

Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

Aula Magna, Department of Physics ed Astronomy «E. Majorana»
University of Catania

Cosmic particles, these unnoticed particles that surround us all, will be the focus of this day. Students, teachers and scientists get together to discuss and learn about Cosmic Rays and answer questions like:

Become a Scientist for a Day

What

I raggi cosmici

Intervista ad A. Insolia

26/11/2024



Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

8:30 -13:00 November 22nd | 2017

INFN Catania

Aula Magna, Department of Physics ed Astronomy «E. Majorana»
University of Catania

Cosmic particles, these unnoticed particles that surround us all, will be the focus of this day. Students, teachers and scientists get together to discuss and learn about Cosmic Rays and answer questions like:

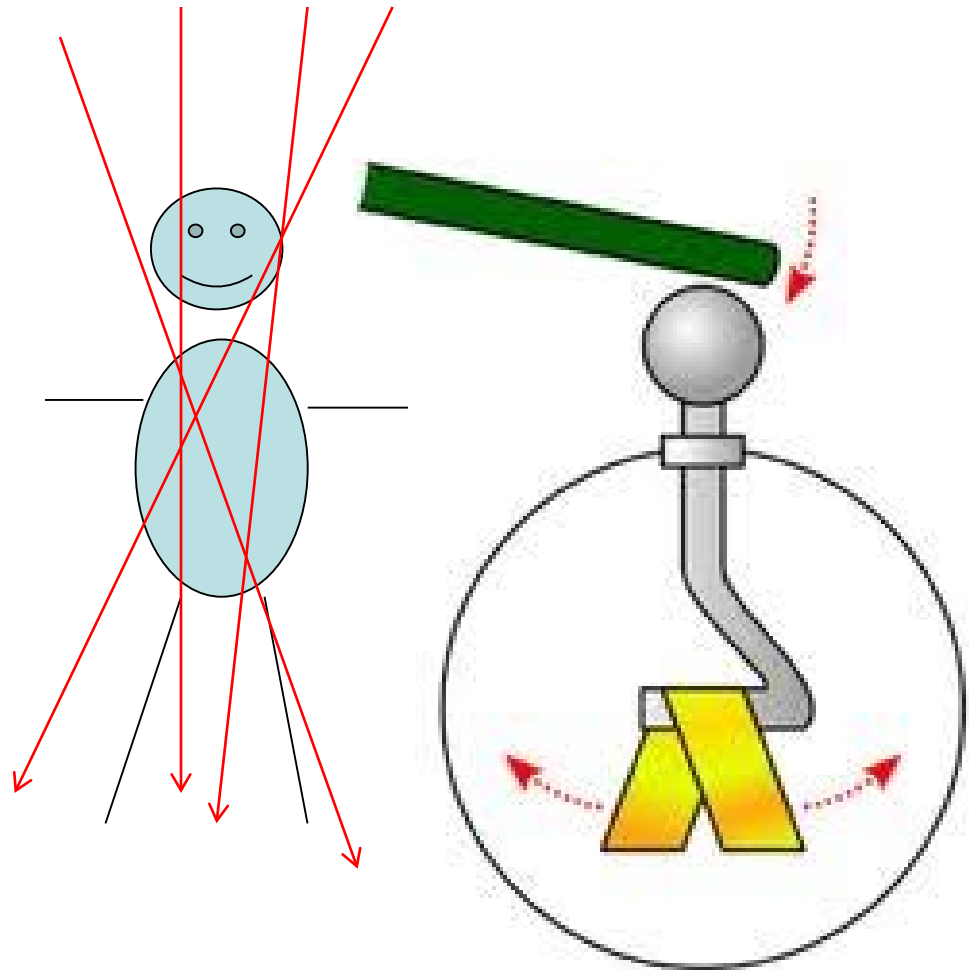
Become a Scientist for a Day

What

**Cosa sono i
raggi
cosmici?**

Mentre stiamo tranquillamente ad ascoltare
questa discussione sui raggi cosmici.....

~ 100 particelle cariche (muoni) / (secondo x m²).....





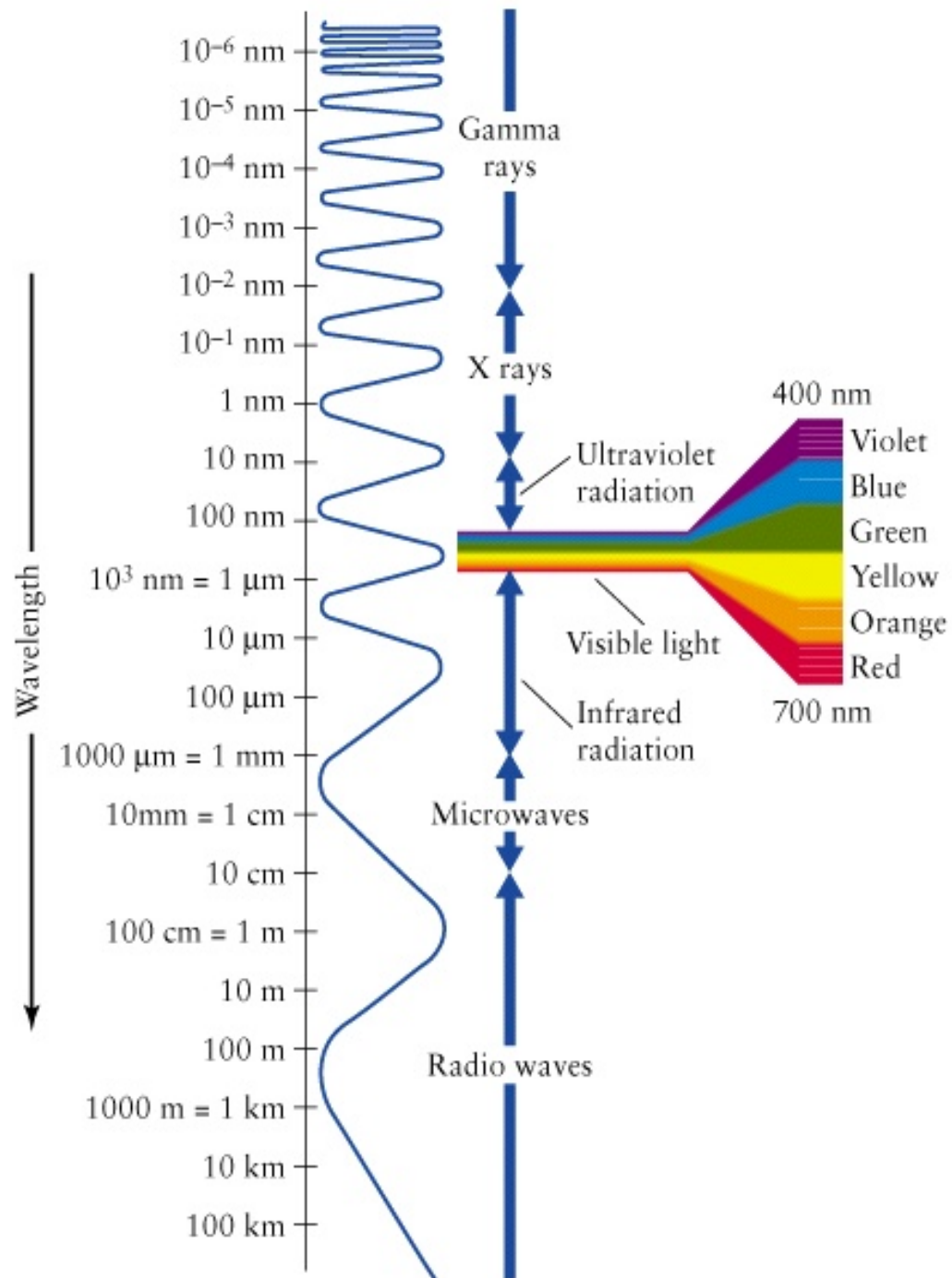
V. F. Hess (1912)

Con tre grossi elettroscopi e'
pronto a iniziare la sua
ascensione a 5000 m con un
pallone dando inizio alla
Fisica dei Raggi Cosmici

Le misure di Hess
consentono di rigettare
l'ipotesi che si tratti di
raggi gamma: le nuove
particelle devono essere
molto piu' pesanti e
penetranti

Messaggeri dall'Universo:

- Visibile
- Onde radio
- Raggi X
- Raggi γ
- Raggi Cosmici (particelle cariche)
- Neutrini
- Onde Gravitazionali



Astronomia e Astrofisica oggi:

Nel caso delle particelle cariche,
si tratta di:

Protoni, nuclei di He, nuclei di CNO
Si, sino al Fe

Osservare l'Universo

- Visibile
- Onde radio
- Raggi X
- Raggi γ
- Particelle cariche
(raggi cosmici)
- Neutrini

Nel caso dei neutrini, si tratta di
particelle che hanno bassissima
probabilità di interagire durante la
loro propagazione nello spazio
galattico e intergalattico,
insensibili alla presenza di campo
magnetico e, quindi, capaci di
"puntare" una eventuale sorgente

Misure dirette $E < 10^{14}$ eV: "Composizione dei raggi cosmici"

- ✓ Tipica composizione attorno a 100 GeV:
- ✓ 99.8 % sono particelle cariche
- ✓ 0.2 % γ o neutrini

- ✓ Le particelle cariche sono: 98 % nuclei, 2 % elettroni e positroni

- ✓ A loro volta i nuclei :
 - p 87 %
 - α 12 %
 - M (Z=6 to 9) 0.70 %
 - H (Z=10 to 20) 0.20 %
 - VH (Z=21 to 30) 0.10 %

Composizione
dominata da nuclei
leggeri

Per energie maggiori sono possibili solo misure indirette attraverso l'interazione dei raggi cosmici primari con l'atmosfera.

Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

8:30 -13:00 November 22nd | 2017

INFN Cata

Aula Magna, Department of Physics ed Astronomy «E.Majorana»
University of Catania

**Da dove
provengono ?**

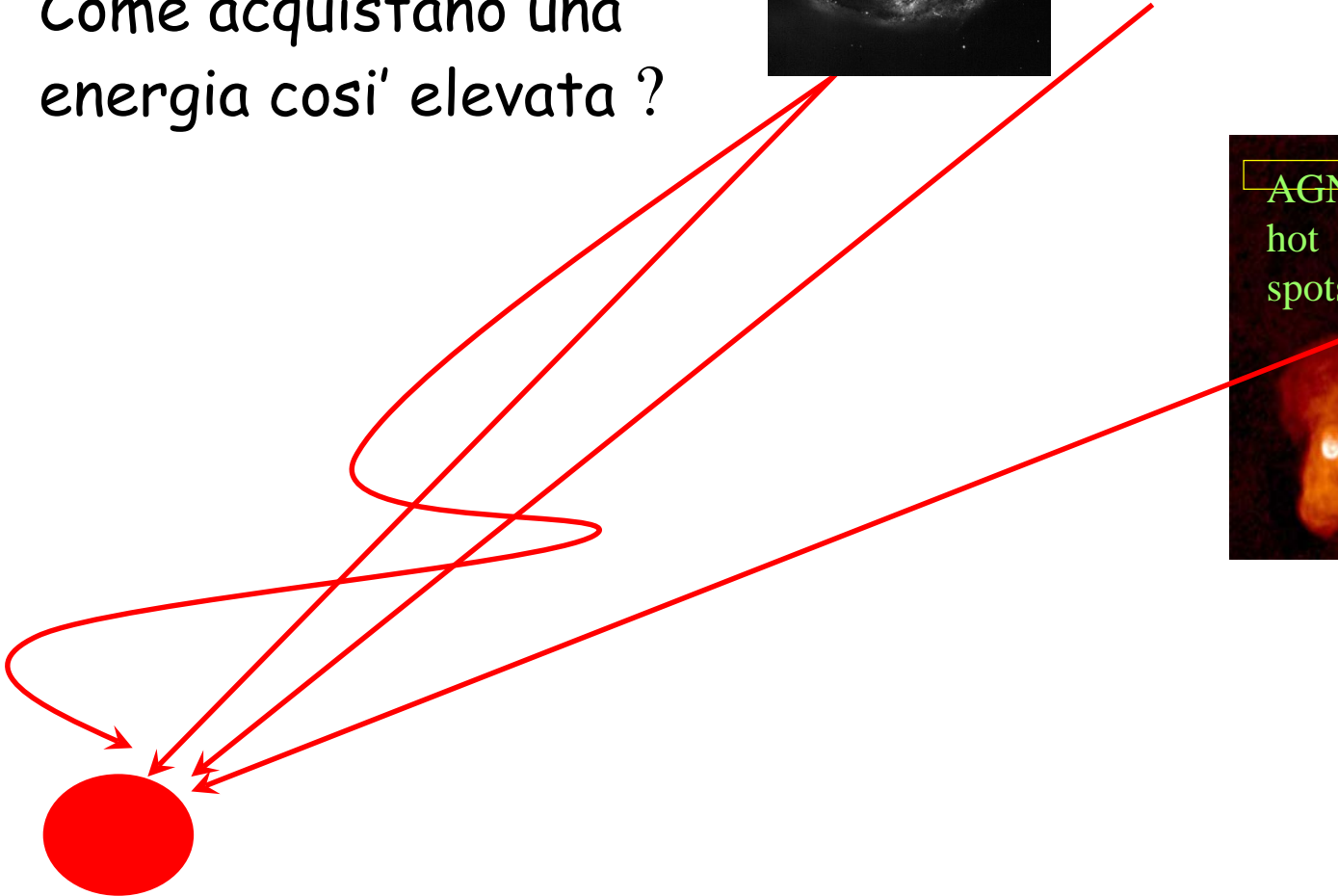
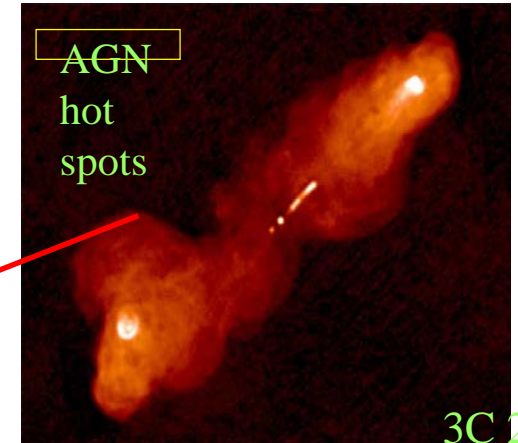
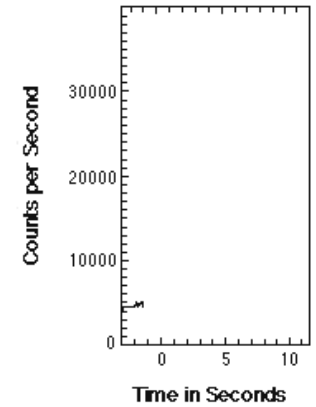
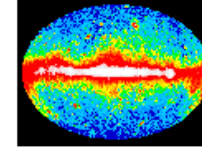
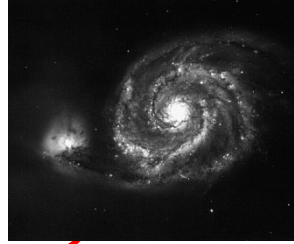
Cosmic particles, these unnoticed particles that surround us all, will be the focus of this day. Students, teachers and scientists get together to discuss and learn about Cosmic Rays and answer questions like:

Become a Scientist for a Day

What

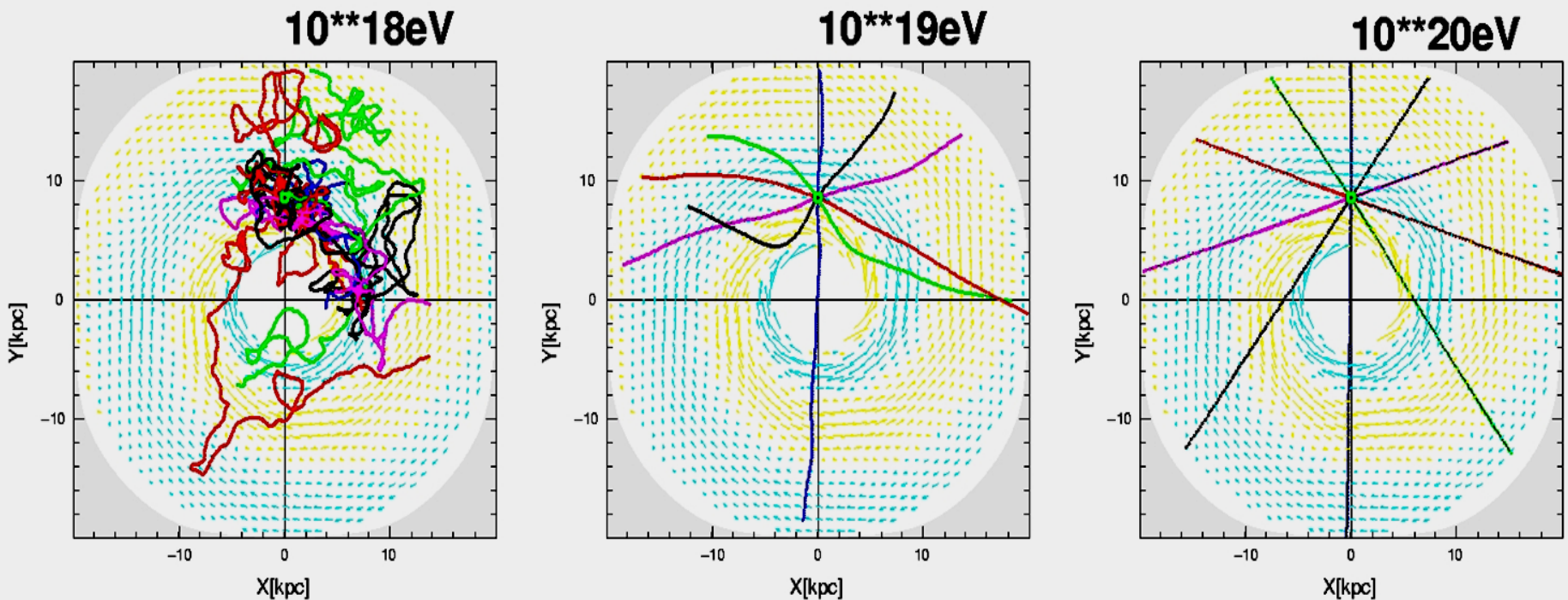
Alcune delle domande aperte sono identiche a quelle di 100 anni fa:

- Da dove arrivano ?
- Come acquistano una energia cosi' elevata ?



Su scala galattica: una nuova astronomia in particelle cariche ?

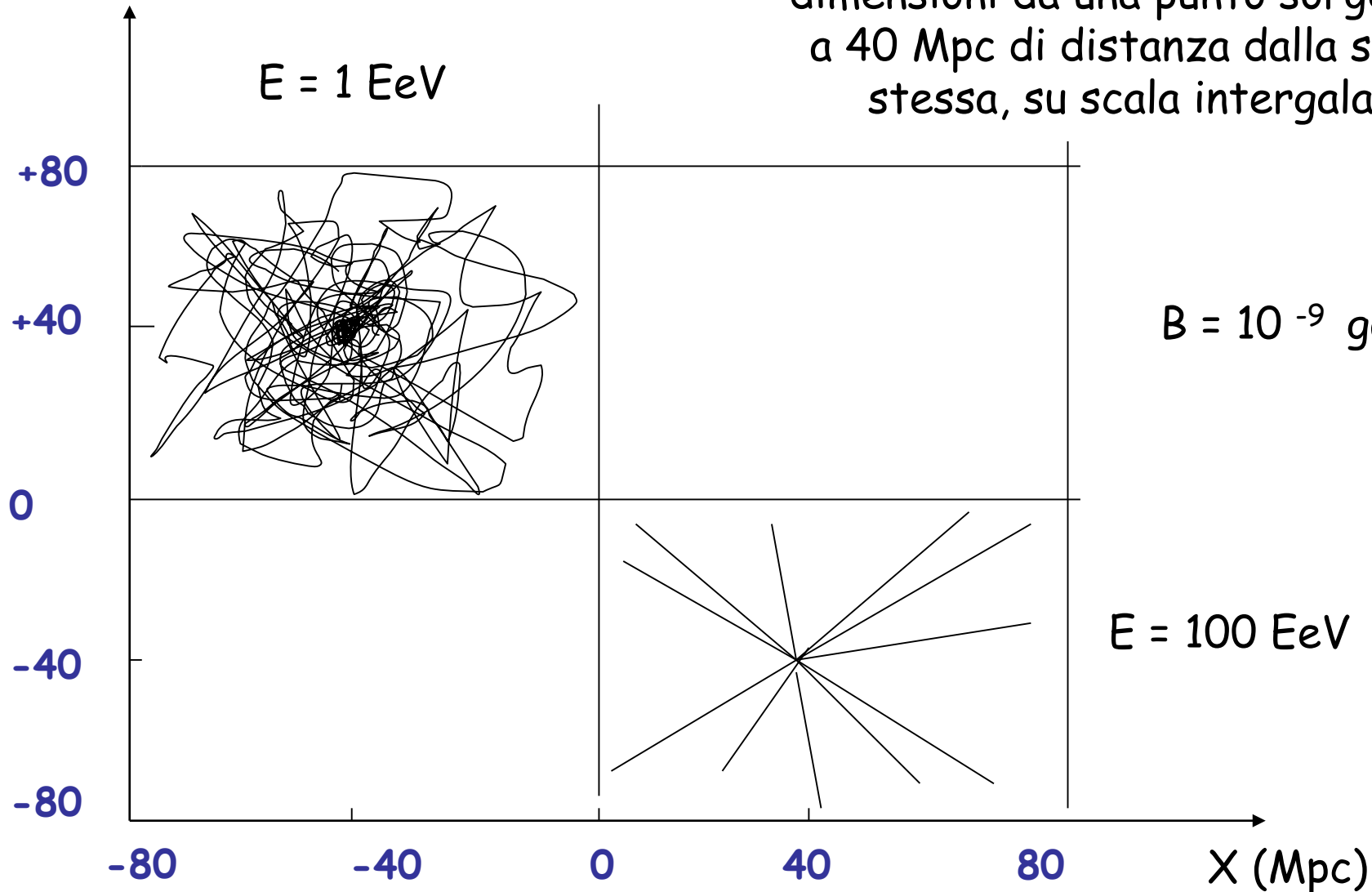
Traiettorie proiettate sul piano galattico di primari - protoni da una sorgente puntiforme coincidente con il sole per diverse energie del protone e un valore fissato del campo magnetico galattico, $|B| \sim 2 \mu\text{G}$, su scala di distanze \sim dimensioni della Via Lattea.



Su scala intergalattica: ~ 80 Mpc

Y (Mpc)

Traiettorie proiettate su due dimensioni da una punto sorgente sino a 40 Mpc di distanza dalla sorgente stessa, su scala intergalattica



NGC 5128 - Centaurus A

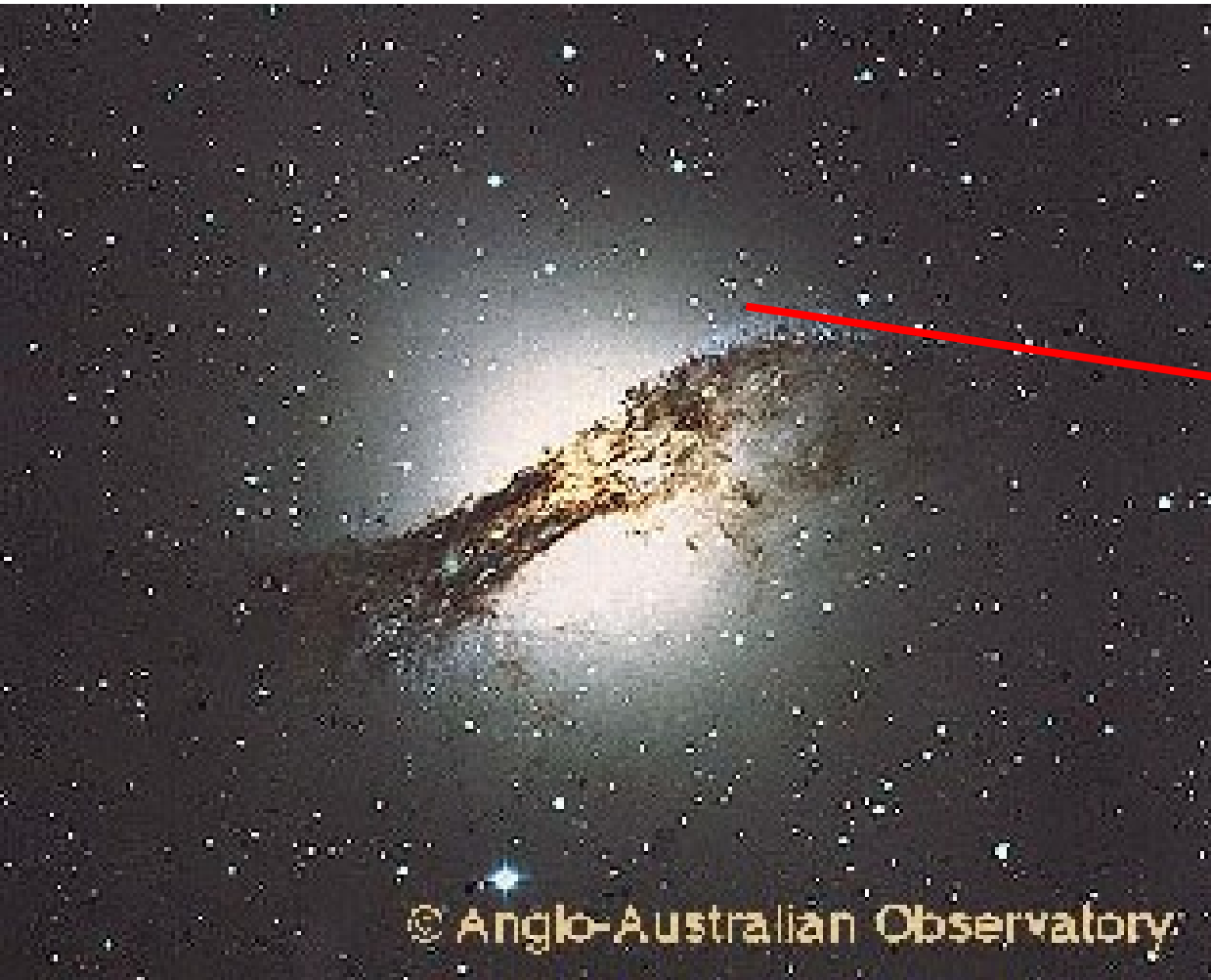
Right Ascension 13 : 25.5 (h:m)

Declination -43 : 01 (deg:m)

Distance 15 000 000.0 (ly)

1 pc = 3.26 ly = 3.09×10^{13} km

Dimensioni Via Lattea \approx 20kpc
 $\approx 6 \times 10^{17}$ km



Una sorgente di onde radio molto intensa. E' la piu' vicina galassia che emette in onde radio.

L'Osservatorio P. Auger ha trovato circa un eccesso di raggi cosmici di altissima energia entro 15° da questa sorgente astrofisica

Centaurus A : una possibile "Sorgente" ?

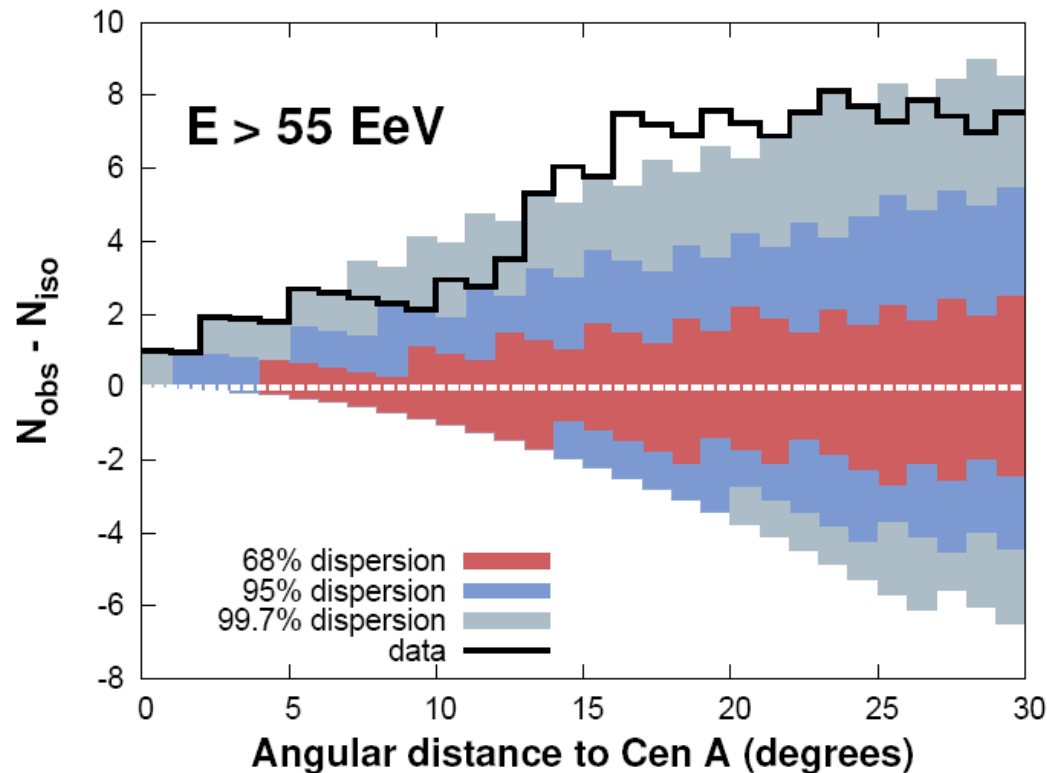


Figure 1. Cumulative number of events with $E \geq 55 \text{ EeV}$ (subtracting the average isotropic expectations) as a function of angular distance from the direction of Cen A. The bands correspond to the 68%, 95% and 99.7% dispersion expected for an isotropic flux.

Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

8:30 -13:00 November 22nd | 2017

INFN Cata

Aula Magna, Department of Physics ed Astronomy «E.Majorana»
University of Catania

Cosmic particles, these unnoticed particles that surround us all, will be the focus of this day. Students, teachers and scientists get together to discuss and learn about Cosmic Rays and answer questions like:

Become a Scientist for a Day

What

**Come
possono
essere
misurati?**

Come rivelavamo i raggi cosmici ?

- ✓ Energie di $\leq 10^{14}$ eV: Rivelazione diretta del primario
(rate di arrivo sufficientemente elevato)

E' possibile una accurata determinazione della massa con misure su satellite,
ma.....
non della direzione di arrivo,
a causa della deflessione provocata dal
campo magnetico galattico !

Come riveliamo i raggi cosmici ?

- ✓ Energie $> 10^{14}$ eV: Rivelazione indiretta attraverso l'EAS (Extensive Air Shower ovvero Sciame Atmosferico Esteso) prodotto dall'interazione con l'atmosfera:
rate di arrivo molto basso alle piu' alte energie !!!

Come possiamo / dobbiamo immaginare uno Sciame Atmosferico Esteso ?

Per primari di energia maggiore di 10^{14} eV dobbiamo rivelare un EAS (Extensive Air Shower)

Come possiamo immaginare un EAS ?

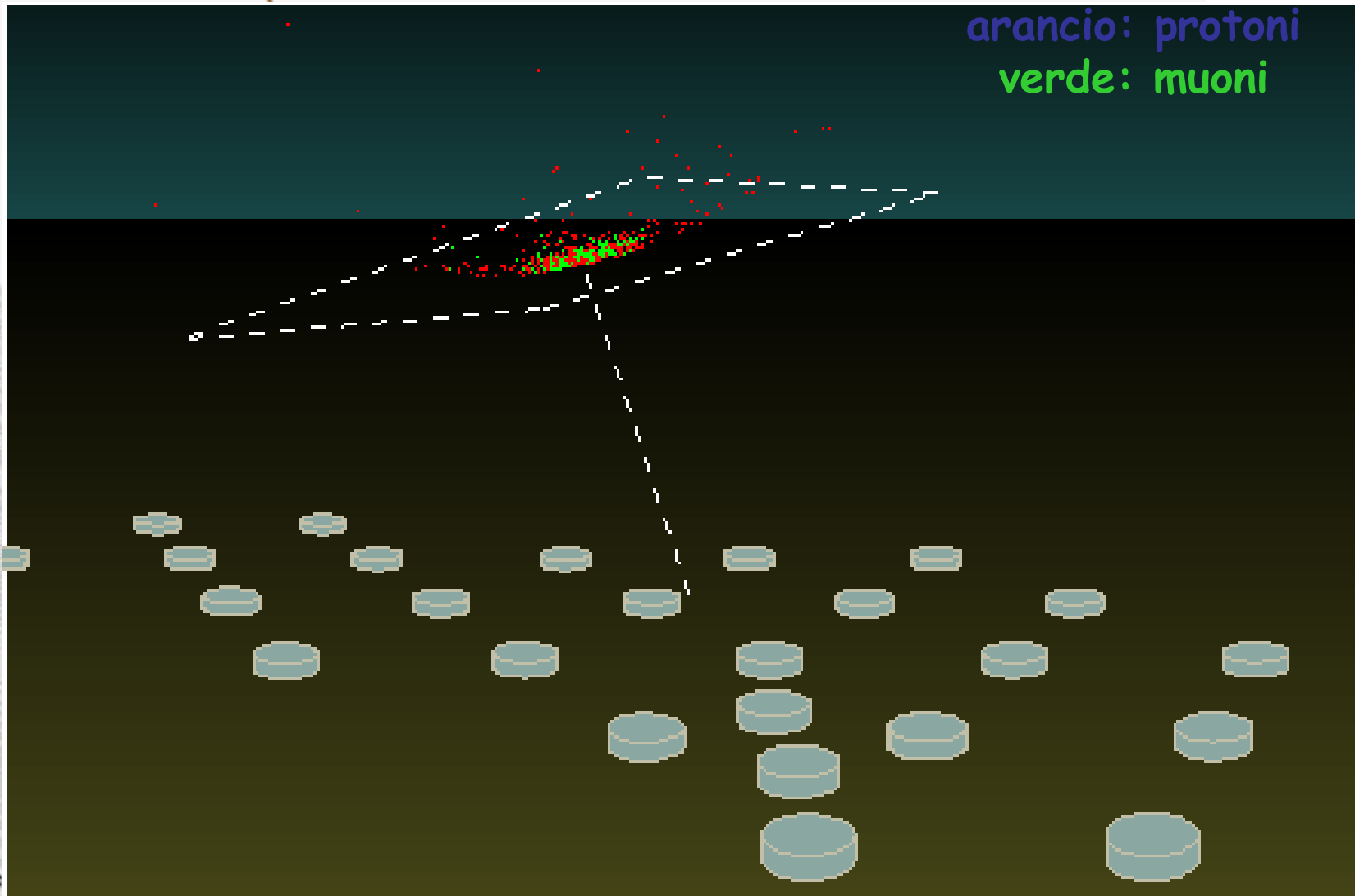
blu: e^-/e^+

azzurro: fotoni

rosso: neutroni

arancio: protoni

verde: muoni



Come riveliamo quindi oggi i raggi cosmici ?

Due tecniche indipendenti:

- ❑ Campionamento al suolo del fronte dello sciame atmosferico (con opportuni rivelatori disposti su una griglia regolare)
- ❑ Con opportuni telescopi si misura la luce di fluorescenza emessa dalle molecole di N_2 nell'interazione con gli elettroni dello sciame

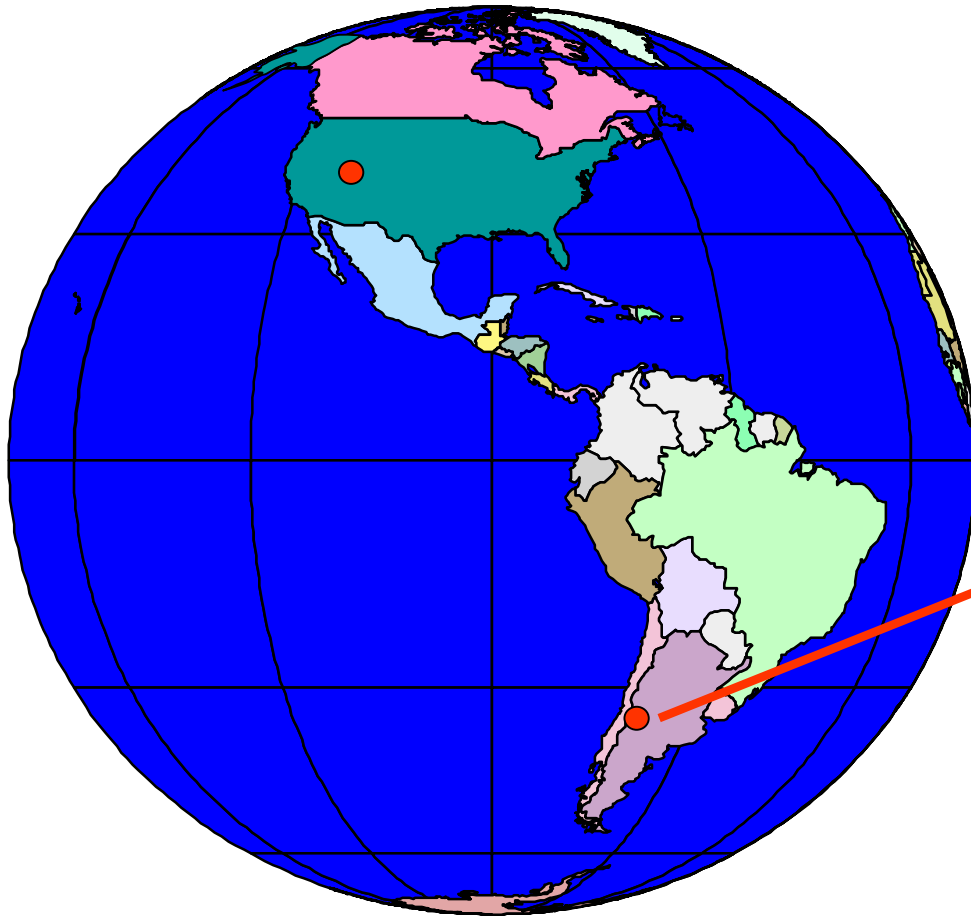
Rate di arrivo $\sim 1/(\text{km}^2 \text{ secolo})$

alle piu' alte energie misurate $\sim 10^{20} \text{ eV} !$

- Una sfida che richiede un'area molto estesa "attrezzata" per la rivelazione di queste particelle:
- $1/(\text{km}^2 \text{ secolo}) \times 1000 \text{ km}^2 = 1000/100 \text{ particelle}/(\text{km}^2 \text{ anno})$
 $= 10 \text{ particelle}/(\text{km}^2 \text{ anno})$, alle piu' alte energie

Il piu' grande Osservatorio esistente al mondo per
raggi cosmici:

Osservatorio Pierre Auger

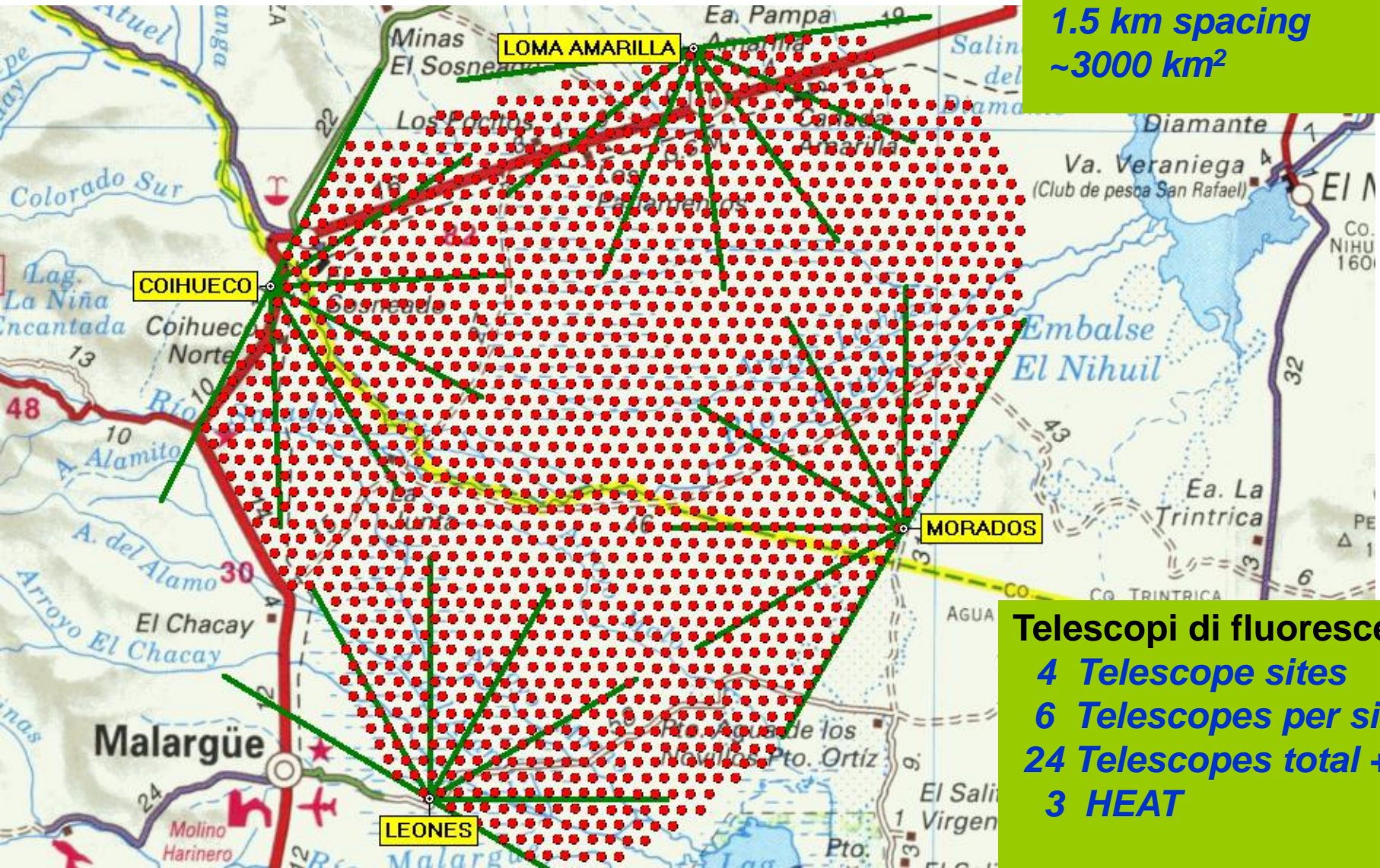


Malargue (Argentina)



Osservatorio Pierre Auger

Rivelatore di superficie:
1600 rivelatori
1.5 km spacing
~3000 km²



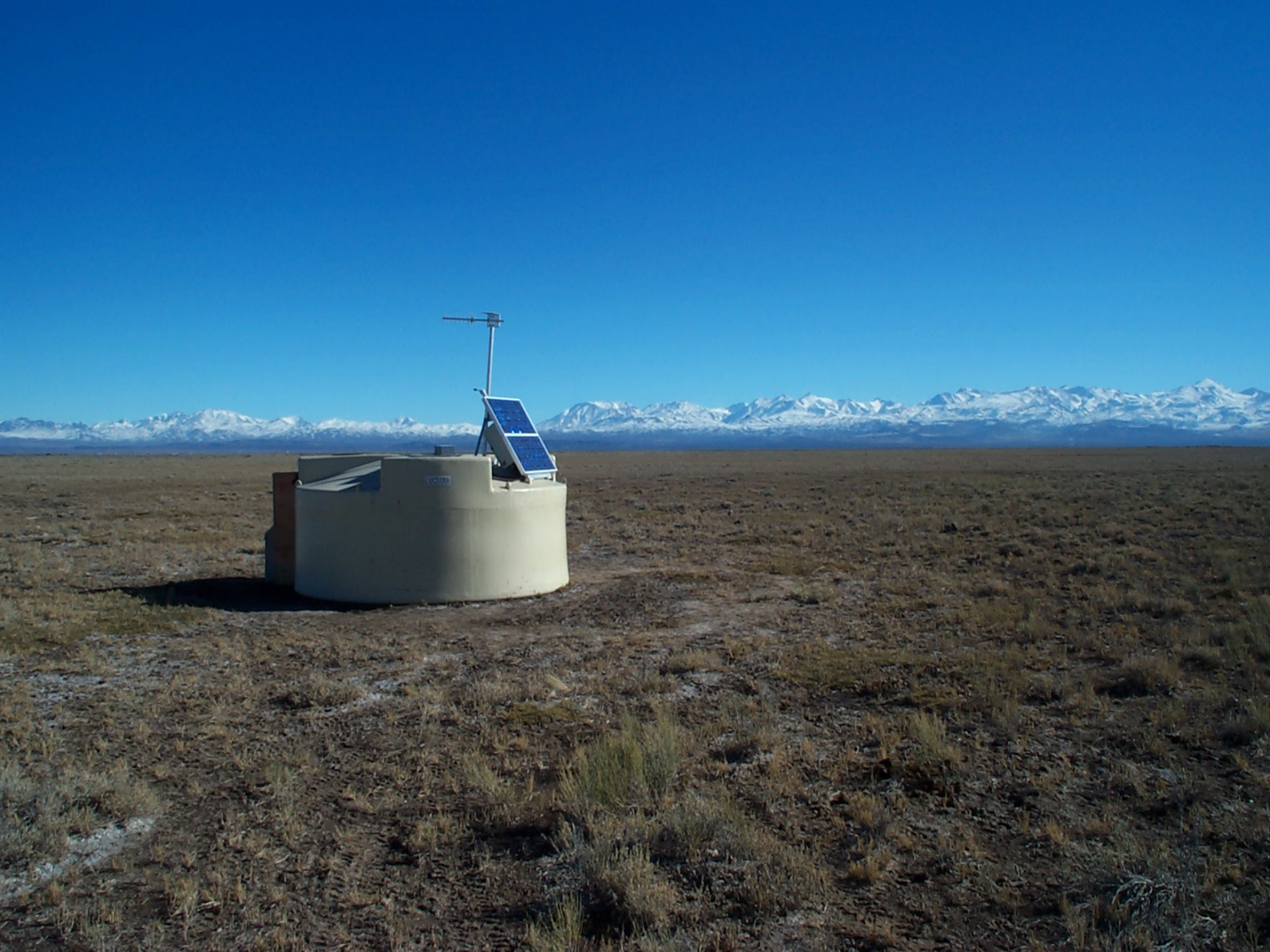
Telescopi di fluorescenza:
4 Telescope sites
6 Telescopes per site
24 Telescopes total +
3 HEAT



Un'area di ~ 3000 km²
circa 1/8 dell'intera Sicilia !

La superficie
occupata
dall'Osservatorio
Auger



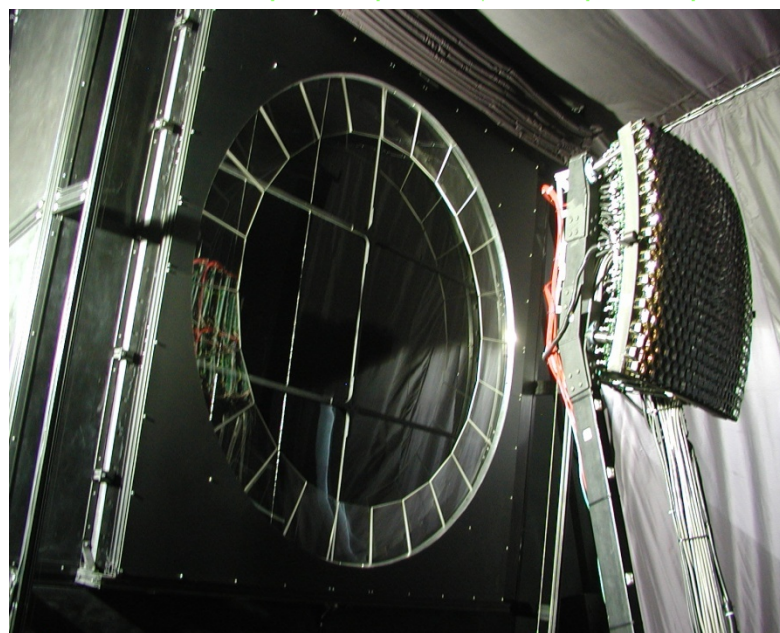
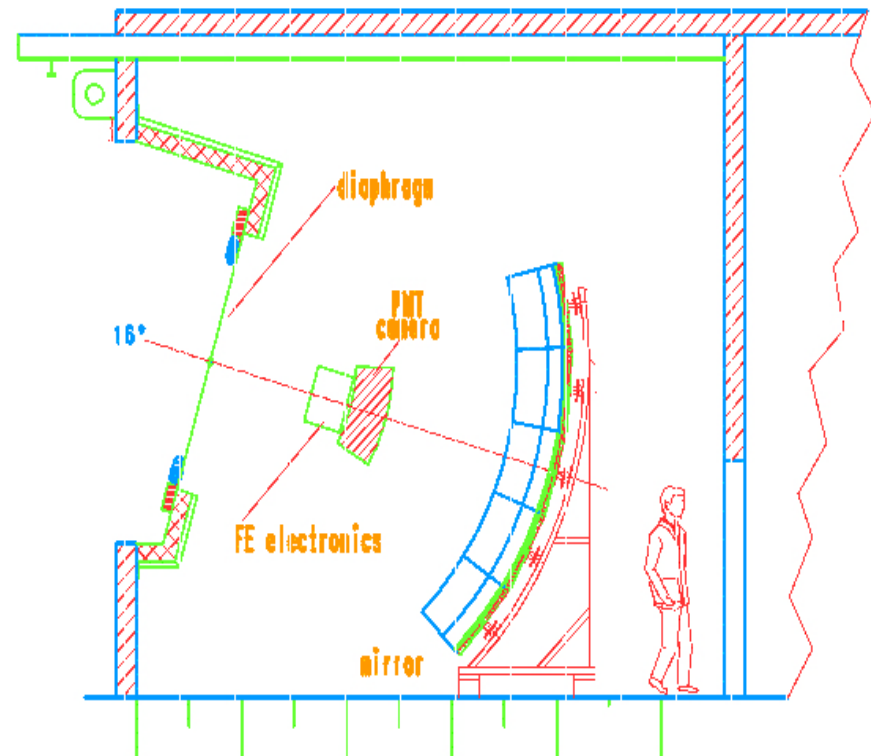
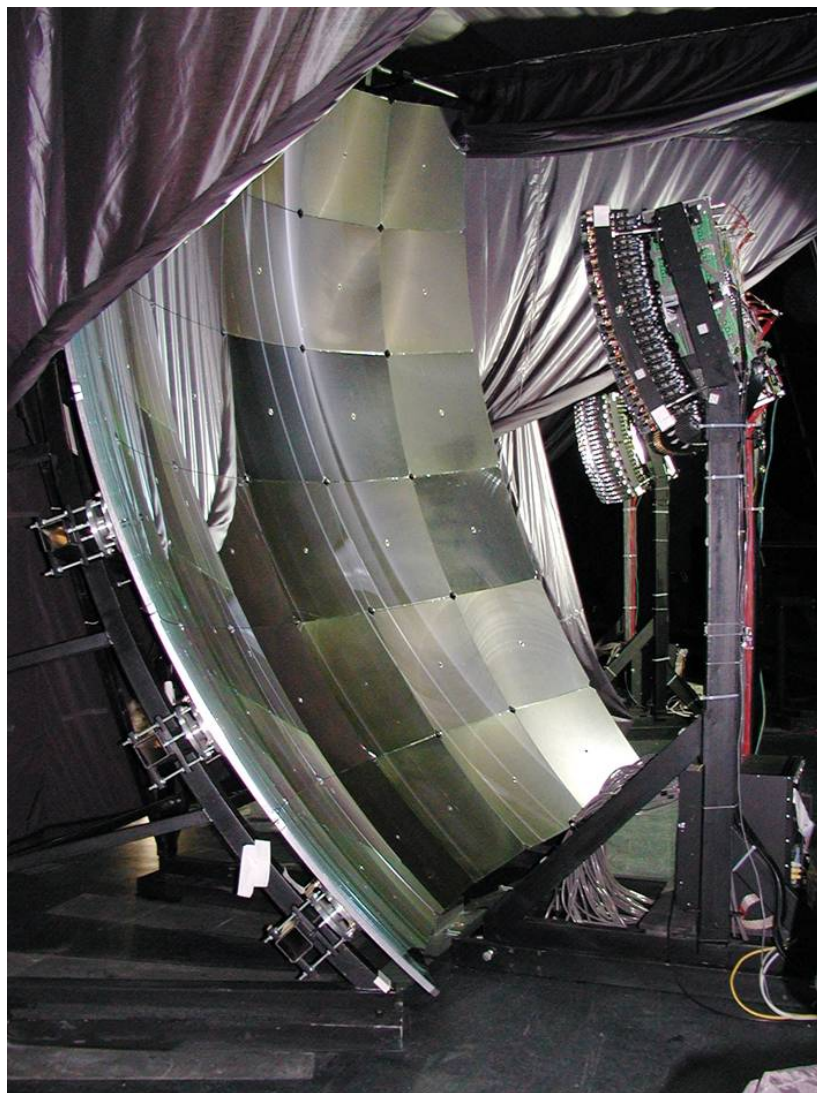


Surface Detector Deployment



1.5 km

Un telescopio di fluorescenza



Discover Cosmic Rays

INTERNATIONAL COSMIC DAY

8:30 -13:00 November 22nd | 2017

INFN Cata

Aula Magna, Department of Physics ed Astronomy «E.Majorana»
University of Catania

Cosmic particles, these unnoticed particles that surround us all, will be the focus of this day. Students, teachers and scientists get together to discuss and learn about Cosmic Rays and answer questions like:

Become a Scientist for a Day

What

Cosa possiamo imparare dallo studio dei raggi cosmici?

Perche' studiare la fisica dei raggi cosmici ?

- ✓ I raggi cosmici coprono un intervallo di energie molto ampio sino a $E > 10^{20}$ eV.....
- ✓ Hanno certamente un ruolo importante nel bilancio energetico della nostra galassia: la loro densità di energia $\sim 1 \text{ eV cm}^{-3}$ e' confrontabile con quella del campo magnetico galattico o con quella associata con la radiazione cosmica di fondo.
- ✓ Per capire come funzionano gli acceleratori cosmici (supernovae, active galactic nuclei,.....) capaci di accelerare particelle ad energie "impossibili" con gli acceleratori costruiti sino ad ora

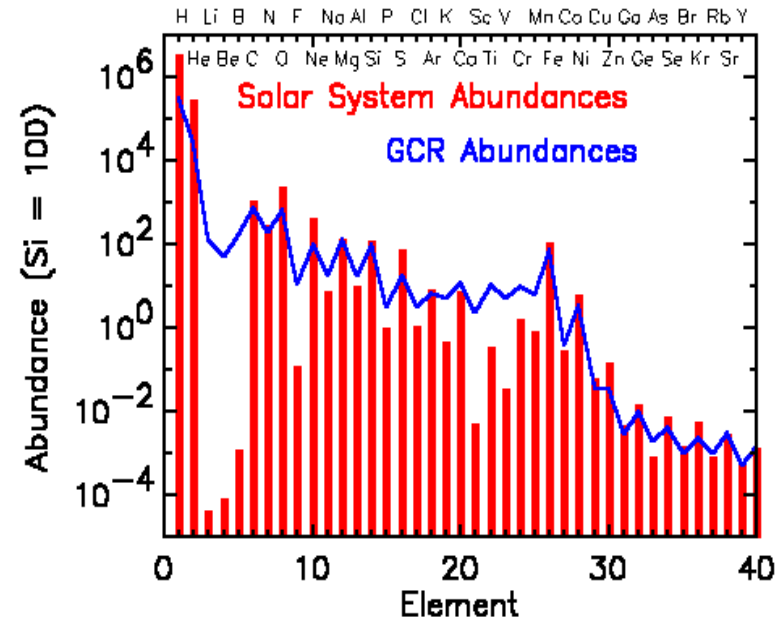
Perche' studiare la fisica dei raggi cosmici ?

✓ Si propagano attraverso lo spazio galattico e intergalattico e possono dare informazioni sulle proprieta' dell'ambiente cosmico (campi magnetici, densità di materia,

✓ La loro composizione , modulata dalla propagazione, riflette il processo di nucleosintesi che dovette intervenire all'origine dell'Universo conosciuto

✓ Possono essere usati per studiare la validita' delle leggi fisiche in condizioni estreme

✓ Possono essere "messaggeri" di « nuova fisica », di particelle ancora sconosciute o di oggetti astrofisici non ancora osservati



- Composition (at $E_{\text{primary}} \sim \text{GeV}$):
 - 85% H (p)
 - 12% He (α)
 - 1% heavier nuclei
 - 2% e^{\pm} ($\geq 90\%$ e^-)
 - 10^{-5} - 10^{-4} antiprotons.

I problemi aperti sono
ancora tantissimi e
aspettano giovani
appassionati ricercatori per
essere risolti

Possiamo immaginare
applicazioni con l'impiego dei
raggi cosmici ?

La risposta e' si !

Impiegando i muoni dello sciame atmosferico

TOMOGRAFIA MUONICA

Ricostruzione 3D di oggetti ad alto Z

- Basata sulla deflessione dei muoni cosmici
- Richiede dei rivelatori di tracciamento prima e dopo il volume da ispezionare



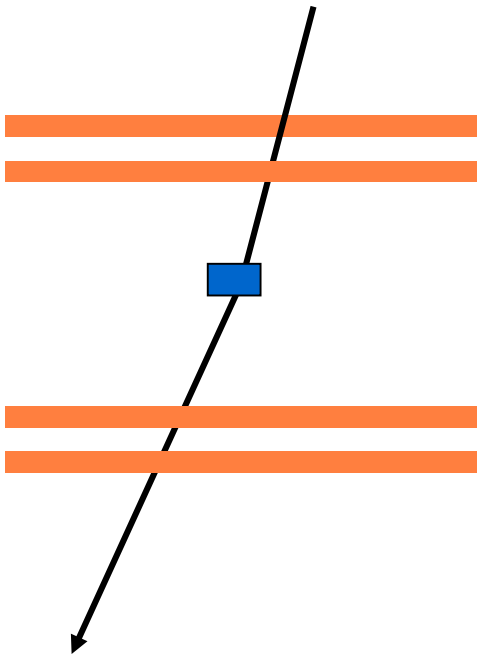
APPLICAZIONE: ISPEZIONE DEI CONTAINER

Come ispezionare l'interno di un container?

- Senza aprirlo
- In tempi rapidi
- Senza danneggiarne il contenuto

POSSIBILI SOLUZIONI:

- ✓ Radiografia con raggi X
- ✓ Imaging con γ
- ✓ Radiografia con neutroni
- ✓ TOMOGRAFIA MUONICA



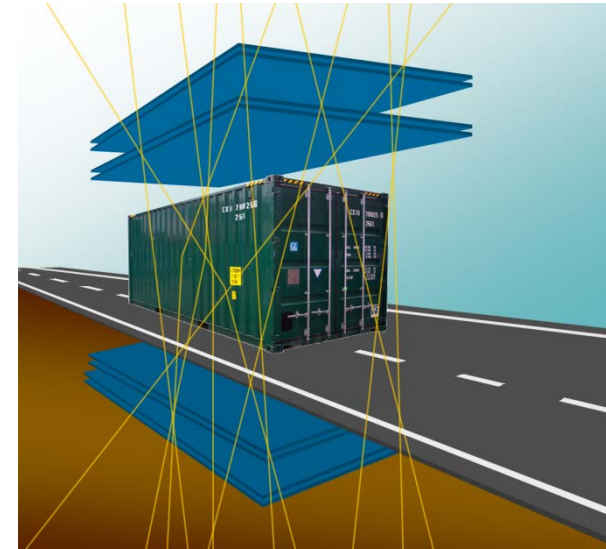
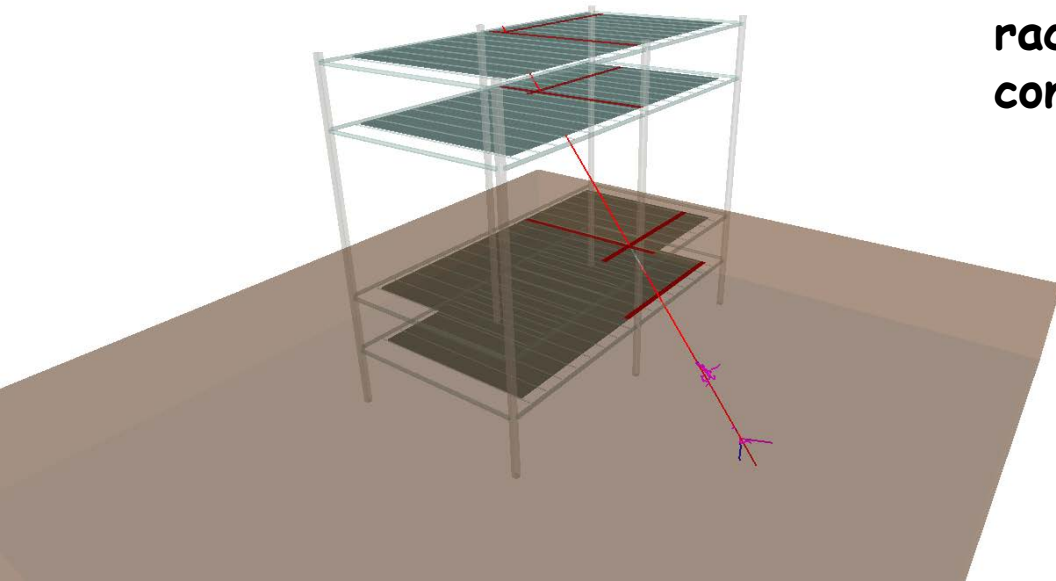
IL PROGETTO "MUON PORTAL"

Obiettivo:

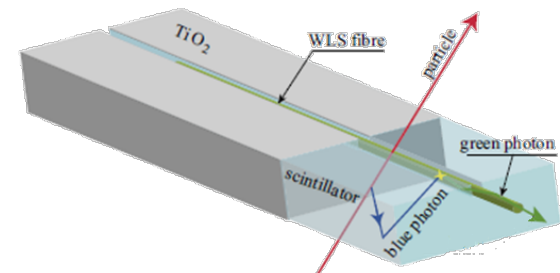
Sviluppo e realizzazione di un prototipo di portale per l'ispezione del contenuto dei container di dimensioni 6 m x 2.5 m x 2.5 m

STRUTTURA

- 4 piani logici di rivelazione per tracciare i muoni in ingresso e in uscita dal container
- Piani costituiti da strip di scintillatore plastico lunghe 3 m (in totale 4800)



- La luce prodotta dalle strip è raccolta con fibre ottiche e rivelata con 9600 sensori di luce al silicio



SIMULAZIONI

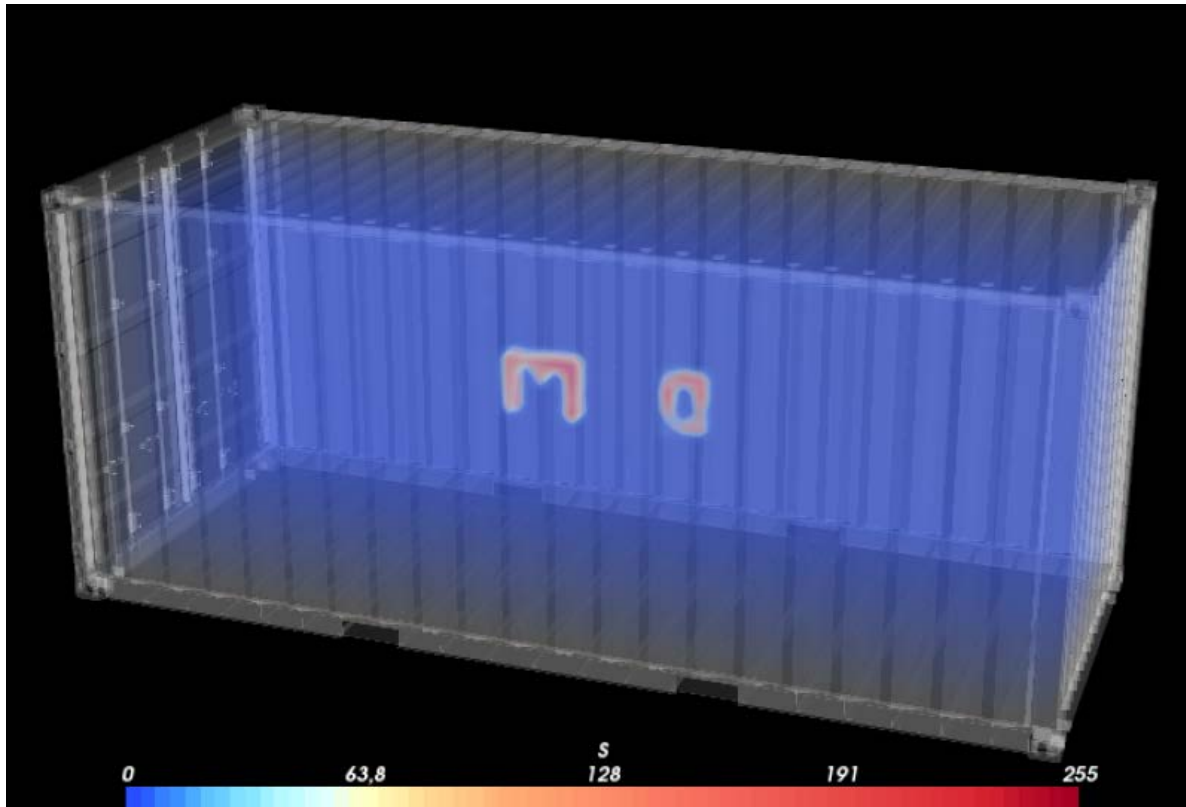
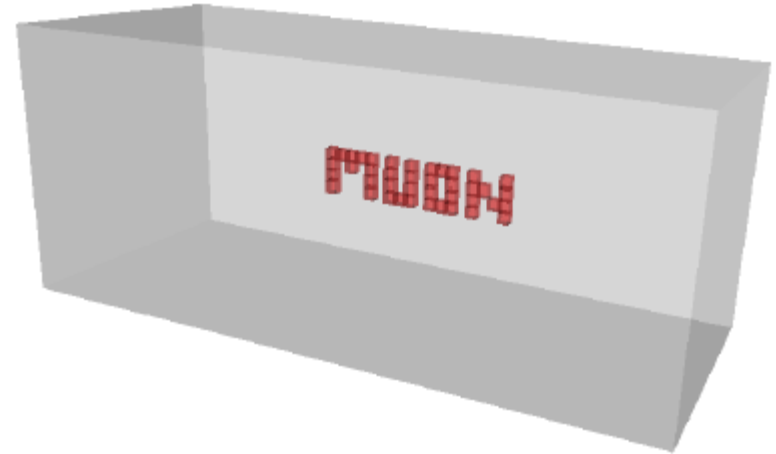
Scritta MUON dentro un container:

M: Uranio

U: Ferro

O: Piombo

N: Alluminio



Tempi di realizzazione
del portale ~ giugno
2015

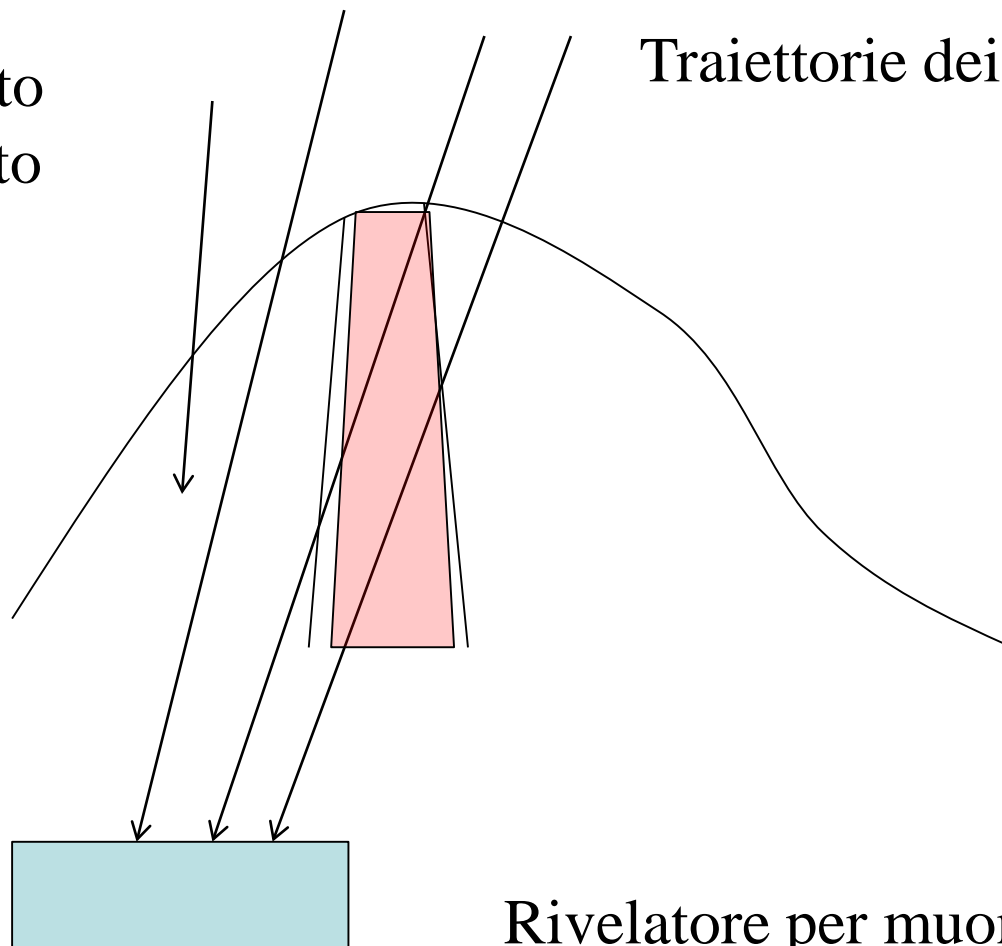
Partner



Tomografia con muoni cosmici di condotti vulcanici

Minore assorbimento
attraverso il condotto

Traiettorie dei muoni



Rivelatore per muoni

I raggi cosmici rivelano l'esistenza di due camere segrete nella Piramide di Cheope

Grazie ai raggi cosmici e ai muoni sono state scoperte ben due nuove camere nella Grande Piramide del faraone Cheope, a Giza.

Monitoraggio di edifici di interesse storico

Vi ringrazio e vi auguro il meglio per il
proseguimento dei vostri studi !

visibile



Andromeda
nell'ottico
distanza 2.3×10^6 l.y.

Una galassia a
spirale simile alla
Via Lattea

Una galassia a spirale (come Andromeda, o come la Via Lattea) osservata in onde radio

