

NU_AT_FNAL

Carla Distefano

Riunione Gruppo 2 LNS, 23 Giugno 2020

Programma di ricerca NU_AT_FNAL

Programma di ricerca finanziato dalla CSN2 che include due diversi esperimenti inerenti alla fisica del neutrino al Fermi National Accelerator Laboratory (FNAL):

SBN (Short Baseline Neutrino) Experiment → neutrini sterili (eV-scale)

DUNE (Deep Underground Neutrino) Experiment → violazione di CP

SBN: motivazioni scientifiche

Da più di 20 anni si osservano anomalie nei dati sperimentali che suggeriscono l'esistenza di neutrini sterili (ipotizzati da Bruno Pontecorvo nel 1967):

- Anomalie sperimentali più significative: eccesso in (anti-) ν_e appearance agli acceleratori in LSND e MiniBooNE (*short-baseline anomaly*).
- Altre anomalie osservate: deficit in (anti-) ν_e disappearance in sorgenti radioattive (*gallium anomaly*) e ai reattori (quest'ultime mitigate da nuovi calcoli del flusso nel 2011) (*reactor anomaly*).
- Mancata osservazione di una corrispondente disappearance di ν_μ negli esperimenti MINOS e IceCube.

Le osservazioni cosmologiche non sono compatibili con un numero di neutrini > 4 . Il quadro delle indicazioni sperimentali a favore dell'esistenza di un 4° neutrino sterile sulla scala dell'eV è molto complesso e controverso e necessita di un chiarimento definitivo.

Fondamentale misurare entrambi i canali di appearance $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ e di disappearance $\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu$ nello stesso esperimento:

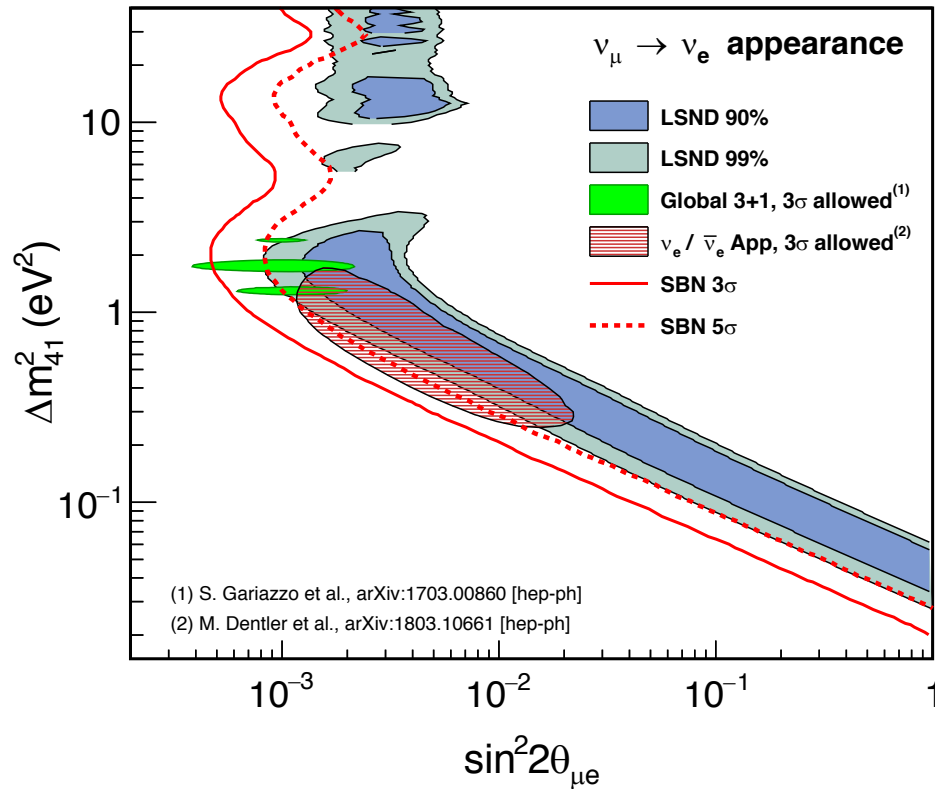
fascio di neutrini da acceleratore

$L / E \sim 1 \text{ km} / \text{GeV}$ al far detector

SBN: sensibilità attese

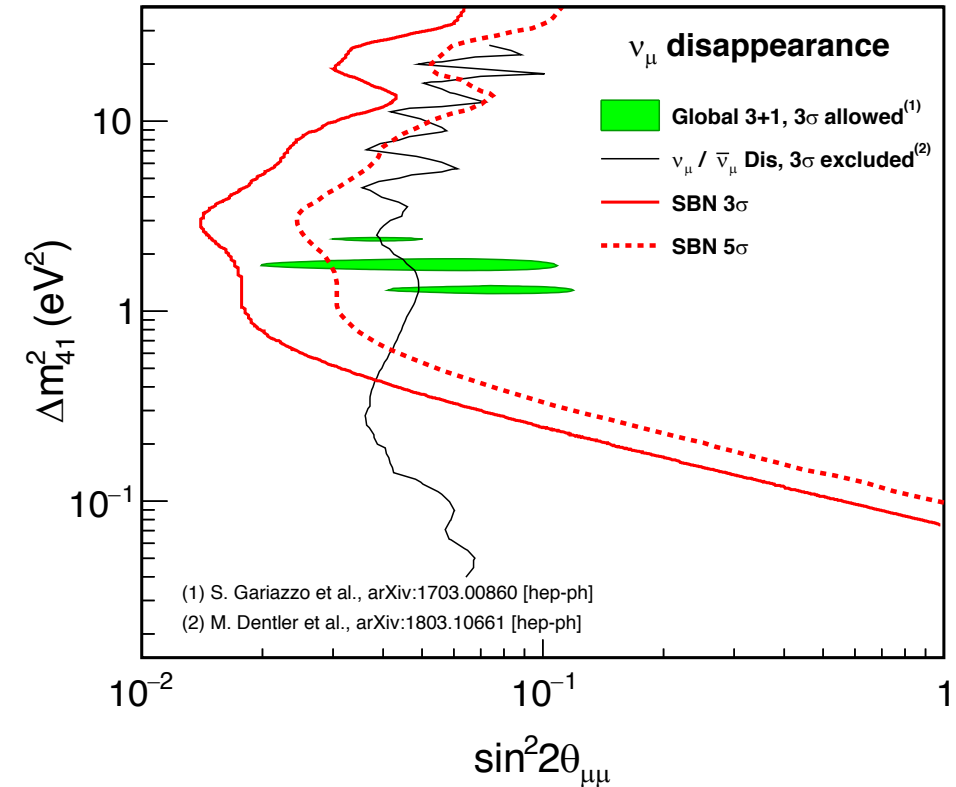
SBN soddisfa queste richieste ed è ottimizzato per la ricerca di neutrini sterili sulla scala dell'eV.

3+1 scenario



The LSND 99% C.L. region will be covered at ~ 5 σ – level in 3 years of data taking with positive focusing of the BNB ($\sim 6.6 \times 10^{20}$ pot).

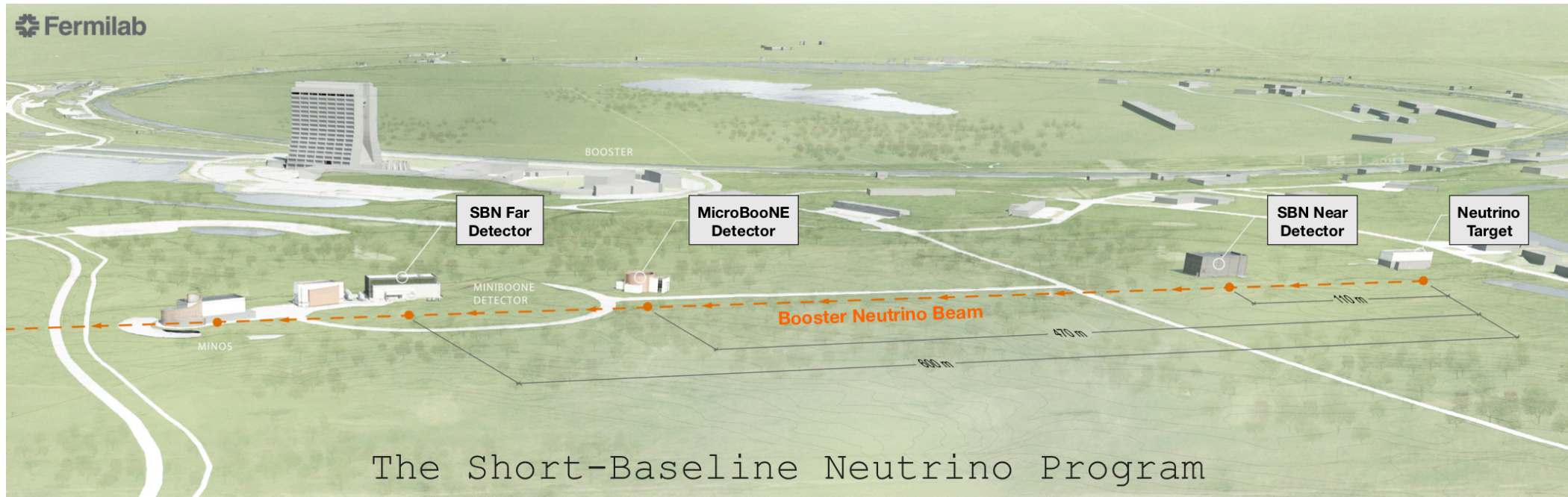
arXiv:1503.01520



Sensitivity to ν_μ disappearance will cover the current best limits in 3 years of data taking with positive focusing of the BNB ($\sim 6.6 \times 10^{20}$ pot).

SBN: lay-out

Three liquid argon time projection chamber (LArTPC) detectors in the Booster Neutrino Beam (BNB) at Fermilab.



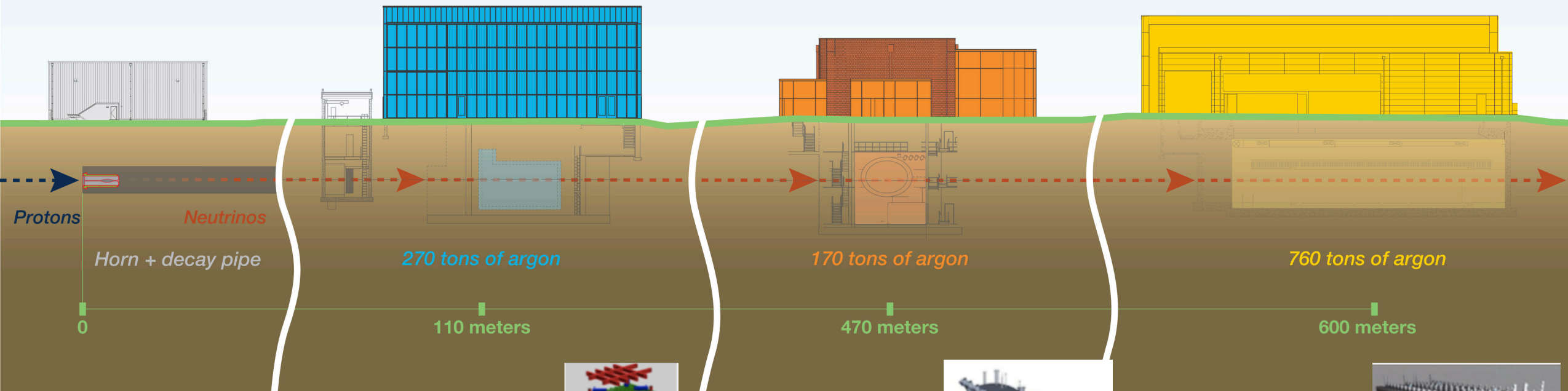
- o using the same target/technology for near, medium and far detector reduces systematic uncertainties
- o make a high precision measurement on ν -Ar cross sections (1 yr: 1.5 million ν_μ and 12,000 ν_e)
- o develop LArTPC technology for future large neutrino experiments like DUNE

Target

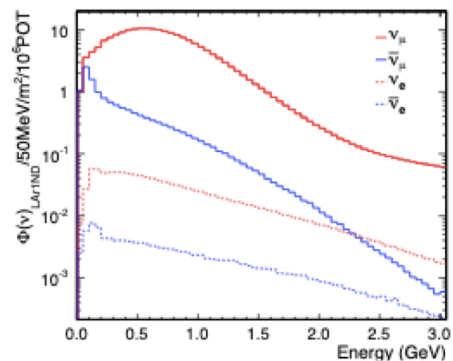
SBND

MicroBooNE

ICARUS



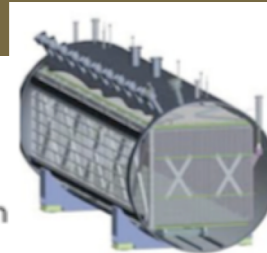
8 GeV protons from the Booster accelerator impinging a beryllium target



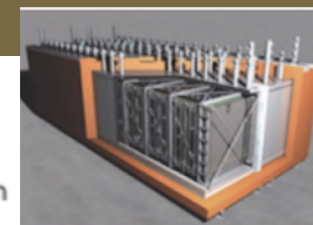
- LArTPC
- 600 m from ν production
- 476 ton active volume
- 4x1.5 m drift length
- 75kV high voltage
- 0.95 ms drift time at 500V/cm
- 3 wire planes: horizontal, ± 30 deg, 3mm wire pitch, 53246 wires
- Warm analog and digital electronics
- 360 8" PMTs



- LArTPC
- 470 m from ν production
- 85 ton active volume
- 2.56 m drift length
- 128 kV high voltage
- 1.6 ms drift time at 500V/cm
- 3 wire planes: 0, ± 60 deg, 3mm wire pitch, 8256 wires
- Cold analog/warm digital electronics
- 32 8" PMTs



- LArTPC
- 110 m from ν production
- 112 ton active volume
- 2x2.0 m drift length
- 100 kV high voltage
- 1.28 ms drift time at 500V/cm
- 3 wire planes: 0, ± 60 deg, 3mm wire pitch, 11264 wires
- Cold analog and digital electronics
- 120 8" PMTs & scin. bars



ICARUS

Commissioning is going on.

Delay to Covid-19.

Assuming that

- the possibility to travel will be restored during the months of August and September
- some of the installation activities (side CRT and services) can take place during the summer with a longer duration, due to the additional constraints

A minimum delay of about 3.5 months with respect to the original planning is expected.

In this scenario ICARUS should be ready for data taking around mid February 2021.

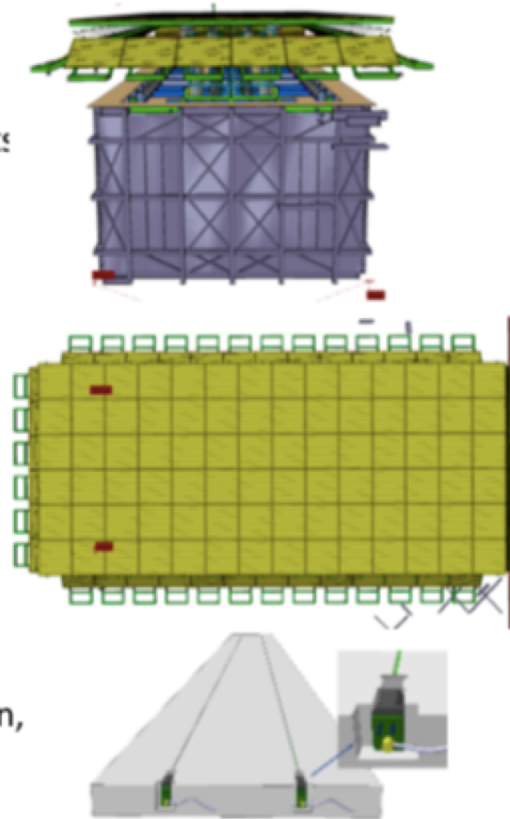


ICARUS Cosmic Ray Tagger

P. Sapienza, Riunione Gruppo 2 LNS, 24 Giugno 2019

Cosmic Ray Tagger

- Top Cosmic Ray Tagger (CRT) system deployed above the ICARUS detector to tag cosmic ray events
- Array of $1.9 \times 1.9 \text{ m}^2$ modules : 84 modules below concrete plug + 38 modules on sloping parts + spares
- Module design
 - 2 crossed layers of scintillator bars (8 bars/layer)
 - Scintillator bar: 1.84 m long, 23 cm wide , 1 cm (top layer)/1.5 cm (bottom layer) thick ,
 - 2 WLS fibers (Kuraray Y11) - SiPM (Hamamatsu) at one end
 - Light-tight Al boxes
 - Weight: 159 kg
- Module Readout : 32 channels FEB (Bern design, as SBND) Logical OR of 16-paired channels + coincidence between layers



UNDER CONSTRUCTION AT LNF

At the nominal BNB intensity of 5×10^{12} pot/spill:

- 1 neutrino CC interaction every 240 spills
- expected cosmic rays rate of 1 every 55 spills

LArTPC (slow technology): drift times in the msec range, detectors at the surface record significant cosmic activity with each readout (5-15 muons per readout in SBN detectors)



Cosmic Ray Tagger (CRT)

LNS participated at construction and test of the ICARUS CRT

Application to join ICARUS

All'inizio di giugno P. Sapienza ha presentato la richiesta di partecipazione del Gruppo LNS all'IB di ICARUS. La richiesta è stata accettata.

Possible contributions in ICARUS

- Installation and commissioning of CRT
- Monte Carlo Simulation and Data Analysis
- Local and remote shifts
- ...

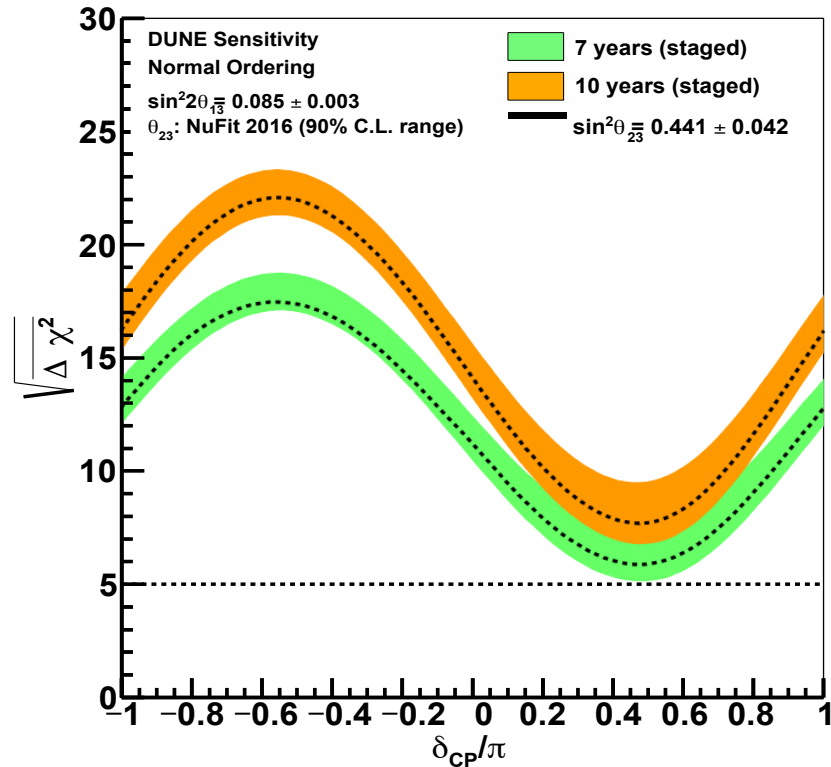
Name	Surname	Position	Anticipated areas of contribution
Simone	Biagi	Perm.Sc. Staff	Local and Remote Shifts
Silvio	Cherubini	Prof. at Catania University	Local and Remote Shifts, Icarus MC and Analysis
Carla	Distefano	Perm.Sc. Staff	Local and Remote Shifts, Icarus MC and Analysis
Riccardo	Papaleo	Perm.Sc. Staff	CRT installation, CRT commissioning
Giorgio	Riccobene	Perm.Sc. Staff	Local and Remote Shifts
Piera	Sapienza	Perm.Sc. Staff	Local and Remote Shifts, CRT commissioning

DUNE: science program

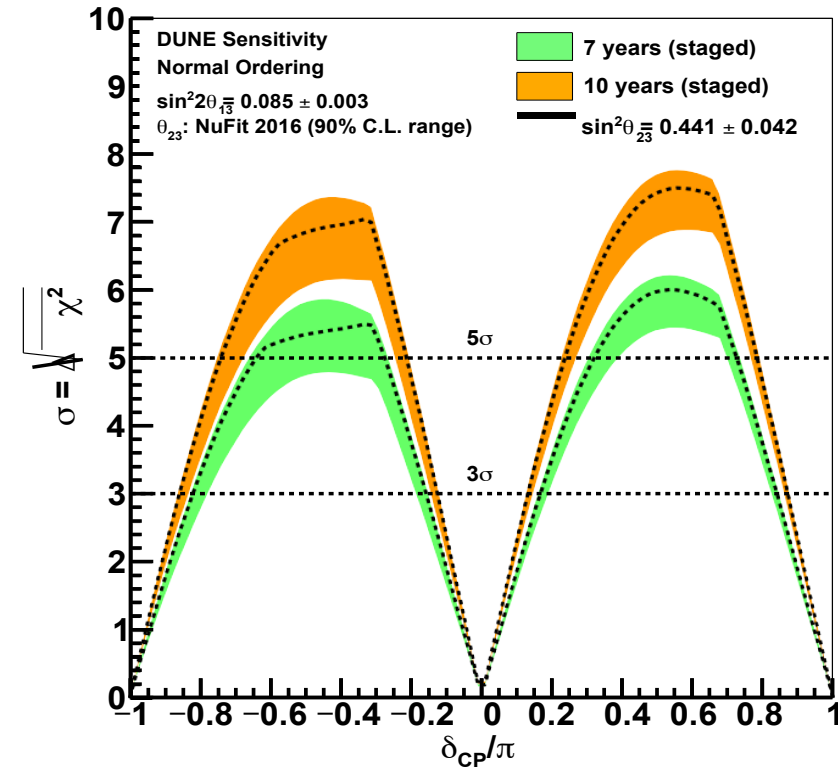
- Neutrino Oscillation Physics → universe is made of matter
 - Search for leptonic (neutrino) CP Violation (matter-antimatter asymmetry)
 - Resolve the mass ordering ($m_3 > m_{1,2}$ or $m_{1,2} > m_3$)
 - Precision oscillation physics
 - Parameter measurements, θ_{23} octant
 - Testing the current 3-neutrino model, non-standard interactions, ...
 - Nucleon Decay → unification of forces
 - Supernova burst physics (3000 ν_e events in 10 sec from SN at 10 kpc)
 - birth of a neutron star or a black hole
- + many other topics (ν interaction physics with near detector, atmospheric neutrinos, sterile neutrinos, WIMP searches, Lorentz invariance tests, etc.)

Mass Hierarchy and CP Violation

Mass Hierarchy Sensitivity



CP Violation Sensitivity

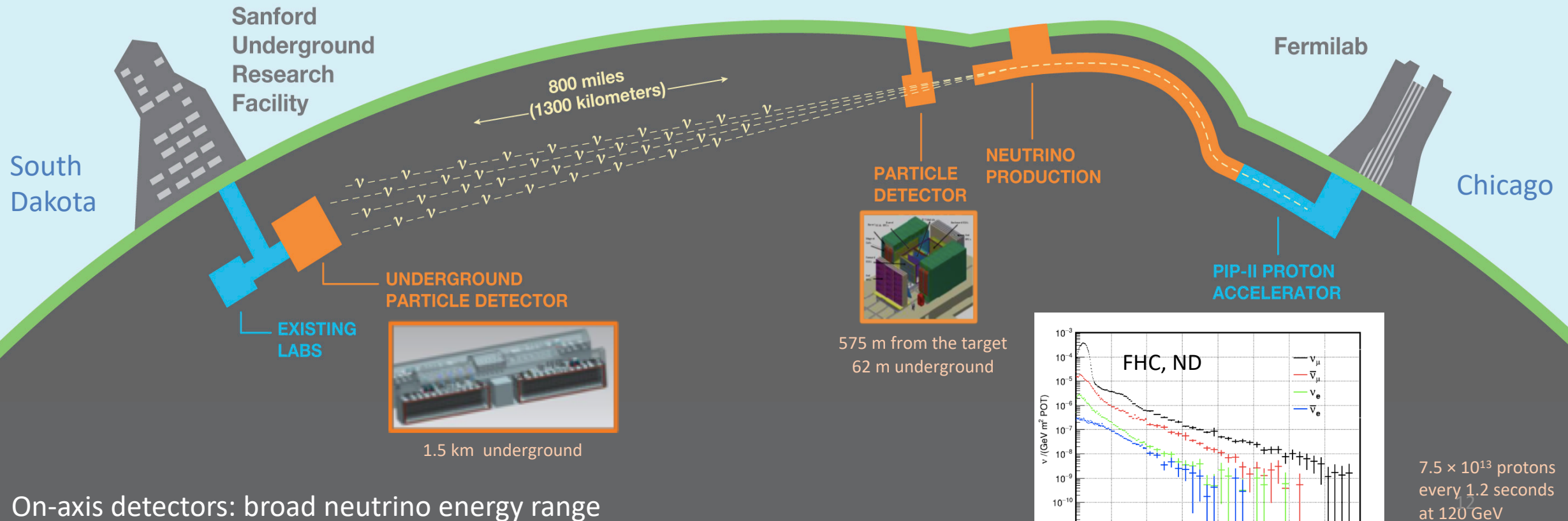


After 7 years (staged):

- CP Violation: 5 σ if δ_{CP} near $-\pi/2$; 3 σ over 65% of δ_{CP} range
- Mass hierarchy determination: > 5 σ for all parameter values

DUNE: overview

- Neutrinos from high-power proton beam: 1.2 MW from day one; upgradeable to 2.4 MW
- Massive underground Liquid Argon Time Projection Chambers: 4 x 17 kton fiducial mass of > 40 kton
- Near detector to characterize the beam (100s of millions of neutrino interactions)



DUNE Near Detector

Interesse principale del gruppo INFN nel near detector (ND) per suo apporto cruciale al potenziale di scoperta di DUNE, ma anche per le grandi potenzialità di fisica in sè

Il gruppo INFN partecipa inoltre light collection consortium del Far Detector

Soluzione attuale per il ND prevede un rivelatore LAr e una HPTPC all'interno di un magnete

La proposta di utilizzo di KLOE con straw tubes all'interno e un menisco di LAr è stata al momento rigettata. L'utilizzo di KLOE come rivelatore off-axis è di grande interesse e attualmente allo studio

Non è esclusa una futura partecipazione a disegno e realizzazione del magnete principale. A tal proposito è stata accolta all'ultimo meeting ND internazionalae a LNF una presentazione di P. Fabricatore di diverse innovative possibilità

DUNE Near Detector

Interesse principale del gruppo INFN nel near detector (ND) per suo apporto cruciale al potenziale di scoperta di DUNE, ma anche per le grandi potenzialità di fisica in sè

Il gruppo INFN partecipa inoltre light collection consortium del Far Detector

Soluzione attuale per il ND prevede un rivelatore LAr e una HPTPC all'interno di un magnete

~~La proposta di utilizzo di KLOE con straw tubes all'interno e un menisco di LAr è stata al momento rigettata. L'utilizzo di KLOE come rivelatore off-axis è di grande interesse e attualmente allo studio~~

Non è esclusa una futura partecipazione a disegno e realizzazione del magnete principale. A tal proposito è stata accolta all'ultimo meeting ND internazionalae a LNF una presentazione di P. Fabricatore di diverse innovative possibilità

La proposta di utilizzare KLOE è stata accettata come rivelatore on-axis.

Rivelatore SAND con la partecipazione di gruppi esterni all'INFN.

SAND: System for on-Axis Neutrino Detection

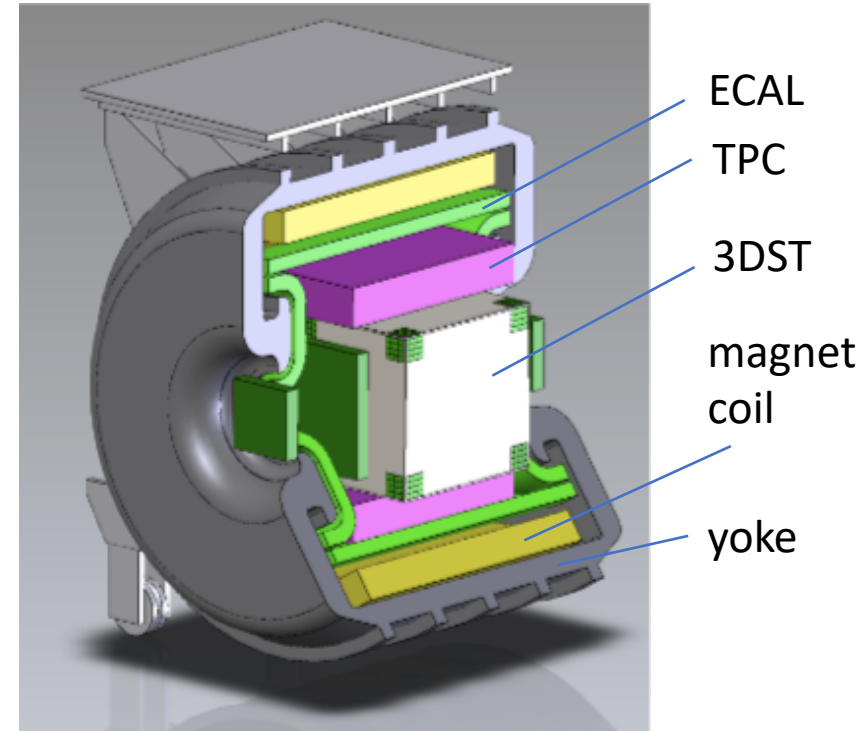
The SAND detector

- is the only component within the near detector (ND) complex that will be permanently located on-axis along the neutrino beam (ArgonCube and the multi-purpose detector, MPD, systems will move off-axis for about 50% of the time).
- will continuously monitor the rate, spectrum and profile of the neutrino beam → real time variations of the beam operating conditions (identifying and measuring the momentum and energy of the particles produced in neutrino interactions).
- can provide unique constraints on the systematic uncertainties related to nuclear effects by performing various measurements with targets different from argon, most notably carbon and hydrogen.

SAND concept

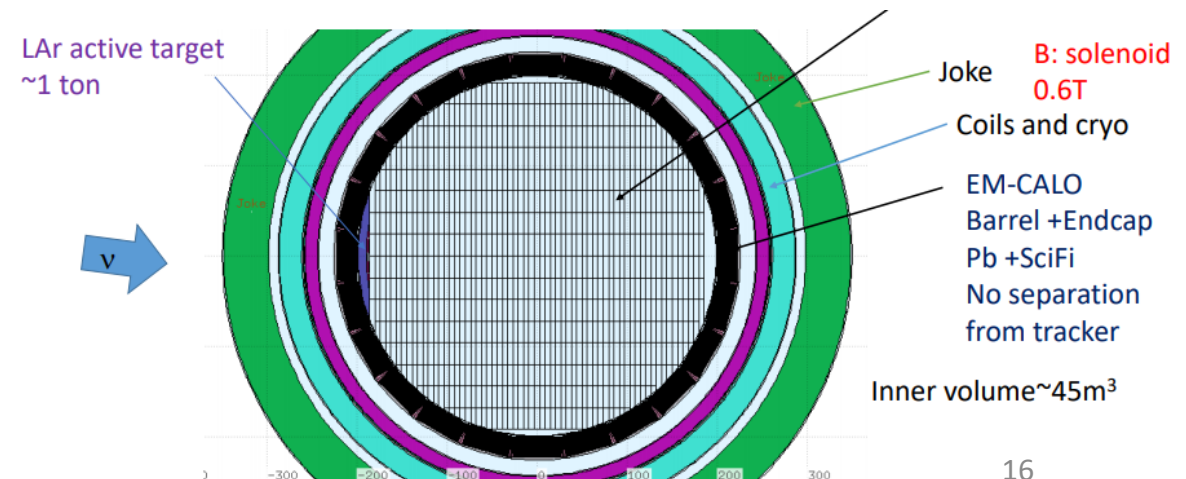
- Solenoidal superconducting magnet 0.6 T (KLOE magnet)
- 4π electromagnetic calorimeter (KLOE ECAL)
- tracker
 - 3D scintillator tracker (3DST), neutrino active target
 - Low-density tracker based on TPC or on STT
- Thin LAr meniscus target (~ 1 ton)

CDR in preparation



We are designing SAND considering different geometries:

- ECAL + 3DST + TPC (T2K- ND)
- ECAL + 3DST+ STT
- ECAL + STT



Attività LNS in NU_AT_FNAL

DUNE:

- Simulazioni del ND (SAND): generazione di neutrini con GENIE, mass production
- Possibile applicazione del metodo Low-Nu per la misura dello spettro di neutrino al ND (Uladzislava Yevarouskaya's master thesis)
- Caratterizzazione e qualifica dei SiPM per il Far Detector (light collection consortium)

SBN:

- Costruzione e test del CRT di ICARUS ai LNF
- Installazione e commissioning del CRT di ICARUS
- Simulazione Monte Carlo e analisi dati di ICARUS
- Turni in locale e in remoto

ANAGRAFICA 2020

SEZIONE	NOME COGNOME	TIPO	CONTRATTO	QUALIFICA	RICERCATORI	TECNOLOGI	TOT. PERS.	FTE	FTE / PERS.		
LNS	Biagi Simone				x			30			
	Distefano Carla				x			30			
	Greco Vincenzo				x			10			
	Papaleo Riccardo					x		20			
	Riccobene Giorgio Maria				x			20			
	Sapienza Piera				x			30			
LNS					1.2 fte	5 pers.	0.2 fte	1 pers.	6	1.4	0.233