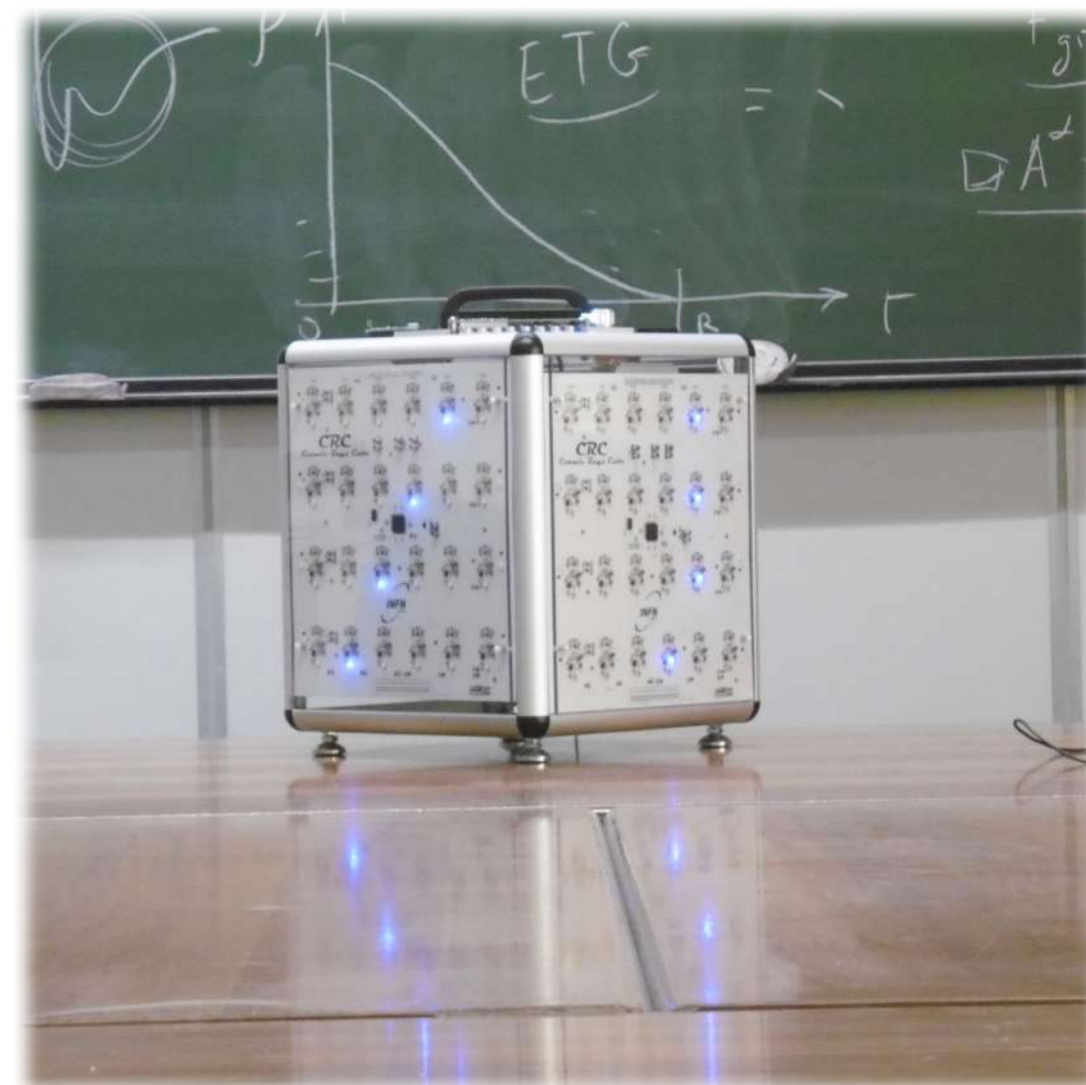


In questa lezione:

- *Riassunto lezione precedente*
- *Concetto di trigger*
- *Efficienza rivelatore*
- *Accettanza rivelatore*
- *Raggi Cosmici*
- *Visualizzazione simultanea rivelatore reale e virtuale (stress test)*
- *Visita virtuale LNGS*



Scaricate l'App *"Cosmic Rays Live"*



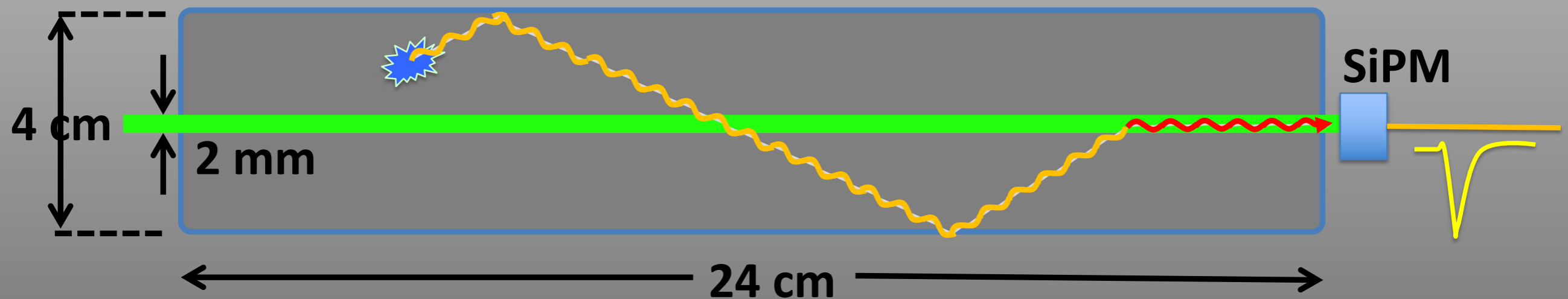
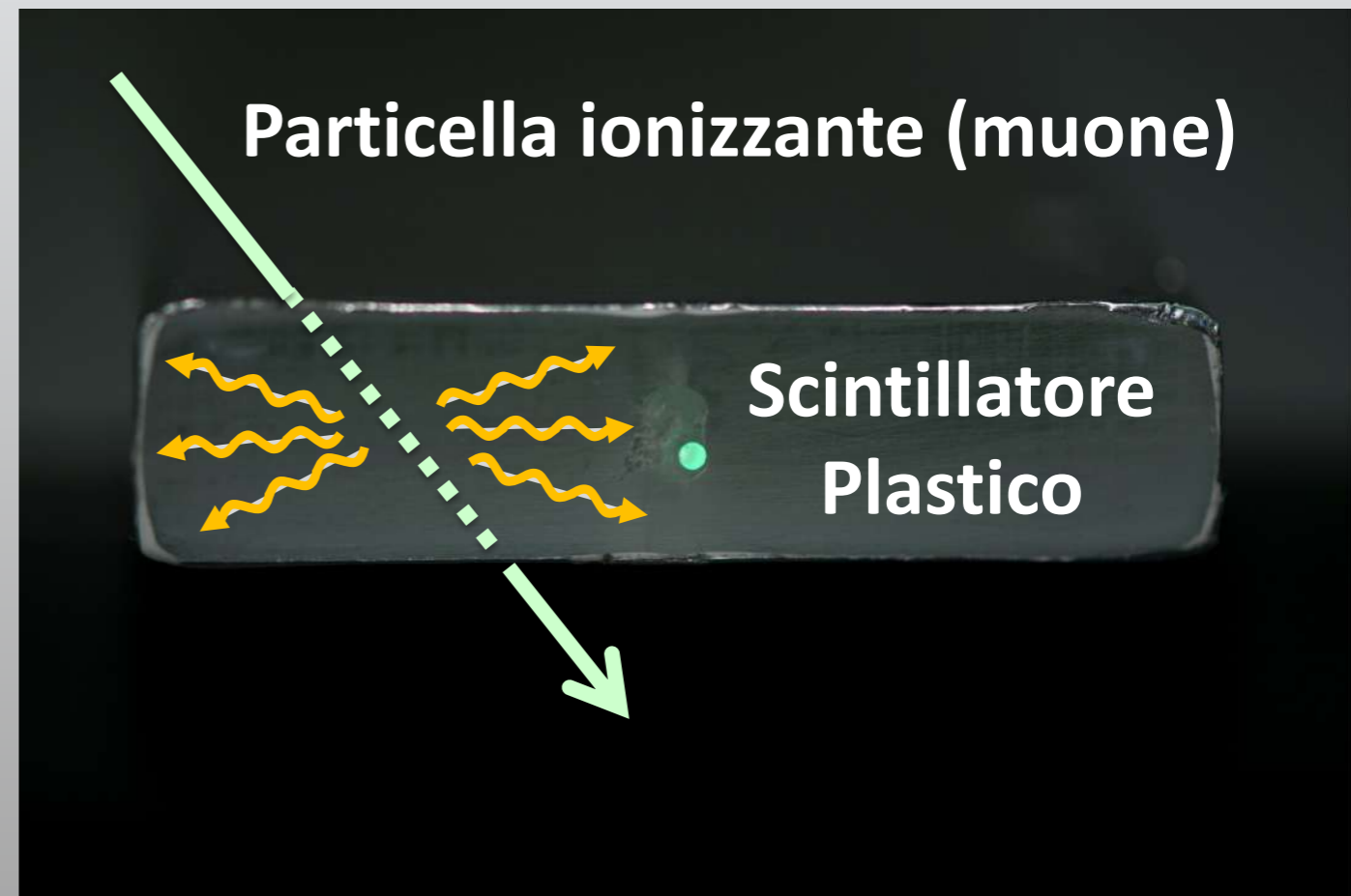
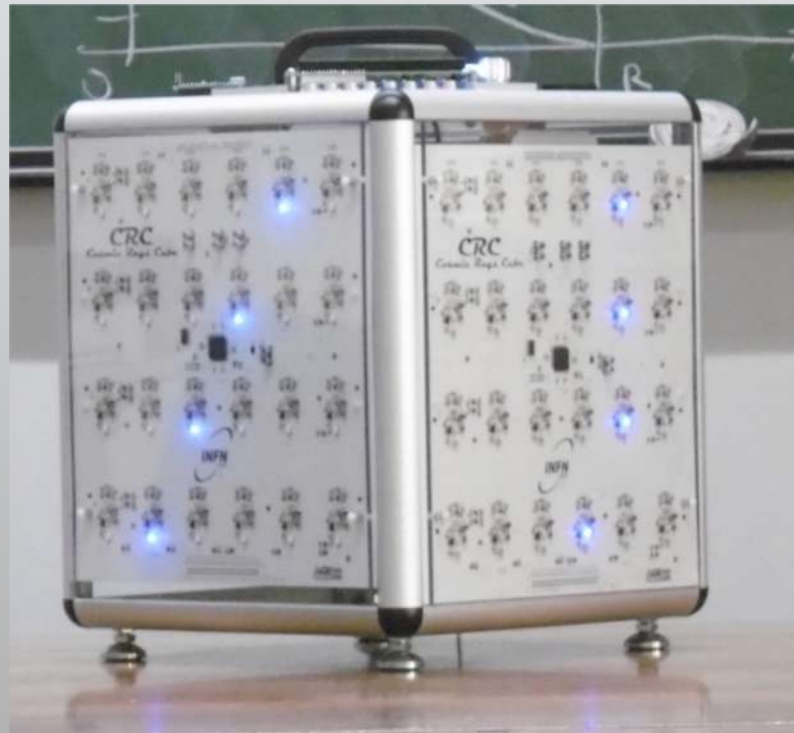
LEZIONE PRECEDENTE (1)

Rivelatore CRC:

Elementi attivi: **bacchette scintillanti**

Trasmissione segnale: **fibre WLS** (~fibre ottiche)

Conversione segnale ottico in segnale elettrico: **Silicon PhotoMultiplier**



LEZIONE PRECEDENTE (2)

Rivelatore CRC:

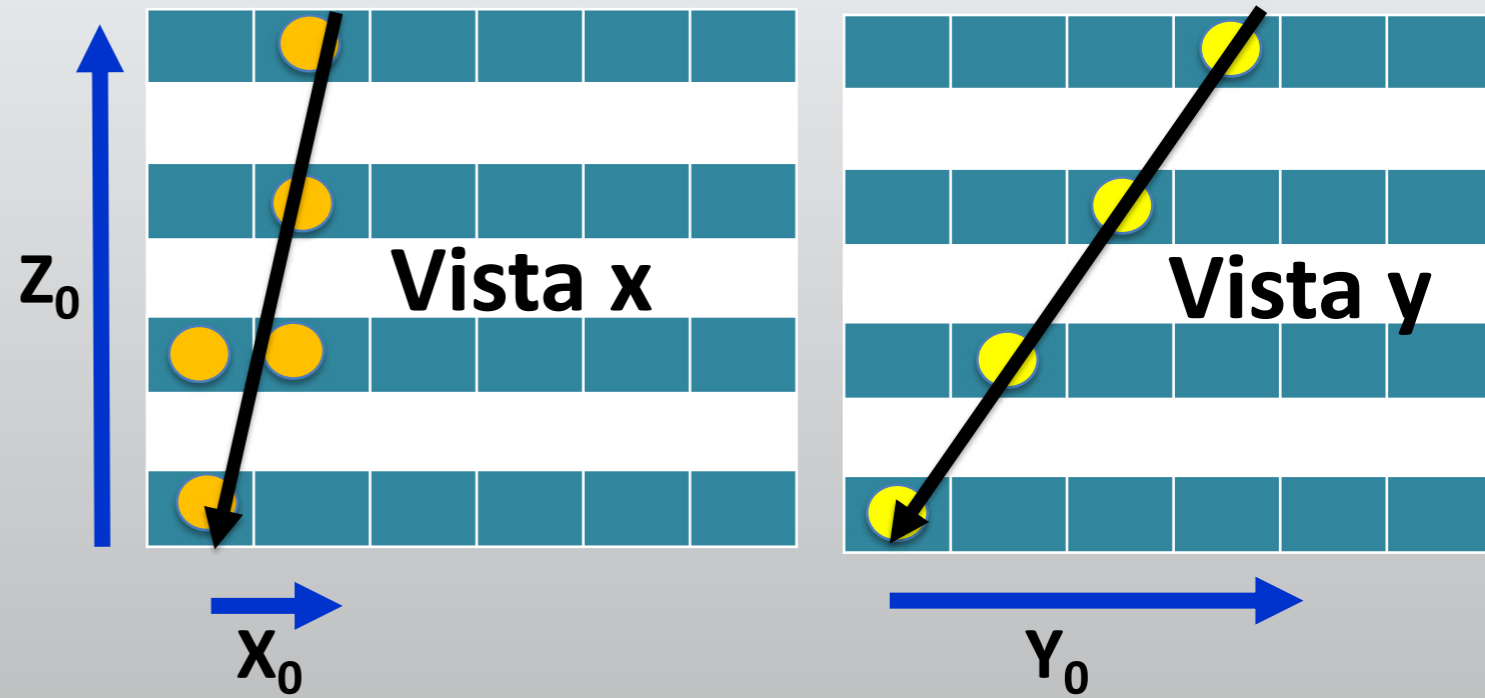
Elettronica:

- Conversione A/D dei segnali
- Lettura/Scrittura degli eventi

Analisi:

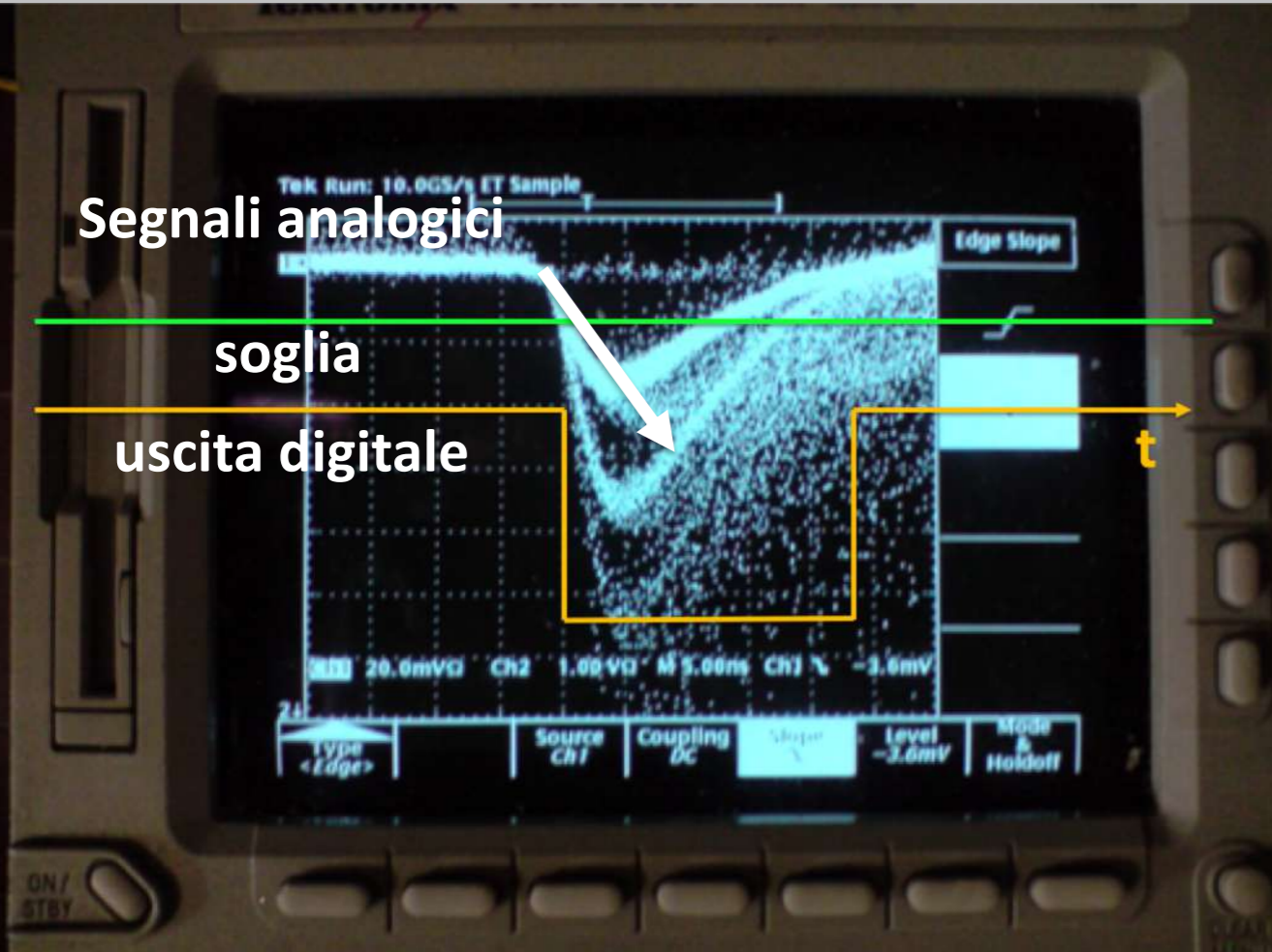
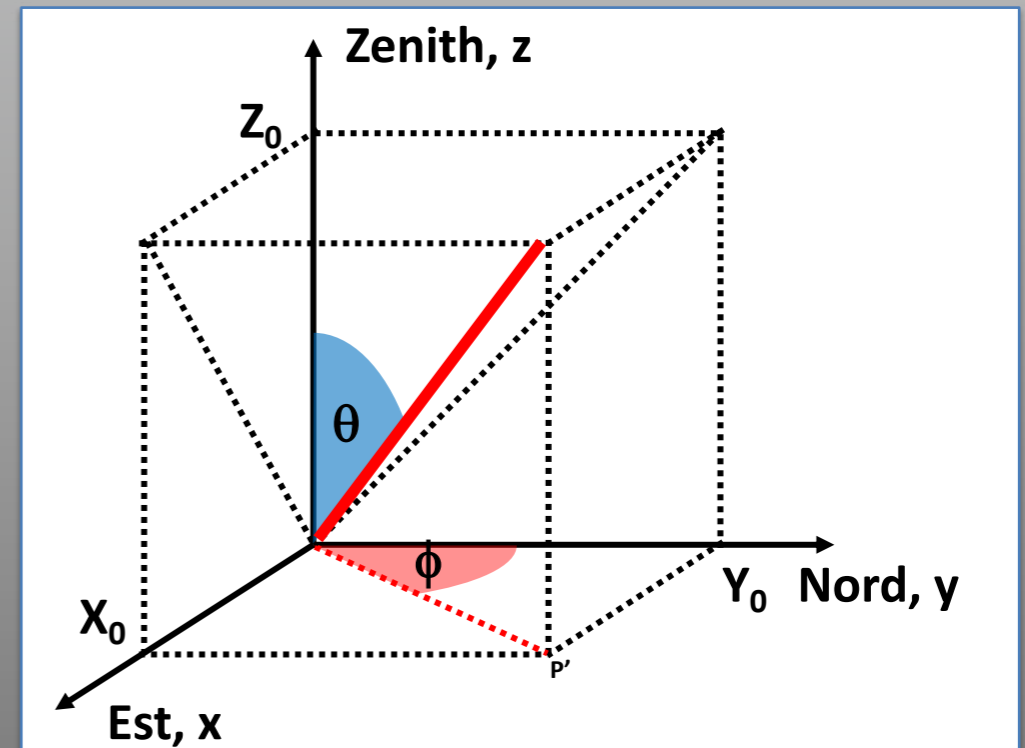
- Direzione di una singola traccia

1165	10103020	04081020
<i>n. evento</i>	<i>dati scheda slave</i>	<i>dati scheda master</i>



$$\phi = \tan^{-1} \frac{X_0}{Y_0}$$

$$\theta = \cos^{-1} \sqrt{\frac{Z_0^2}{Z_0^2 + X_0^2 + Y_0^2}}$$

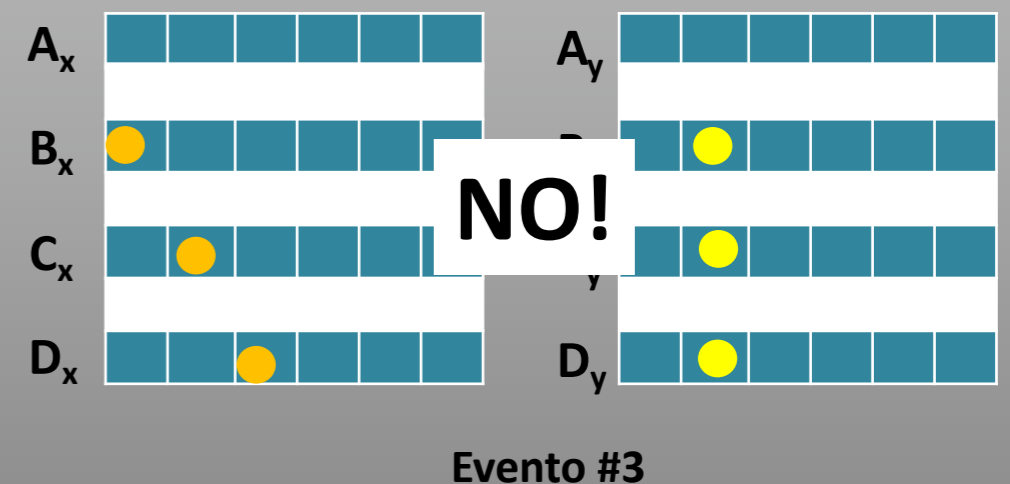
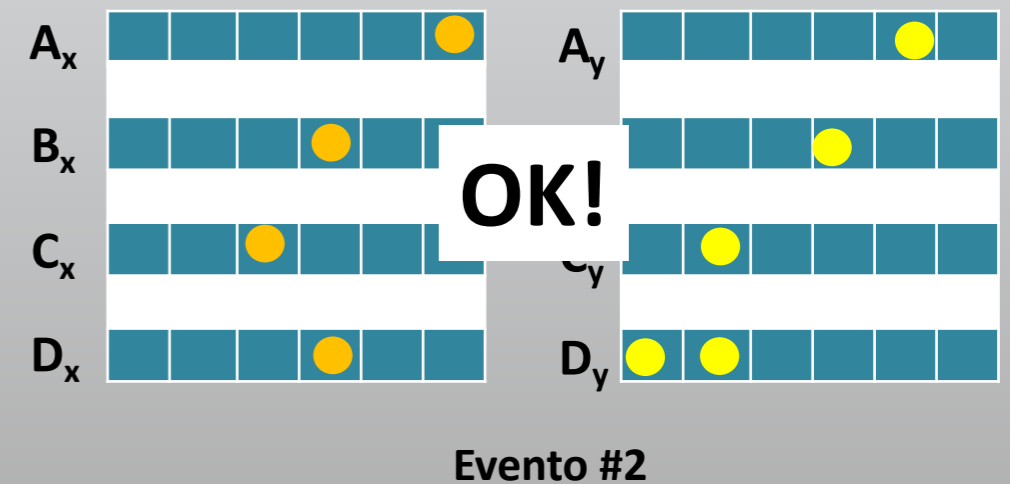
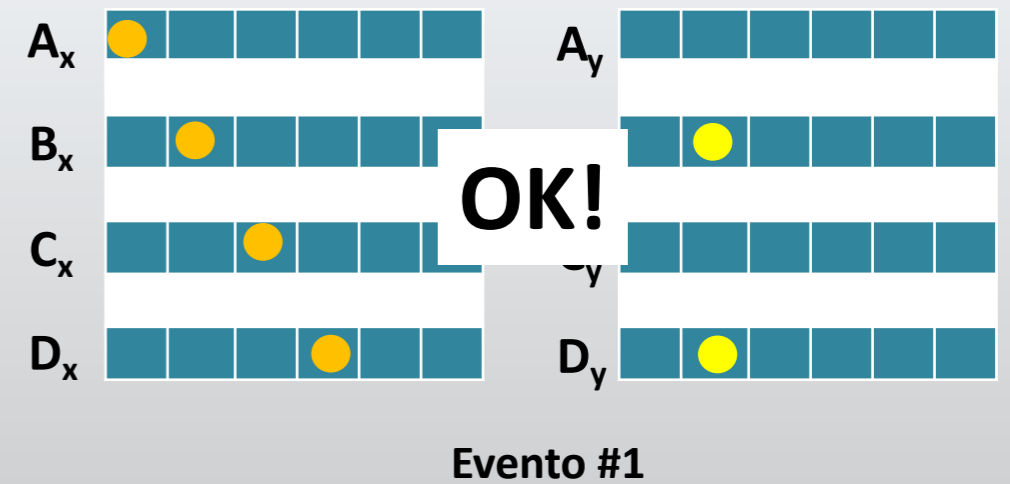
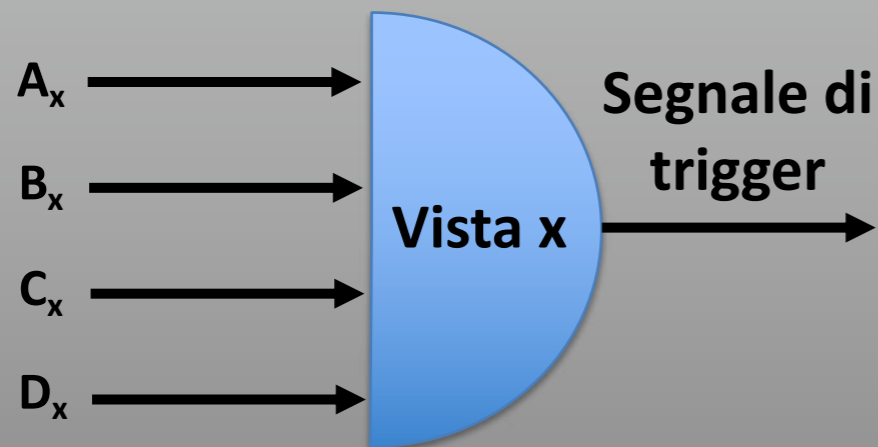


TRIGGER

Letteralmente «grilletto» o «detonatore».
Abilita la scrittura dell'evento nel file di dati.
Nel rivelatore CRC è implementato un
circuito che permette di scegliere differenti
condizioni di trigger. **ESEMPIO 1:**

$$A_x \otimes B_x \otimes C_x \otimes D_x$$

Il simbolo " \otimes " si chiama AND. Vengono scritti
(acquisiti) solo gli eventi in cui sono «accesi»
tutti i piani nella vista x.

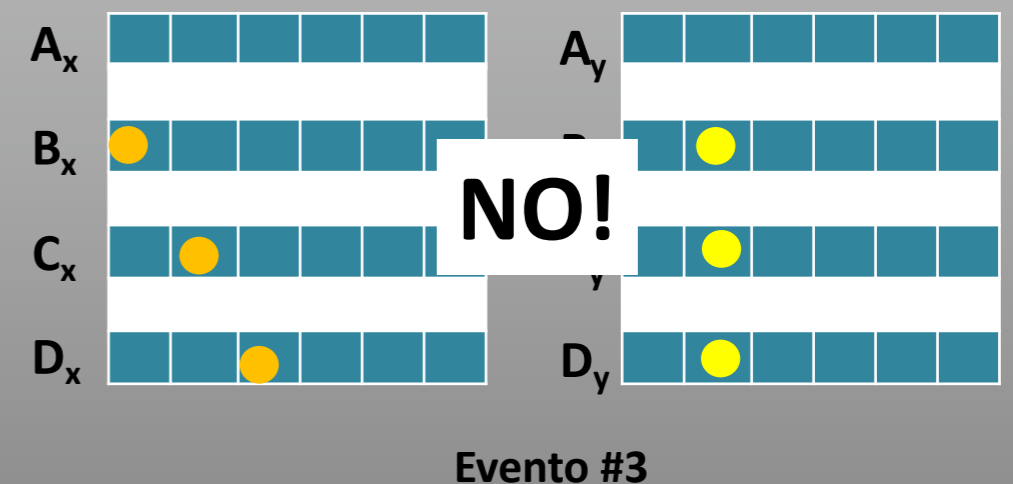
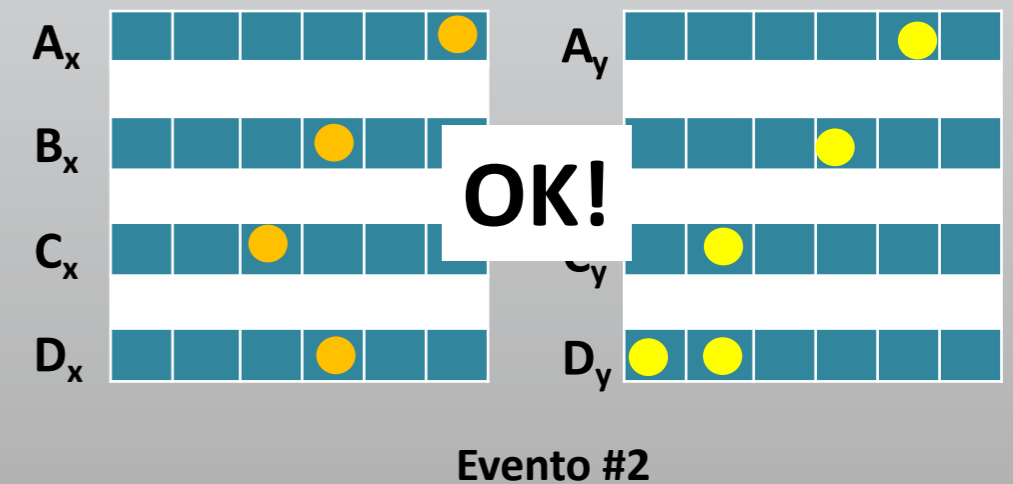
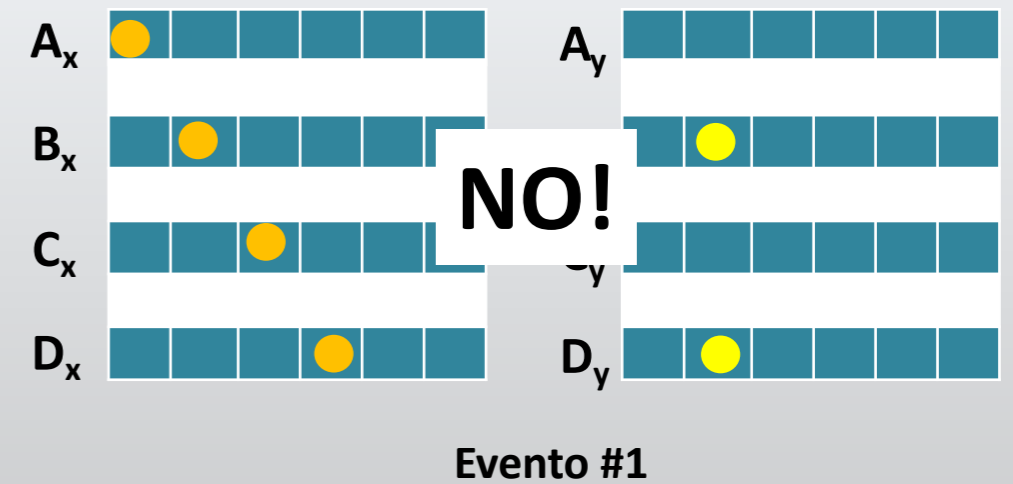
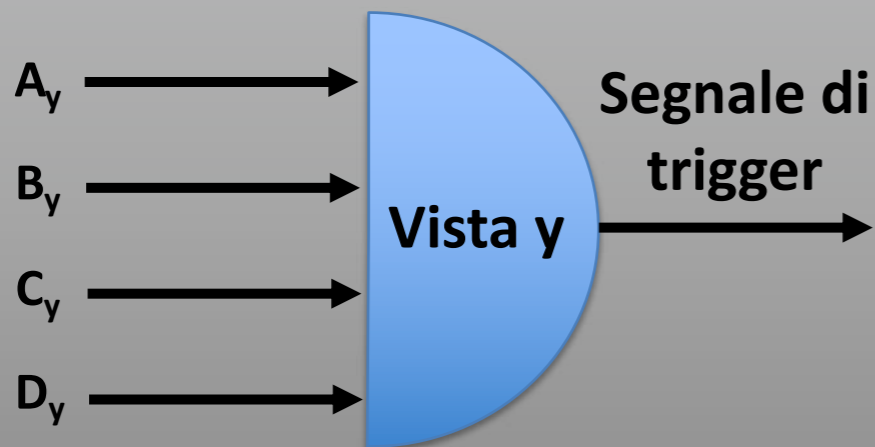


TRIGGER

Letteralmente «grilletto» o «detonatore».
Abilita la scrittura dell'evento nel file di dati.
Nel rivelatore CRC è implementato un
circuito che permette di scegliere differenti
condizioni di trigger. **ESEMPIO 2:**

$$A_y \otimes B_y \otimes C_y \otimes D_y$$

Il simbolo " \otimes " si chiama AND. Vengono scritti
(acquisiti) solo gli eventi in cui sono «accesi»
tutti i piani nella vista y.

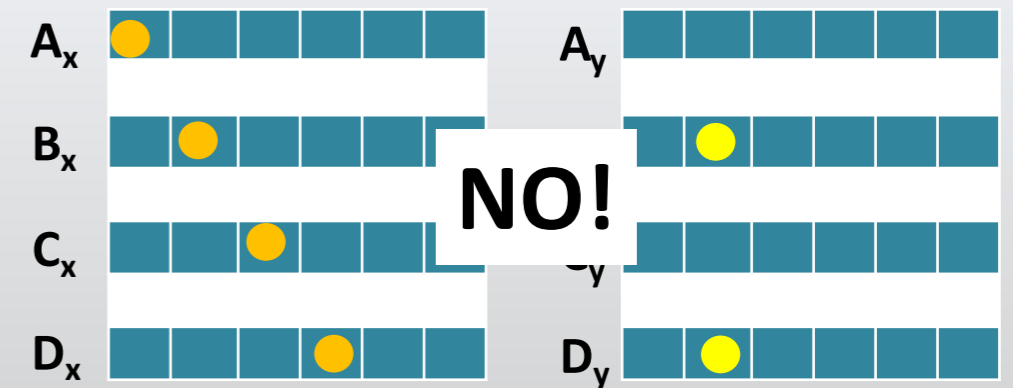
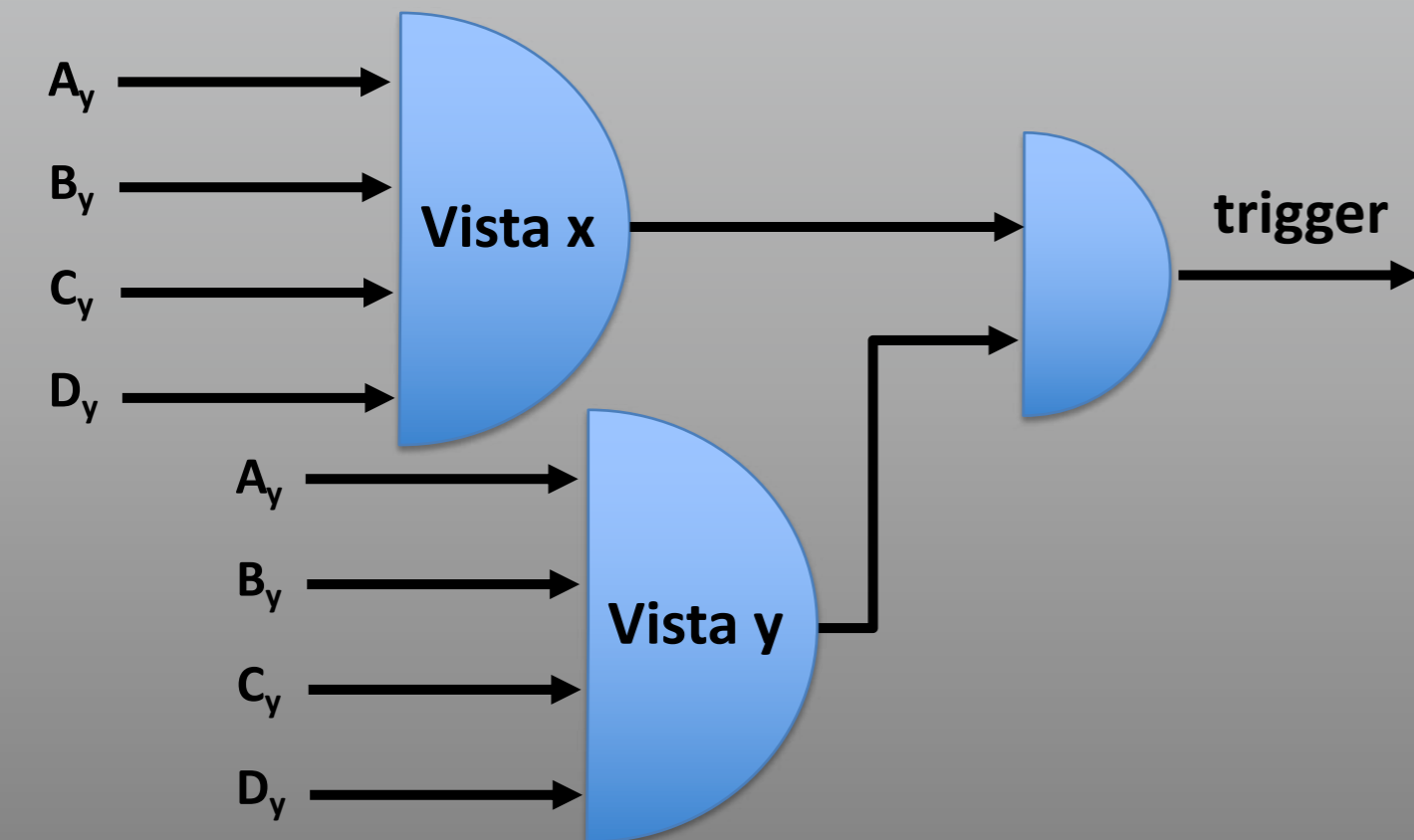


TRIGGER

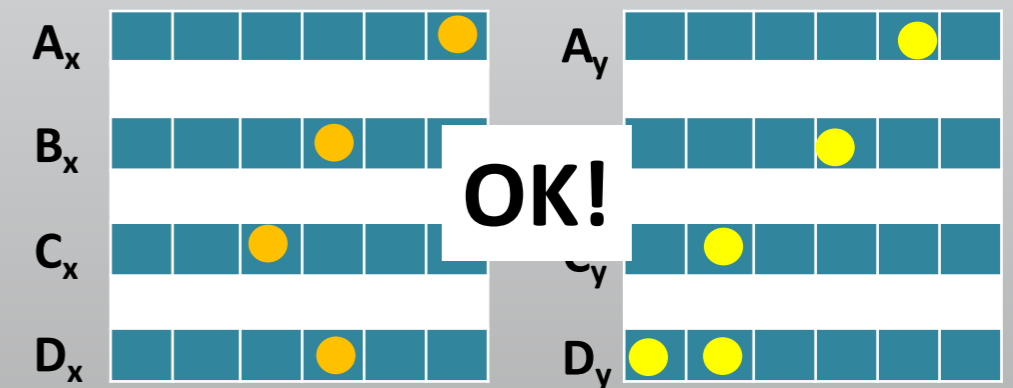
Letteralmente «grilletto» o «detonatore».
Abilita la scrittura dell'evento nel file di dati.
Nel rivelatore CRC è implementato un
circuito che permette di scegliere differenti
condizioni di trigger. **ESEMPIO 3:**

$$(A_x \otimes B_x \otimes C_x \otimes D_x) \otimes (A_y \otimes B_y \otimes C_y \otimes D_y)$$

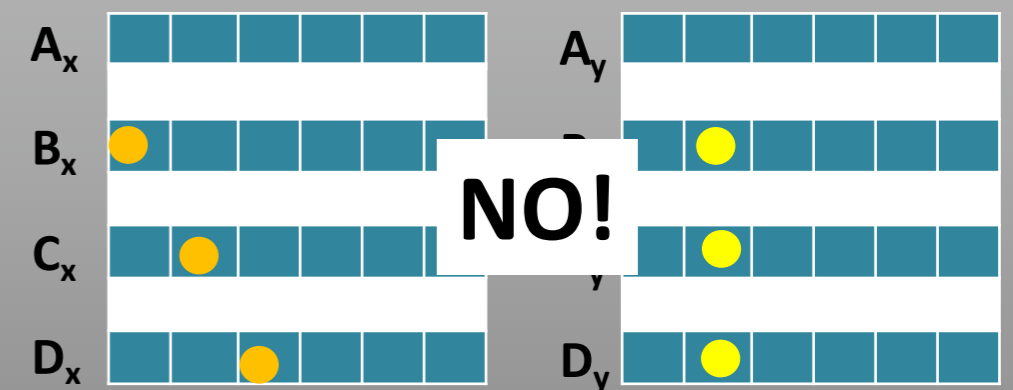
Il simbolo " \otimes " si chiama AND. Vengono scritti
(acquisiti) solo gli eventi in cui sono «accesi»
tutti i piani nella vista x e nella vista y.



Evento #1



Evento #2



Evento #3

Efficienza

Un rivelatore non è mai perfetto, e prima dell'uso va caratterizzato. Voglio sapere l'efficienza media dei piani A_y , B_y , C_y , D_y . Per fare ciò uso il trigger dell'**ESEMPIO 1**:

$$A_x \otimes B_x \otimes C_x \otimes D_x$$

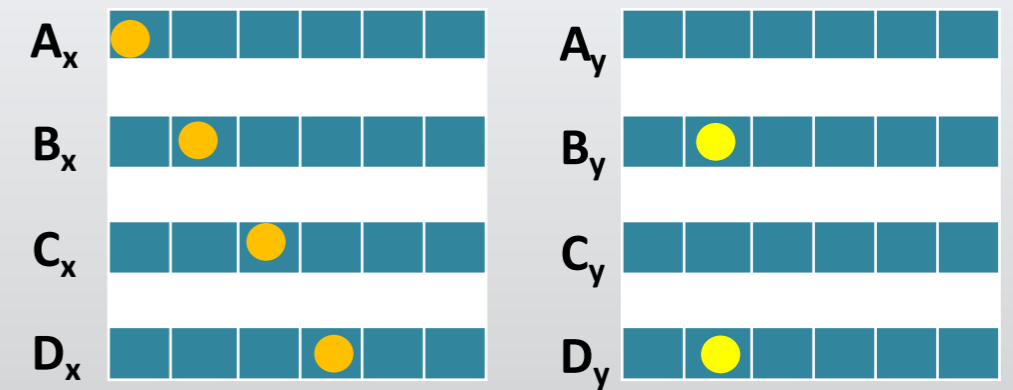
Questo trigger garantisce che il muone ha attraversato tutti i piani della vista x , e **quindi ha anche attraversato tutti i piani della vista y** . In queste condizioni si fa una lunga presa dati (diciamo 10.000 «trigger»). Nel nostro caso (N.B. bassa statistica!)

$$\text{Eff}(A_y)=33\%$$

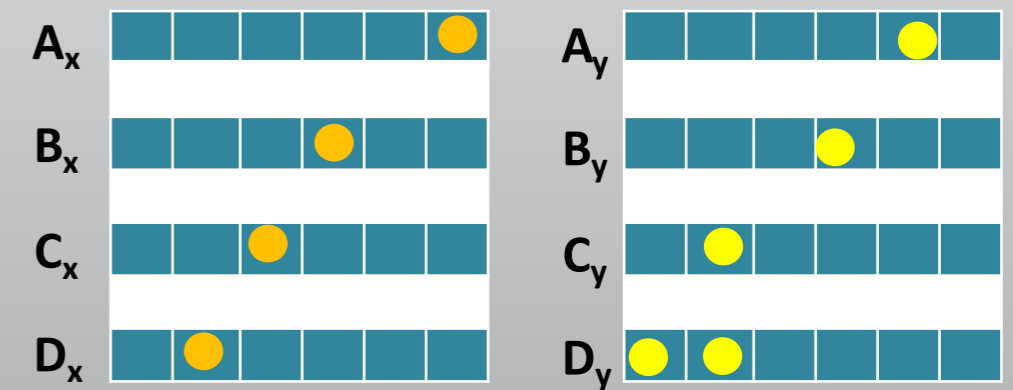
$$\text{Eff}(B_y)=100\%$$

$$\text{Eff}(C_y)=66\%$$

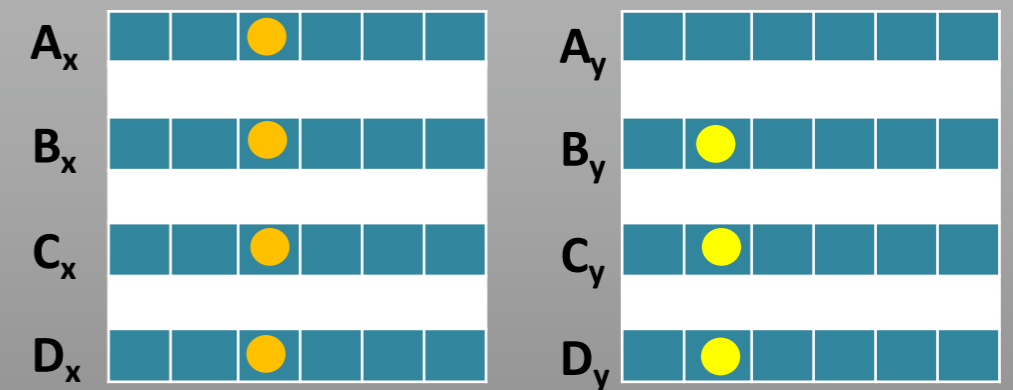
$$\text{Eff}(D_y)=100\%$$



Evento #1



Evento #2



Evento #3

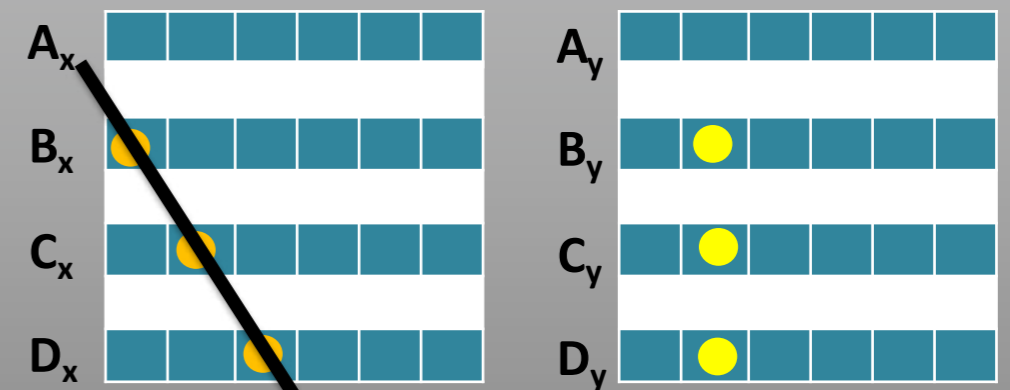
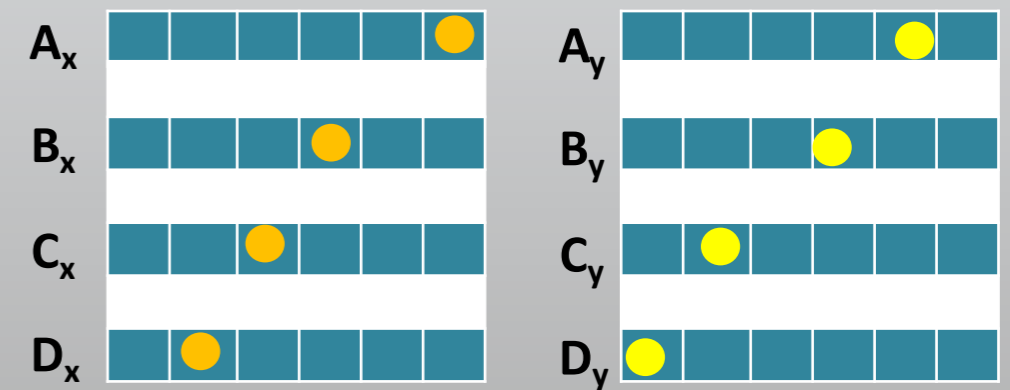
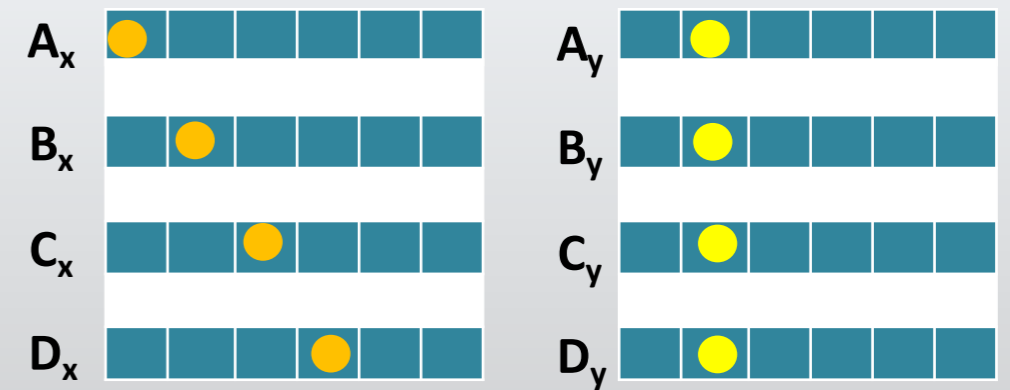
Accettanza

Consideriamo un CRC perfettamente funzionante, in cui l'efficienza è sempre 100% per tutti i piani e per tutte le bacchette. Anche in questo caso ideale, **non tutti i muoni che attraversano il rivelatore vengono accettati dal trigger**. L'efficienza geometrica o **accettanza** dipende dal trigger adottato.

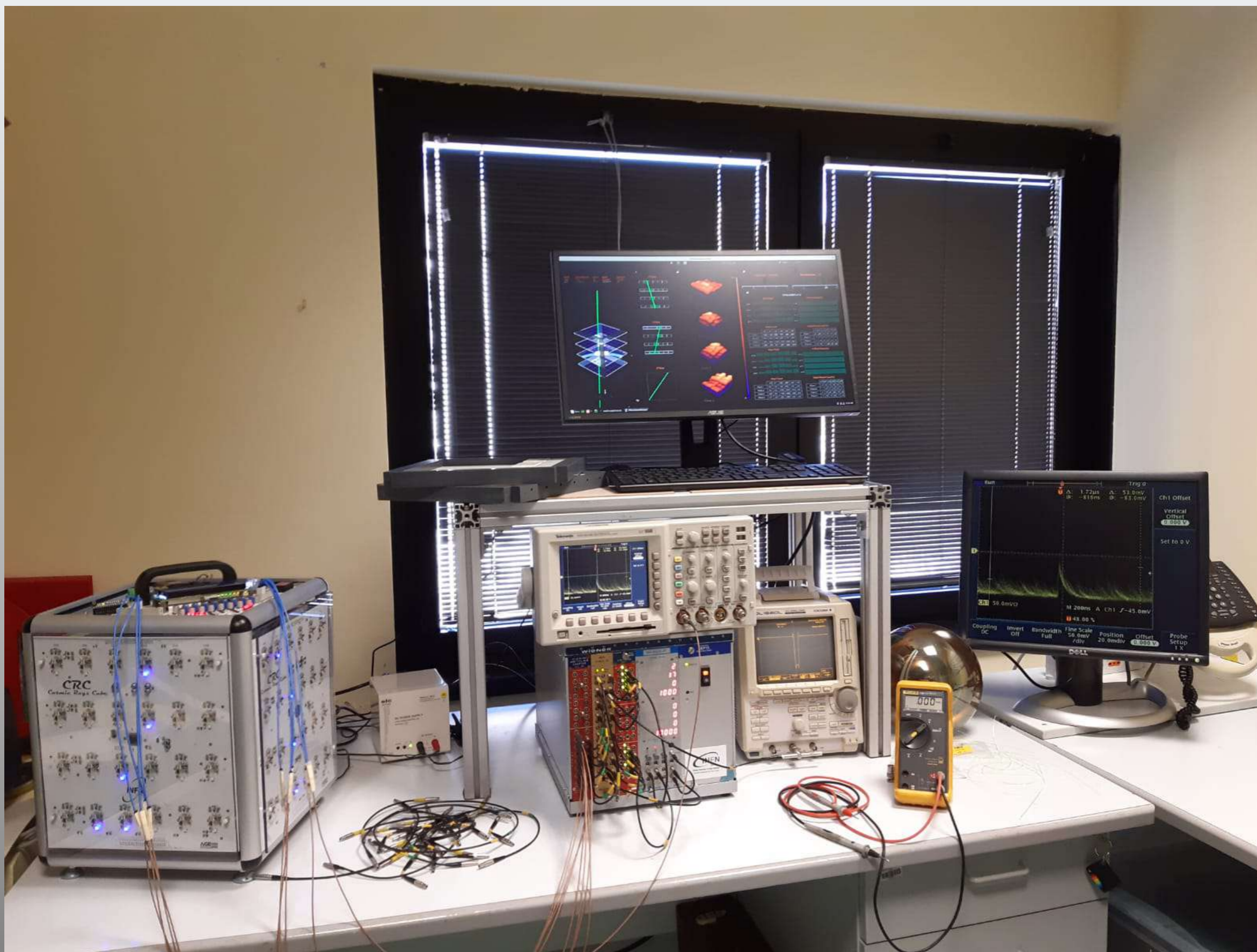
Consideriamo il trigger:

$$A_x \otimes B_x \otimes C_x \otimes D_x$$

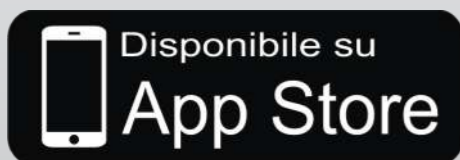
Il muone dell'evento #3 viene scartato dal trigger e non viene registrato, poiché entra lateralmente e non dà segnale sul piano A_x . Ovviamente anche il piano A_y non avrà segnale. È comunque facile tener conto di questo effetto, con un calcolo analitico relativamente semplice.



MISURE CON IL TELESCOPIO: tipico set-up



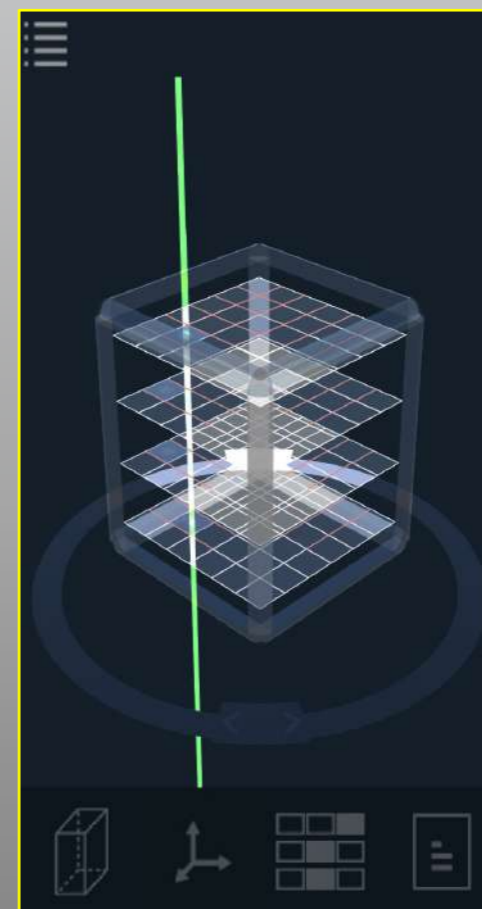
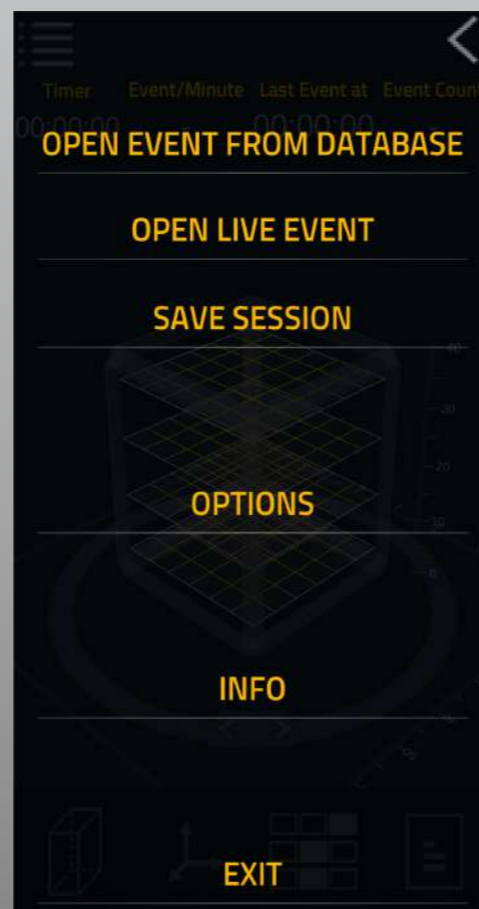
Cosmic Rays Live: I muoni in una App



Attualmente abbiamo 4 telescopi in rete:

- Bunker di Soratte, Italia
- Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), Italia
- Laboratorio di Canfranc (LSC), Spagna
- Sede distaccata della New York University ad Abu Dhabi, UAE

Tramite la app gratuita «Cosmic Rays Live» è possibile visualizzare in tempo reale le tracce dei muoni cosmici, ed eventualmente seguire da remoto la presa dati, scaricabili in tempo reale sullo smartphone



1149	01020408	20101010
1150	00040810	04020202
1151	00040808	10080804
1152	04040404	00080804
1153	02040808	00080808
1154	00081020	00010410
1155	00040404	00100401
1156	00010101	00200802
1157	00010204	00010204
1158	00060201	00201008
1159	00040404	00201004
1160	00100802	08081020
1161	00020101	00200802
1162	08080810	20080401
1163	100C0201	01020810
1164	00040201	00010202
1165	10080402	04020101
1166	00040808	02020101
1167	00040404	02020606
1168	00040201	00010101
1169	04040402	00100804
1170	00010204	00080804

Raggi Cosmici

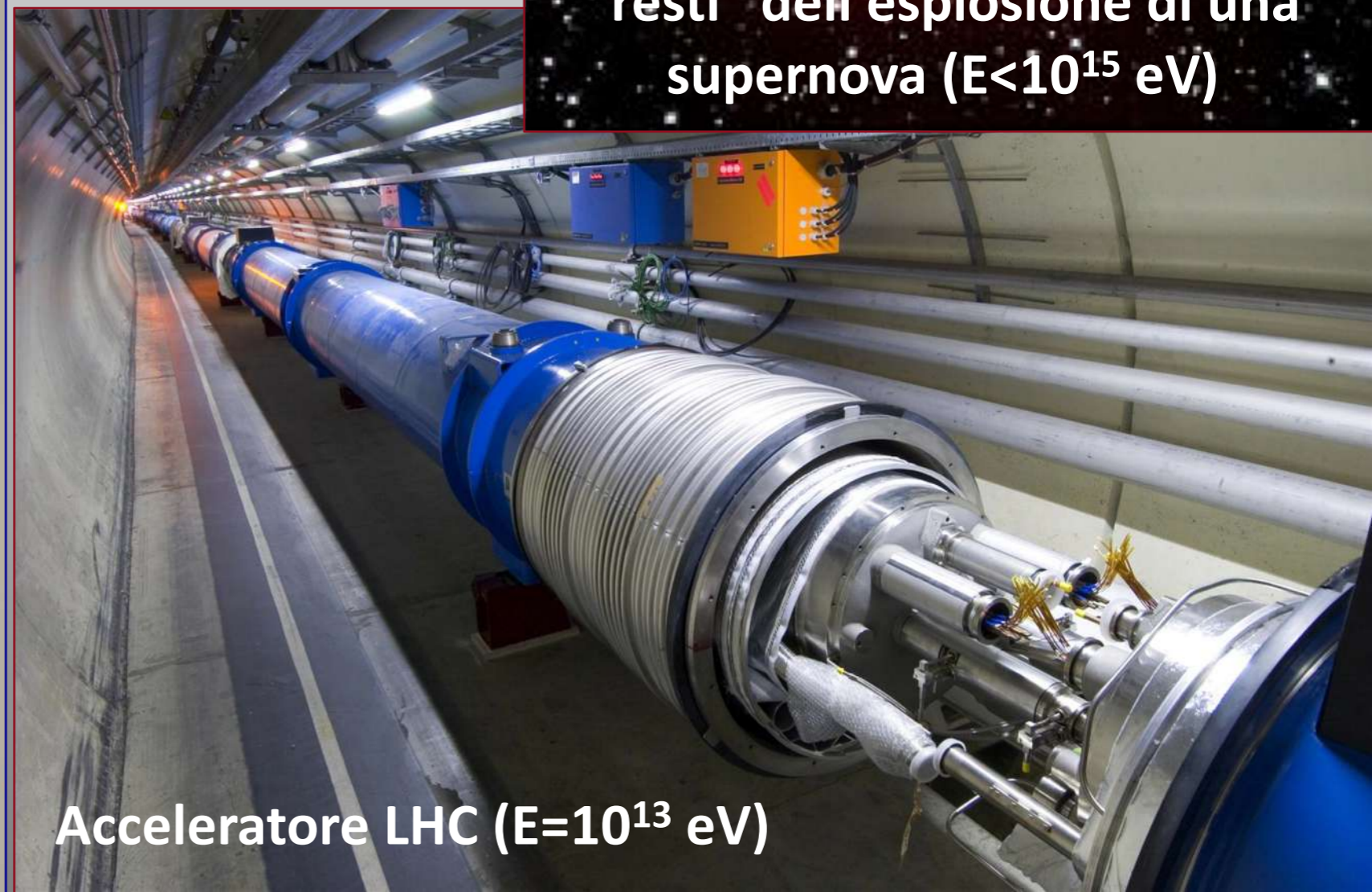
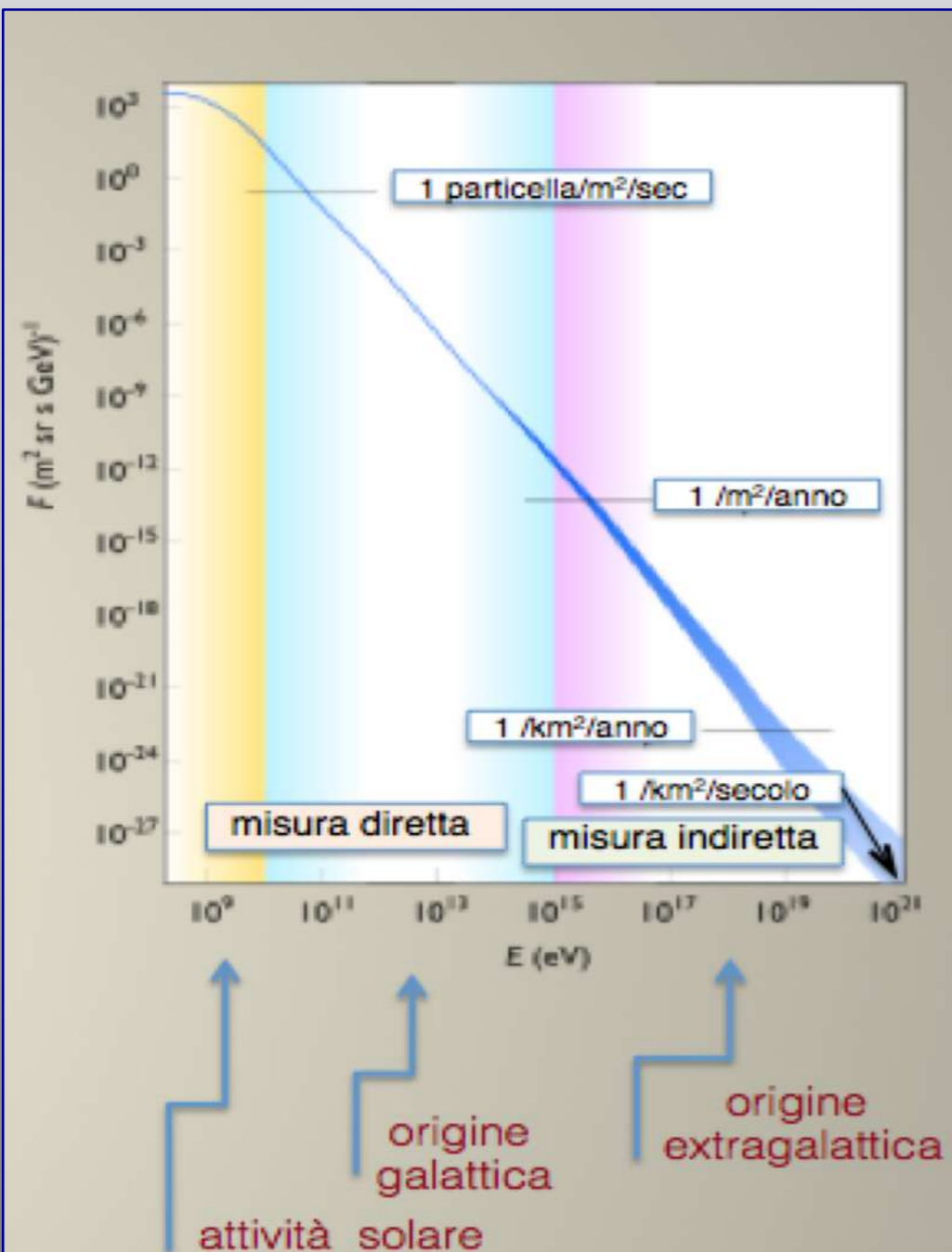
Cosa sono i raggi cosmici?

I Raggi Cosmici sono principalmente nuclei atomici di alta energia che, muovendosi quasi alla velocità della luce, colpiscono la Terra da ogni direzione. Come dice il nome stesso, provengono dal Cosmo, cioè dallo spazio che ci circonda. Questi possono interagire con l'atmosfera generando «sciame atmosferici» di particelle subnucleari, in particolare elettroni e muoni. I **“muoni”** sono particelle sub-atomiche simili agli elettroni, ma con massa 200 volte più grande. A differenza degli elettroni e di altre particelle, **i muoni sono molto penetranti, possono cioè attraversare grandi spessori di roccia**. All'interno del bunker di Soratte il flusso di muoni è di circa 100 muoni al minuto per metro quadro, mentre all'esterno del bunker il flusso è circa 100 volte maggiore. Questo perché l'elevato spessore della roccia assorbe gran parte dei muoni cosmici, ma non quelli con energia abbastanza elevata.



Raggi Cosmici Primari

I Raggi Cosmici Primari provengono dall'intera galassia e impiegano milioni di anni per arrivare a noi. Alcuni sono generati dall'attività solare ($E < 10^{10}$ eV), altri sono di origine galattica ($E < 10^{15}$ eV), quelli più energetici sono di origine extragalattica ($E < 10^{21}$ eV). **C'è ancora molto da scoprire e da capire...**

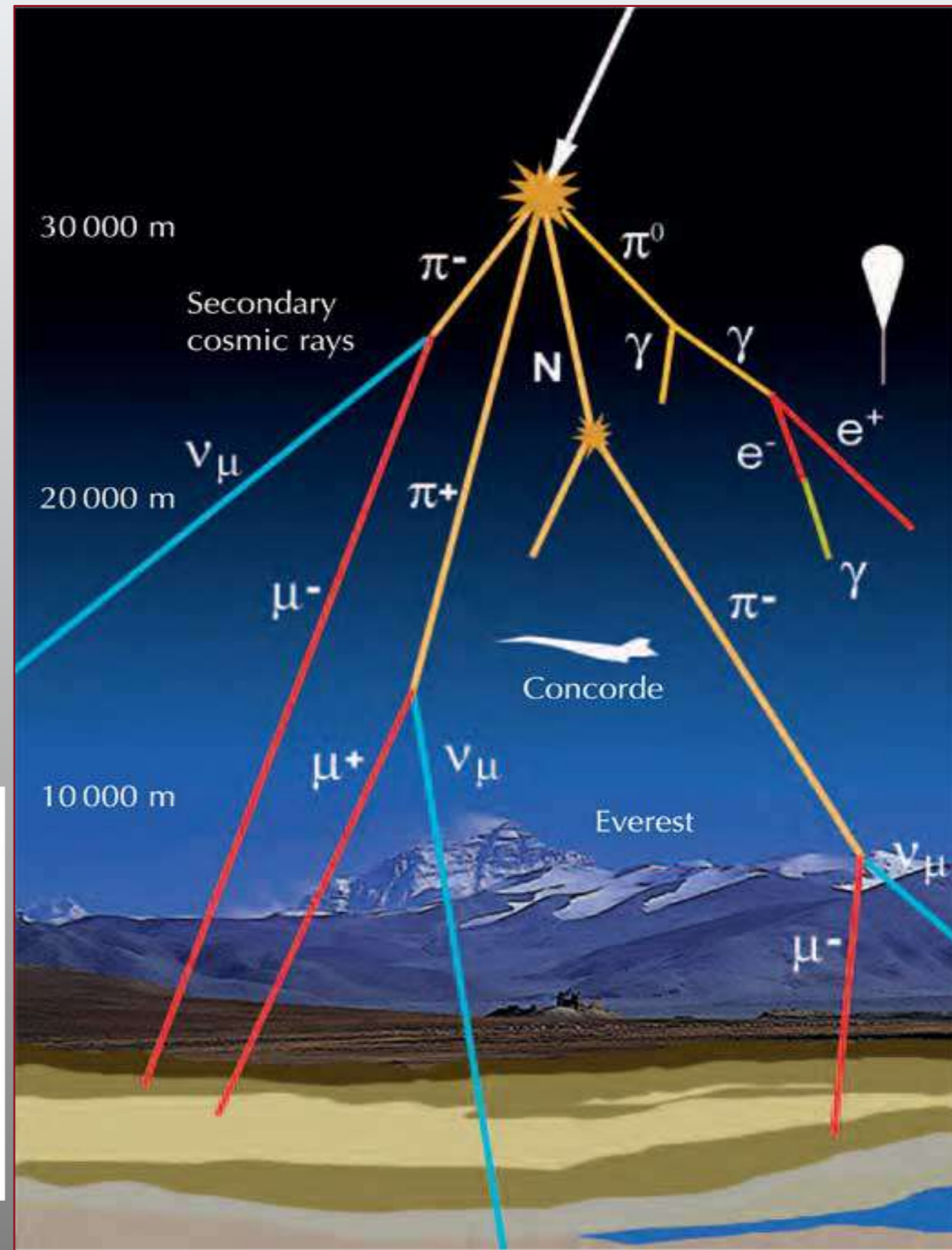


Una doccia di particelle!

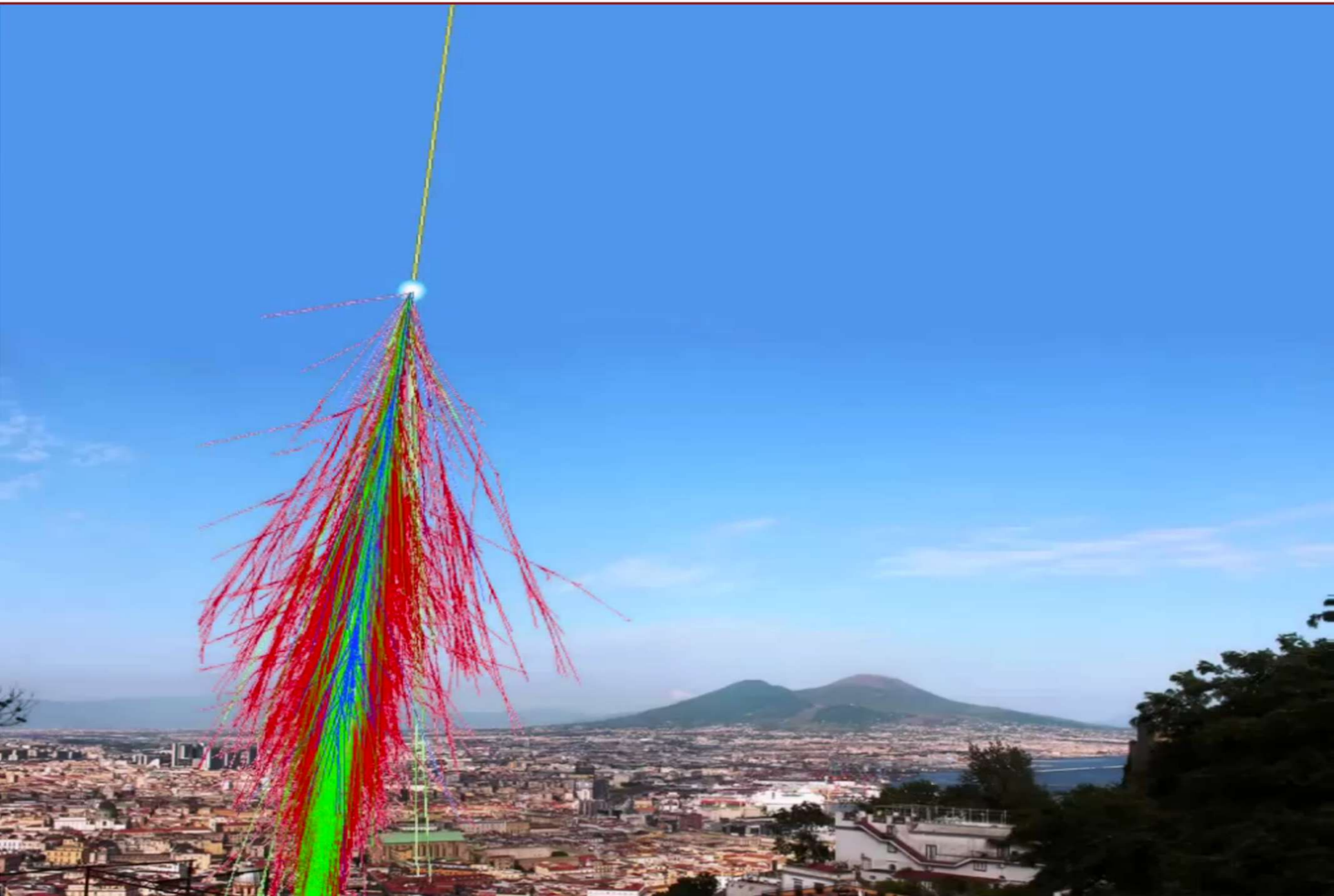
Gran parte della radiazione non ha origine terrestre ma proviene dallo spazio esterno, da cui il nome di **Raggi Cosmici**.

I **Raggi Cosmici primari** interagiscono tra i 20-30 km di altezza con i nuclei che compongono l'atmosfera terrestre e producono una pioggia di **particelle secondarie** (detto *sciame*) che può giungere fino a terra (e anche sottoterra). Questo flusso si propaga dall'alto verso il basso a forma di cono. La maggior quantità di particelle si trova intorno ai 10.000 m. Il flusso di queste particelle a livello del mare è invece di circa 100-200 particelle per m² al secondo.

Particle energy (eV)	Particle rate (m ⁻² s ⁻¹)
1 × 10 ⁹ (GeV)	1 × 10 ⁴
1 × 10 ¹² (TeV)	1
1 × 10 ¹⁶ (10 PeV)	1 × 10 ⁻⁷ (a few times a year)
1 × 10 ²⁰ (100 EeV)	1 × 10 ⁻¹⁵ (once a century)



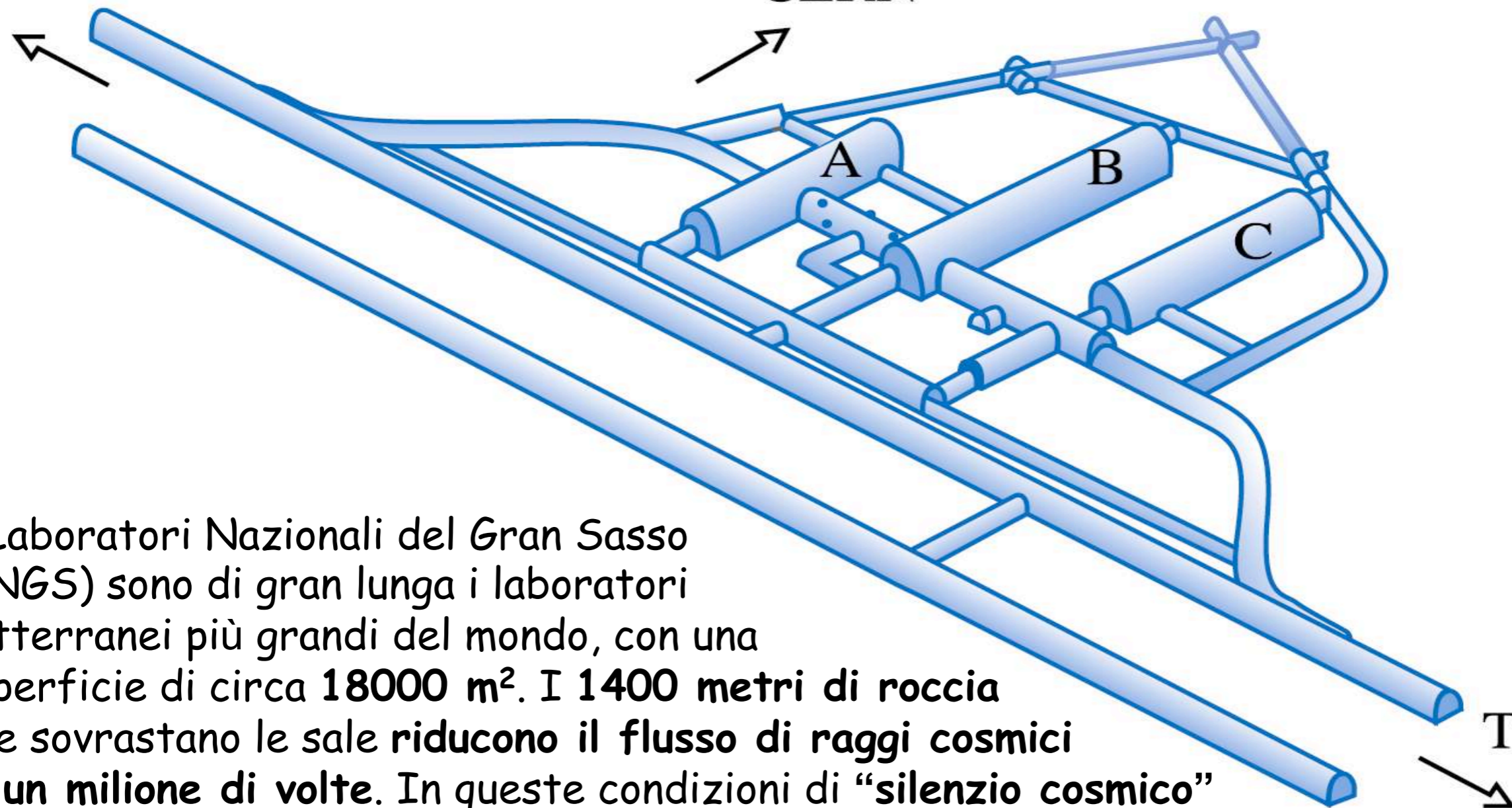
Una doccia di particelle!



LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO - INFN

L'AQUILA

CERN



TERAMO

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) sono di gran lunga i laboratori sotterranei più grandi del mondo, con una superficie di circa 18000 m^2 . I 1400 metri di roccia che sovrastano le sale riducono il flusso di raggi cosmici di un milione di volte. In queste condizioni di "silenzio cosmico" è possibile lo studio di fenomeni altrimenti non osservabili. Circa 800 scienziati provenienti da tutto il mondo (oltre 30 paesi!!) contribuiscono alla realizzazione degli esperimenti presso i LNGS. Le principali tematiche sono: **Fisica del neutrino, Materia scura, Astrofisica nucleare, Geofisica, Biologia...**

Gli edifici esterni



Ingresso dei Laboratori sotterranei



OPERA (2007-2012)

Rivelazione dei neutrini prodotti al CERN ed inviati verso i Laboratori. L'esperimento OPERA ha il fenomeno delle oscillazioni del neutrino, ipotizzato per la prima volta da uno dei ragazzi di via Panisperna, il grande scienziato italiano Bruno Pontecorvo.

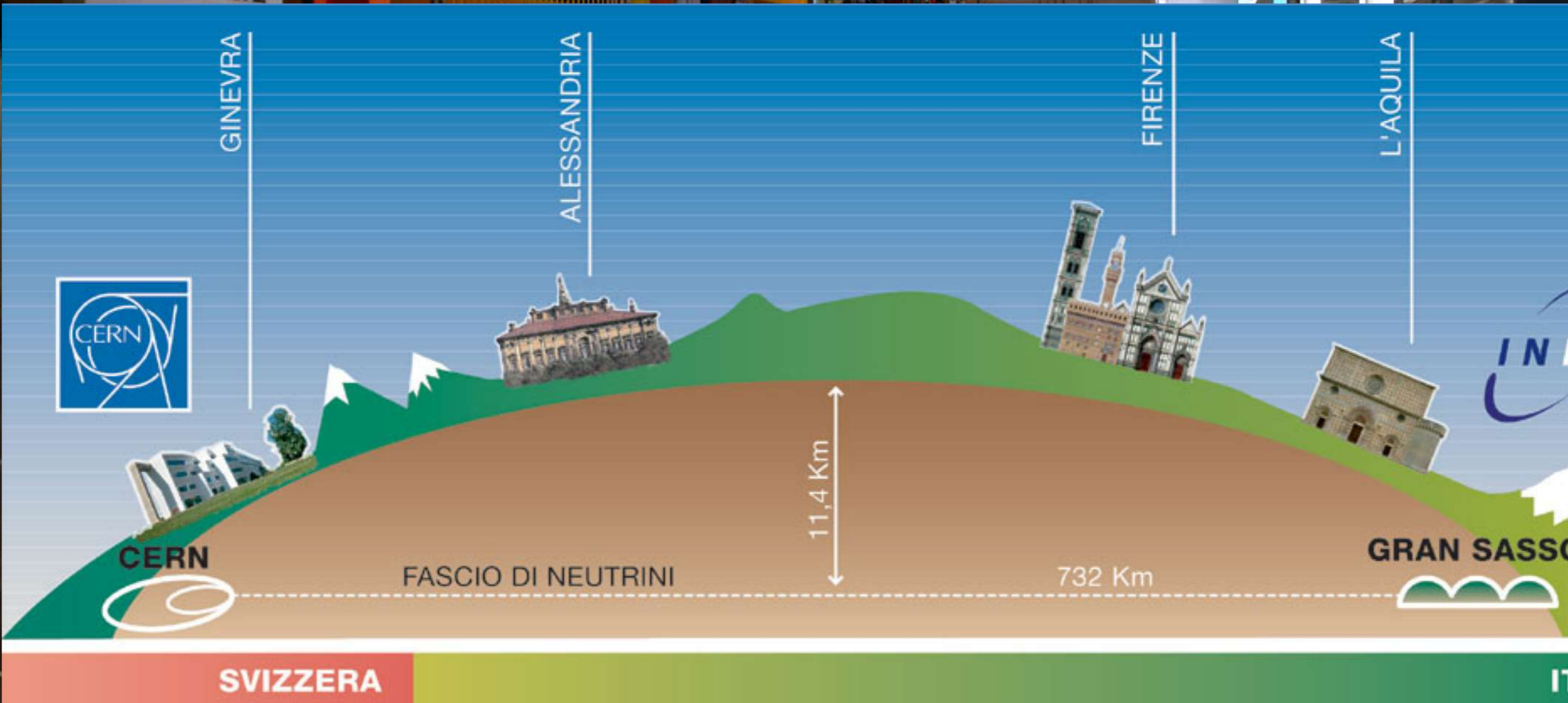
Collaborazione Italia-Europa-Giappone.



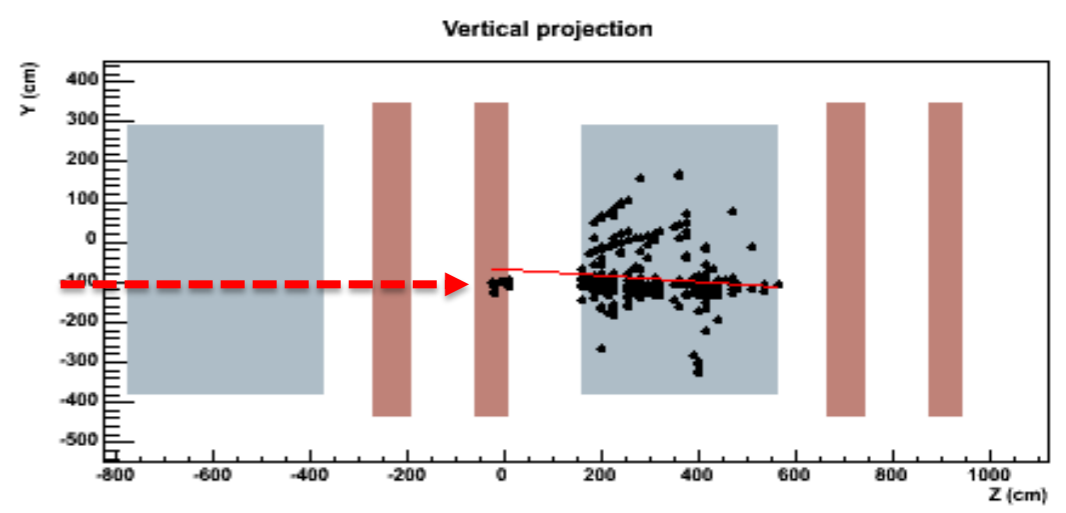
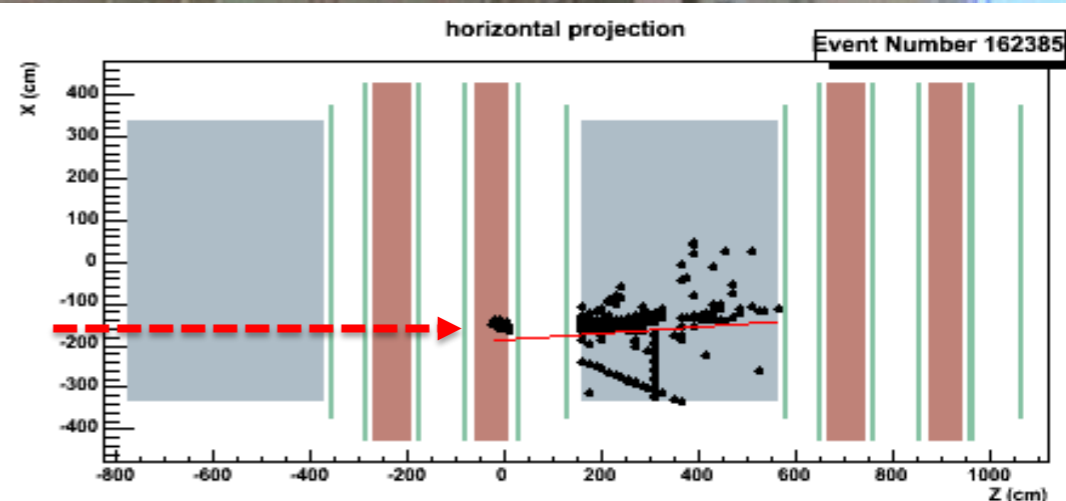
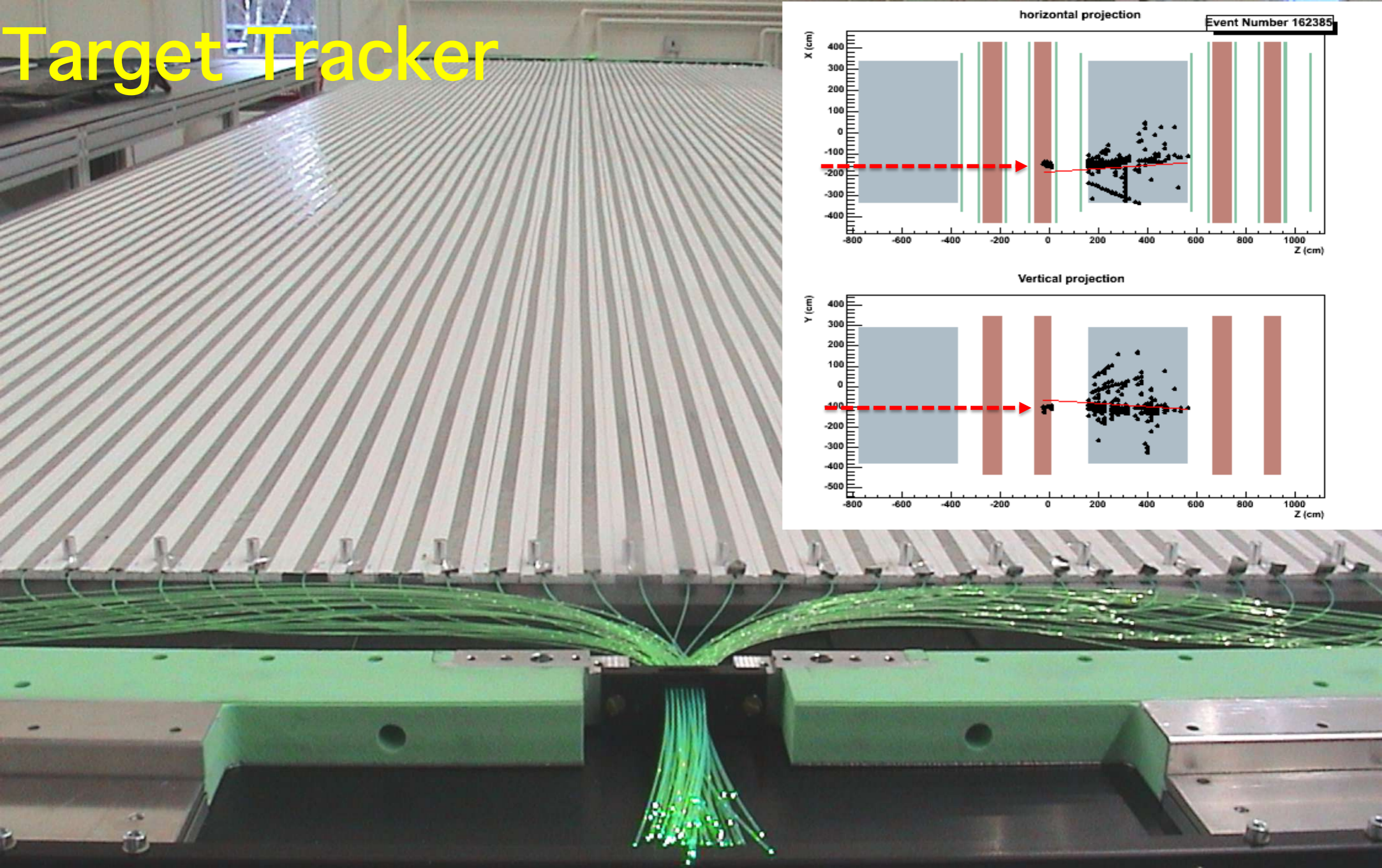
OPERA (2007-2012)

Rivelazione dei neutrini prodotti al CERN ed inviati verso i Laboratori. L'esperimento OPERA ha il fenomeno delle oscillazioni del neutrino, ipotizzato per la prima volta da uno dei ragazzi di via Panisperna, il grande scienziato italiano Bruno Pontecorvo.

Collaborazione Italia-Europa-Giappone.

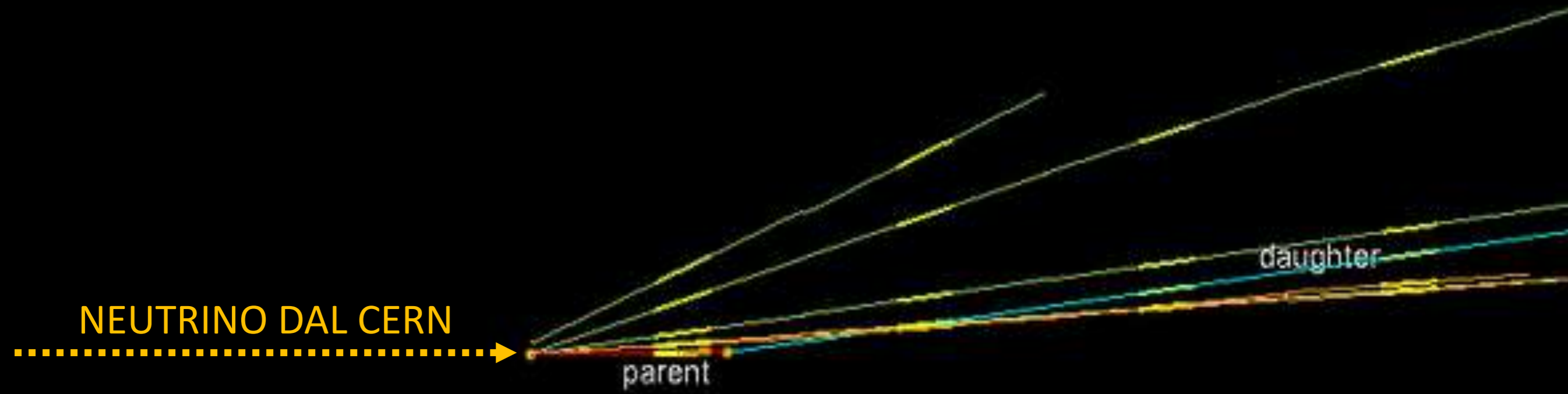


Target Tracker



- Plastic scintillation strips: 6.7 m x 2.5 cm x 1 cm readout by Kuraray optical fibers & Hamamatsu PMT 64 channels
- X and Y planes of 256 strips

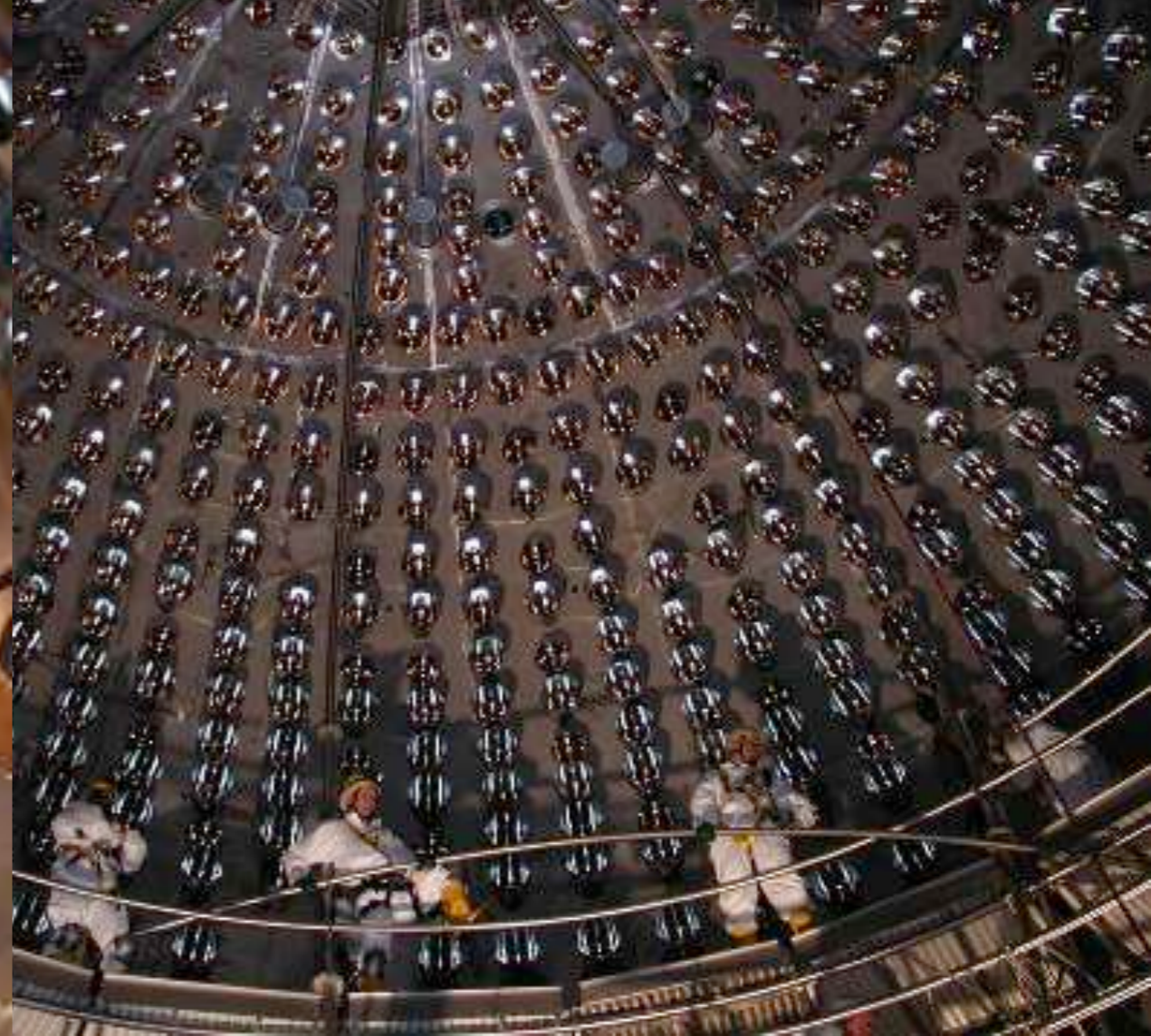
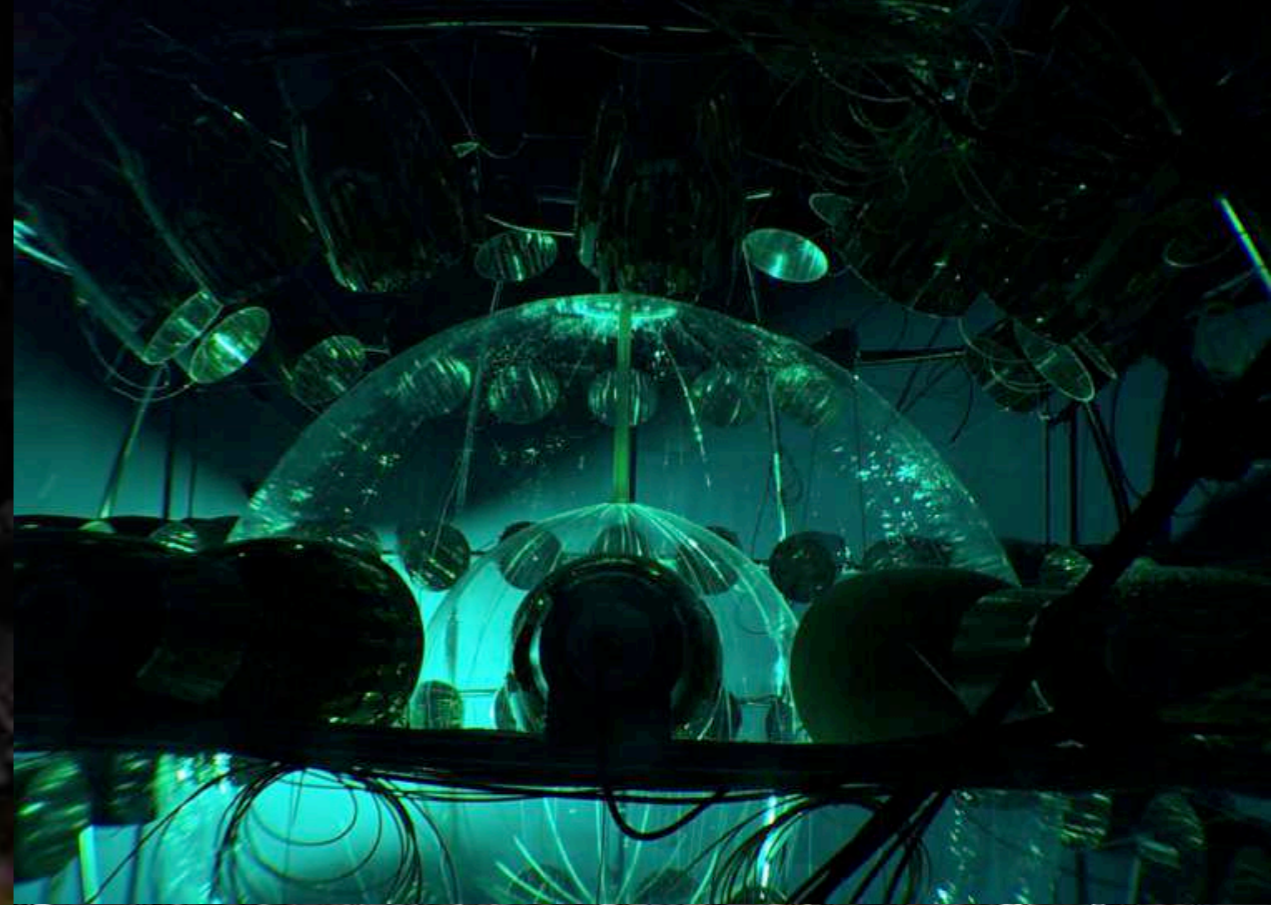
OPERA (2007-2012)



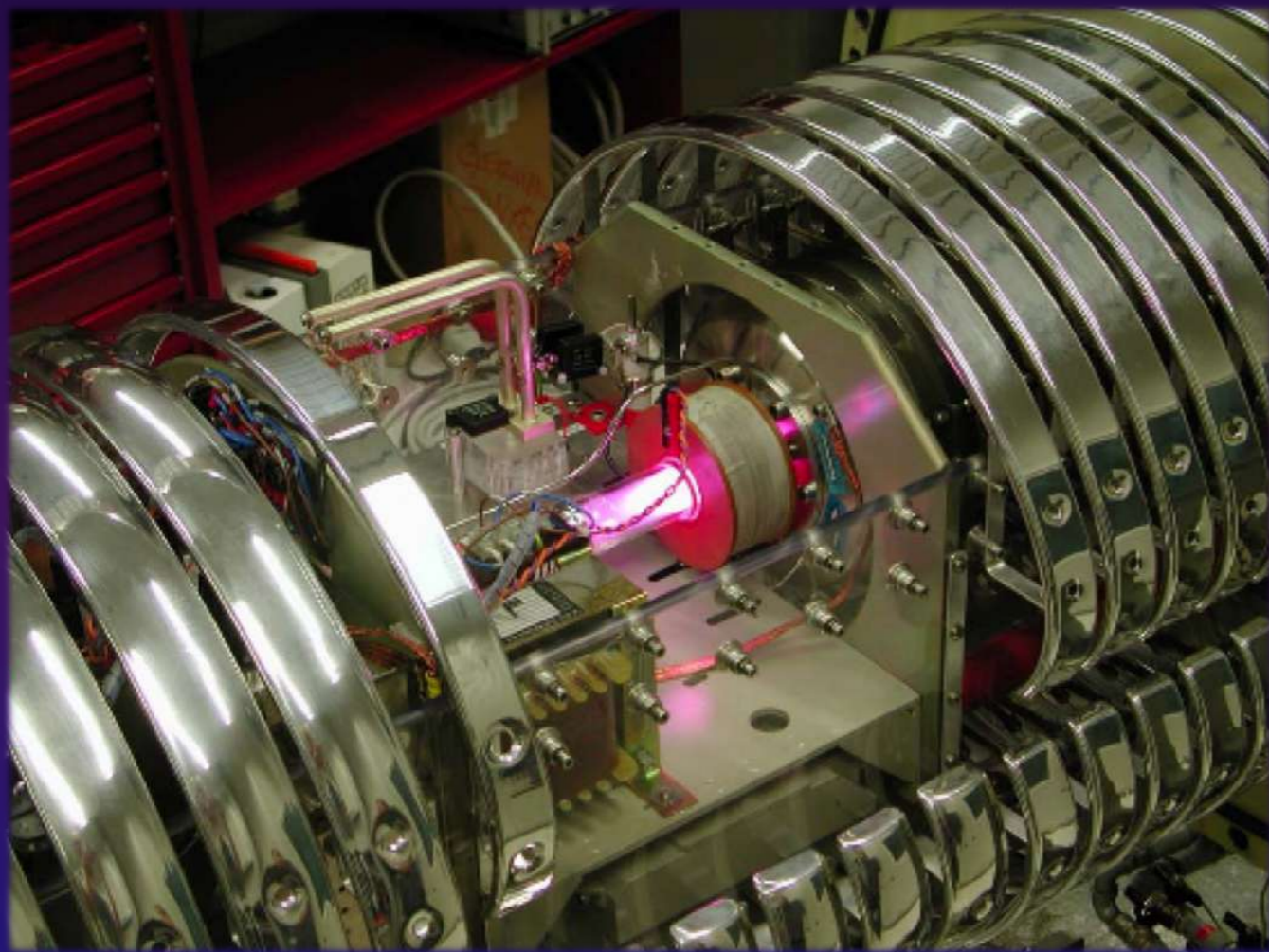
1000

Borexino

**Studio del Sole attraverso
l'osservazione dei neutrini prodotti
dalle reazioni di fusione nucleare nel
suo interno.
Collaborazione Italia-USA**



ESPERIMENTO LUNA



$E_{\text{beam}} \approx 50 - 400 \text{ keV}$

LUNA

È stato per decenni l'unico acceleratore sotterraneo al mondo (stanno partendo nuove iniziative in Cina e in USA).

Le reazioni studiate forniscono una solida base sperimentale per capire il funzionamento del Sole, l'evoluzione delle stelle e le caratteristiche dell'Universo all'epoca del "Big Bang".

Italia-Germania-Ungheria-UK

${}^3\text{He}({}^3\text{He}, 2p){}^4\text{He} \rightarrow$ **neutrini solari**

${}^{14}\text{N}(p, \gamma){}^{15}\text{O} \rightarrow$ **età dell'Universo**

${}^3\text{He}({}^4\text{He}, \gamma){}^7\text{Be} \rightarrow$ **il Sole**

${}^{17}\text{O}(p, \alpha){}^{18}\text{F} \rightarrow$ **polvere di stelle**

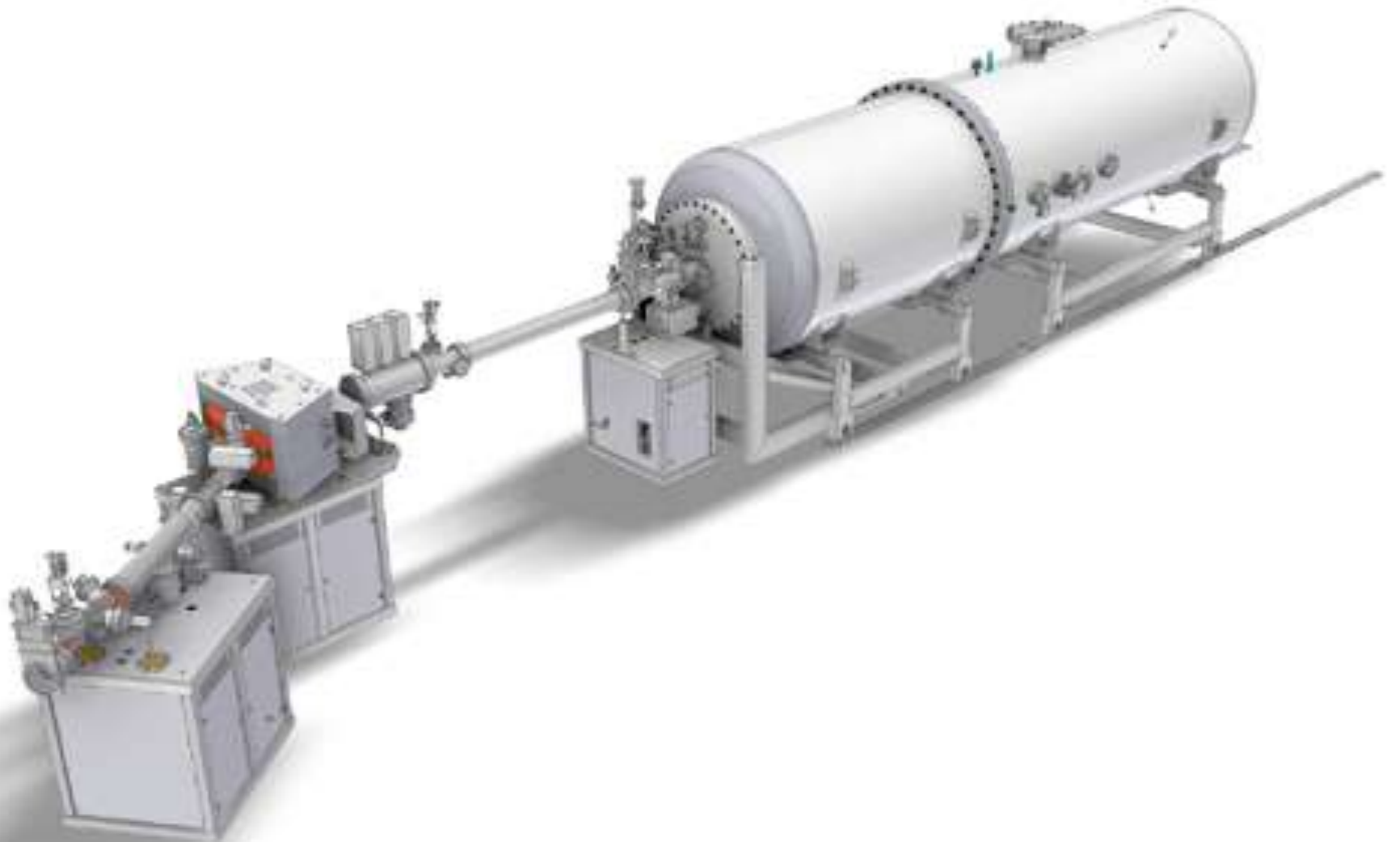
${}^{22}\text{Ne}(p, \gamma){}^{23}\text{Na} \rightarrow$ **stelle massive**

${}^2\text{H}(p, \gamma){}^3\text{He} \rightarrow$ **i primi 3 minuti dell'Universo**

${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O} \rightarrow$ **Creazione elementi pesanti**

(Oro, Uranio, Piombo...)

Next: LUNA MV





Next: LUNA MV



HIGH VOLTAGE ENGINEERING EUROPA B.V.

Amsterdamsedijk 63, 3812 RR Amersfoort, P.O. Box 99, 3800 AB Amersfoort, The Netherlands
Phone: +31-33-4619741. Fax +31-33-4615291. Trade register Amersfoort nr. 31014544
E-mail: info@highvolteng.com – Web: www.highvolteng.com



March 19, 2018

FACTORY ASSEMBLY PROTOCOL 3.5 MV Singletron accelerator system

End-User/Consignee: Laboratory Nazionale del Gran Sasso, Assergi, Italy

Contract number: CIG No. 62076380EF and CUP No. 154G14000140005
CIG No. 62076380EF Amdt. No. 1

HVEE ref.: B9051

We herewith confirm that the 3.5 MV Singletron accelerator system for Laboratory Nazionale del Gran Sasso Assergi, Italy is fully assembled at HVE Amersfoort, The Netherlands.





Delivery at LNGS: 2020?



Grazie per l'attenzione