

# I raggi cosmici: messaggeri dell'universo

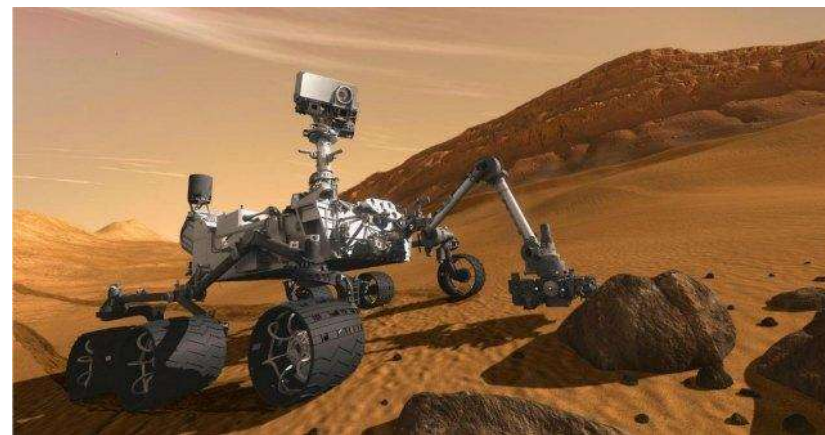
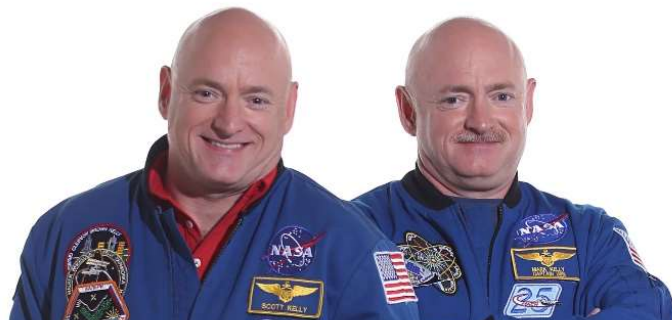
**Valentina Scotti**

**Cacciatrice di polvere di stelle**

**Università degli Studi di Napoli Federico II**

**INFN – Sezione di Napoli**

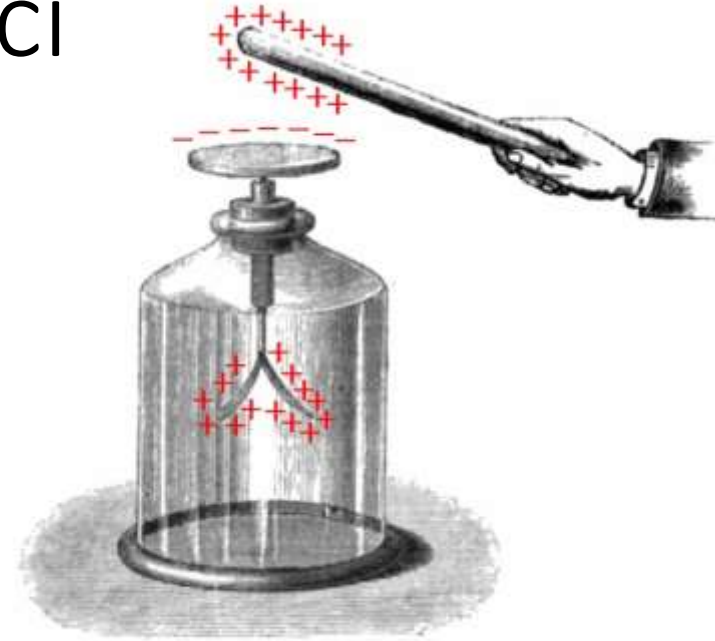
# Hai mai incontrato i raggi cosmici?



# Effetti dei raggi cosmici solari



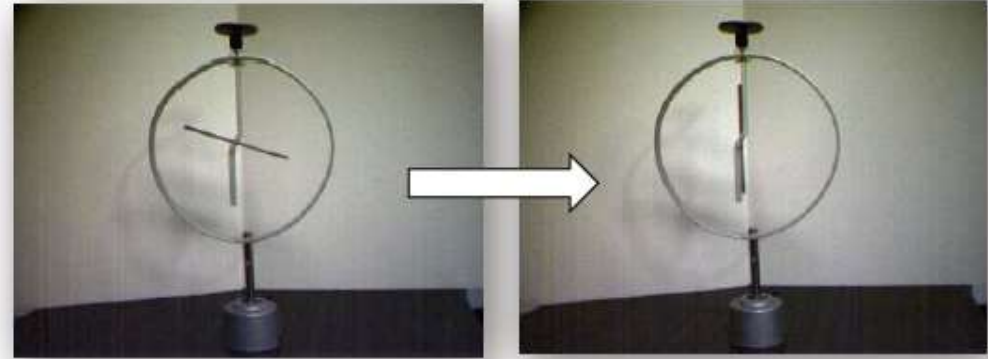
# La scoperta dei raggi cosmici



# Ingredienti per fare uno scienziato: curiosità

**1785**

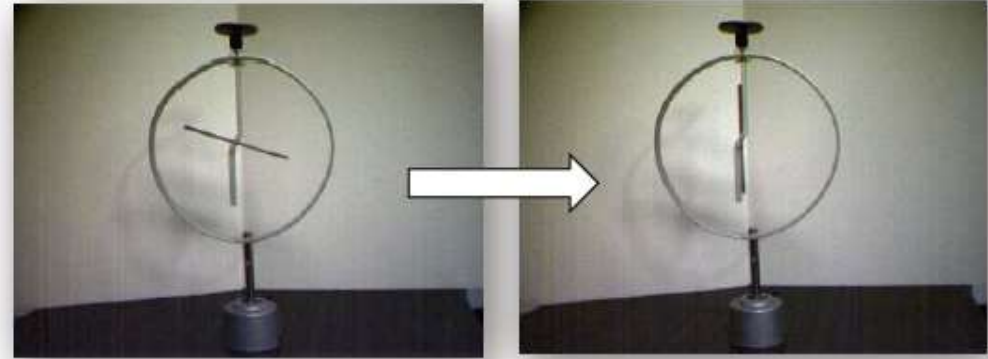
Cosa fa scaricare gli elettroscopi?



# Ingredienti per fare uno scienziato: curiosità

1785

Cosa fa scaricare gli elettroscopi?



1895-1900

Esiste un mondo sub-atomico:  
raggi X, elettroni, radiattività

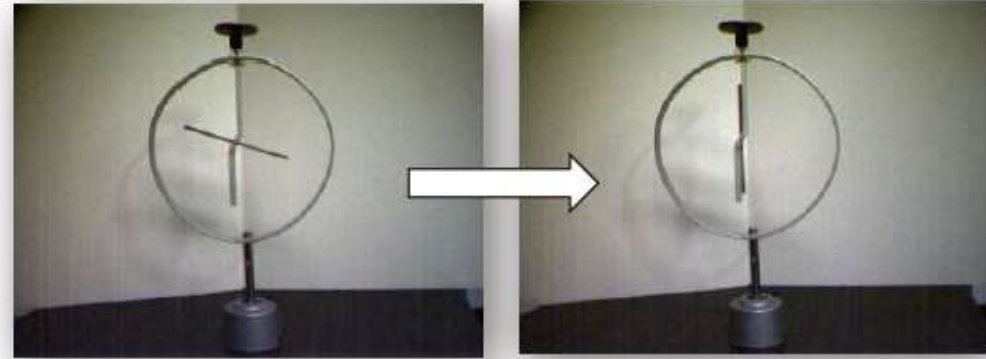
**Radiazione ionizzante!**



# Ingredienti per fare uno scienziato: curiosità

1785

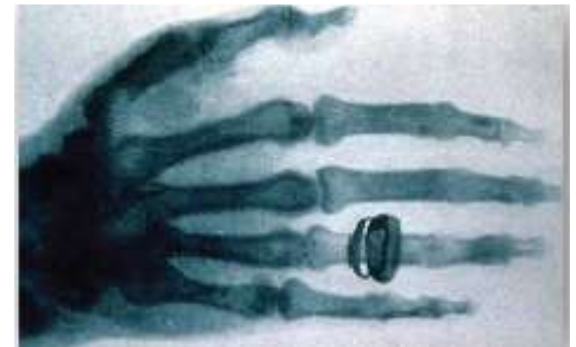
Cosa fa scaricare gli elettroscopi?



1895-1900

Esiste un mondo sub-atomico:  
raggi X, elettroni, radioattività

**Radiazione ionizzante!**



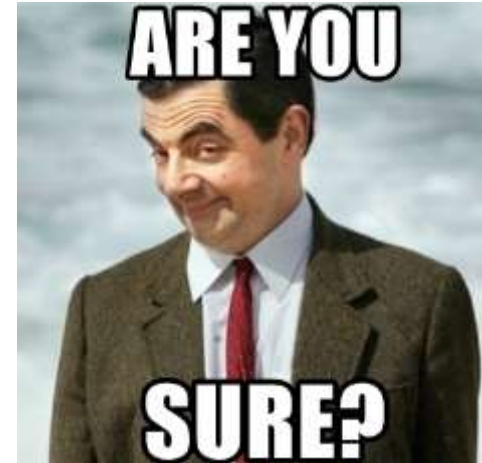
1900

Wilson conferma la scarica degli  
elettroscopi nelle miniere nel sottosuolo

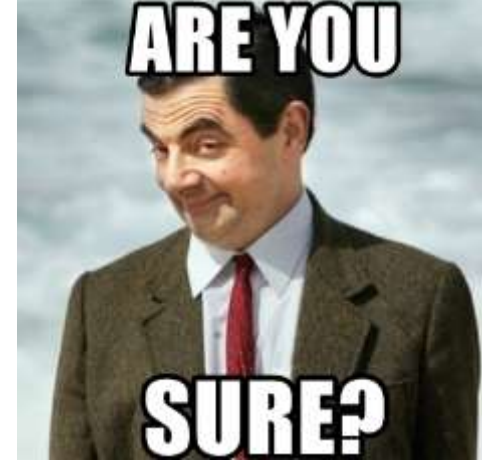
**Radioattività naturale!**



Ingredienti per fare uno scienziato: non fermarsi alle apparenze



# Ingredienti per fare uno scienziato: non fermarsi alle apparenze



**1909** Padre Wulf studia la scarica spontanea degli elettroscopi alla base e sulla cima della Torre Eiffel (320 m)  
**L'attenuazione della radiazione è troppo bassa!**

**1908-1911** Pacini studia la scarica spontanea lontano dalla crosta terrestre

**La radiazione non è dovuta alle radioattività delle rocce**



# Ingredienti per fare uno scienziato: coraggio

**1912**

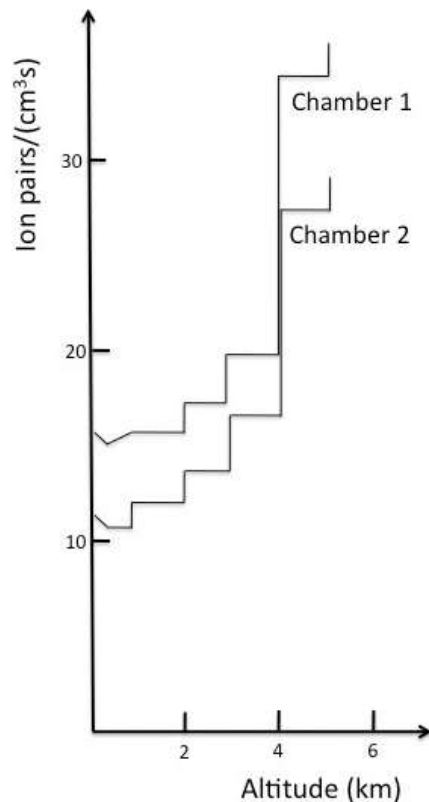
Victor Hess effettuò una serie di voli su pallone, fino a raggiungere 5340 metri di altitudine



# Ingredienti per fare uno scienziato: coraggio

## 1912

Victor Hess effettuò una serie di voli su pallone, fino a raggiungere 5340 metri di altitudine



1. La radiazione viene dall'alto
2. Non cambia col giorno e la notte
3. Resta uguale durante le eclissi solari



**Viene dallo spazio:  
Radiazione cosmica!**



# Siamo appena all'inizio!

Cosa sono  
i RC?

Quanti sono?

Da dove  
vengono?

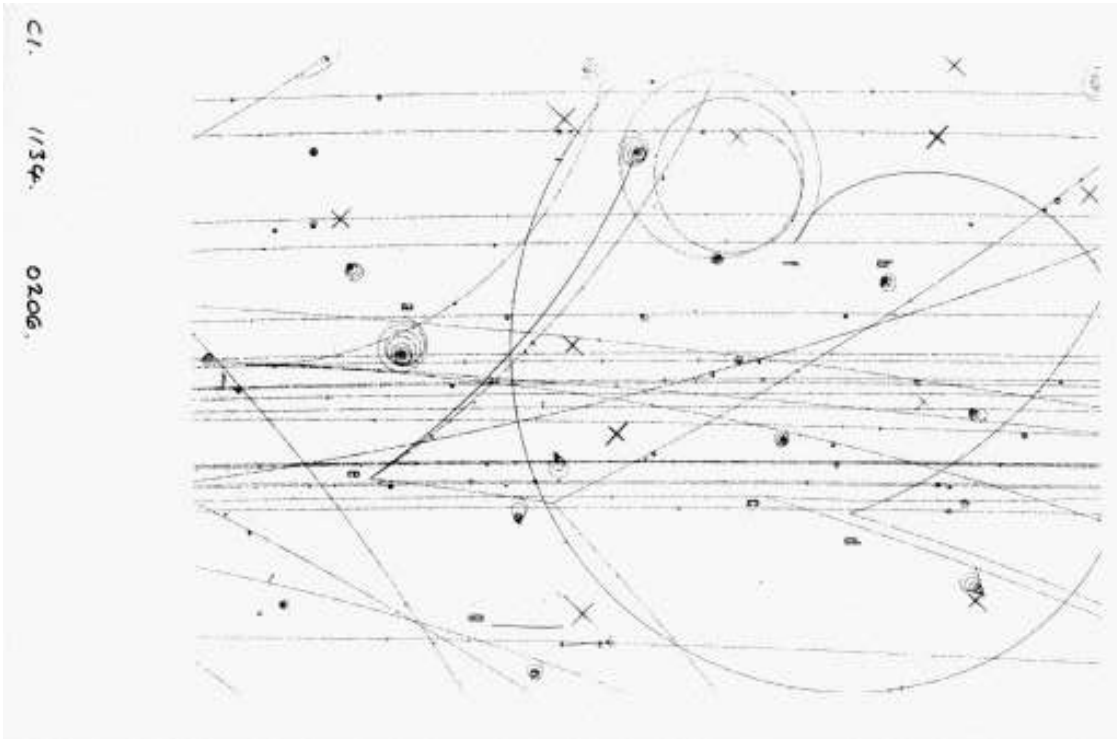
Come  
sono  
nati?



# Cosa sono i raggi cosmici?

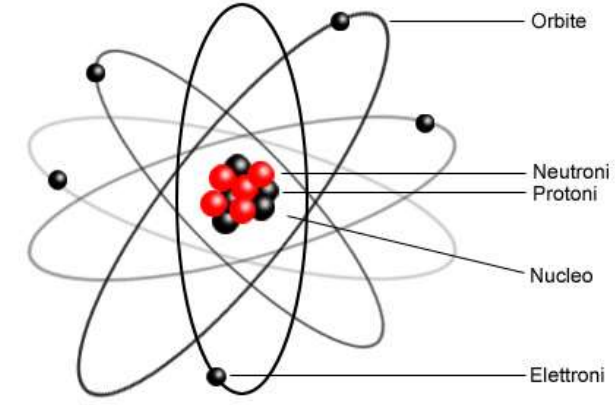
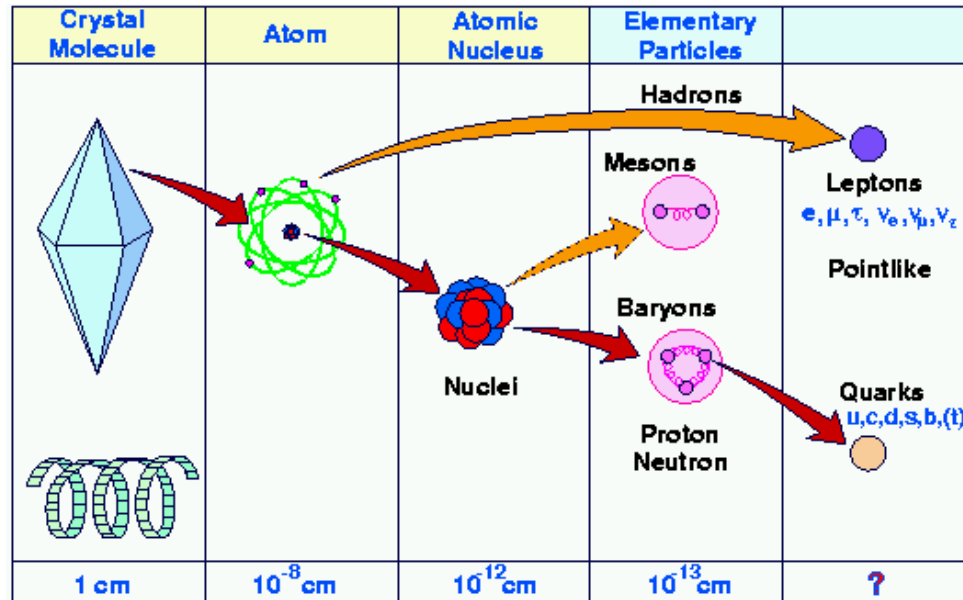
1912-1929 Millikan crede che i «raggi di Hess» siano raggi di luce: li chiama **raggi cosmici**

1927-1929 Esperimenti con le camere a nebbia dimostrano che i raggi cosmici sono **particelle cariche**



**ma** le particelle misurate sono particelle secondarie: generate dall'interazione dei RC con l'atmosfera

# Nasce la fisica delle particelle



1928-1930

Misure dei flussi di particelle a diverse latitudini mostrano che anche le particelle primarie sono cariche

1932

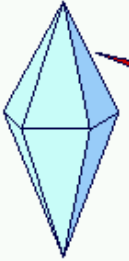



Anderson osserva la traccia di una particella della stessa massa dell'elettrone, ma di carica opposta: il positrone

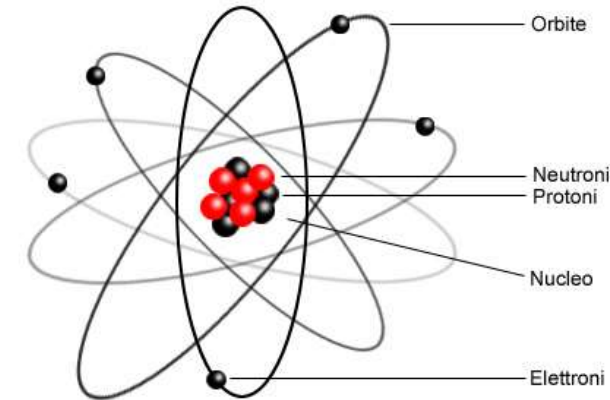
1941

I raggi cosmici sono principalmente protoni!



... più piccole di un atomo...

Crystal Molecule	Atom	Atomic Nucleus	Elementary Particles	
			<b>Hadrons</b>	
			<b>Mesons</b>	<b>Leptons</b> $e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$
			<b>Baryons</b>	<b>Pointlike</b>
		<b>Nuclei</b>	<b>Proton Neutron</b>	<b>Quarks</b> $u, c, d, s, b, t$
1 cm	$10^{-8}$ cm	$10^{-12}$ cm	$10^{-13}$ cm	?

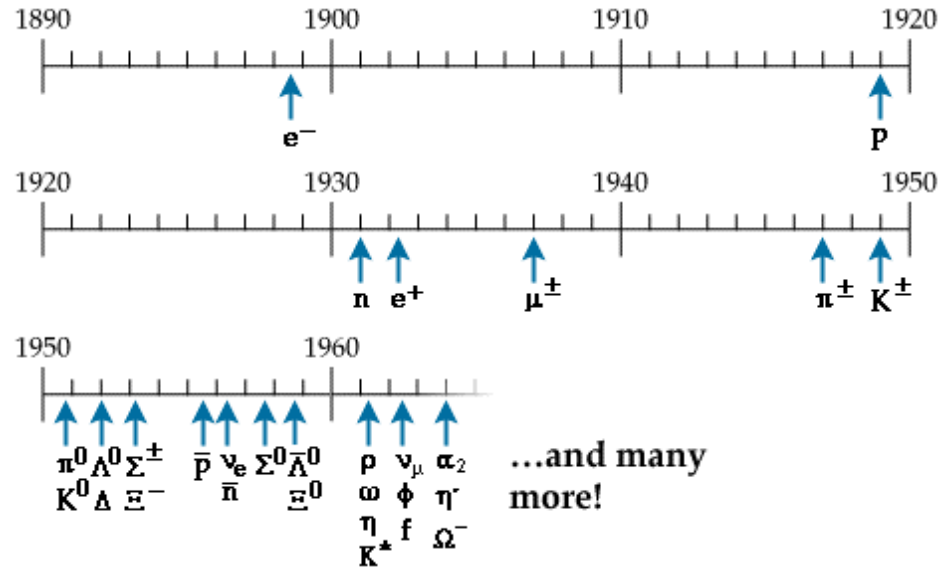





















1937

Anderson e Neddermeyer e, indipendentemente, Street e Stevenson, scoprono una nuova particella. Questa particella ha vita breve e massa intermedia tra quella dell'elettrone e del protone: mesone  $\mu$

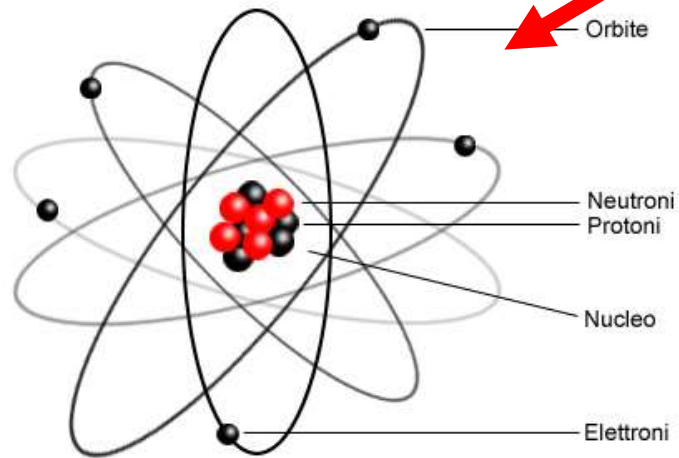
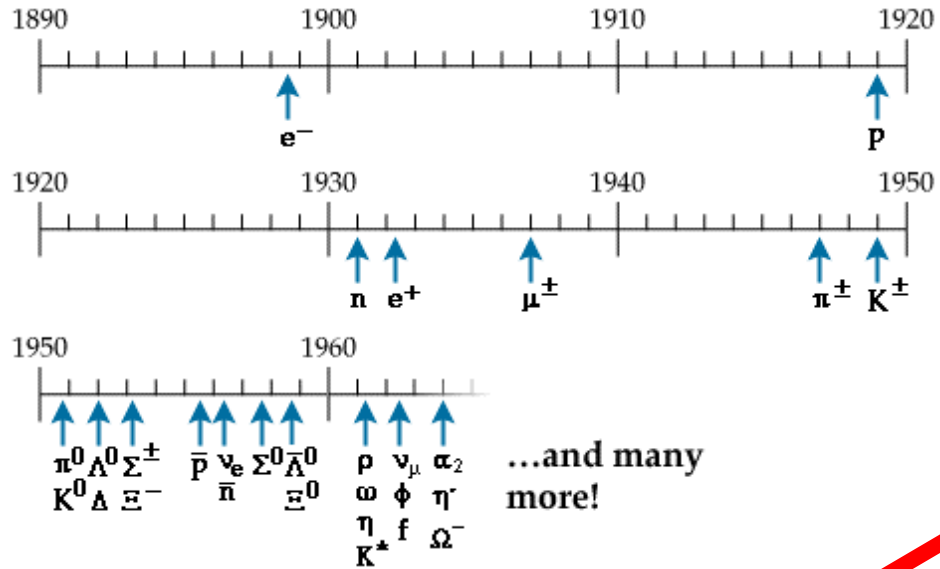


# Lo zoo delle particelle



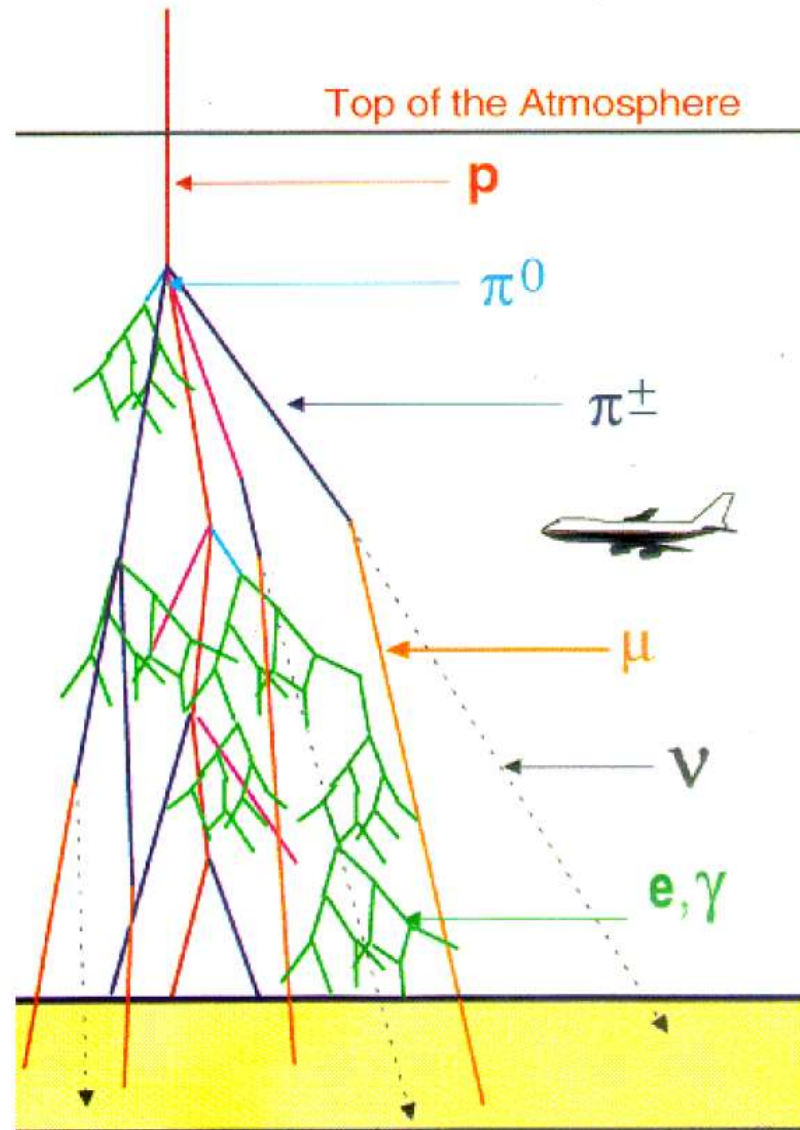
Quarks		Leptons		Bosons		
						
Up	Down	Electron	Neutrino	Photon	Gluon	
						
Charm	Strange	Muon	Neutrino Muon	$Z^0$	$W^-$	$W^+$
						
Top	Beauty	Tau	Neutrino Tau	Higgs	Graviton	

# Lo zoo delle particelle



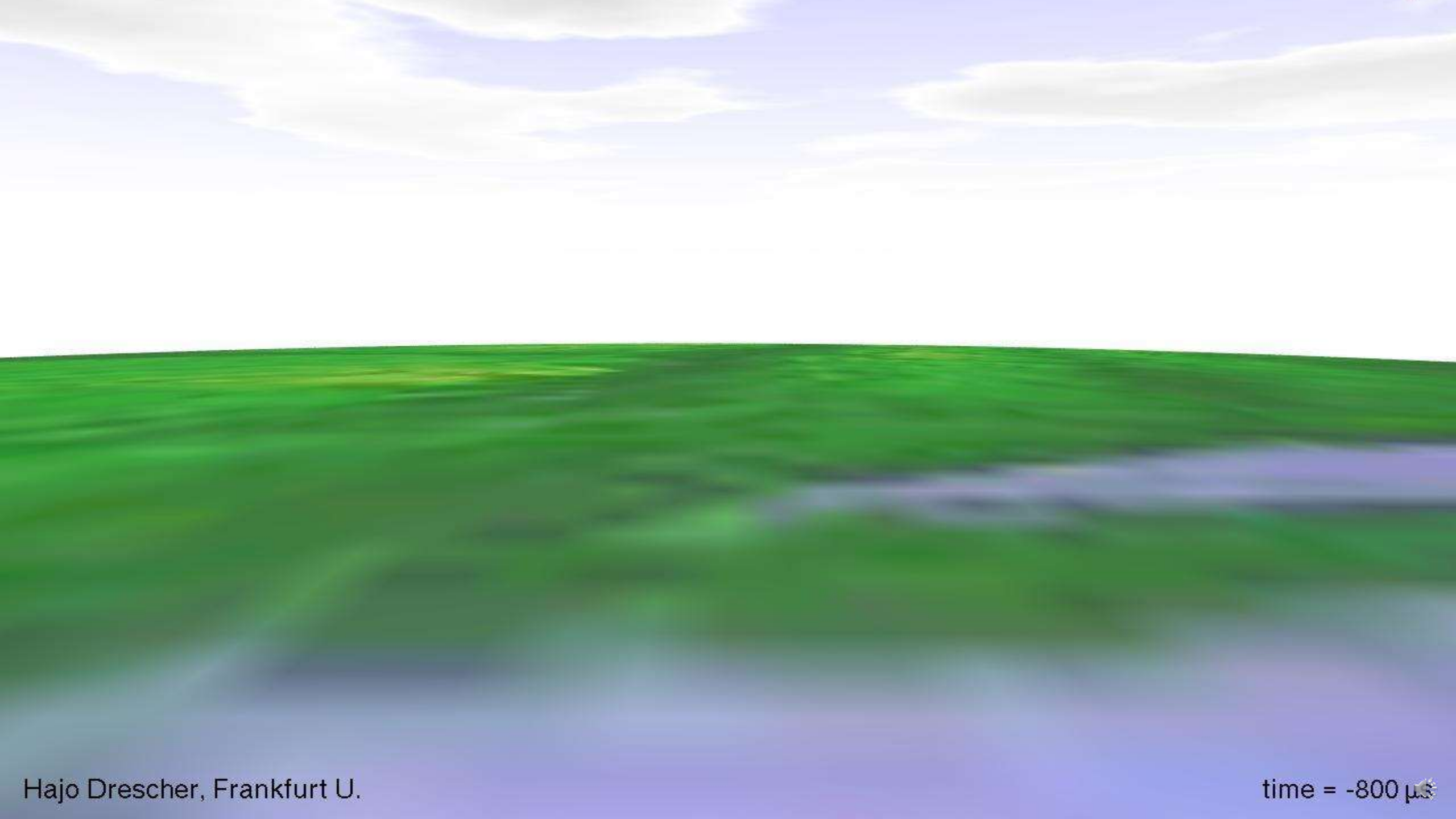
Quarks		Leptons		Bosons		
Up	Down	Electron	Neutrino	Photon	Gluon	
Charm	Strange	Muon	Neutrino Muon	$Z^0$	$W^-$	$W^+$
Top	Beauty	Tau	Neutrino Tau	Higgs	Graviton	

# Cascade di particelle



Al livello del mare si può rivelare soltanto lo sciame di particelle generato dall'interazione del raggio cosmico primario con l'atmosfera terrestre.

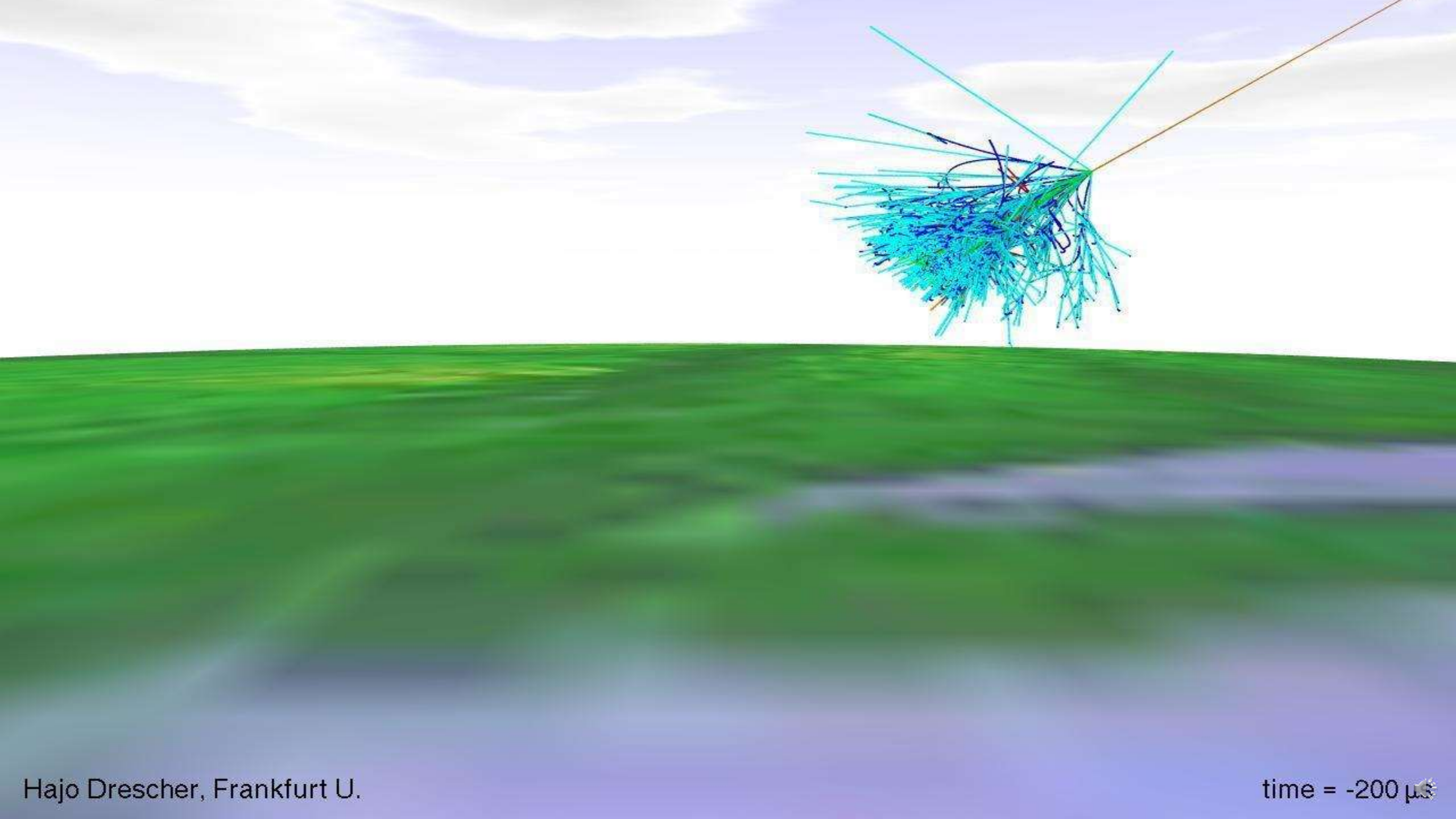
+ energia  
↓  
sciame + grande

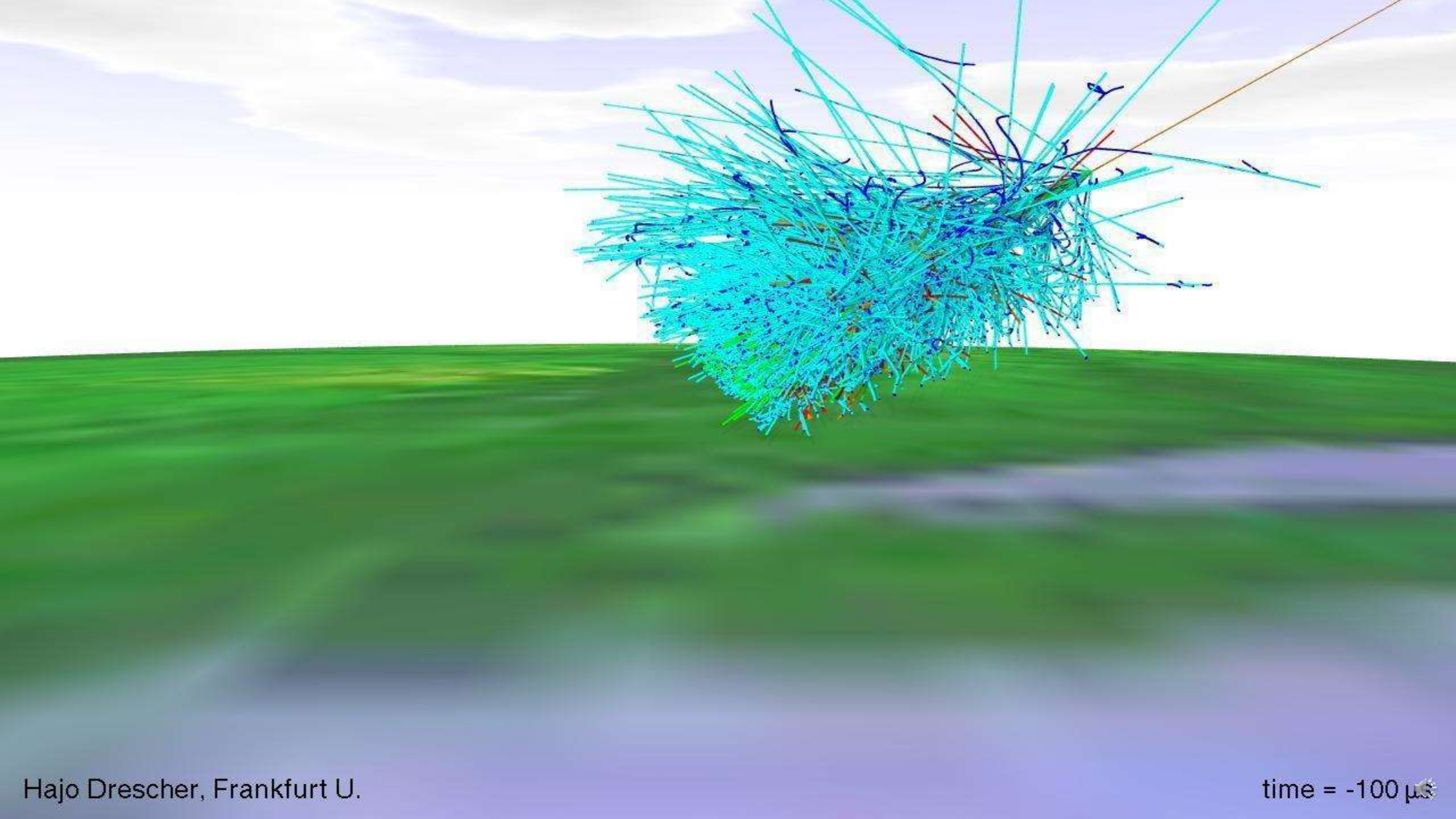


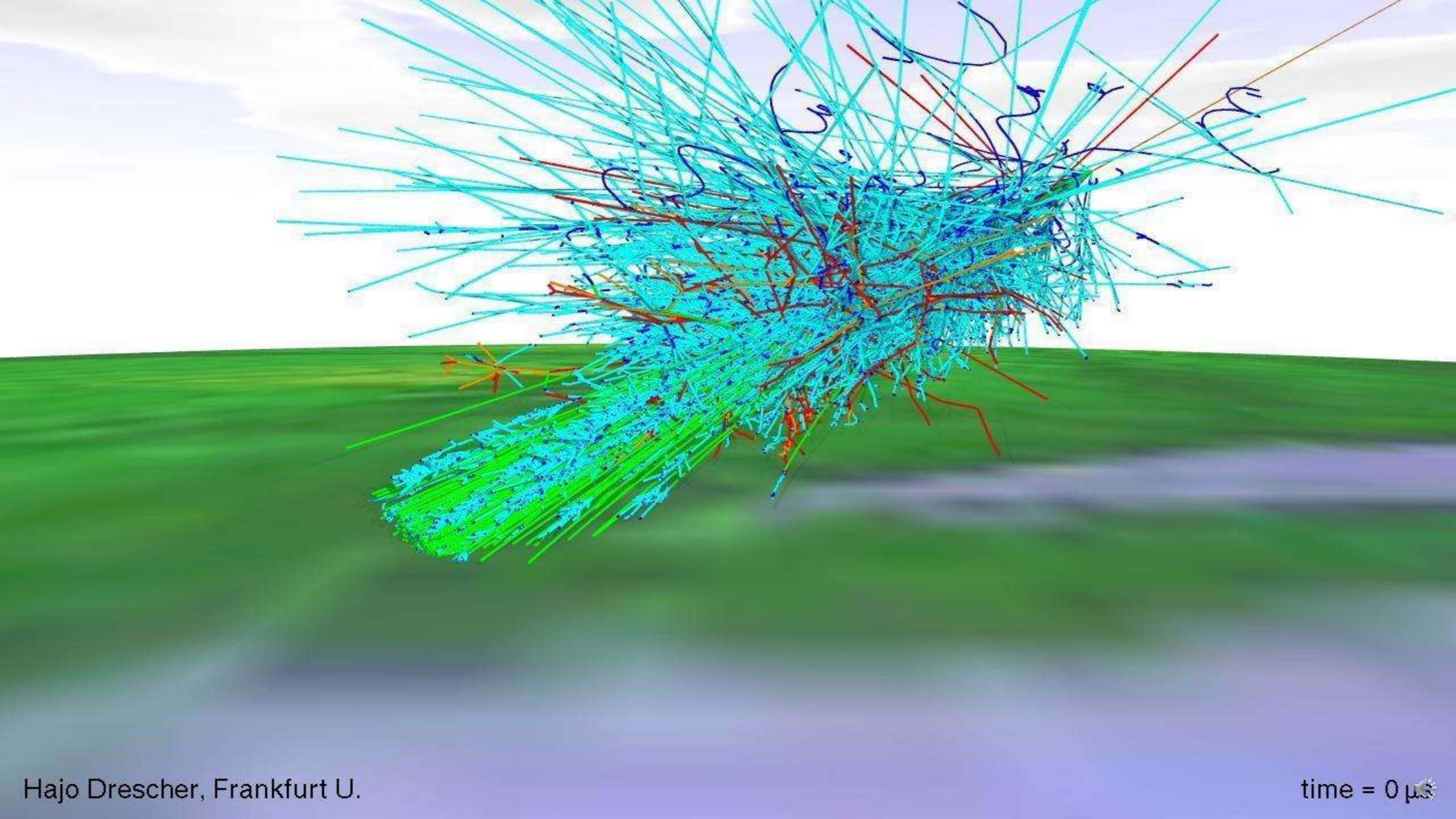








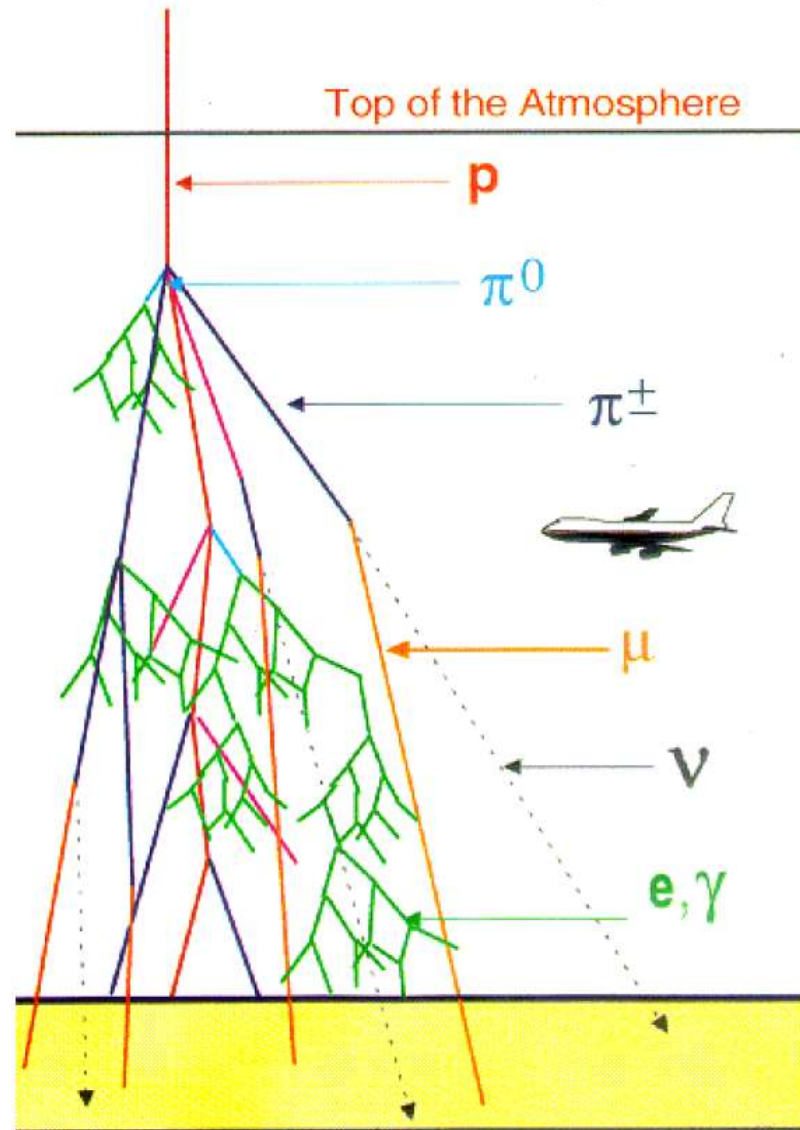




# Cascate di particelle

## Raggi cosmici *primari*

Protoni	90%
Nuclei di Elio	9%
Altre particelle:	1%
<i>elettroni</i>	
<i>positroni</i>	
<i>antiprotoni</i>	
<i>fotoni</i>	
<i>neutrini</i>	
Altri nuclei	0,1%



Al livello del mare si può rivelare soltanto lo sciame di particelle generato dall'interazione del raggio cosmico primario con l'atmosfera terrestre.

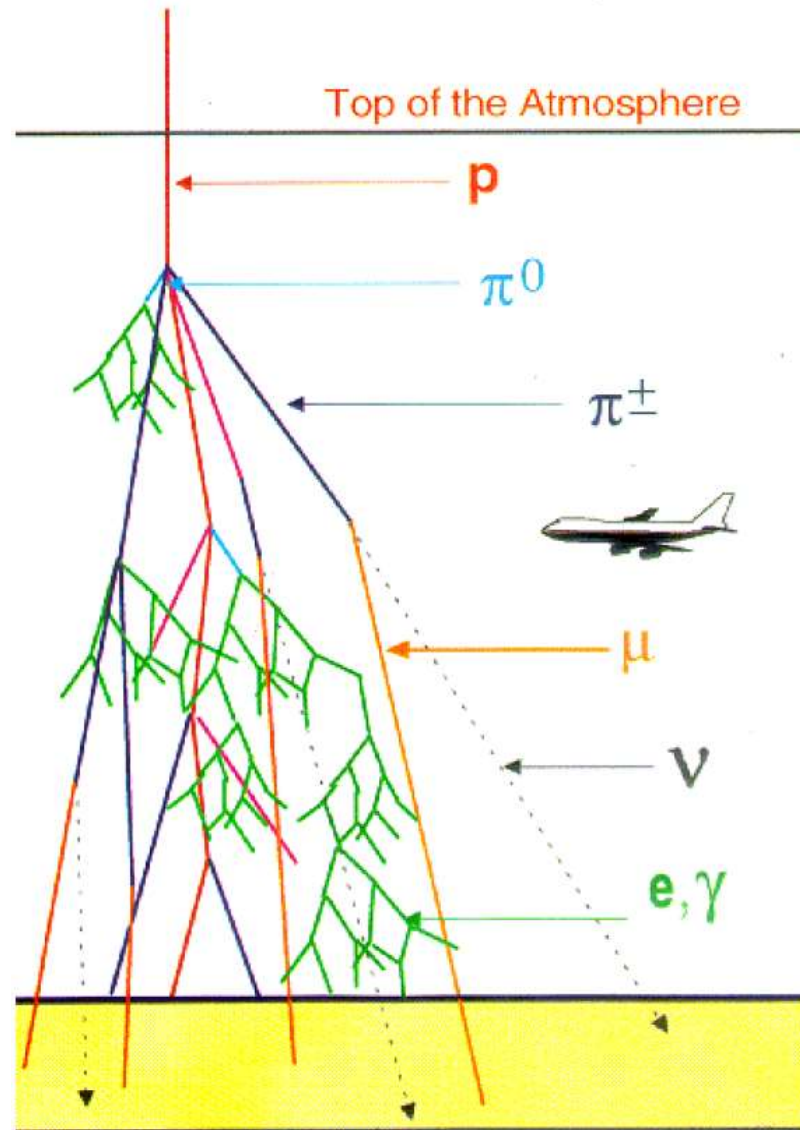
+ energia  
↓  
sciame + grande

# Cascate di particelle

## Raggi cosmici *primari*

Protoni	90%
Nuclei di Elio	9%
Altre particelle:	1%
elettroni	
positroni	
antiprotoni	
fotoni	
neutrini	
Altri nuclei	0,1%

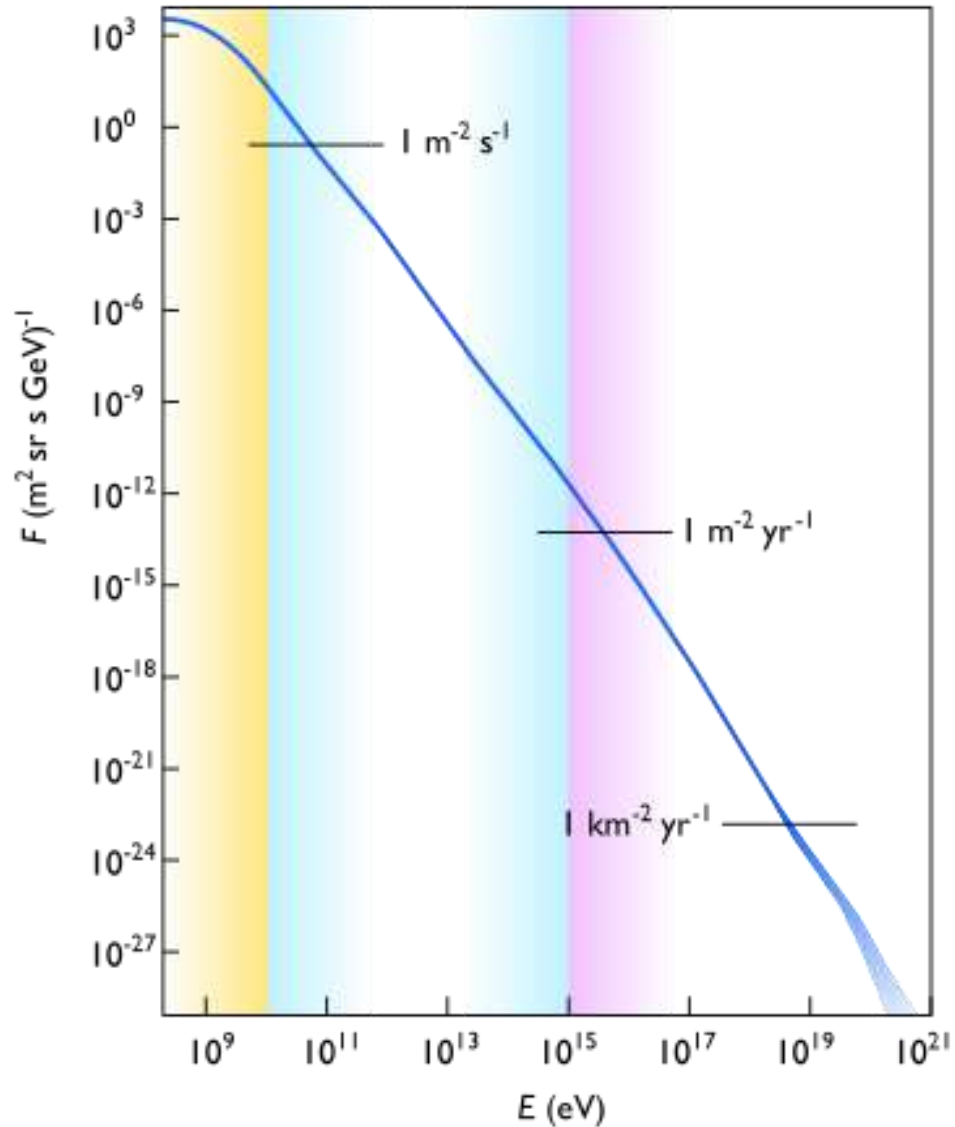
Secondari  
**al suolo:**  
fotoni  
elettroni  
muoni  
neutrini



Al livello del mare si può rivelare soltanto lo sciame di particelle generato dall'interazione del raggio cosmico primario con l'atmosfera terrestre.

+ energia  
↓  
sciame + grande

# Quanti sono?



1 particella /  $\text{cm}^2$  / secondo

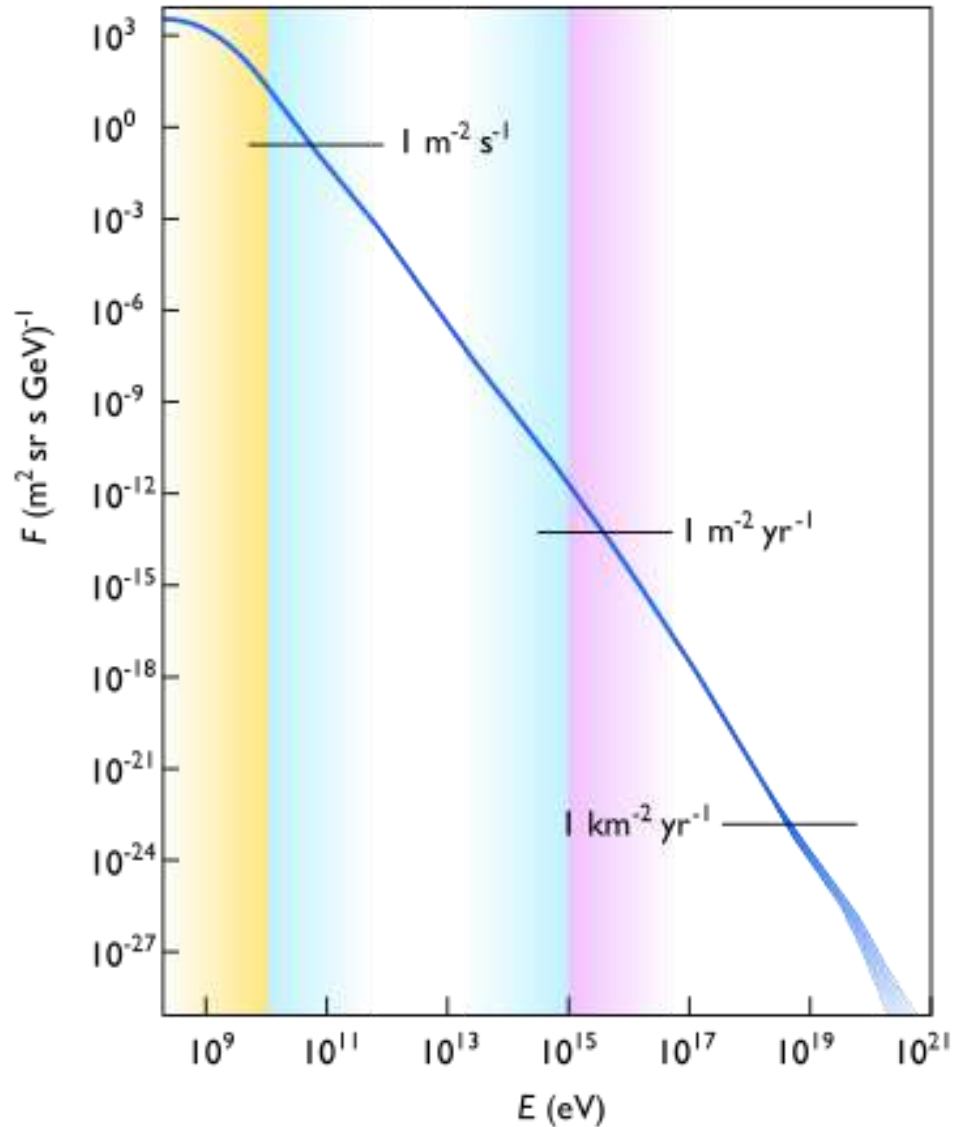
1 particella /  $\text{m}^2$  / anno

1 particella /  $\text{m}^2$  / secolo

1 particella /  $\text{m}^2$  / miliardo di anni



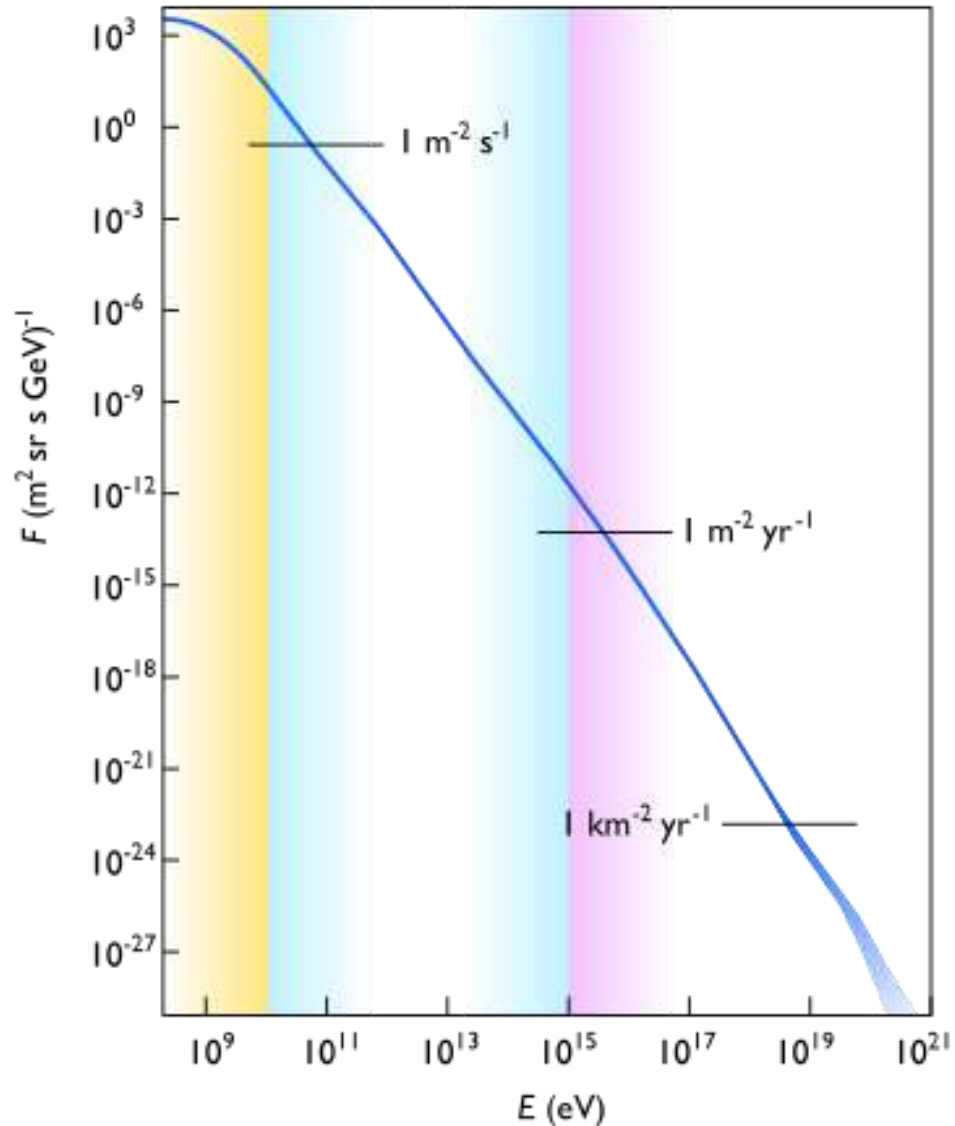
# Quanti sono?



Al livello del mare:  $\sim 1/(\text{cm}^2 \text{min})$

200 volte più pesanti degli elettroni:  
perdono poca energia attraversando  
la materia

# Quanti sono?



Al livello del mare:  $\sim 1/(\text{cm}^2 \text{min})$

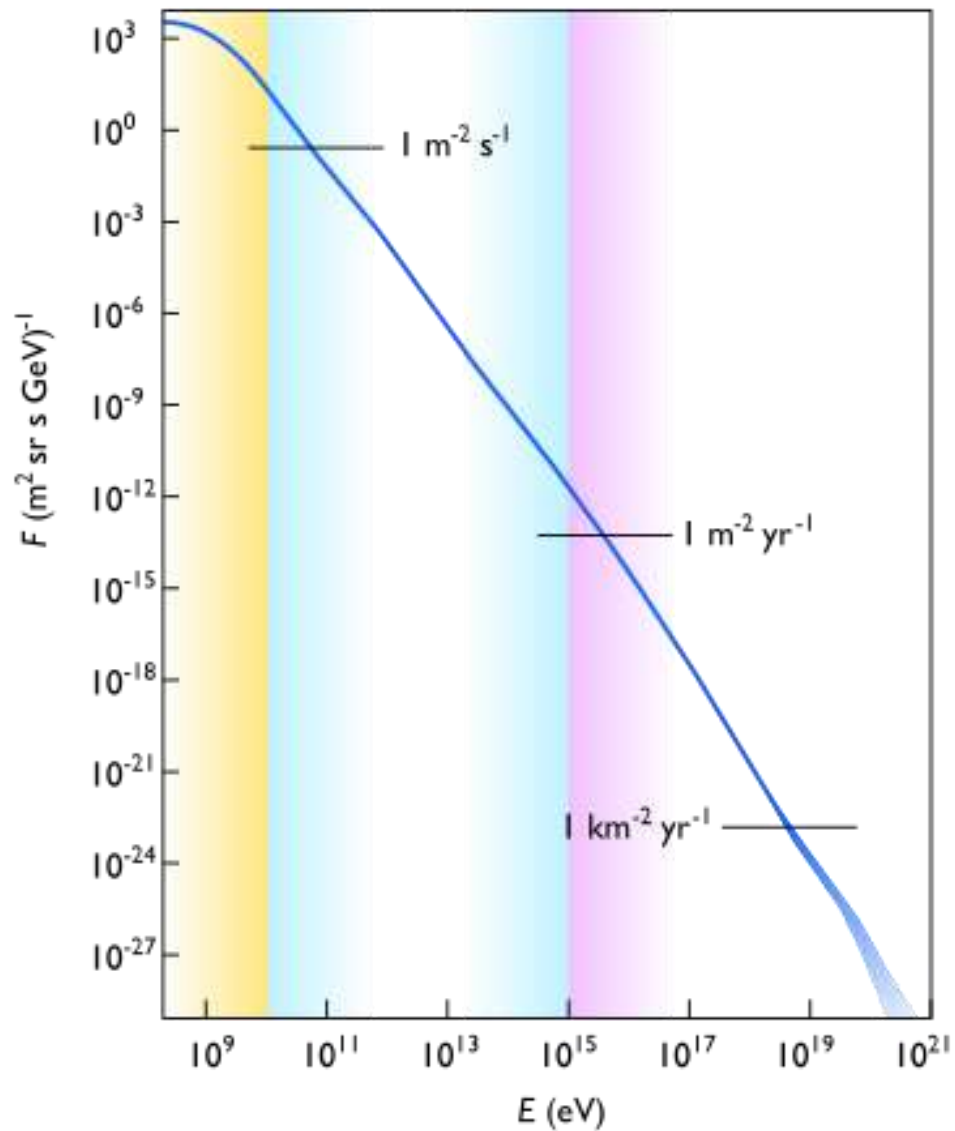
200 volte più pesanti degli elettroni:  
perdono poca energia attraversando  
la materia



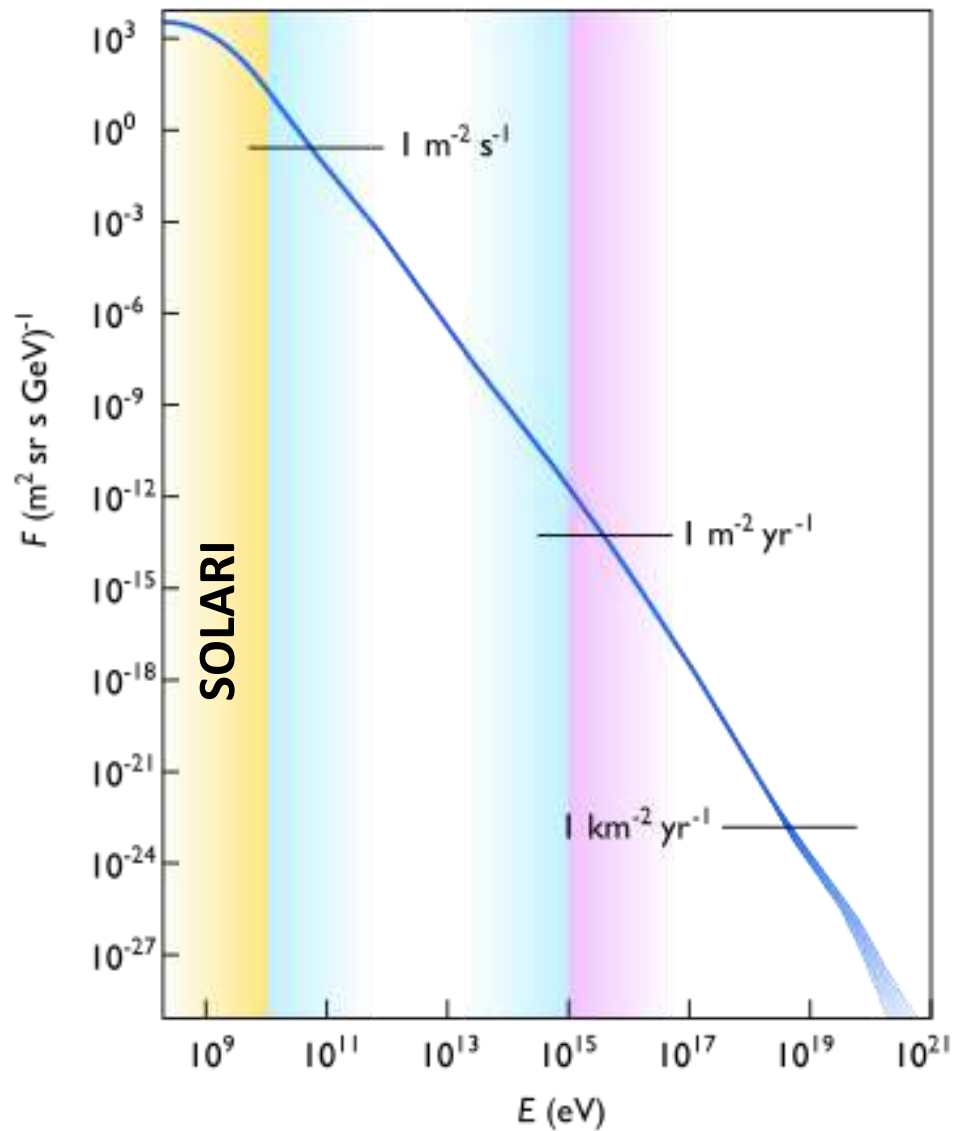
Non hanno massa

Possono attraversare la Terra  
dal Sole:  $\sim 6 \times 10^{10}/(\text{cm}^2 \text{s})$

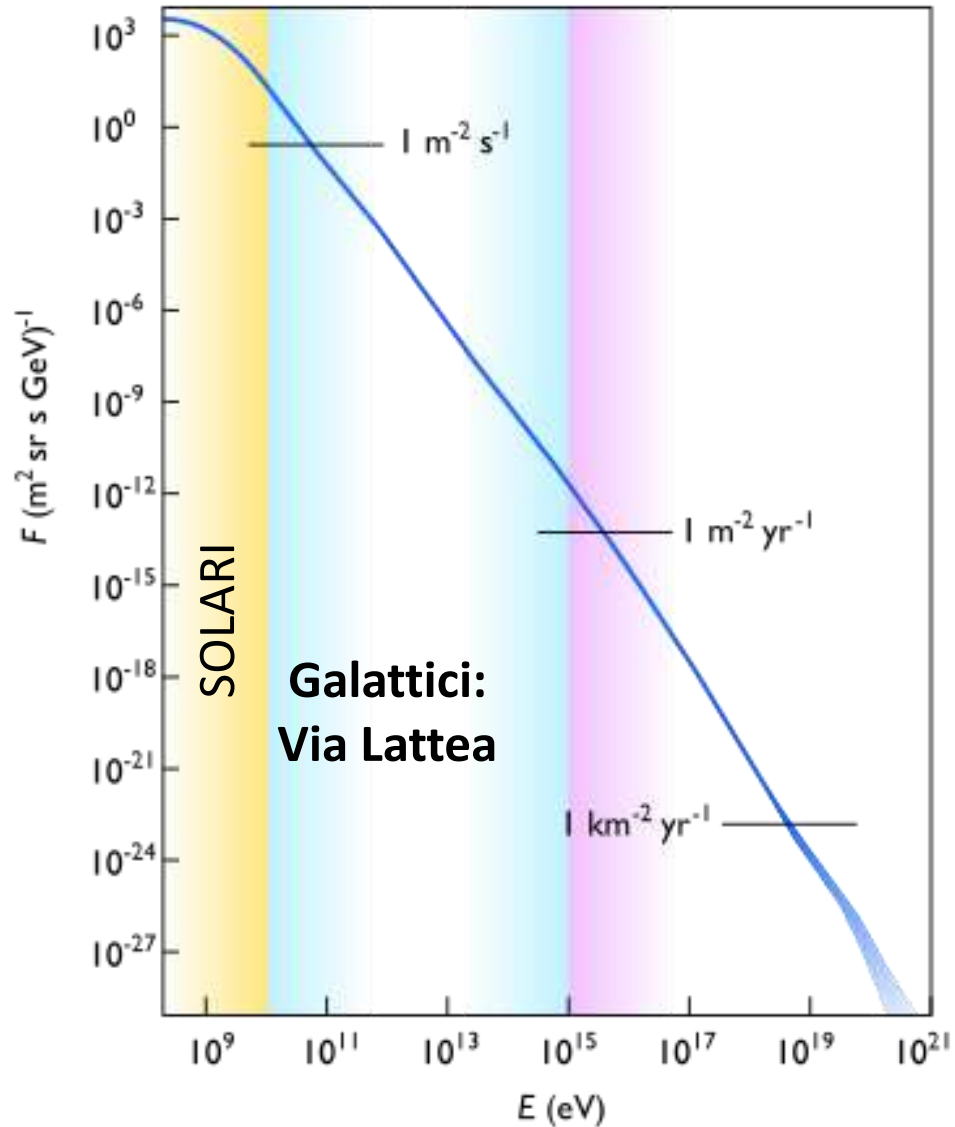
# Da dove vengono?



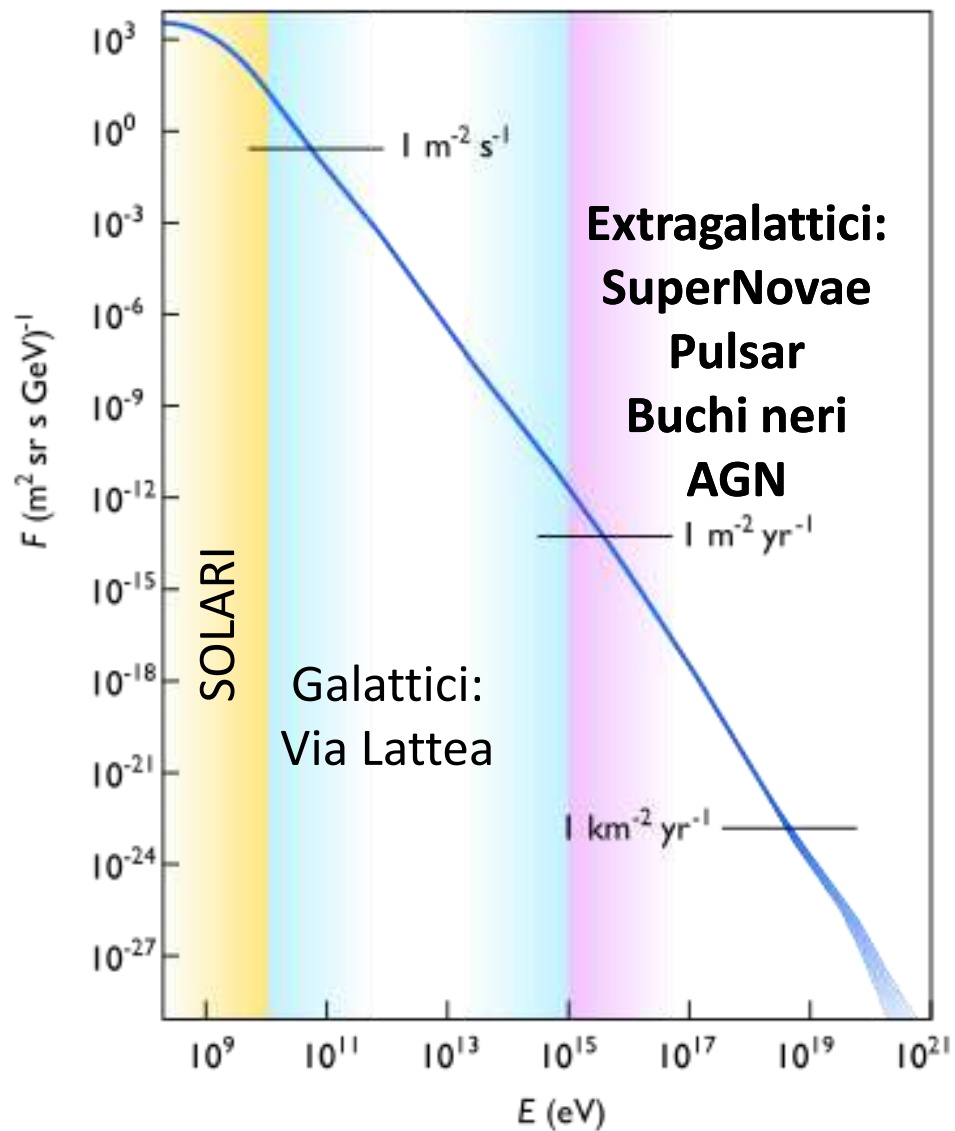
# Da dove vengono?



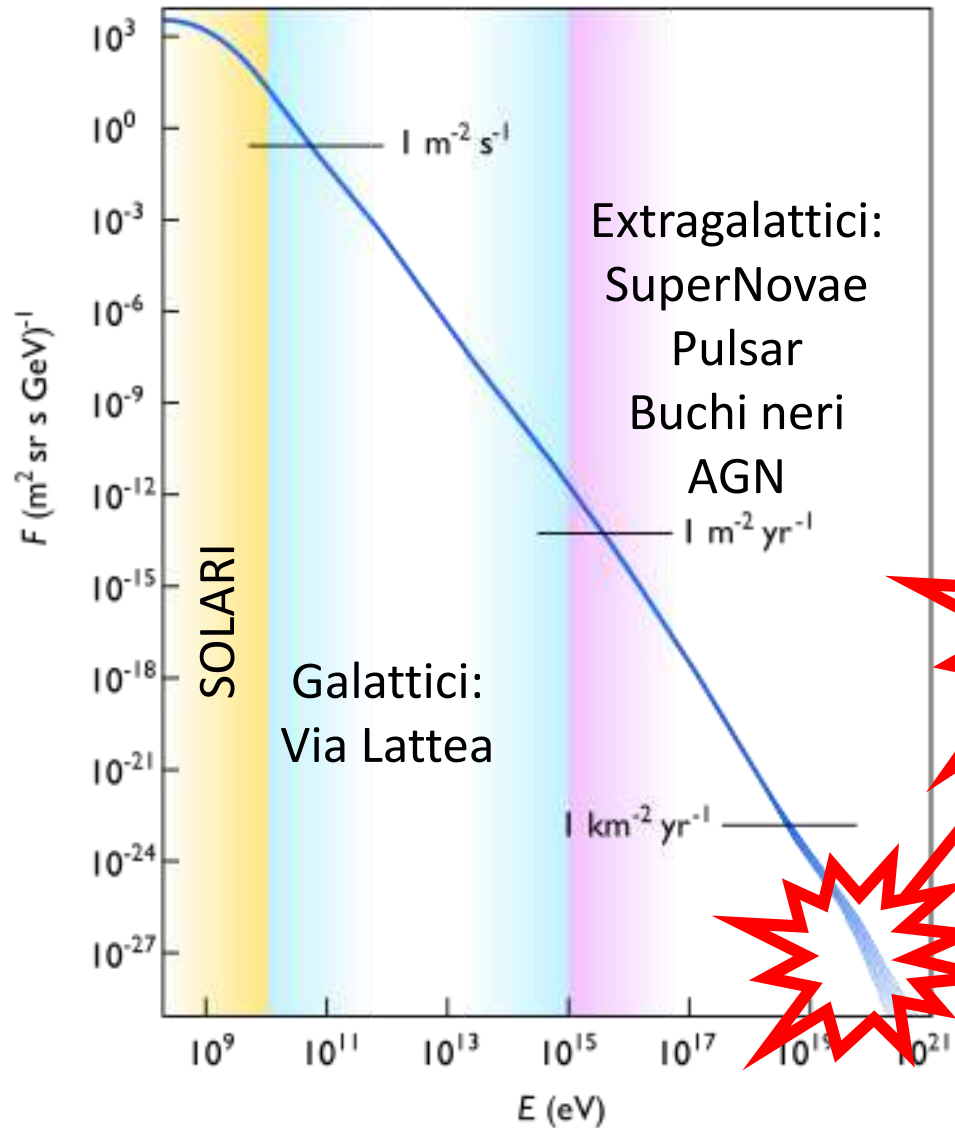
# Da dove vengono?



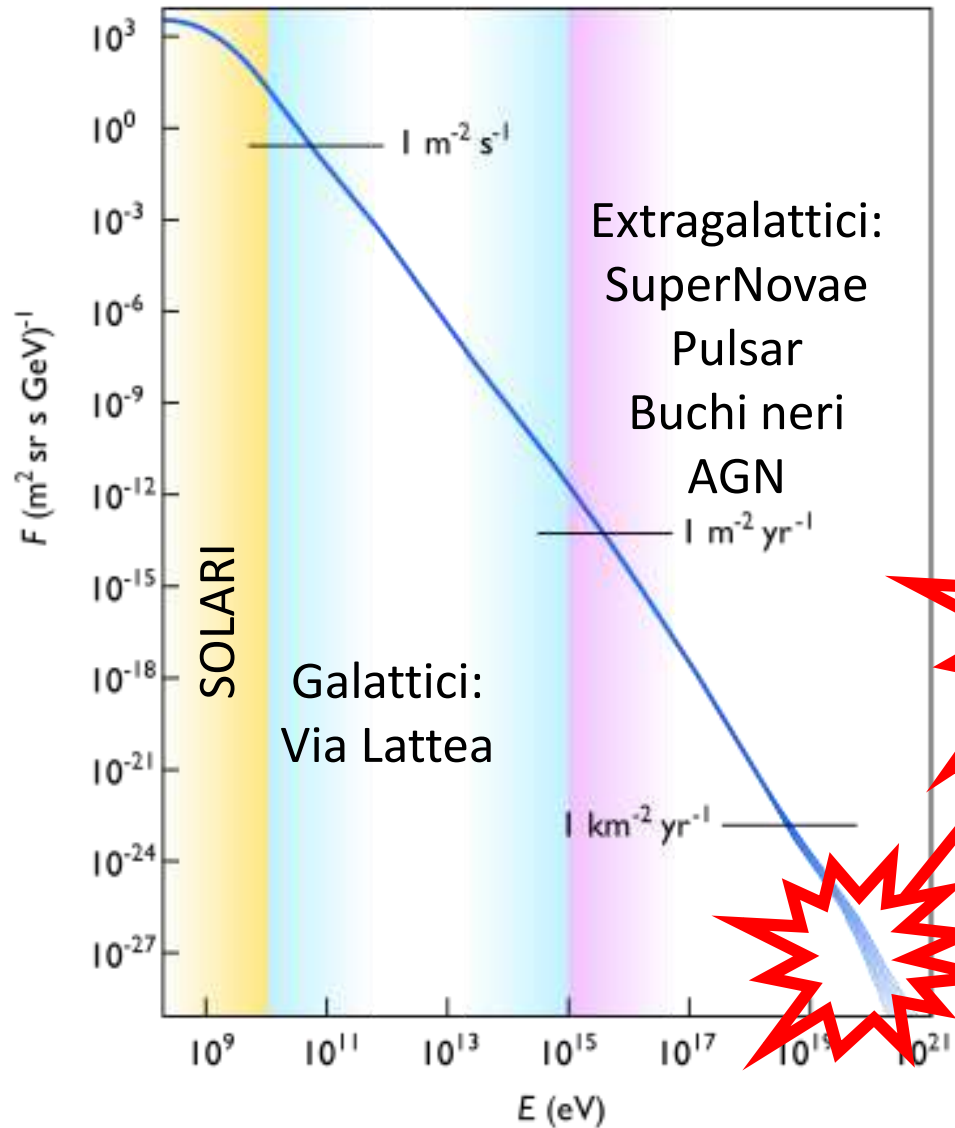
# Da dove vengono?



# Da dove vengono?



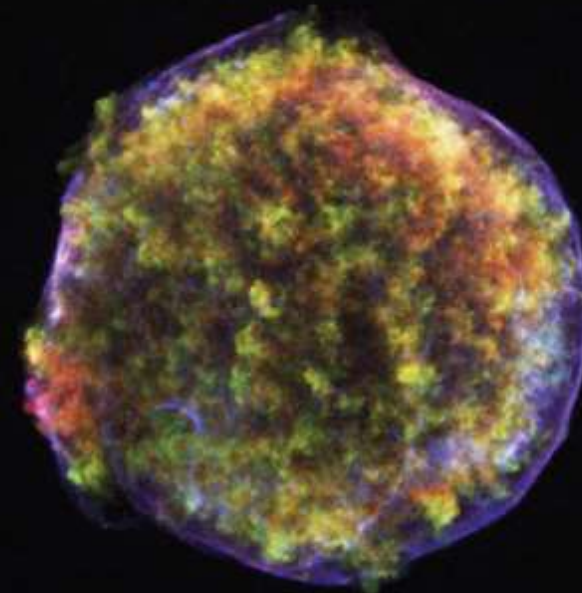
# Da dove vengono?



# Dove nascono?

Chandra (satellite X)

Tycho (1572)

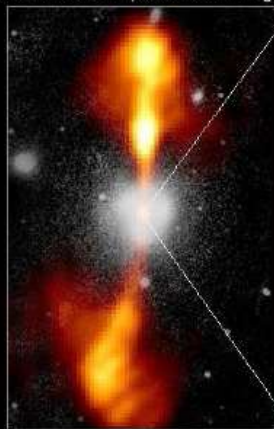


Red 0.95-1.26 keV, Green 1.63-2.26 keV, Blue 4.1-6.1 keV

## Core of Galaxy NGC 4261

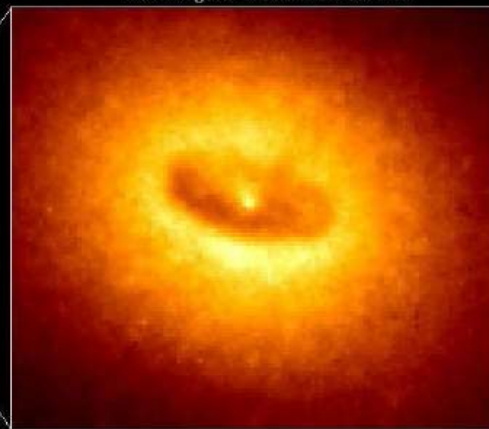
Hubble Space Telescope  
Wide Field / Planetary Camera

Ground-Based Optical/Radio Image

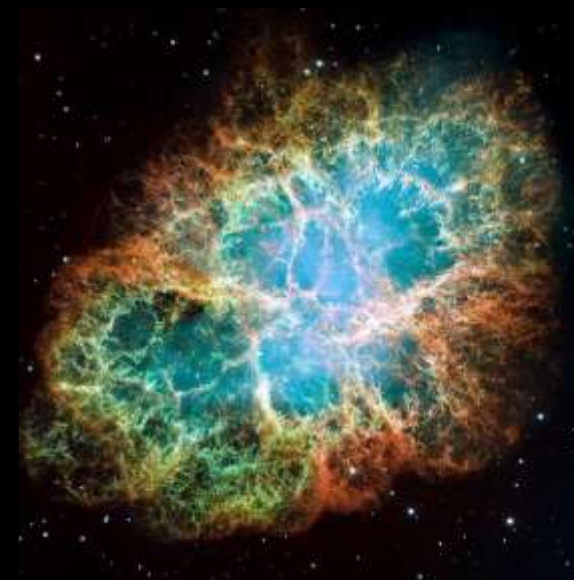


380 Arc Seconds  
88,000 LIGHTYEARS

HST Image of a Gas and Dust Disk



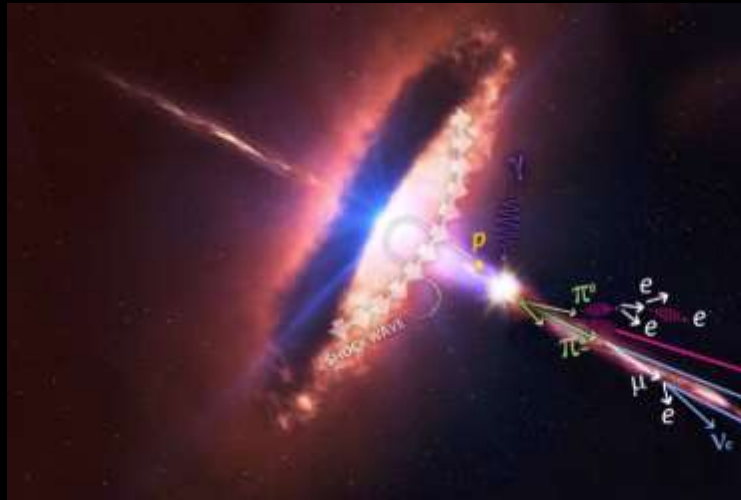
17 Arc Seconds  
400 LIGHTYEARS



# Dove nascono?

Chandra (satellite X)

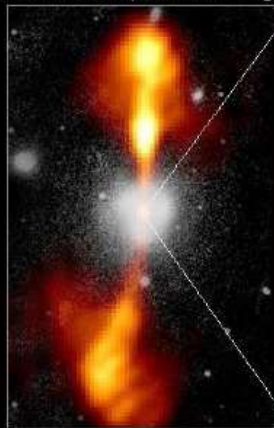
Tycho (1572)



**Core of Galaxy NGC 4261**

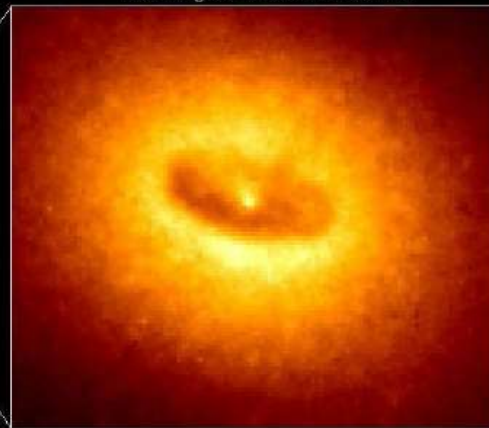
Hubble Space Telescope  
Wide Field / Planetary Camera

Ground-Based Optical/Radio Image

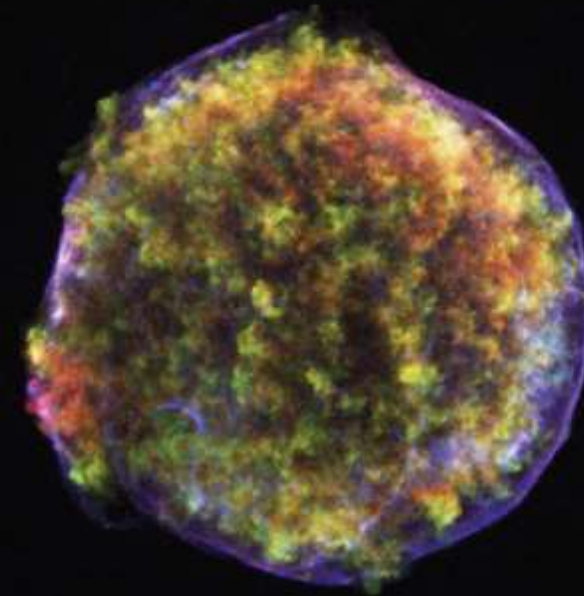


380 Arc Seconds  
88,000 LIGHTYEARS

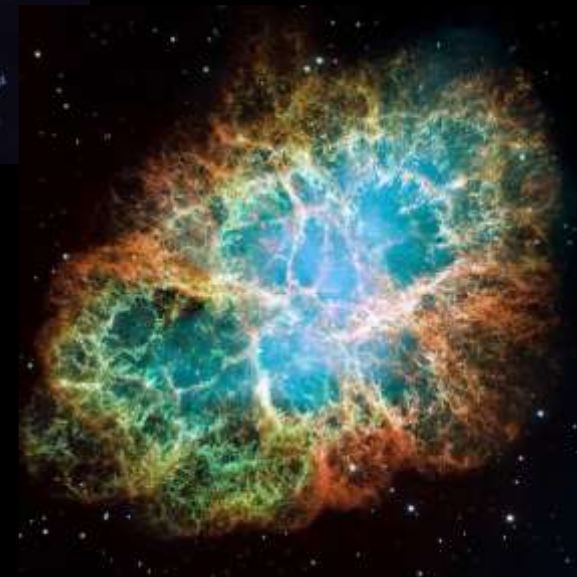
HST Image of a Gas and Dust Disk



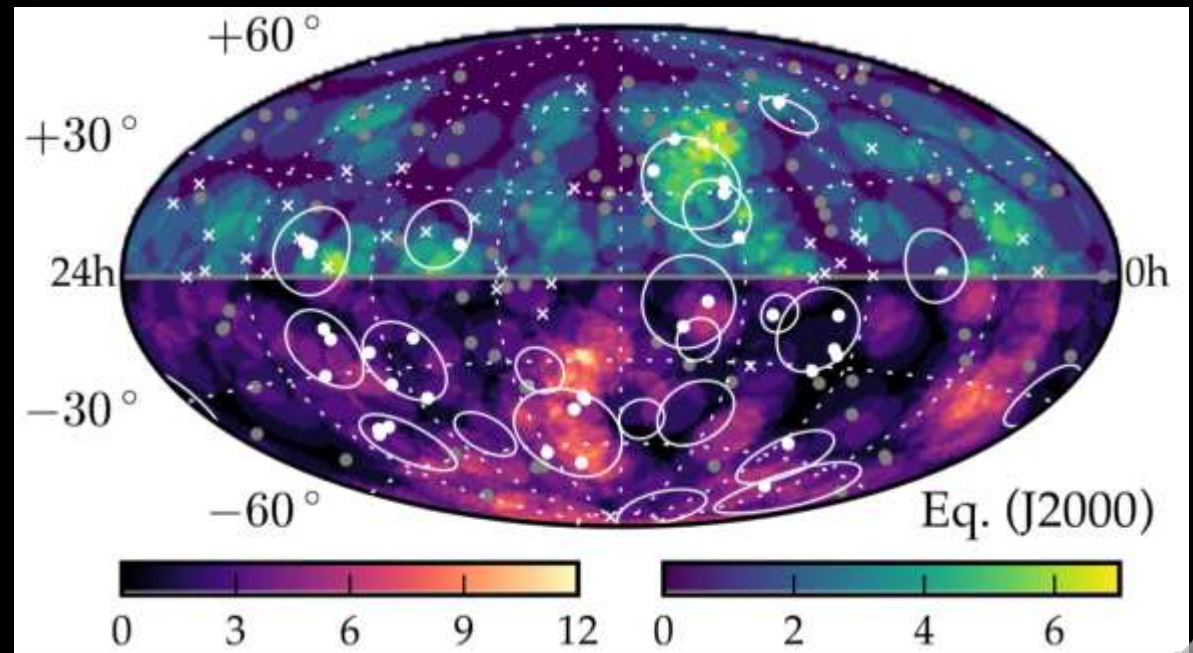
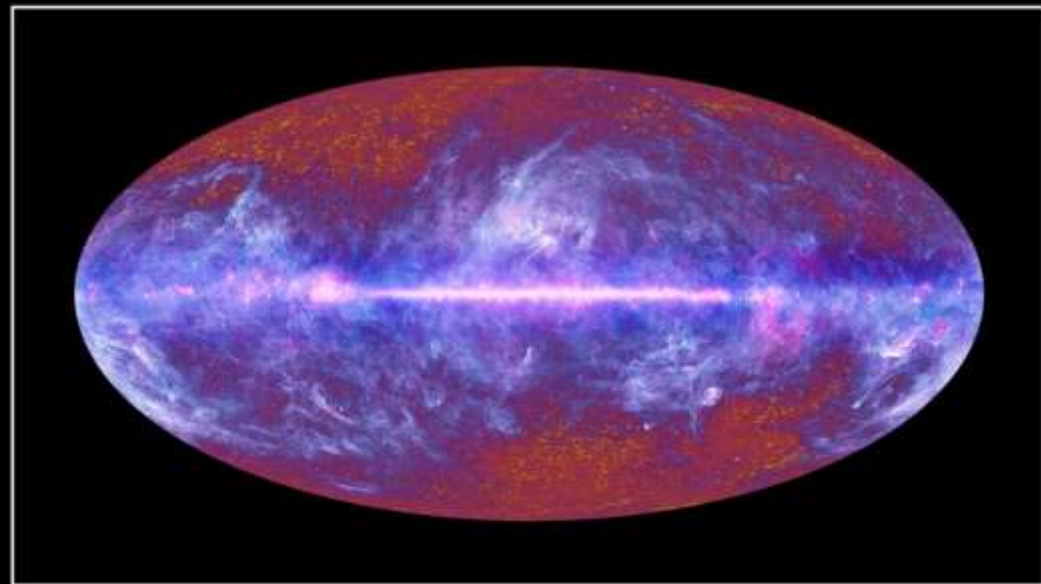
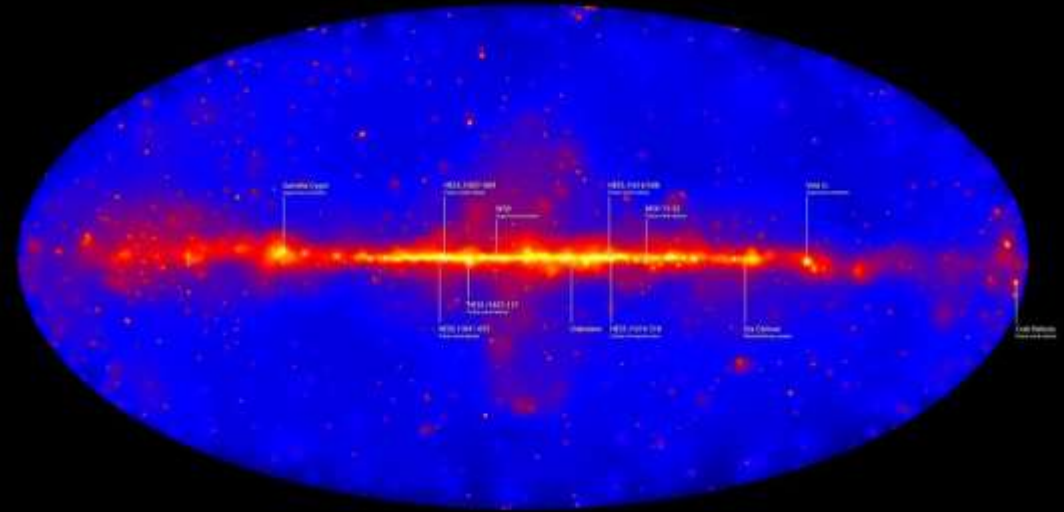
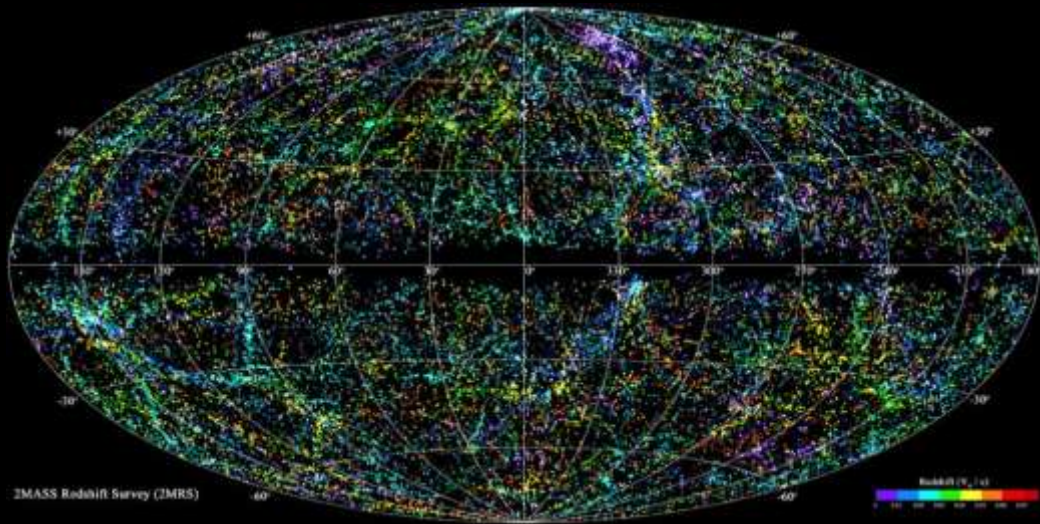
17 Arc Seconds  
400 LIGHTYEARS



Red 0.95-1.26 keV, Green 1.63-2.26 keV, Blue 4.1-6.1 keV

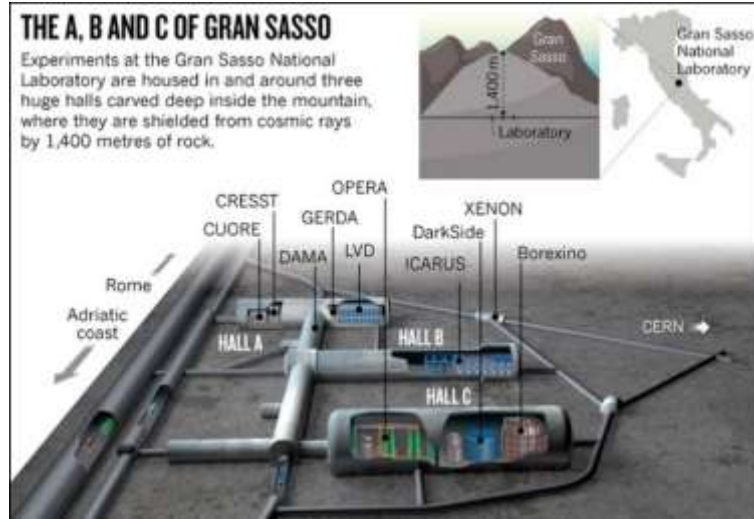


# Uno strumento per osservare l'Universo



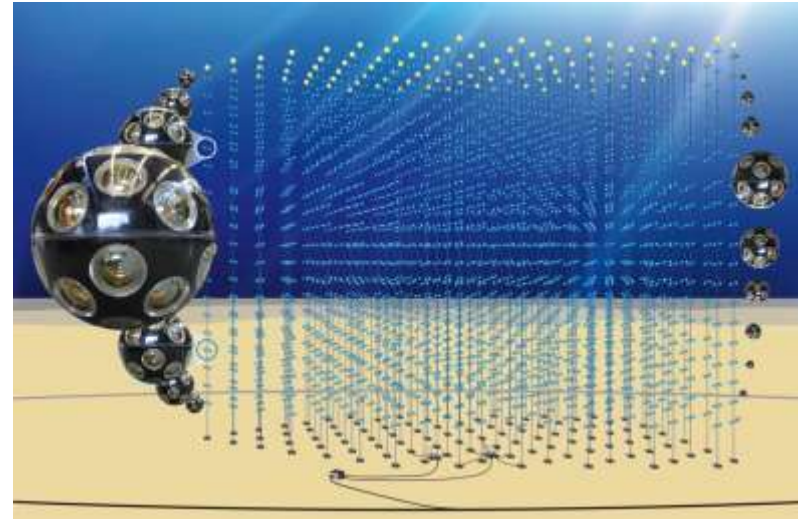
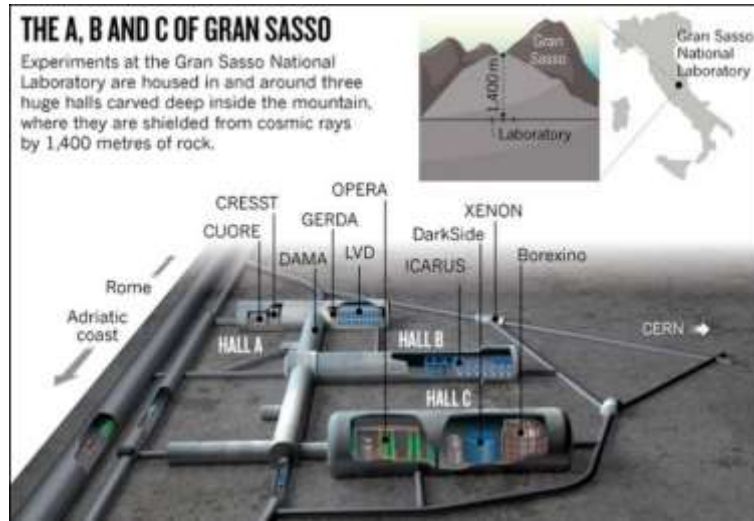
# A caccia di raggi cosmici...

sotto  
terra



# A caccia di raggi cosmici...

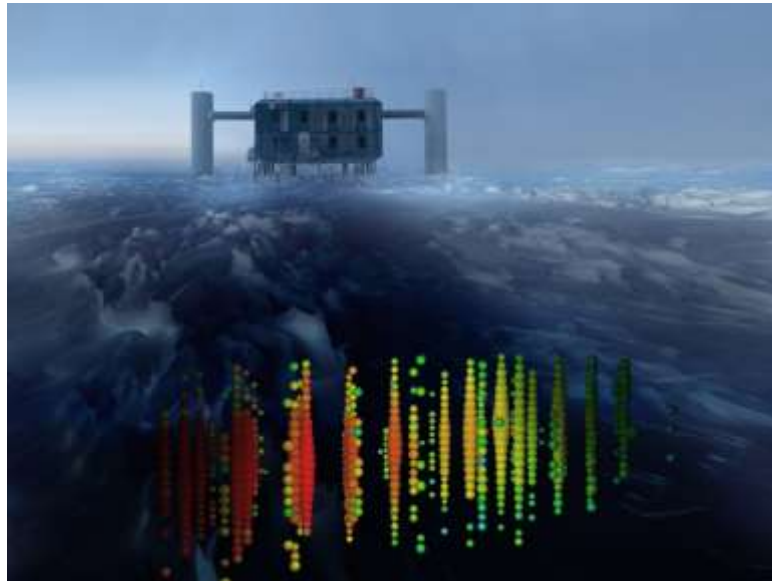
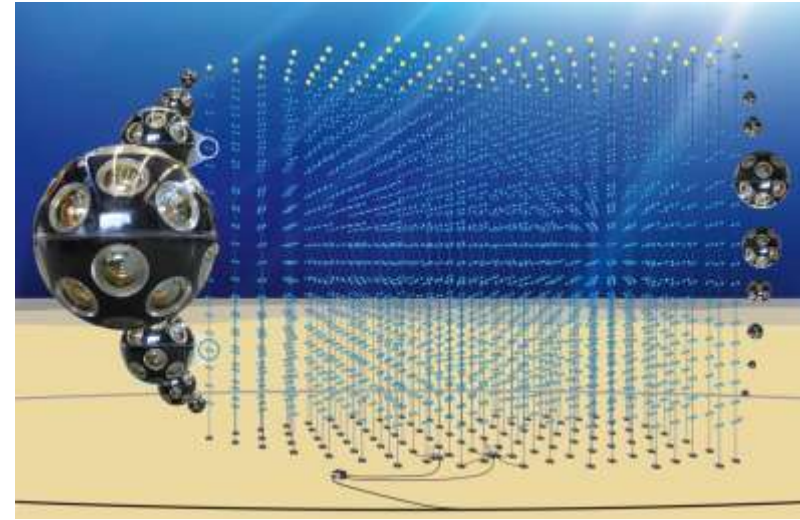
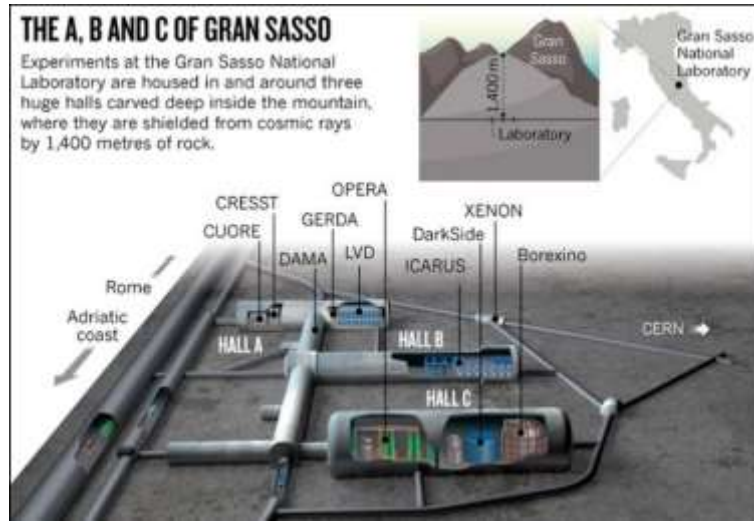
sotto  
terra



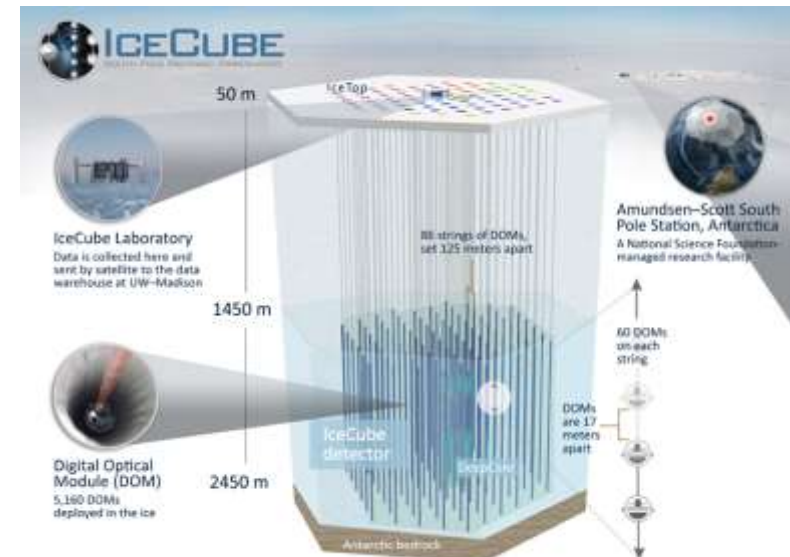
in fondo  
al mar

# A caccia di raggi cosmici...

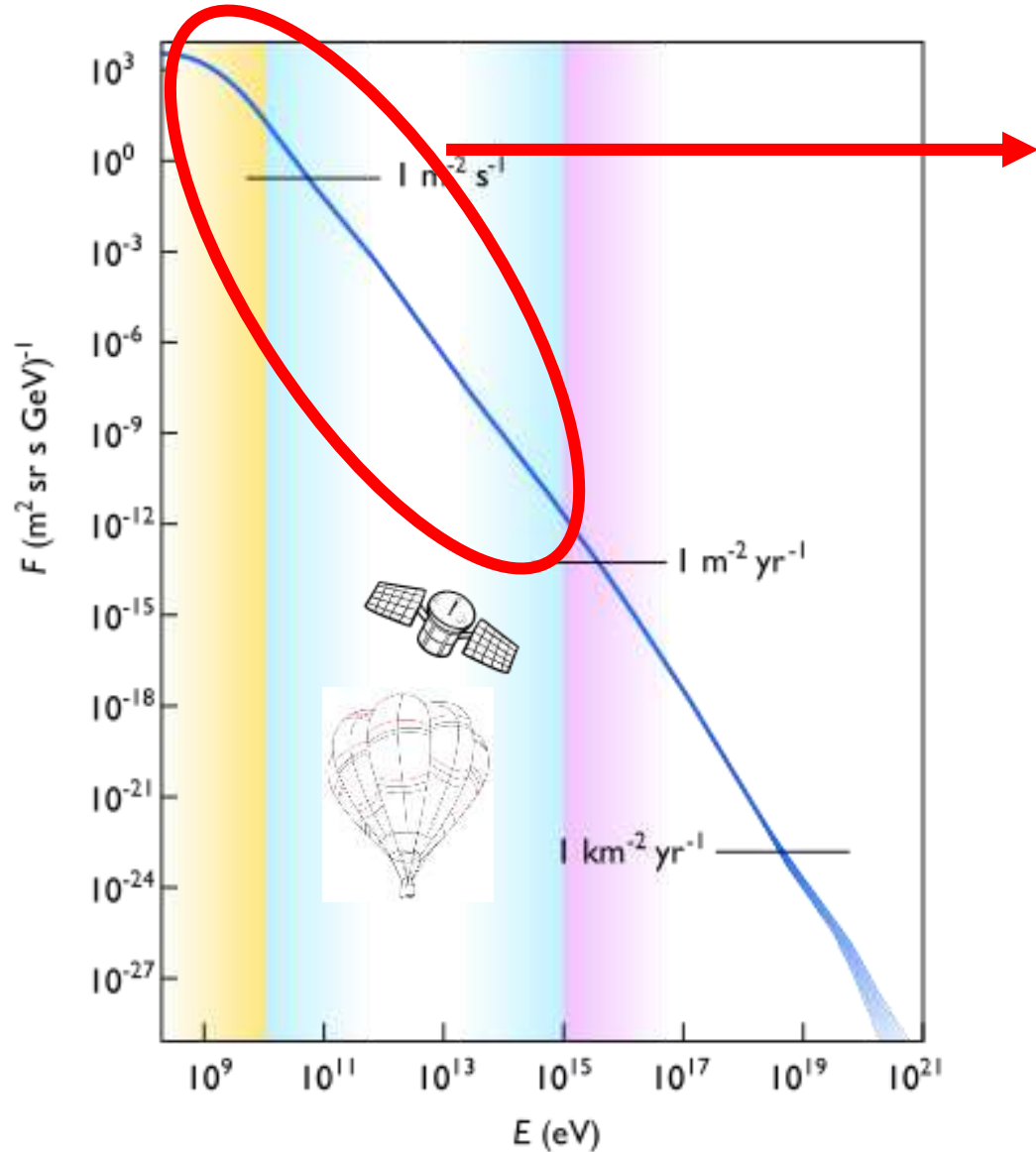
sotto  
terra



al polo Sud



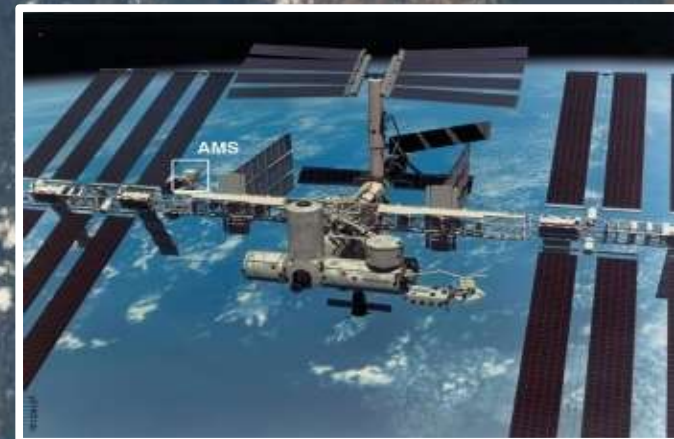
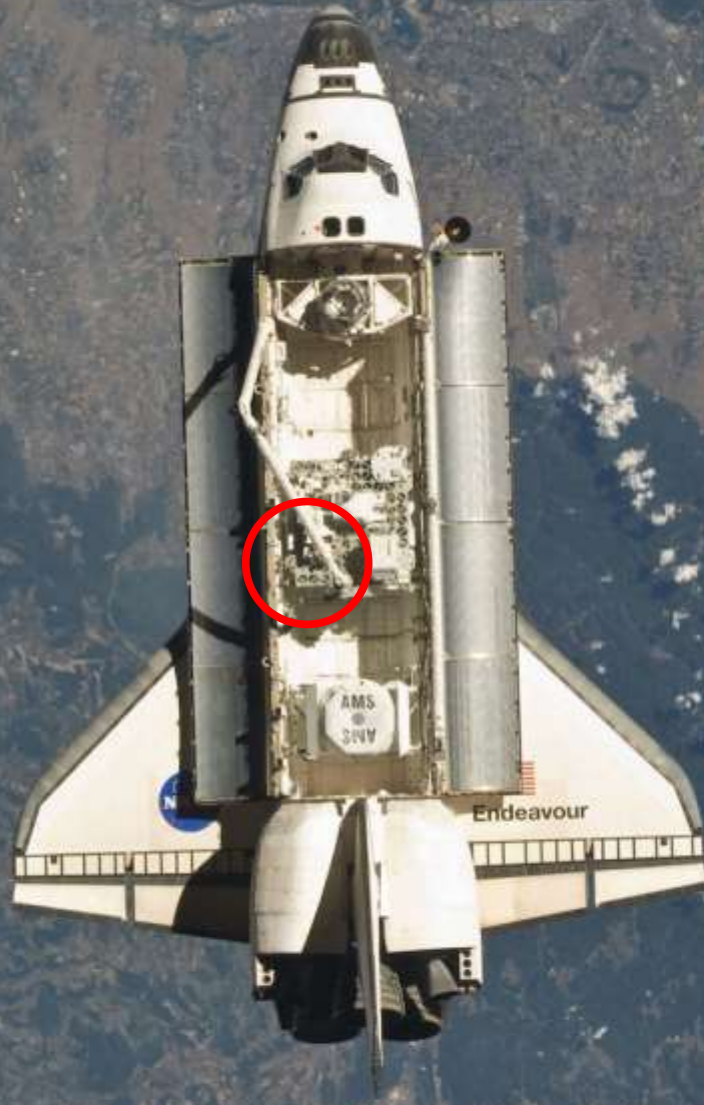
# Rivelare l'invisibile



**Rivelazione diretta:**  
esperimenti nello spazio o su pallone



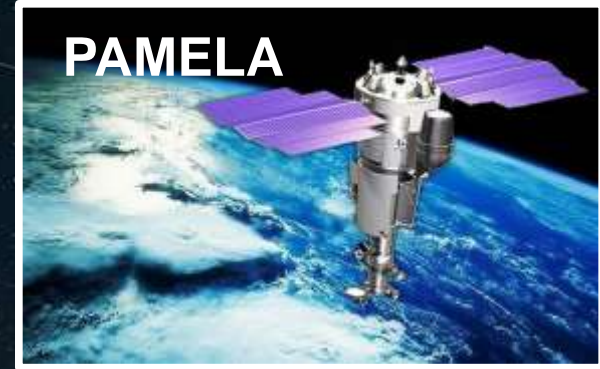




16 Maggio 2011



**FERMI**



**PAMELA**



**AMS-02**

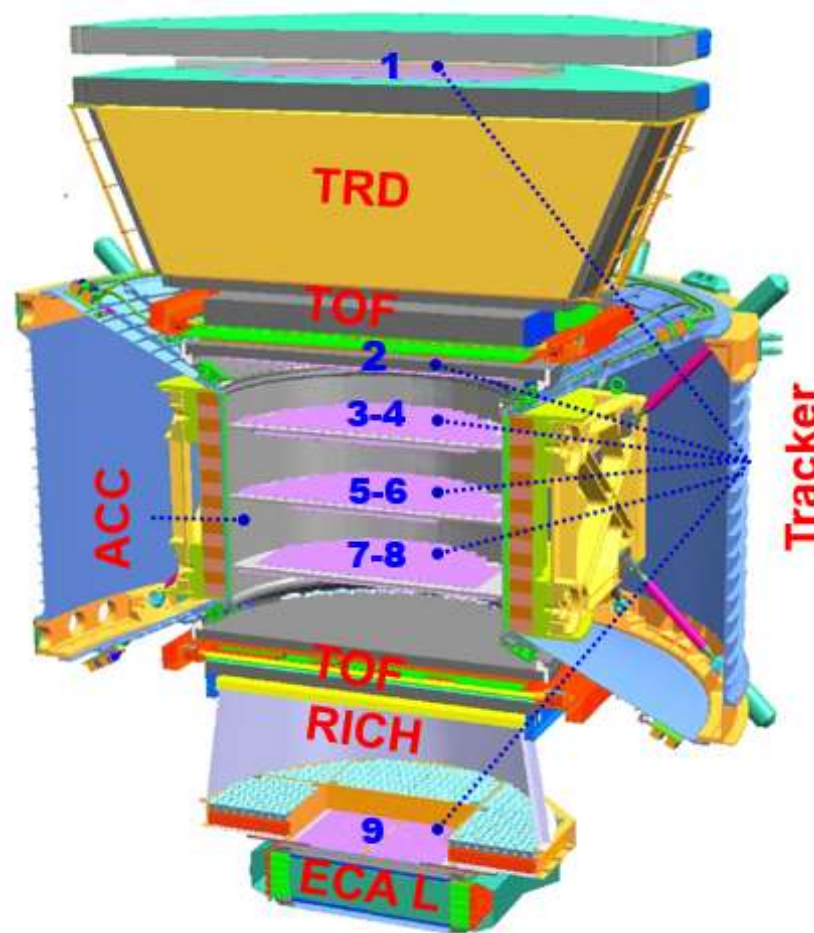


**DAMPE**



**CALET**

# AMS-02



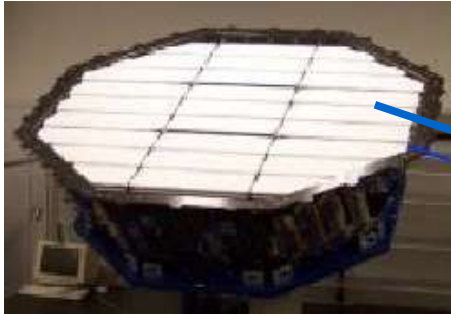
**Dimensioni: 5 m x 4 m x 3 m; 64 m<sup>3</sup>**

**Peso: 8500 kg**

**Potenza: 2500 W → 1 asciugacapelli**

# AMS-02

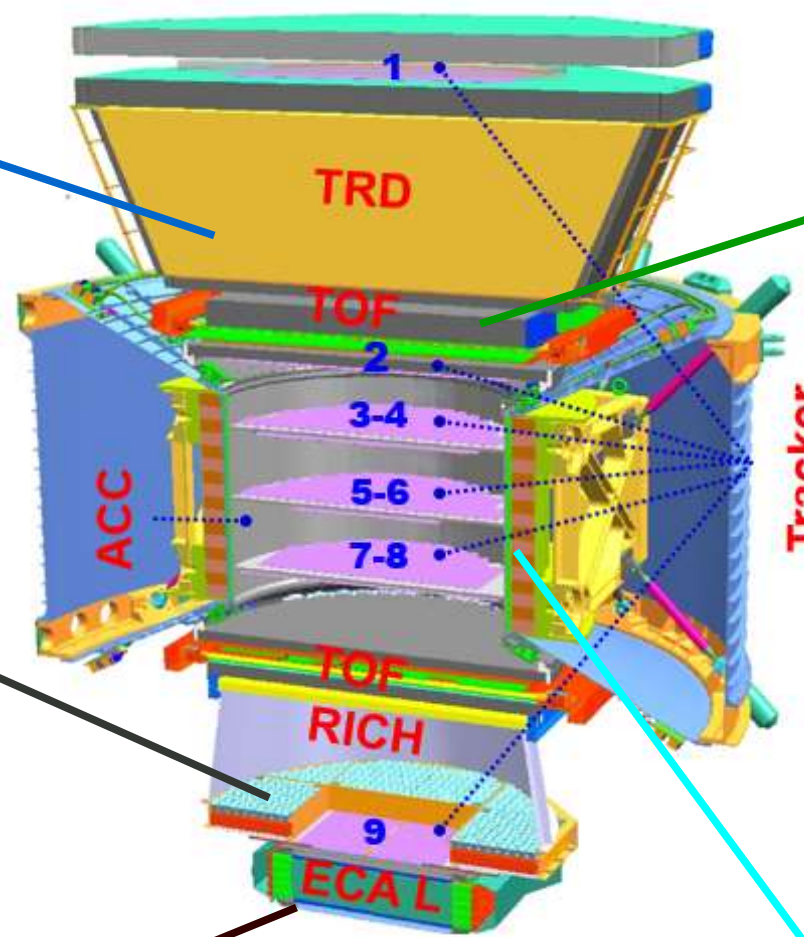
TRD:  
identifica  
elettroni



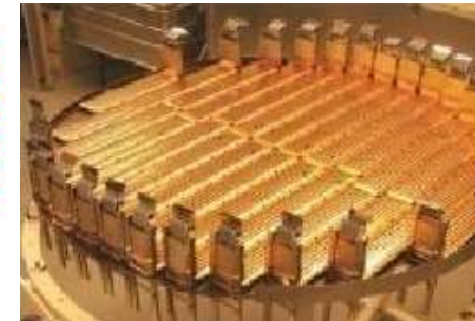
RICH: Z, E



Calorimetro  
elettromagnetico:  
E degli elettroni



Tempo di Volo:  
Z, E



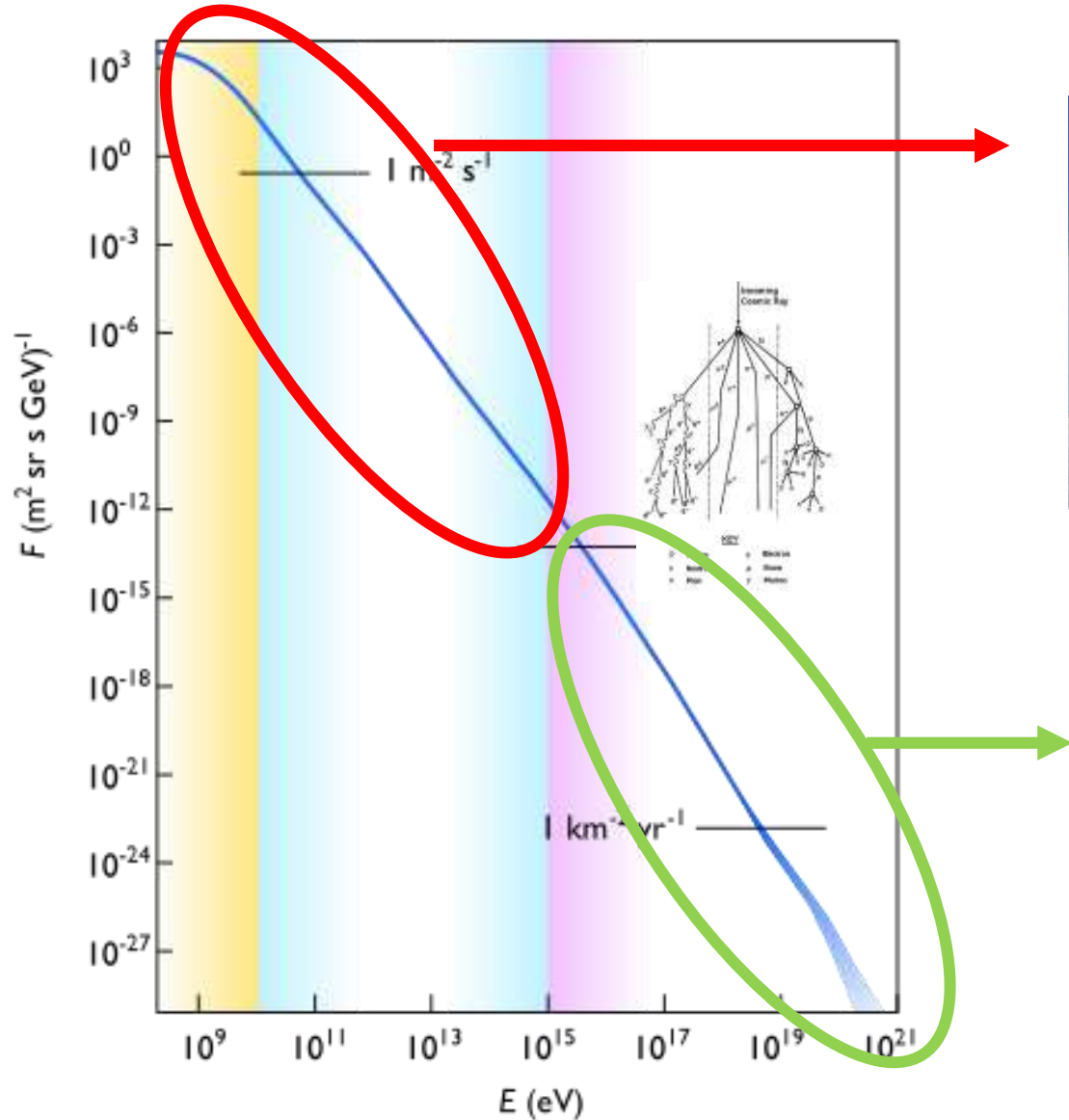
Tracciatore:  
Z, P



Magnete:  $\pm Z$

Le particelle sono definite dalla loro carica (**Z**), energia (**E**) e momento (**P**)

# Rivelare l'invisibile



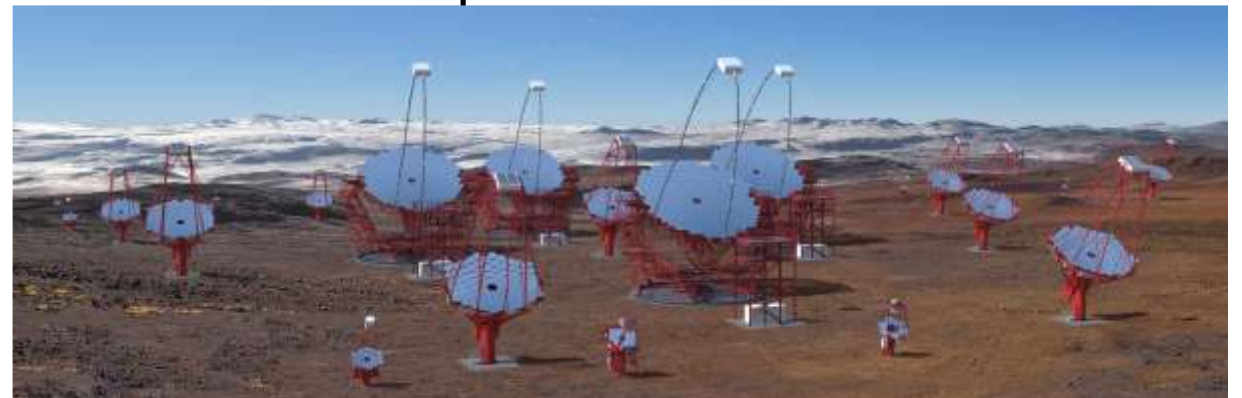
## Rivelazione diretta:

esperimenti nello spazio o su pallone

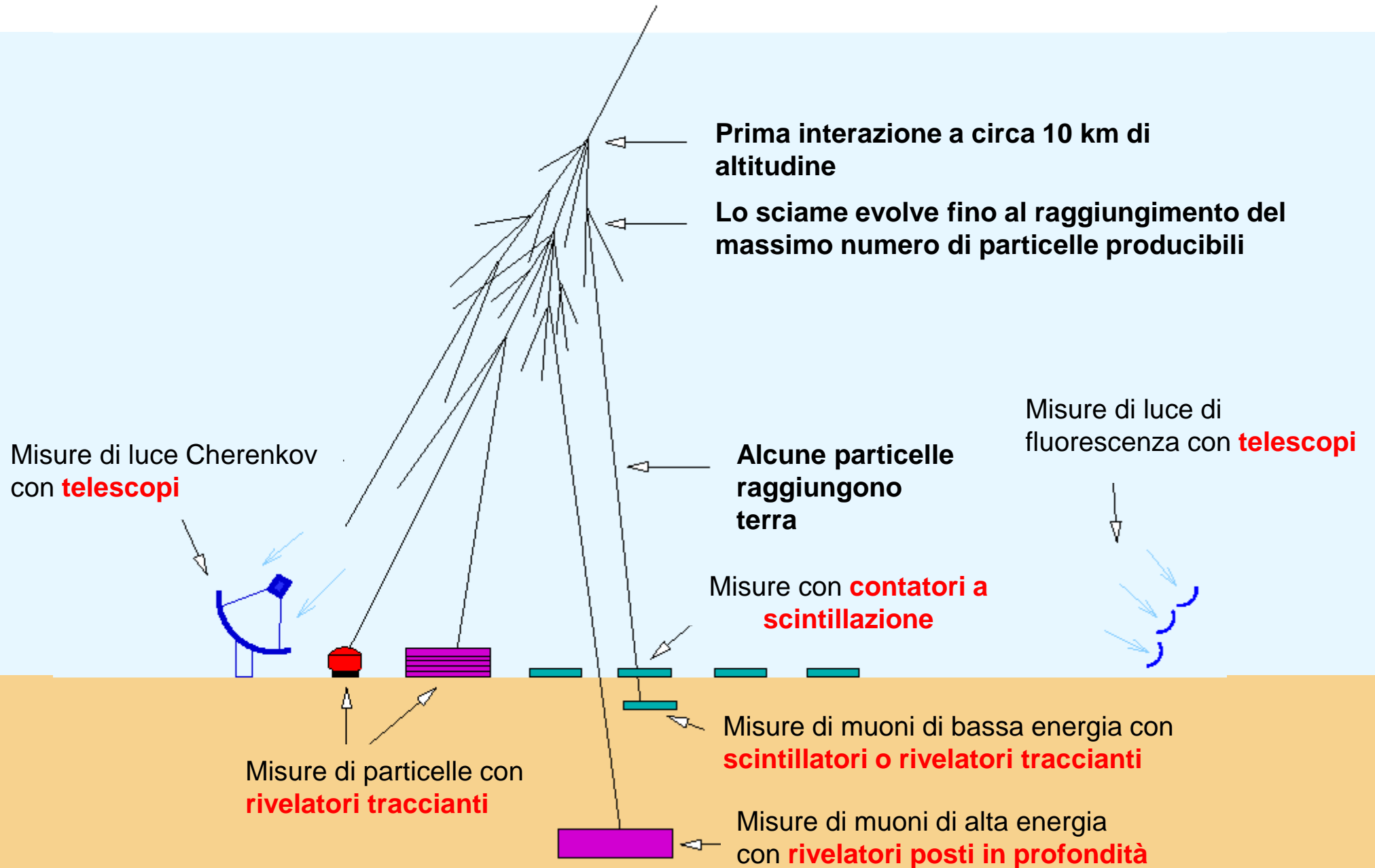


## Rivelazione indiretta:

enormi esperimenti sulla Terra



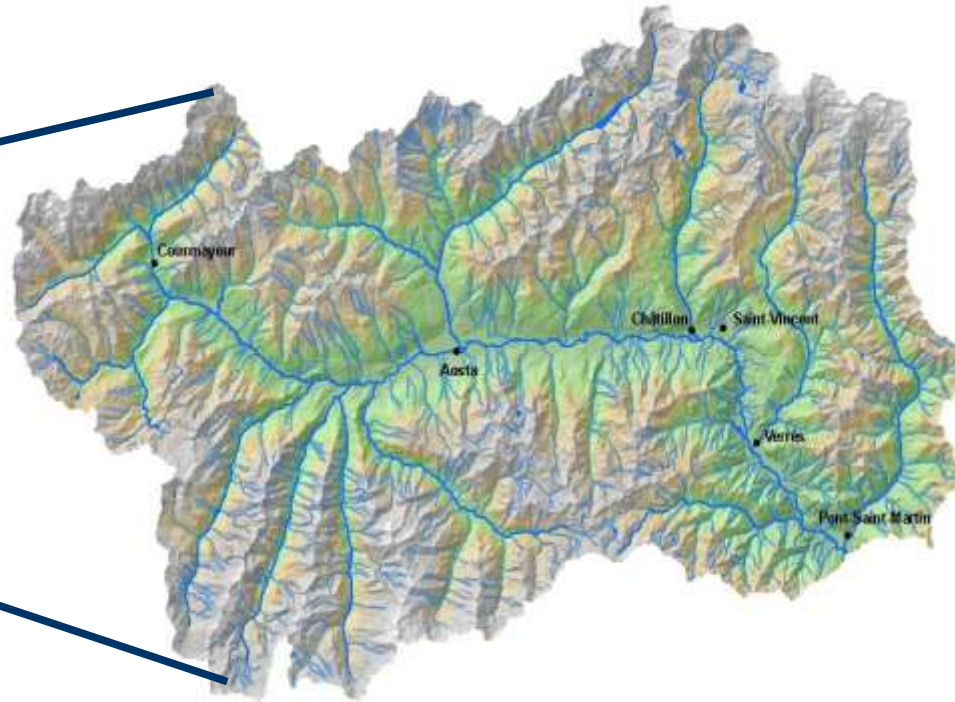
# Tecniche di rivelazione di uno sciame



# L'Osservatorio Pierre Auger



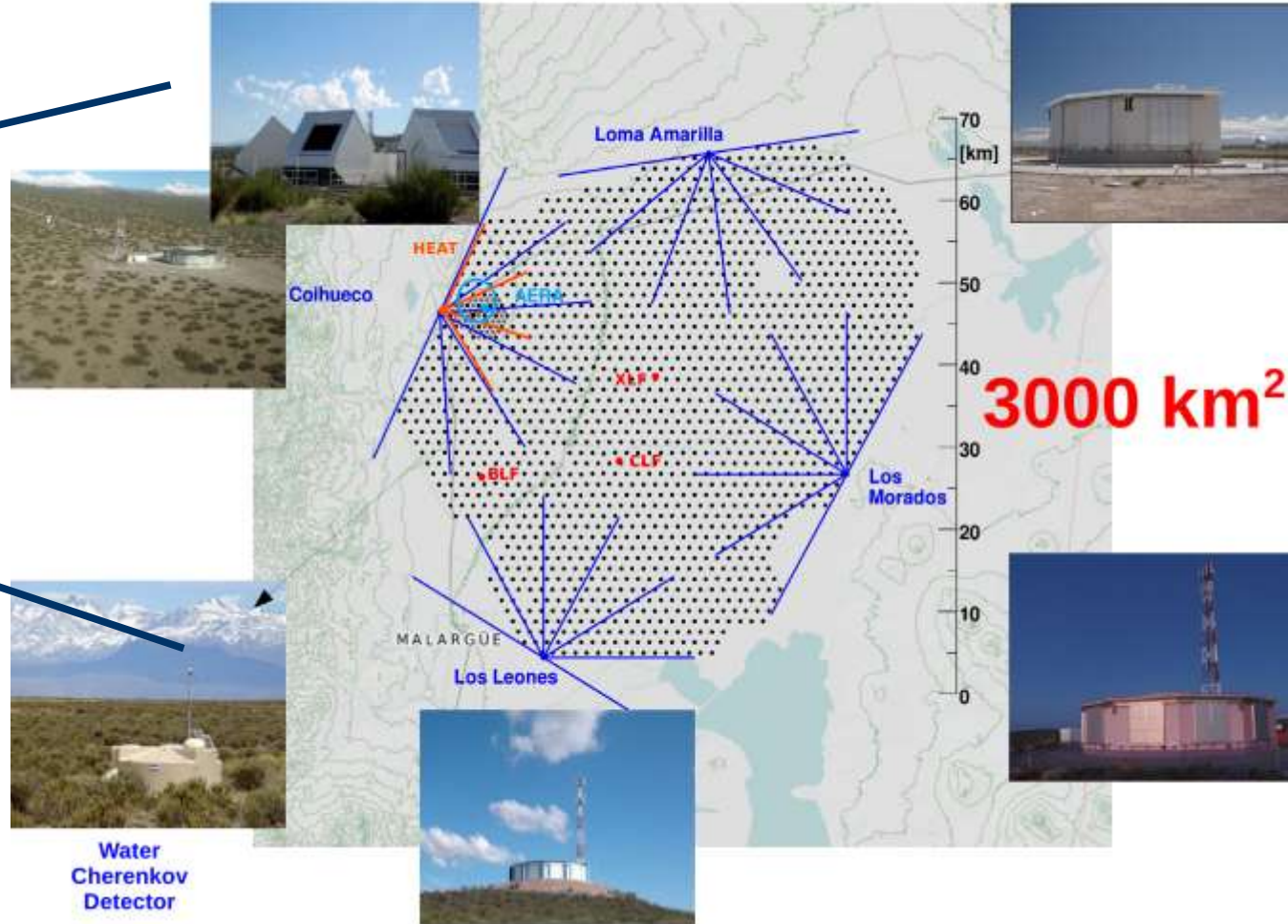
VALLE D'AOSTA



3260 km<sup>2</sup>

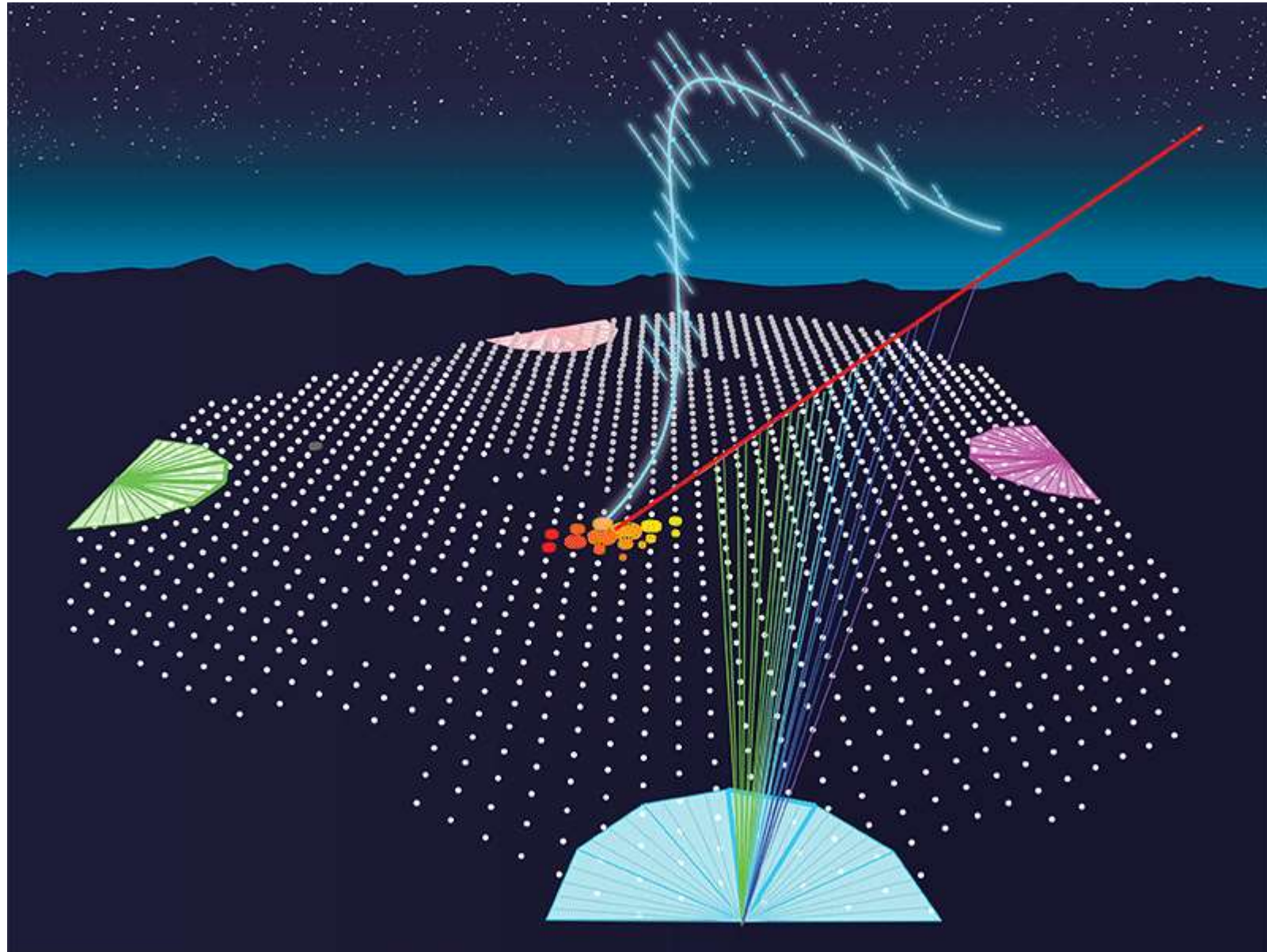
# L'Osservatorio Pierre Auger

Più di 450 scienziati da 16 diverse nazioni



Water Cherenkov Detector

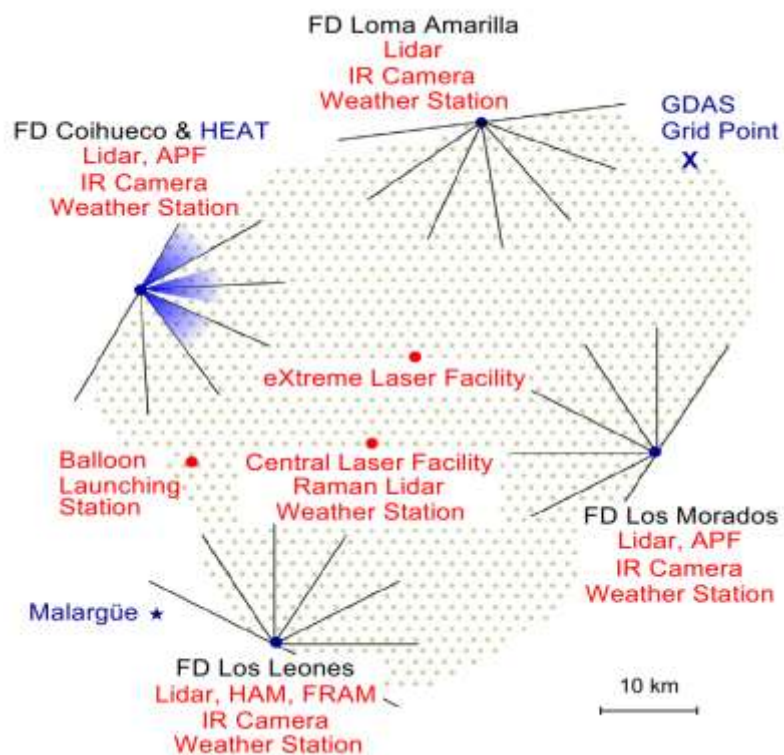
# La rivelazione ibrida



# Rivelatori di fluorescenza

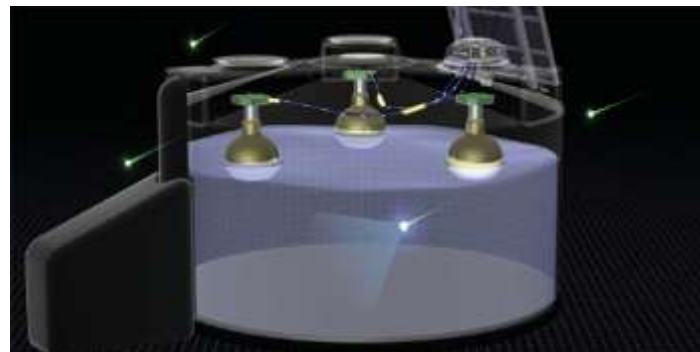
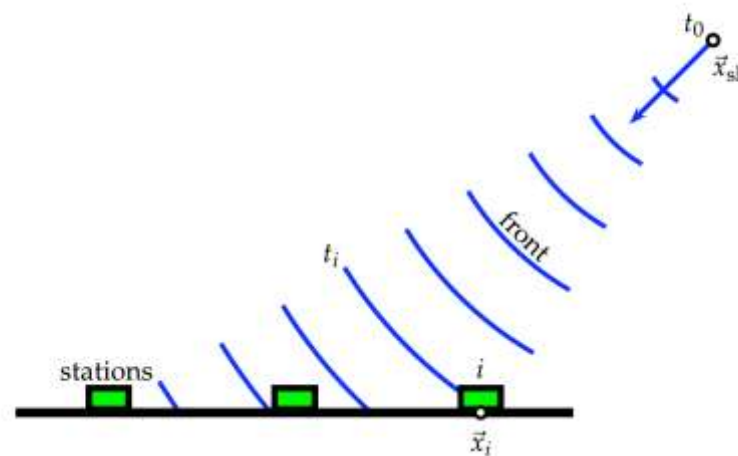


- ★ Duty Cycle: 15%
- ★ Misura calorimetrica dell'energia



# Rivelatori di superficie

- ★ Duty Cycle 100%
- ★ Stima dell'energia dipendente dai modelli d'interazione



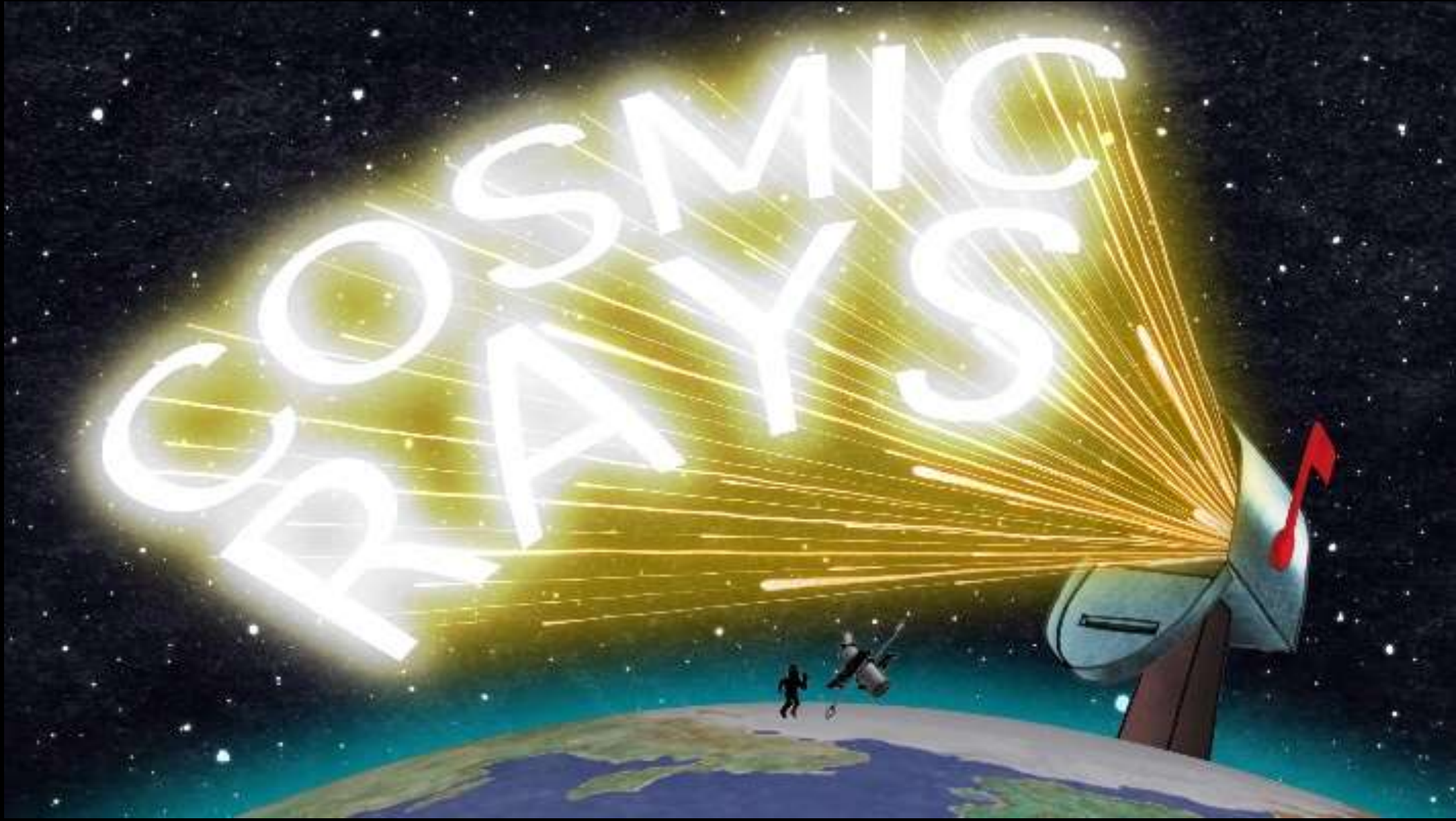
# Rivelatori di fluorescenza



# Rivelatori di superficie



Cosa sappiamo oggi?



# Cosa sappiamo oggi?



Cosa sono  
i RC?

Quanti sono?

Da dove  
vengono?

Come  
sono  
nati?

- Particelle che arrivano sulla Terra da tutte le direzioni dell'Universo.
- Si formano nelle regioni più energetiche del Cosmo
- Ci raccontano cosa accade a milioni (e miliardi) di anni luce da noi...

... ma c'è ancora tanto da scoprire!

# Grazie!



@inf\_napoli

#infnapoli



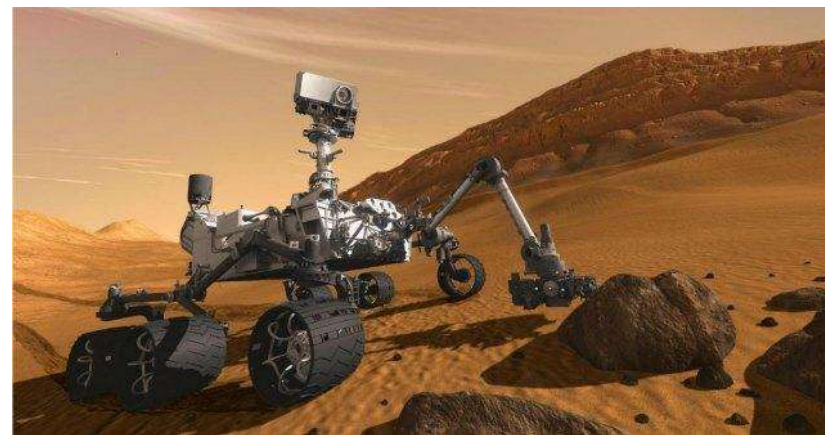
INFN Napoli



*Scan me*



# Hai mai incontrato i raggi cosmici?



# La Toyota e i raggi cosmici



In aprile 2010 NHTSA comminò a **Toyota** una multa di 16,375 milioni di \$ (il massimo previsto dalla legge) per aver segnalato in ritardo la presenza del difetto dell'acceleratore. In dicembre, altre due multe per complessivi 32,425 milioni di \$ con la stessa motivazione, riferite a due campagne di richiami precedenti.

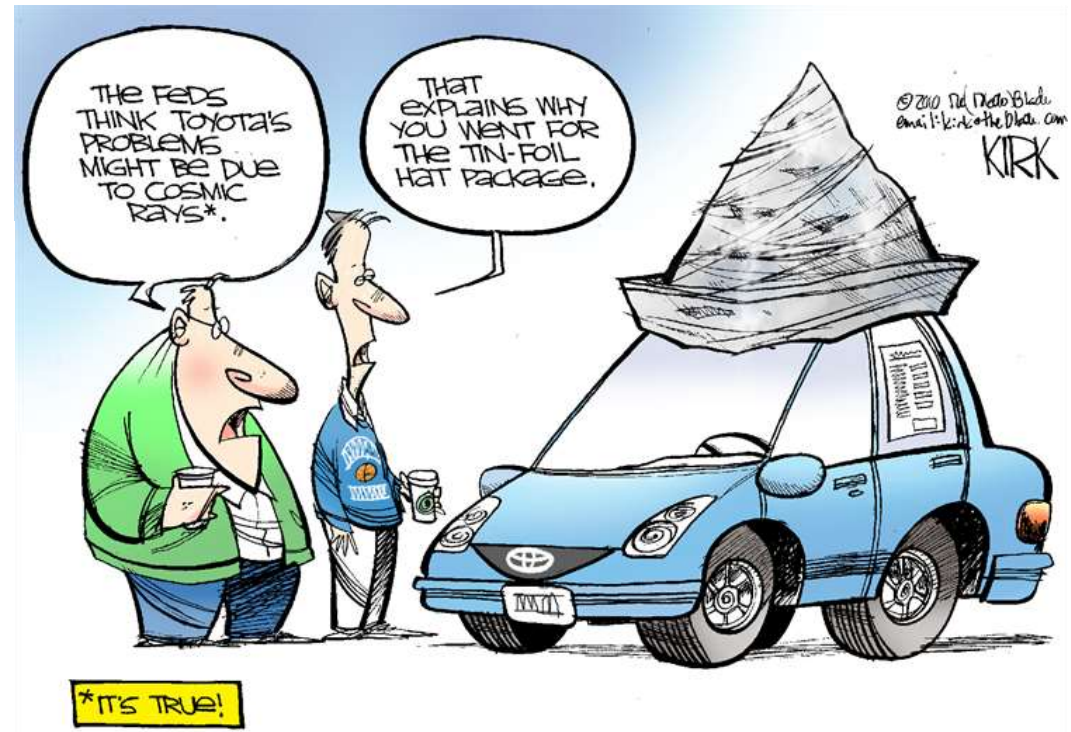
# La Toyota e i raggi cosmici



In aprile 2010 NHTSA comminò a **Toyota** una multa di 16,375 milioni di \$ (il massimo previsto dalla legge) per aver segnalato in ritardo la presenza del difetto dell'acceleratore. In dicembre, altre due multe per complessivi 32,425 milioni di \$ con la stessa motivazione, riferite a due campagne di richiami precedenti.

## Il Richiamo Della Toyota Potrebbe Essere Causato Dai Raggi Cosmici - 2020 | Tech

Non può ridurre le noie della Toyota a sentire che i problemi che la compagnia ha avuto con i pedali del gas difettosi potrebbero essere attribuiti ai raggi cosmici dallo spazio. Sembra incredibile? Il concetto è in realtà molto più plausibile di quanto si possa pensare.



# I raggi cosmici e l'uomo

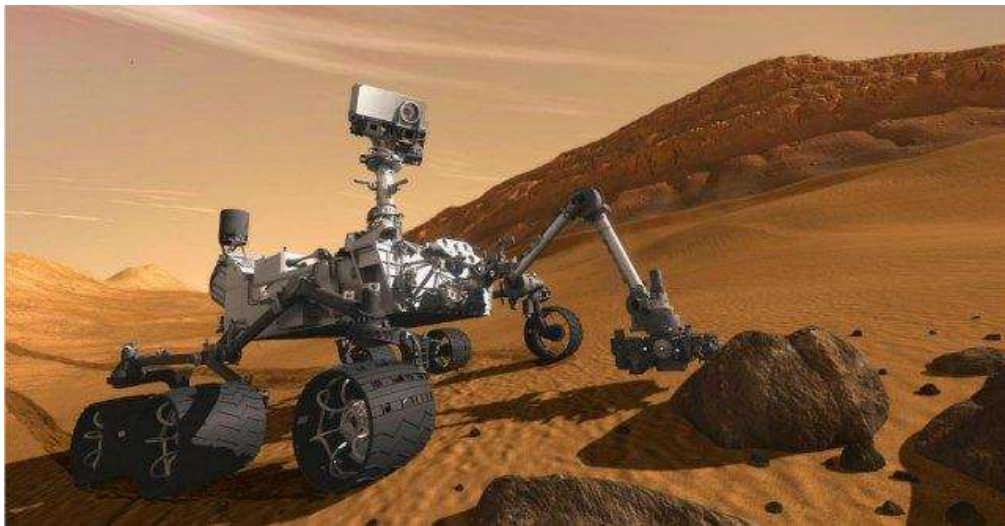
Sulla Terra l'atmosfera ci protegge dai raggi cosmici più energetici, non è così per gli astronauti!



# Turisti su Marte?

Cosa succede quando non ci sono né atmosfera né campi magnetici a proteggerci?

Terra	1 mSi
Marte	200 mSi
Spazio	700 mSi



# Turisti su Marte?

Cosa succede quando non ci sono né atmosfera né campi magnetici a proteggerci?

Terra	< 1 mSi
Marte	200 mSi
Spazio	700 mSi

10 milioni di



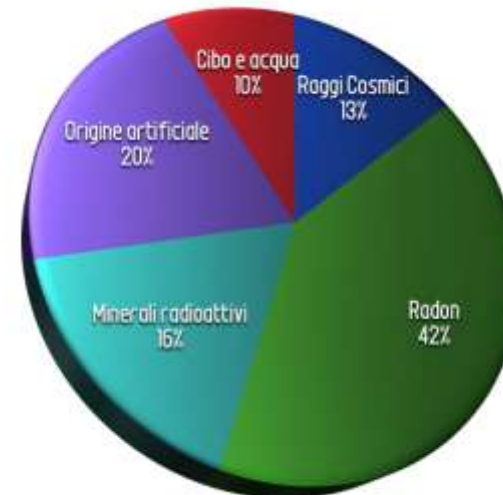
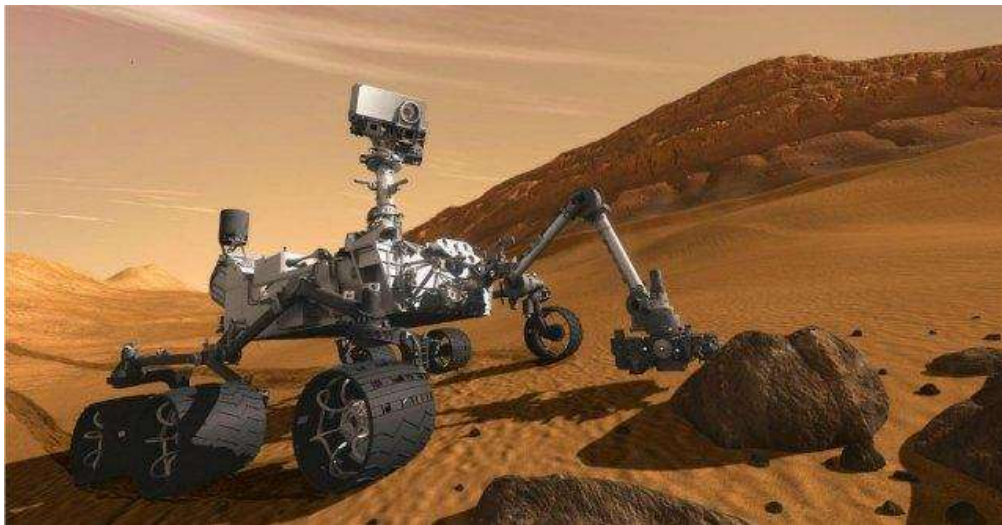
1% della dose di radiazione naturale giornaliera media



50 banane



10 banane



150'000 banane

# I segreti delle piramidi

- Costruita dal faraone Khufu (2500 aC)
- alta 139 m e larga 230 m
- 3 camere conosciute: del Re, della Regina e la camera sotterranea

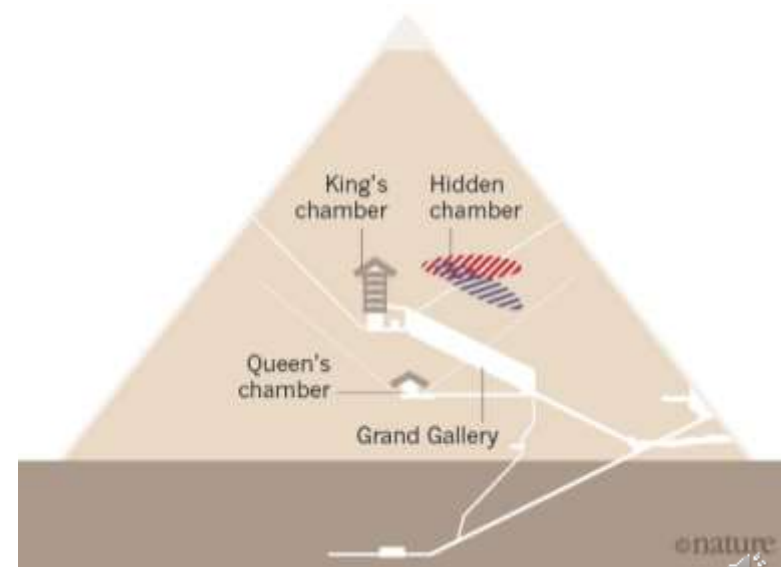
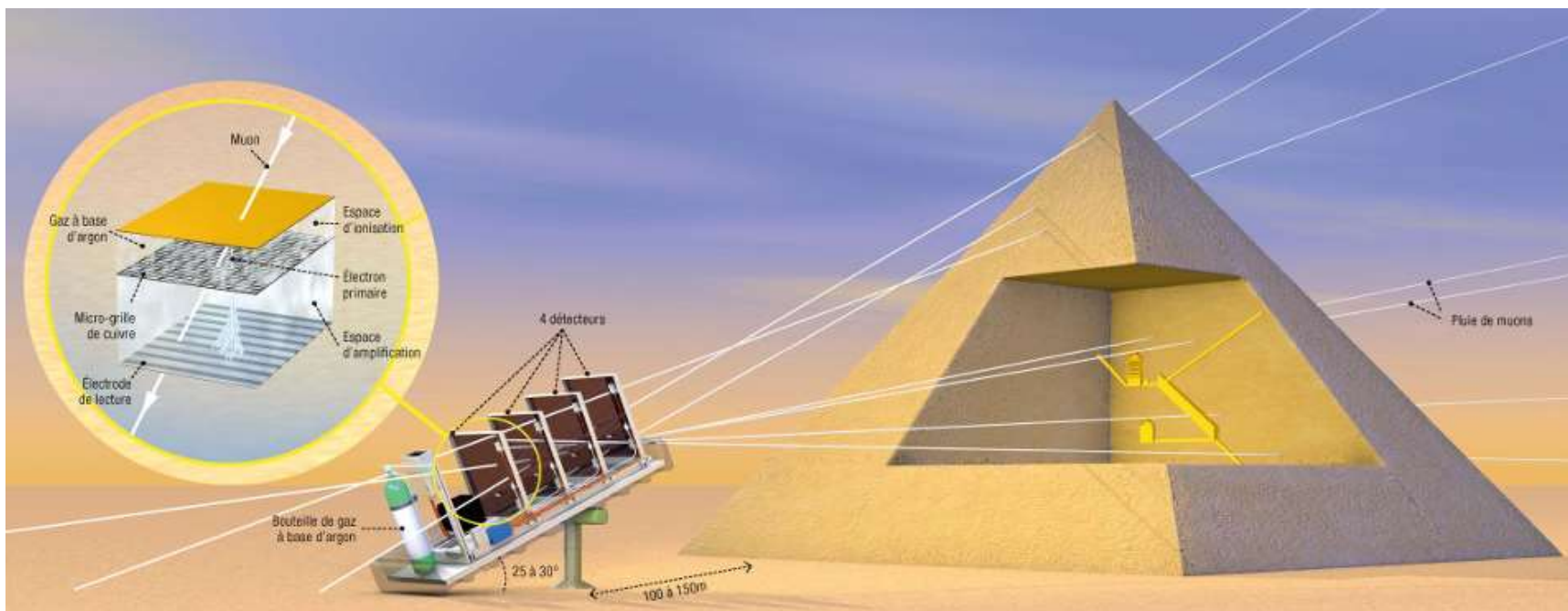


02 novembre 2017

## I muoni scoprono una nuova camera nella piramide di Cheope



Sfruttando i muoni prodotti dall'interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera per effettuare una sorta di radiografia, è stato scoperto un vasto spazio vuoto all'interno della piramide di Cheope a Giza. Lungo almeno 30 metri, si trova al di sopra della Grande Galleria ma la sua funzione è ancora sconosciuta (red)



# Di cosa sono fatti i raggi cosmici?

