

INFN



Art
& Science
ACROSS ITALY



UNA MINACCIA
DALLO SPAZIO
O UNA FANTASTICA
OPPORTUNITA`?



Elena Vannuccini

COSA SONO I RAGGI COSMICI? PERCHÉ SI STUDIANO?



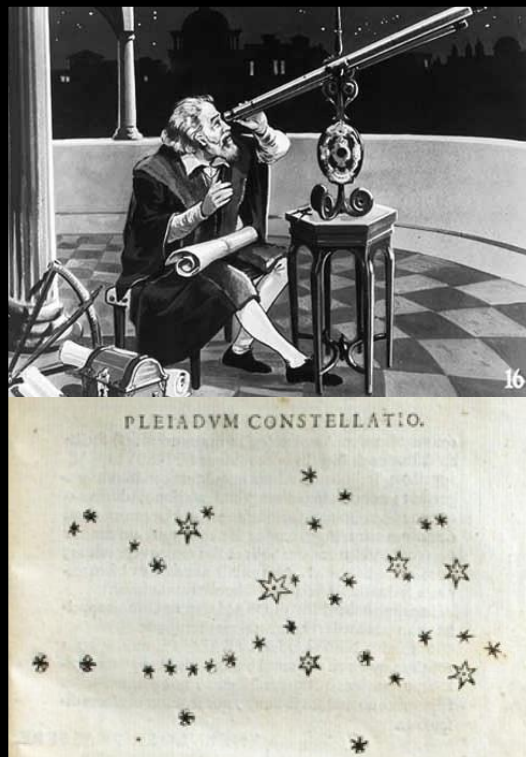
Cosa possiamo effettivamente conoscere
dell'Universo oltre il nostro pianeta?



Mappa del cielo

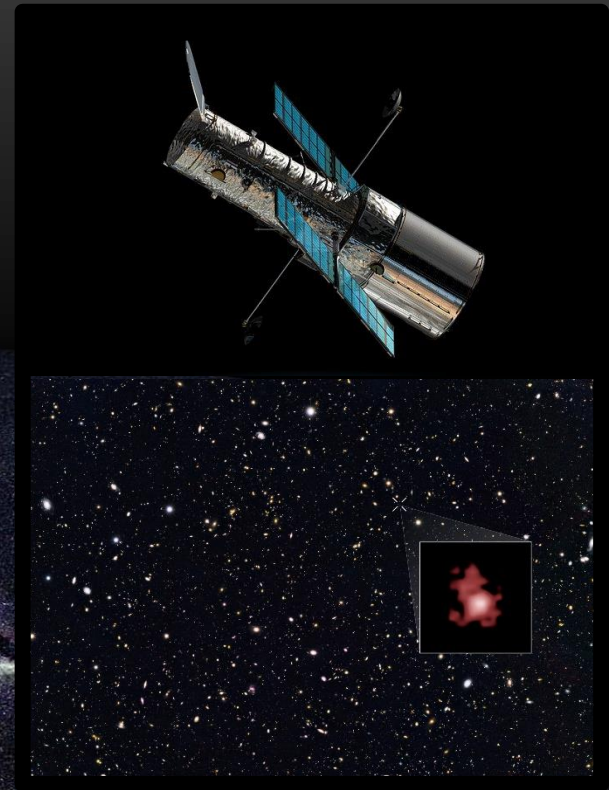


La Via Lattea vista attraverso un **telescopio ottico**



Costellazione delle Pleiadi
G.Galilei, "Sidereus Nuncius", 1610

Prime osservazioni del cielo
con un telescopio ottico



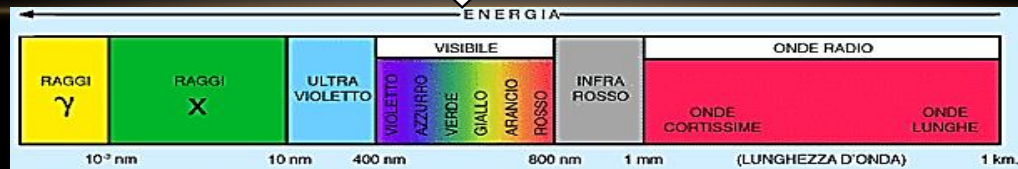
GN-z11
Hubble Telescope, 2016

La piu` distante (e antica) galassia mai
osservata, a 32 miliardi di anni luce
($\varnothing$ Via Lattea = 200 mila anni luce)

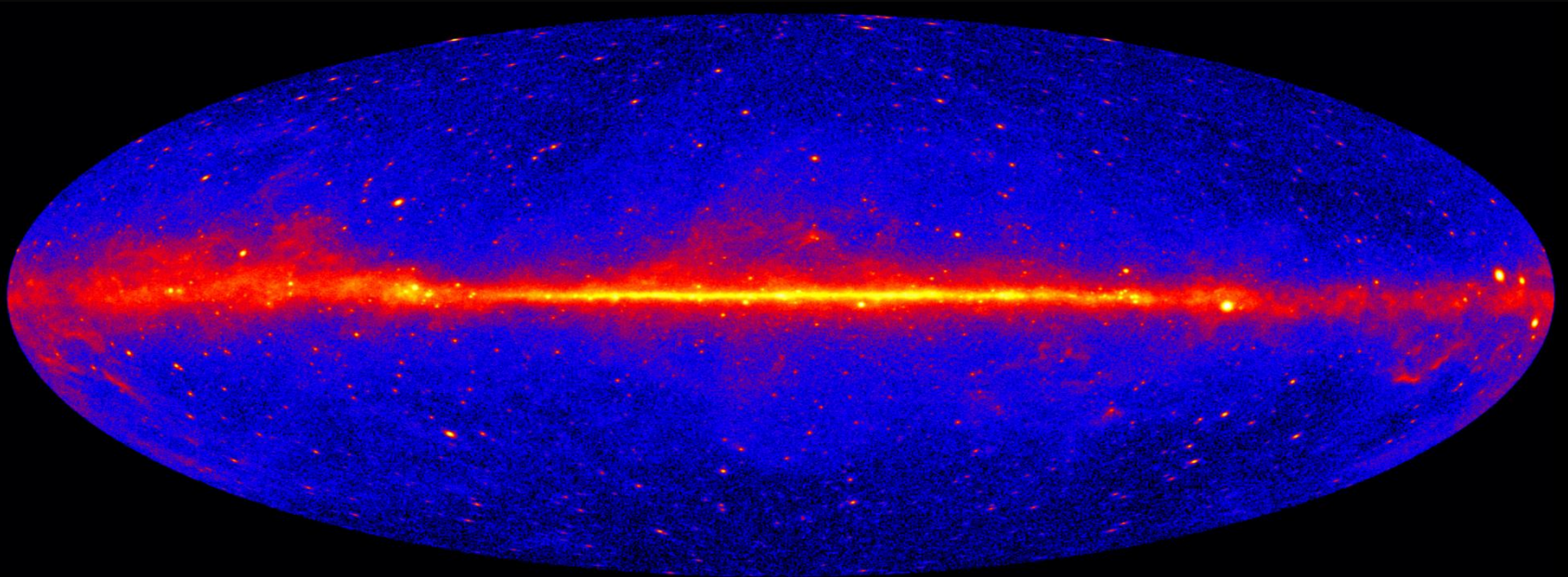
Mappa del cielo



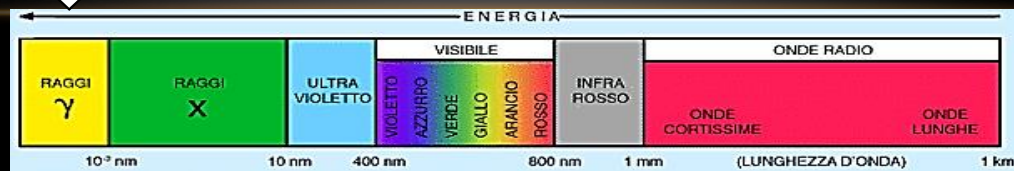
La Via Lattea vista attraverso un **telescopio ottico**



Mappa del cielo



La Via Lattea vista attraverso un rivelatore di **raggi gamma**

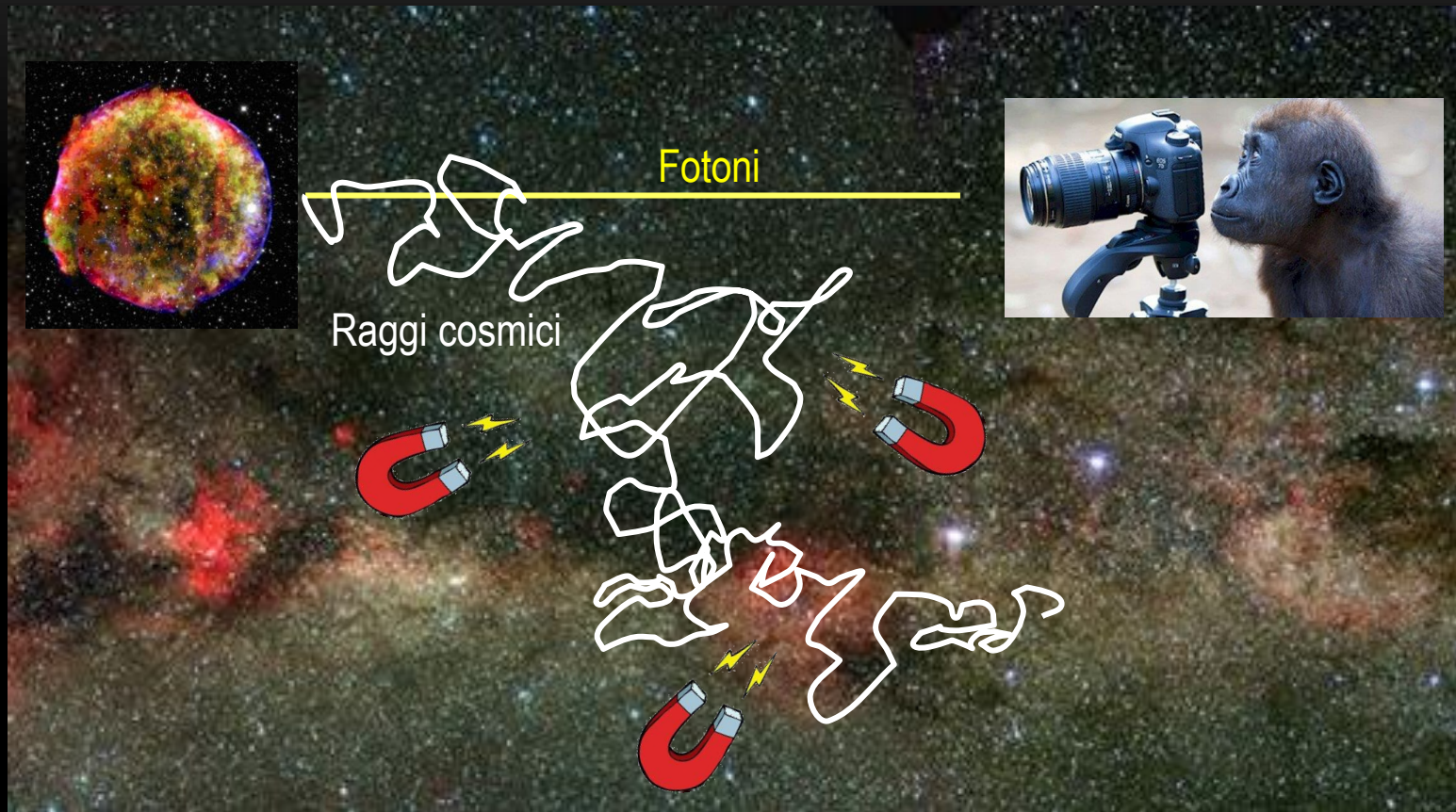


Mappa del cielo



La Via Lattea vista attraverso un rivelatore di **RAGGI COSMICI**

I raggi cosmici sono particelle energetiche massive, elettricamente cariche



La traiettoria e' deviata dai campi magnetici

Radiazione elettromagnetica
(fotoni)



Raggi cosmici



MA ALLORA, ...PERCHÉ SI STUDIANO?

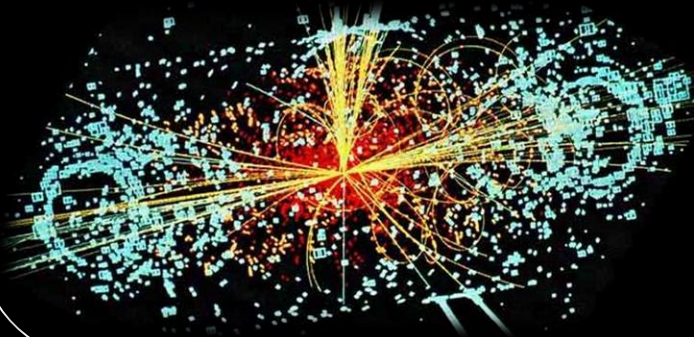


Sono stati osservati sulla Terra raggi cosmici di energia fino a oltre

$$10^{20} \text{ eV} = 100000000000000000000 \text{ eV} !!$$

1 eV (elettronvolt) = energia di un elettrone accelerato da una differenza di potenziale di 1 V

Migliaia di volte più grande della massima energia ottenuta dall'uomo per una singola particella, che è quella di LHC (Large Hadron Collider)



E' l'energia (macroscopica!) di una palla da tennis che viaggia a 90 km/h.

Energia di 10^{24} atomi (più del numero di granelli di sabbia di tutte le spiagge del mondo!!!) concentrata in un'unica particella



L'origine dei raggi cosmici di energia estrema è ancora un **mistero...**

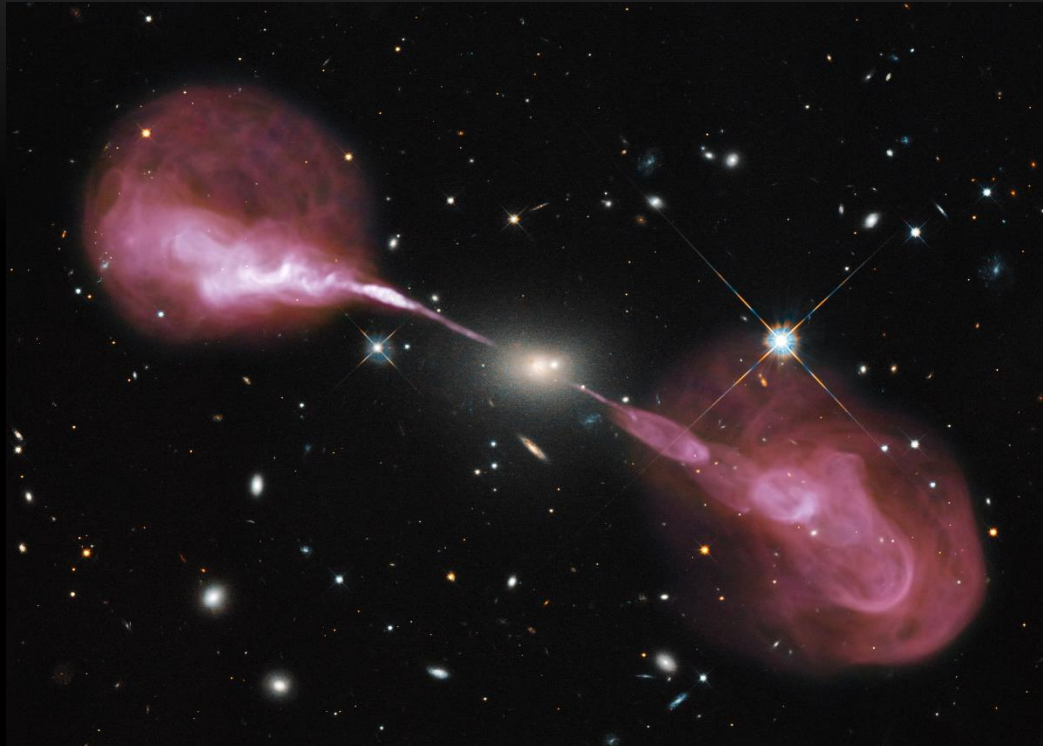
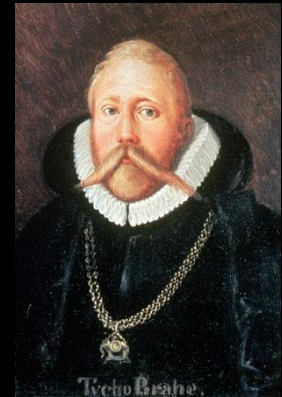
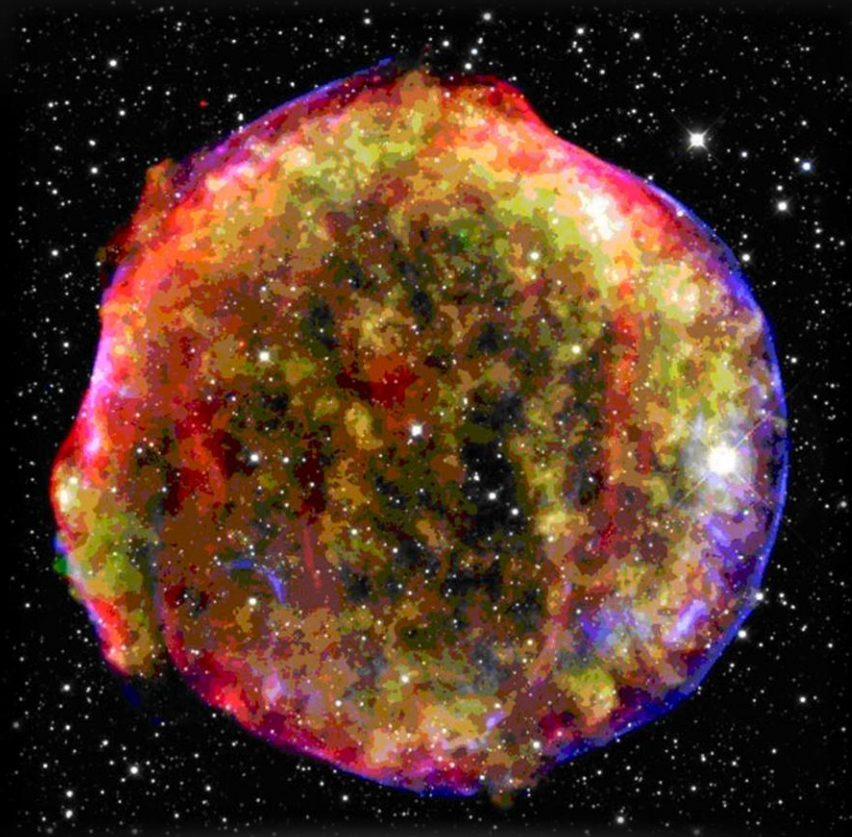


Immagine composita della
galassia con nucleo attivo
Hercules A
(radio e visibile)

Si pensa provengano da galassie lontane dal cui centro **buchi neri**
di grande massa emettono potenti **getti di plasma** in grado di
accelerare particelle

La maggioranza dei raggi cosmici ha origine nelle regioni dove nel passato sono avvenute esplosioni di **supernovae**



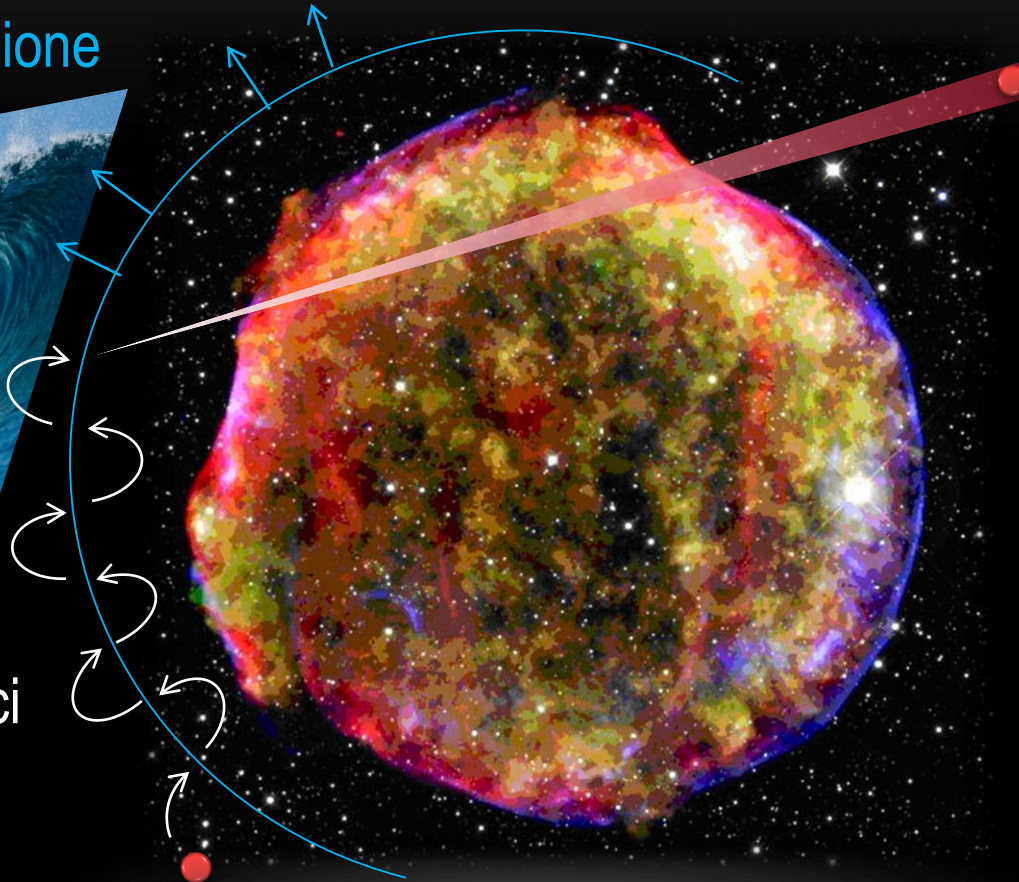
Resto della
supernova
Tycho SN 1572
(spettro X)

L'onda d'urto generata dall'esplosione si espande nel mezzo interstellare per **migliaia di anni**

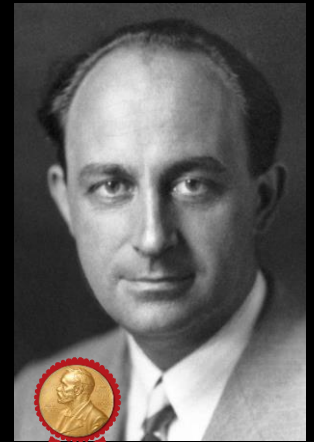
Onda d'urto in
espansione



Nuclei atomici
del mezzo
interstellare



**RAGGI
COSMICI**



*Accelerazione diffusiva
di Fermi (1949)*

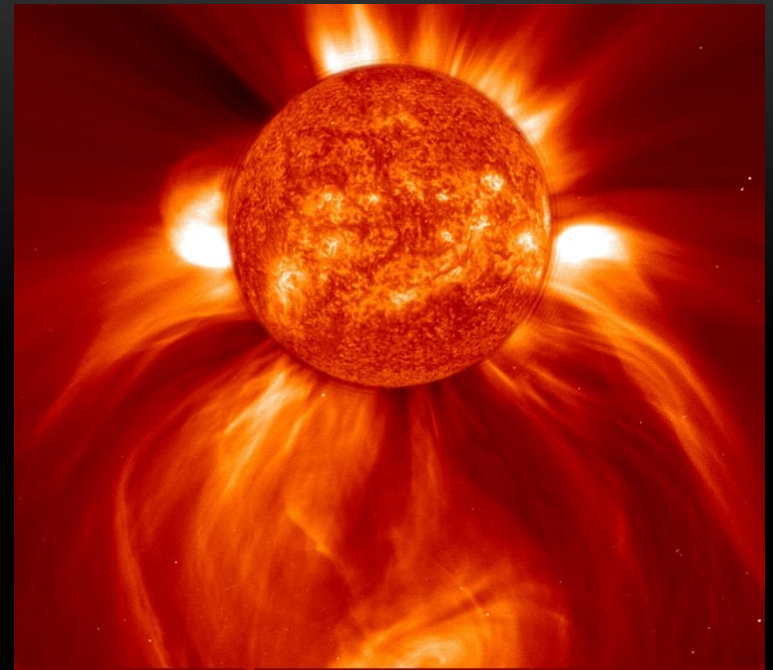
Le supernovae sono localizzate all'interno della **Galassia**

Una volta emessi dalle sorgenti, i raggi cosmici rimangono confinati per circa **10 milioni di anni**, tempo durante il quale possono raggiungere il **Sistema Solare**



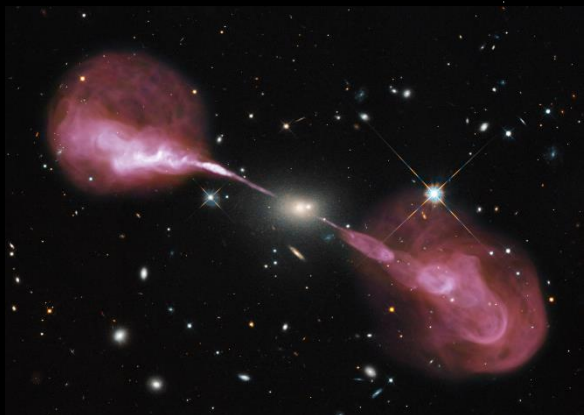
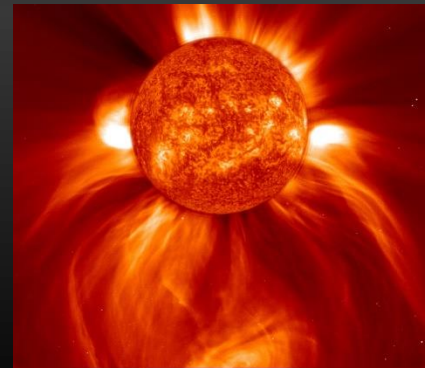
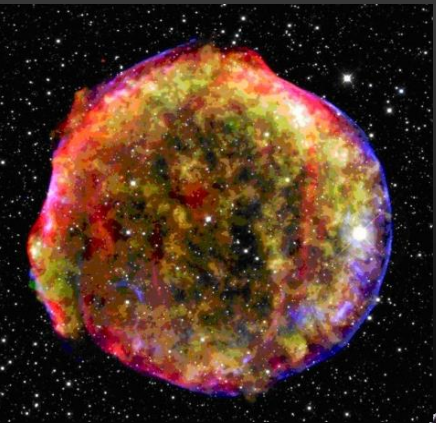
Anche il Sole è una
sorgente di raggi cosmici.

Le particelle vengono
accelerate durante le
eruzioni solari
e raggiungono la Terra in
poche ore



Sole $\sim 100 \times$ Terra !!



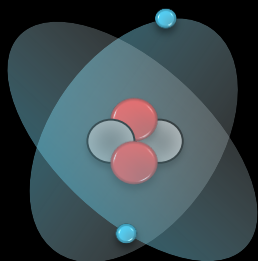


...?



I raggi cosmici rappresentano un campione di
materiale proveniente da regioni remote del cosmo

Nei raggi cosmici sono presenti tutti gli elementi che compongono la **materia ordinaria** (atomi)



Si presentano sotto forma di **nuclei completamente ionizzati** (privati di tutti gli elettroni)

860 ×  H

110 ×  He

10 ×  C, O, ...

20 ×  e⁻

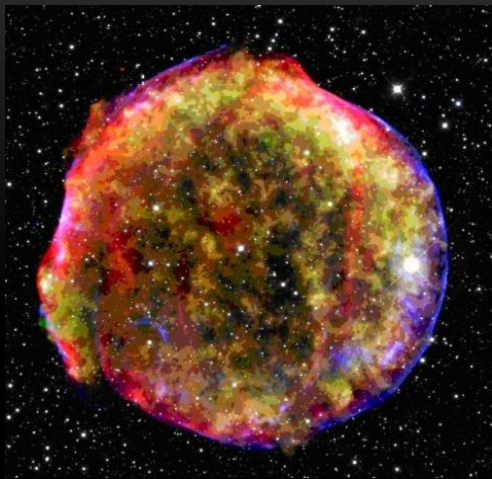
1000 × **particelle**

!!!



$\approx$





RAGGI COSMICI

Distanza 3 miliardi di UA

Ø Via lattea



METEORITI

Distanza 200 UA

Ø Sistema Solare

1 UA (Unità Astronomica) = distanza Terra Sole





$\approx$





...ogni 1000
particelle:

3 nuclei rari

QUALE E' L'ORIGINE DEGLI ELEMENTI PRESENTI NEL SISTEMA SOLARE?

1. Il Big Bang
2. I raggi cosmici
3. Le stelle
4. Tecnologia aliena

(J. Johnson)

1 H	big bang fusion 					cosmic ray fission 					2 He																					
3 Li	4 Be	merging neutron stars 					exploding massive stars 					5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne															
11 Na	12 Mg	dying low mass stars 					exploding white dwarfs 					13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar															
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr															
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe															
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn															
87 Fr	88 Ra																															
																		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
																		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U											



Li-Be-B, unici elementi prodotti dai raggi cosmici per frammentazione di nuclei più pesanti
Tutti gli altri elementi, prodotti per nucleosintesi (primordiale, stellare o esplosiva)



...ogni 1000
particelle:

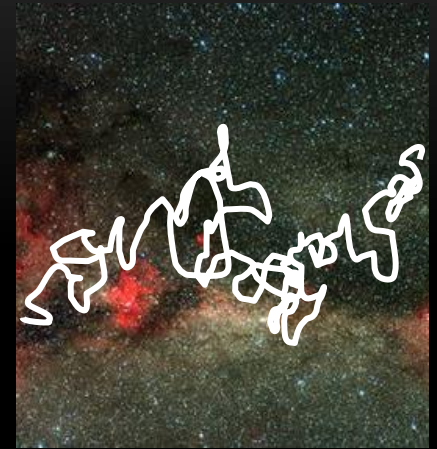
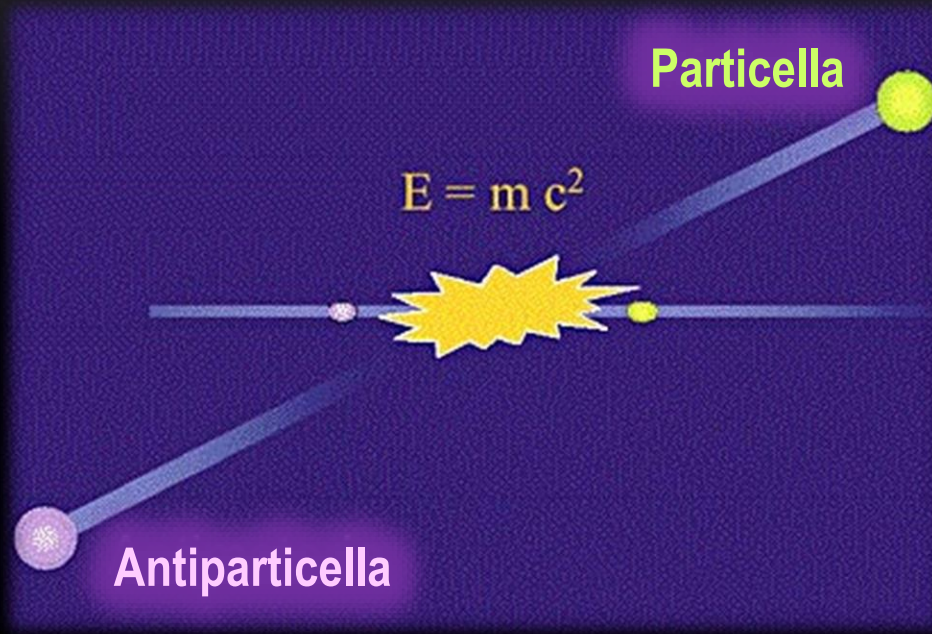
2 antiparticelle



Decadimenti
radioattivi



Acceleratori di particelle



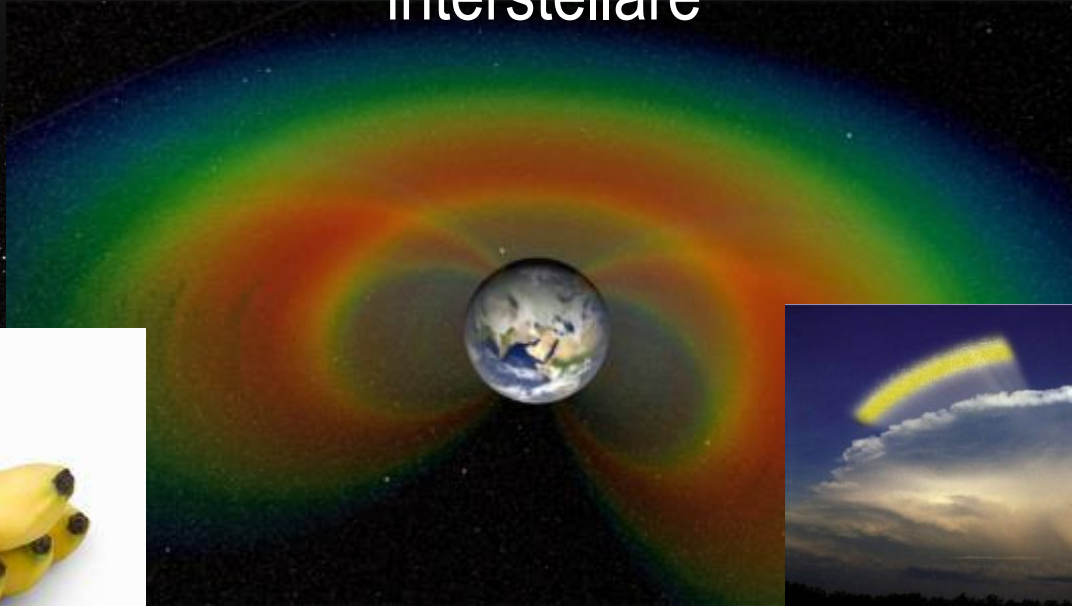
Collisoini dei raggi
cosmici con i nuclei del
mezzo interstellare.

Esisiste un'**antiparticella** per ognuna delle **particelle** conosciute.
Nelle collisioni di alta energia vengono create in coppie.

DOVE SI TROVA LA MAGGIORE FONTE NATURALE DI ANTIMATERIA “VICINA” A NOI?

1. Nello spazio interplanetario
2. Nelle banane
3. Nelle fasce di radiazione
4. In atmosfera durante dei temporali particolarmente violenti

~1 mg di antiprotoni stabilmente intrappolati nelle fasce di Van Allen.
Quantita' 1000 volte piu' abbondante, rispetto ai protoni, nello spazio
interstellare

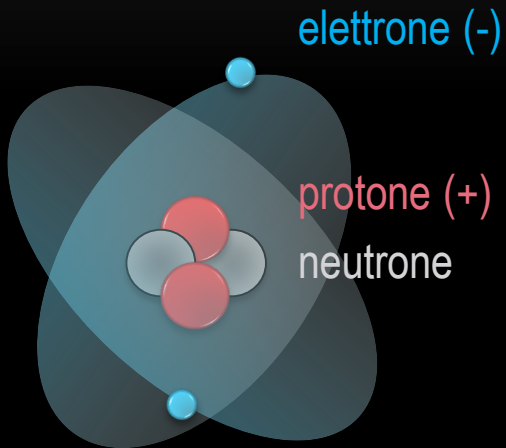


1 **positrone** ogni 75
min, dal decadimento
del potassio 40

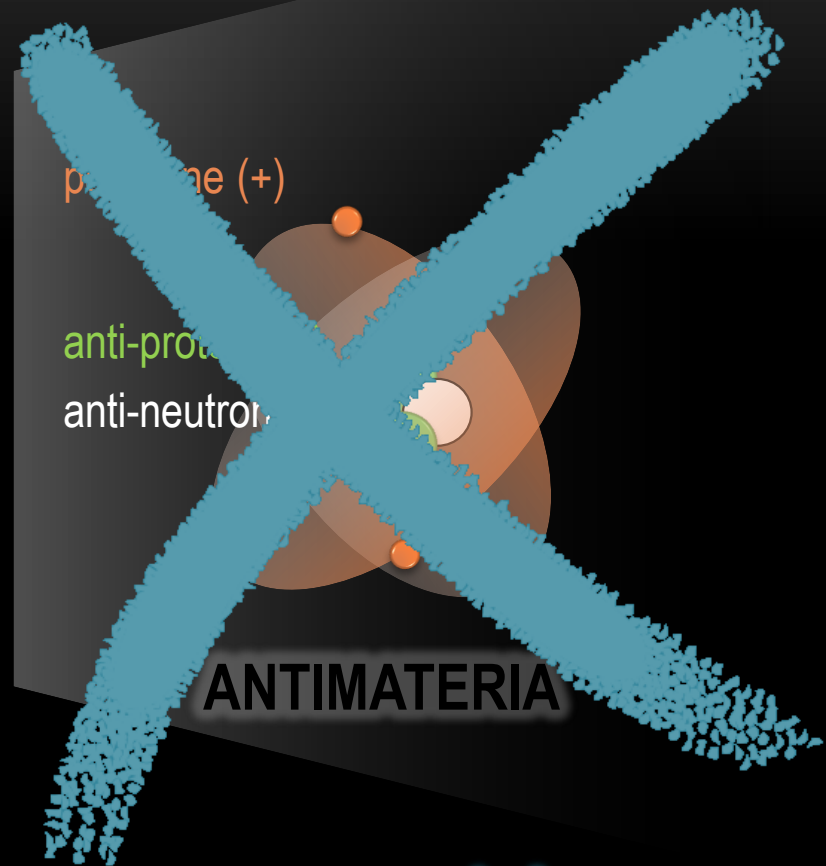


Coppie elettrone + **positrone**
generate dai lampi di raggi gamma
emessi durante i temporali

Le antiparticelle posso legarsi per formare l'antimateria



MATERIA



ANTIMATERIA

L'universo conosciuto è dominato dalla **materia**

Dove e' l'antimateria di origine primordiale!?



- 1) Ricerca di violazioni nella simmetria
- 2) Ricerca di antimateria di **origine cosmica**



FACT!

Nei raggi cosmici è
stato osservato un
eccesso di
antiparticelle

Antimateria primordiale?

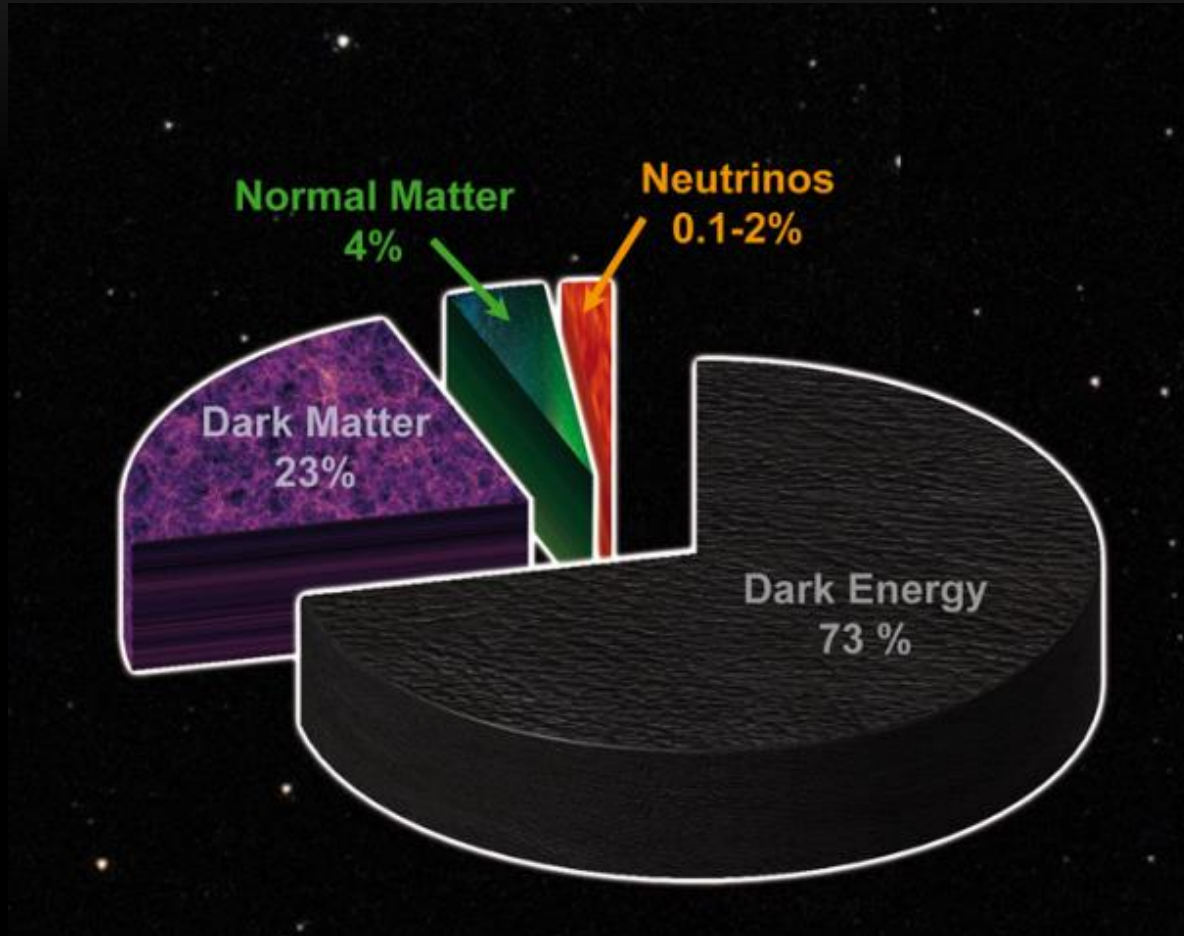


QUALE E' LA COMPONENTE DOMINANTE NELL'UNIVERSO?

1. La materia ordinaria (nuclei atomici, ecc...)
2. La materia oscura
3. L'energia oscura
4. Il lato oscuro della Forza

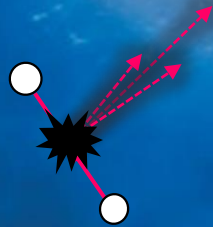


La materia ordinaria rappresenta solo qualche % del contenuto dell'Universo



La materia oscura confinata nell'alone galattico potrebbe
generare particelle di materia-antimateria,
che si sommano ai raggi cosmici di origine galattica

Via Lattea



Alone di materia
oscura

I RAGGI COSMICI NELLA STORIA DELLA SCIENZA E ...DELL' «ARTE»



Nel 1896 A. H. Becquerel
scopre il fenomeno della
radioattività naturale, studiando
l'uranio.

Nel 1898 M. Sklodowska e P. Curie
scoprono gli elementi polonio e
radio.

Il fenomeno di scarica spontanea
dell'elettroscopio a foglie d'oro viene
attribuito alla radioattività naturale.

Si comincia ad utilizzarlo per fare
misure...



DATE AD UNO SCENZIATO UN FENOMENO SCONOSCIUTO E UNO STRUMENTO ADATTO PER STUDIARLO. COSA FA?



1. Si inabissa nel divano e si mette a guardare la sua serie preferita
2. Si mette a fare misure in maniera compulsiva
3. Rifiuta l'evidenza e aderisce ad una setta di terrapiattisti-sciachimisti

Negli anni 1911-1913

Victor Hess

in una serie di voli su pallone
fino a circa 5.3 km trovò che la
radiazione lentamente
diminuiva con l'altitudine, ma
intorno a **1.5 km** ricominciava
a salire.

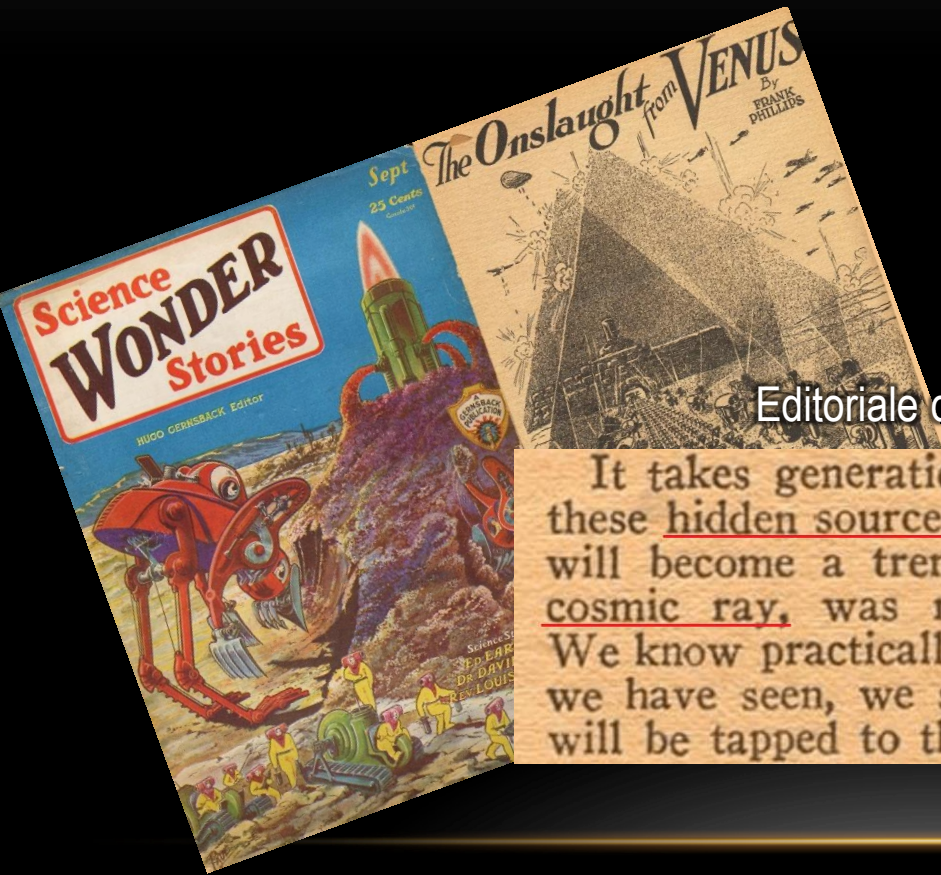
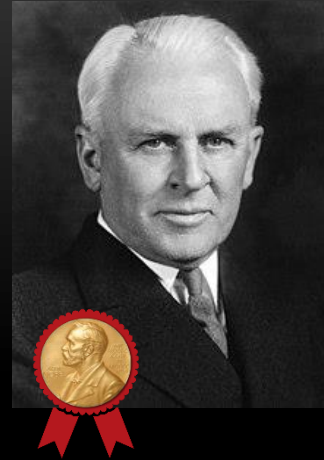
Hess concluse che l'origine
della radiazione fosse
cosmica!!



*Premio
Nobel*



Nel 1925 Robert A. Millikan
conia il termine
RAGGI COSMICI

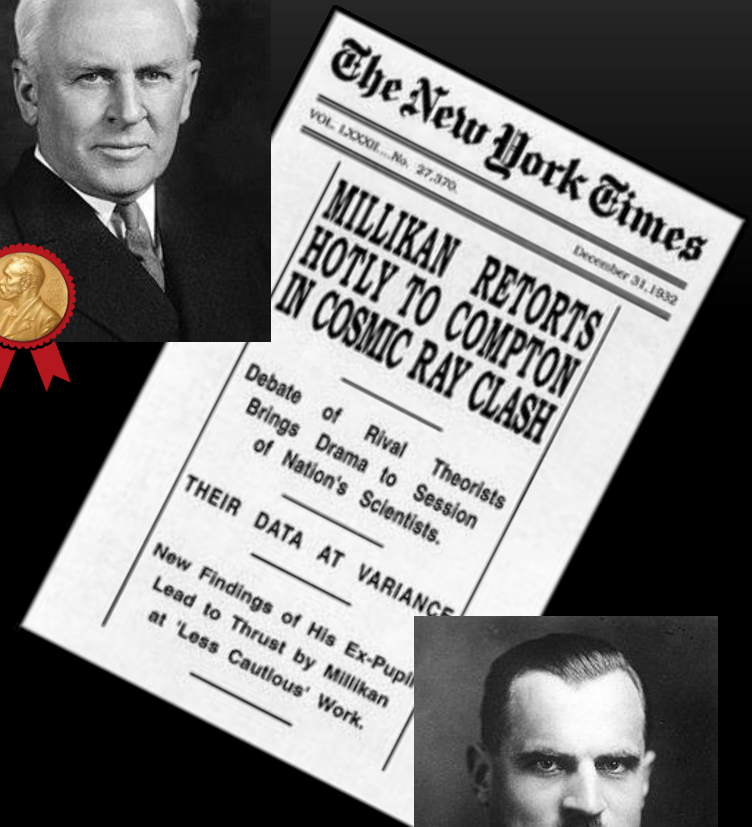
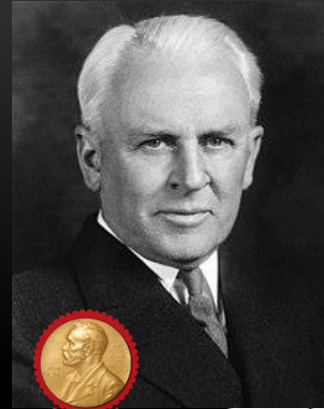


Editoriale di Hugo Gernsback, "Science Wonder Stories" 1929

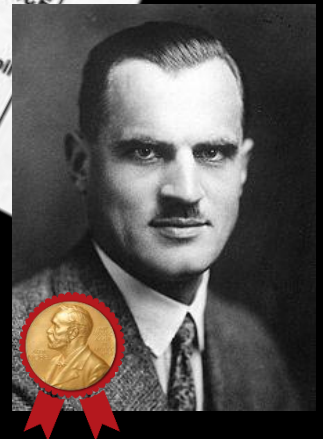
It takes generations of steady plodding to discover some of these hidden sources of power. One for instance, that probably will become a tremendous factor in the future, the so-called cosmic ray, was recently discovered by Professor Milliken. We know practically nothing about it as yet, but from the little we have seen, we suspect it is a terrific power that some day will be tapped to the benefit of humanity.

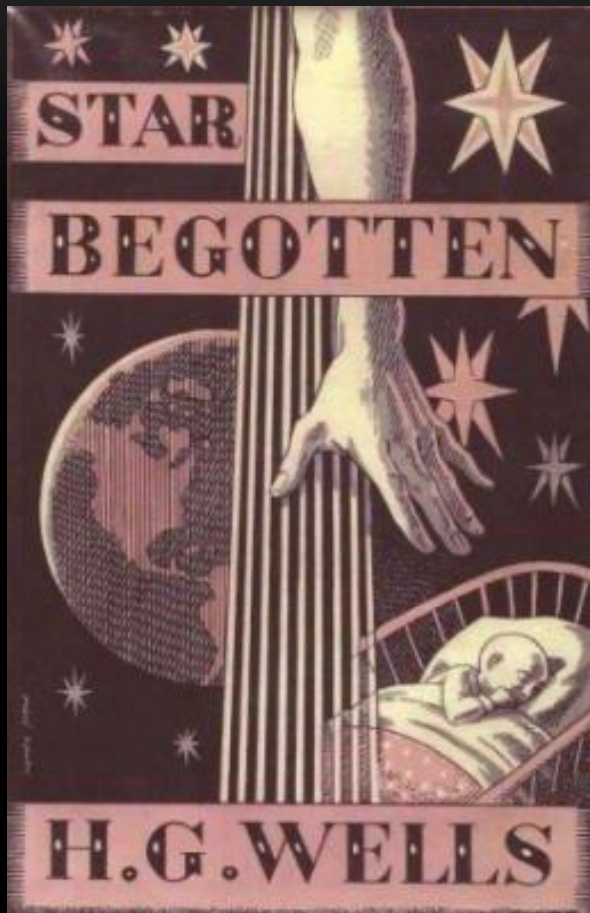


Nel 1925 Robert A. Millikan
conia il termine
RAGGI COSMICI



Nel 1932 infuria il dibattito sulla natura
della radiazione cosmica primaria:
Sono raggi gamma (Millikan) o
particelle cariche (Compton)?





1937

I marziani ci stanno
irradiando con i raggi
cosmici per
aumentare la nostra
intelligenza?

E' possibile catturare la radiazione cosmica???





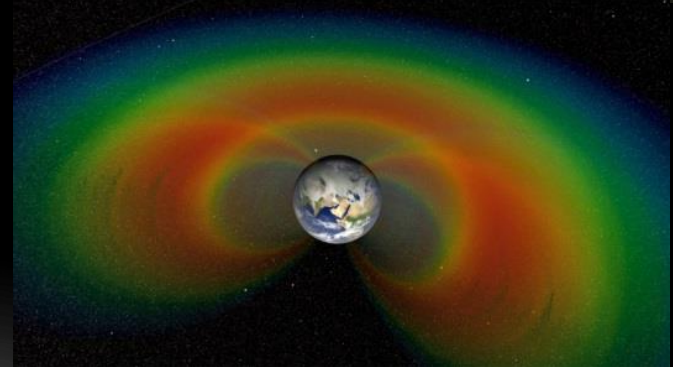
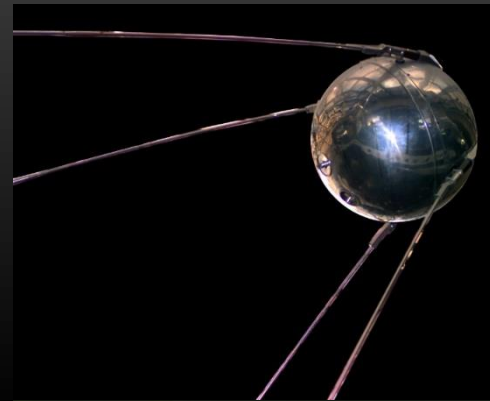
Jack Kirby and Joe Simon "Blue Bolt 6" 1940

Alla fine degli anni '50 inizia l'era
spaziale

Nel 1957 viene messo in orbita il
primo satellite artificiale, lo **Sputnik 1**

Nel 1958 il satellite americano
Explorer 1 effettua le prime misure di
radioattività nello spazio.

Vengono scoperte le fasce di Van Allen





Possiamo proteggerci dalla minaccia
della radiazione cosmica??





Quality Comics' Smash Comics 14, Sep 1940



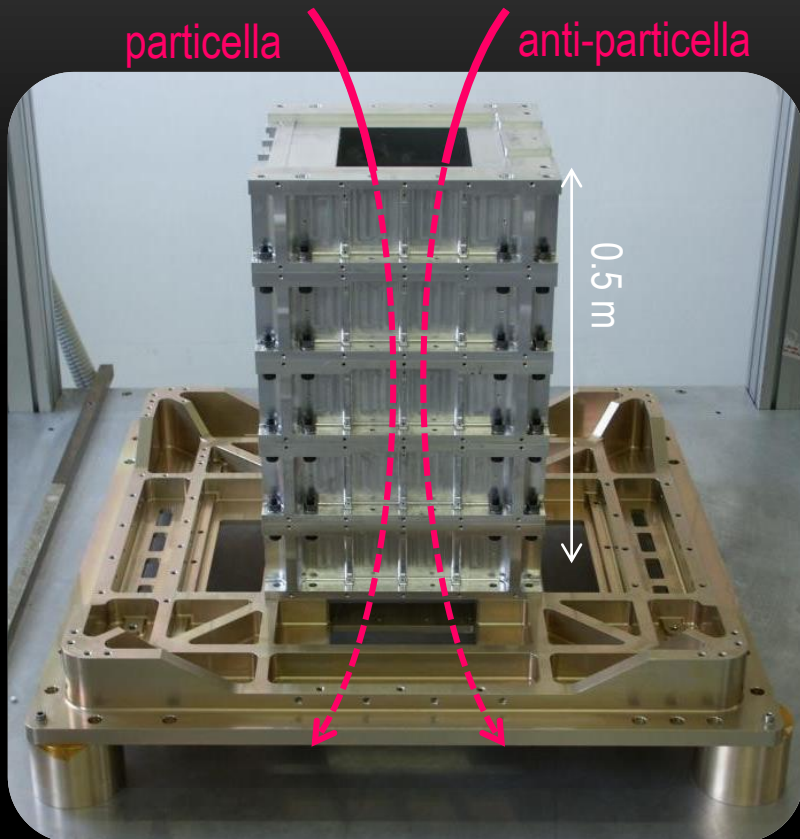
The Fantastic Four 1, Jack Kirby and Stan Lee 1961

I RAGGI COSMICI A FIRENZE



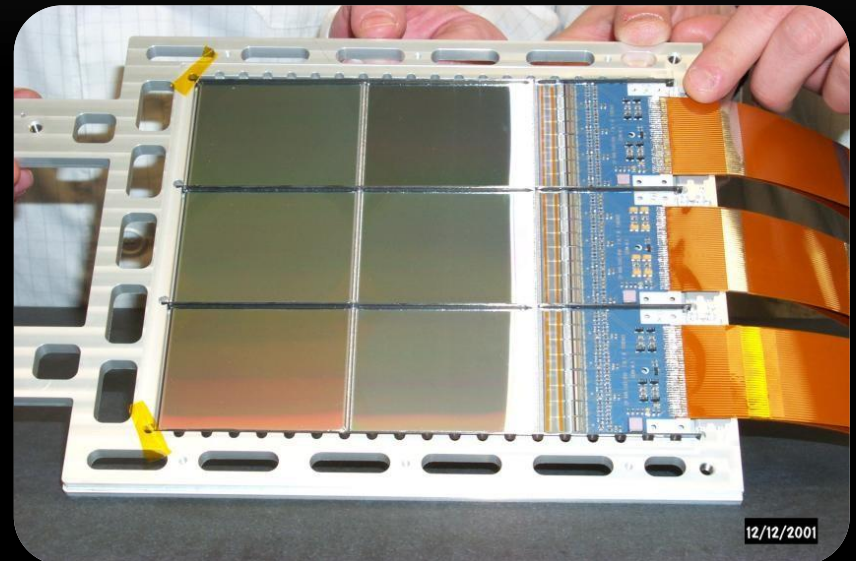
Lo studio diretto dei raggi cosmici si effettua nello spazio a bordo di palloni stratosferici, stazioni spaziali, satelliti e sonde



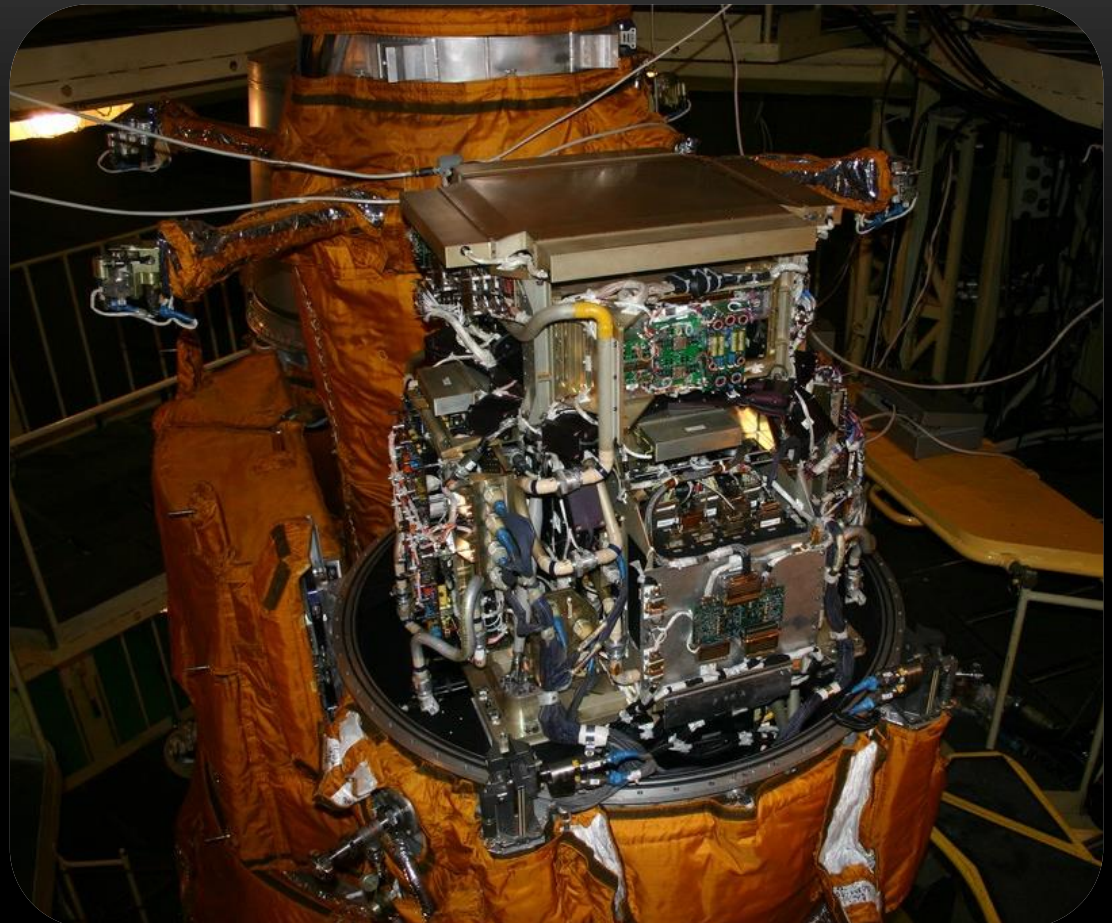


Il magnete permanente

Alcune fasi di assemblaggio dello spettrometro magnetico di PAMELA, presso i laboratori INFN di Firenze

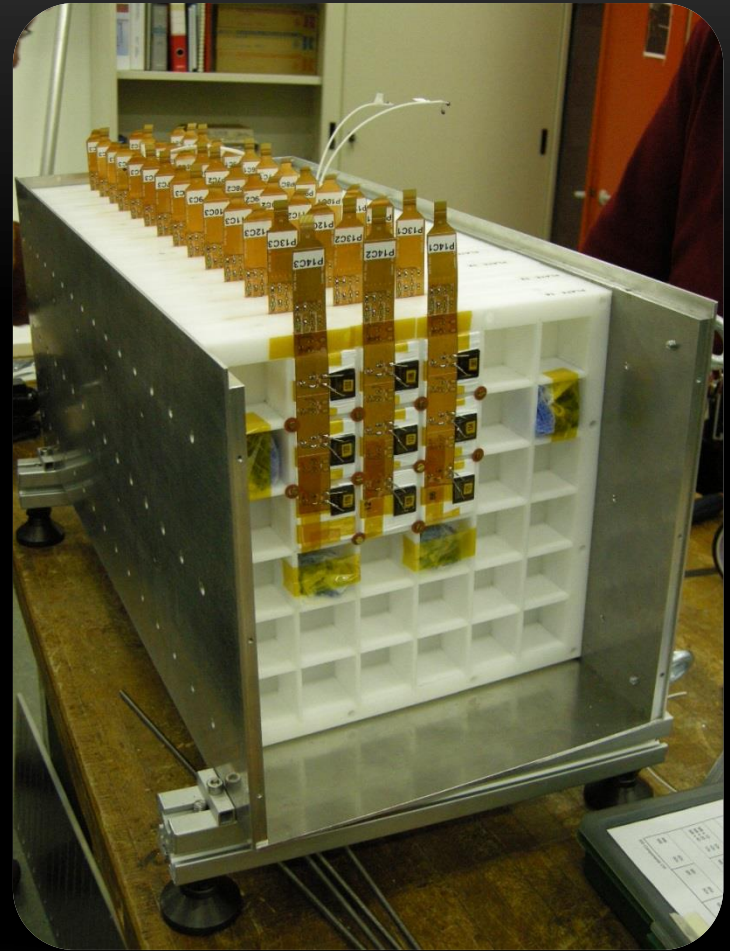


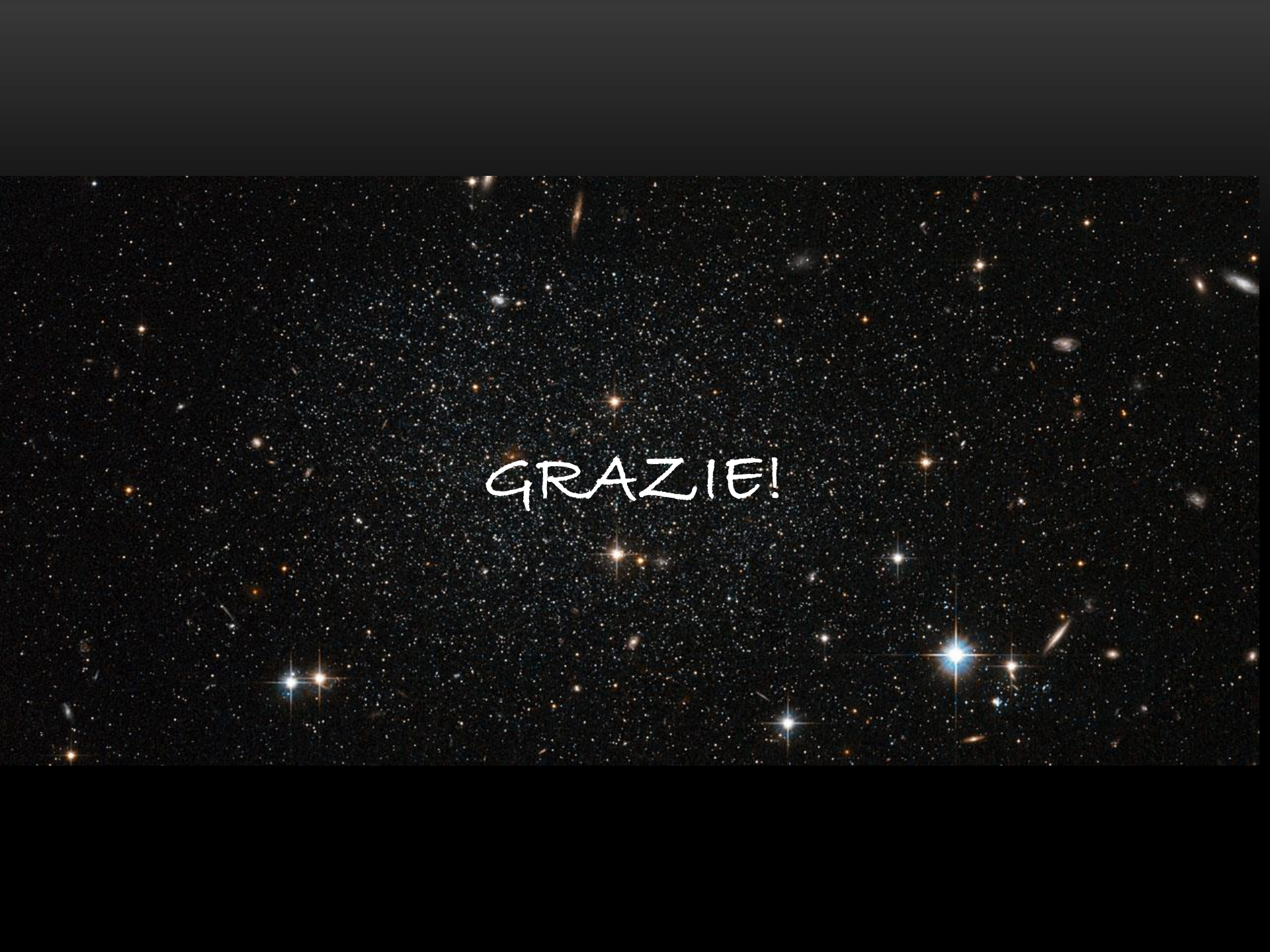
Uno dei piani di rivelatori al Silicio del sistema tracciante



Installazione del telescopio PAMELA a bordo del satellite russo Resurs-DK1, presso il cosmodromo di Baikonur (Kazakhstan)

Prototipo del calorimetro CaloCube,
assemblato presso i laboratori INFN di
Firenze, pronto alla partenza per il CERN,
per una prova su fascio di particelle



A deep space photograph showing a vast field of stars and distant galaxies against a black background. The stars vary in brightness and color, with some appearing as sharp points of light and others as soft, out-of-focus blobs. The word "GRAZIE!" is written in a white, handwritten-style font in the center of the image.

GRAZIE!