

Vecchi messaggeri portano grandi novità

I raggi cosmici

Bianca Bottino

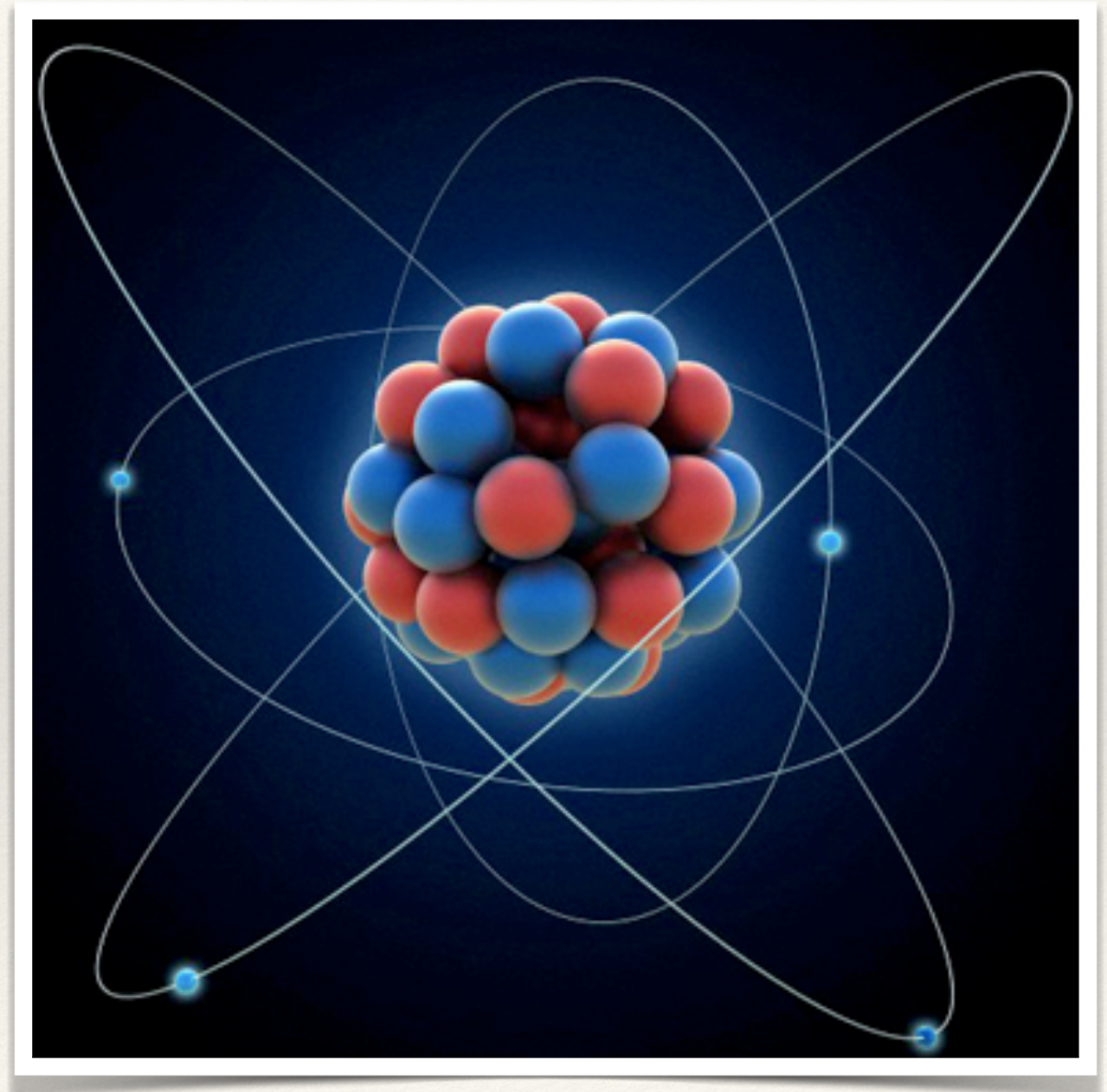
Università degli Studi di Genova

INFN Sez. Genova



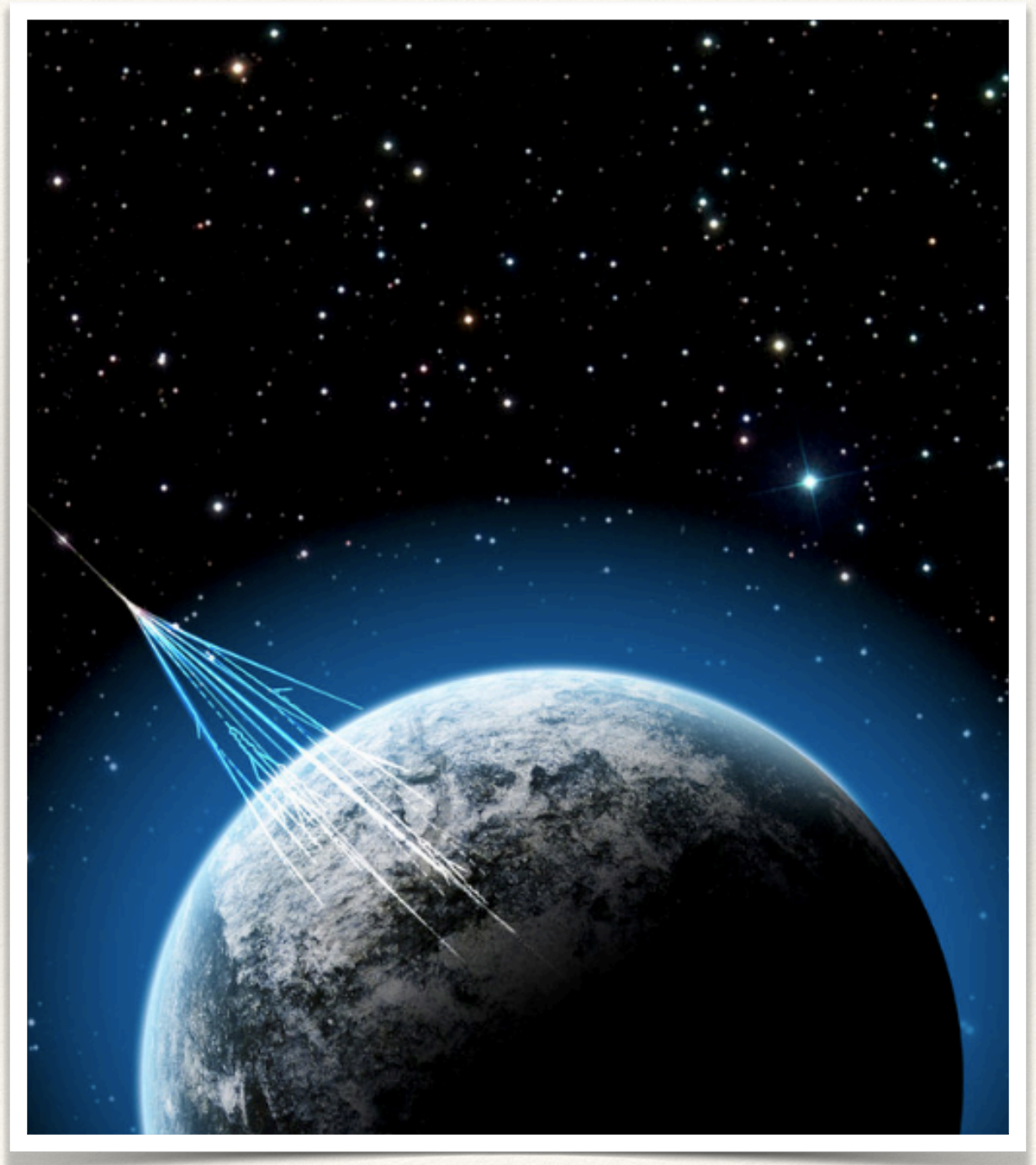
Ripassino...

- ❖ La materia è costituita da atomi.
- ❖ Gli atomi a loro volta sono costituiti da **particelle** più piccole : protoni, neutroni ed elettroni.
- ❖ Nell'Universo ci sono molte altre particelle, oltre a quelle che costituiscono gli atomi...
- ❖ ...fotoni, muoni, neutrini...



I raggi cosmici

- ❖ Esistono particelle sub-atomiche che arrivano sulla terra dallo spazio: sono chiamate **raggi cosmici primari**
- ❖ In particolare i raggi cosmici sono costituiti da:
 - Protoni ($\sim 90\%$)
 - Nuclei di elio ($\sim 9\%$)
 - Elettroni ($\sim 1\%$)
 - Fotoni di alta energia, detti raggi gamma



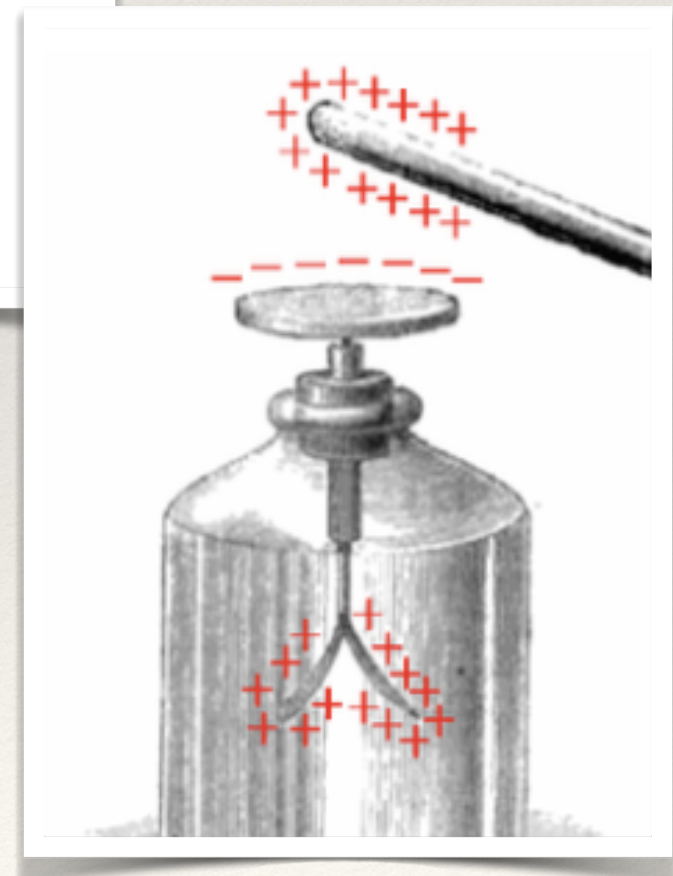
Pillole di storia

Quando e come sono stati scoperti i raggi cosmici?

Step 1 : 1785 Coulomb osservò che un elettroscopio carico, sebbene isolato, si scarica in modo spontaneo.

Step 2: 1900 I coniugi Curie, Pierre e Marie, capirono che tale fenomeno di scarica è dovuto alla radioattività naturale.

Step 3: Ci si chiese da dove venisse la radiazione. Inizialmente quasi tutti pensavano che venisse da terra.



Pillole di storia

Ma qualcuno non era convinto...

Step 4 : 1910 Wulf, rese trasportabile l'elettroscopio e fece misure sulla Tour Eiffel, per confrontarle con quelle a terra.

Step 5: le misure di Wulf non mostrano nulla di eclatante. La maggioranza ritiene confermata la teoria che la radioattività venga da terra.

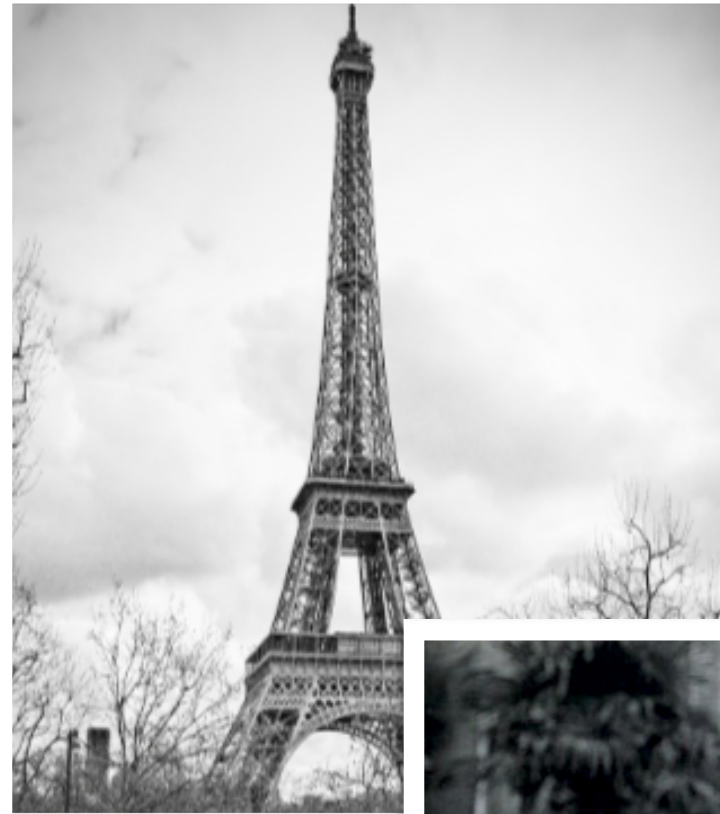
...C'è ancora qualcuno che non si convince

Step 6 : Domenico Pacini, fisico italiano, fa misure sott'acqua, a Livorno.

La sua idea era: se la radiazione NON proviene dalla terra, andando sott'acqua dovrò osservare una riduzione del flusso...

1911 / 1912 trova la conferma sperimentale della propria teoria!

La radiazione deve venire da qualche altra parte!



Pillole di storia

Step 7: 1913 Victor Franz Hess effettuò un volo in mongolfiera raggiungendo i 5.350 metri di altezza.

Portava un elettroscopio a fibre di quarzo e un microscopio con scala graduata per misurare l'intensità della radiazione ambientale e notò che essa diminuiva lentamente con l'altezza.

A partire dai 1500 metri di quota il segnale riprendeva a crescere fino ad arrivare, a 5.000 metri, a una intensità doppia di quella a terra.



*“I risultati delle presenti osservazioni potrebbero essere spiegati assumendo che una radiazione di potere altamente penetrante entra nella nostra atmosfera dall'esterno, ed ancora produce, nei livelli più bassi, parte della ionizzazione osservata in laboratorio”
(Victor F. Hess, Physikalische Zeitschrift, novembre 1912)*

Nobel 1936

Finalmente nel 1936 i successi delle ricerche sui raggi cosmici vengono riconosciuti.

Premio Nobel a Hess e Anderson.

“È arrivato il momento in cui possiamo dire che quelli che chiamiamo raggi cosmici vengono da regioni dello spazio lontane dalla Terra e che l'uso di questi raggi ha portato a risultati di tale importanza che possono essere considerati una scoperta di prima grandezza. Credo sia corretto dire che Hess per primo ha stabilito che la ionizzazione cresce con l'altezza, e che è stato il primo a poter concludere con sicurezza che parte della ionizzazione è di origine extraterrestre.” Compton

Il povero Domenico Pacini, morto da due anni, non ricevette alcun riconoscimento per il proprio lavoro...



Esistono particelle sub-atomiche che arrivano sulla terra dallo spazio...



...sono i raggi cosmici primari

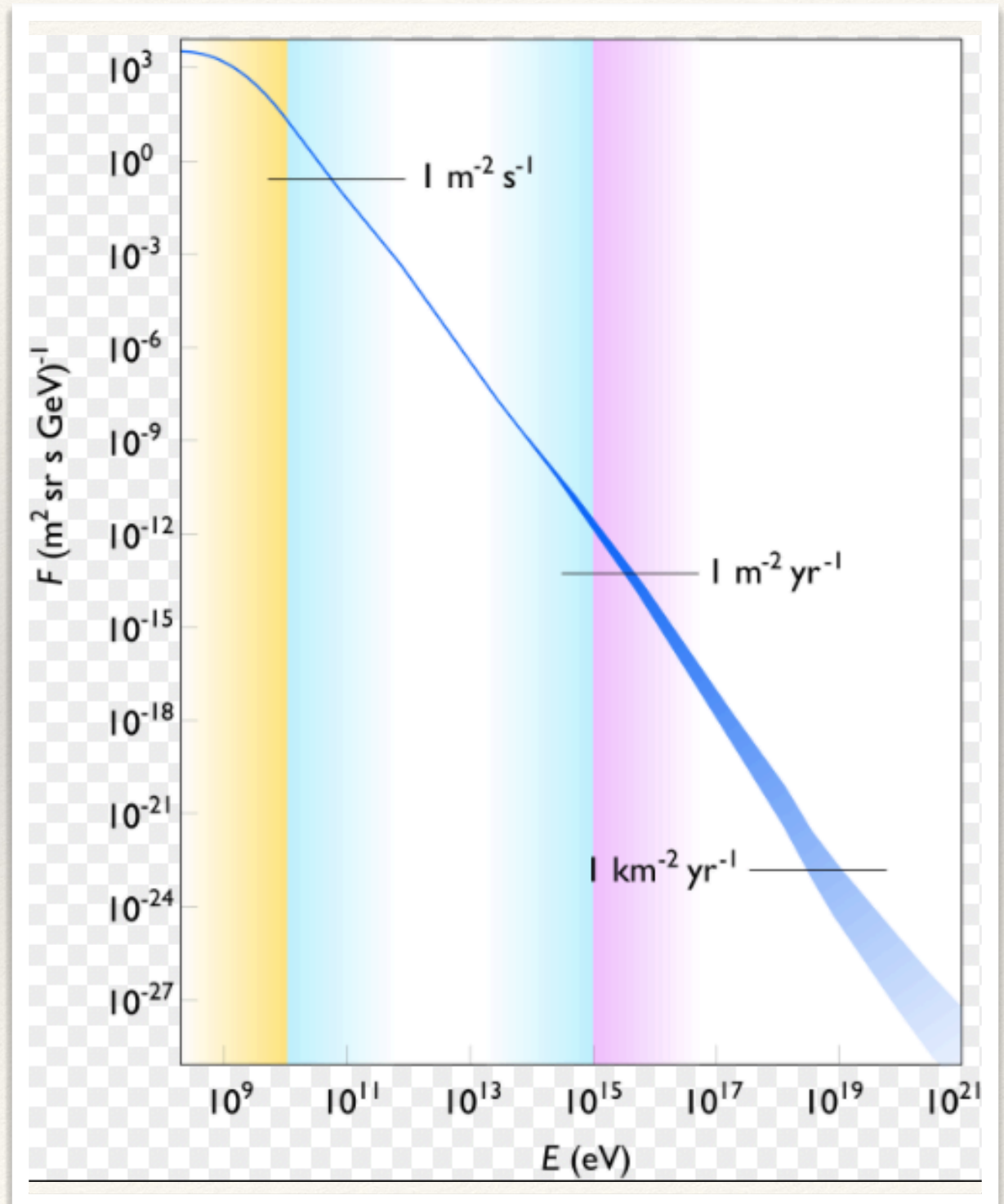
Dove nascono i raggi cosmici?

I raggi cosmici primari provengono da varie regioni dello spazio, a distanze dalla Terra molto diverse.

Alcuni sono generati dall'**attività solare**, altri sono di **origine galattica**, mentre quelli più energetici sono di **origine extra-galattica**.

Si pensa che i raggi cosmici, almeno quelli con energie fino a 10^{15} eV, vengano accelerati in seguito alle esplosioni di Supernovae nella nostra Galassia.

I raggi cosmici di energie più elevate sembrano provenire da nuclei galattici attivi.



Raggi cosmici primari

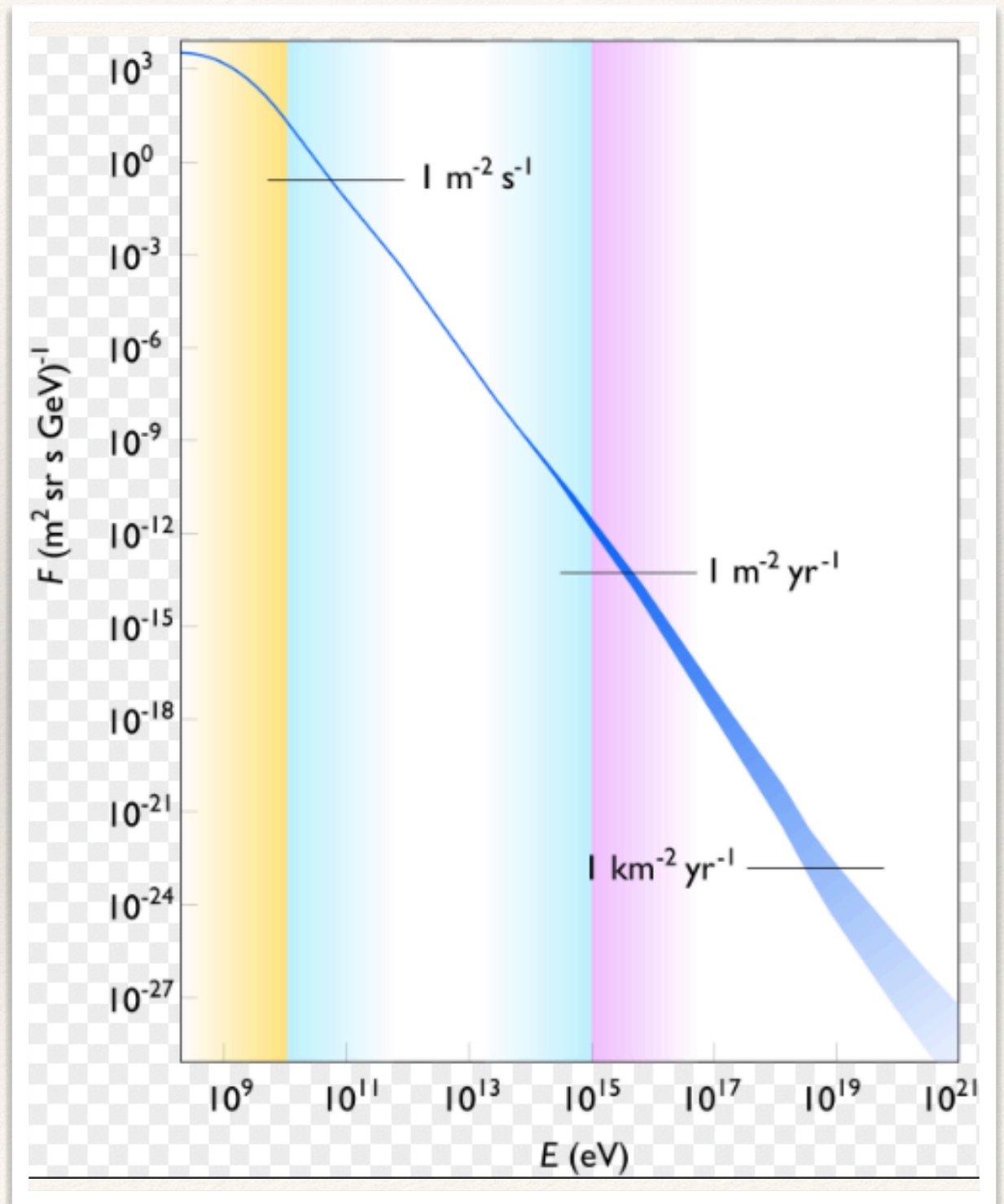
Si possono dividere in:

- **carichi:** protoni, nuclei di elio ed elettroni
- **neutri:** fotoni e neutrini

Coprono un grandissimo intervallo di energia, distribuito su 14 ordini di grandezza (da 10^8 fino a 10^{21} eV).

Sono isotropi a causa dei campi magnetici che permeano la nostra galassia e lo spazio intergalattico.

Il flusso dei raggi cosmici primari diminuisce rapidamente al crescere dell'energia.



I raggi cosmici secondari

La radiazione cosmica, penetrando nell'atmosfera terrestre, interagisce con un nucleo e genera un grande numero di particelle. Queste sono dette **raggi cosmici secondari**.

I raggi secondari a loro volta interagiscono generandone altri, creando un fenomeno a cascata. Si parla di **sciame cosmico**.

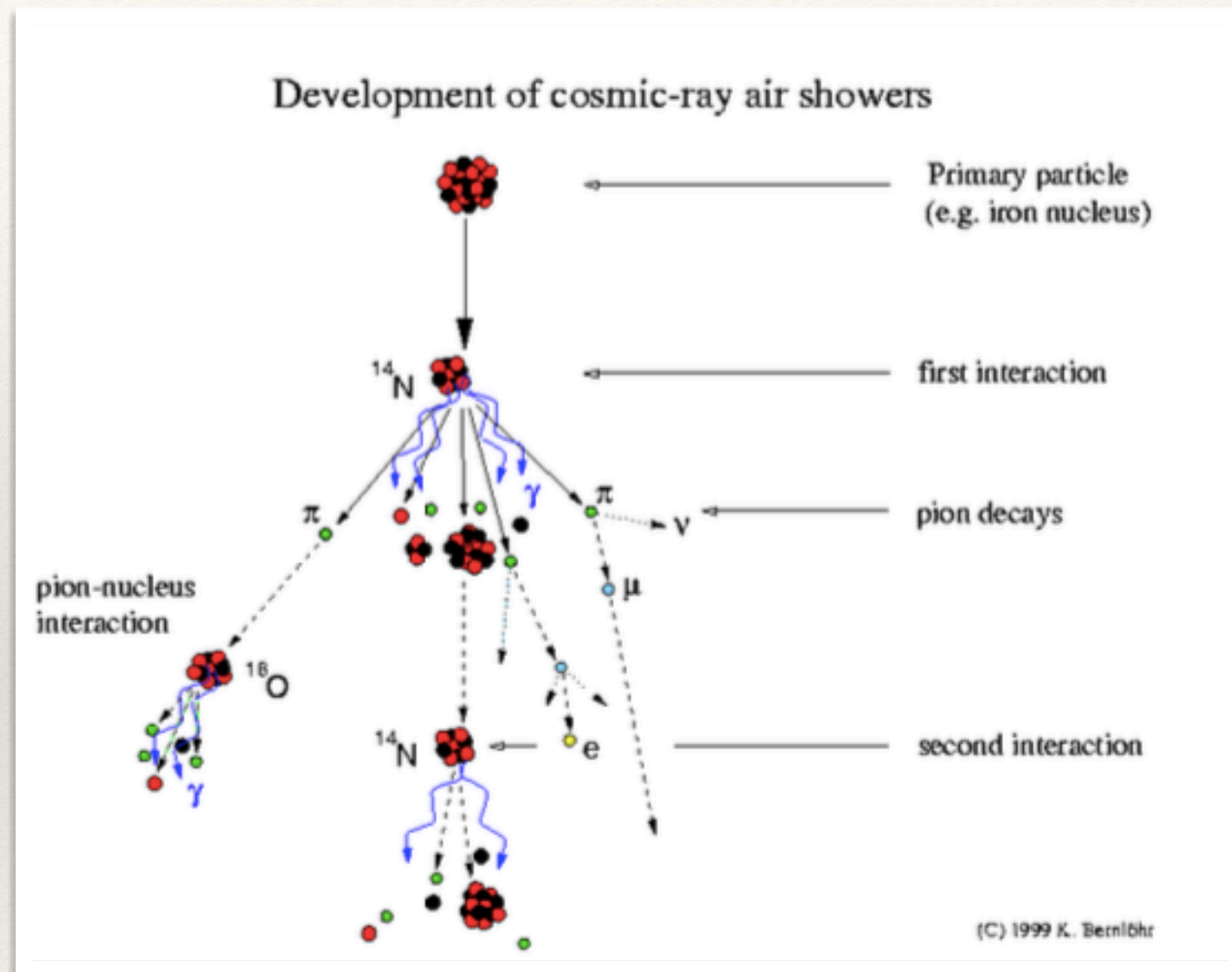




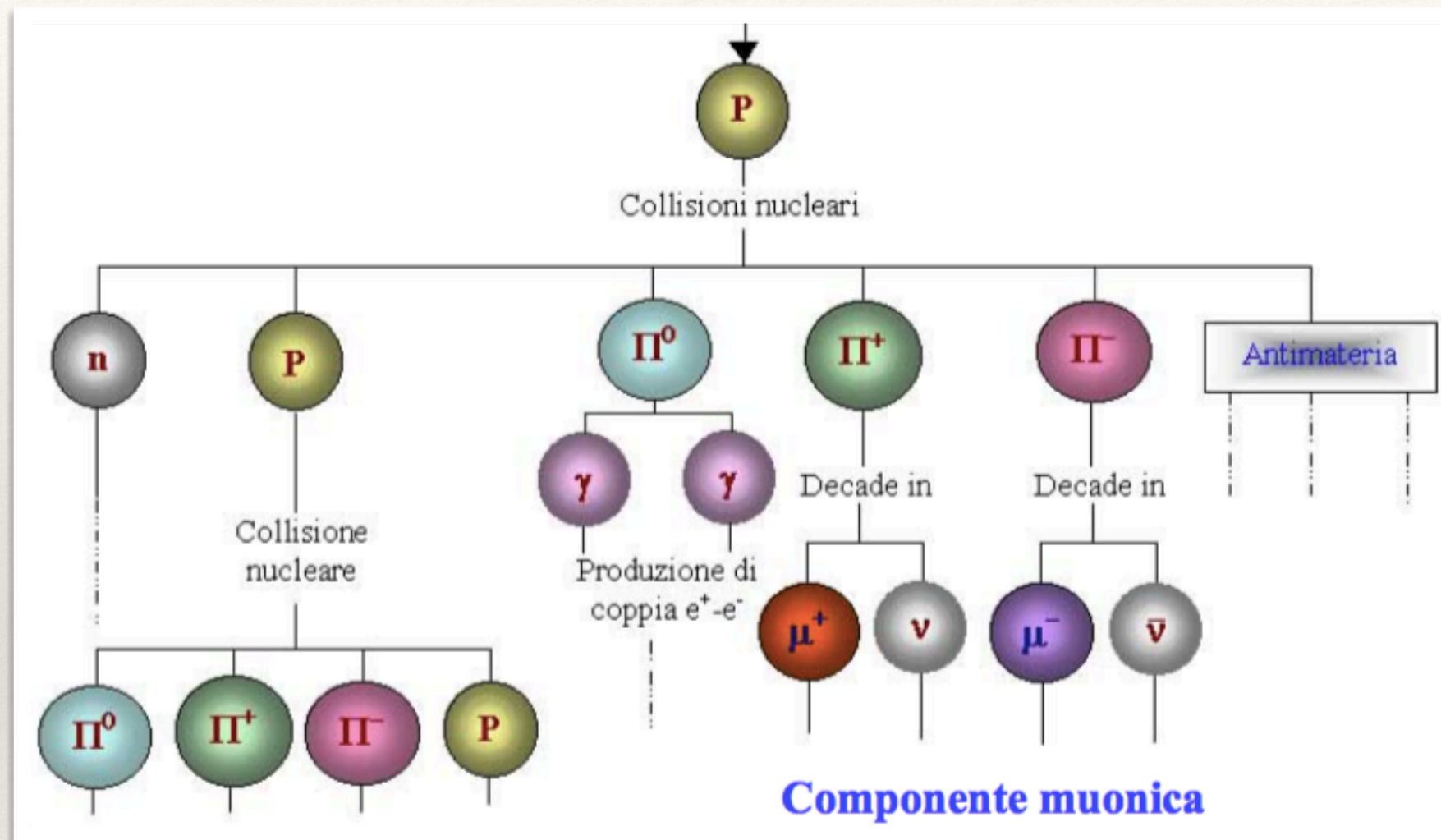
Raggi cosmici secondari

In uno sciame atmosferico generato da un protone o da un nucleo si susseguono continue interazioni adroniche ed elettromagnetiche.

La prima interazione avviene mediamente verso i 10 km di altezza. La particella che più conserva la direzione del cosmico primario, generalmente la più energetica (*particella leading*), prosegue il suo cammino finchè non subisce una seconda interazione in cui il processo si ripete, ovviamente con una energia totale minore.



Cosa viene prodotto?

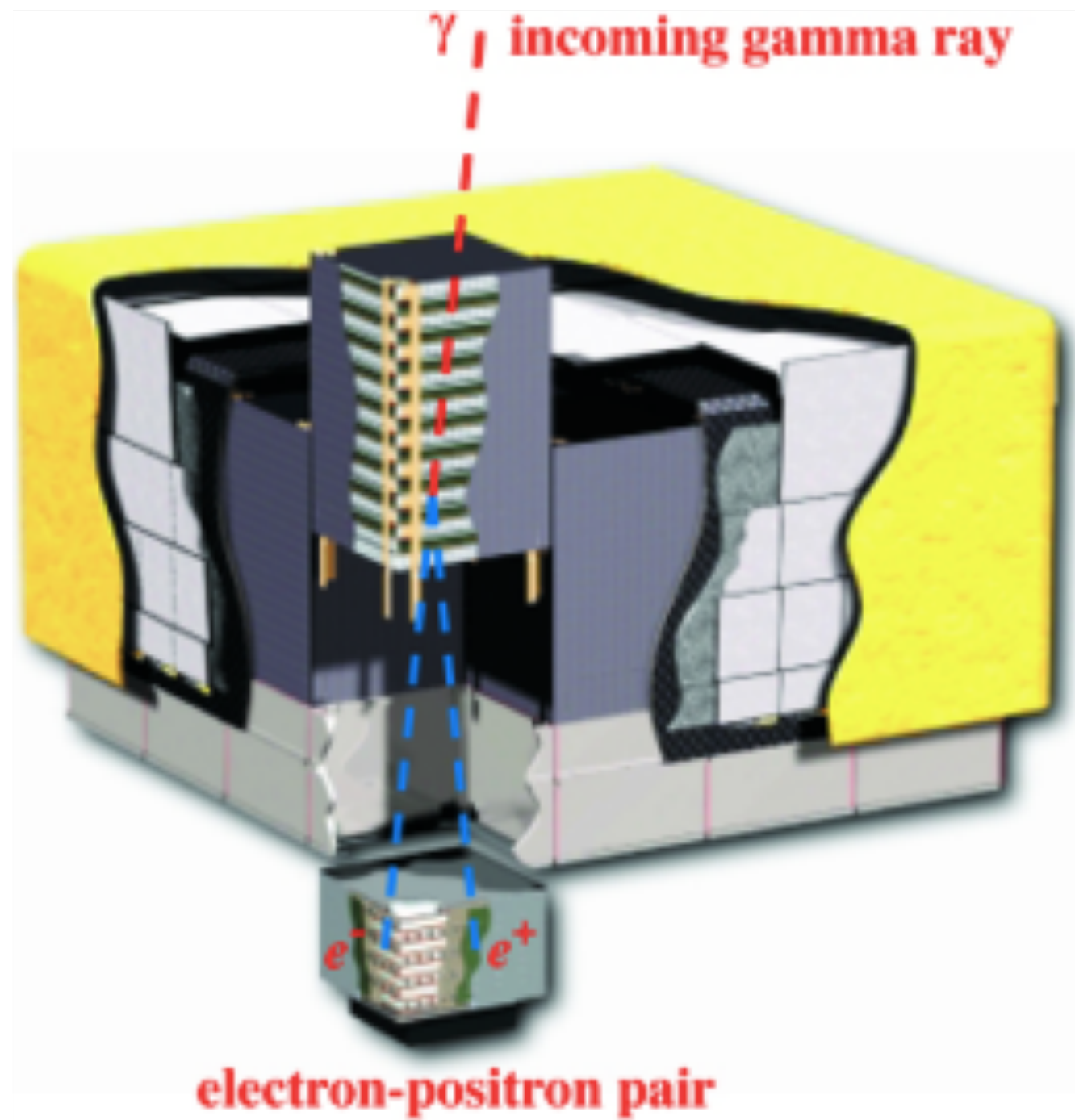


Negli sciami cosmici vengono prodotte molte particelle diverse, che subiscono ripetute interazioni e si trasformano.

Cosa guardare e come farlo

- ❖ Raggi cosmici primari → satelliti
- ❖ Sciami di bassa energia o prime interazioni → osservatori in alta montagna
- ❖ Sciami di alta energia → Cherenkov ad acqua in luoghi deserti
- ❖ Raggi gamma → telescopi Cherenkov in luoghi bui
- ❖ Neutrini → rivelatori in luoghi “schermati”

Fermi-LAT



Argo-YB



Yangbaijing, Tibet (90 km da Lhasa), 4300 m s.l.m.

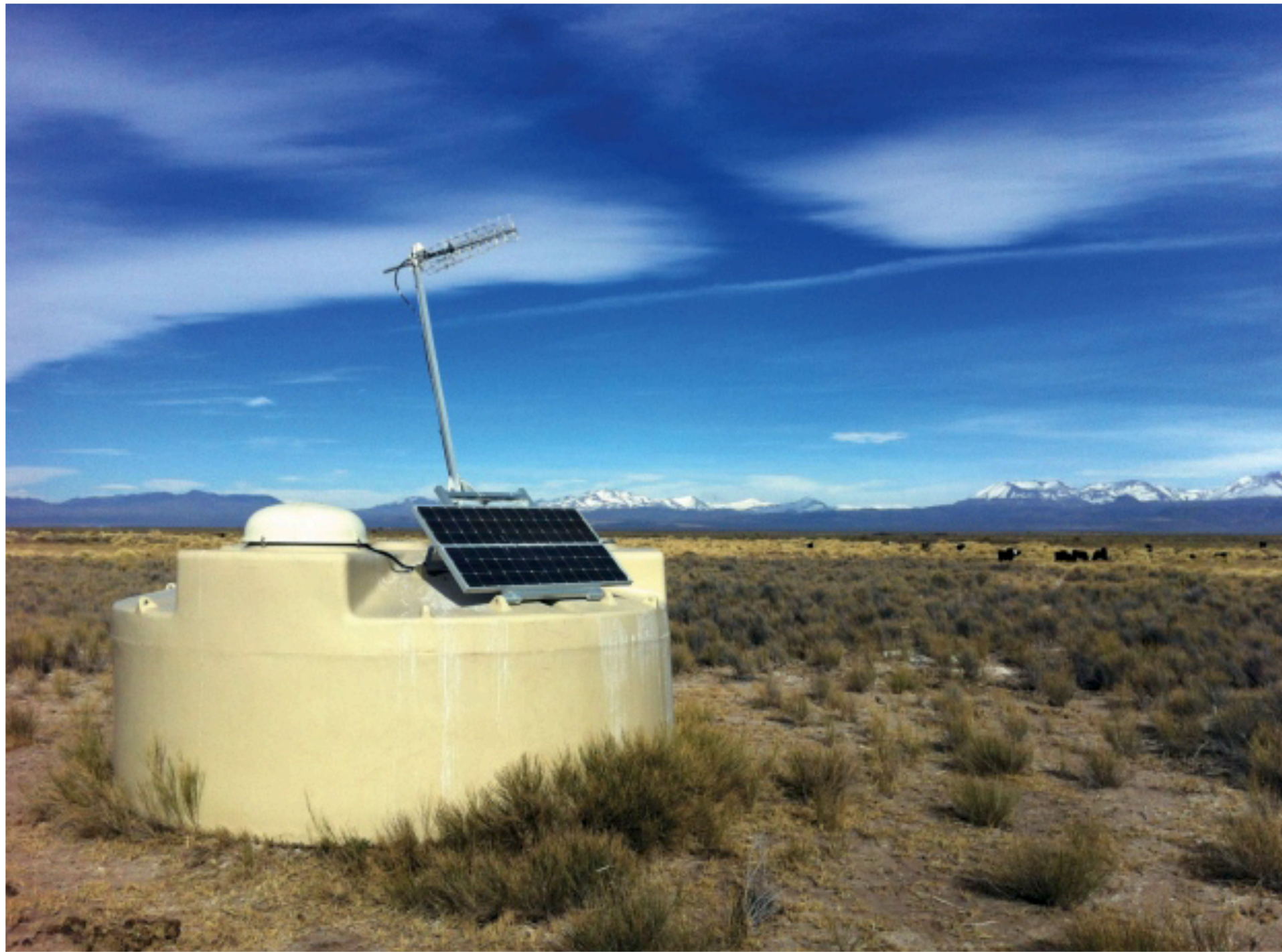
Esperimenti AS- γ e ARGO-YBJ (astronomia γ)

HAWC

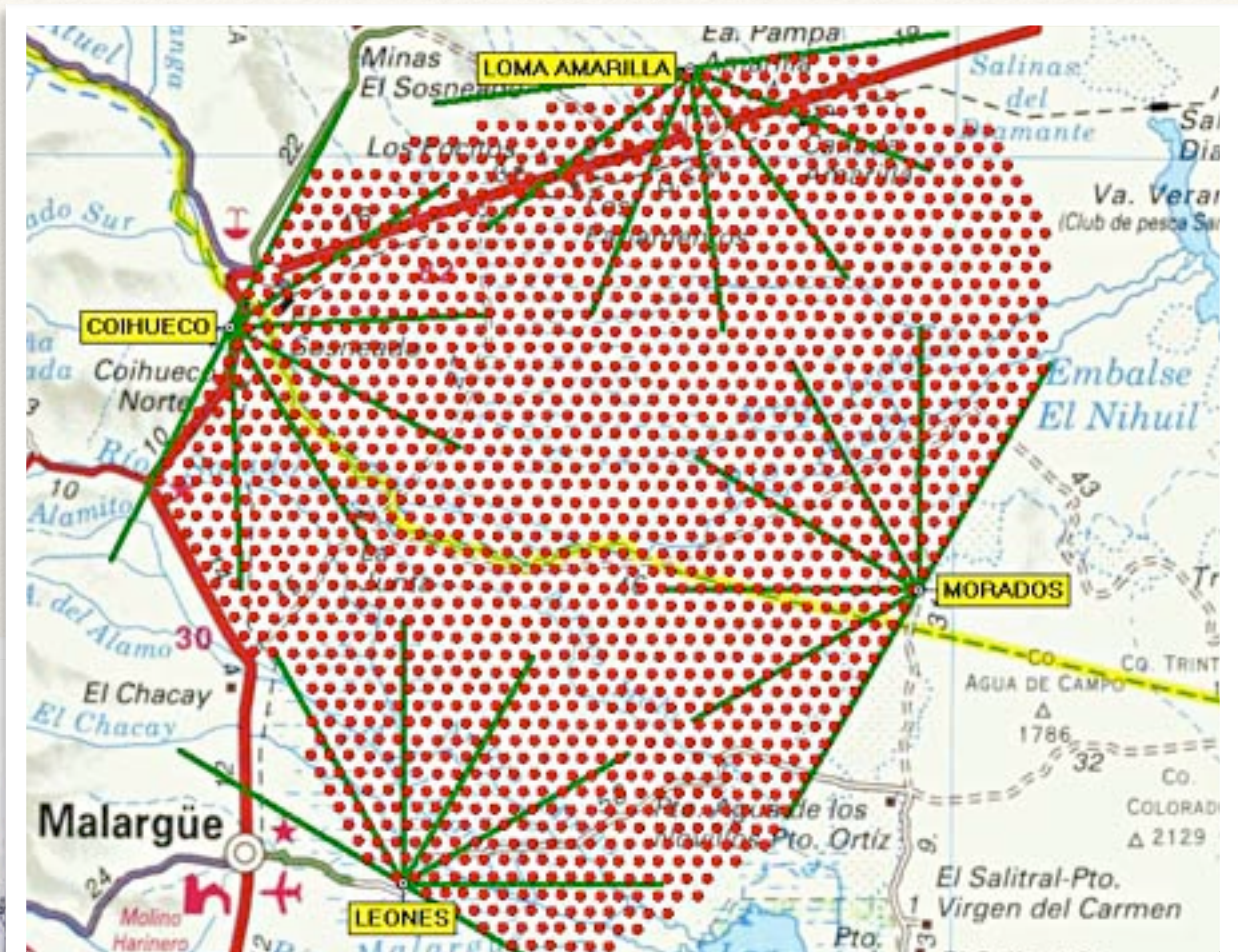


High Altitude Water Cherenkov Experiment
Sui fianchi del vulcano Sierra Negra nello stato messicano
di Puebla ad una altitudine di 4100 metri

Auger



Pampa Argentina



3000 km² di area

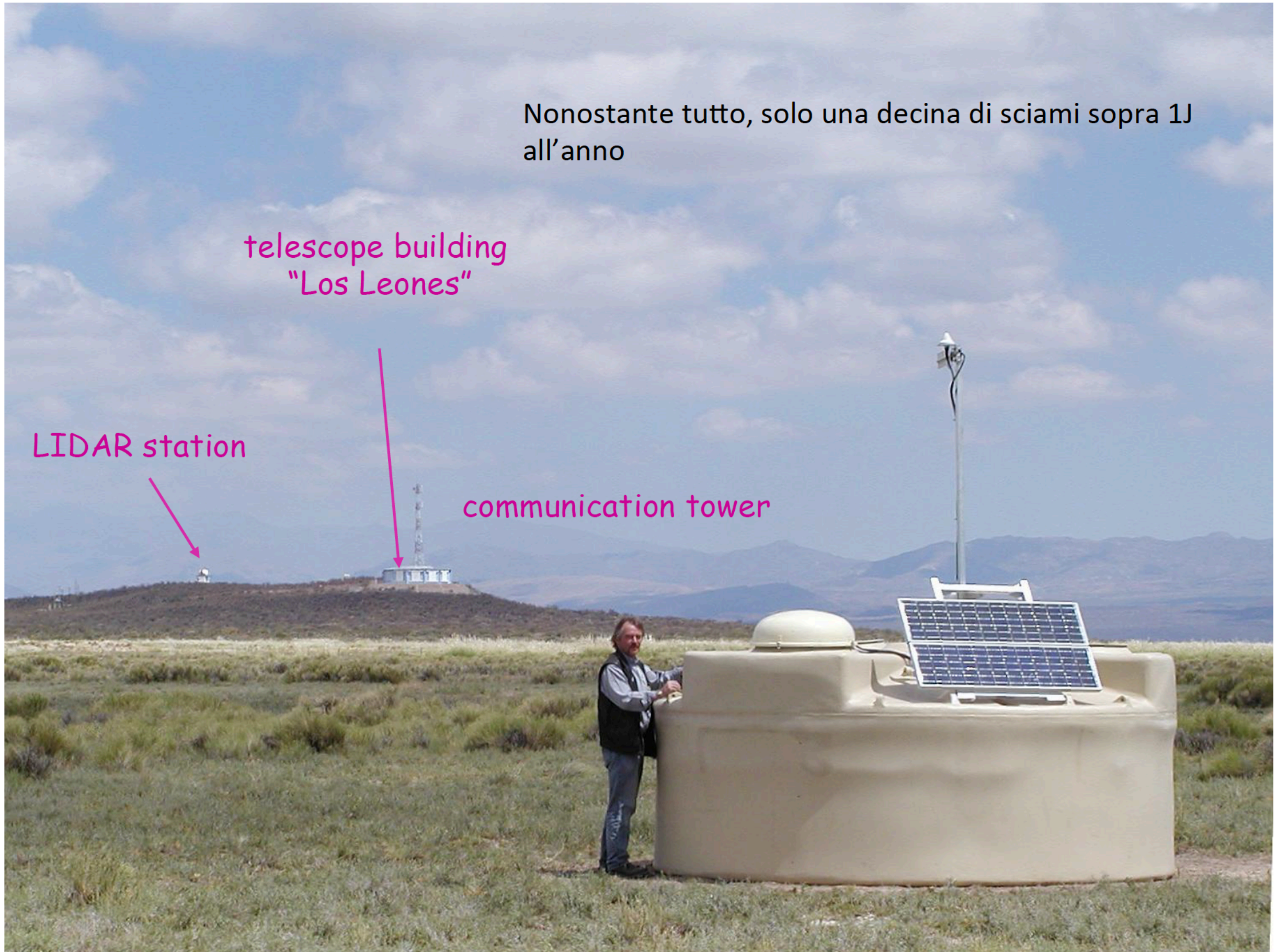


Nonostante tutto, solo una decina di sciami sopra 1J
all'anno

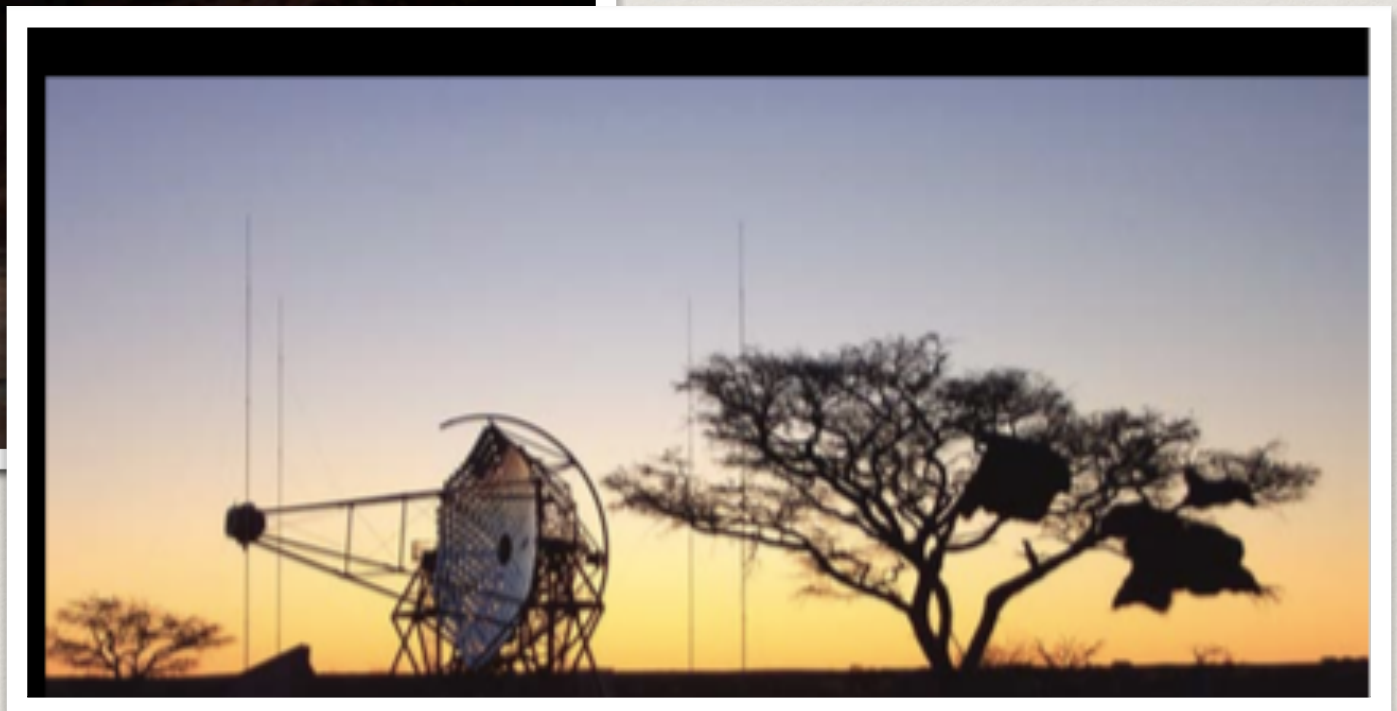
telescope building
"Los Leones"

LIDAR station

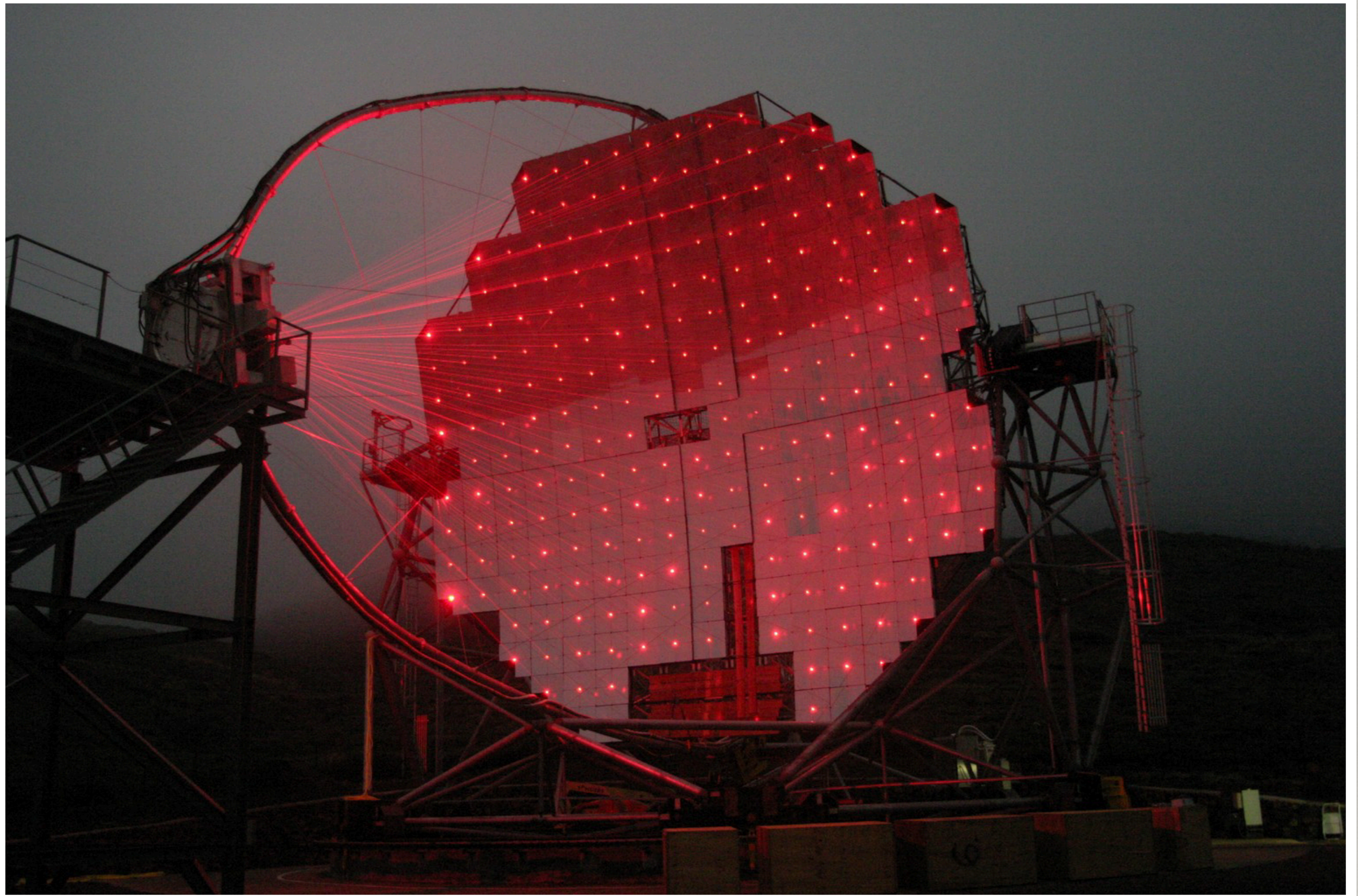
communication tower



HESS e MAGIC



Namibia e Isole Canarie



IceCube



Hot water hose going down one of the holes.
Il tubo che porta l'acqua calda alla trivella.
Credits: Tomas Gustafson/NSF

Polo Sud

