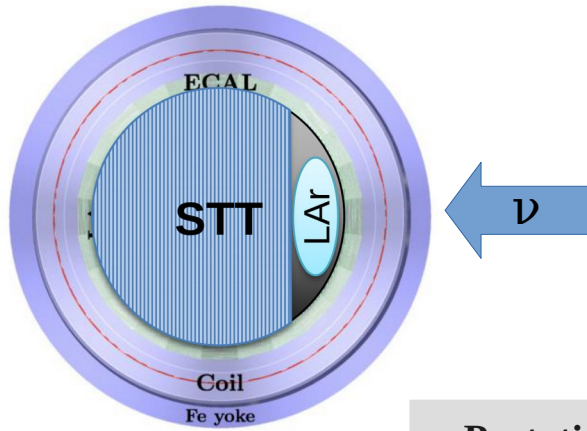
F. Alemanno,^{a,b} P. Bernardini,^{a,b} A. Corvaglia,^b G. De Matteis,^{a,b} L. Martina,^{a,b}
A. Miccoli,^b M. Panareo,^{a,b} M.P. Panetta,^b C. Pinto,^{a,b} A. Surdo^{b,1}

^aDipartimento di Matematica e Fisica, Università del Salento, Lecce, Italy

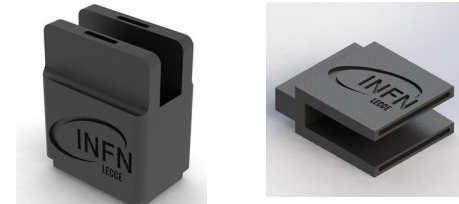
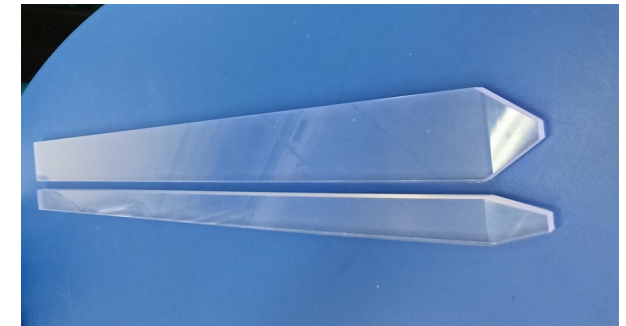
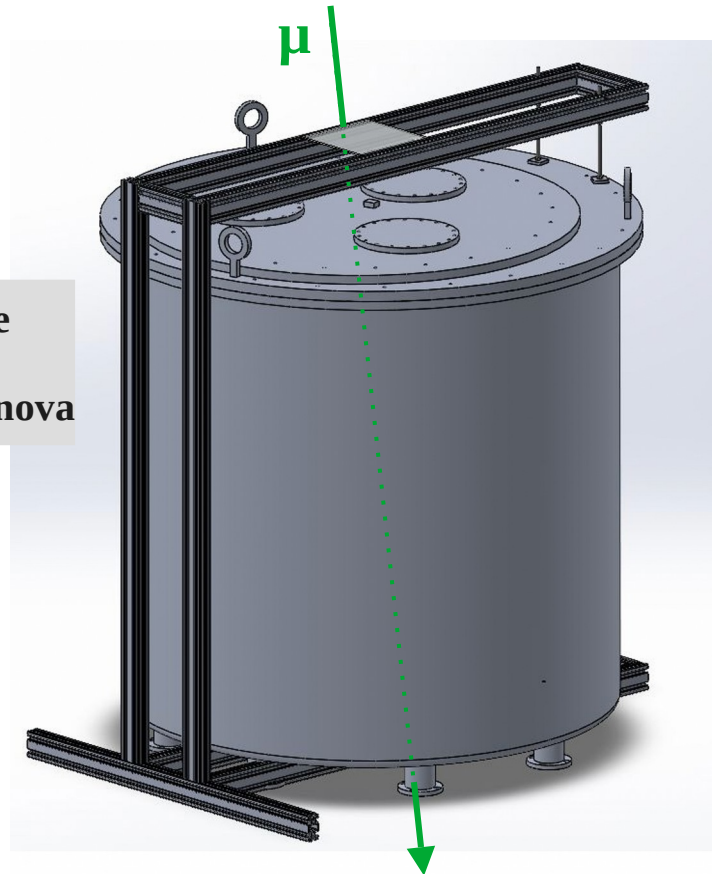
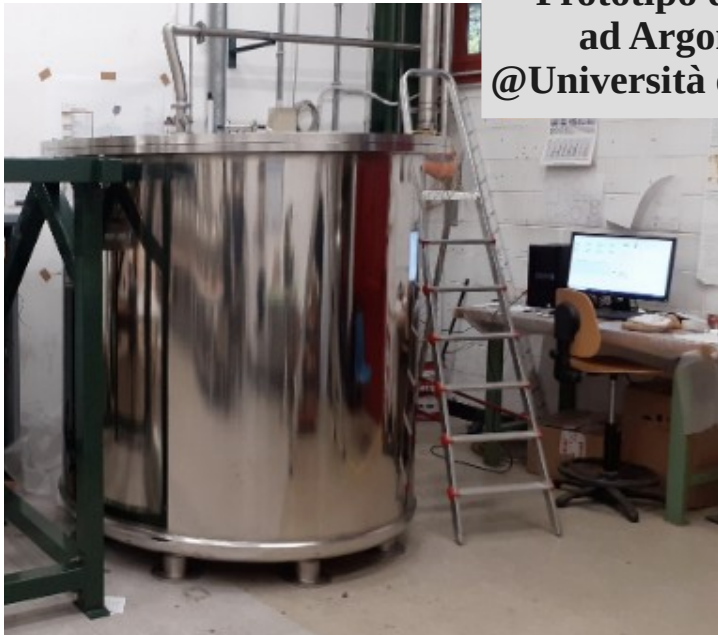
^bIstituto Nazionale di Fisica Nucleare, Lecce, Italy

Attività su GRAIN – Hardware

Realizzazione di un **trigger** esterno per i raggi cosmici

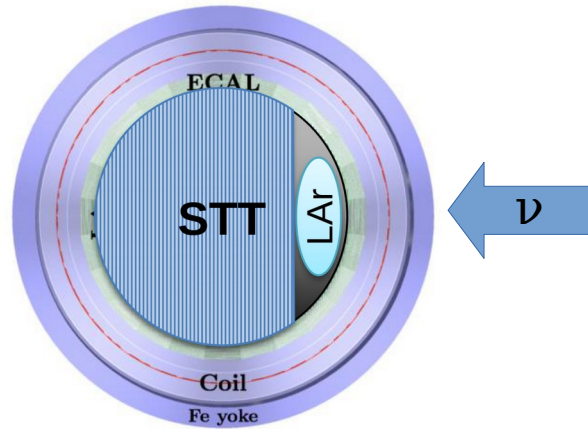


Prototipo di rivelatore
ad Argon Liquido
@Università e INFN Genova



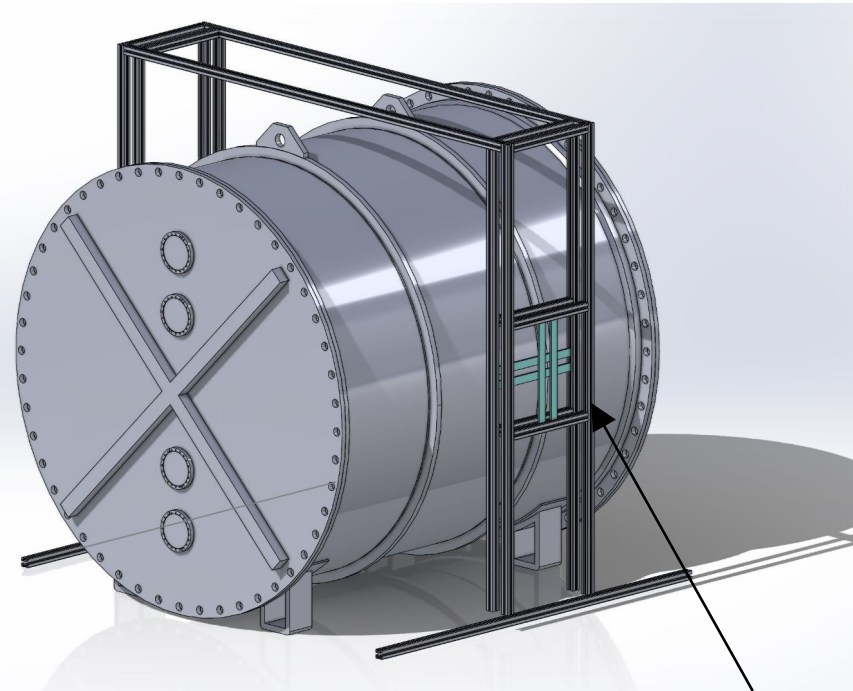
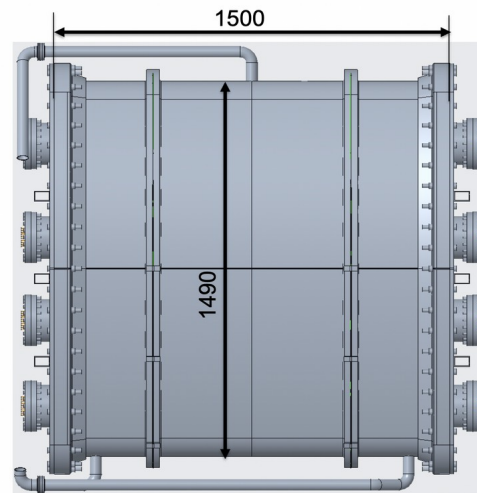
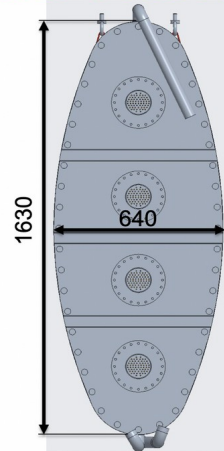
A Lecce: laboratorio di astroparticelle, elettronica, meccanica e CAD

Attività su GRAIN – Hardware



Prototipo full scale di GRAIN
@ Laboratori Nazionali di Legnaro

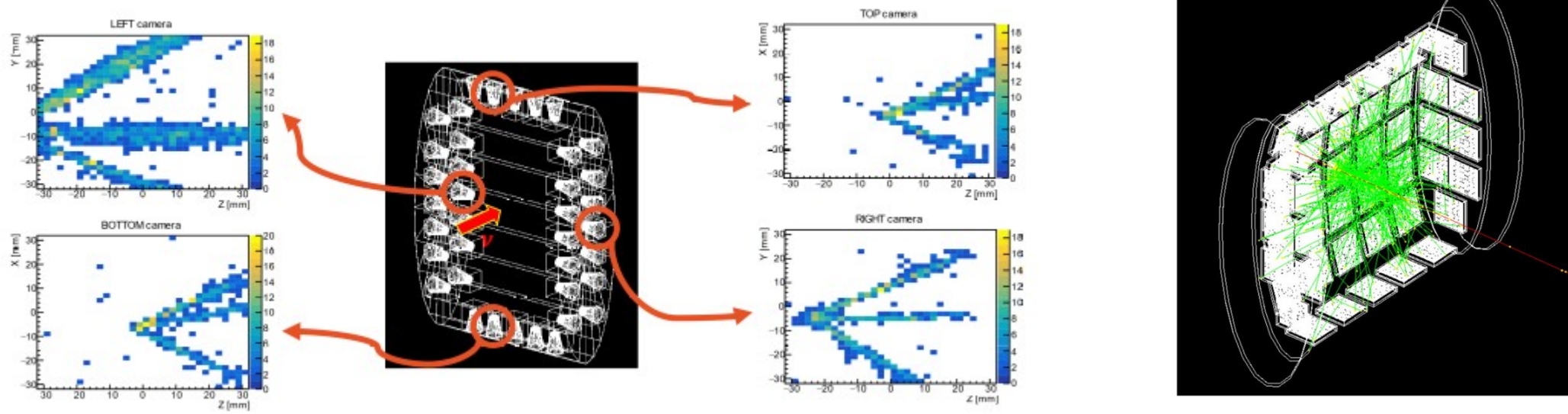
Inner vessel



Realizzazione di un **trigger** esterno per i raggi cosmici

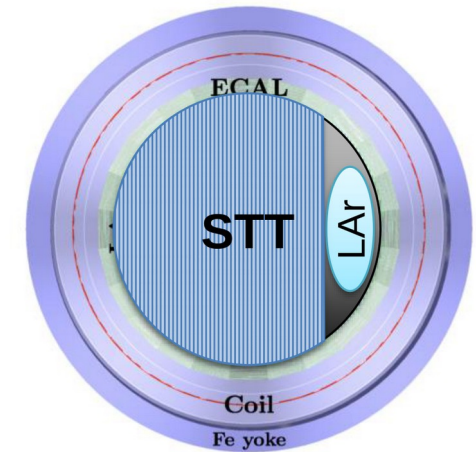
Attività su GRAIN

Sviluppo di metodi matematici per la ricostruzione delle immagini prodotte dalle tracce delle particelle generate nelle interazioni dei neutrini grazie alla luce di scintillazione in LAr



Basato sulla geometria proiettiva
Possibilità di utilizzare tecniche di machine learning

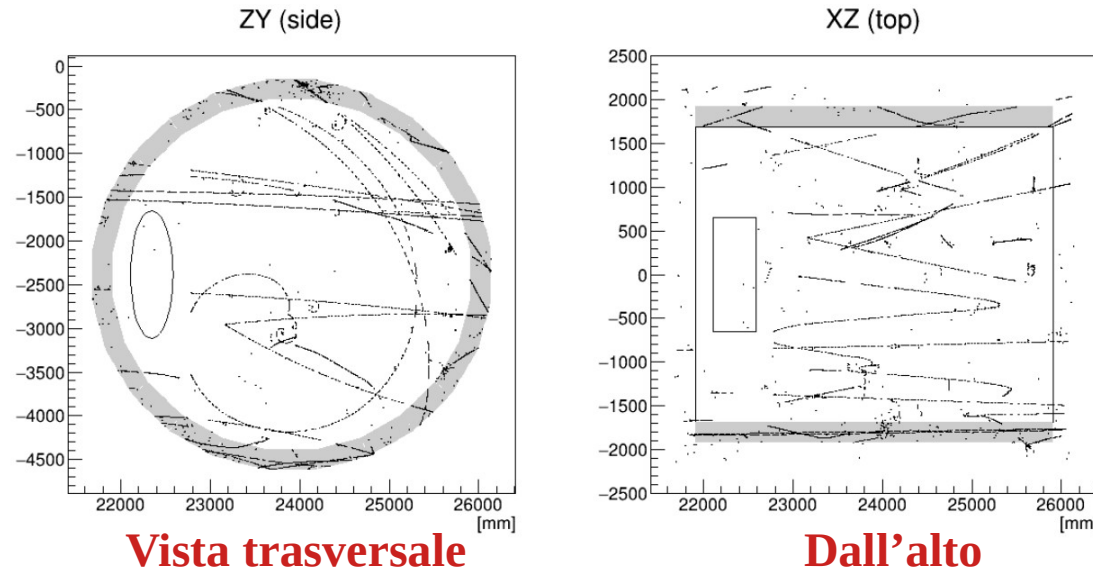
SAND Software (simulazione MC e analisi)



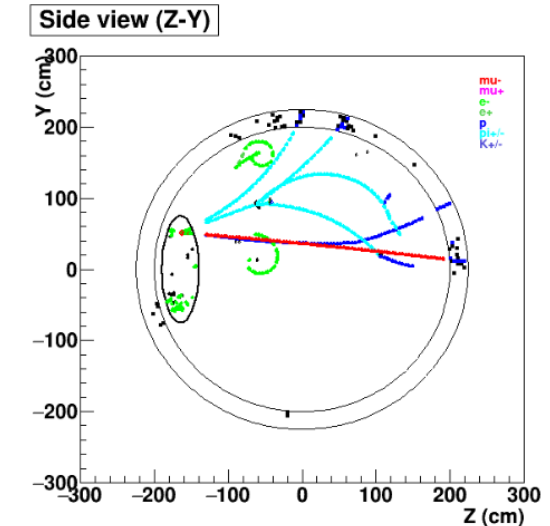
Ricostruzione degli eventi di simulazione MC per l'analisi:

- Vertice d'interazione dei neutrini
- Identificazione delle particelle generate e delle loro tracce
- Ricostruzione dell'energia dei neutrini, del flavor e del tipo di interazione

Event display di uno spill di neutrini ($10 \mu\text{s}$)



Ricostruzione di un evento



Conclusioni

Varie attività in corso:

- ECAL smontaggio e test dei moduli
- Cosmic ray tagger per GRAIN
- Ricostruzione 3D delle immagini in GRAIN
- Ricostruzione degli eventi in SAND
- Fisica oltre il modello standard

Numerose possibilità di contribuire a sviluppi futuri dal punto di vista sia **sperimentale** che **teorico**, sia **hardware** che **software**

Gruppo DUNE a Lecce

Dipartimento di fisica e INFN:

Francesca Alemanno

Paolo Bernardini

Antonio Surdo

Luigi Martina

Giovanni De Matteis

Marco Panareo

Daniele Montanino

Laboratori di elettronica, meccanica, CAD

con personale annesso (responsabili Alessandro Corvaglia e Alessandro Miccoli)

Laboratorio di astroparticelle

Grazie per l'attenzione, vi aspettiamo!