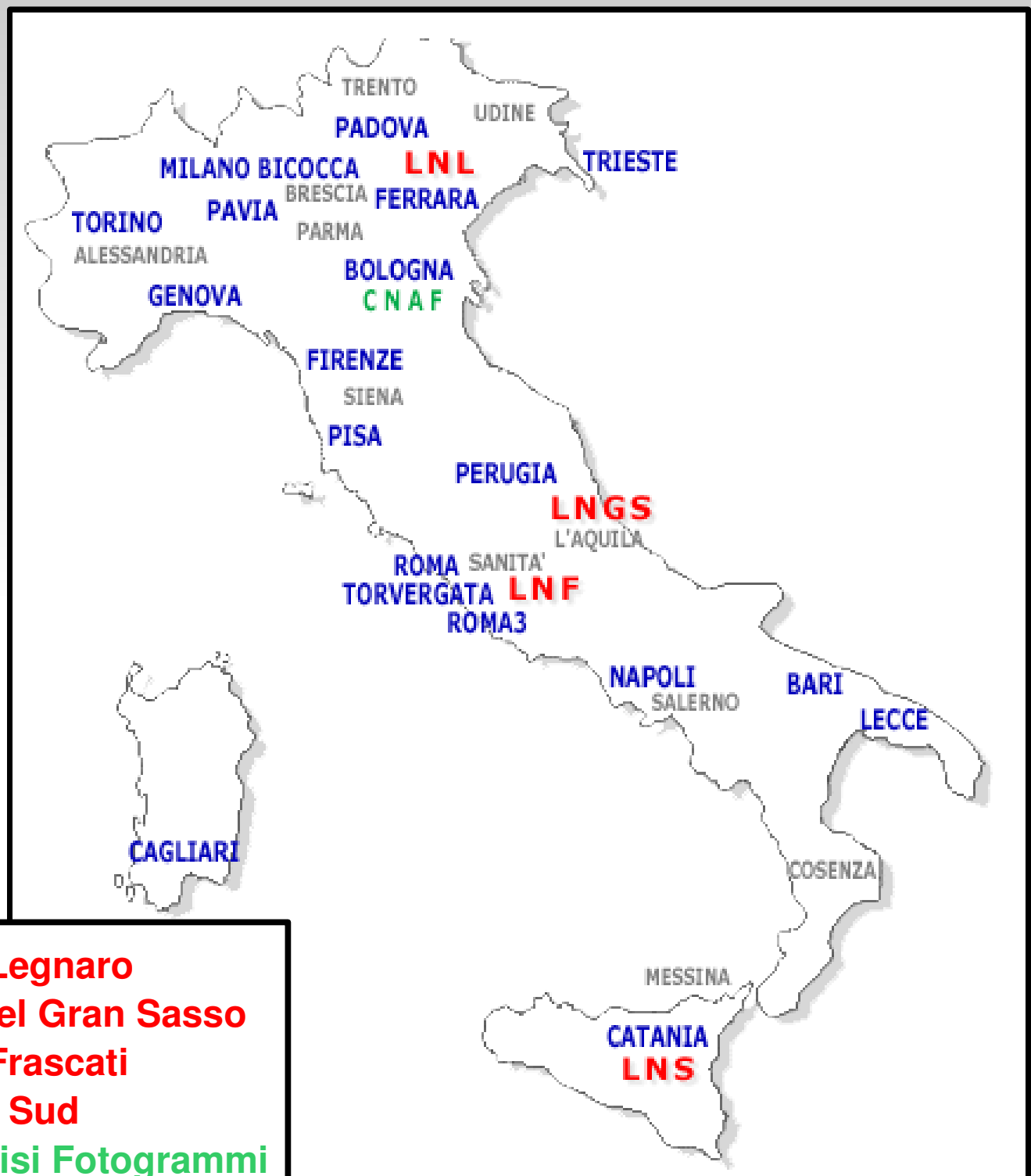


I Laboratori Nazionali del Gran Sasso



Scotto Lavina Luca, INFN Napoli

LNGS, 21 Marzo 2009



LNL = Laboratori Nazionali di Legnaro
LNGS = Laboratori Nazionali del Gran Sasso
LNF = Laboratori Nazionali di Frascati
LNS = Laboratori Nazionali del Sud
CNAF = Centro Nazionale Analisi Fotogrammi

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso

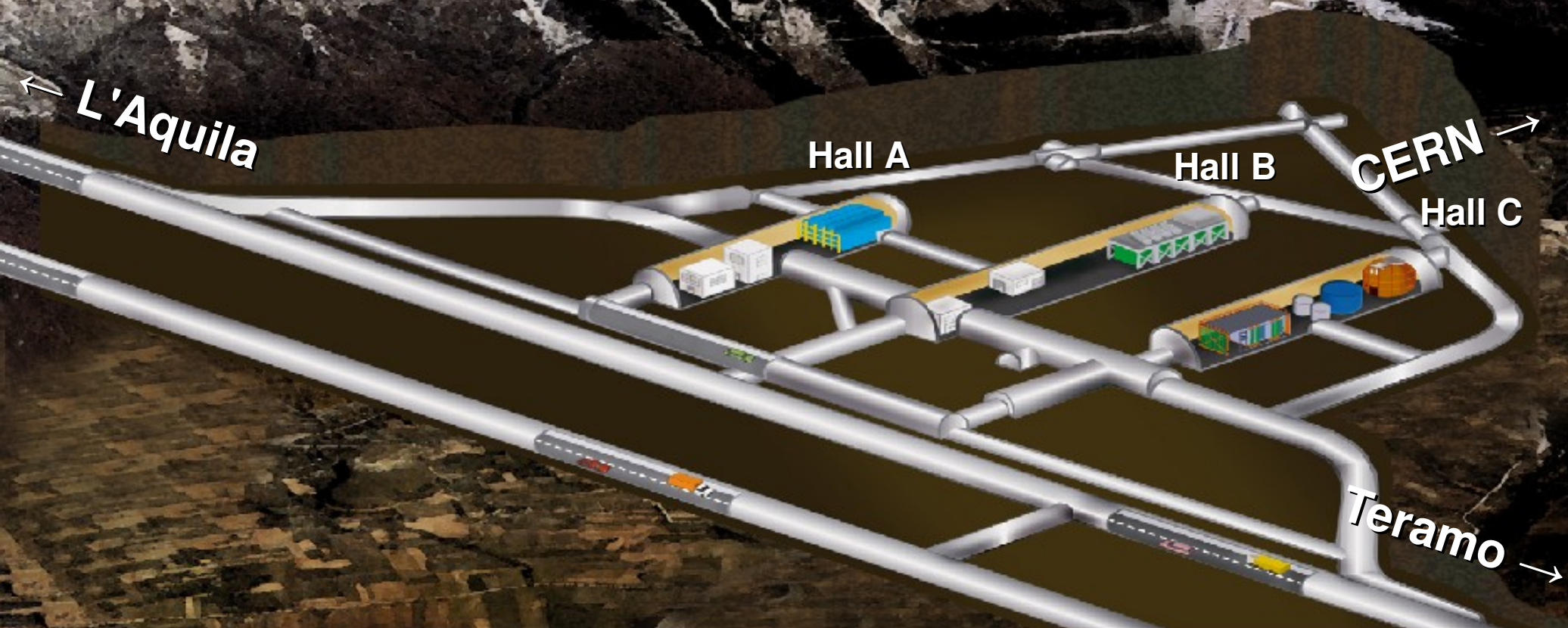
1979 - Proposta del progetto del laboratorio sotterraneo

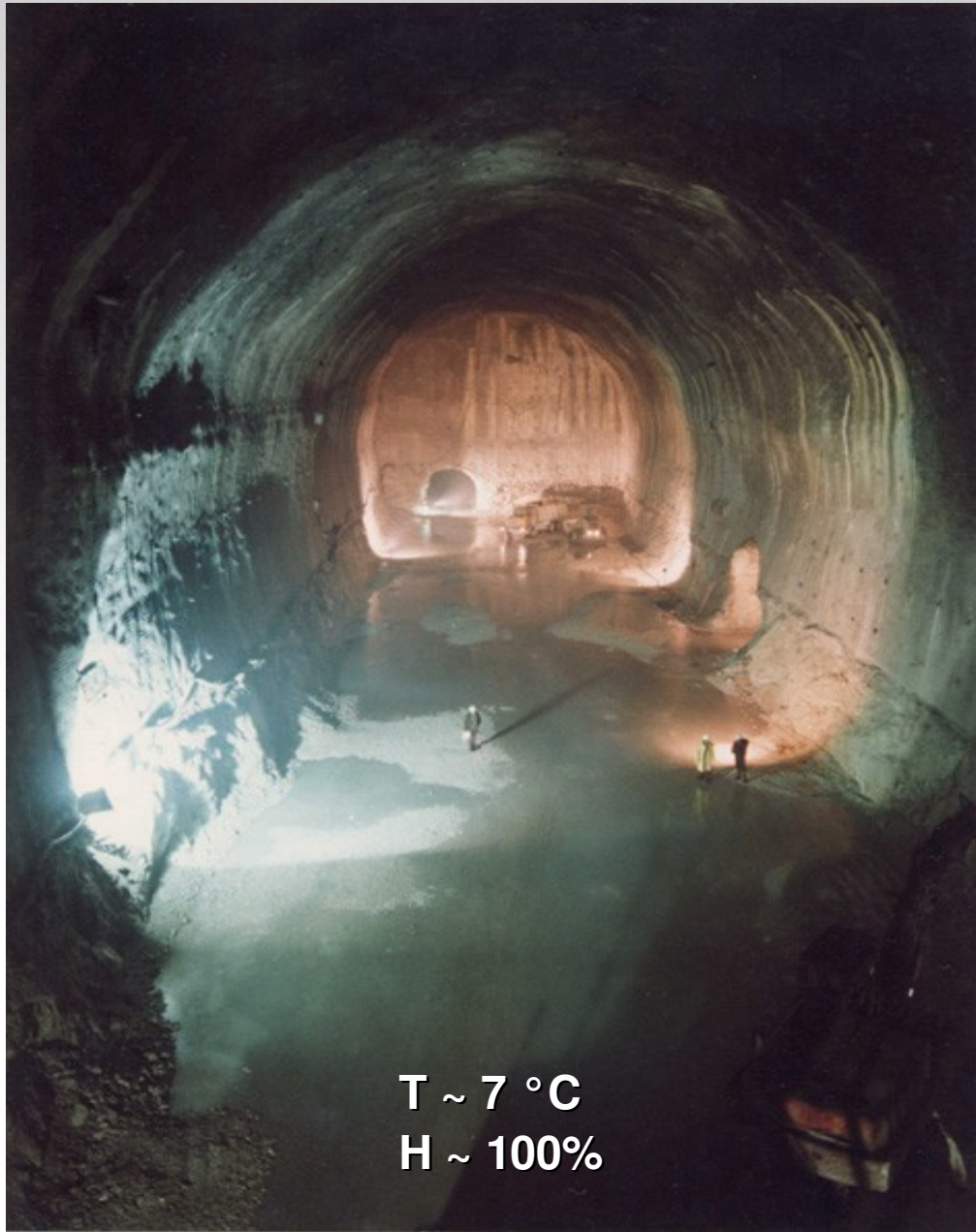
1982 - Inizio dei lavori, durante la costruzione della A24 Roma-Teramo, conclusi nel 1987

1989 - MACRO, il primo esperimento dei laboratori, inizia a prendere dati

Area sotterranea: 3 sale (100m x 20m x 15m) + tunnel di servizio

Volume totale: 180000 m³





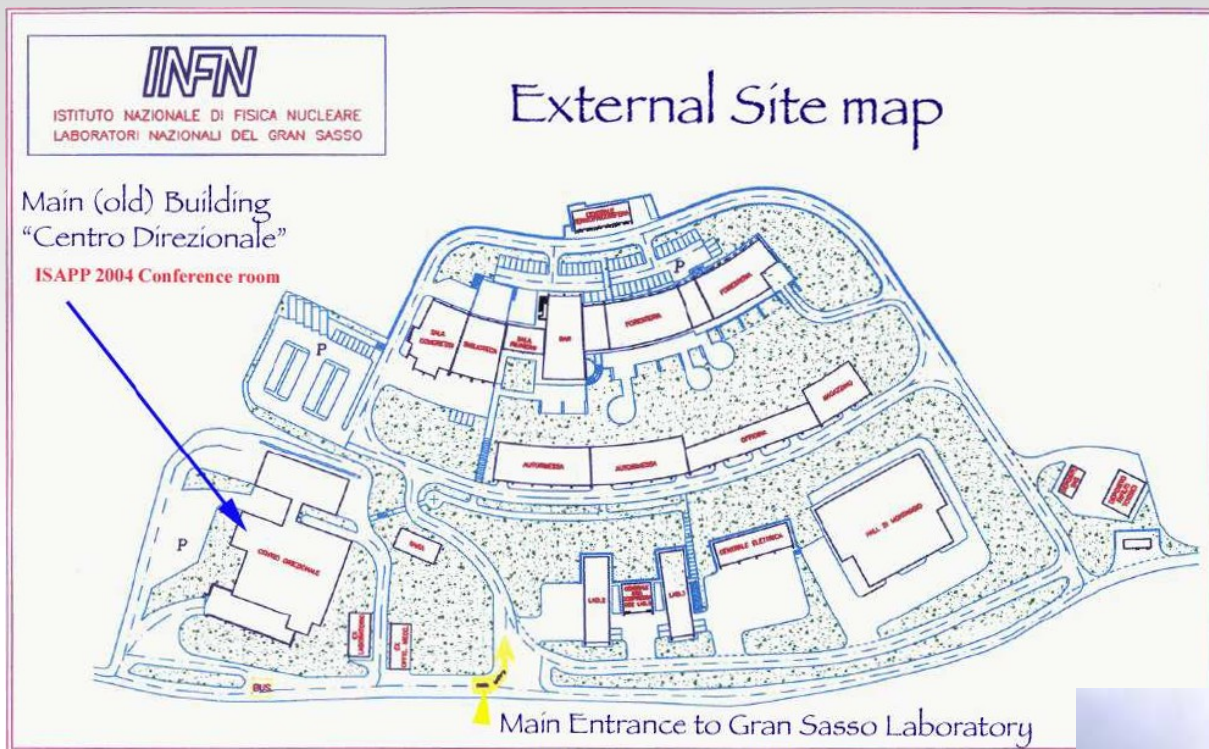
$T \sim 7 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $H \sim 100\%$



$T \sim 20 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $H \sim 20\%$

coibentazione
impermeabilizzazione
ventilazione

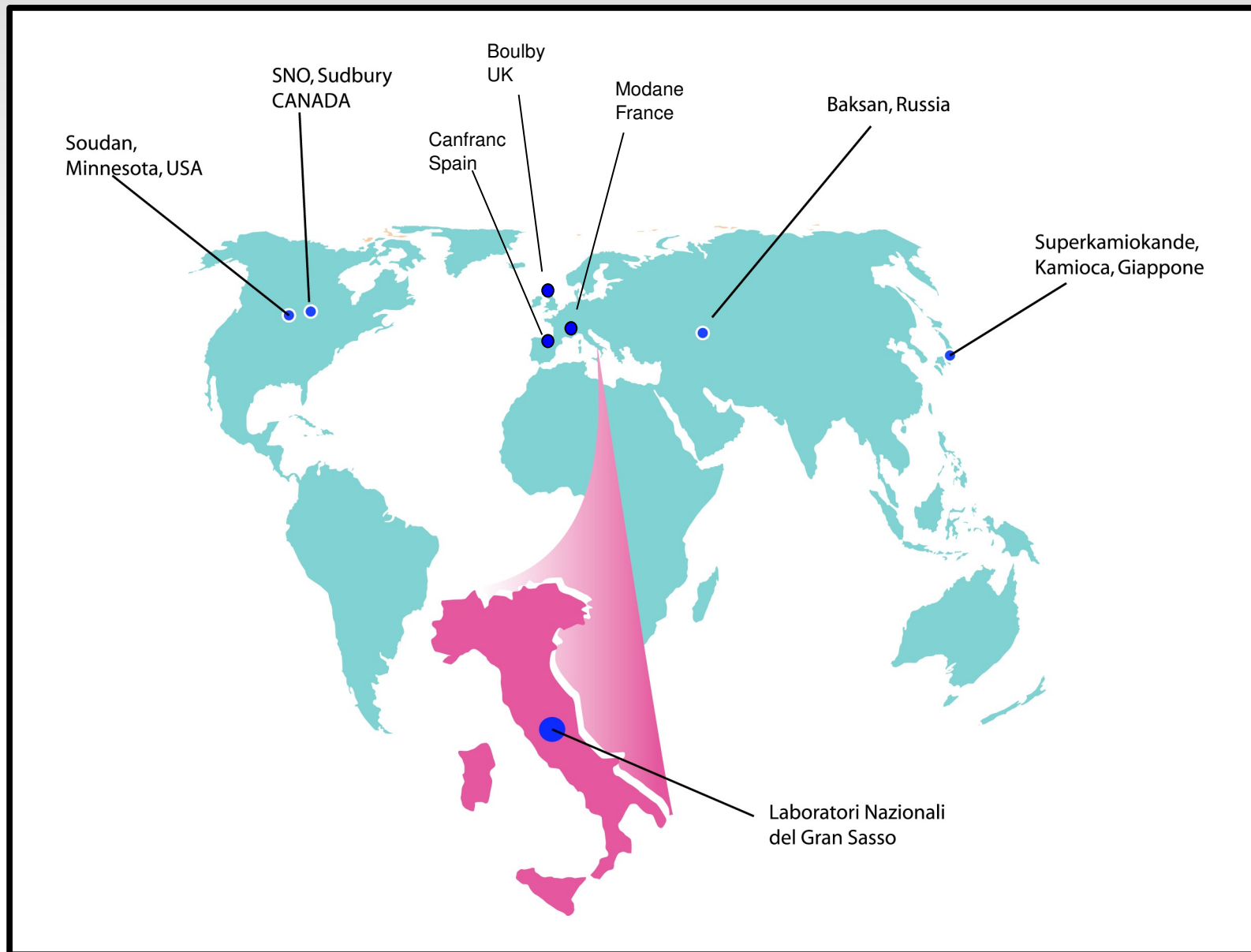
Sito esterno dei laboratori



- uffici
- officina meccanica
- laboratorio chimico
- officina elettronica
- centro di calcolo
- biblioteca
- mensa
- sale conferenza
- amministrazione
- ...

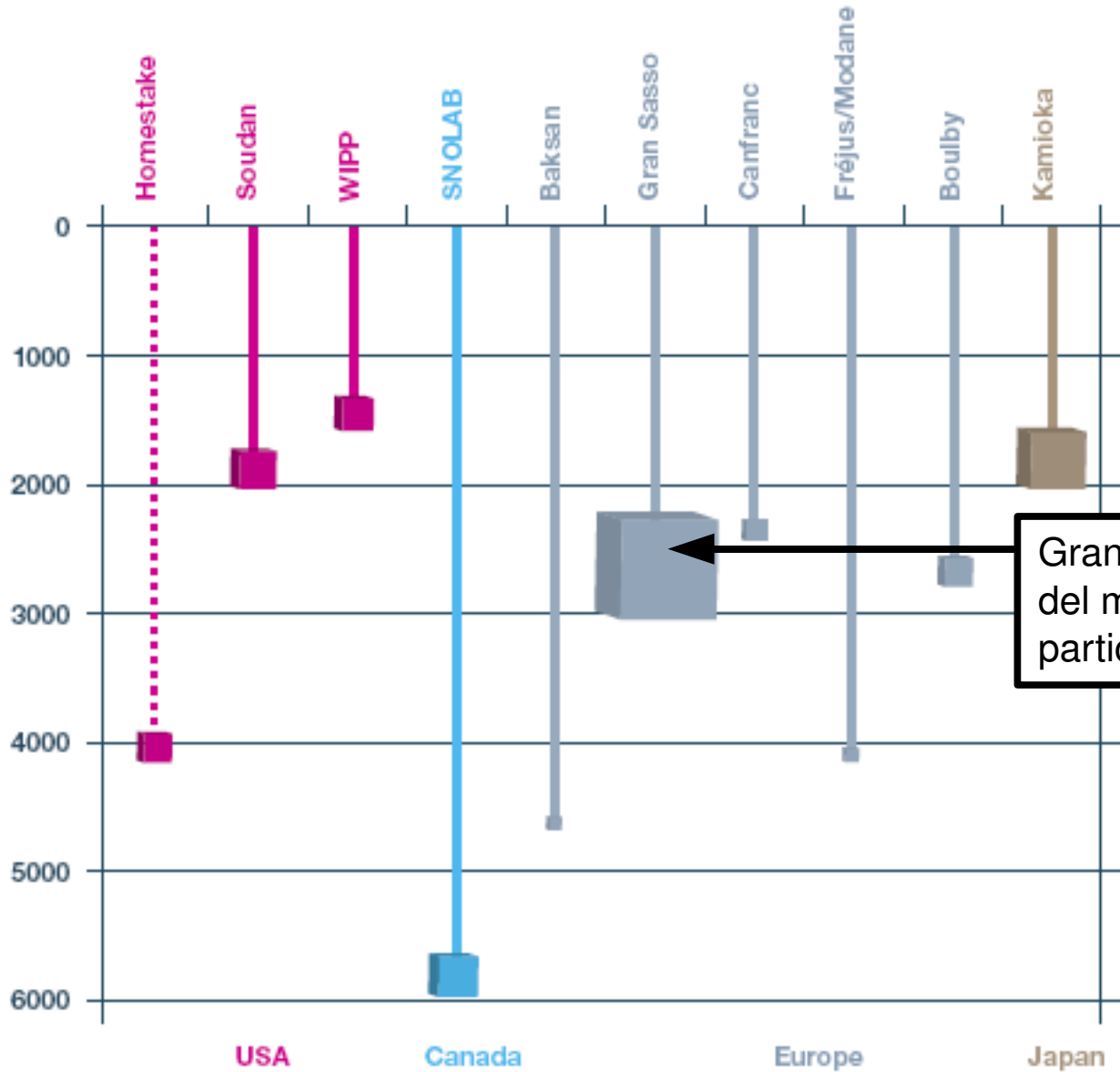


I laboratori sotterranei nel mondo...



...e la loro profondita' e dimensione

Profondita' in metri di acqua equivalente (m.w.e.)



Gran Sasso: il piu' grande laboratorio del mondo dedicato all'astrofisica delle particelle elementari

Ma perche' un laboratorio sotterraneo?

Usciamo un attimo...



Guardare con piu' occhi e con la mente...

Da secoli l'umanità ha studiato il cielo per conoscerne le proprietà

L'astronomia è nata con le osservazioni visive e con una grande capacità di astrazione...

Prima rivoluzione: il cannocchiale → e il nostro occhio è andato più lontano

Seconda rivoluzione: antenne radio → e il nostro occhio ha guardato a più ampio spettro

Terza rivoluzione: lo studio dei raggi cosmici → inizia la sfida per conoscere tutto l'universo
e le sue origini

I raggi cosmici

La radiazione proveniente dallo spazio (radiazione primaria) e' composta da:

adroni (90% protoni, 7% nuclei di He, ...):

L'energia media degli adroni e' di circa 2 GeV
e la lunghezza di interazione in aria e' di circa
 $90 \text{ g cm}^{-2} \rightarrow 750 \text{ m}$

elettroni relativistici:

lunghezza di radiazione di $40 \text{ g cm}^{-2} \rightarrow 330 \text{ m}$

raggi X e γ :

diverse sorgenti puntuali su un fondo continuo

neutrini:

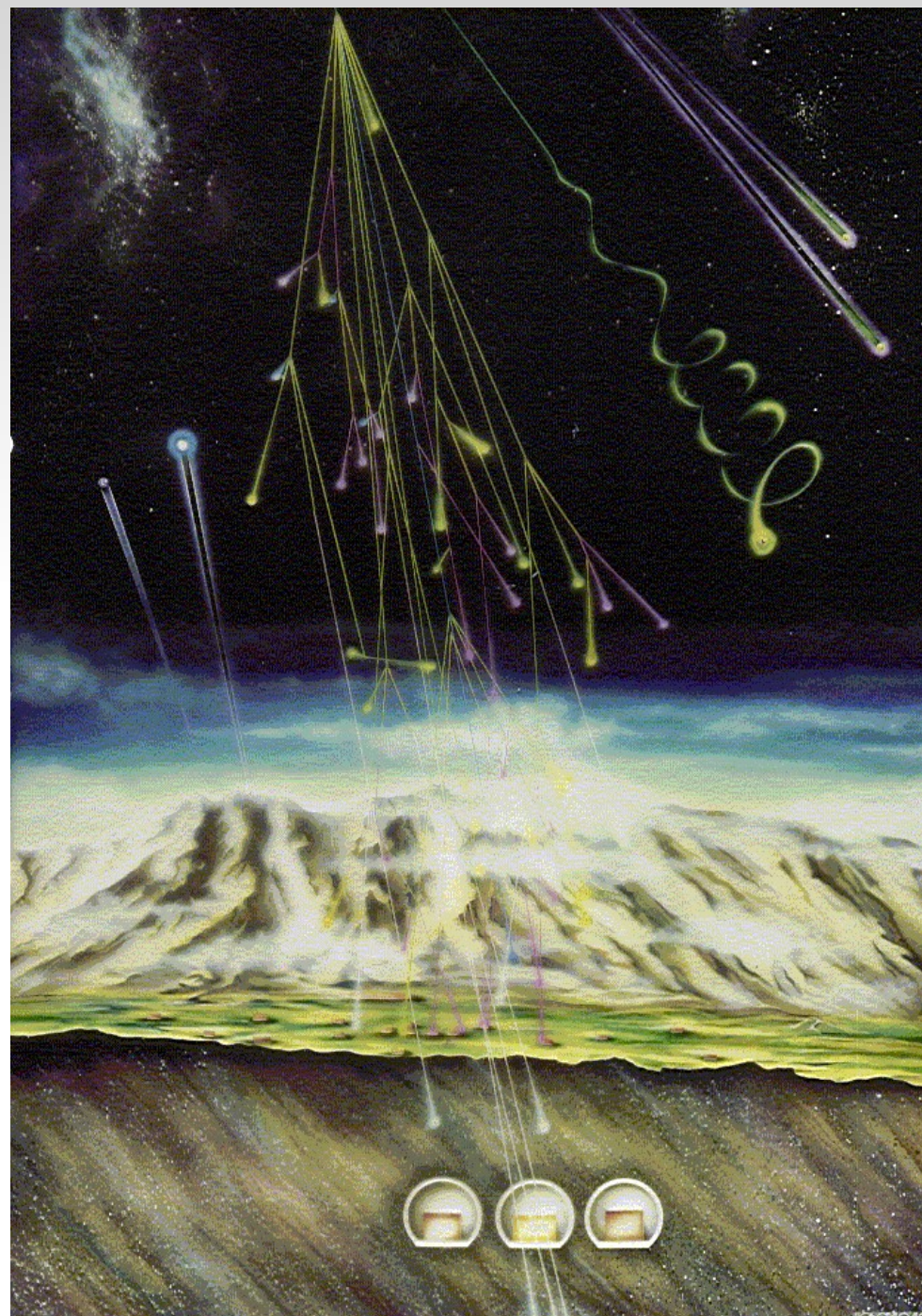
solari:

10^{11} neutrini/cm², energia del MeV
provenienti dal collasso gravitazionale:

energia circa 10 MeV

galattici ed extragalattici:

energia del TeV



I raggi cosmici secondari

Le interazioni dei protoni con i nuclei degli atomi dell'aria generano delle particelle con un'energia sufficiente a creare una cascata di altre particelle → raggi cosmici secondari

mesoni π e K:

vita media di 10^{-8} s, decadono prima di raggiungere la superficie terrestre

muoni:

si creano dal decadimento dei mesoni. Avendo una vita media di circa 10^{-6} s, riescono a raggiungere la superficie terrestre. E' la componente piu' importante dei raggi cosmici secondari nella regione delle alte energie

elettroni e positroni:

prodotti sia singolarmente dal decadimento di muoni che a coppie da fotoni.

neutroni e protoni:

prodotti nelle collisioni nucleari. I neutroni, in quanto neutri, hanno un cammino maggiore.

barioni strani:

composti anche dal quark strange, hanno una vita media molto breve, 10^{-10} s. Non possono quindi raggiungere la superficie terrestre.

radiazione elettromagnetica:

creata in diversi modi (diseccitazioni nuclari, annichilazioni, effetto Cherenkov, ...), quindi con uno spettro in energia piuttosto ampio

neutrini atmosferici:

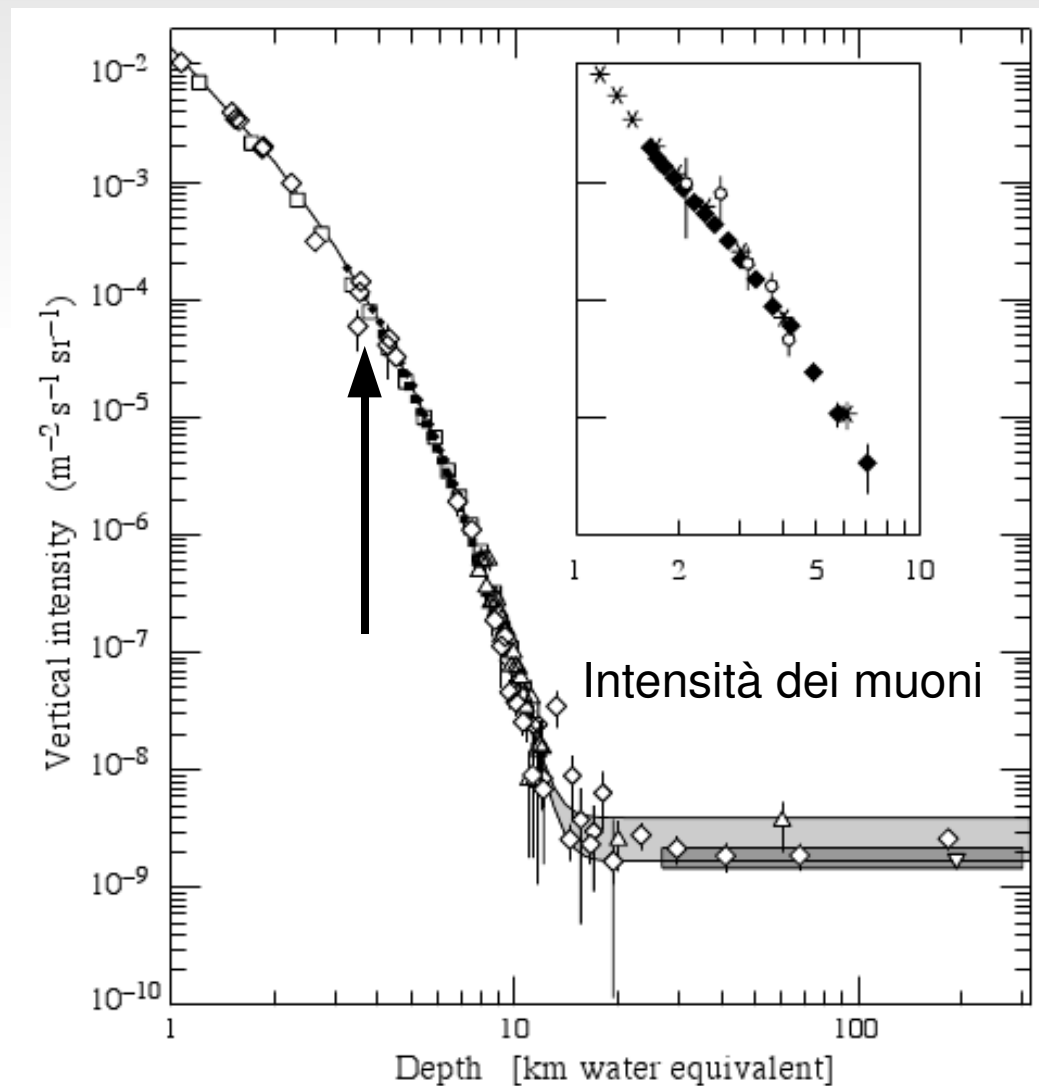
prodotti dal decadimento dei mesoni e dei muoni

Verso il silenzio cosmico di particelle

1400 m di minima copertura di roccia (3800 m.w.e.)

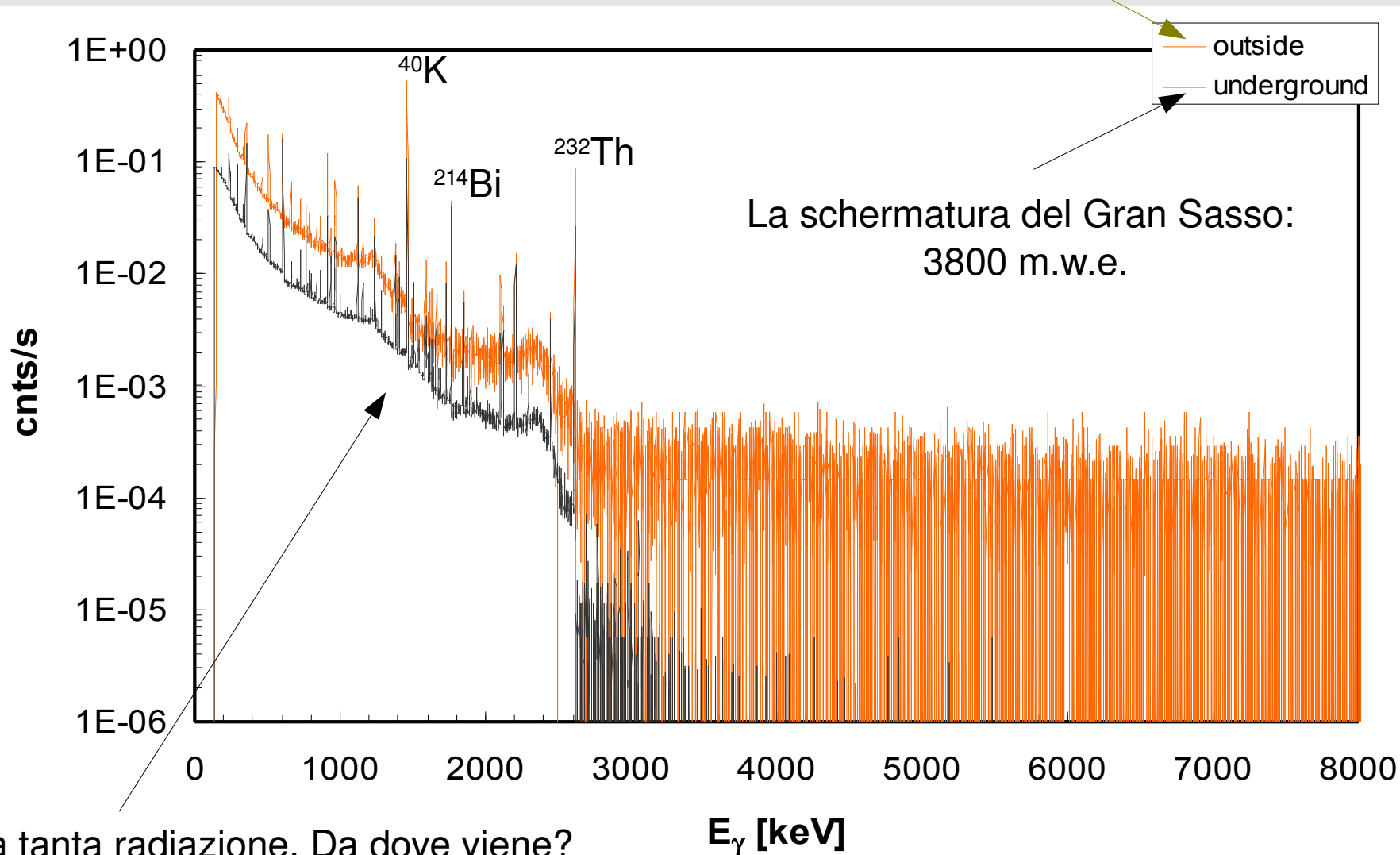
attenuazione dei muoni cosmici = 10^{-6} (equivalenti a $1 / \text{m}^2 \text{h}$)

attenuazione dei neutroni = 10^{-3} (e basso contenuto di Uranio e Torio)



Verso il silenzio cosmico di radiazione

La radiazione elettromagnetica in superficie



Radioattività ambientale

Composizione della roccia:

$CaCO_3$ e $MgCO_3$ con una densità di $(2.71 \pm 0.05) \text{ g/cm}^3$

La roccia del Gran Sasso ha un basso contenuto di nuclidi radioattivi (Uranio, Torio, ...), anche se in modo disuniforme, a causa di diverse concentrazioni della *roccia marnosa nera*.

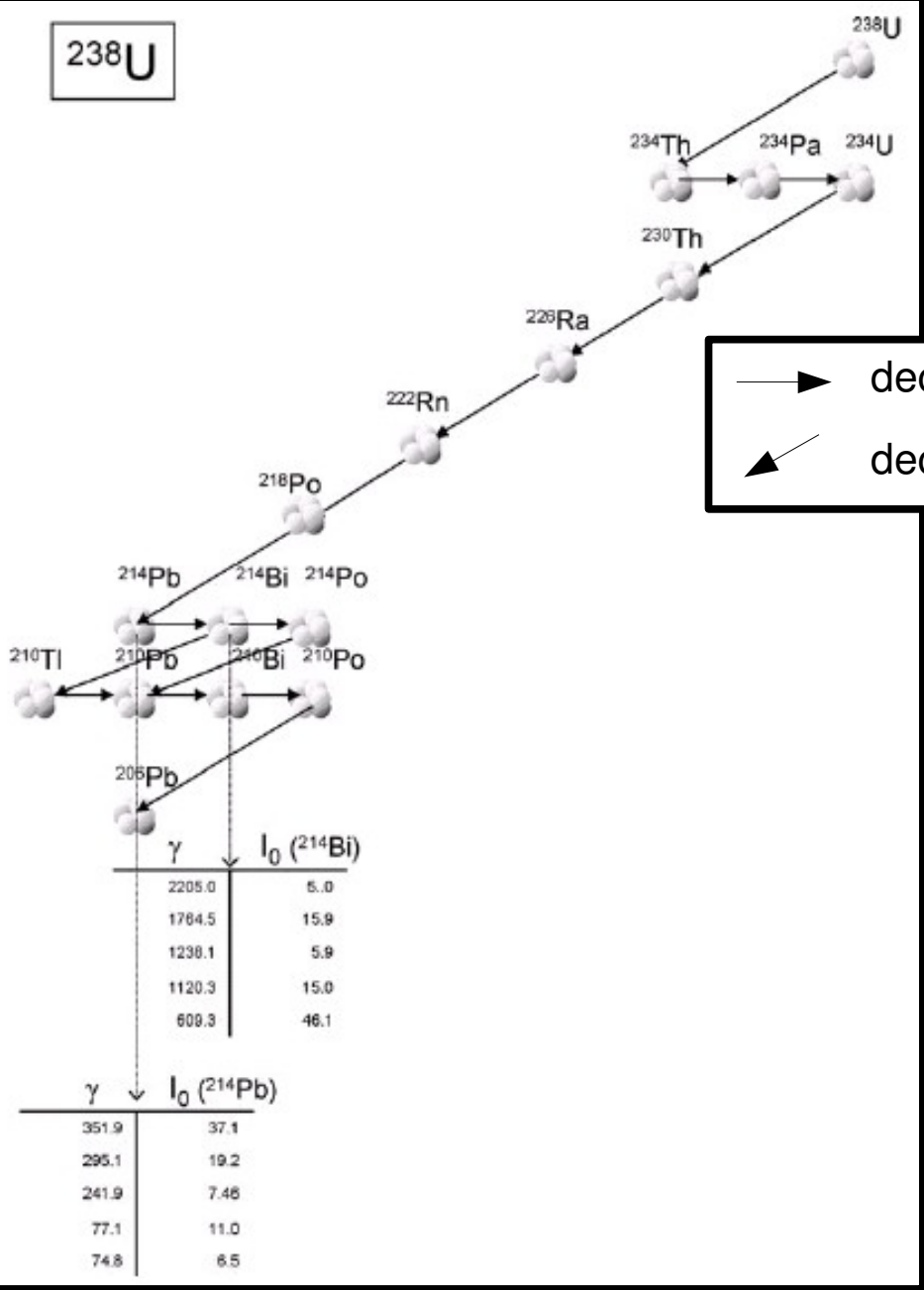
Hall	Activities (ppm)	
	^{238}U	^{232}Th
A	6.80 ± 0.67	2.167 ± 0.074
B	0.42 ± 0.10	0.062 ± 0.020
C	0.66 ± 0.14	0.066 ± 0.025

Presenza di nuclidi radioattivi nel materiale del rivelatore stesso.

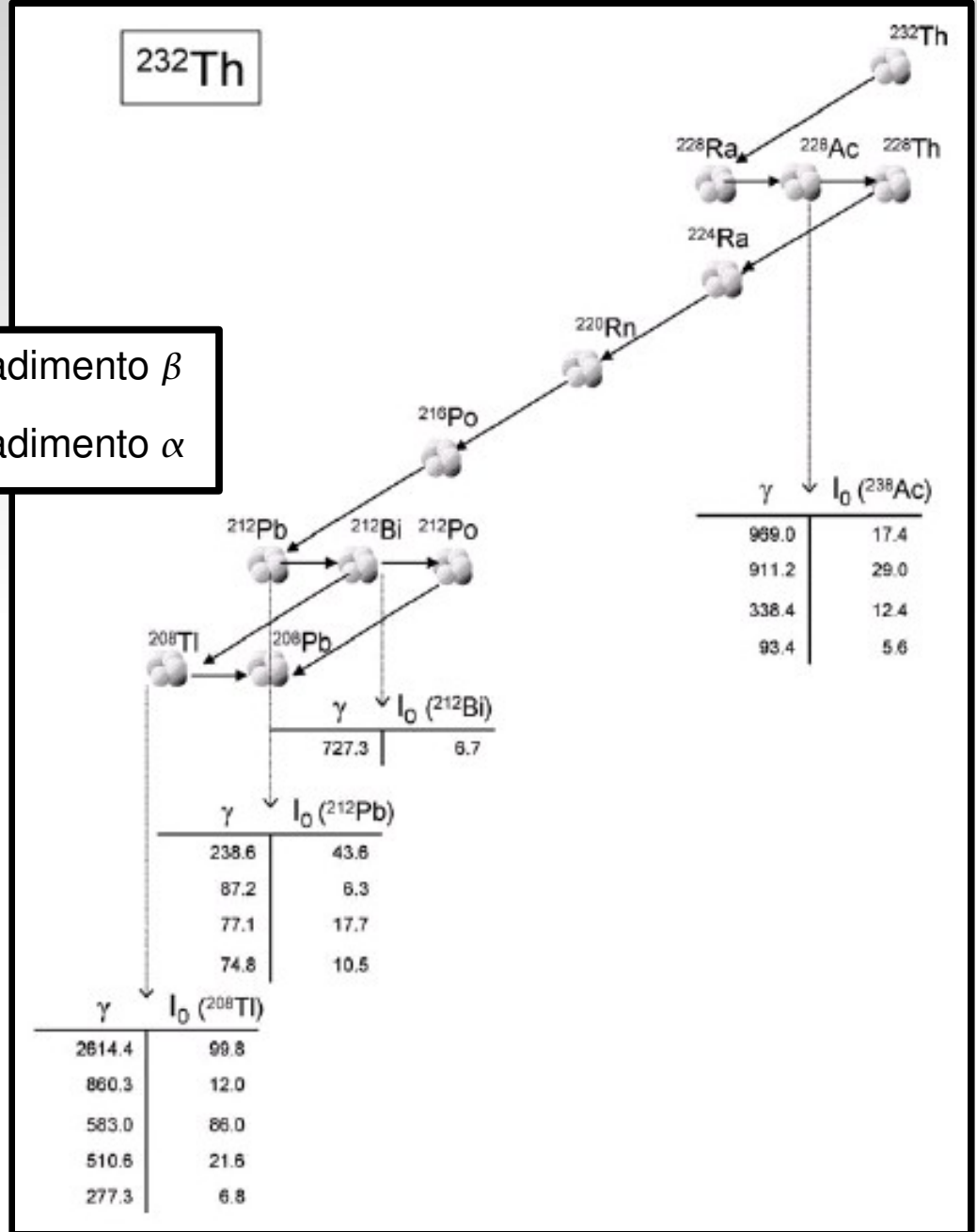
Processi possibili:

- decadimento α
- decadimento β e cattura elettronica
- emissione γ
- fissione spontanea
- produzione di radon

238U



232Th

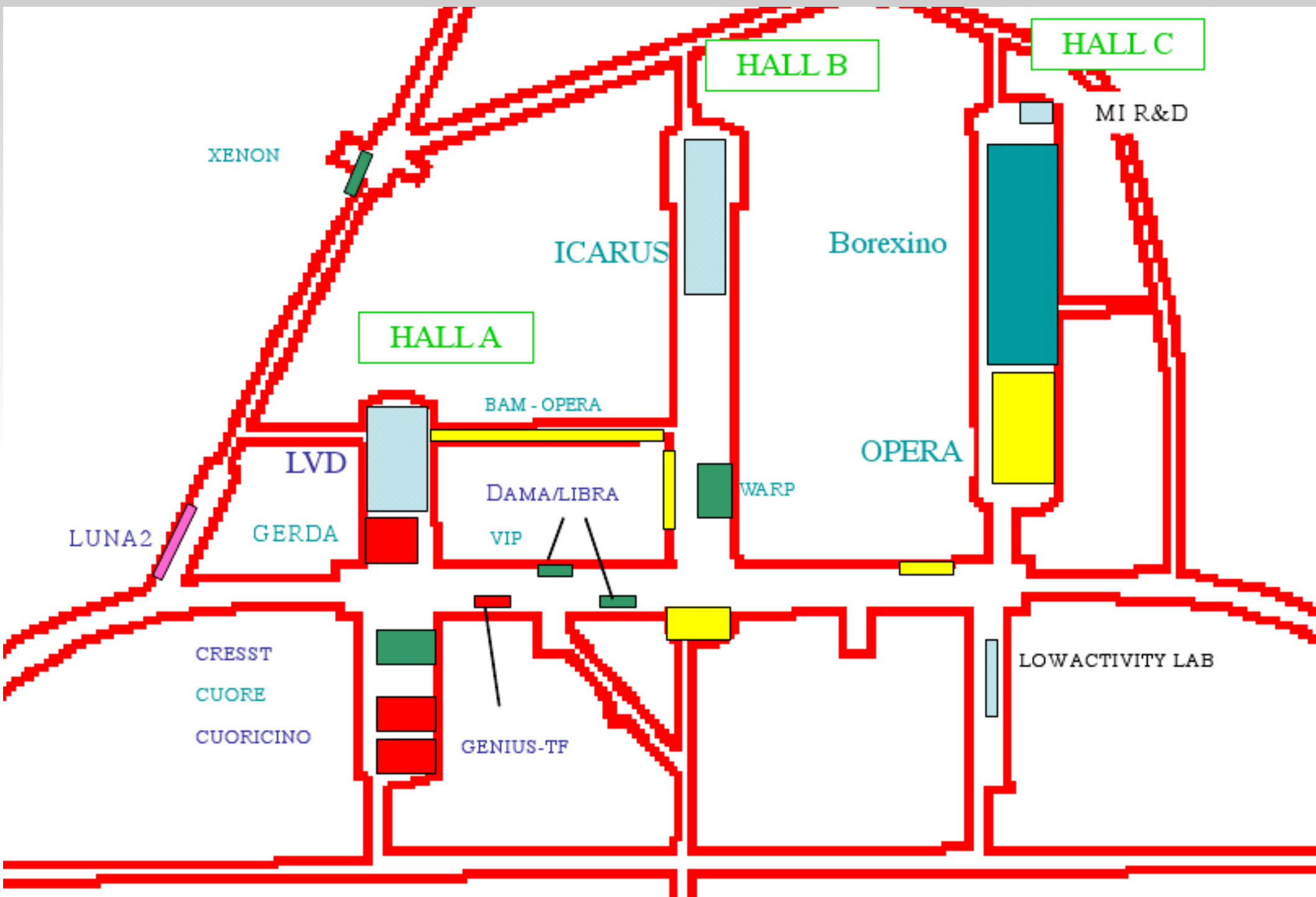


Linee di ricerca del Gran Sasso

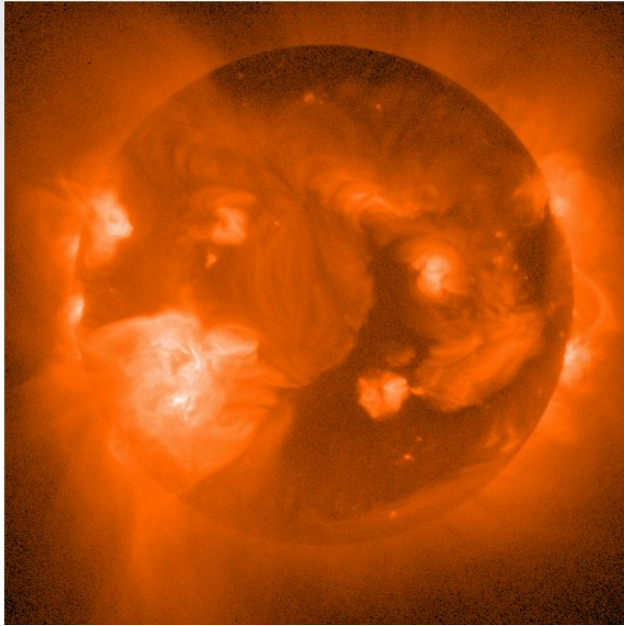
- Fisica del neutrino
 - Misura diretta della massa
 - Oscillazioni di sapore
 - Fisica stellare
- Materia oscura
- Raggi cosmici
- Stabilità della materia
- Astrofisica nucleare
- Misure nucleari di bassa attività
- Onde gravitazionali
- Geofisica
- Biologia

Il programma scientifico

Research topic	Completed	Running	Under construction	R&D
Neutrinos solar atmospheric supernova long baseline	Gno/Gallex MACRO	LVD Opera	Borexino Icarus	
$\beta\beta$ decay	HD-Moscow Mibeta DBGS	Cuoricino	Ge	CUORE
Dark Matter	DAMA/NaI	DAMA/Libra HDMS CRESST		CUORE Warp Genius
Nuclear astroph.		LUNA		
Geophysics	GIGS	Tellus Ermes	Underseis	



Vedere l'interno delle stelle



Le stelle producono ogni tipo di radiazione:
radiazione elettromagnetica ad ampio spettro,
neutrini

- radiazione elettromagnetica: ci giunge solo quella emessa in superficie, quella interna non fuoriesce per via del breve libero cammino medio
- Neutrini, prodotti in seguito di reazioni di fusione nucleare che si generano nel nucleo
- onde acustiche (eliosismologia)

Carta di identità del neutrino

Particella (fermione)

Carica elettromagnetica: 0

Carica di colore: 0

Momento angolare di spin: 1/2

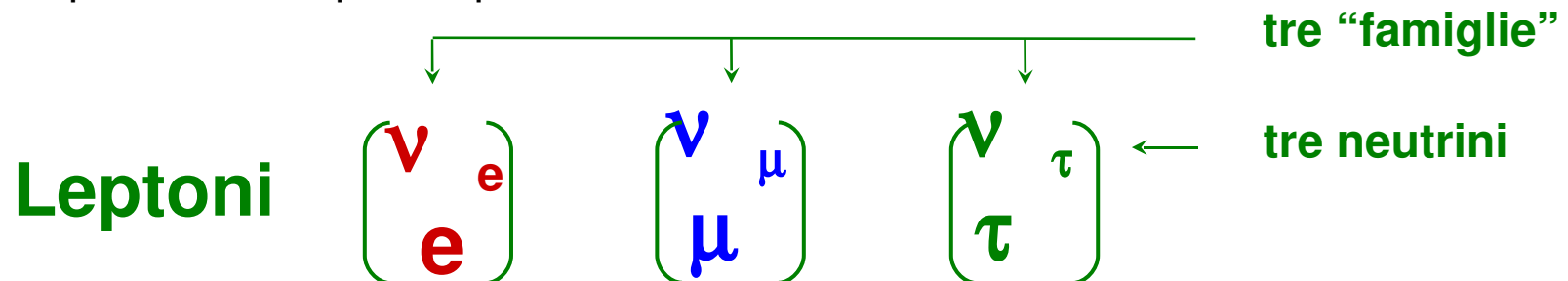
Il neutrino interagisce unicamente attraverso la forza nucleare debole → difficile da rivelare!

Scoperta: 1930

“Paternità”: Pauli, Fermi, Pontecorvo,...

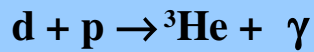
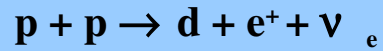
Provenienza: stelle, reattori nucleari, acceleratori di particelle, ...

Massa: sì, e piccola, ma quanto piccola?



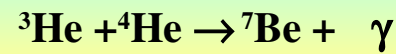
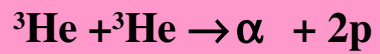
I neutrini prodotti dal sole

La catena pp



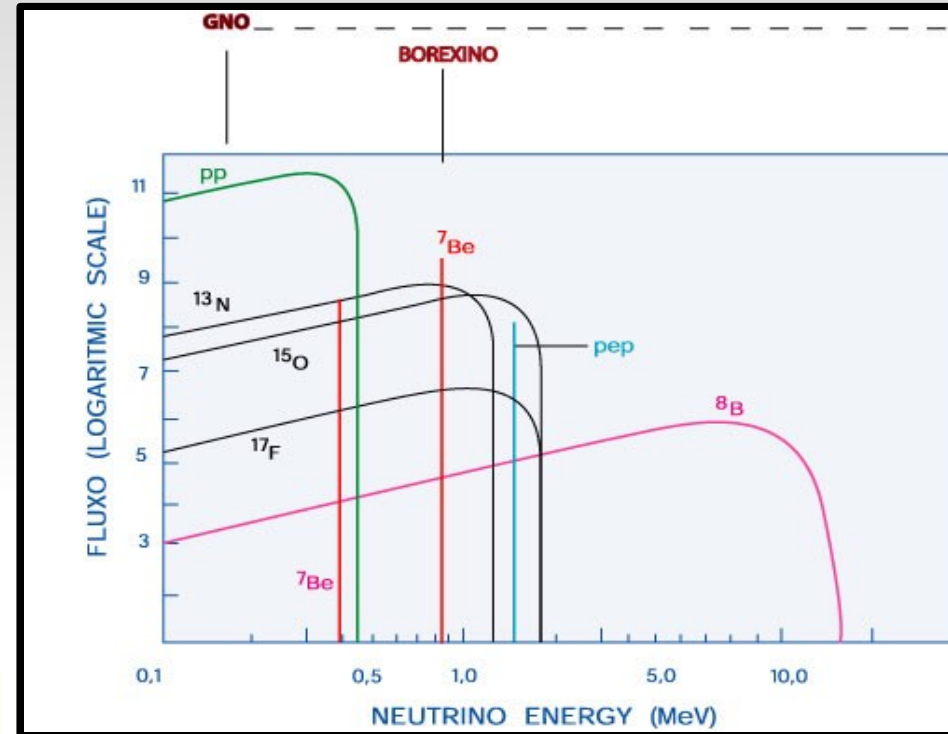
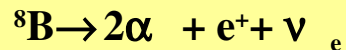
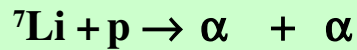
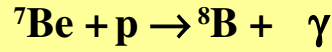
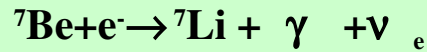
84.7 %

13.8 %



13.78 %

0.02 %



Dallo studio dello spettro di energia dei neutrini che fuoriescono dal sole, siamo in grado di conoscere le dinamiche delle reazioni nucleari che avvengono al suo interno.

Modello Solare Standard

Tutti i neutrini prodotti nel sole sono dello stesso sapore: i neutrini elettronici

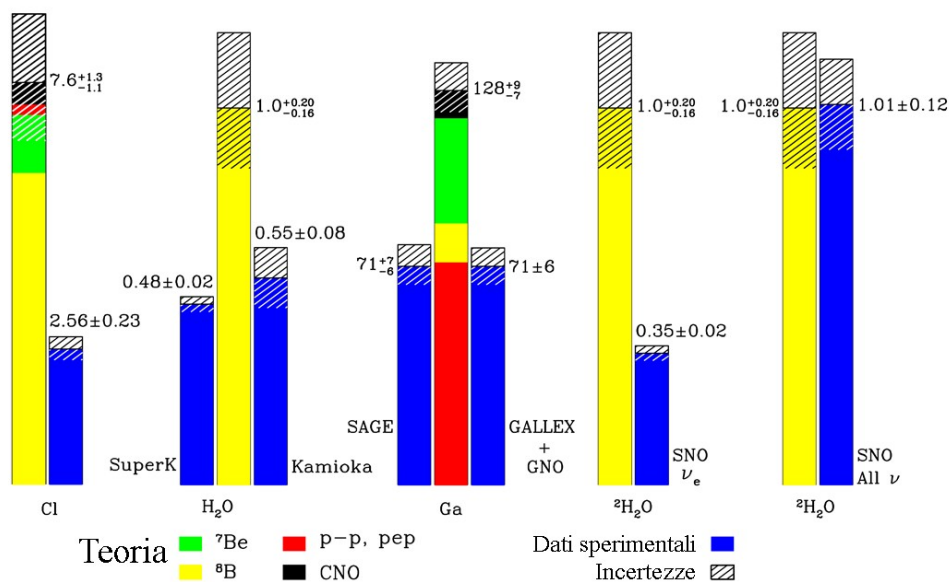
Il problema dei neutrini solari

Lo studio del sole con i neutrini è iniziato negli anni '60.

Da subito ci si è accorti di una anomalia. Il numero di neutrini che arriva sulla terra e' decisamente inferiore (~50%) a quello aspettato . . .

Neutrini solari: Modello Standard vs Dati sperimentali

Bahcall-Pinsonneault 2000



Perche' abbiamo -50 % ???

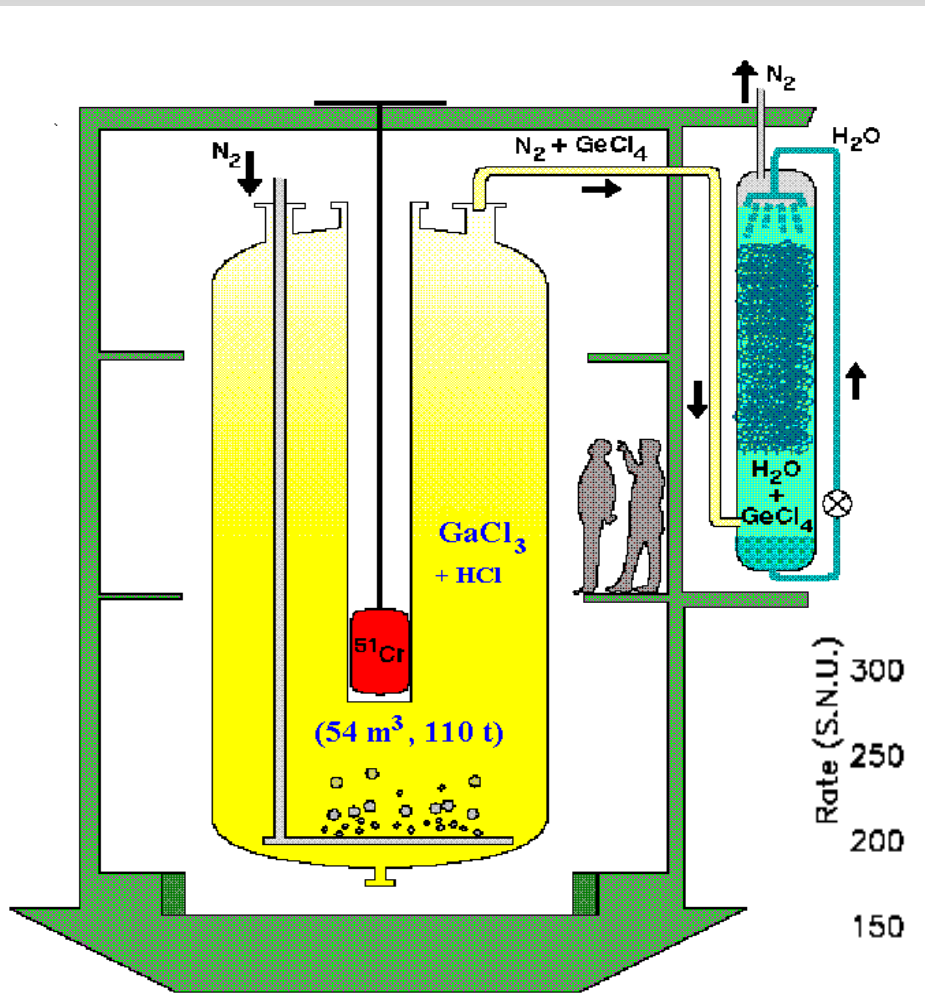
Il Modello Solare Standard è sbagliato?
 I rivelatori fanno tutti un errore sistematico?
 O altro?



Prima evidenza: esperimento nella miniera di Homestake. R. Davis, **Premio Nobel 2002**

Altre evidenze: SAGE (Caucaso), Kamiokande e Super-Kamiokande (Giappone), SNO (Canada), Kamland (Giappone)

I neutrini solari al Gran Sasso: Gallex e GNO



GALLEX/GNO

detector: 30 t Gallium chloride solution

main goal: detection of solar ν with $E > 230$ keV (${}^{71}\text{Ge}(\nu_e, e){}^{71}\text{Ge}$)

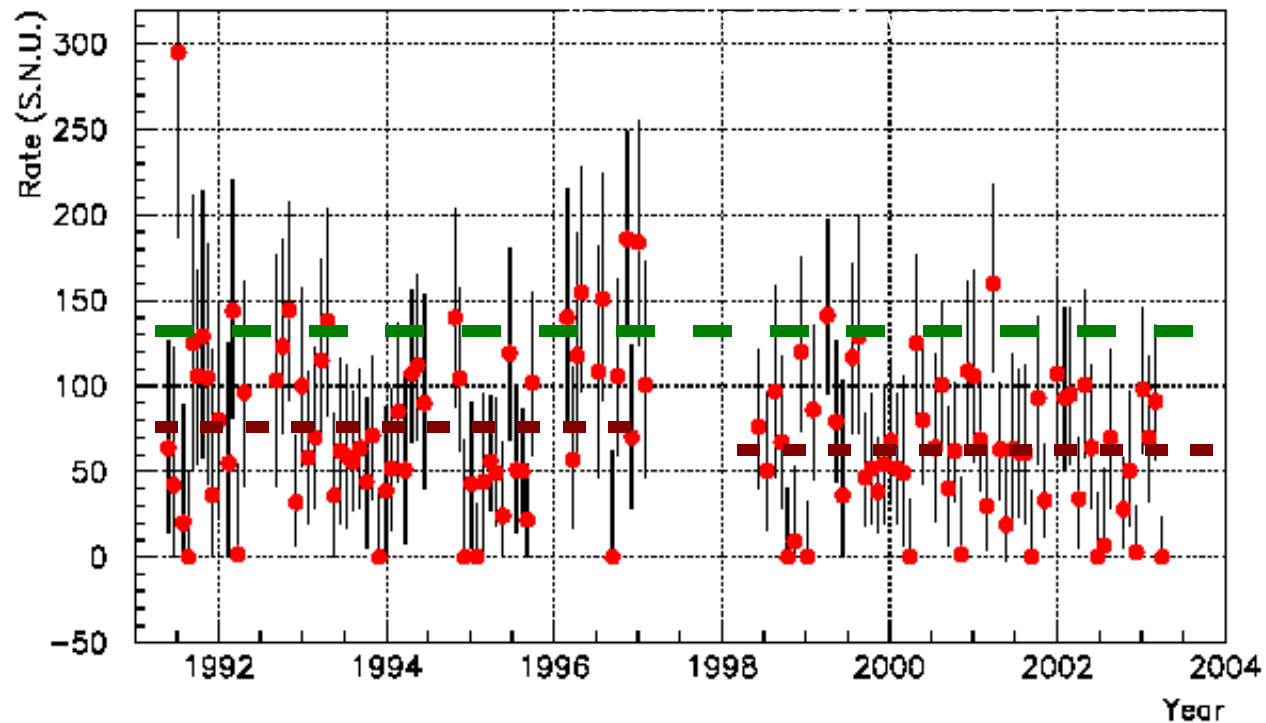
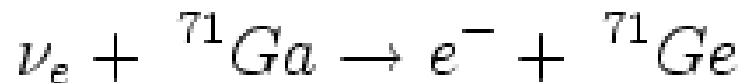
technique: extraction of ${}^{71}\text{Ge}$ atoms

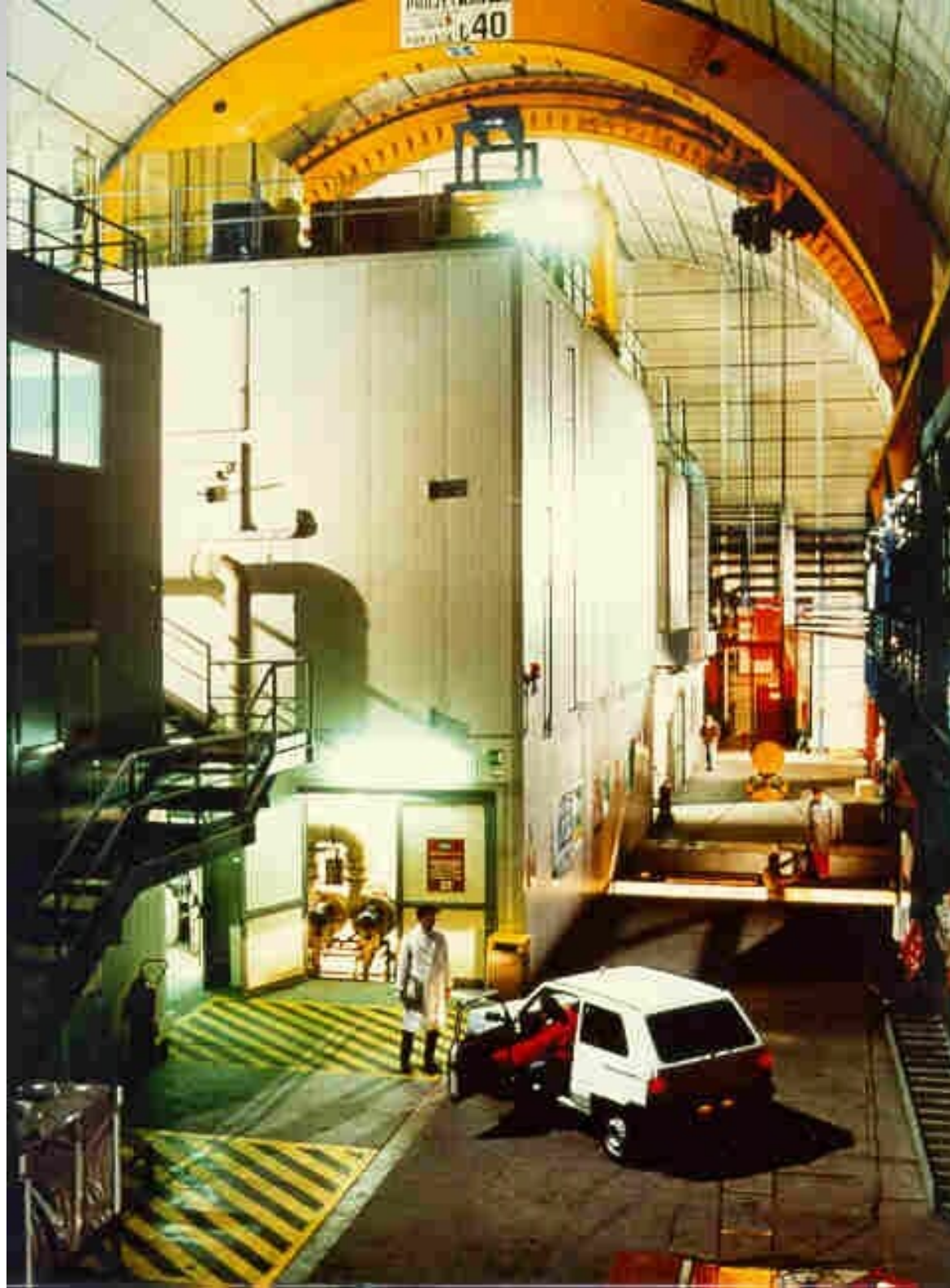
status: data taking 1991-2003

results: detection of pp ν

evidence for ν oscillations

monitoring of ν flux over one solar cycle





I neutrini solari al Gran Sasso: Borexino

BOREXINO

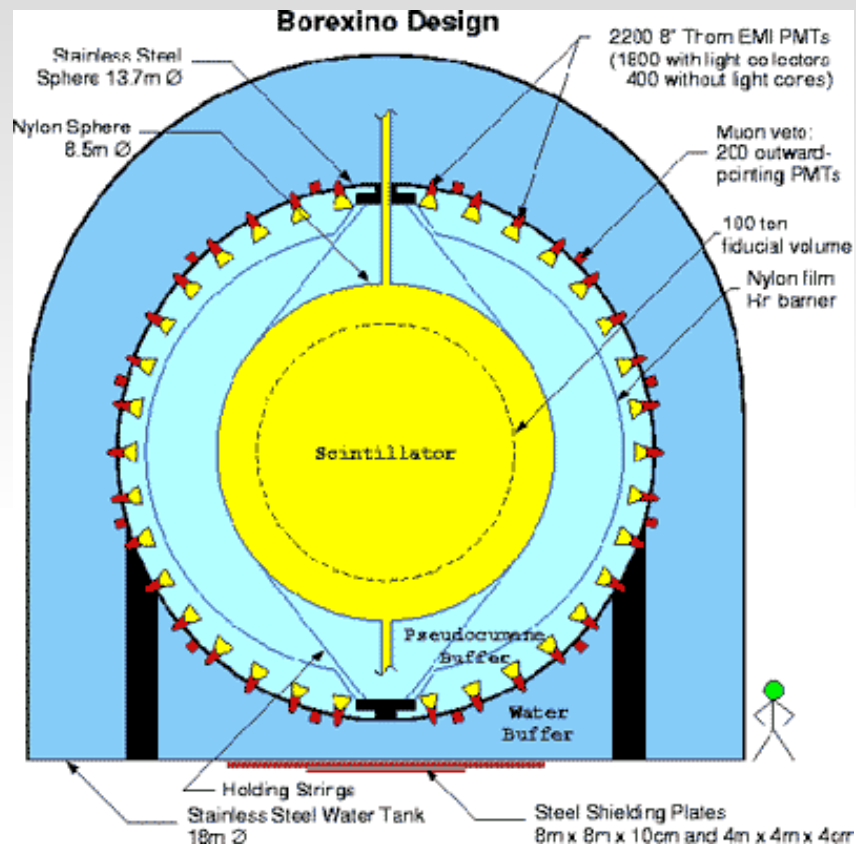
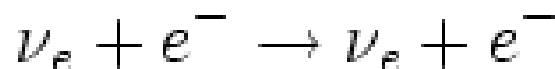
detector: 300 t ultrapure liquid scintillator
+1000 t buffer surrounded by 2200 pmts

main goal: study of the ${}^7\text{Be}$ solar ν

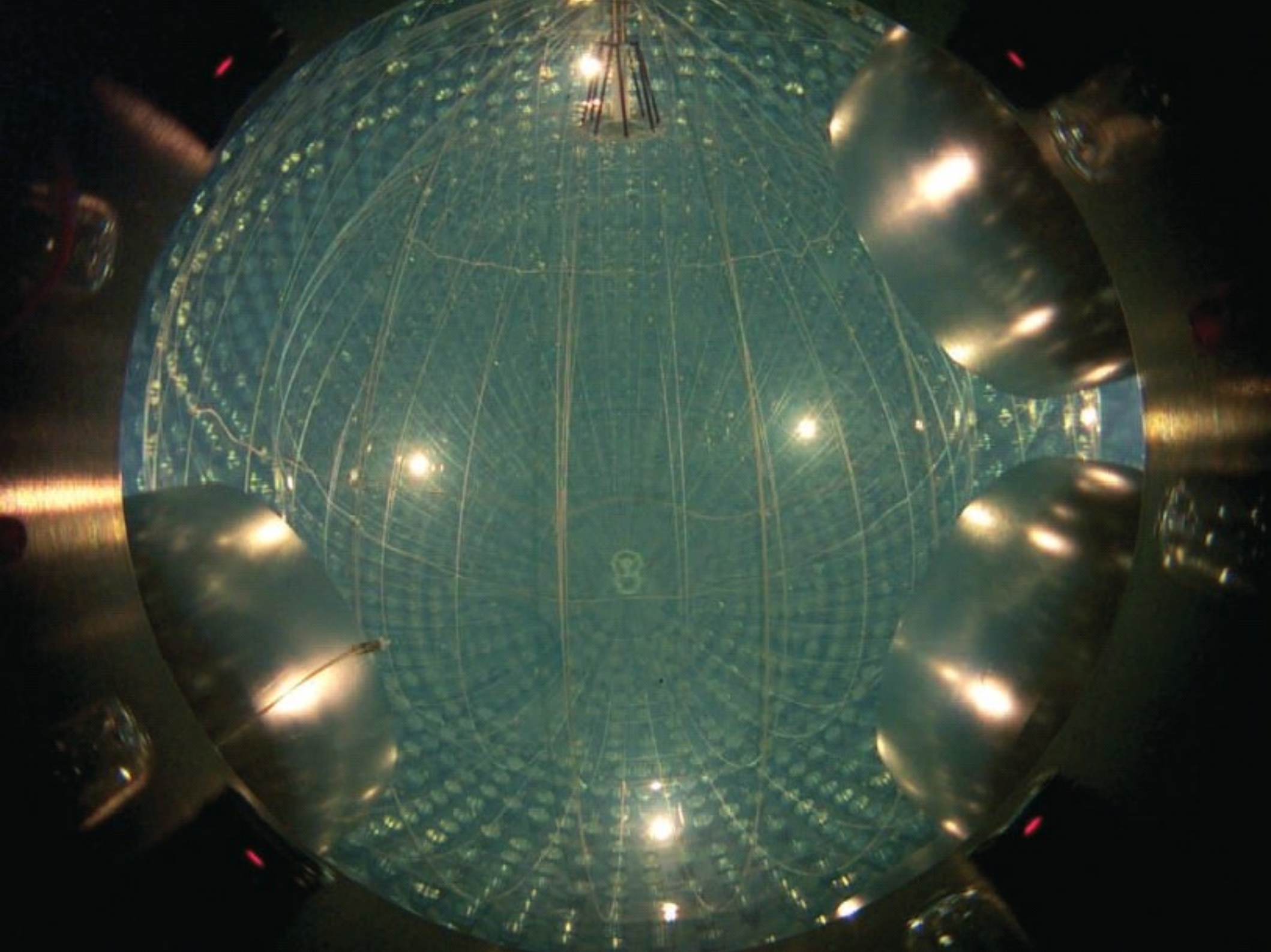
other goals: detection of supernova ν ,
terrestrial ν , ν magnetic moment

technique: detection of light produced by
electrons scattered by solar ν

status: after a partial stop of the activities
due to an accident in August 2002 the
detector is now ready for filling



elettrone \rightarrow materiale scintillante \rightarrow fotoni \rightarrow fotomoltiplicatori



La spiegazione: la trasmutazione di sapore del neutrino



Esistono tre neutrini, di diverso "sapore": ν_e ν_μ ν_τ

Bruno Pontecorvo ipotizzò che, se i neutrini hanno una massa non nulla, essi potrebbero trasmutare l'uno nell'altro.

Perche'?

Ogni neutrino ha una massa: m_1 m_2 m_3

	ν_e	ν_μ	ν_τ
ν_1	1	0	0
ν_2	0	1	0
ν_3	0	0	1

...oppure...

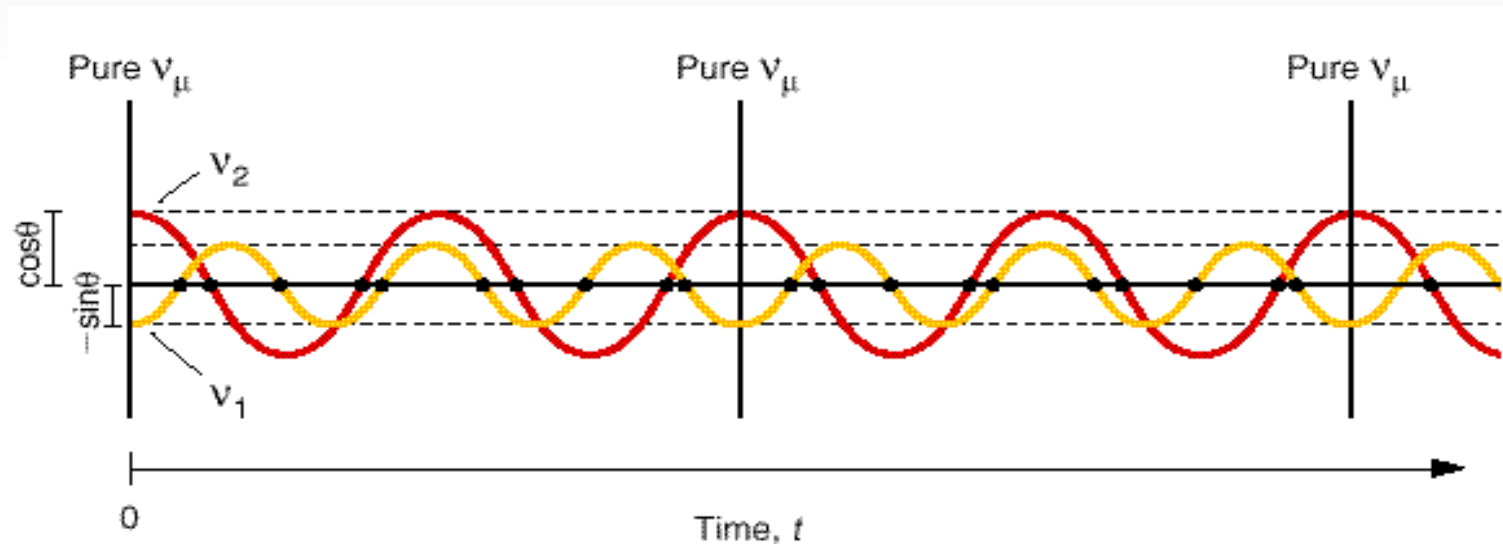
	ν_e	ν_μ	ν_τ
ν_1	U_{e1}	$U_{\mu1}$	$U_{\tau1}$
ν_2	U_{e2}	$U_{\mu2}$	$U_{\tau2}$
ν_3	U_{e3}	$U_{\mu3}$	$U_{\tau3}$

La propagazione di un neutrino (pensate ad un'onda piana) dipende dalla sua massa:

$$|\nu_i(L)\rangle = e^{-im_i^2 L/2E} |\nu_i(0)\rangle$$

Se ν , ν_e , ν_μ , ν_τ sono un miscuglio di ν_1 , ν_2 , ν_3 allora avremo delle sorprese . . .

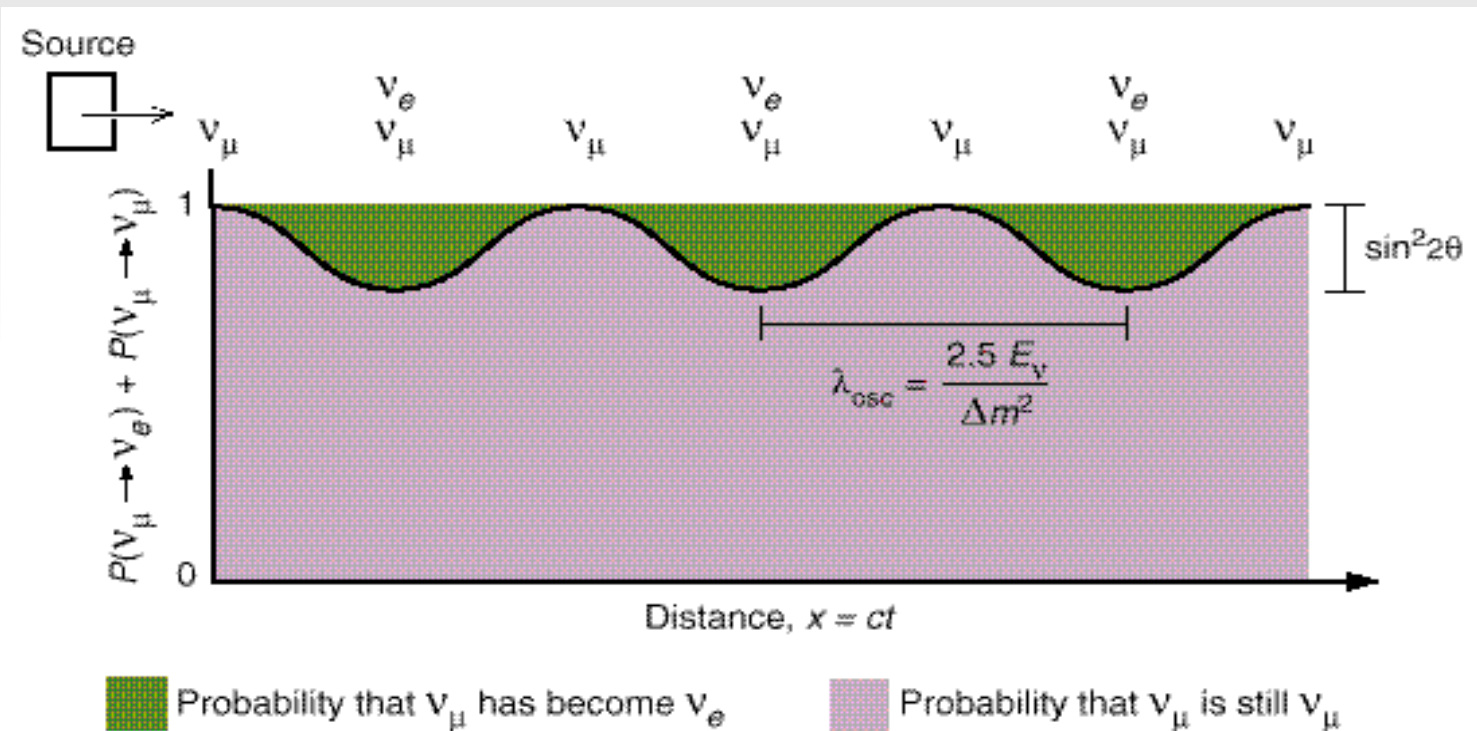
Il fenomeno si può intuire guardando l'interferenza tra due onde...



Per cui i neutrini elettronici provenienti dal sole si trasformano in altri neutrini, ai quali rivelatori come Homestake, Gallex e GNO non erano sensibili

Le oscillazioni di sapore del neutrino

La probabilità con cui un neutrino trasmuta in un altro neutrino è di tipo oscillatorio



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

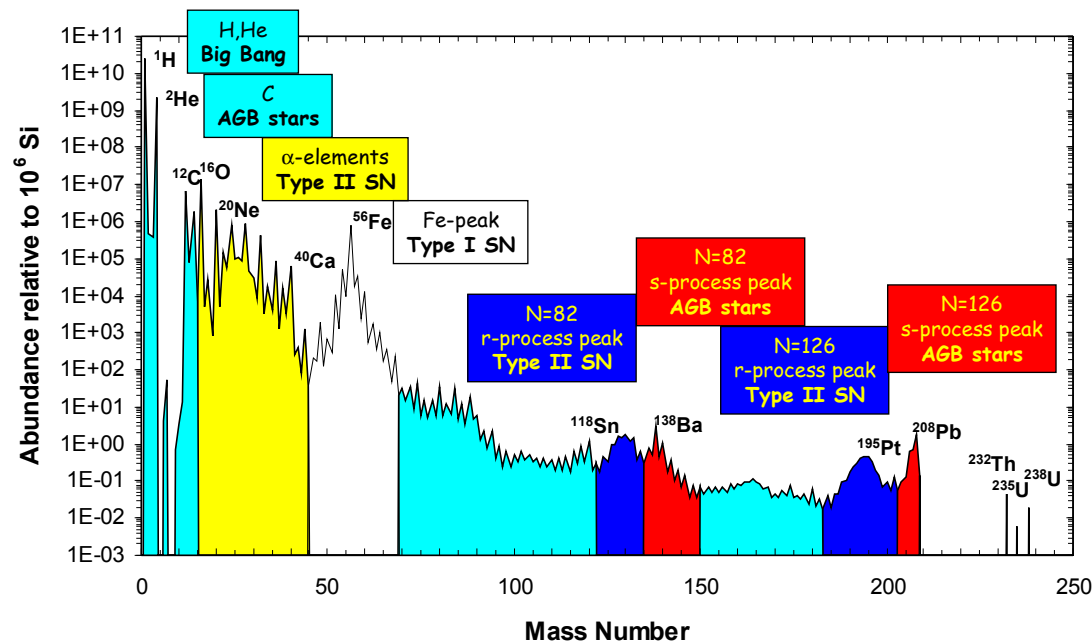
Le galassie e le stelle sono tra i costituenti fondamentali del nostro Universo

Da cosa sono composte?

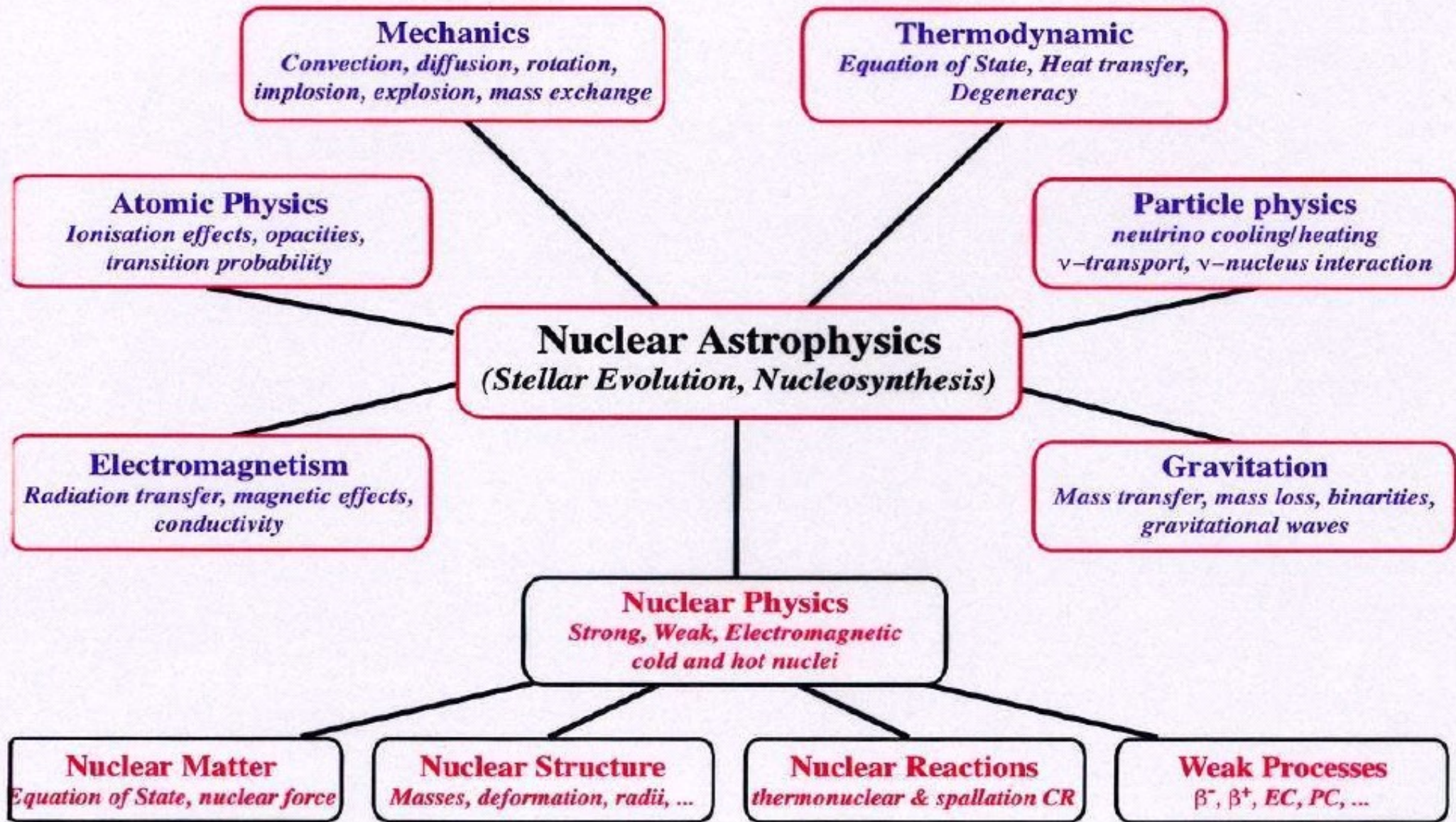
Quanto tempo vivono?

Cosa le fa brillare?

L'**astrofisica nucleare** ha il compito ambizioso di spiegare l'origine e la composizione relativa degli elementi nell'Universo



Astrofisica nucleare



Astrofisica nucleare al Gran Sasso: LUNA



LUNA

detector: two electrostatic accelerators (50 kV and 400 kV) installed underground

goal: measurement of nuclear cross sections at very low energies for reactions relevant for astrophysics and nucleosynthesis

status: Data taking since 1996. Presently measuring the $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$ reaction

results: Measurement of nuclear cross sections at solar energies

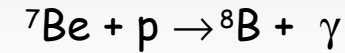
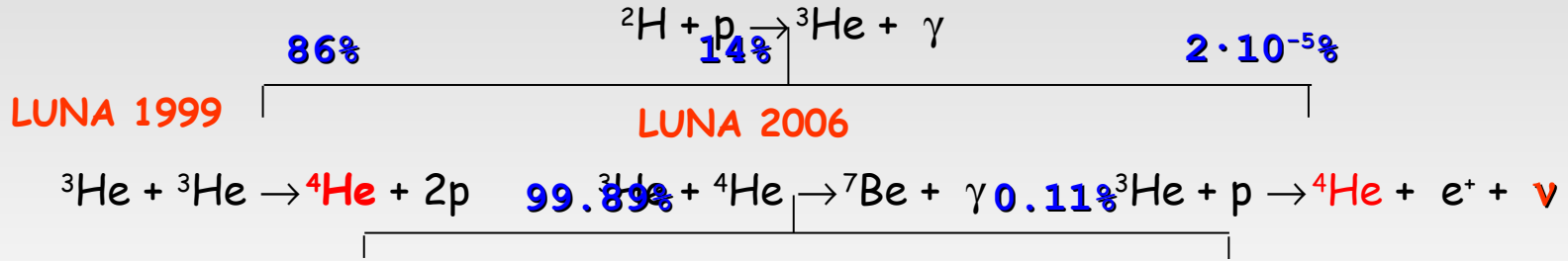


I risultati raggiunti da LUNA dal 1997 al 2007

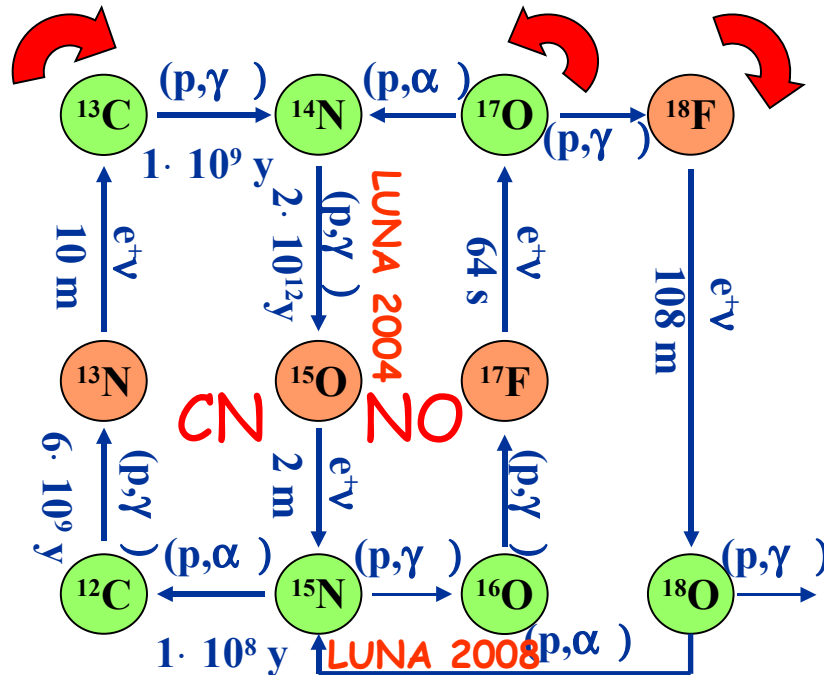


99.75% LUNA 2001 0.25%

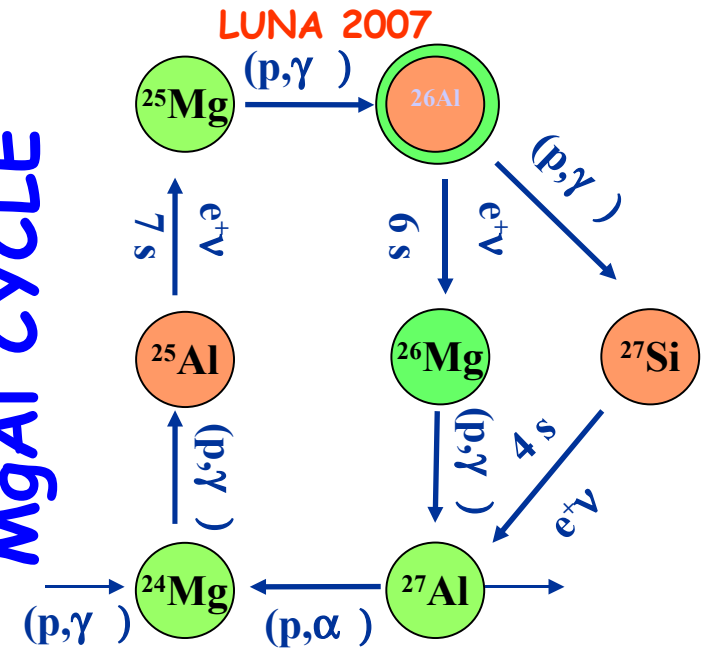
pp chain



CNO CYCLE



MgAl CYCLE



Un esempio dell'importanza di misure di astrofisica nucleare

Prima dei risultati di SNO e Kamland, la situazione dei neutrini solari era piuttosto confusa...

1. **MISSING NEUTRINO:**
in Ga experiments
(75 ± 8) SNU measured
vs (129 ± 3) SNU expected

2. ${}^7\text{Be}/{}^8\text{B}$ anomaly:
incompatibility
Kamiokande/Homestake
experiments

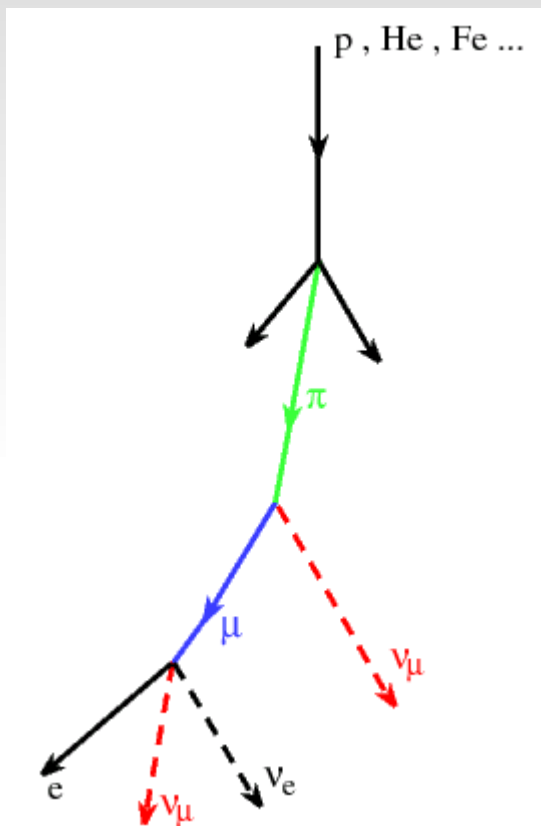
3. **MISSING ${}^7\text{Be}$ NEUTRINO:**
Using data from Ga and
SK experiments
 $73^{\text{pp}} + 5^{\text{8B}} > 75$

LUNA ha dimostrato che la soluzione al problema dei neutrini solari non proveniva dall'incertezza del Modello Solare Standard

Maggiori informazioni nella presentazione di G. Imbriani

Il problema dei neutrini atmosferici

Raggi cosmici primari



Raggi cosmici secondari

Teoria:

$$\nu_{\mu} \simeq \bar{\nu}_{\mu} \simeq 2\nu_e$$

Tuttavia sperimentalmente (a partire dagli anni '70) . . .

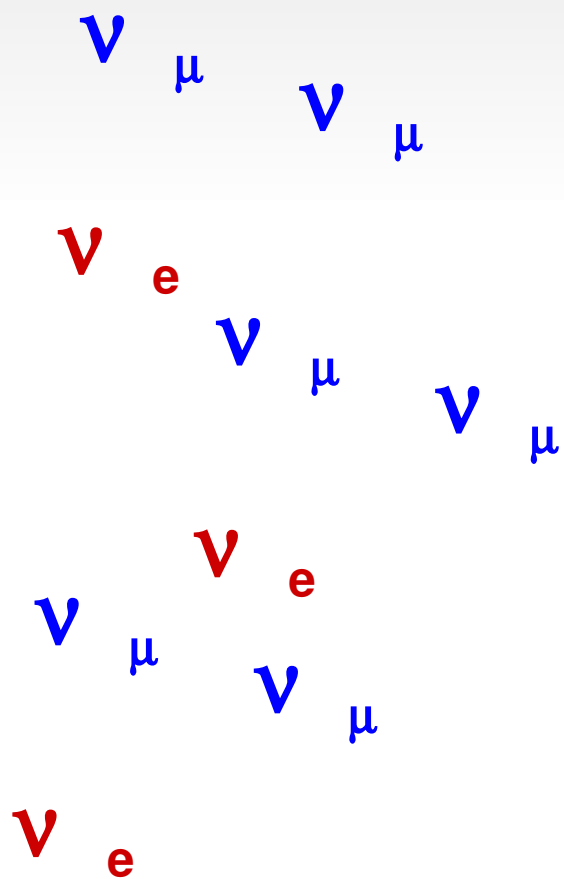
il rapporto tra neutrini muonici ed elettronici è minore di 2 !



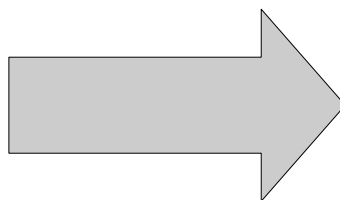
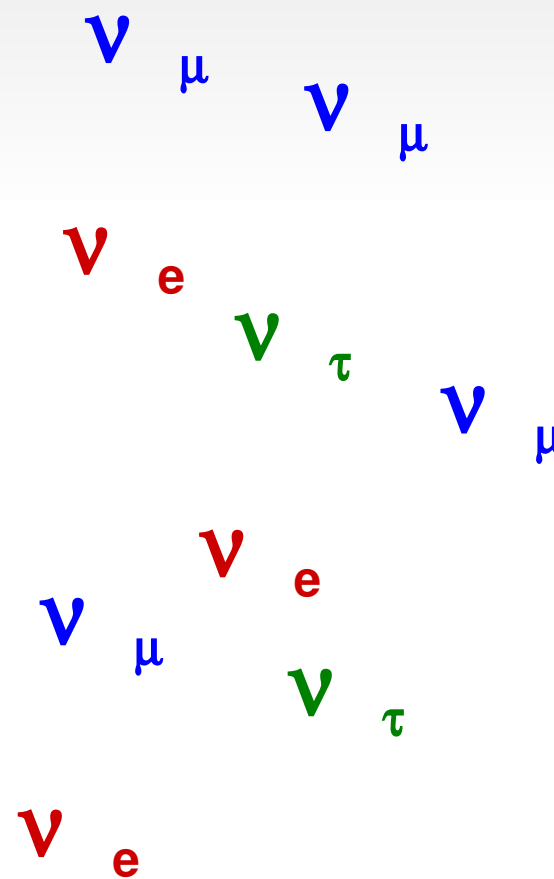
Un altro mistero o un'altra manifestazione del fenomeno delle oscillazioni di neutrino?

La spiegazione: le oscillazioni di sapore del neutrino

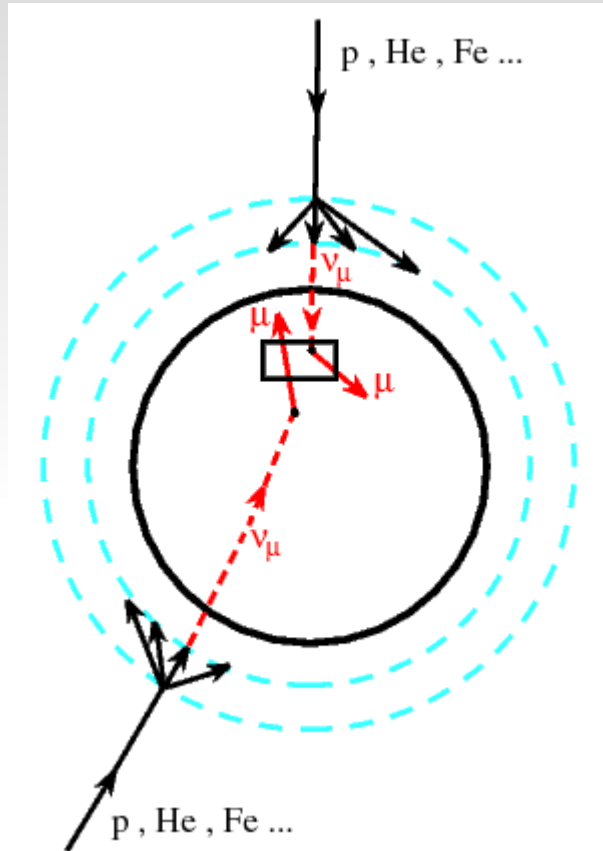
Neutrini prodotti in atmosfera



Neutrini durante il viaggio in atmosfera



Super-Kamiokande

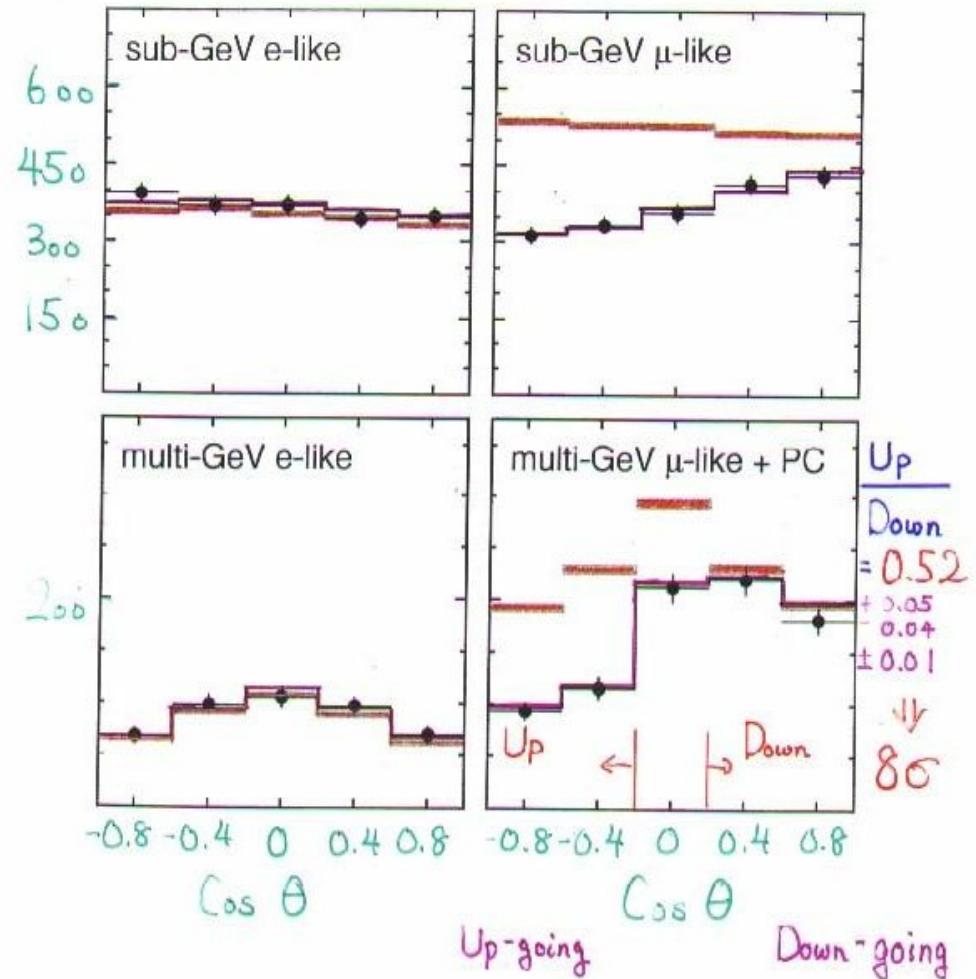


(M. Koshiba, Premio Nobel 2002)

Zenith angle distribution.

52 Kt.yr. (848 days)

- Monte Carlo (No Osc.)
- Monte Carlo (Osc.)
- Data



I neutrini atmosferici al Gran Sasso: MACRO



MACRO

detector: streamer tubes and liquid scintillator

main goal: detection of magnetic monopoles
detection of atmospheric ν

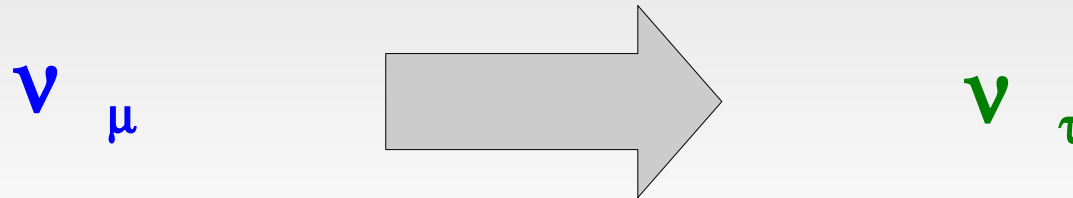
technique: reconstruction of the tracks of charged particles

status: Data taking 1991-2001. Dismanteled 2002

results: Evidence for atmospheric ν oscillations
Limits on magnetic monopole parameters
Measurement of μ energy spectrum and angular distribution

Il problema dei neutrini atmosferici

dunque e' chiarito: i neutrini muonici trasmutano in parte in neutrini tauonici



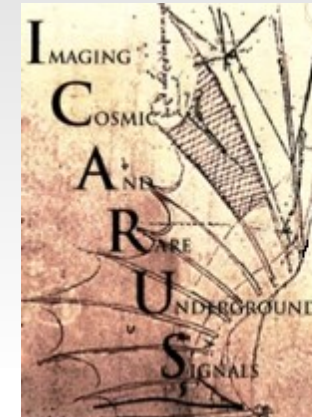
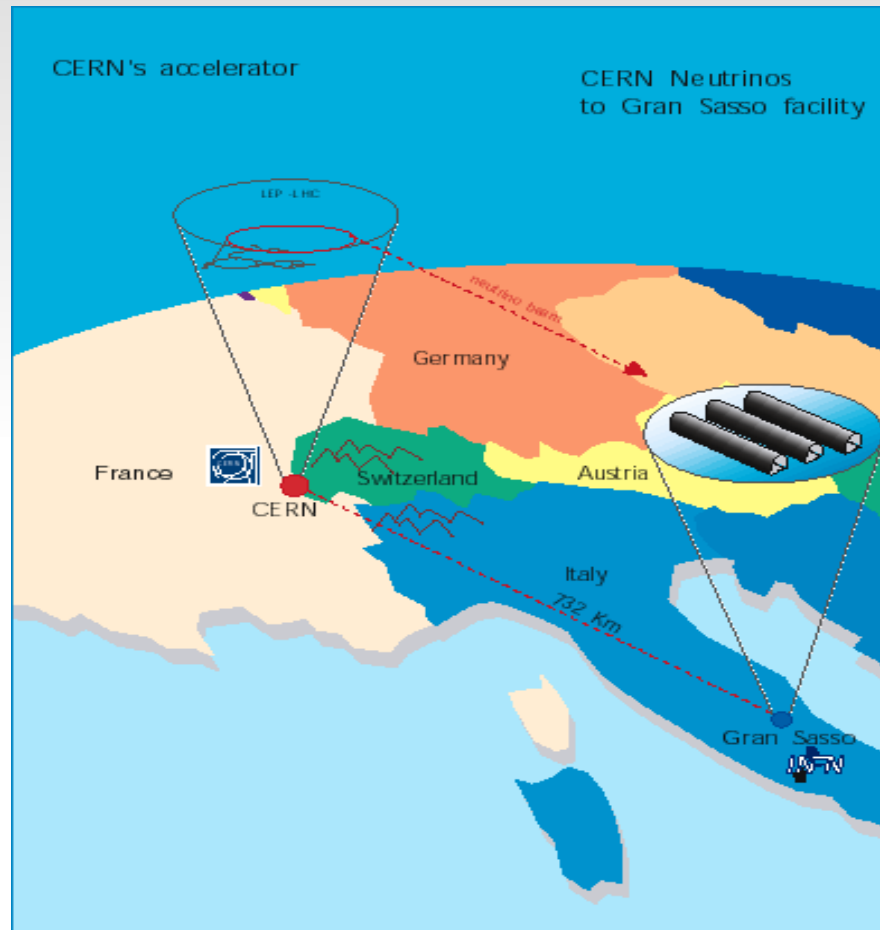
Più precisamente...

- abbiamo visto i neutrini muonici scomparire
- gli elettronici restare invariati
- tutto ciò con gli andamenti previsti dalla teoria delle oscillazioni del neutrino

Ma non abbiamo mai visto comparire i neutrini tauonici !

Abbiamo bisogno di un esperimento di **apparizione**

Il progetto CNGS (CERN neutrino to Gran Sasso)



L'esperimento OPERA



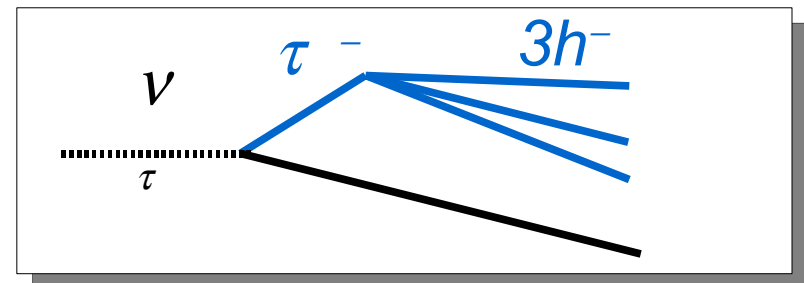
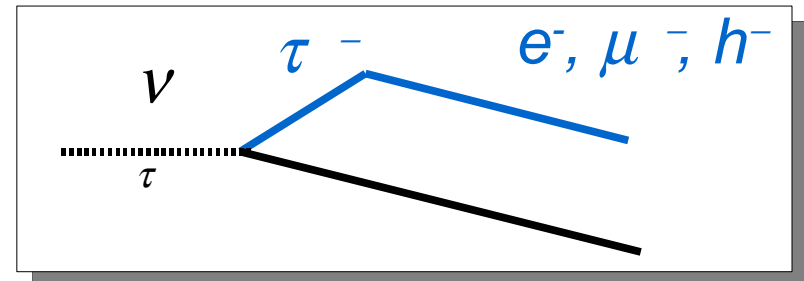
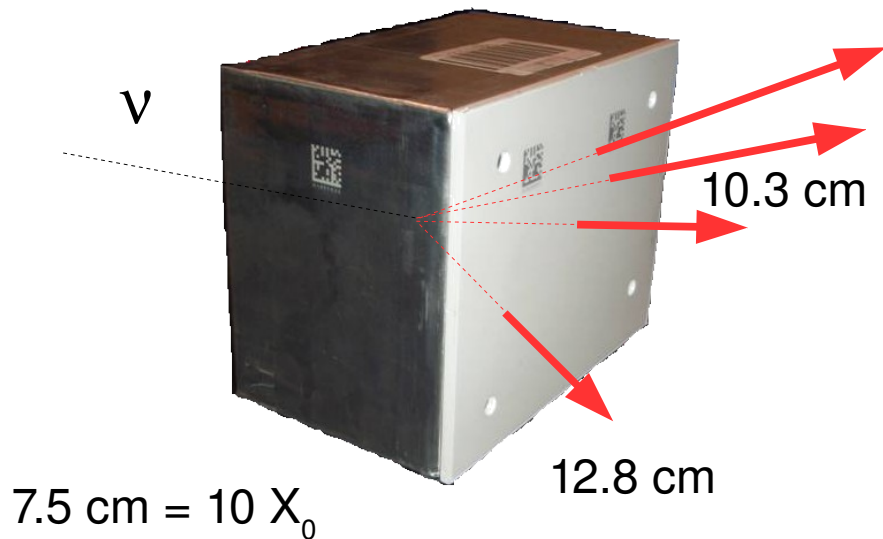
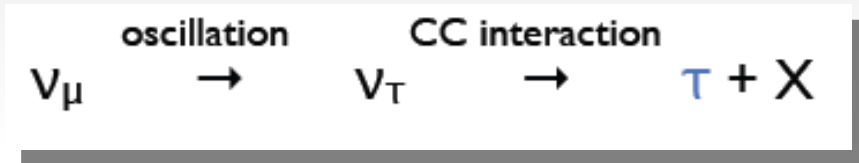
OPERA

detector: 1.8 kton of Pb sheets and nuclear emulsions in the form of 230000 emulsion cloud chambers + 2 spectrometers (RPC and scintillating fibers)

goal: detection of ν_τ appearance from the ν_μ beam from CERN

technique: identification of the tracks from decay of the τ emitted by the ν_τ interaction

status: running



First pion

Nuclear capture of pion

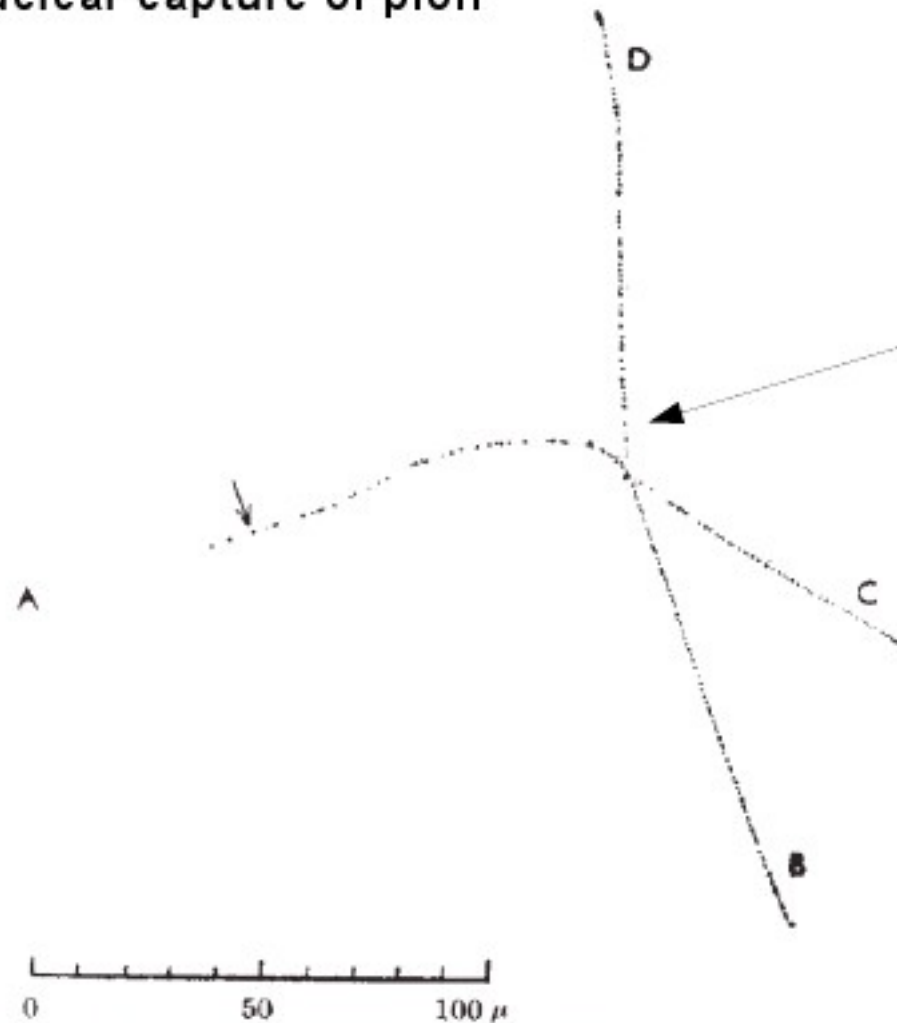
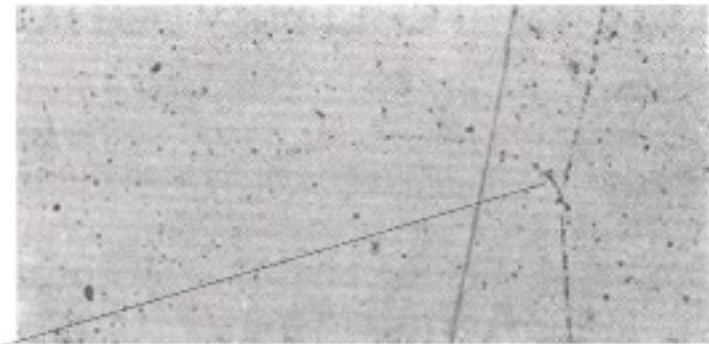


Fig. 1 b. TRACE OF COMPLETE STAR ON SCREEN OF PROJECTION MICROSCOPE, SHOWING PROJECTION OF THE TRACKS IN THE PLANE OF THE EMULSION. TRACK A CANNOT BE TRACED WITH CERTAINTY BEYOND THE ARROW



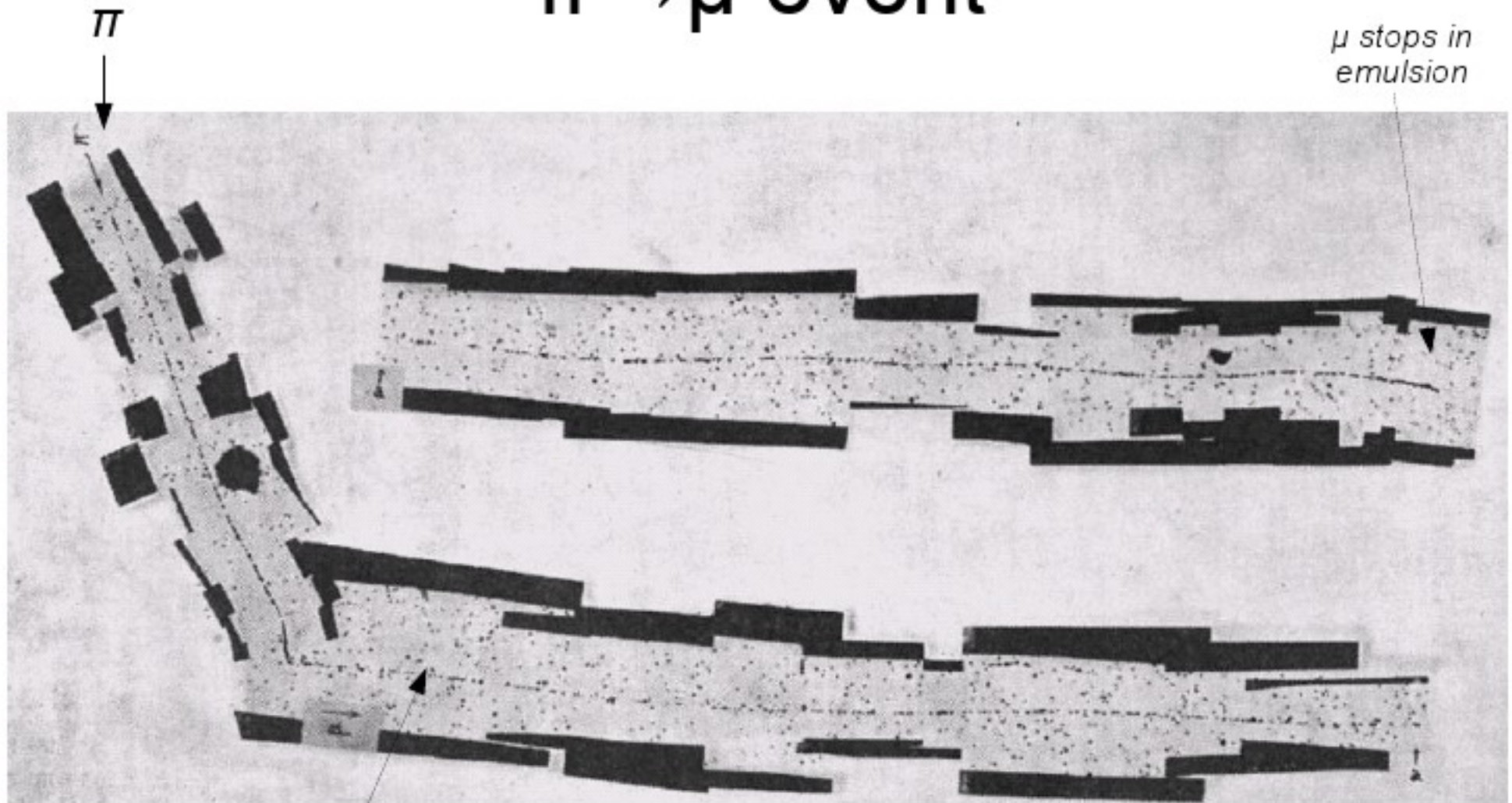
g. 1 a. PHOTOMICROGRAPH OF CENTRE OF STAR, SHOWING TRACK OF EMULSION PRODUCING DISINTEGRATION. (LEITZ 2 MM. OIL-IMMERSION OBJECTIVE. $\times 500$)

- A is the new meson
- B,D,C are likely protons
- Track C goes into the page


Why A is a new meson:
electron: range too large
proton: scattering too large
muon: frequent nuclear interaction

(Jan 1947, observed by D. Perkins)

$\pi \rightarrow \mu$ event



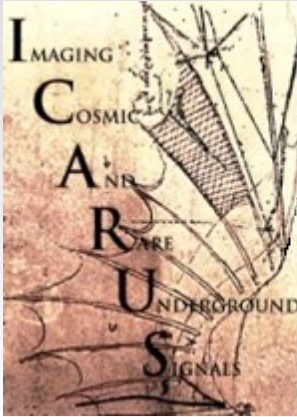
μ (estimated mass = 100-300 m_e)



146621 mattoni ~ 8 milioni di lastrine di emulsioni nucleari

Maggiori informazioni nella presentazione di A. Russo

L'esperimento ICARUS



ICARUS

detector: 600 t and later 3000 tons of liquid Ar operated as a large time projection chamber

goal: detection of ν_τ appearance from the ν_μ beam from CERN

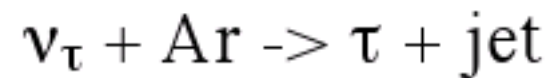
detection of solar neutrinos

technique: kinematic identification of the decay of the τ emitted by the ν_τ interaction

status: 600 t detector tested and ready to be installed at LNGS

Installation of 3000 t requires major works at the underground infrastructure

The ICARUS T600 detector
600 t liquid Ar TPC

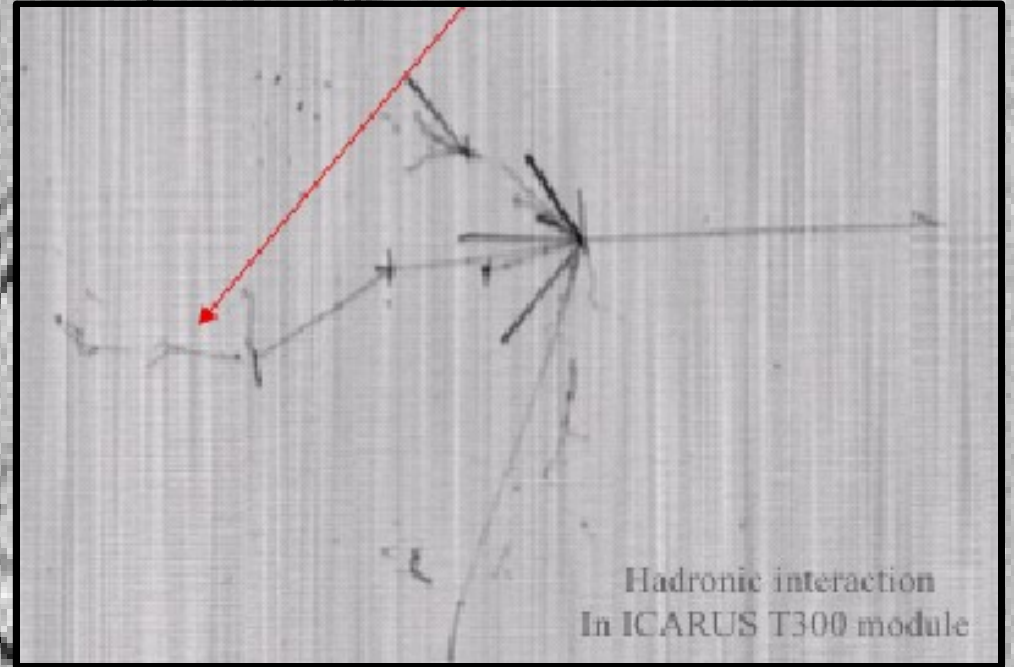
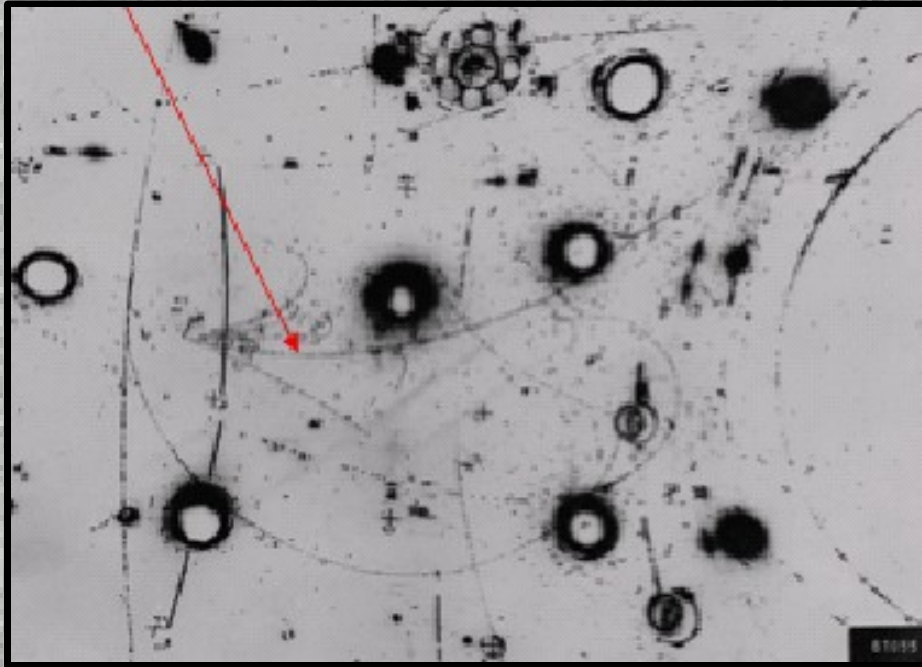


Un programma scientifico molto vasto, potendo rivelare neutrini a 360°, adatto quindi non solo per il CNGS:

- neutrini atmosferici
- neutrini da supernovae
- neutrini solari
- decadimento del protone

Una nuova generazione di camera a bolle,
basato sull'uso di Argon liquido

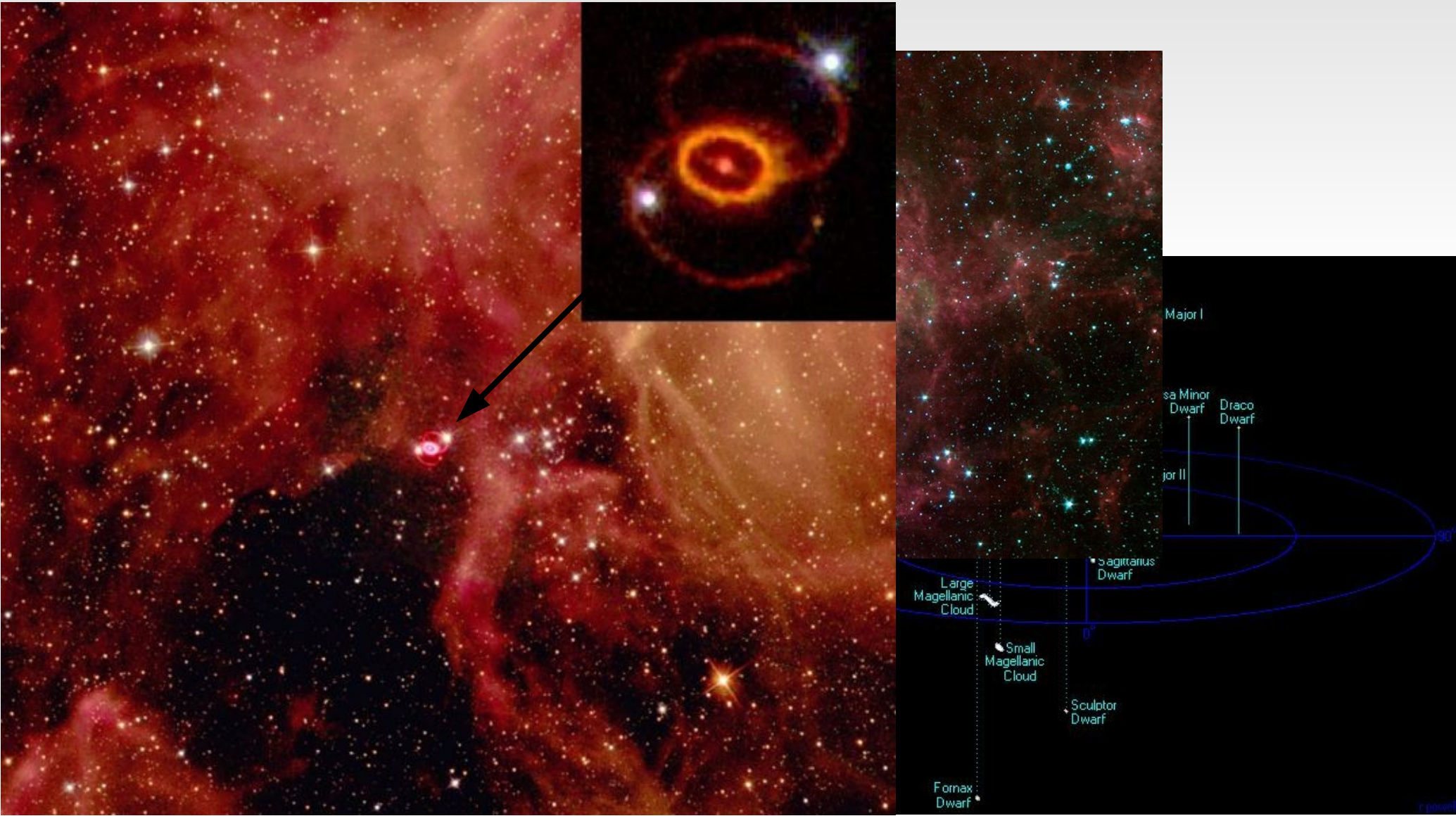
- alta precisione
- analisi on-line dell'evento



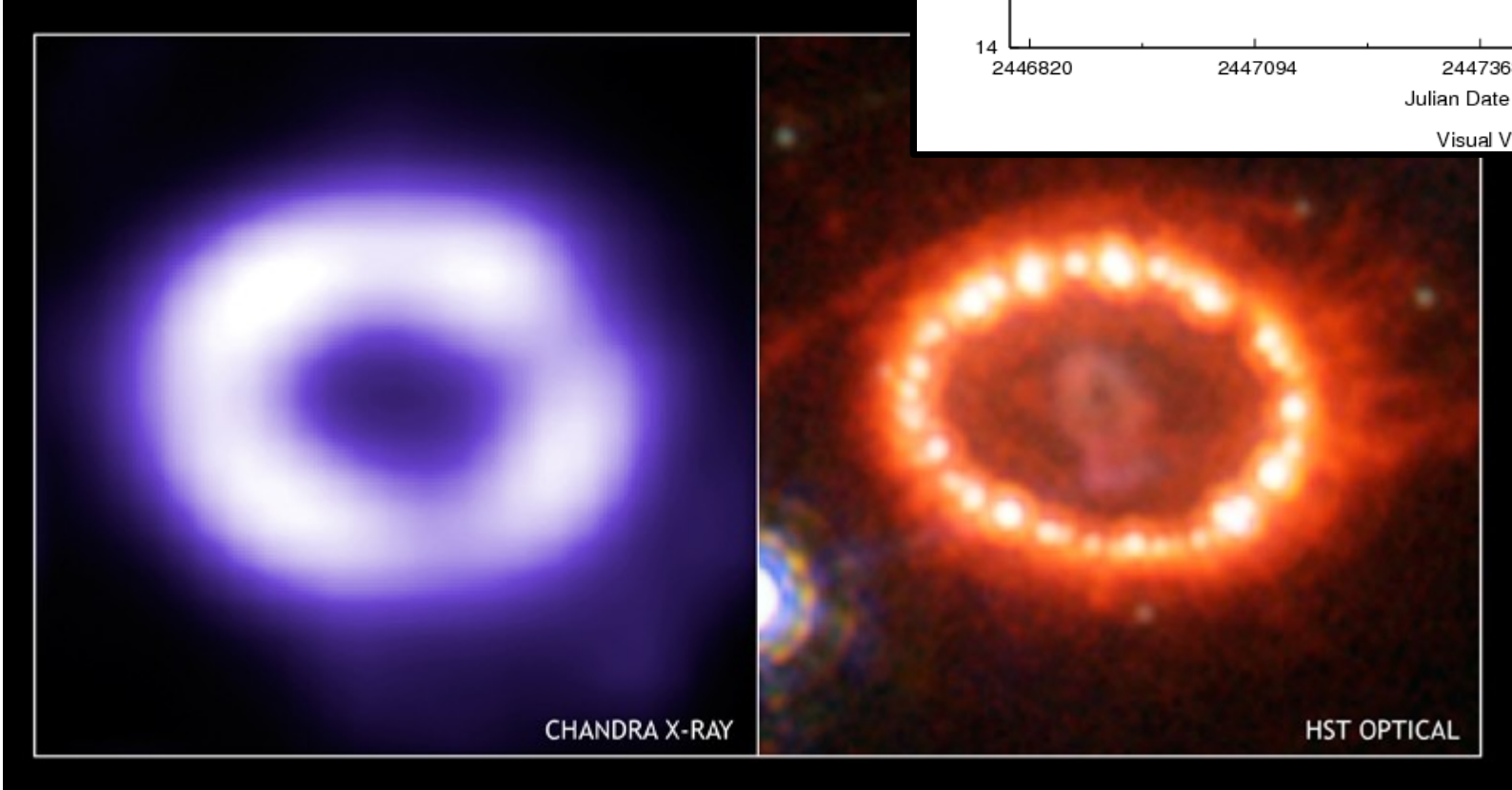
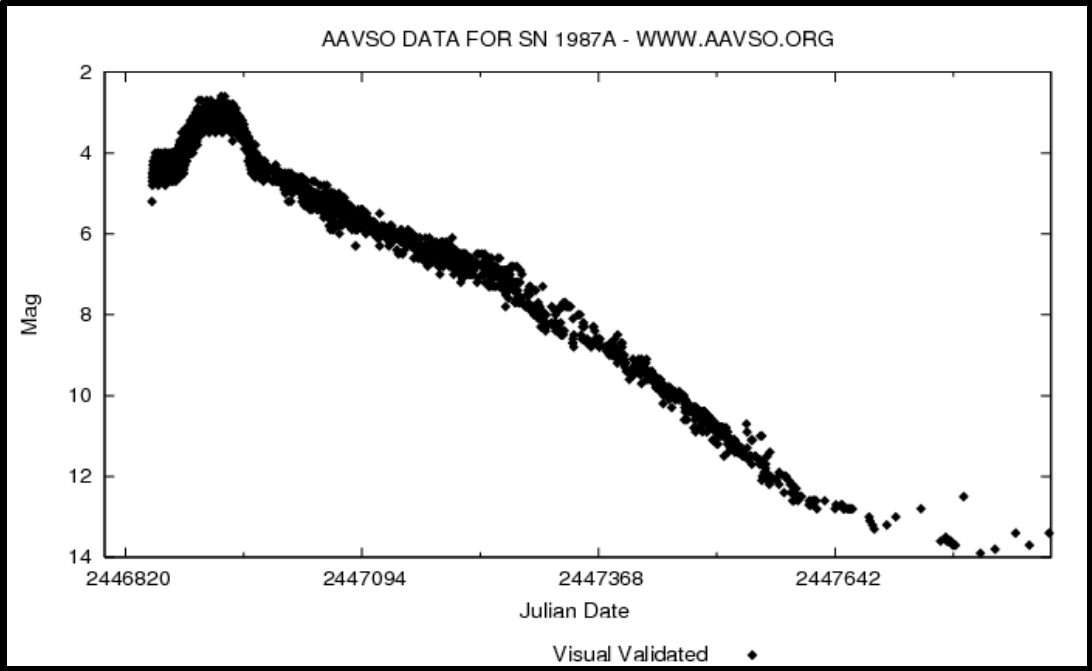
(mica) tanto tempo fa, nella Grande Nube di Magellano . . .

. . . ai bordi della Nebulosa della Tarantula . . .

. . . una stella è esplosa



SN 1987A



I neutrini da supernova

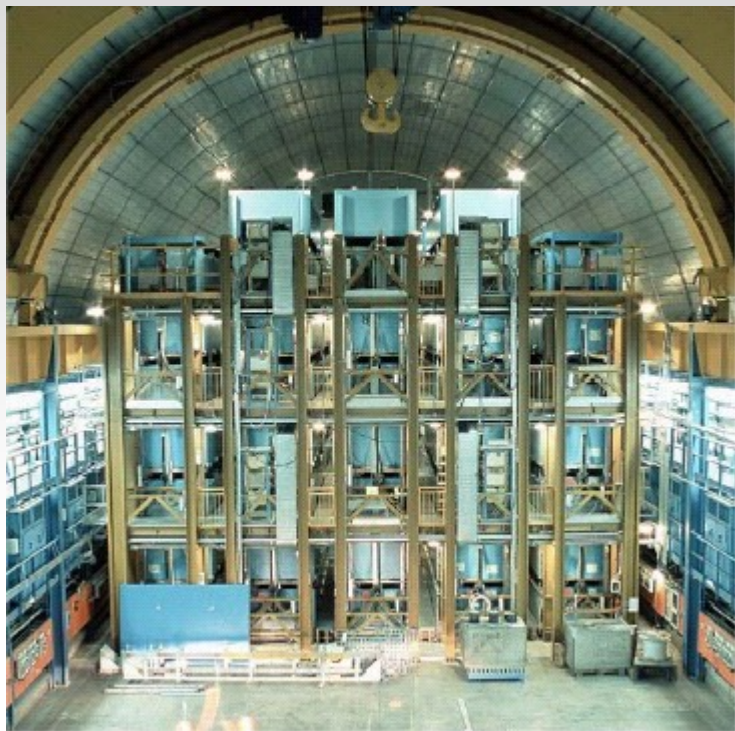
Lo 0.1% dell'energia di una supernova e' in radiazione visibile, mentre il 99.9% e' trasportato da neutrini

Per la prima volta con SN 1987A i rivelatori di neutrino hanno avuto l'opportunità di rivelare neutrini da supernova

Tre ore prima che la luce visibile abbia raggiunto la terra, sono arrivati i neutrini. Dei 10^{58} neutrini emessi dalla supernova, sono stati osservati:

- 11 antineutrini → Kamiokande II (Giappone)
- 8 antineutrini → IMB (USA)
- 5 neutrini → Baksan (Caucaso)

I neutrini da supernova al Gran Sasso: LVD



LVD

detector: 1000 t of liquid scintillator in 840 counters

main goal: detection of supernova ν and $\bar{\nu}$

technique: detection of light from:

$\nu_e (p, e^+) n$ ($E > 1.8$ MeV)

$\bar{\nu}_e ({}^{12}\text{C}, {}^{12}\text{N}) e^-$ ($E > 17.3$ MeV)

$\nu_e ({}^{12}\text{C}, {}^{12}\text{B}) e^+$ ($E > 14.4$ MeV)

$\nu_x ({}^{12}\text{C}, {}^{12}\text{C}^*) \nu_x$ ($E > 15.1$ MeV)

status: data taking since 1992. Final upgrade in 2001 monitoring SN ν .

Fa parte della rete SuperNova Early Warning System (SNEWS), composta anche da:

Super-Kamiokande (Giappone), SNO (Canada), AMANDA (Polo Sud)

avente lo scopo di monitorare l'universo in attesa della prossima supernova e di avvisare astronomi e astrofisici dell'imminente arrivo della radiazione elettromagnetica associata

Decadimento doppio beta

Nel decadimento doppio beta, due neutroni in un nucleo convertono in due protoni

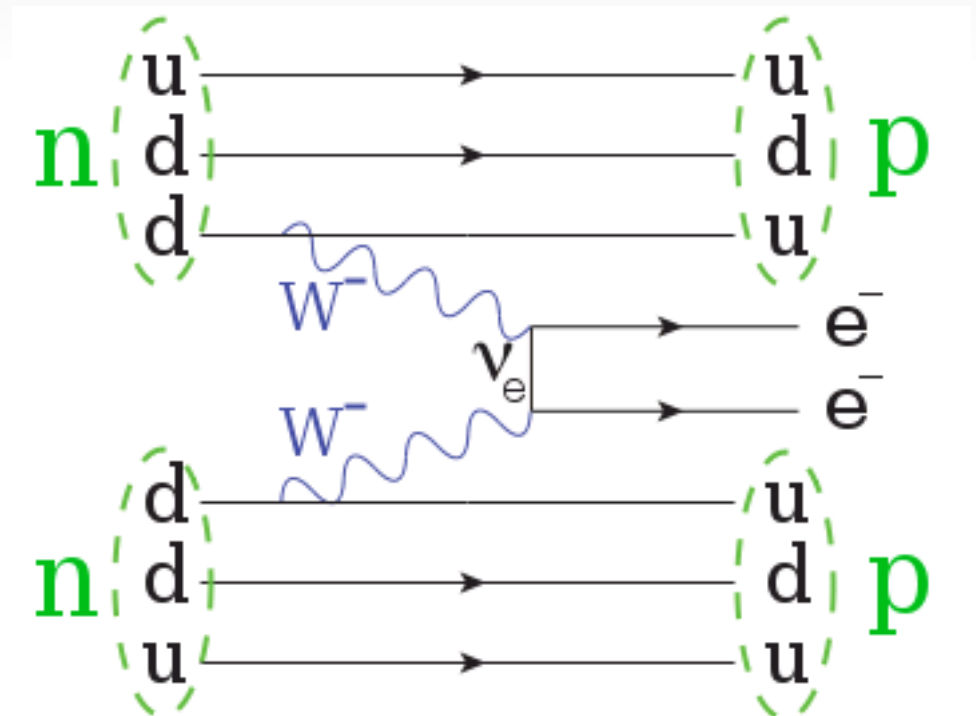
Sono dunque emessi due elettroni e due neutrini

Se un neutrino è una *particella di Majorana* (neutrino e antineutrino sono in realtà la stessa particella), allora e' possibile che avvenga il cosiddetto:

Decadimento doppio beta senza neutrino

$$\Gamma = G |M|^2 |m_{\beta\beta}|^2,$$

$$m_{\beta\beta} = \sum_{i=1}^3 m_i U_{ei}^2.$$



Decadimento doppio beta al Gran Sasso



$\beta\beta$ Heidelberg-Moscow

detector: 11 Kg of enriched ^{76}Ge crystals in the form of HP Ge detectors

goal: detection of $0\nu\beta\beta$ decay of ^{76}Ge

technique: detection of electrons emitted in the $\beta\beta$ decay of ^{76}Ge inside the HP-Ge crystals

status: Data taking 1993-2003.

results: Evidence for $\beta\beta$ decay of ^{76}Ge

$$T_{1/2} = (0.69-4.18) 10^{25} \text{ y}$$

$$\langle m_\nu \rangle = (0.1 - 0.9) \text{ eV}$$

Cuoricino

detector: 40.7 kg of TeO_2 crystals in the form of 62 crystals

main goal: detection of $0\nu\beta\beta$ decay of ^{130}Te

technique: detection of electrons emitted in the $\beta\beta$ decay of ^{130}Te inside TeO_2 crystals operated as thermal detectors

status: Data taking since 2003.

Expected sensitivity: $6 \cdot 10^{24}$ y in 3 years data taking (0.3 eV)

Cuore

detector: 40.7 kg of TeO_2 crystals in the form of 62 crystals

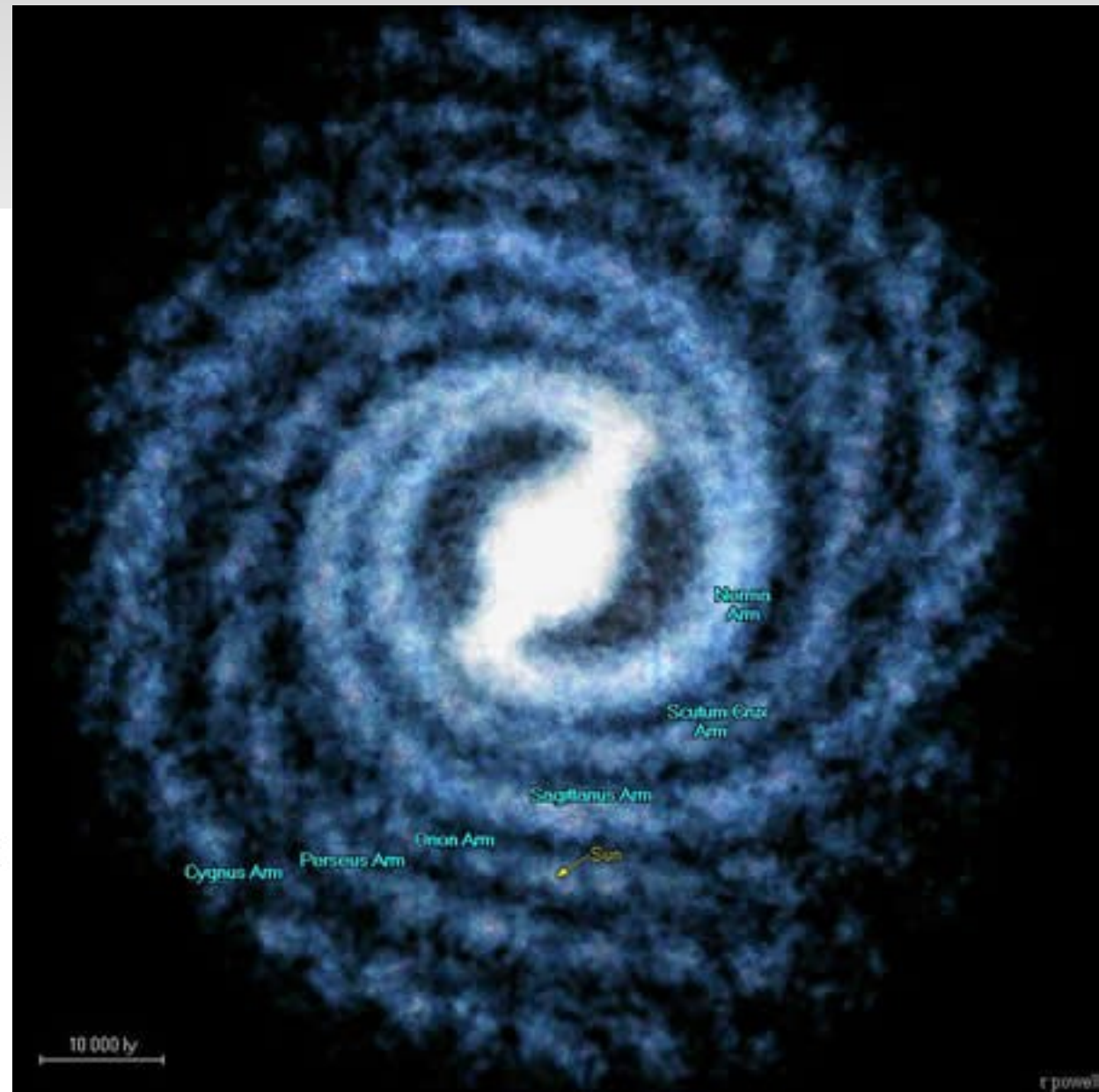
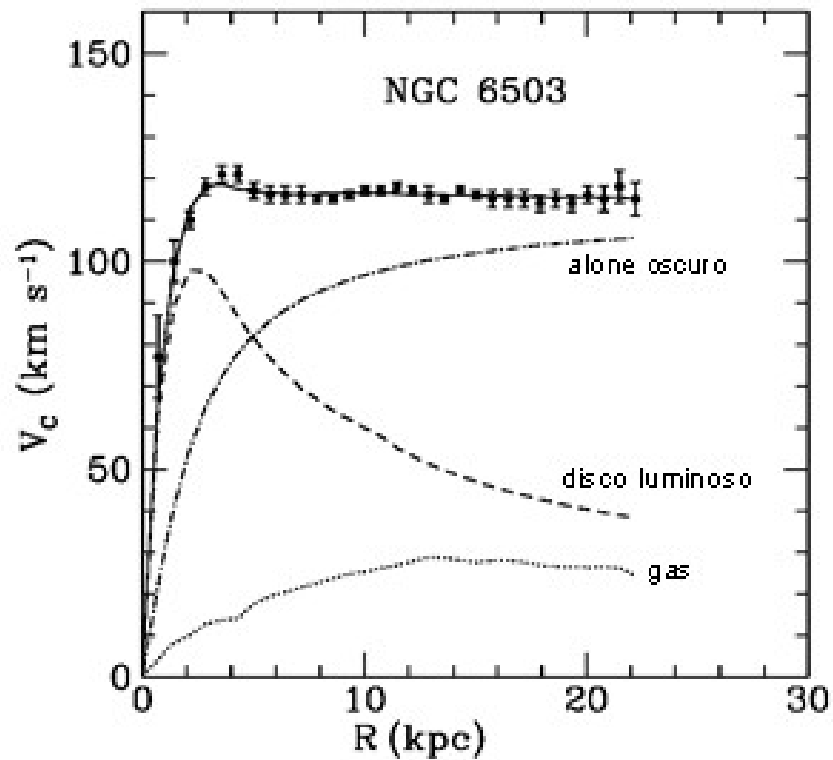
status: R&D.

Expected sensitivity: $5 \cdot 10^{27}$ y in 5 years data taking (30 meV)



The Cuoricino TeO_2 array
41 kg TeO_2 crystals

La materia oscura e le galassie

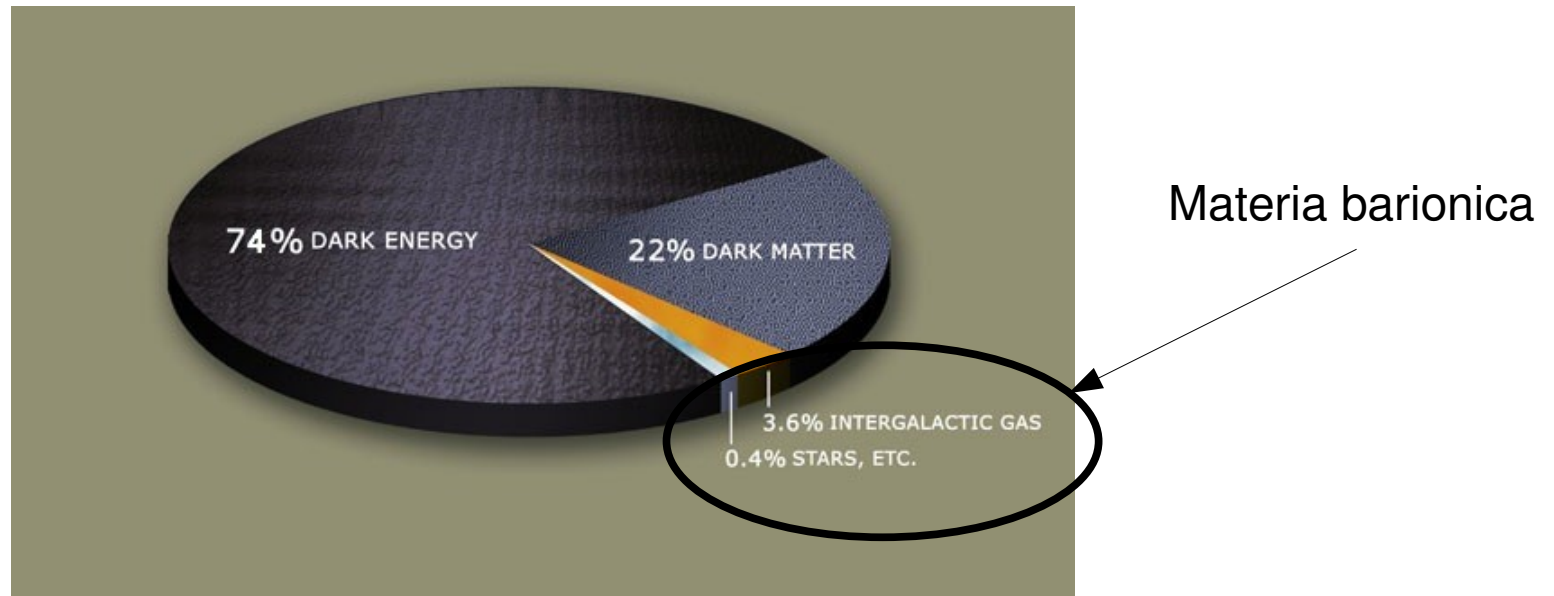


La materia e l'energia oscura

La **materia oscura** è una ipotetica materia che non è rivelabile mediante emissione di radiazione, ma la cui presenza è mostrata da effetti di tipo gravitazionali sulla materia visibile

Un altro esempio: come mai la velocità di rotazione della Grande Nube di Magellano intorno alla nostra Galassia risulta maggiore di quella attesa considerando l'attrazione gravitazionale della sola massa visibile?

L'**energia oscura** è una ipotetica forma di energia che permetterebbe di spiegare le più recenti osservazioni cosmologiche secondo le quali l'universo espande accelerando



Determinare la natura di questa massa ed energia mancante è uno dei problemi più importanti della cosmologia moderna

Cos'è la materia oscura?

La *zoologia* delle particelle ipotizzate è varia . . .

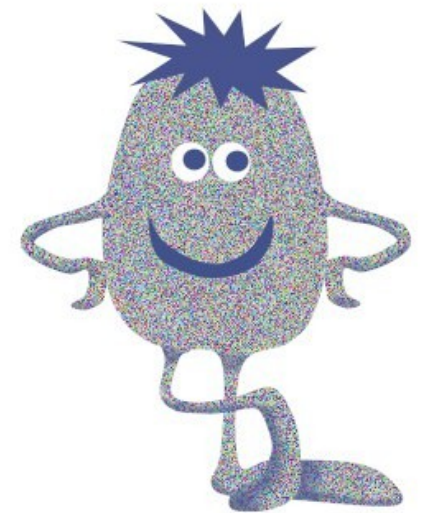
- Q-balls
- monopoli magnetici
- assioni
- neutrini “sterili”
- particelle supersimmetriche

Tutte queste particelle comportano una estensione del Modello Standard attualmente conosciuto. In genere, siamo alla ricerca di ipotetiche particelle di nome:

WIMP (Weakly Interacting Massive Particles)

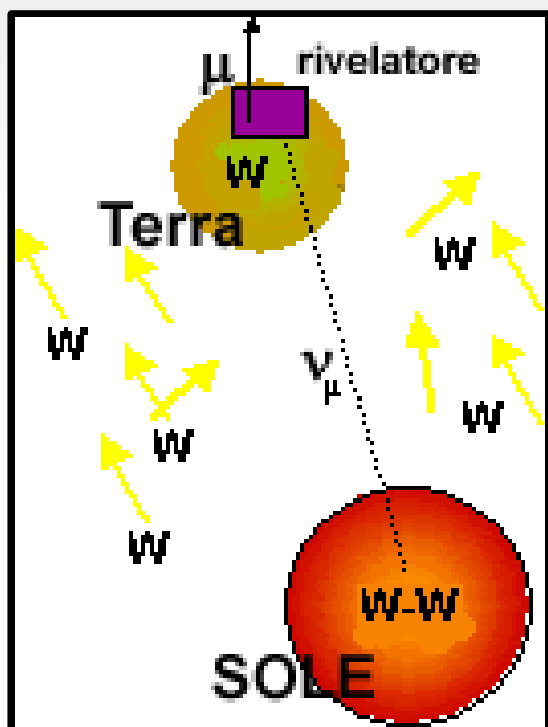
- senza carica elettrica o di colore
- massive
- interagenti debolmente

Un plausibile candidato è una particella supersimmetrica: il *neutralino*

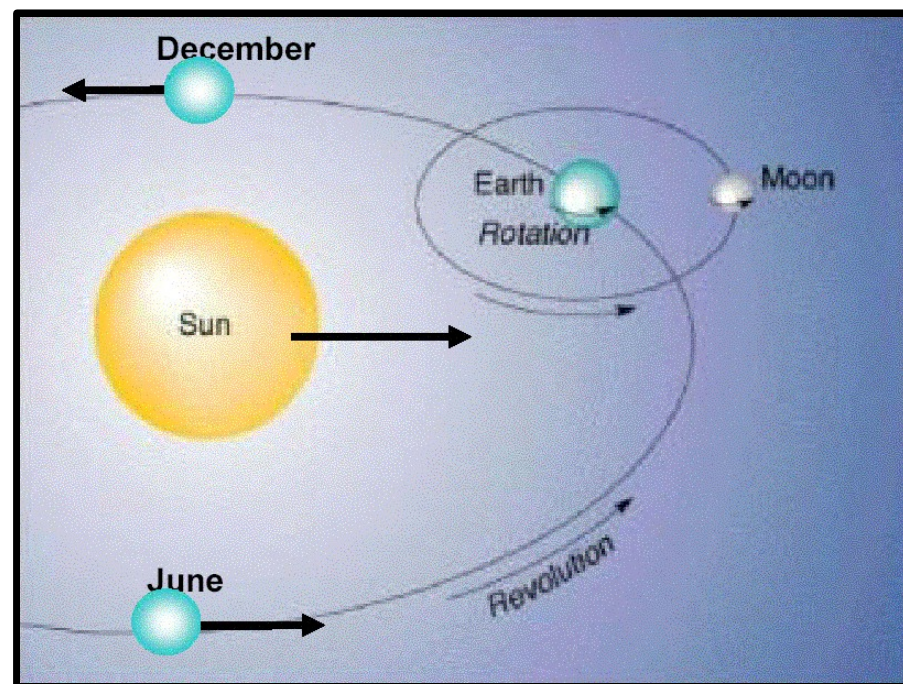
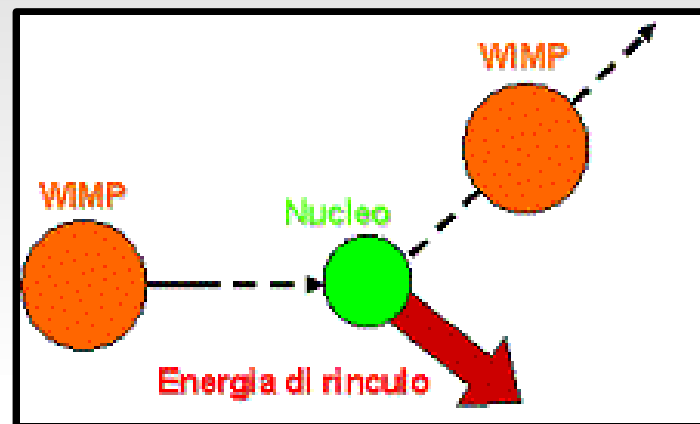


Ricerca dei WIMP

Rivelazione indiretta
(annichilazione)



Rivelazione diretta
(urto elastico)



Ricerca della materia oscura al Gran Sasso

DAMA/NaI

detector: 100 kg of NaI crystals

technique: detection of light produced by WIMPs elastic scattering on NaI nuclei

status: 1995-2002

Results: Data from 7 annual cycles show a modulation compatible with WIMPs interactions

LIBRA

detector: 250 kg of NaI crystals

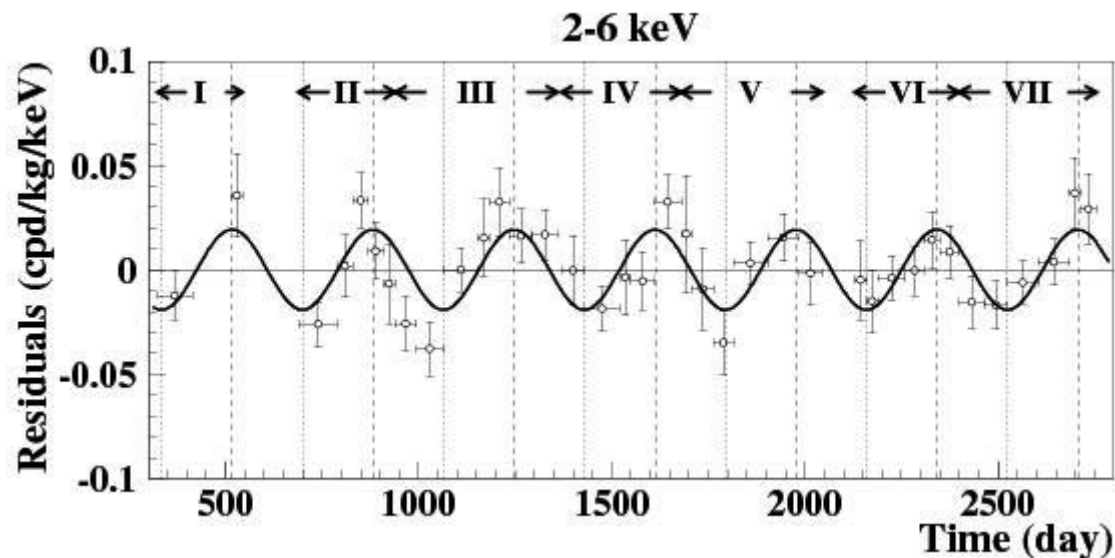
goal: confirm DAMA/NaI evidence with improved statistics

technique: detection of light produced by WIMPs elastic scattering on NaI nuclei

status: Data taking since 2003

Trovata evidenza a 8.2 sigma della presenza dei WIMP.

Risultato controverso.



Ricerca della materia oscura al Gran Sasso

HDMS

detector: 2 HP-Ge detectors

technique: detection WIMPs in the inner detector in anticoincidence

status: Data taking since 2001

Results: limits on SD and SI interactions of WIMPs

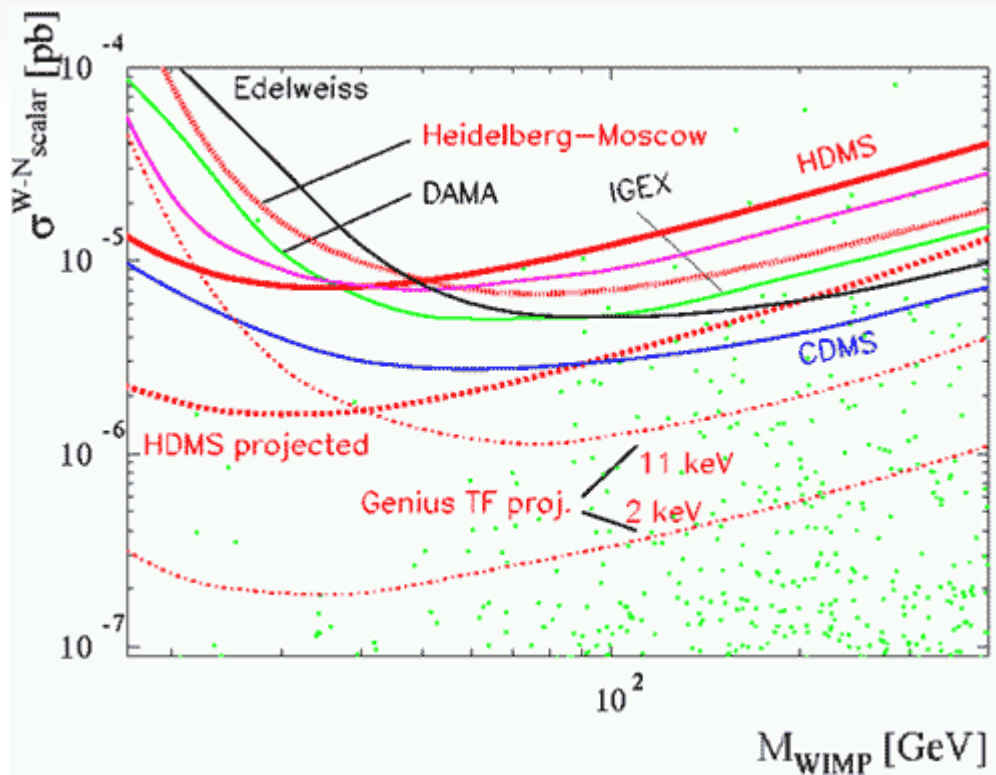
CRESST

detector: Sapphire thermal detectors

CaWO₄ crystals (phonons+scintillation)

technique: detection WIMPs in the detector crystals

status: Data taking with CaWO₄ crystals



Ricerca della materia oscura al Gran Sasso: WARP

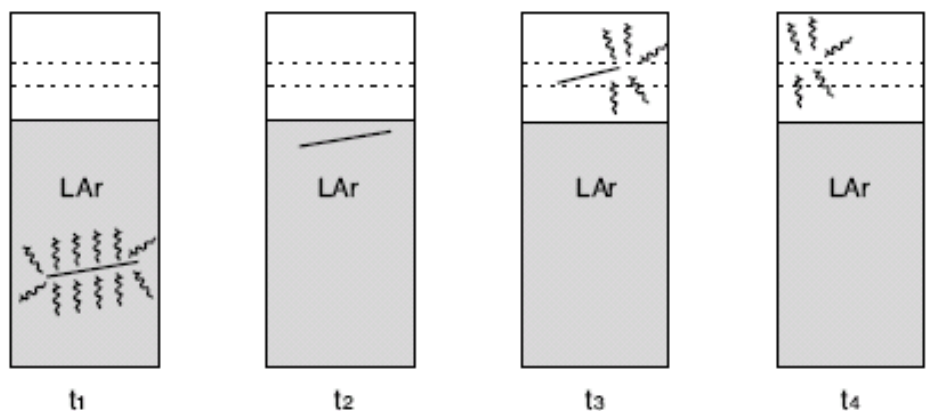
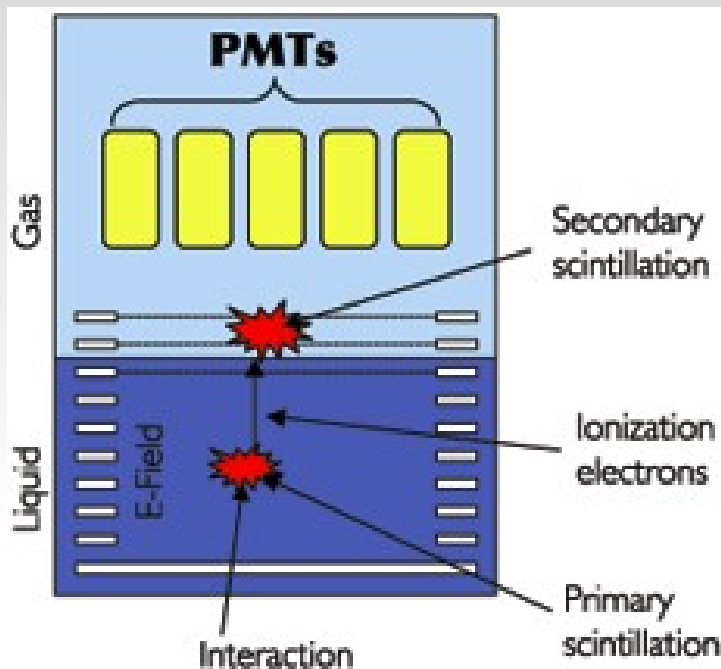
WARP

detector: liquid Ar + PMT's

technique: detection WIMPs by interaction in Argon and production of prompt light and delayed light associated with ionization

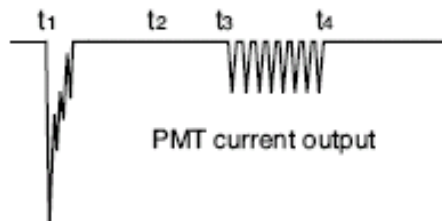
status: Data taking since 2001

Results: limits on SD and SI interactions of WIMPs



~ Photon

--- Ionization electrons track



Maggiori informazioni nella presentazione di A. Cocco

Grazie per l'attenzione

