

A caccia di raggi cosmici

una ricerca che compie cento anni

Silvia Vernetto,
OATO - INAF

1912

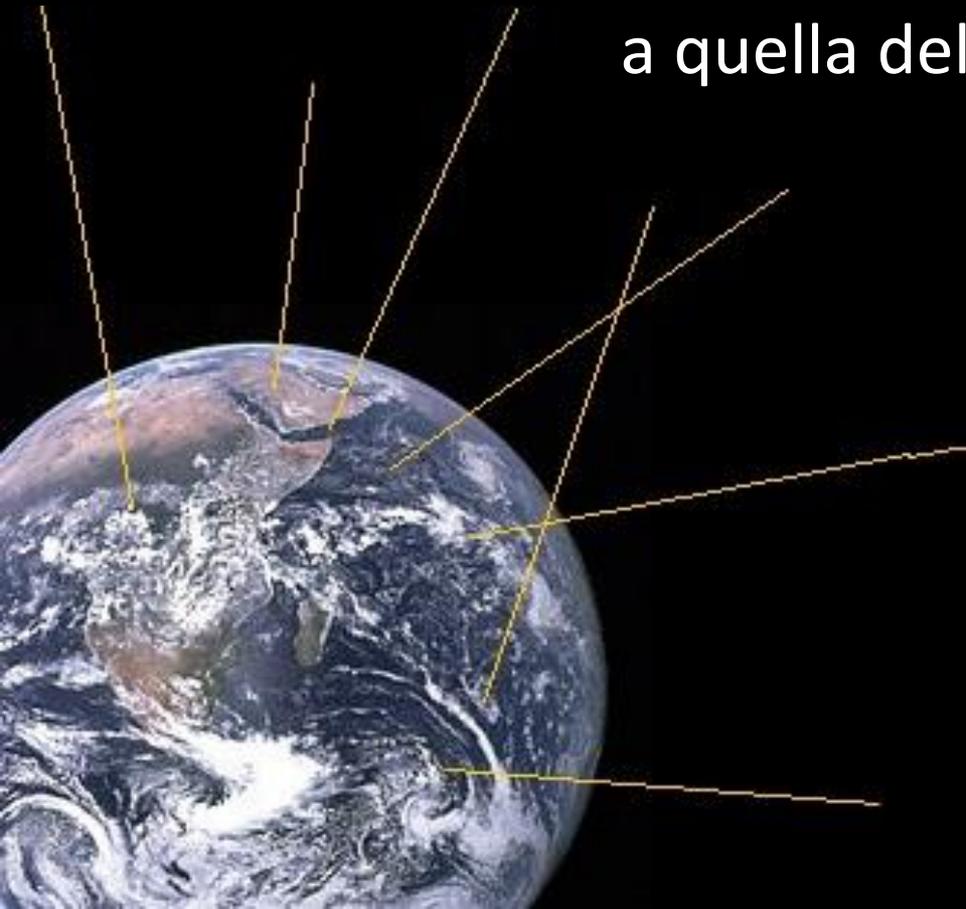
Sono passati 100 anni da quando Victor HESS, a bordo di una mongolfiera, scoprì i raggi cosmici



Ma cosa sono i raggi cosmici ?

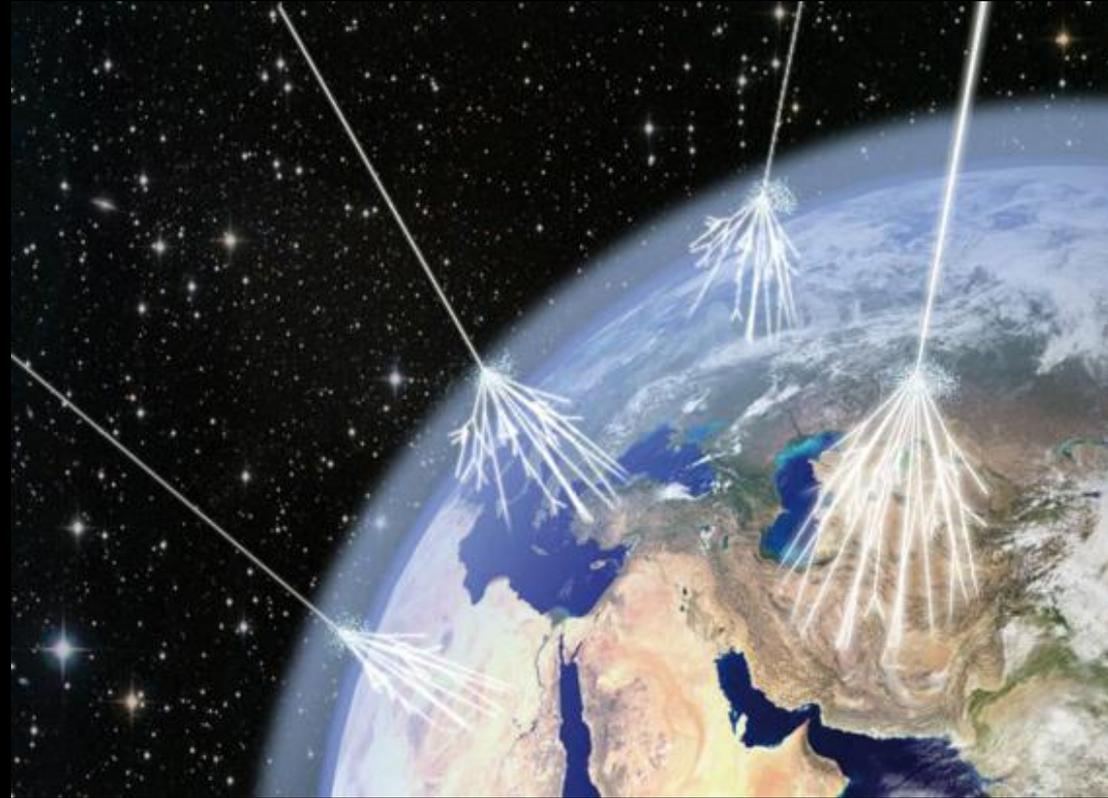
Sono particelle che provengono dallo spazio con velocità prossime a quella della luce

Formano una “pioggia” che colpisce continuamente la nostra Terra da ogni direzione



Si tratta di un vero e proprio “acquazzone” di particelle

Fuori dall’atmosfera terrestre su ogni metro quadrato cadono circa 30000 raggi cosmici ogni secondo



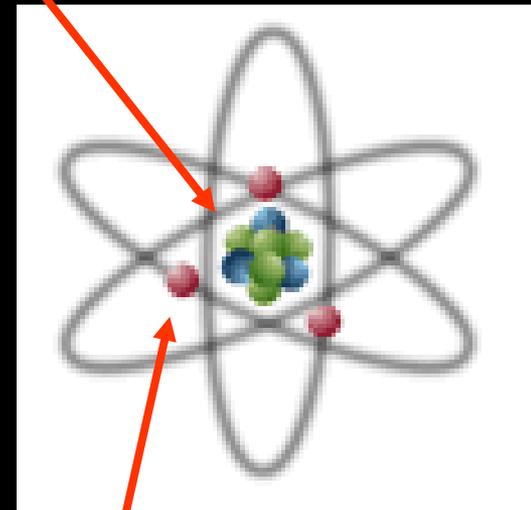
Di cosa sono fatti i raggi cosmici ?

I raggi cosmici sono nuclei di atomi di materia ordinaria che vengono accelerati a velocità relativistiche

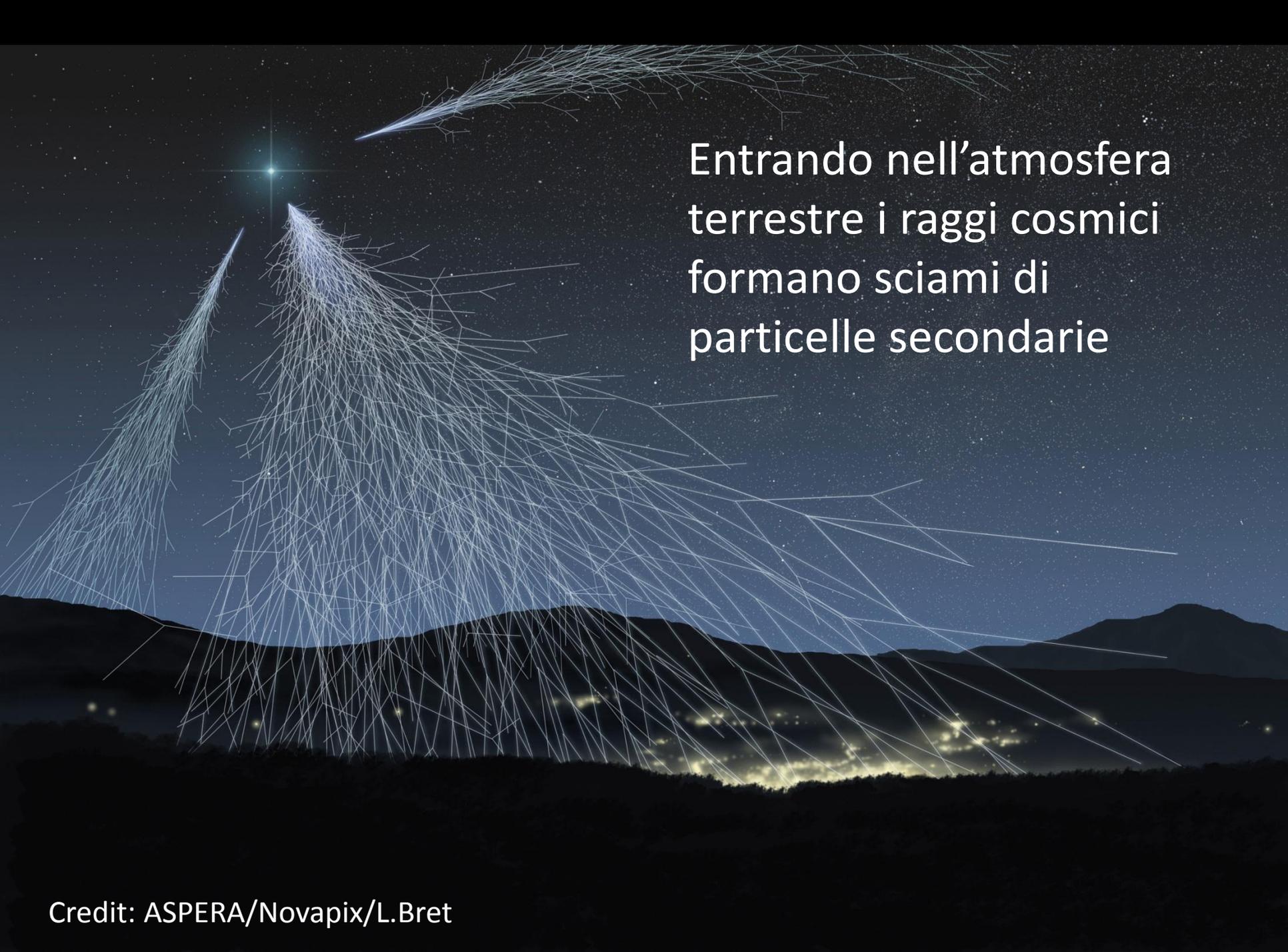
L'atomo più comune nell' Universo è l' atomo di Idrogeno

Il suo nucleo è formato da un unico protone

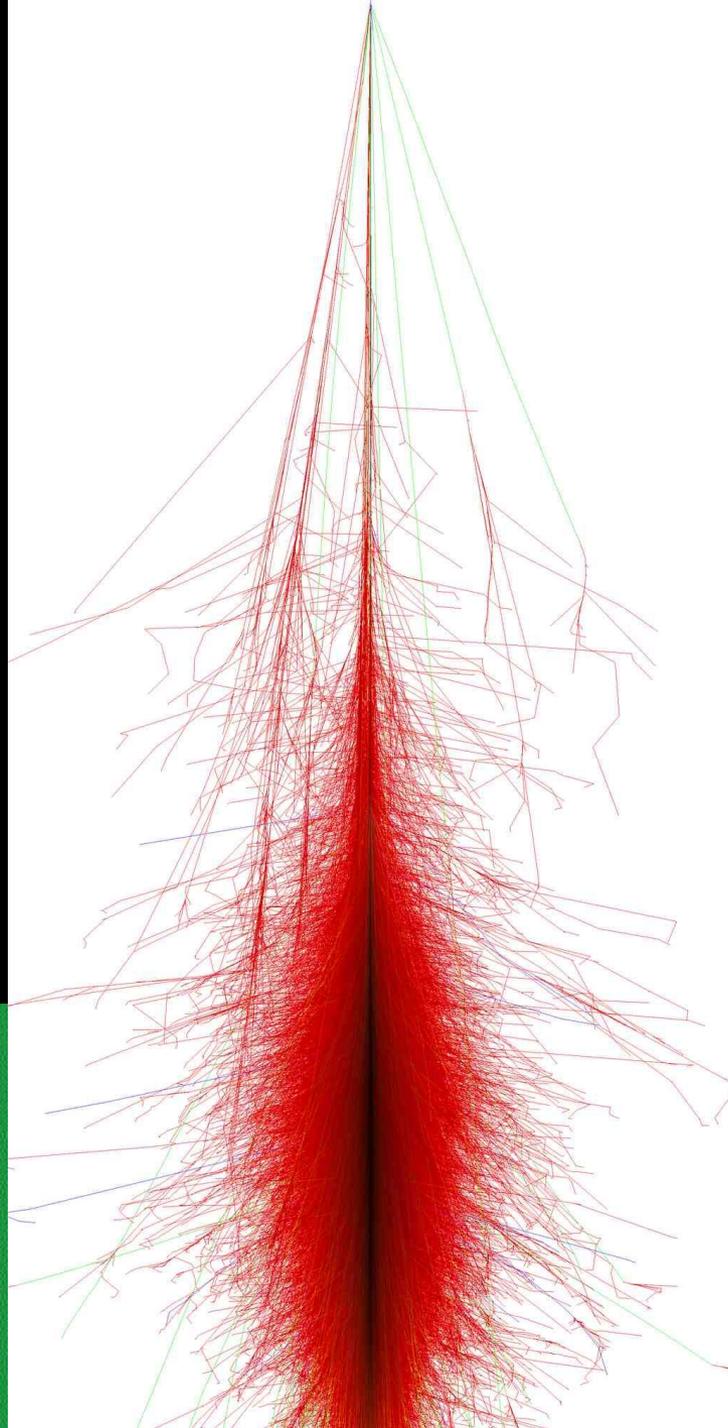
Nucleo (protoni + neutroni)



Elettrone

A night sky with a dark blue background and numerous stars. In the foreground, the dark silhouette of a mountain range is visible. A large, dense shower of white, thin lines radiates from a point in the upper left, representing secondary particles from a cosmic ray. The lines are most concentrated near their source and become more sparse as they spread out. A bright star with a crosshair is visible in the upper left quadrant.

Entrando nell'atmosfera
terrestre i raggi cosmici
formano sciami di
particelle secondarie

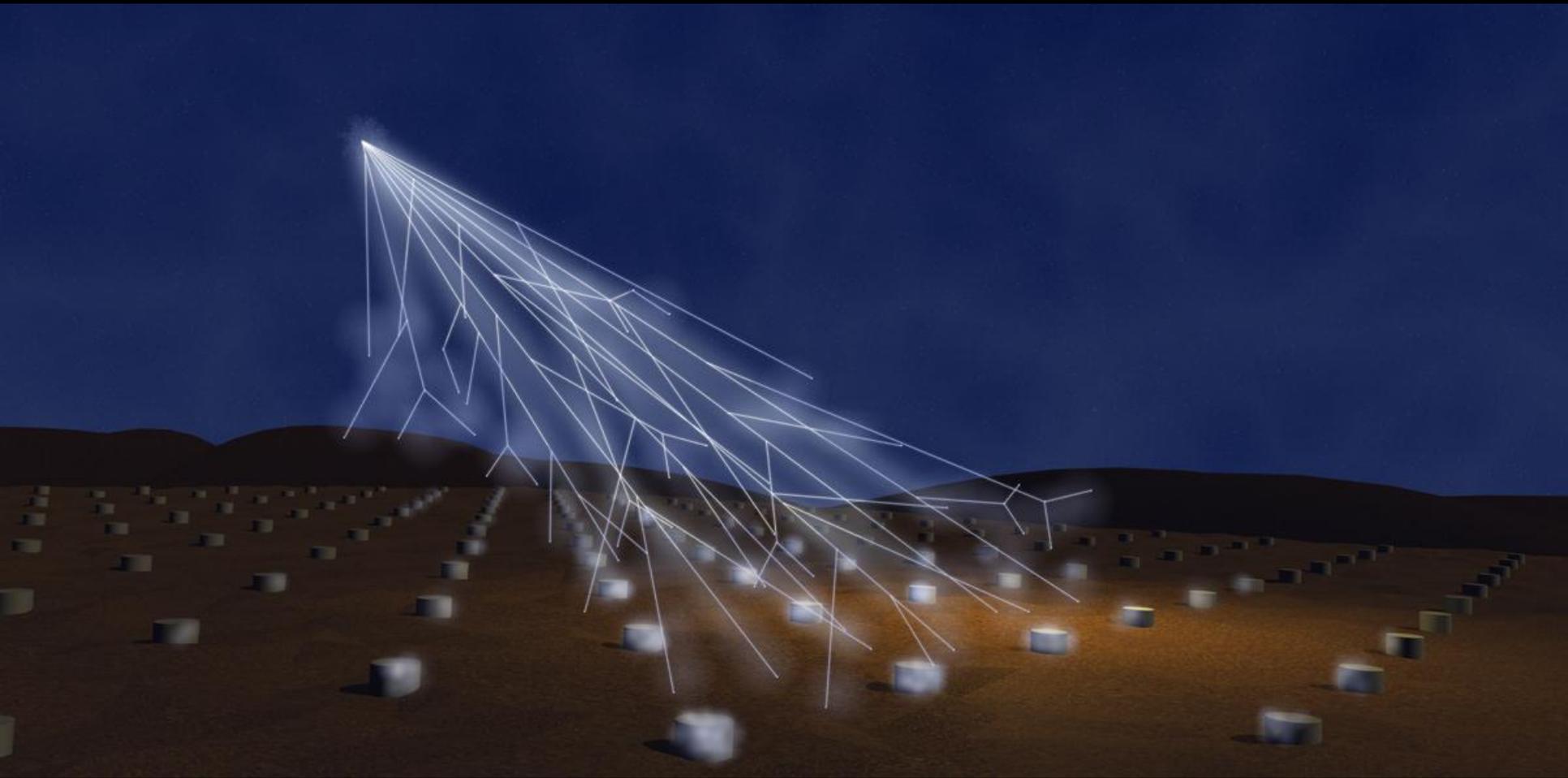


20 Km



Gli sciami più energetici attraversano l'atmosfera e arrivano fino a terra

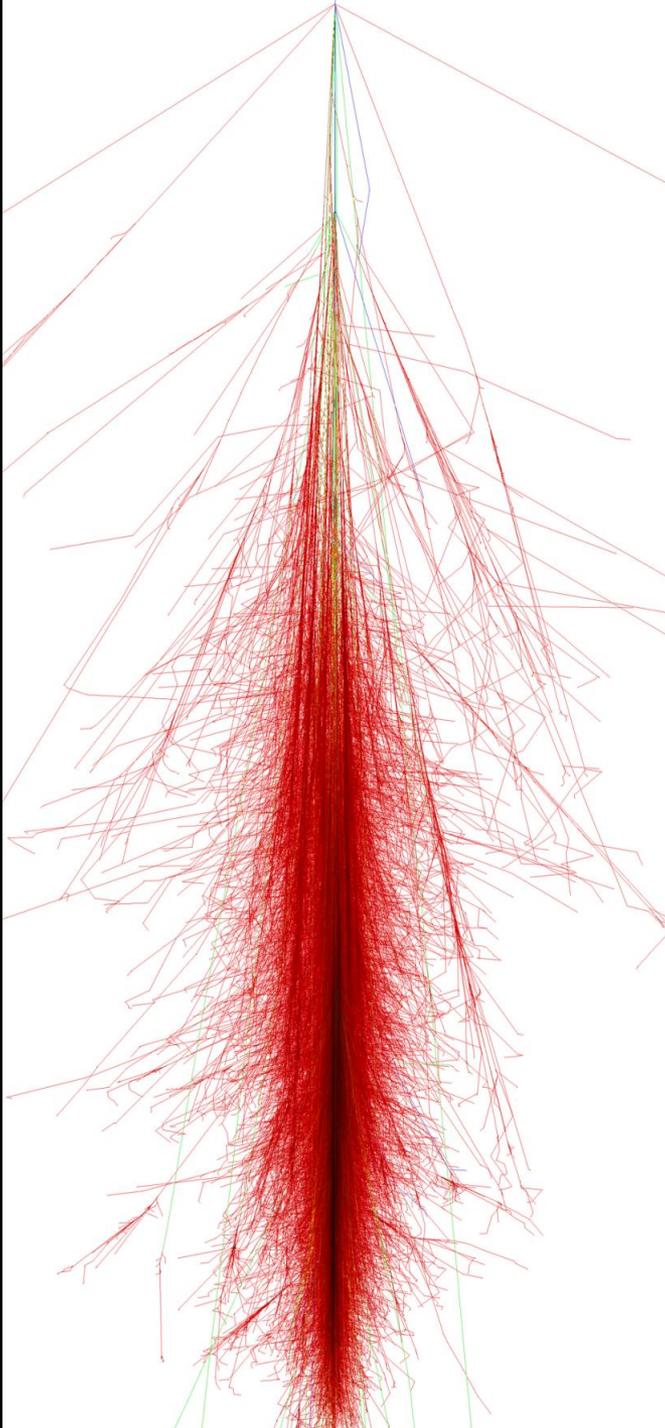
Gli scienziati usano strumenti speciali per “catturare”
le particelle degli sciami e studiarle



Un esempio di esperimento per osservare gli sciami:
i rivelatori di particelle sono disposti su una grande area
e catturano le particelle che li colpiscono



KASCADE-Grande, Karlsruhe, Germania

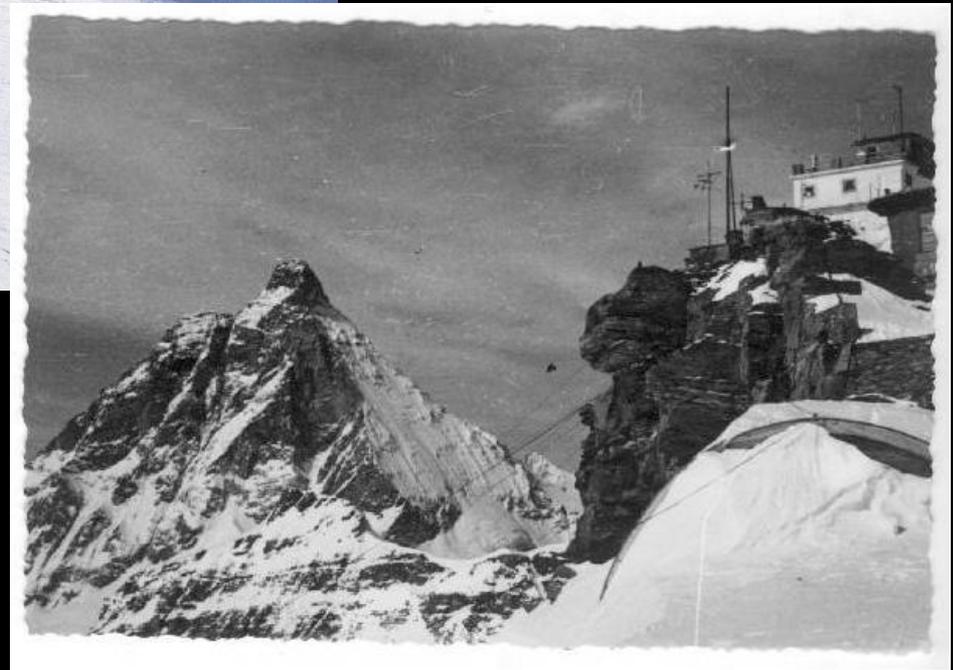


Per osservare meglio gli sciami conviene lavorare in alta quota, dove gli sciami sono meno assorbiti dall'atmosfera.

Per questo, molti esperimenti di raggi cosmici sono stati costruiti in montagna



Uno dei primi laboratori in alta quota



Testa Grigia, Plateau Rosa,
Valle d'Aosta, 3500 metri

L'esperimento "torinese" concluso nel 2000

EAS-TOP

Campo Imperatore, Gran Sasso, 2000 metri





EAS-TOP d'inverno



EAS-TOP
d'estate
dopo un temporale

Al lavoro a EAS-TOP



Un esperimento ai tropici



GRAPES

Ooty - INDIA - 2200 metri

Esperimento GAMMA
sulle falde di un vulcano spento
Armenia, 3200 metri



Il laboratorio sul tetto del mondo Yangbajing, TIBET, a 4300 metri



Laboratorio di Yangbajing
TIBET, 4300 metri



ARGO - TIBET

The image shows a vast, empty industrial hall with a complex blue steel truss structure. The floor is covered with a grid of large, rectangular, metallic detector modules. A person in a brown jacket and grey trousers stands in the middle ground on the right, providing a sense of scale to the massive size of the facility. The lighting is bright and even, highlighting the industrial environment.

**Un tappeto di rivelatori di particelle
grande come un campo di calcio**

...ancora più in alto...
Chacaltaya, 5200 metri
Bolivia



Il laboratorio più alto del mondo
Chacaltaya, 5200 metri



I rivelatori di Chacaltaya

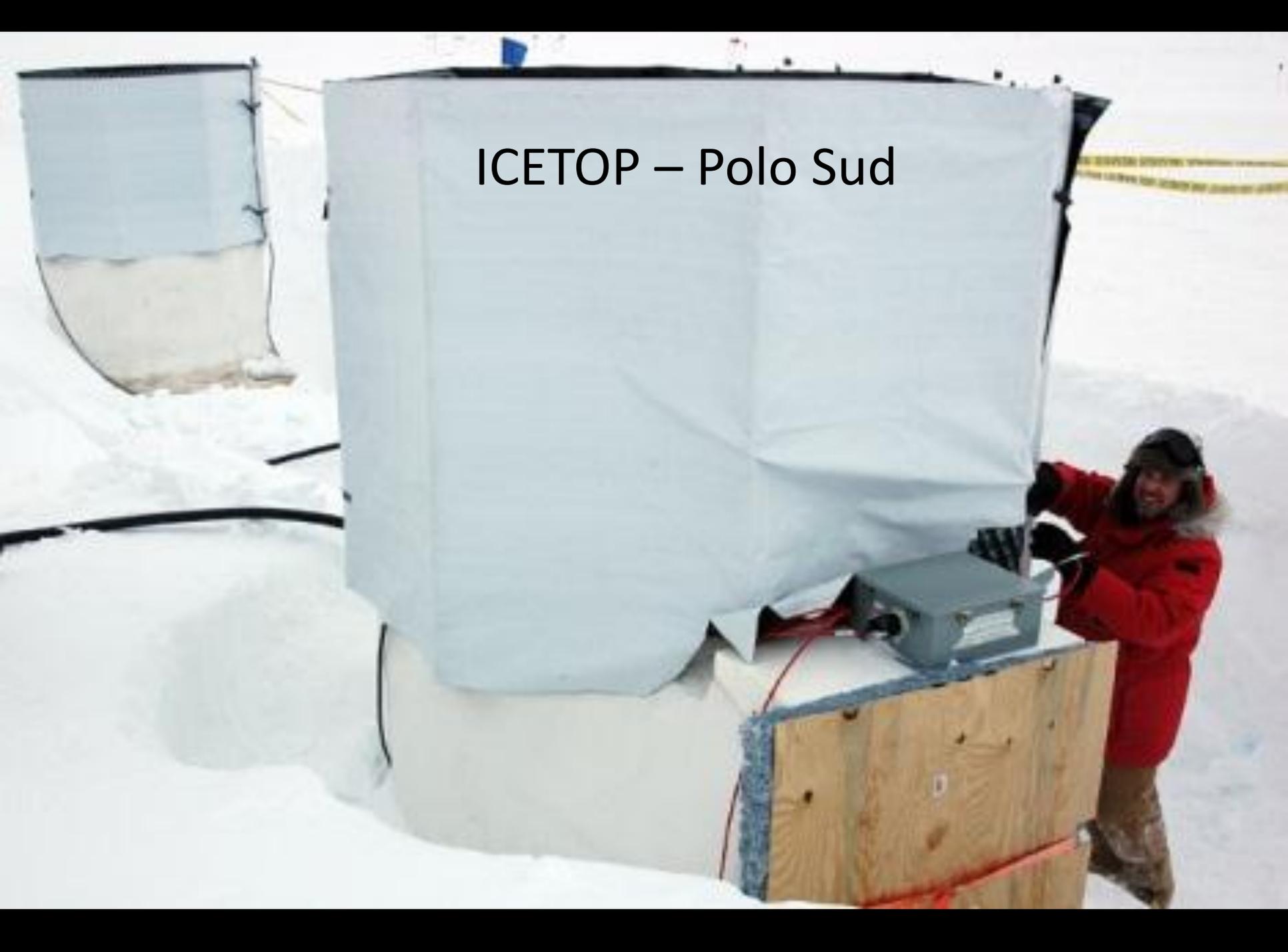


An aerial photograph of a vast, flat, snow-covered landscape under a clear blue sky. A bright sun is positioned in the upper center, creating a starburst effect and casting long, thin shadows. In the foreground on the right, the red nose and part of the wing of an aircraft are visible. The ground is mostly white with some dark patches and faint tracks.

Il laboratorio più freddo...

ICECUBE, ICETOP - Polo SUD

ICETOP – Polo Sud



AUGER: l'esperimento più grande del mondo nella pampa argentina



1600 rivelatori
come questo,
distribuiti su
un'area di 3000
chilometri
quadrati

AUGER
uno dei 1600 rivelatori



AUGER



scienziati...
...e mucche
al lavoro



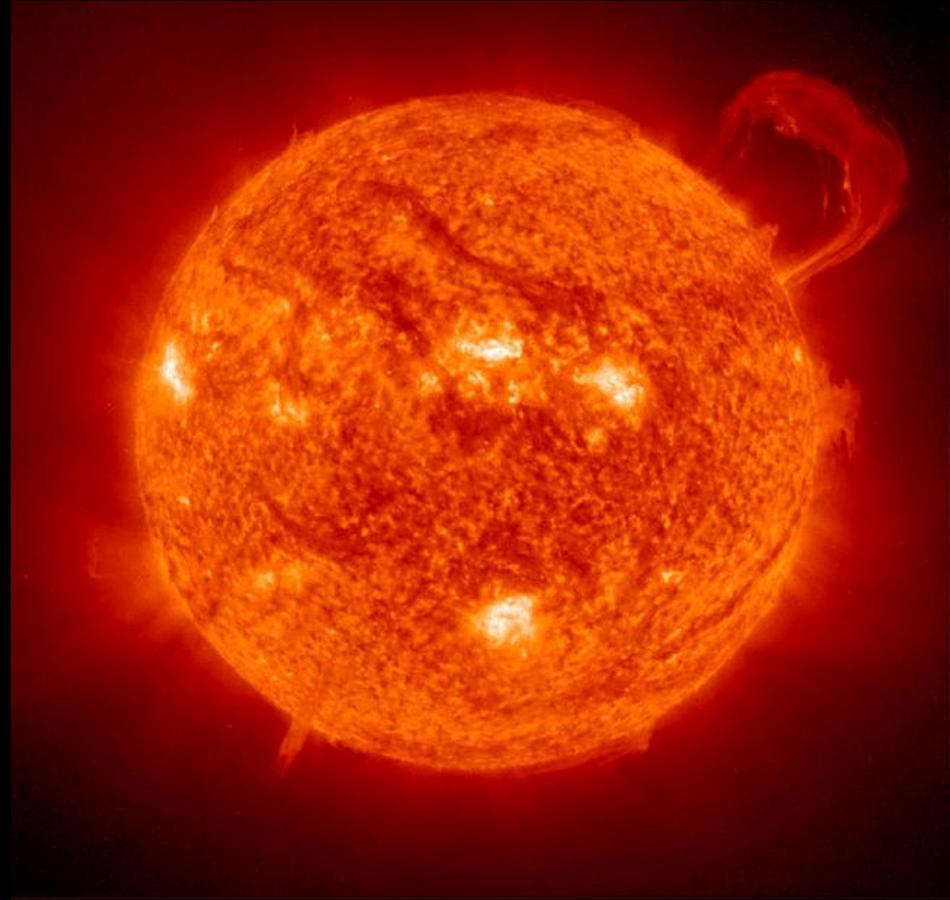
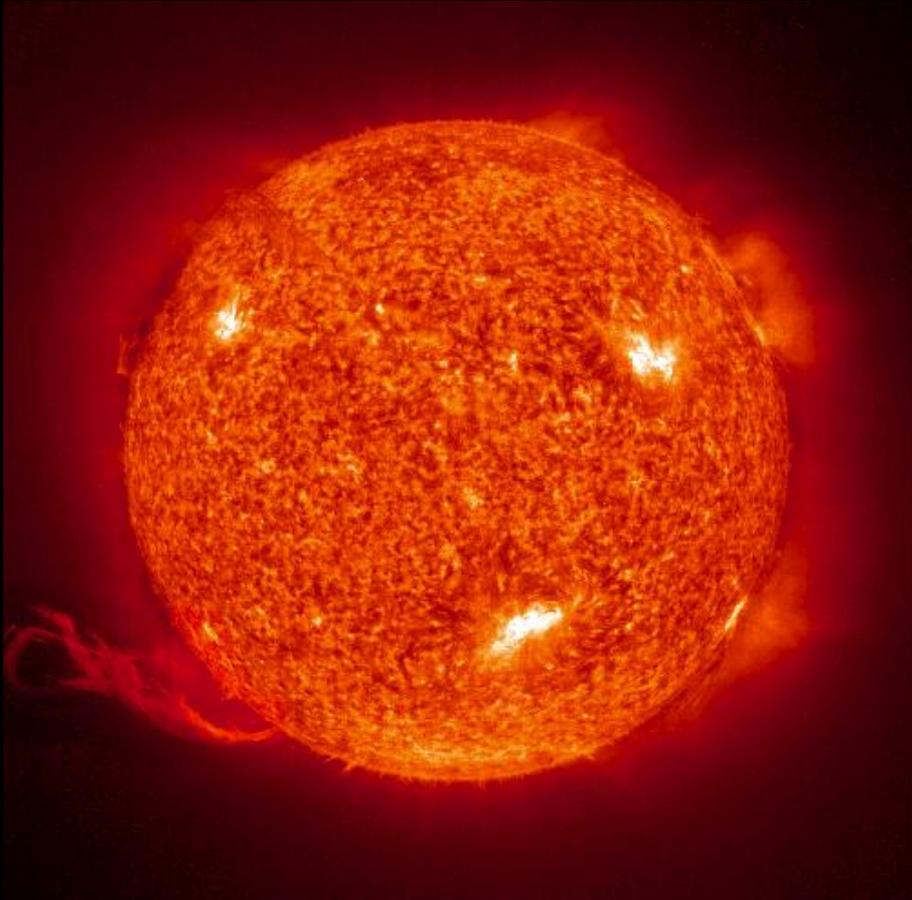
Da dove vengono i Raggi Cosmici ?

Sono passati 100 anni
dalla loro scoperta...

ma il problema della
loro origine non è
ancora del tutto risolto



I raggi cosmici di bassa energia vengono prodotti nelle eruzioni solari



Si pensa che I raggi cosmici siano accelerati dai **resti di Supernove**



Tycho, resto di Supernova

Credit: NASA/Chandra

Cosa sono le Supernove ?

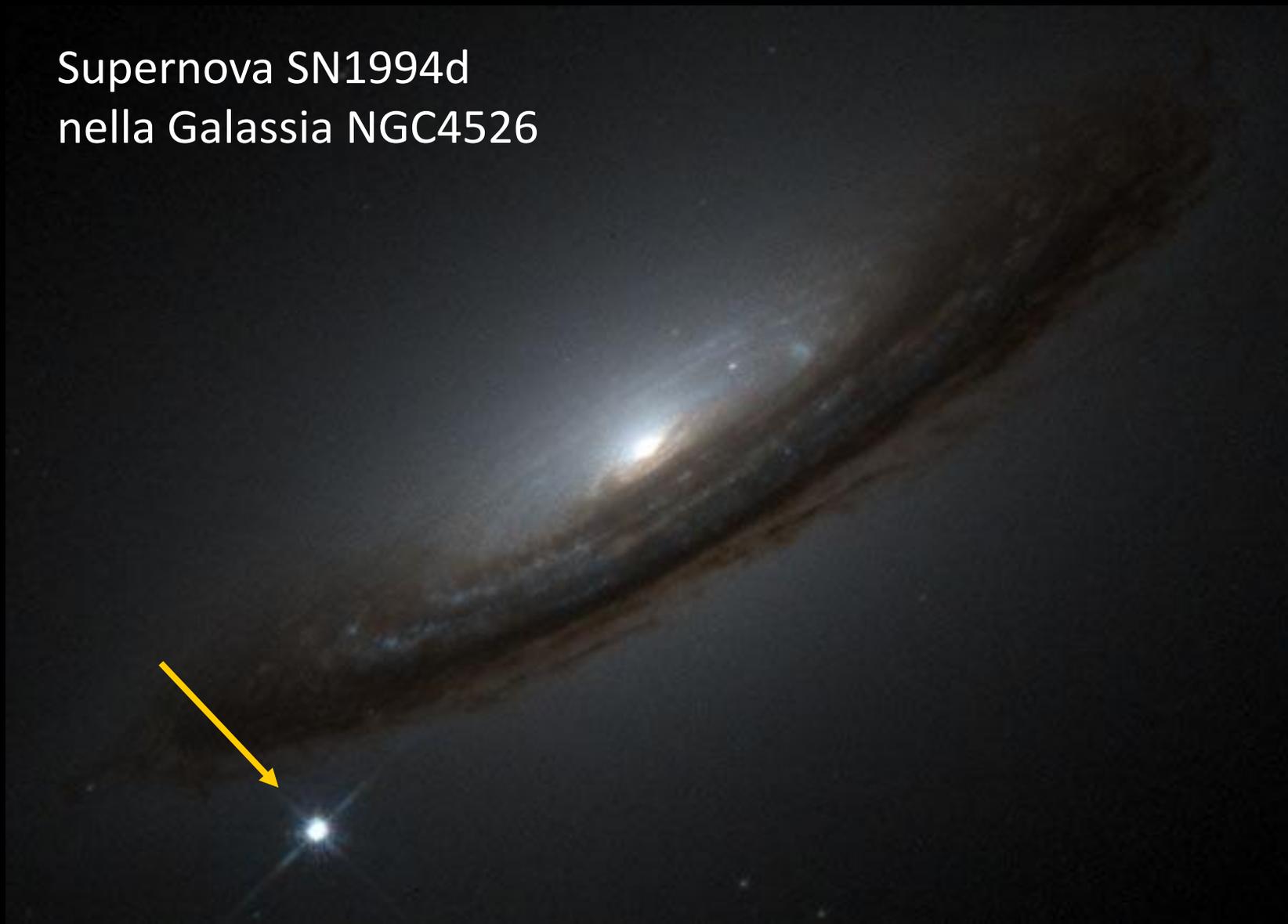
Le stelle più massicce
finiscono la loro vita con
una spettacolare
esplosione e diventano
Supernove

Una Supernova nella
Galassia della Girandola



Credit: BJ Fulton, STSI

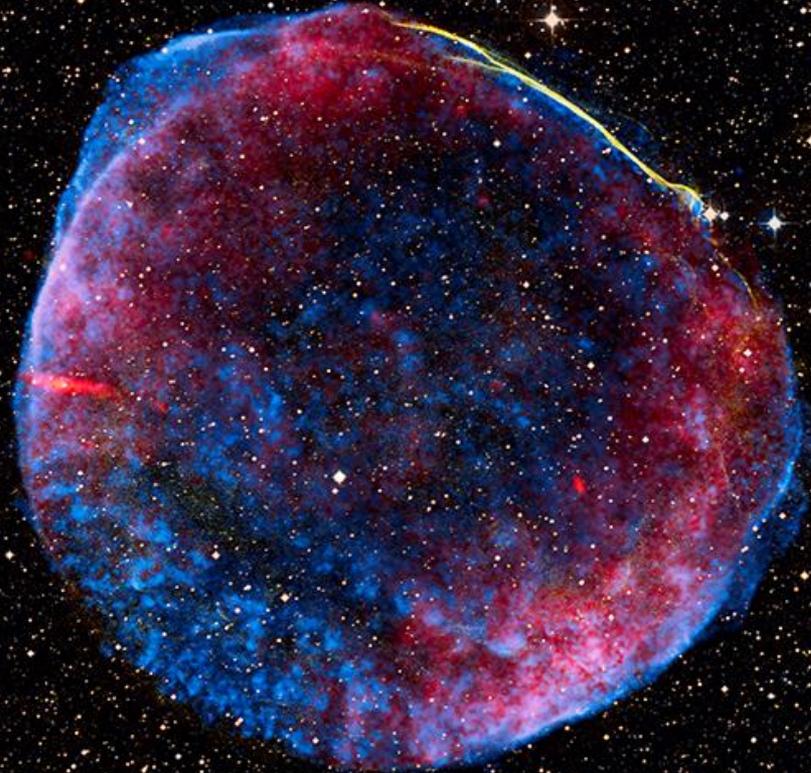
Supernova SN1994d
nella Galassia NGC4526



SN1006c

Resto di una supernova esplosa 1000 anni fa

La materia eiettata
dall'esplosione di
Supernova continua
a espandersi nello
spazio per migliaia
d'anni



Credit: NASA, ESA



L' involucro
della stella
espulso
potrebbe
accelerare i
nuclei della
materia
incontrata nel
suo cammino e
generare i raggi
cosmici

Resto di Supernova nella Grande Nube di
Magellano - SNR 0509-67.5

Credit: NASA, ESA

Resto di Supernova Simeis 147



Nebulosa del Granchio

Resto di una
supernova esplosa
nel 1054 d.C.



Credit: NASA/ESA/ASU/J.Hester

Altri possibili acceleratori
di raggi cosmici:
le Galassie “attive”

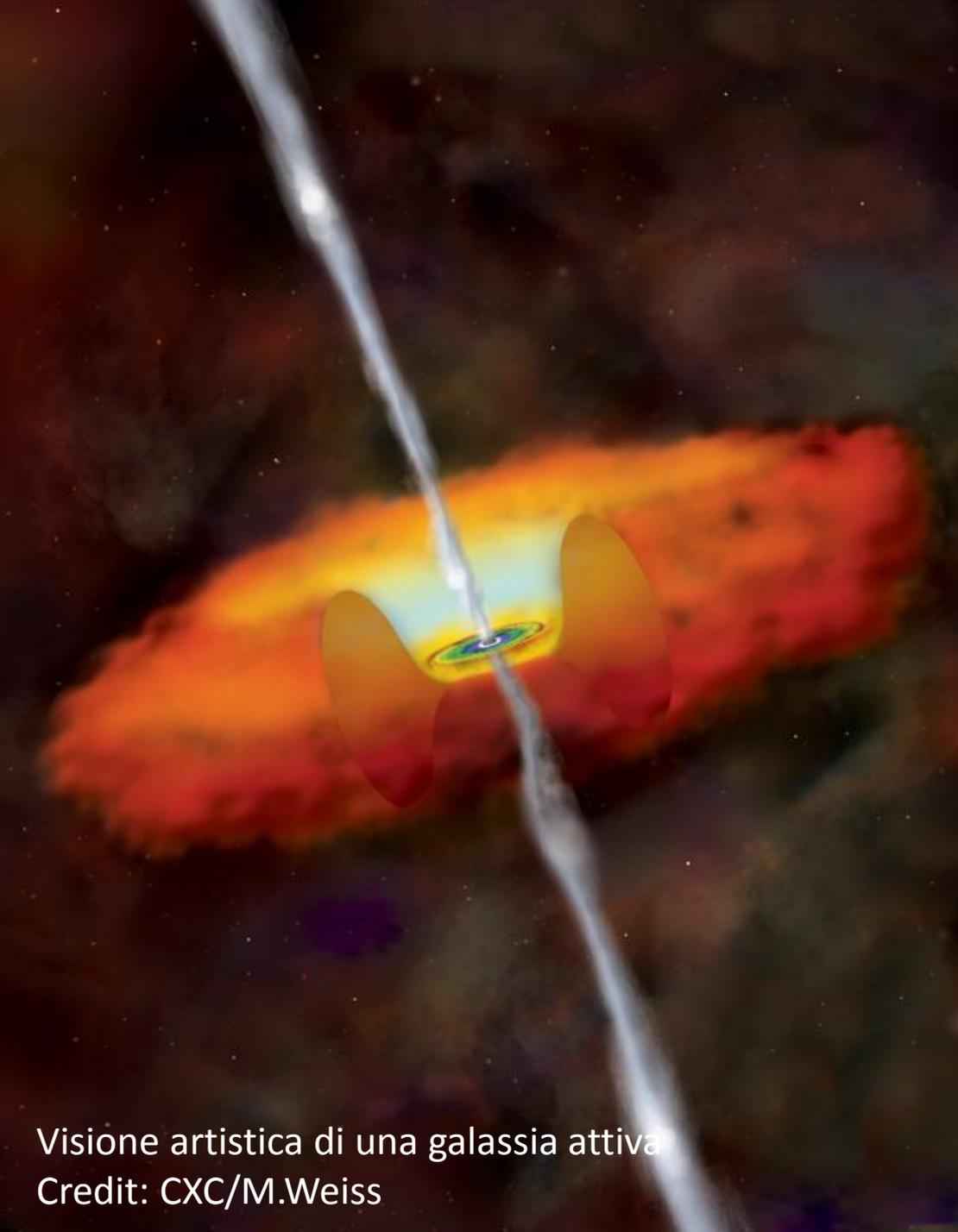
An artistic rendering of an active galaxy, likely a Seyfert galaxy or a low-luminosity active galactic nucleus. The central region is a bright, glowing white and yellow core, surrounded by a dense, swirling structure of blue and white filaments that form a complex, multi-lobed shape. A prominent, narrow jet of bright blue light extends from the core towards the upper left corner of the frame. The background is a dark, deep blue space filled with numerous small, distant stars.

Visione artistica di una galassia attiva

La galassia attiva M82



Nel nucleo delle galassie attive c'è un buco nero supermassiccio che divora la materia circostante



In alcuni casi, le galassie attive hanno due getti di materia che si dipartono dal nucleo centrale a velocità relativistiche

Visione artistica di una galassia attiva
Credit: CXC/M.Weiss

La galassia attiva Centaurus A



Credit: ESO

E' difficile capire da dove arrivano i raggi cosmici perché i campi magnetici galattici deflettono le loro traiettorie...



... e l'informazione della direzione della sorgente si perde

Allora si studiano i **raggi gamma**,
che sono prodotti in molti casi
negli stessi siti di produzione dei
raggi cosmici, ma **non vengono**
deflessi nel loro cammino

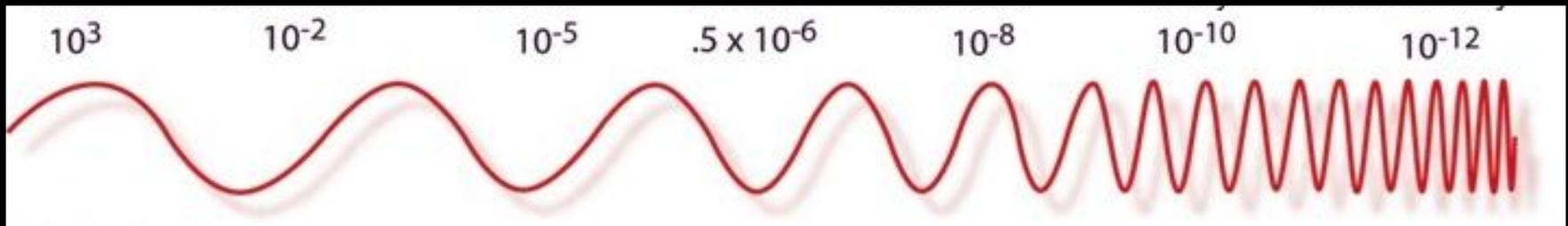


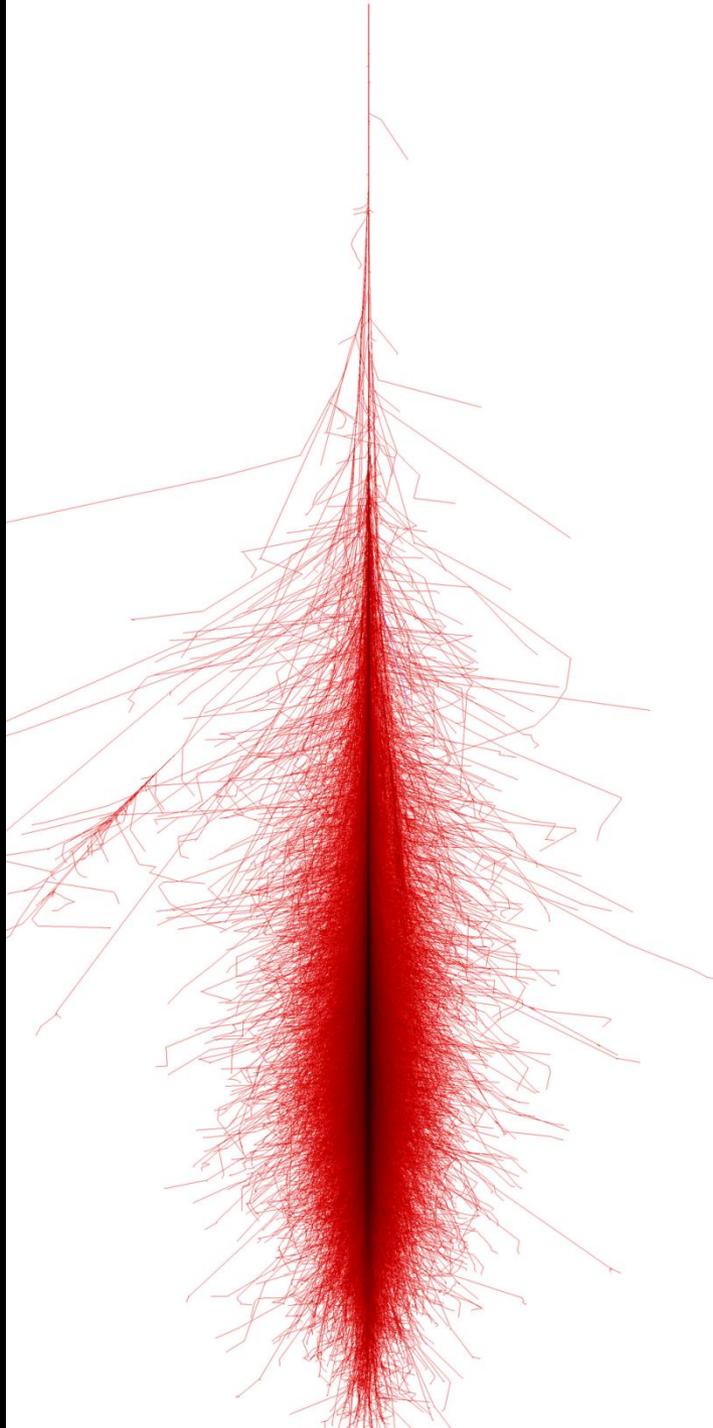
Cosa sono i raggi gamma ?

Sono una specie di luce, ma milioni di volte più energetica della luce «normale»

Lunghezza d'onda (metri):

Onde Radio	Microonde	Raggi Infrarossi	Luce Visibile	Raggi Ultravioletti	Raggi X	Raggi gamma
------------	-----------	------------------	---------------	---------------------	---------	-------------





Anche i raggi gamma
quando entrano
nell'atmosfera terrestre
producono degli sciame
simili a quelli dei raggi
cosmici

Sciame prodotto da un
raggio gamma

Nasce così l' **Astronomia Gamma** per studiare le sorgenti dei raggi cosmici

Speciali telescopi osservano un tipo particolare di luce, **la luce Cherenkov**, prodotta dagli sciami in atmosfera



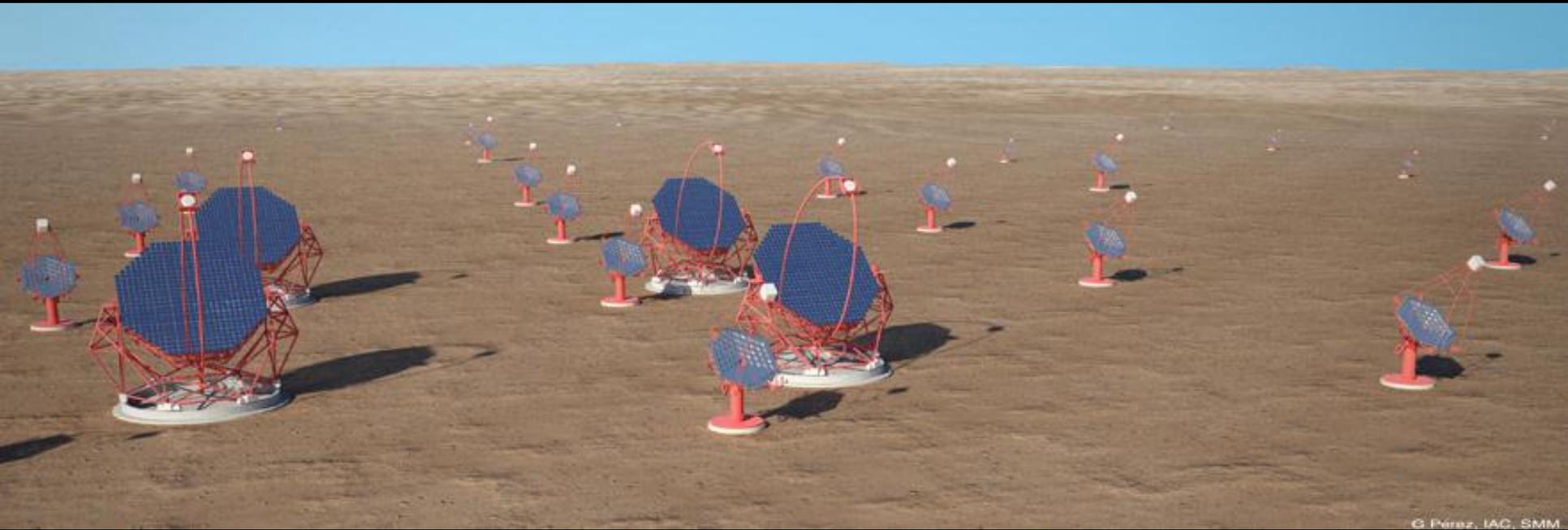
HESS: Telescopio Cherenkov, NAMIBIA



Babak Tafreshi

MAGIC: Telescopio Cherenkov, Isole Canarie

Futuro prossimo: CTA Cherenkov Telescope Array



Il progetto di telescopi Cherenkov più grande del mondo,
per studiare in dettaglio le sorgenti di raggi gamma

In 100 anni abbiamo imparato molte cose
sui raggi cosmici...

**ma restano ancora parecchi
punti oscuri**

Solo il lavoro congiunto degli scienziati di tutto il
mondo, dotati di strumenti sempre più sensibili,
potrà arrivare alla comprensione completa del
mistero dei raggi cosmici