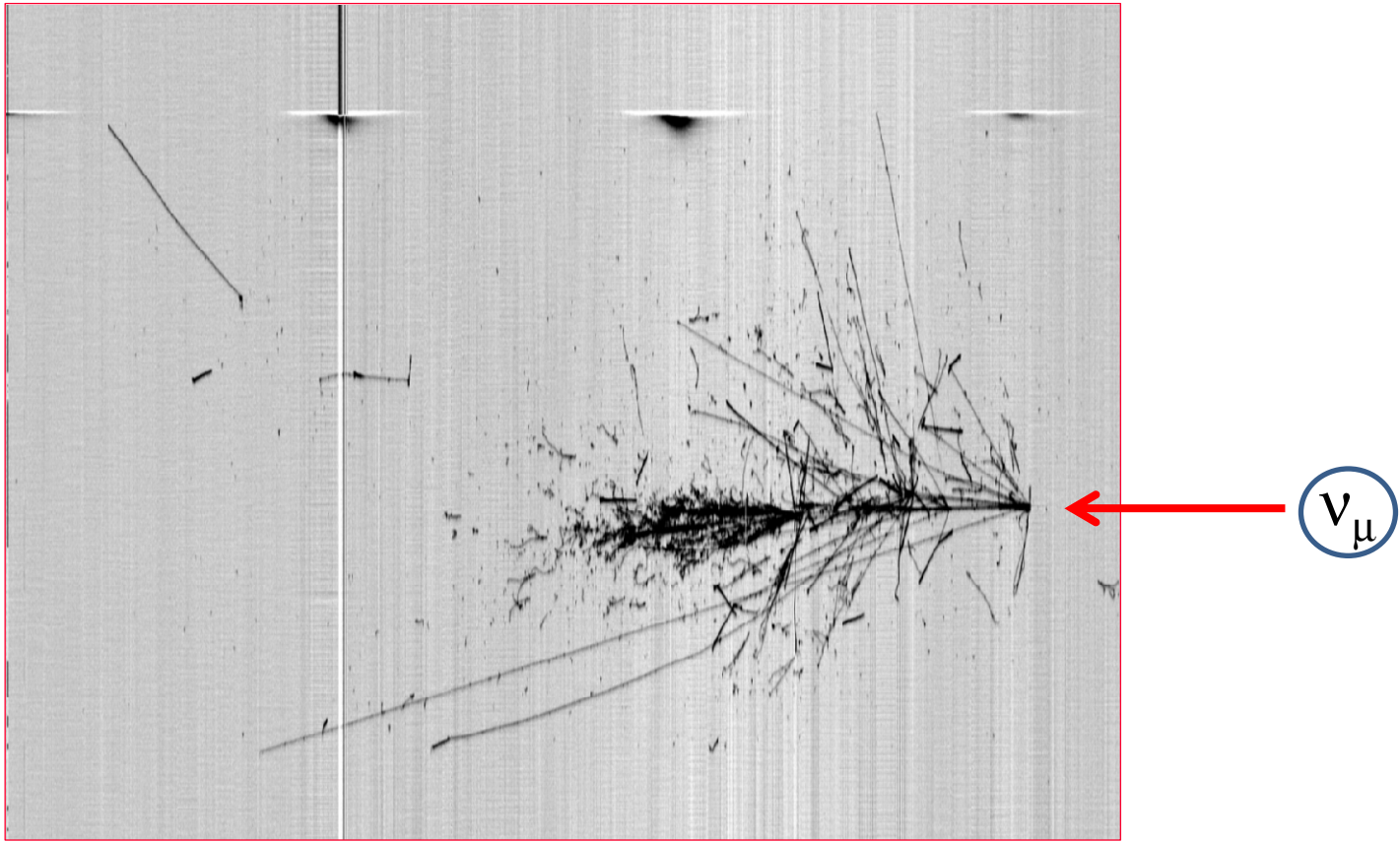


L'esperimento ICARUS



A. Menegolli, Dipartimento di Fisica

Se vi siete chiesti cos'è...



E' un'interazione di neutrino all'interno del rivelatore ICARUS!

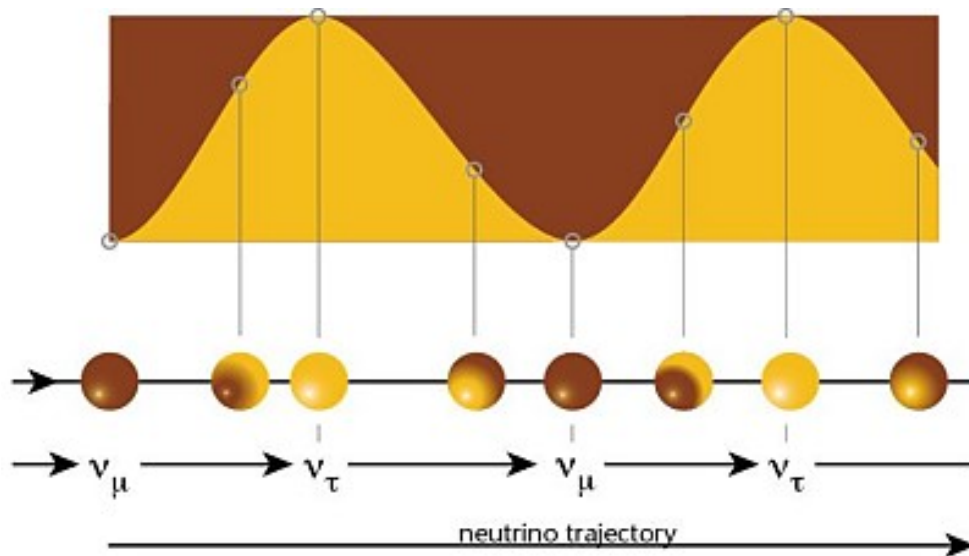
Cosa sono i neutrini e perchè è importante rivelarli?

- I neutrini sono leptoni neutri  sono gli unici fermioni elementari che interagiscono solo debolmente.
- Hanno sezioni d'urto piccolissime  apparati sperimentali di grande massa per rivelarli.
- Sono finora noti tre sapori di neutrino: ν_e, ν_μ, ν_τ
- Nel Modello Standard sono considerati particelle elementari puntiformi, con spin $\frac{1}{2}$ e massa nulla.

In realtà...

...molti esperimenti hanno dimostrato che i neutrini hanno una massa...

Questo è possibile per il fenomeno delle oscillazioni di neutrini!



Se i neutrini hanno massa, gli autostati di sapore sono una combinazione lineare degli autostati di massa attraverso una matrice di mixing unitaria.

$$P_{\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta}(L) = \sin^2 2\theta \sin^2 \left(1.27 \frac{(\Delta m^2 / \text{eV}^2) (L / \text{km})}{(E / \text{GeV})} \right),$$

Se ho una sorgente di neutrini di un dato sapore ed energia E , e metto un rivelatore ad una distanza L , posso misurare l'intensità dell'oscillazione e quindi misurare i parametri caratteristici della matrice di mixing...

...e qui entra in scena ICARUS!



Cos'è ICARUS?



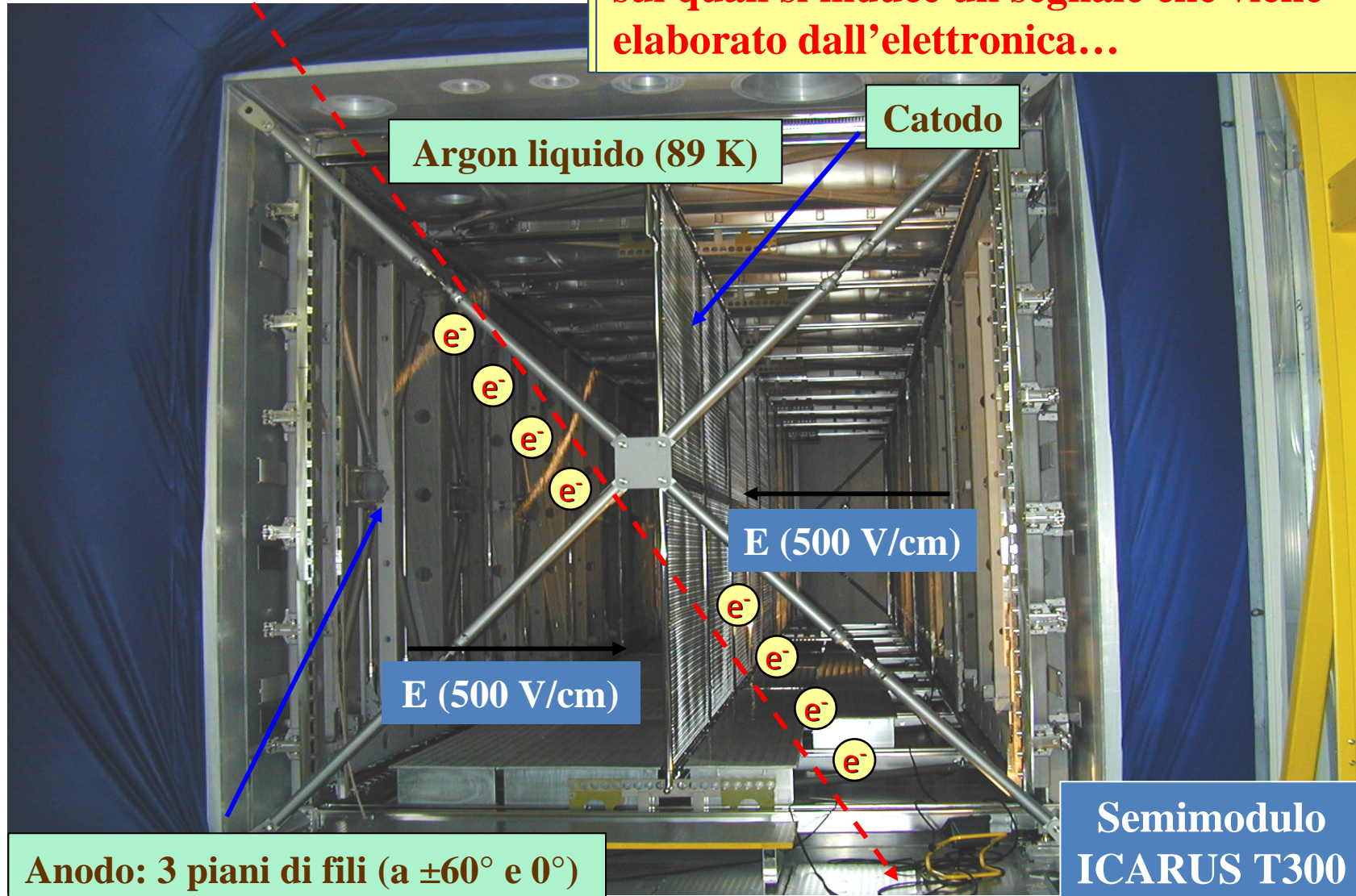
Particolare della camera a fili che è il cuore del rivelatore ICARUS

Il rivelatore ICARUS è una camera a proiezione temporale riempita con 600 tonnellate di Argon liquido (89 K!).

E' un grosso criostato che contiene una camera a fili che registra il segnale rilasciato nell'Argon liquido da particelle ionizzanti che ne attraversano il volume.

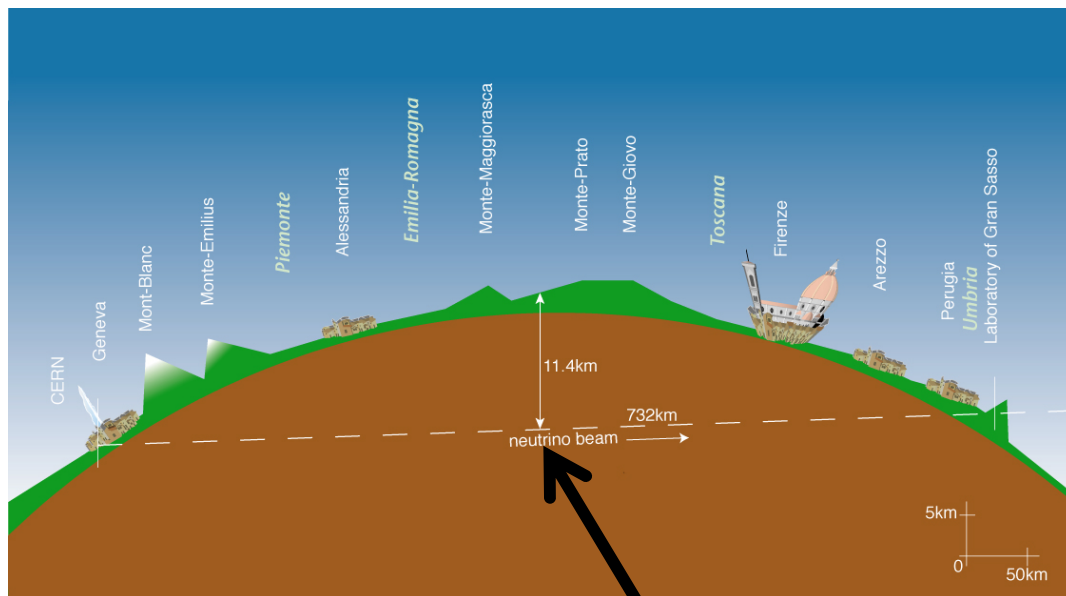
La TPC di ICARUS

sui quali si induce un segnale che viene elaborato dall'elettronica...



ICARUS è in funzione dal 2010 presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, sotto 1.4 Km di roccia!

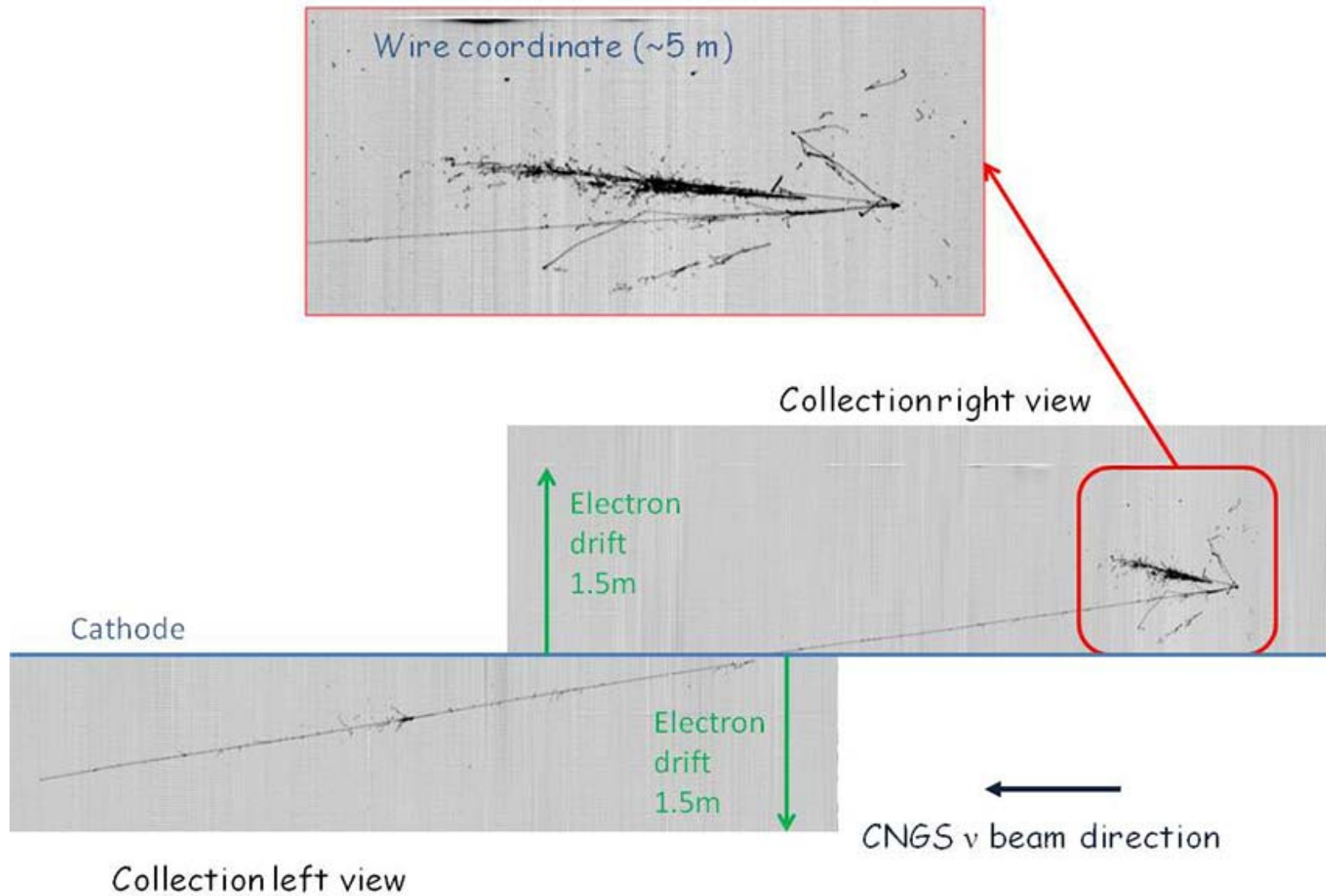
Ha collezionato migliaia di interazioni di neutrini (ν_μ) provenienti dal fascio CNGS (CERN to Gran Sasso, $E \sim 20 \text{ GeV}$)



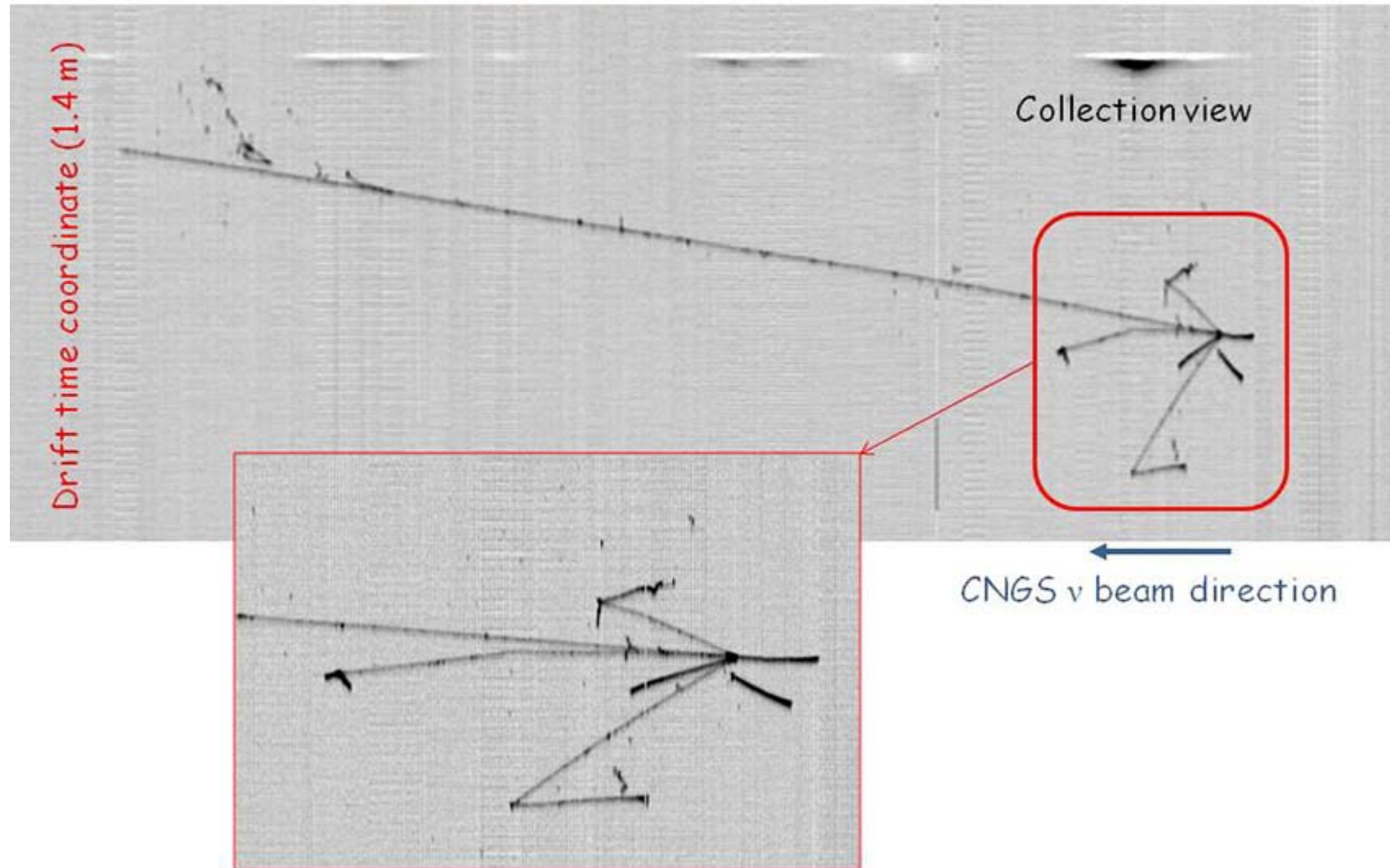
Tunnel Gelmini (732 Km!)

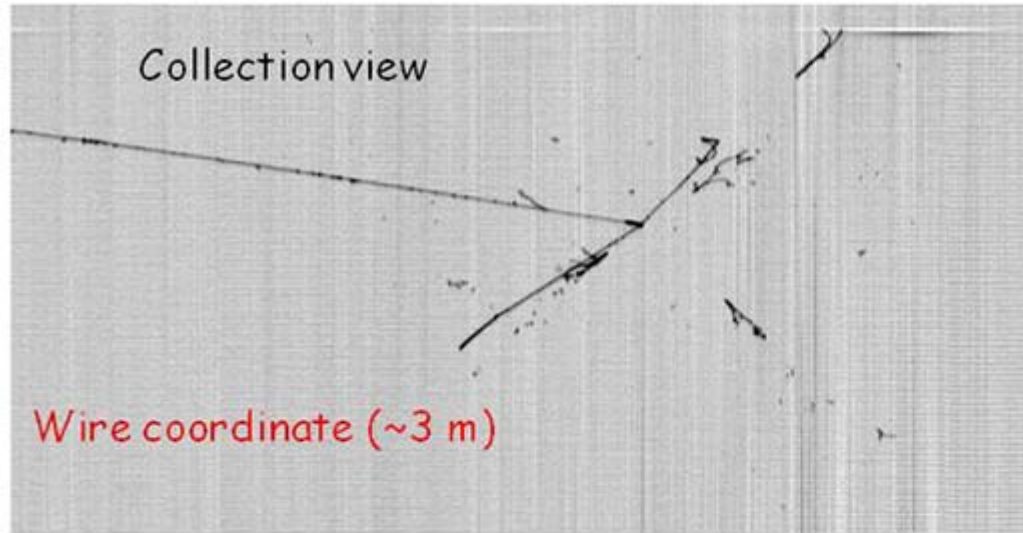


Alcuni eventi di neutrino CNGS in ICARUS T600

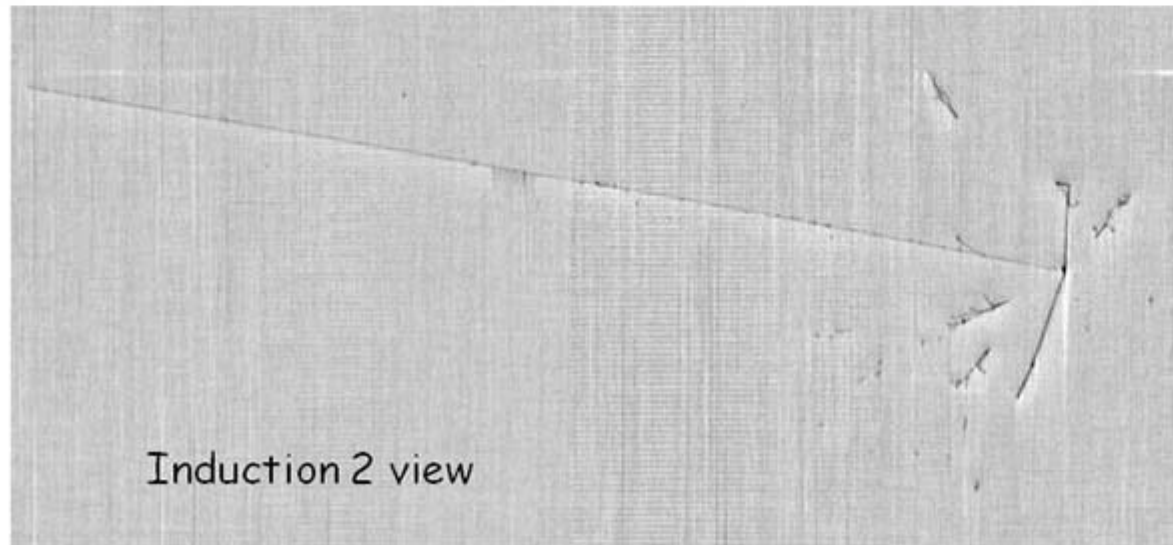
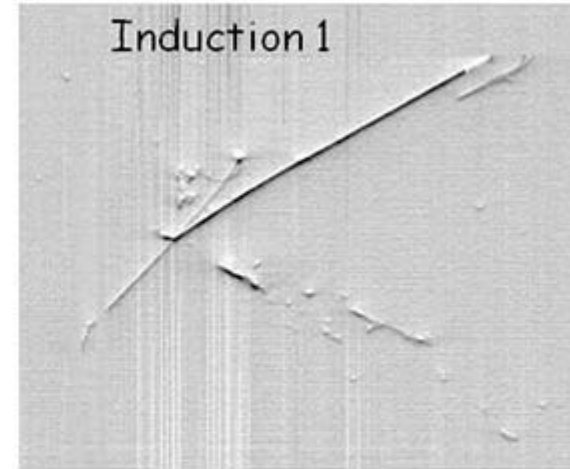


Wire coordinate (~5 m)





←
CNGS ν beam direction



La Collaborazione ICARUS

M. Antonello^a, P. Aprili^a, B. Baibussinov^b, **P. Benetti^c, F. Boffelli^c, E. Calligarich^c**,
N. Canci^a, S. Centro^b, A. Cesana^f, K. Cieslik^g, D. B. Cline^h, A.G. Cocco^d, A. Dabrowska^g,
D. Dequal^b, A. Dermeneviⁱ, **R. Dolfini^c**, C. Farnese^b, **A. Falcone^c**, A. Fava^b, A. Ferrari^j,
G. Fiorillo^d, D. Gibin^b, S. Gninenkoⁱ, A. Guglielmi^b, M. Haranczyk^g, J. Holeczek^l,
A. Ivashkinⁱ, J. Kisiel^l, I. Kochanek^l, J. Lagoda^m, S. Mania^l, G. Mannocchiⁿ,
A. Menegolli^c, G. Meng^b, **C. Montanari^c**, S. Otwinowski^h, L. Perialenⁿ, **A. Piazzoli^c**,
P. Picchiⁿ, F. Pietropaolo^b, P. Plonski^o, **A. Rappoldi^c, G.L. Raselli^c, M. Rossella^c**,
C. Rubbia^{a,j}, P. Sala^f, E. Scantamburlo^e, A. Scaramelli^f, E. Segreto^a,
F. Sergiampietri^p, D. Stefan^a, J. Stepaniak^m, R. Sulej^{m,a}, M. Szarska^g, M. Terrani^f,
M. Torti^c, F. Varanini^b, S. Ventura^b, C. Vignoli^a, H. Wang^h, X. Yang^h, A. Zalewska^g,
A. Zani^c, K. Zaremba^o.

a Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, Assergi (AQ), Italy

b Dipartimento di Fisica e INFN, Università di Padova, Via Marzolo 8, I-35131 Padova, Italy

c Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica e INFN, Università di Pavia, Via Bassi 6, I-27100 Pavia, Italy

d Dipartimento di Scienze Fisiche, INFN e Università Federico II, Napoli, Italy

e Dipartimento di Fisica, Università di L'Aquila, via Vetoio Località Coppito, I-67100 L'Aquila, Italy

f INFN, Sezione di Milano e Politecnico, Via Celoria 16, I-20133 Milano, Italy

g Henryk Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Science, Krakow, Poland

h Department of Physics and Astronomy, University of California, Los Angeles, USA

i INR RAS, prospekt 60-letiya Oktyabrya 7a, Moscow 117312, Russia

j CERN, CH-1211 Geneve 23, Switzerland

k Institute of Theoretical Physics, Wrocław University, Wrocław, Poland

l Institute of Physics, University of Silesia, 4 Uniwersytecka st., 40-007 Katowice, Poland

m National Centre for Nuclear Research, A. Soltana 7, 05-400 Otwock/Swierk, Poland

n Laboratori Nazionali di Frascati (INFN), Via Fermi 40, I-00044 Frascati, Italy

o Institute of Radioelectronics, Warsaw University of Technology, Nowowiejska, 00665 Warsaw, Poland

p INFN, Sezione di Pisa. Largo B. Pontecorvo, 3, I-56127 Pisa, Italy

Circa 70
partecipanti

Articoli finora pubblicati con i dati del fascio CNGS:

1) Sulla velocità del neutrino

- Cherenkov-like e^+e^- emission: P. L. B711 (2012), 270
- Timing measurement: P. L. B713 (2012), 17
- Precision measurement: JHEP 11 (2012), 049

2) Sulle oscillazioni di neutrino

- $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ "LSND/MiniBooNE" anomaly: Eur. Phys. J. C 73:2345,
ArXiv:1209.0122

Il gruppo di Pavia ha partecipato con un ruolo principale alla costruzione, all'installazione e all'attivazione del rivelatore presso i LNGS.



Tre sono le linee di ricerca attualmente portate avanti dal gruppo di Pavia:

- 1) Attività di ricerca e sviluppo di nuove tecniche sperimentali per l'evoluzione della tecnologia delle TPC ad Argon liquido.
- 2) Analisi dei dati di ICARUS per la ricerca di oscillazioni di neutrini nel fascio CNGS.
- 3) Lavori preliminari per lo spostamento di ICARUS dal Gran Sasso al CERN per la misura dell'oscillazione mediata da neutrini sterili.

- Tre tesi di laurea (una triennale, due magistrali) su ICARUS negli ultimi due anni.
- Due studenti neolaureati.
- Due dottorandi.
- Un post-doc.

Possibilità di dare tesi a carattere sperimentale:

- Attività di R&D in laboratorio.
- Sviluppo di software per la ricostruzione degli eventi di neutrino in ICARUS.
- Analisi dei dati CNGS per misure di oscillazioni di neutrini.

Bibliografia

Sulle oscillazioni di neutrini:

- Neutrino Unbound: <http://www.nu.to.infn.it/>
- C. Giunti and C.W. Kim, [Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics](#), Oxford University Press.

Su ICARUS:

- <http://icarus.lngs.infn.it/> (sito ufficiale di ICARUS)
- “*Design, construction and test of the ICARUS T600 detector*”, NIM A 527 (2004), 329
- “*Underground operation of the ICARUS T600 LAr-TPC: first results*”, JINST 6 (2011) P07011
- “*Experimental search for the LSND anomaly with the ICARUS LAr TPC detector in the CNGS beam*”, Eur. Phys. J. C (2013) 73:2345
- “*Precise 3D track reconstruction algorithm for the ICARUS T600 liquid argon time projection chamber detector*”, Adv.High Energy Phys. 2013 (2013) 260820

1
7



Grazie per l'attenzione!