

# A caccia di raggi cosmici

una ricerca che compie cento anni

Silvia Vernetto,  
OATO - INAF

# 1912

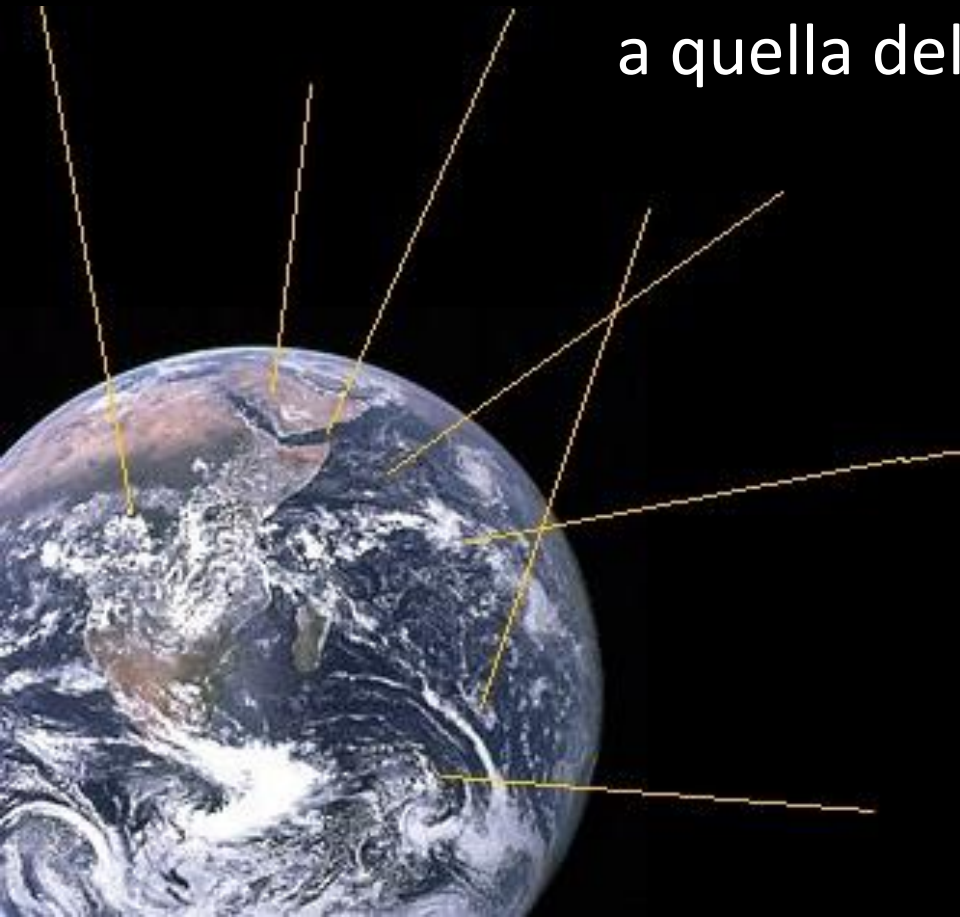
Sono passati 100 anni da quando Victor HESS, a bordo di una mongolfiera, scoprì i raggi cosmici



# 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



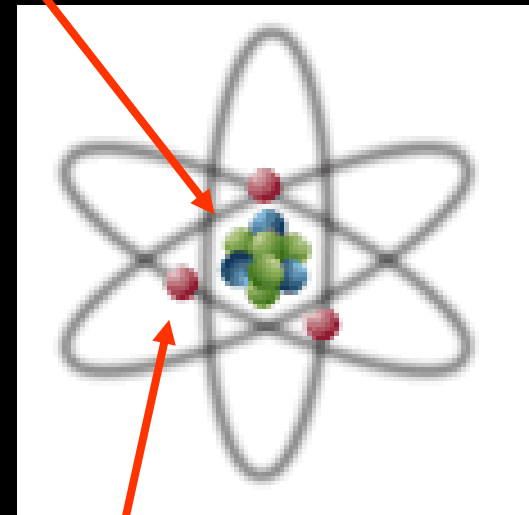
# Di cosa sono fatti i raggi cosmici ?

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

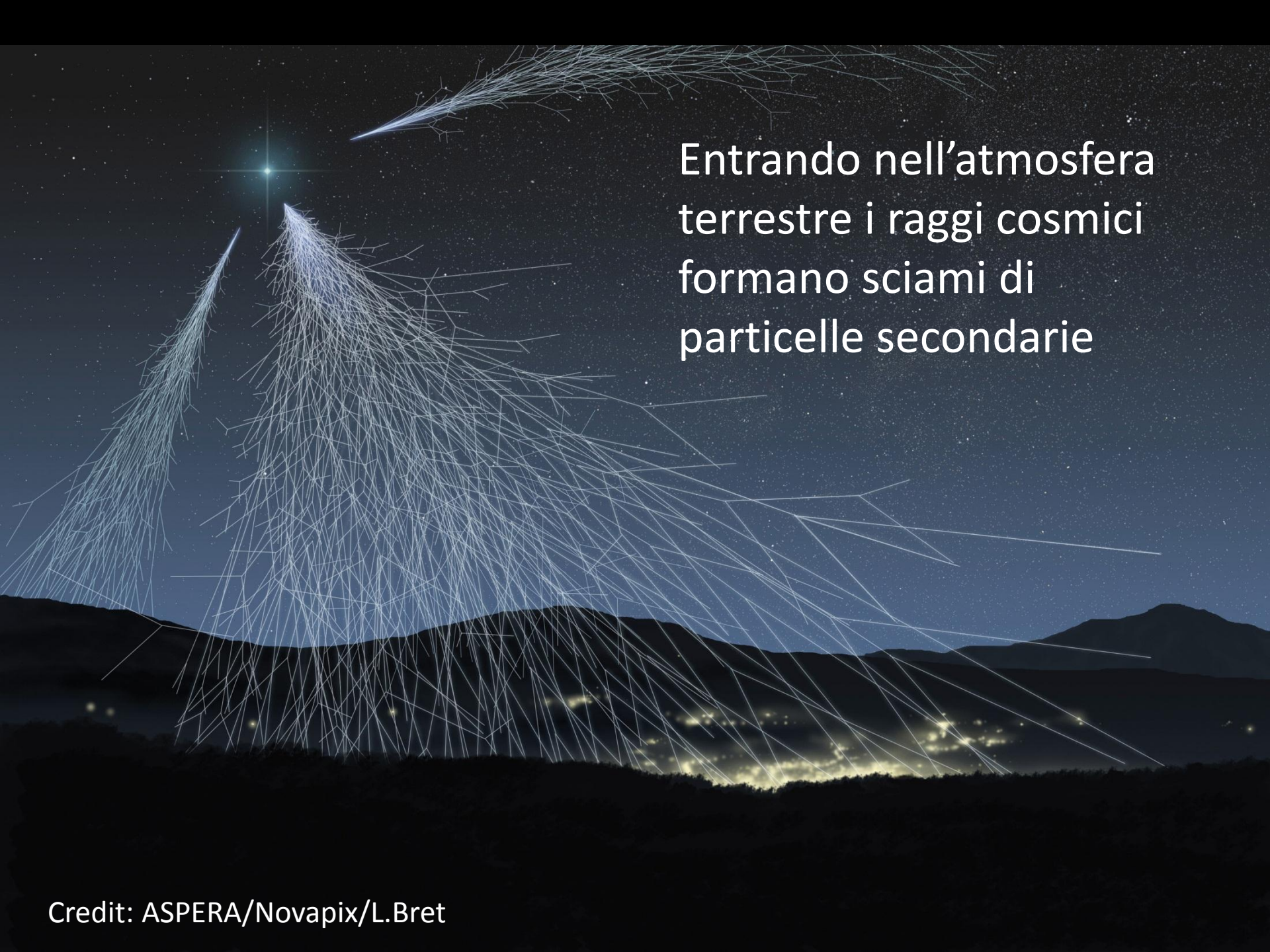
L'atomo più comune nell' Universo è l' atomo di Idrogeno

Il suo nucleo è formato da un unico protone

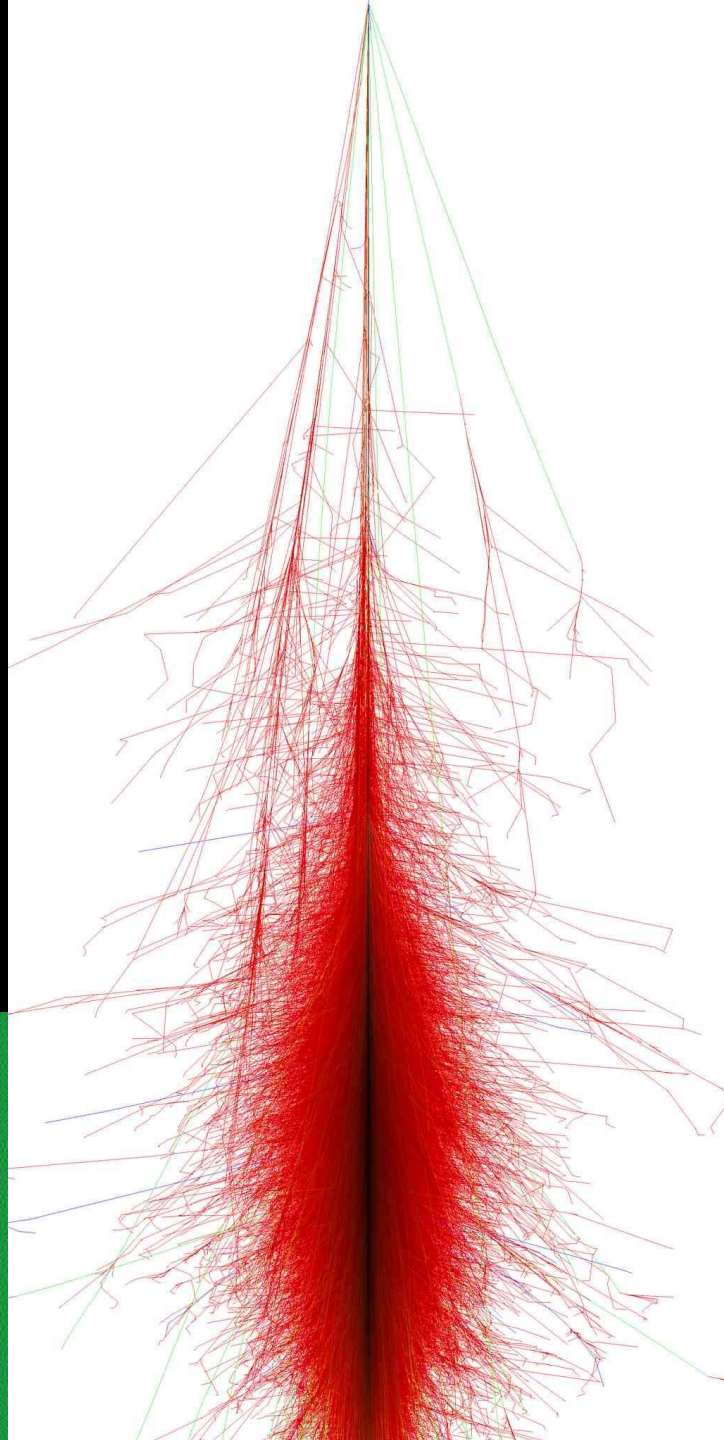
Nucleo (protoni + neutroni)



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 particle tracks, resembling a fountain or a tree, originates from a bright point in the upper left and spreads out across the sky. The tracks are thin, white lines that fan out as they descend. The overall scene is a visualization of a cosmic ray event.

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

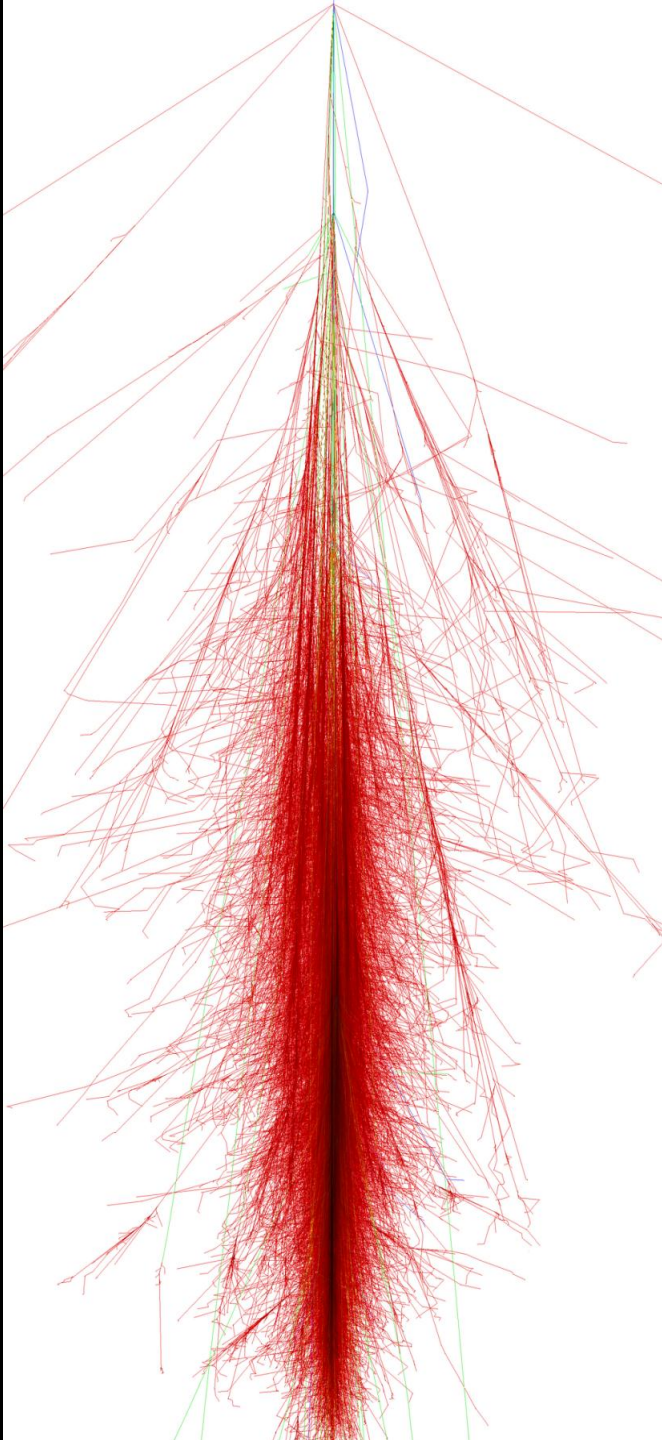




Un esempio di esperimento per osservare gli sciami:  
i rivelatori di particelle sono disposti su una grande area  
e catturano le particelle che li colpiscono



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 structure. The floor is covered with a grid of large, rectangular, metallic modules, likely particle detectors. A person in a brown jacket and grey pants stands in the middle ground, providing a sense of scale. The ceiling is high, with various pipes and cables visible. The overall atmosphere is one of a large-scale scientific or industrial project.

**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

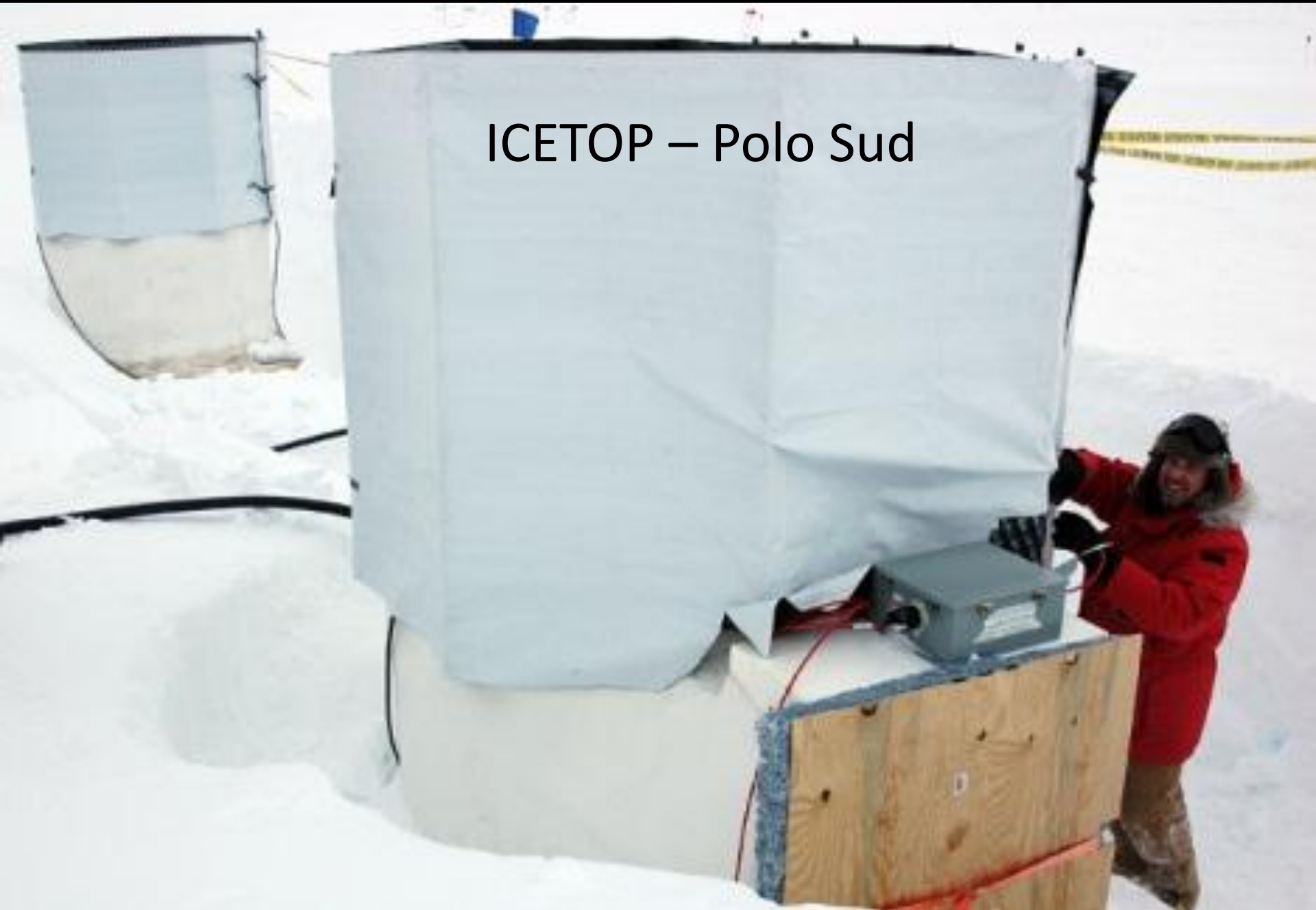


An aerial photograph of a vast, flat, snow-covered landscape under a clear blue sky. A bright sun is positioned in the upper center, creating a starburst effect. In the foreground on the right, the red wing and engine nacelle of an aircraft are visible. The ground is covered in snow with some dark patches and tracks. The overall scene is bright and cold.

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



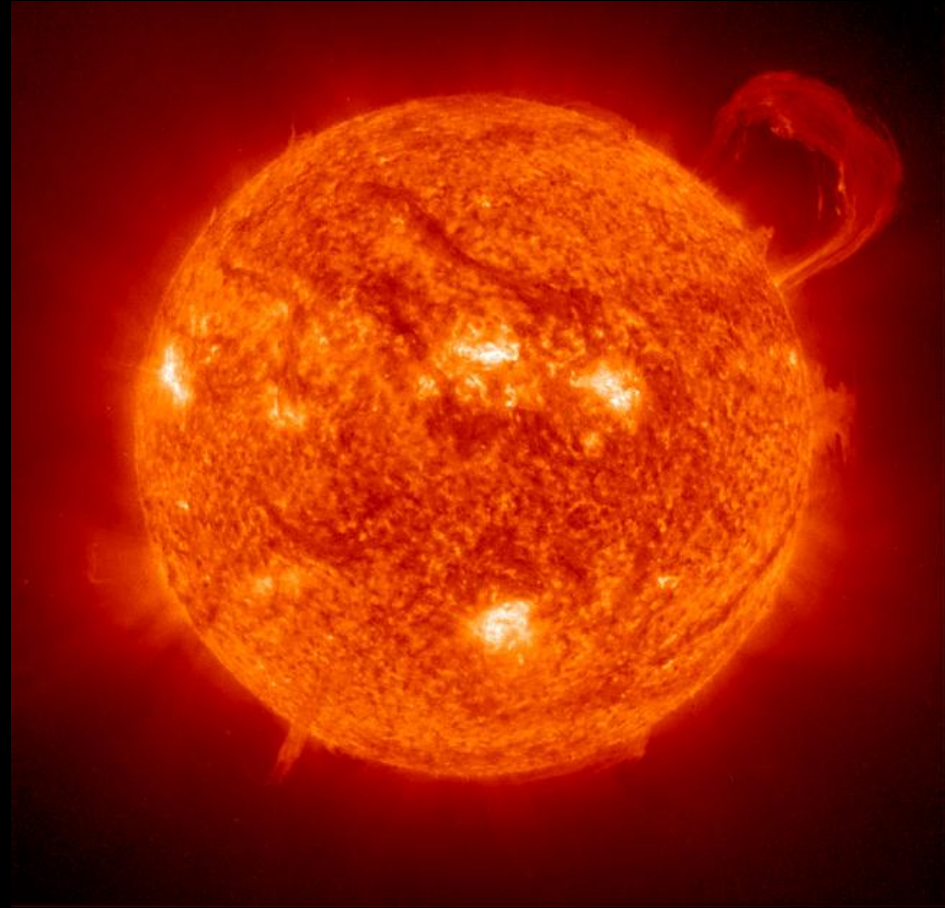
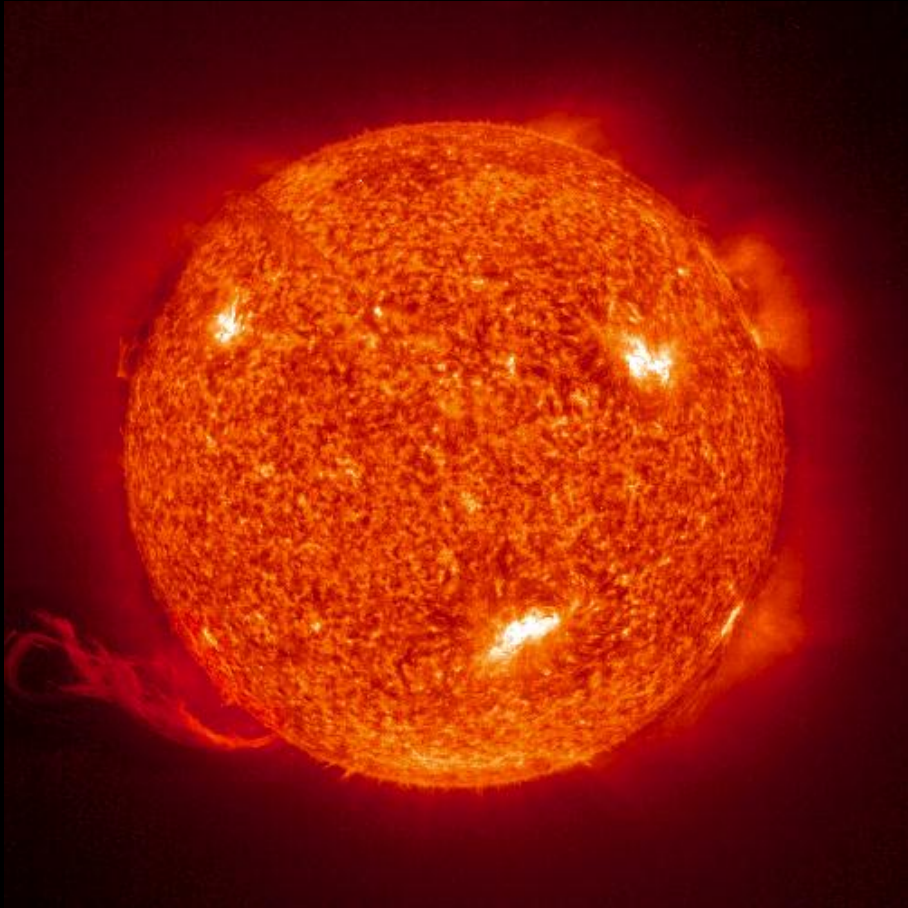
# Da dove vengono i Raggi Cosmici ?

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 ?

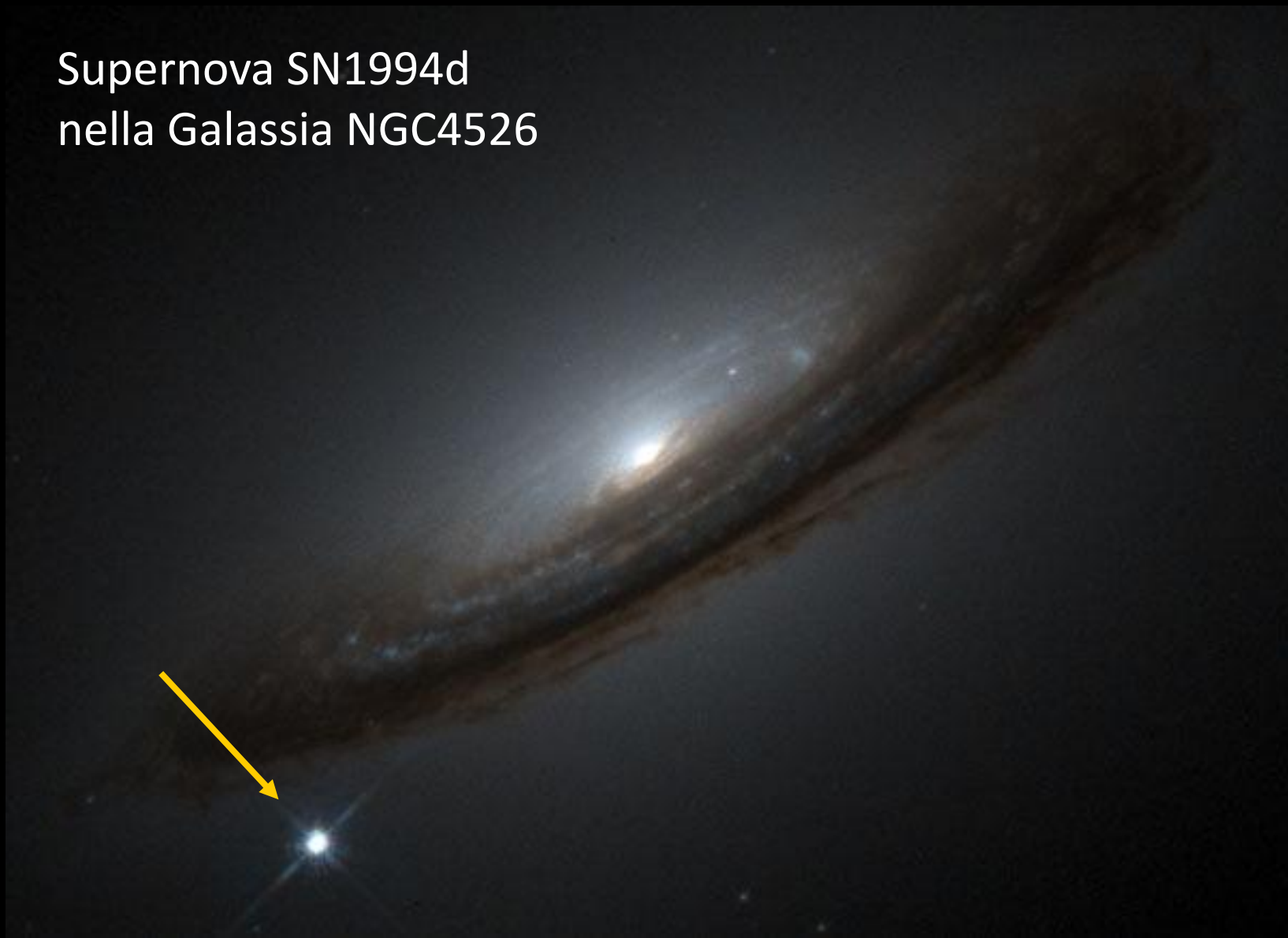
Le stelle più massicce  
finiscono la loro vita con  
una spettacolare  
esplosione e diventano  
**Supernove**

Una Supernova nella  
Galassia della Girandola



*Credit: BJ Fulton, STSI*

Supernova SN1994d  
nella Galassia NGC4526

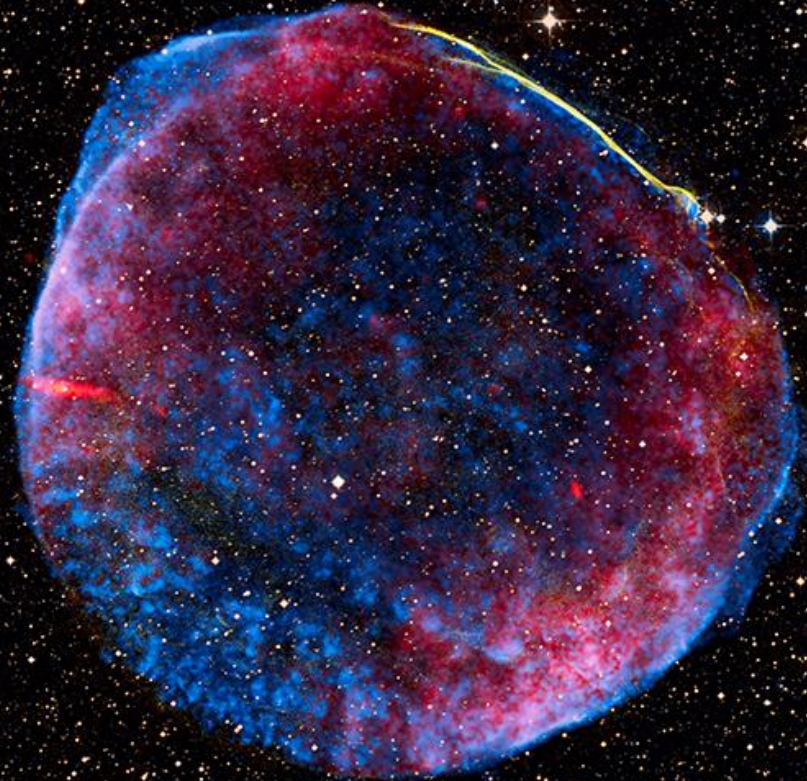




SN1006c

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

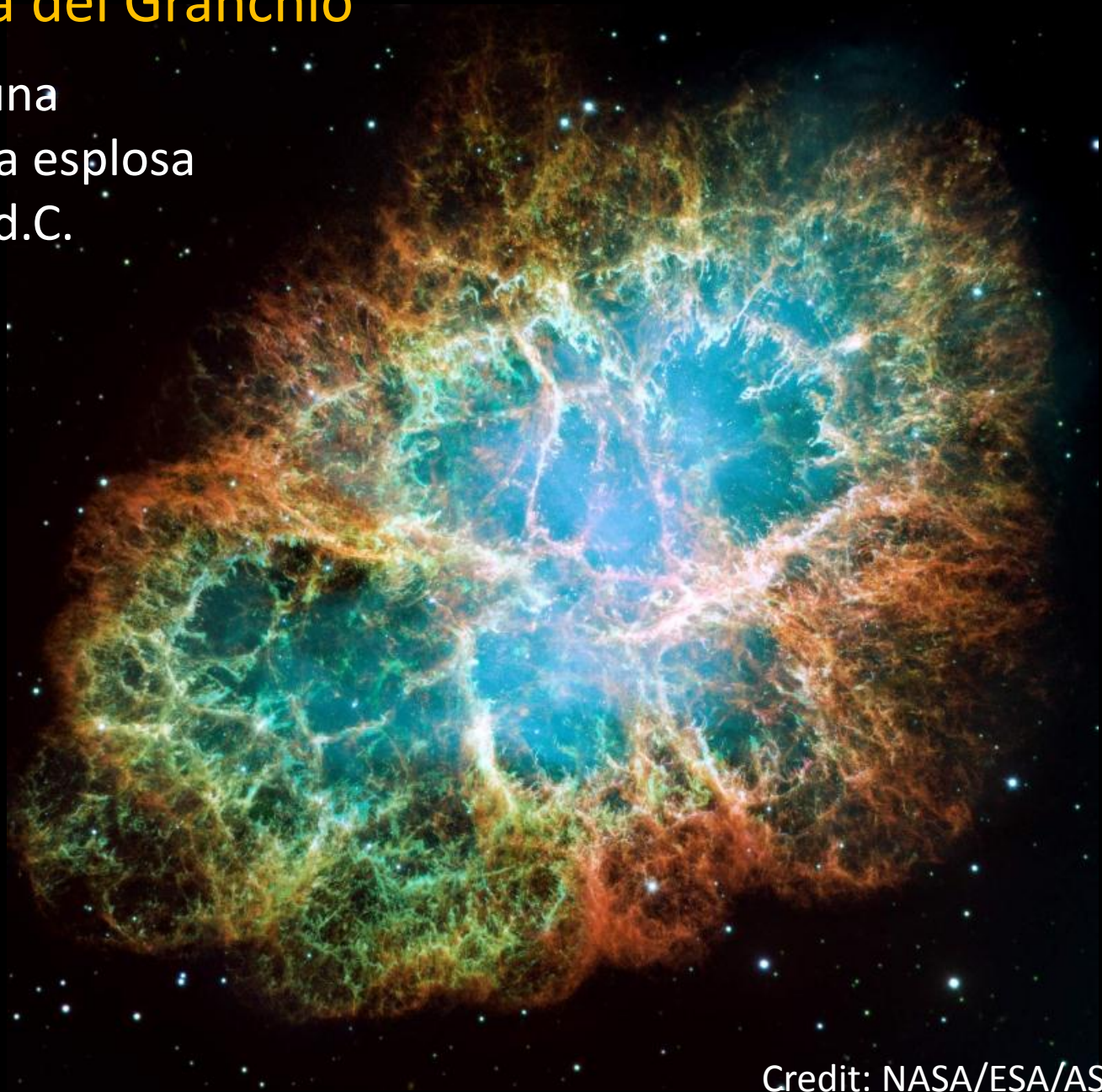
Credit: NASA, ESA

# Resto di Supernova Simeis 147




# Nebulosa del Granchio

Resto di una  
supernova esplosa  
nel 1054 d.C.



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

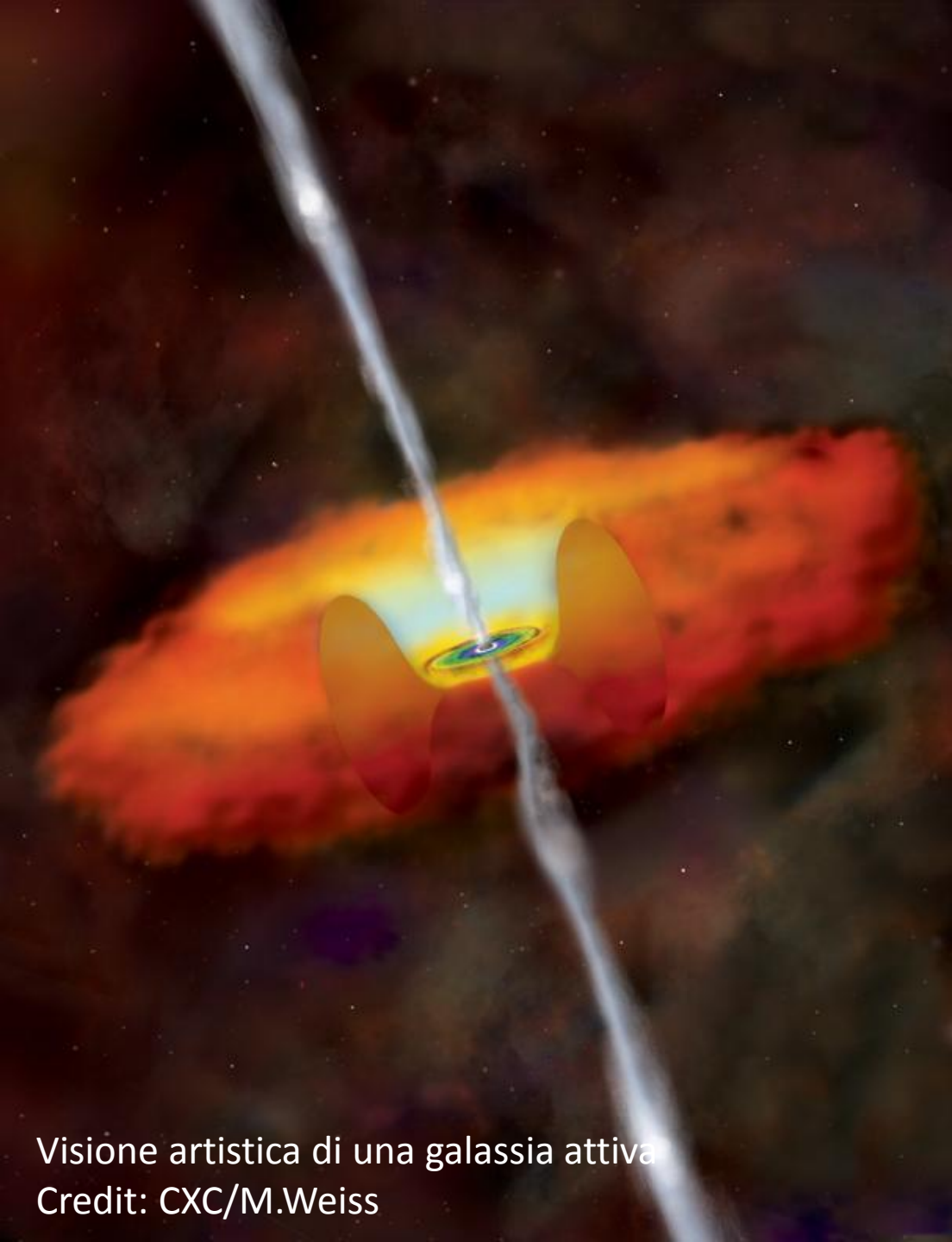
An artistic rendering of an active galaxy, likely a Seyfert galaxy or a low-luminosity active galactic nucleus. The central region is a bright, glowing white and yellow core, surrounded by a dense, swirling structure of blue and white filaments that form a complex, multi-lobed shape. A prominent, narrow 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**

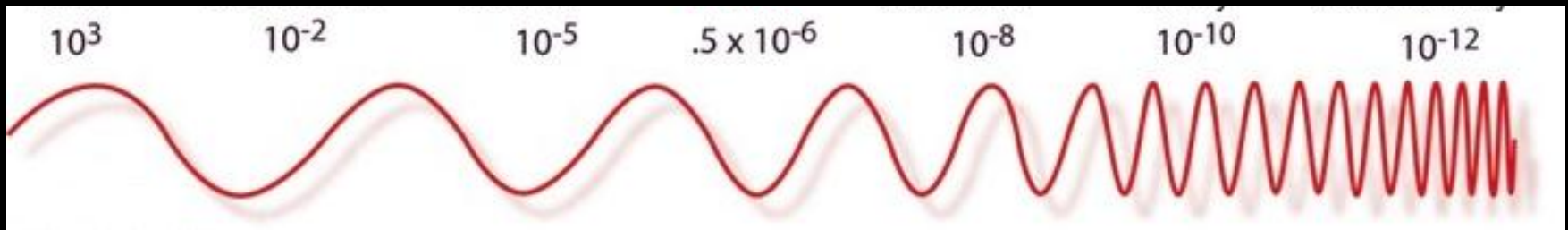


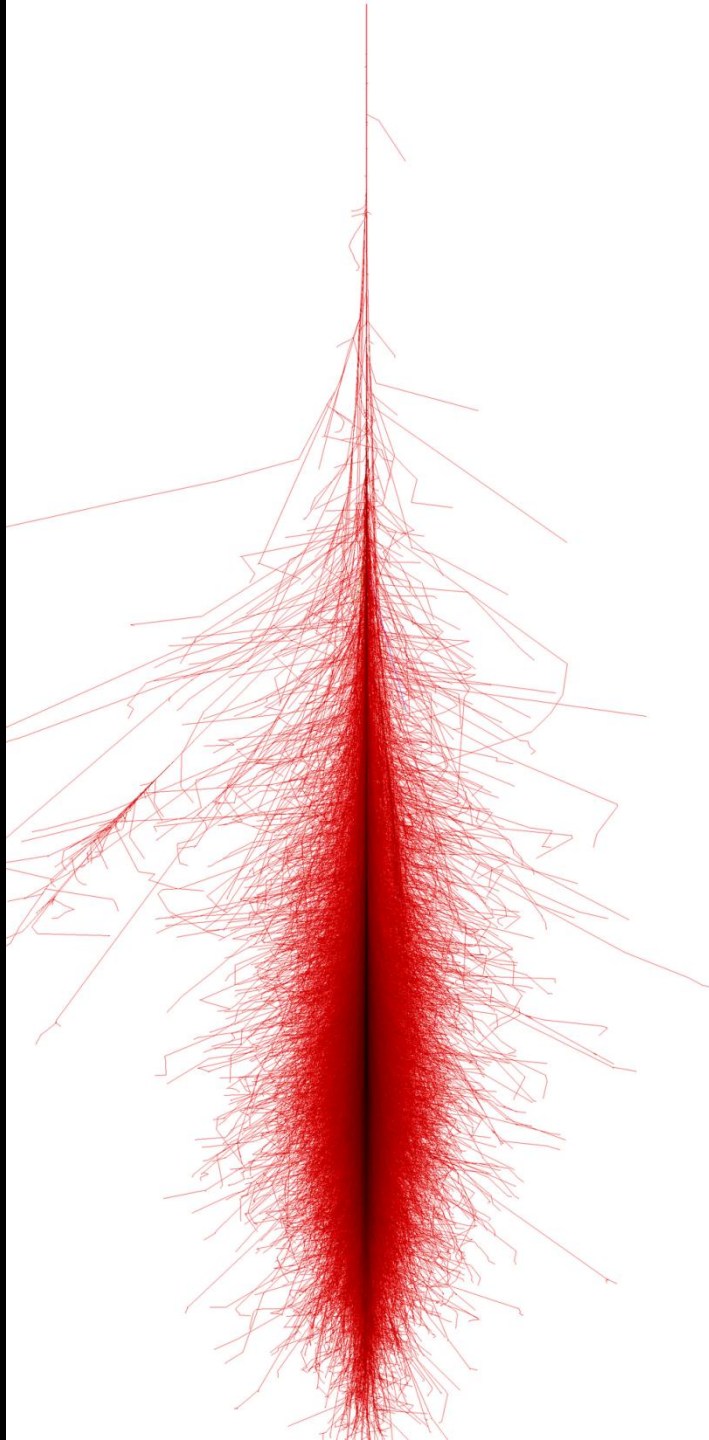
# Cosa sono i raggi gamma ?

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



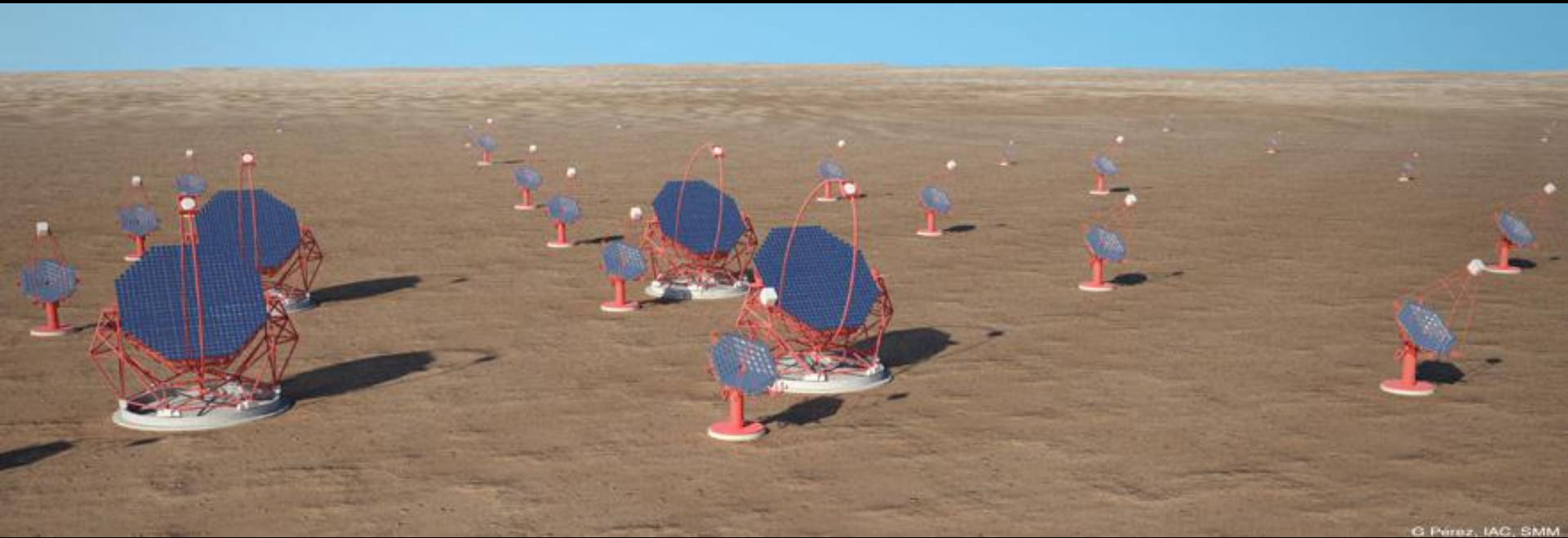
HESS: Telescopio Cherenkov, NAMIBIA



*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