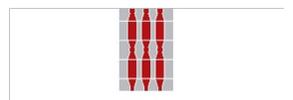


con il patrocinio di



Regione Umbria



Comune di Perugia



DIPARTIMENTO DI FISICA E GEOLOGIA

DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA MUR 2023/2027

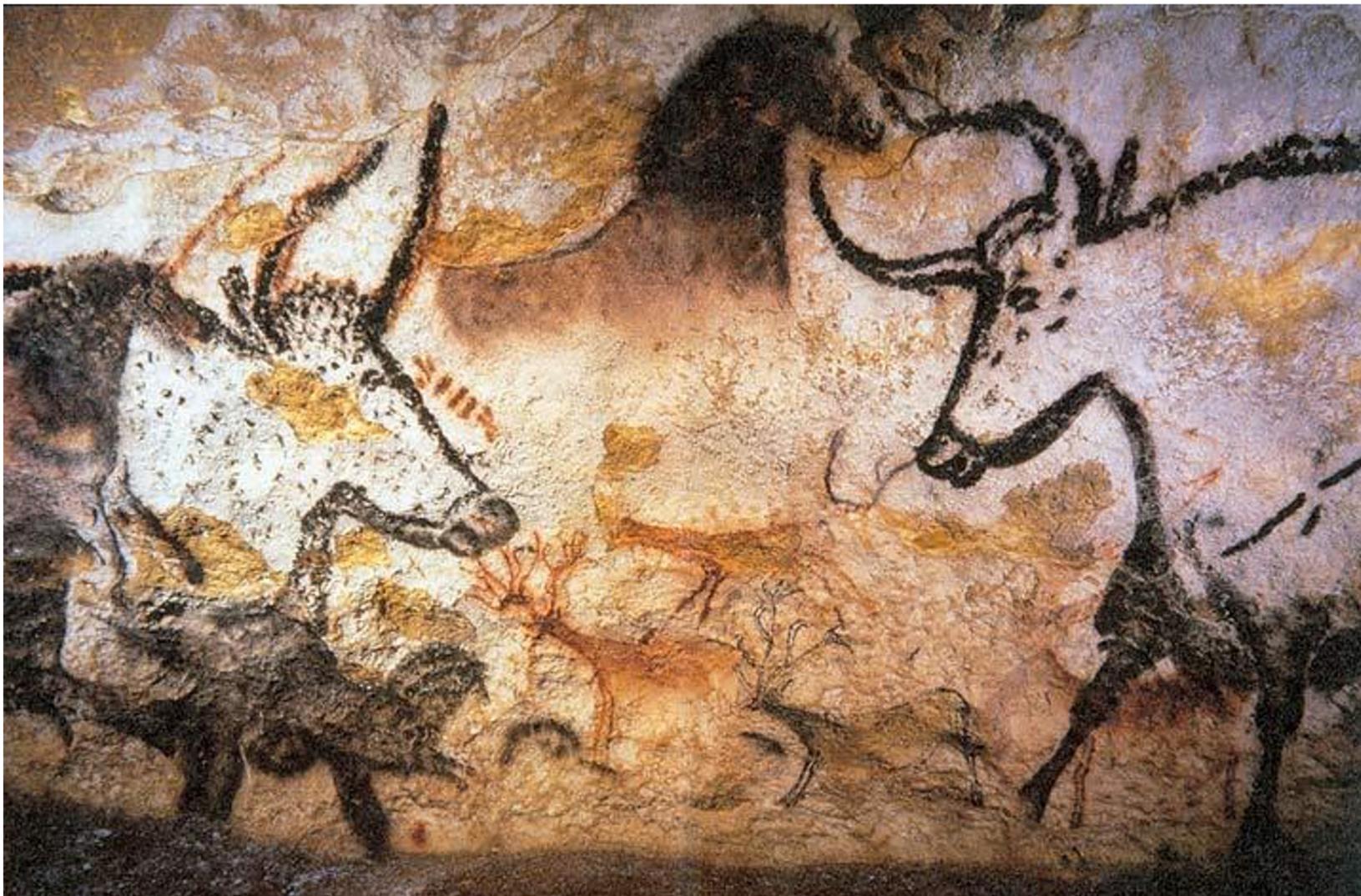


Ricercatore in fisica: cosa facciamo?

Stefano Germani (UniPG – INFN PG)

stefano.germani@unipg.it

Colore



Dipinto rupestre
Grotte di Lascaux
15500 A.C.

Colore



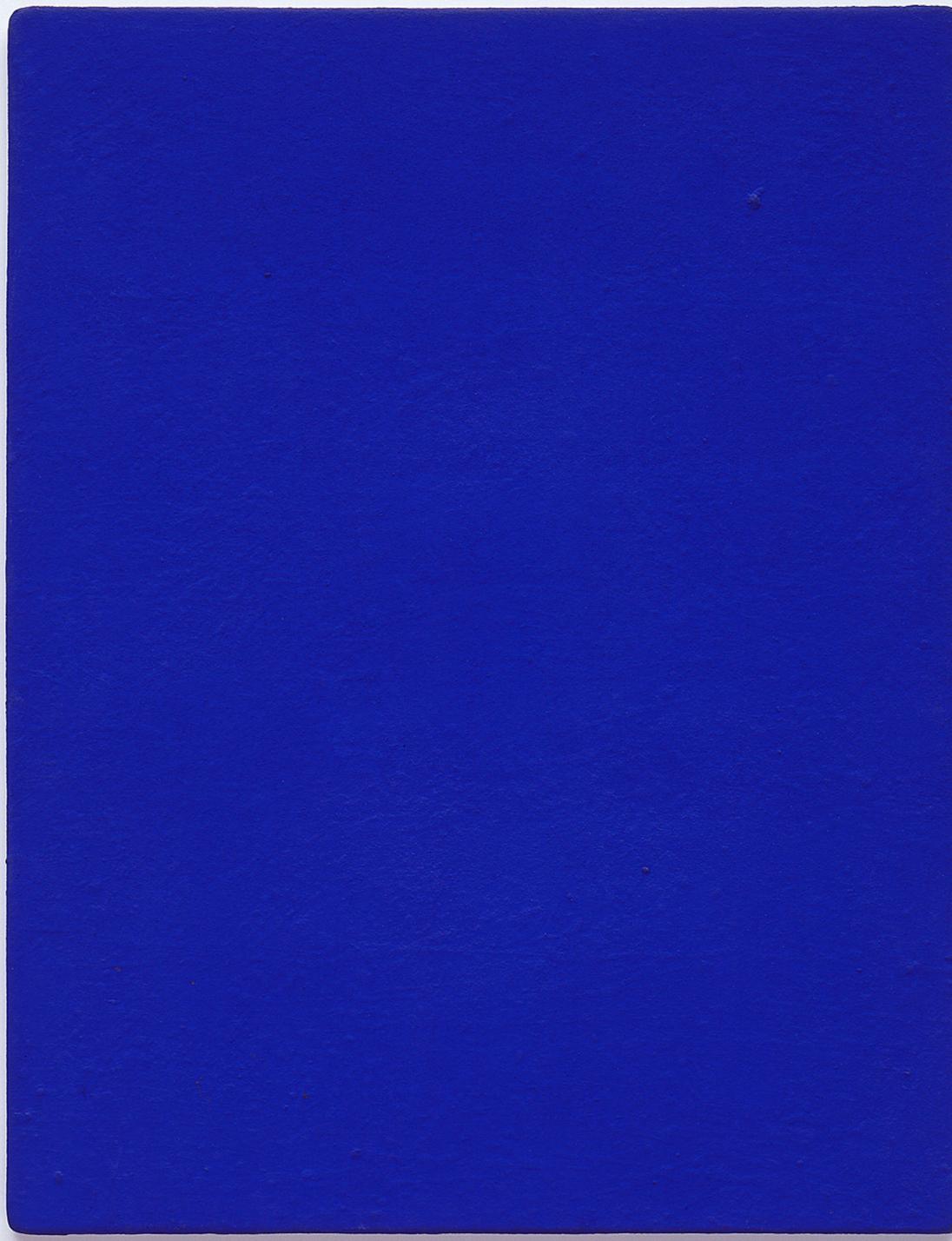
Adorazione dei Magi
Gentile da Fabriano
Tempera su tavola, 1423

Colore



Bacco e Arianna
Tiziano
Olio su tela ca. 1520

Colore

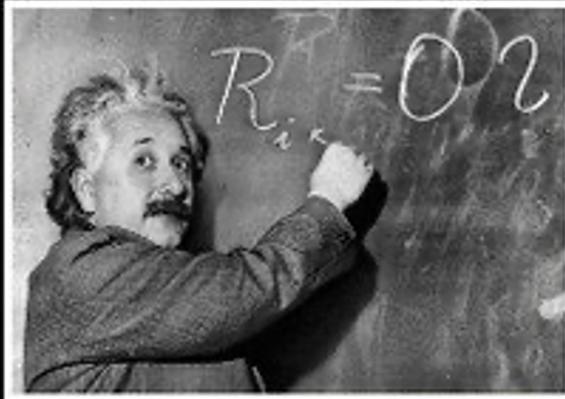


IKB82, senza titolo

Yves Klein

Pigmento in acetato polivinilico, 1961

PHYSICIST



WHAT SOCIETY THINKS I DO



WHAT MY MUM THINKS I DO



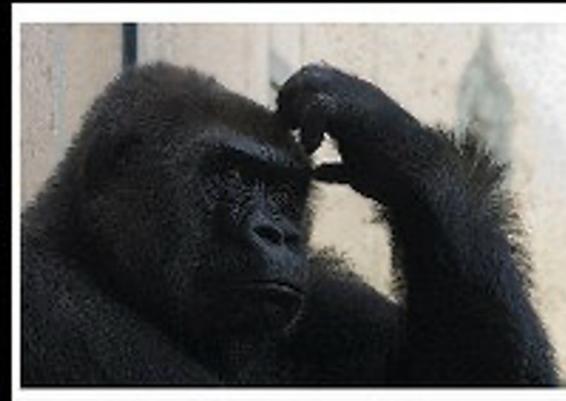
WHAT MY FRIENDS THINK I DO



WHAT THE GOVERNMENT THINKS I DO



WHAT I THINK I DO



WHAT I ACTUALLY DO

Il nostro
lavoro
consiste nel
cercare
risposte a
domande
aperte!

Com'è nato l'universo?

Da cosa è formato?

Cos' è la materia e quali sono i suoi componenti elementari?

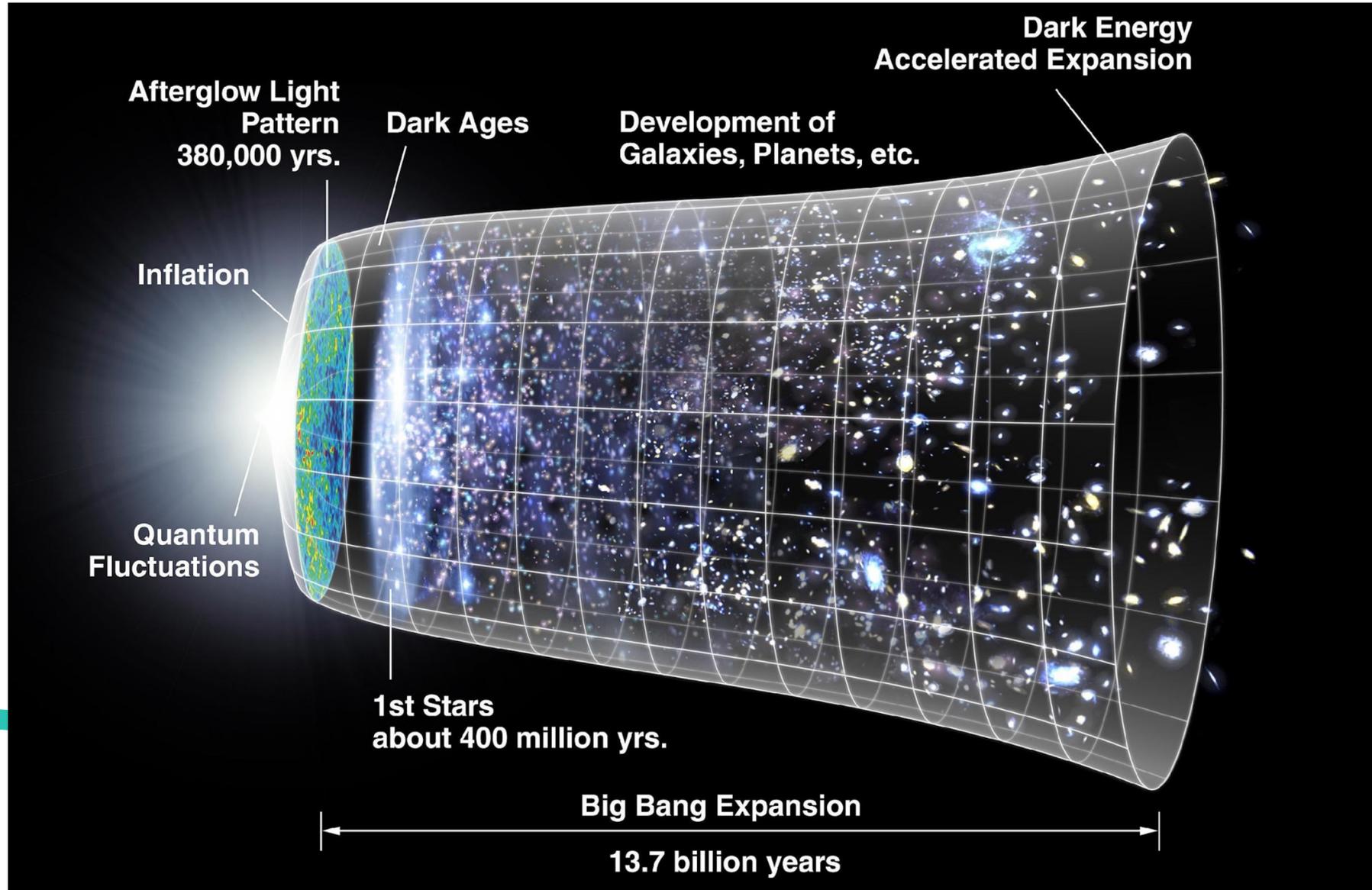
Quali le forze che governano l'Universo?

Cosa c'è oltre i nostri occhi?

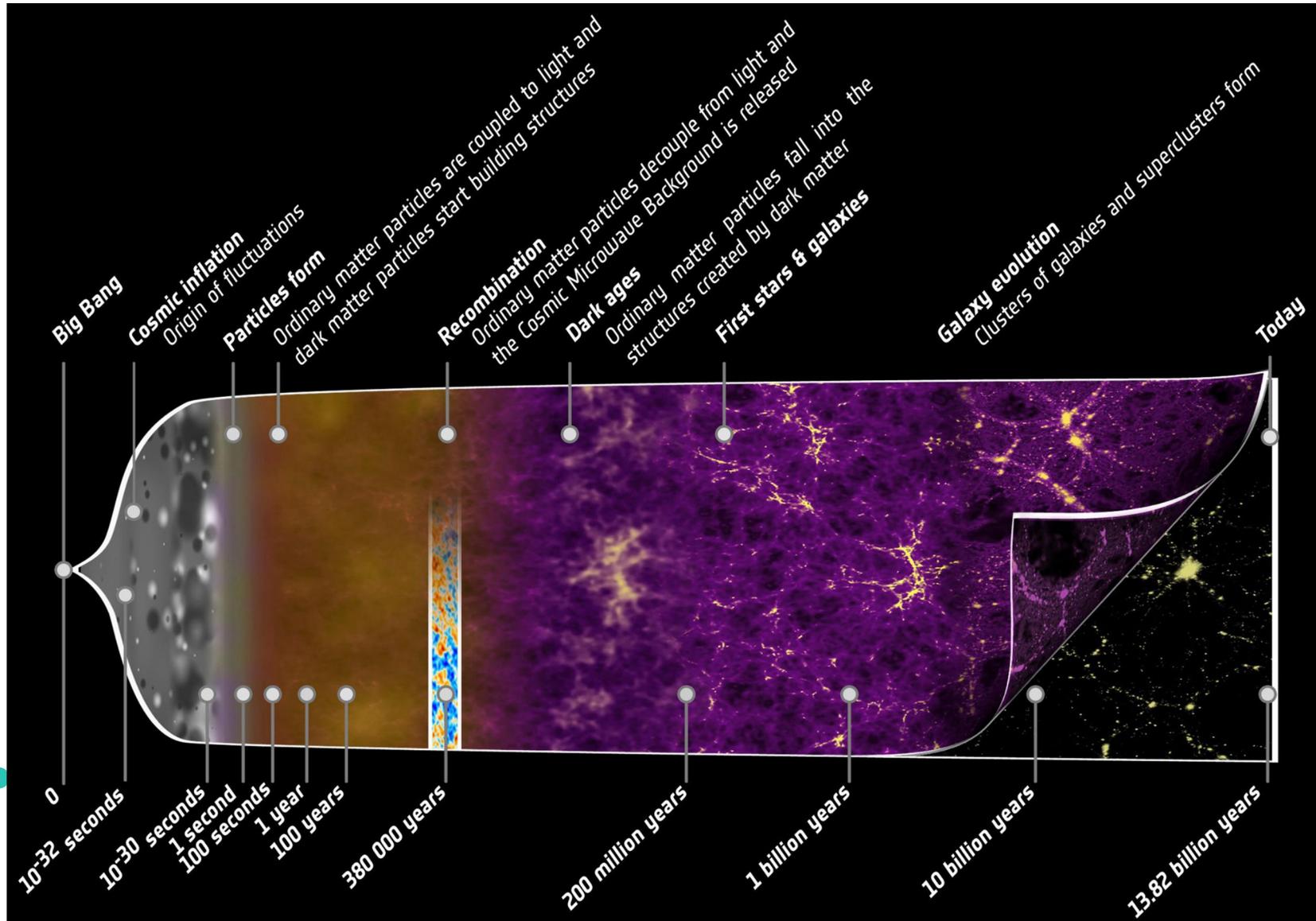
Come si è
formato
l'Universo?



Teoria del big bang



Epoca della ricombinazione



GALASSIE

James Webb Space Telescope
Deep Field

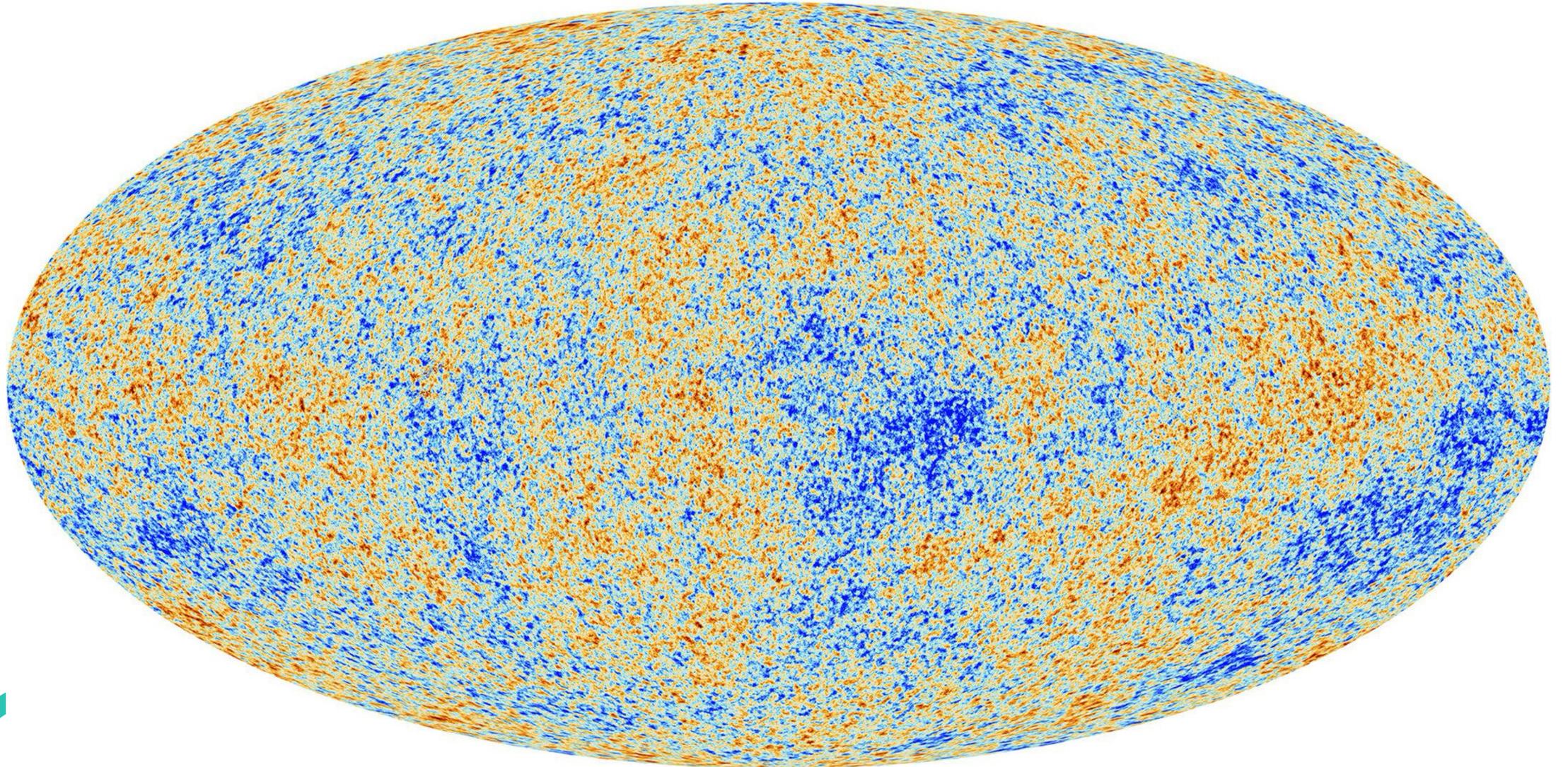
~13.1 Gly

~ 4 Gpc

~ 8.5 z

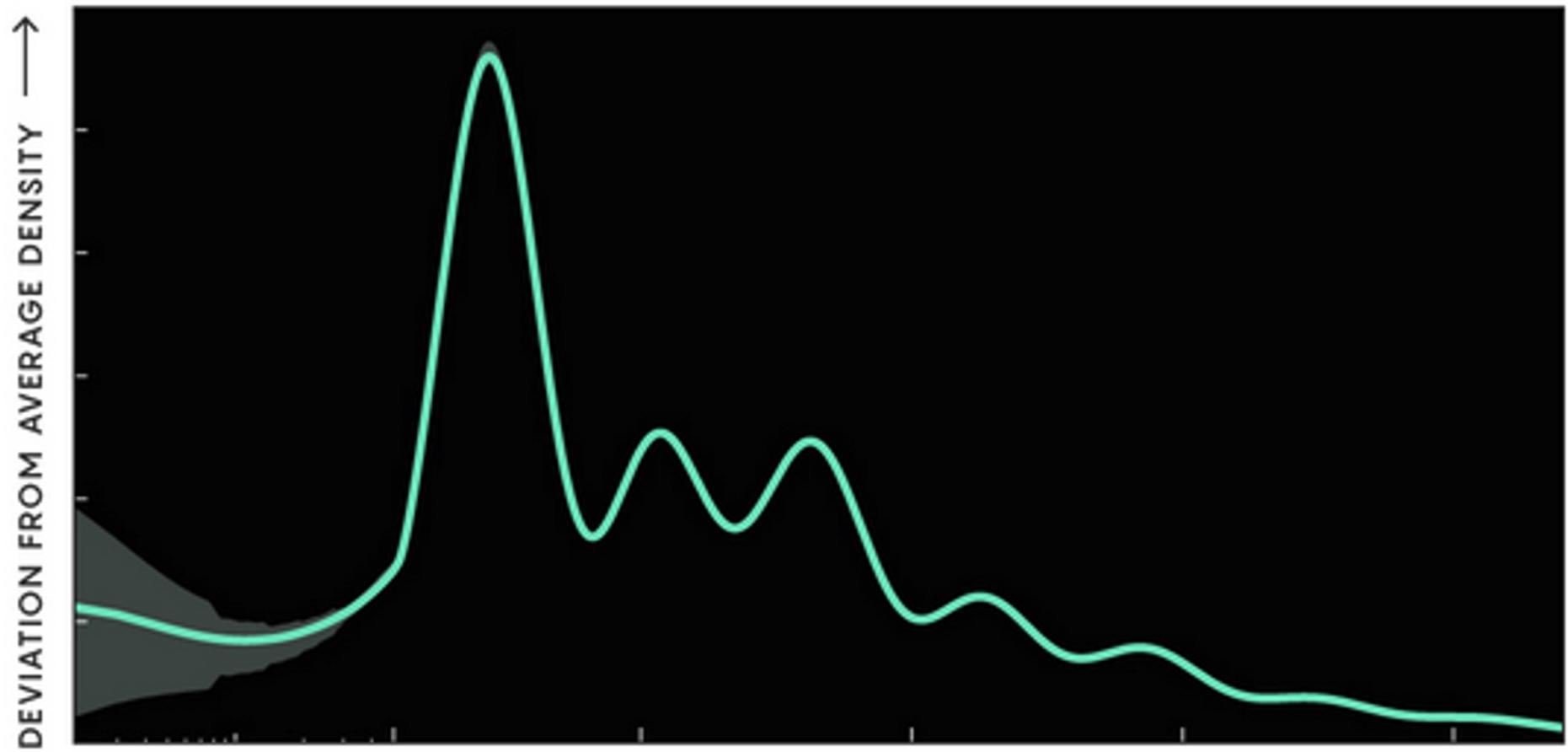


La prima luce!

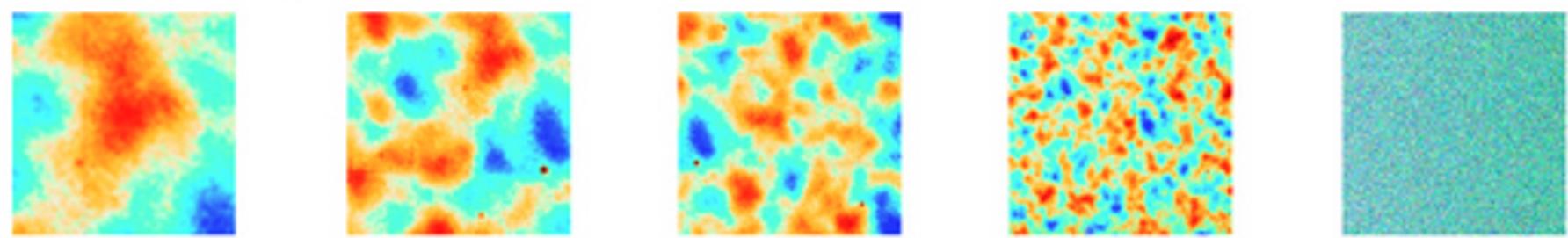


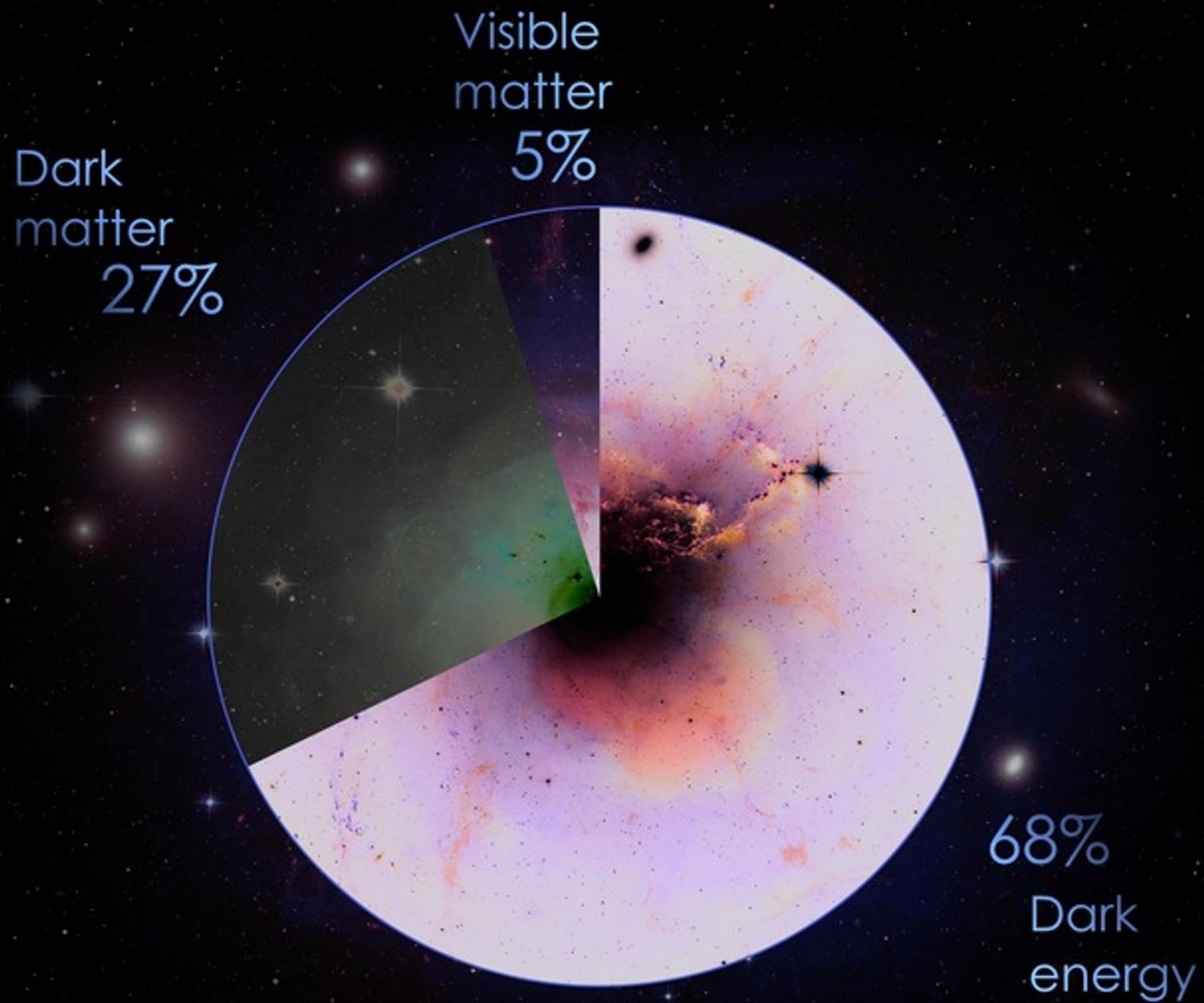
An abstract painting with a rich, textured surface. The composition is dominated by warm, earthy tones of yellow, orange, and brown in the upper half, transitioning into cooler blues and purples in the lower half. The brushstrokes are thick and expressive, creating a sense of depth and movement. A central, dark, starburst-like shape with radiating lines and small, colorful dots (pink, blue, orange) is a focal point. The overall effect is one of dynamic energy and complex visual information.

Da cosa è
formato
l'Universo?



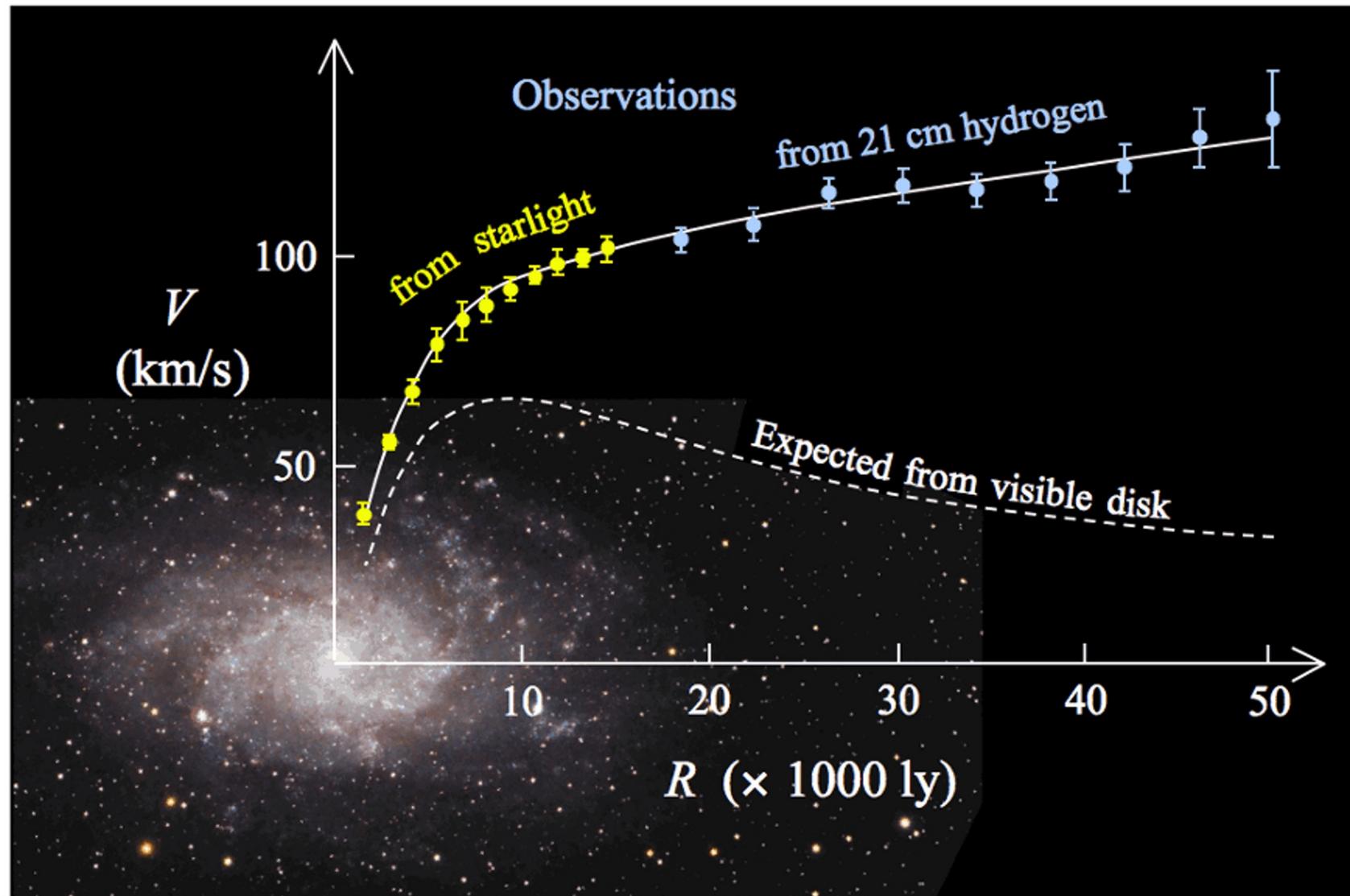
BLOB SIZE →





Cosa c'è oltre la materia
visibile...?

Materia oscura

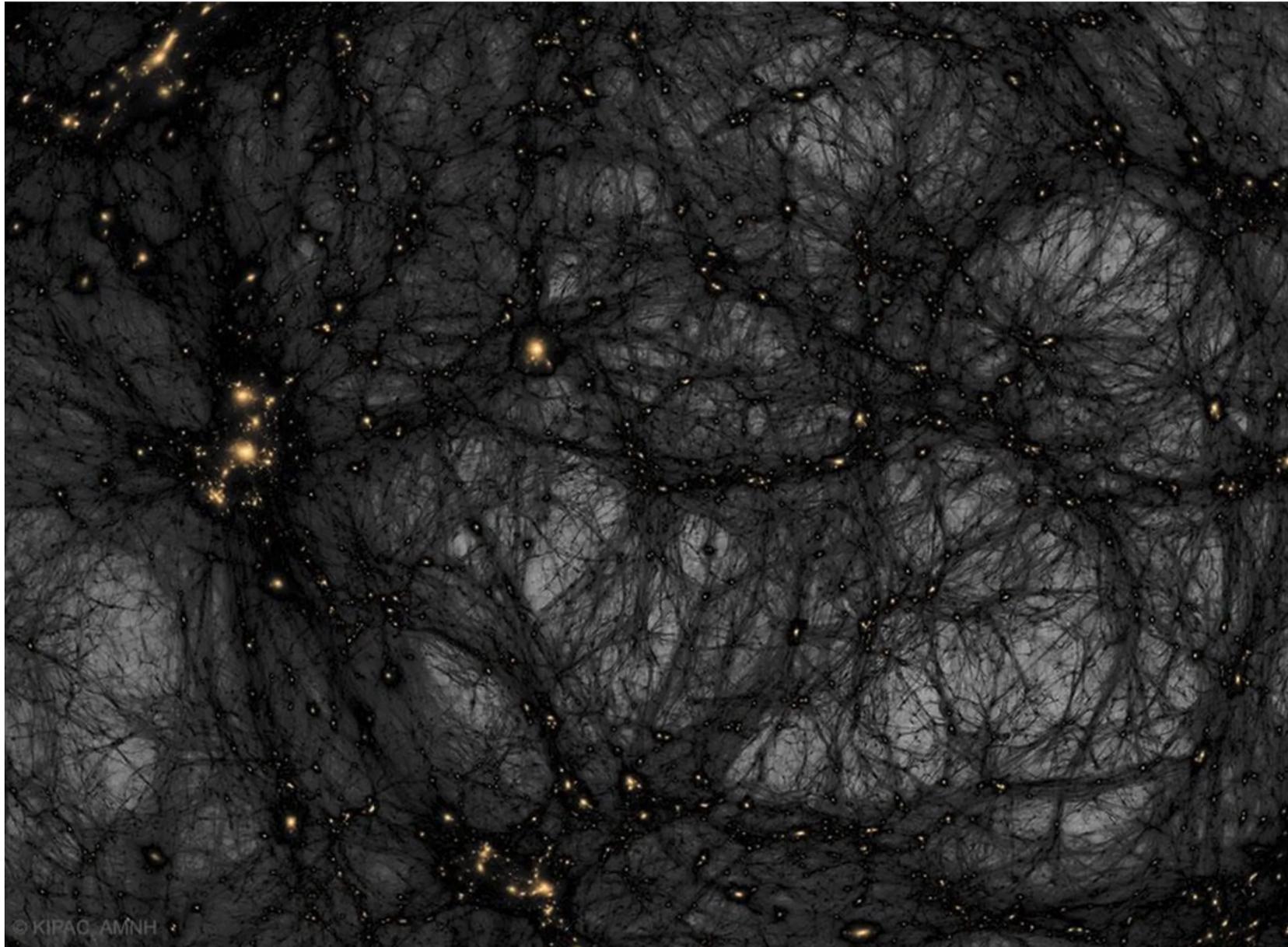




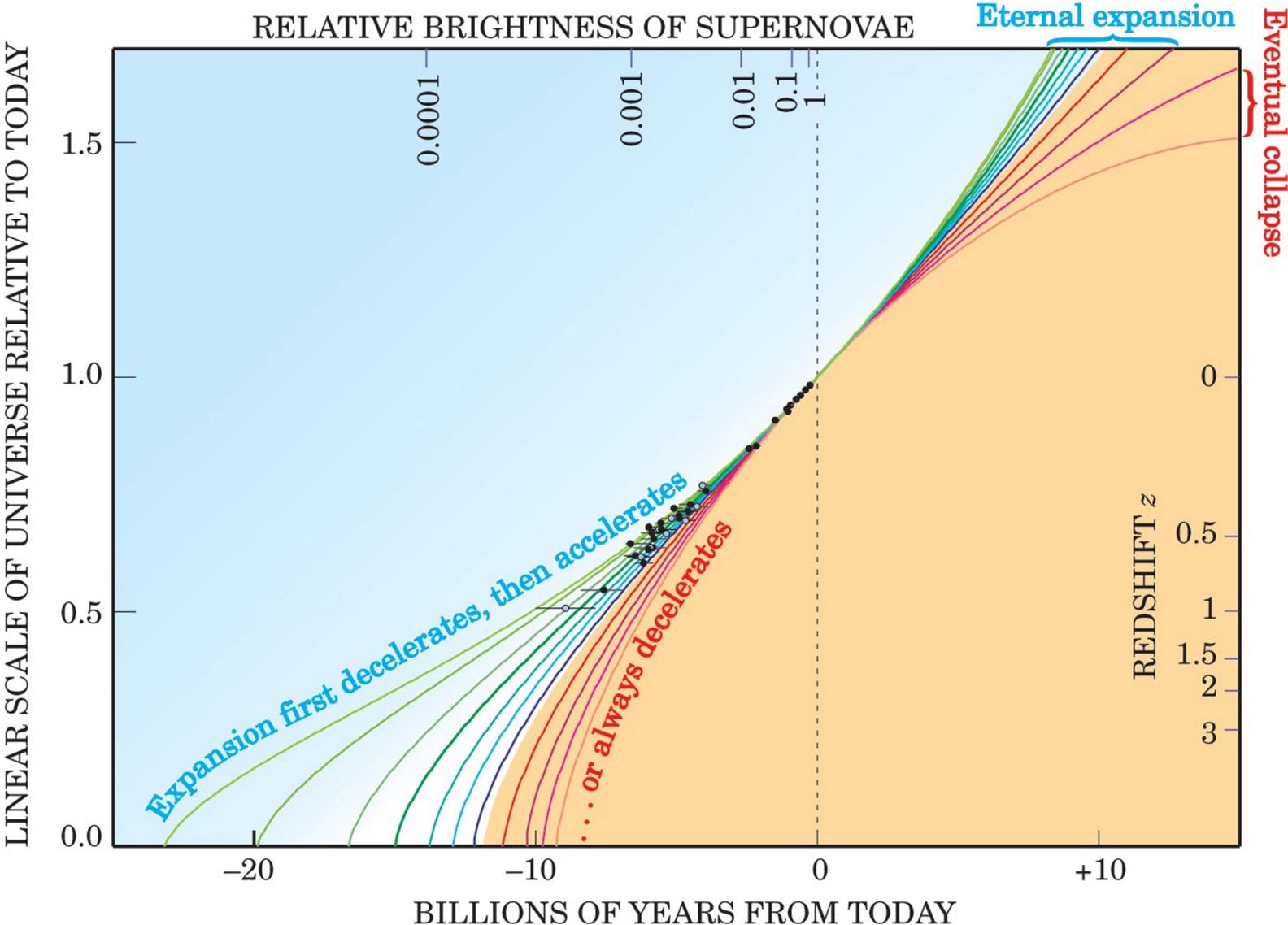
Blu: materia oscura
Rosa: materia visibile



Materia oscura



Energia Oscura

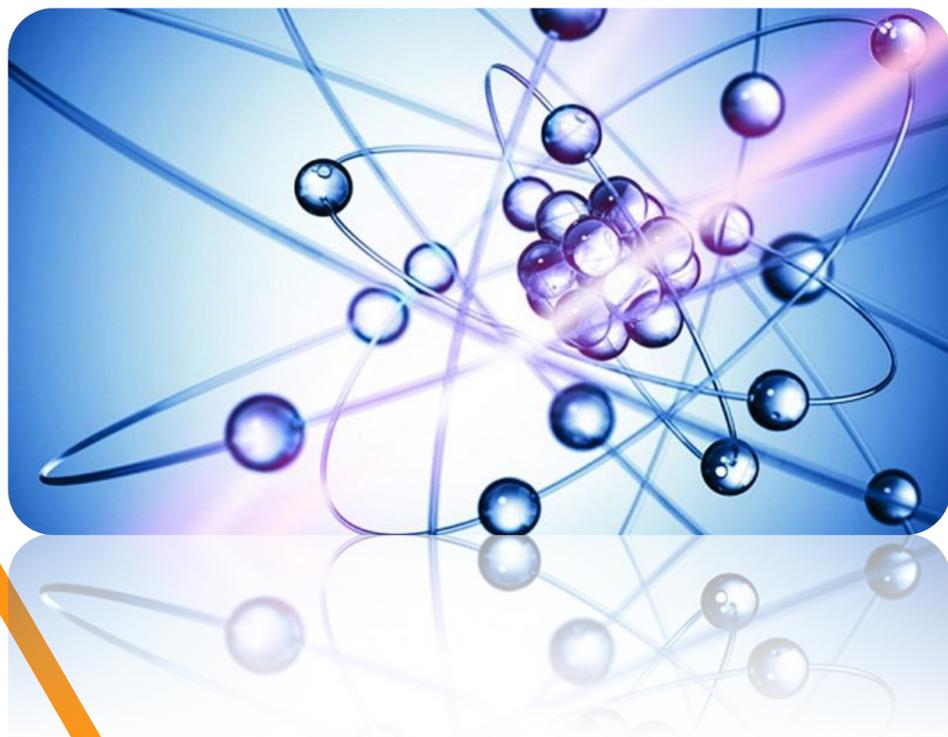




Ma l'Universo
visibile?

L'universo visibile può essere descritto da:

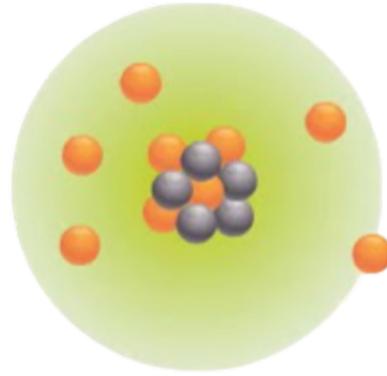
Materia



Forze



Materia baronia

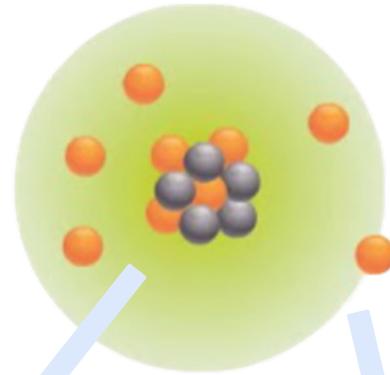
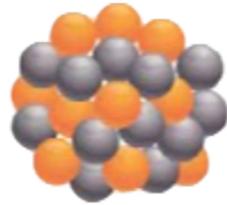


Atomo
 10^{-10}m

“Gli atomi sono particelle
elementari indivisibili”:
Democrito, 400 a.C.

Materia

Modello planetario dell'atomo con elettroni in orbita attorno ad un nucleo indivisibile: **Rutherford, 1910**



Atomo
 10^{-10}m

"Gli atomi sono particelle elementari indivisibili":
Democrito, 400 a.C.

Nucleo
 10^{-14}m

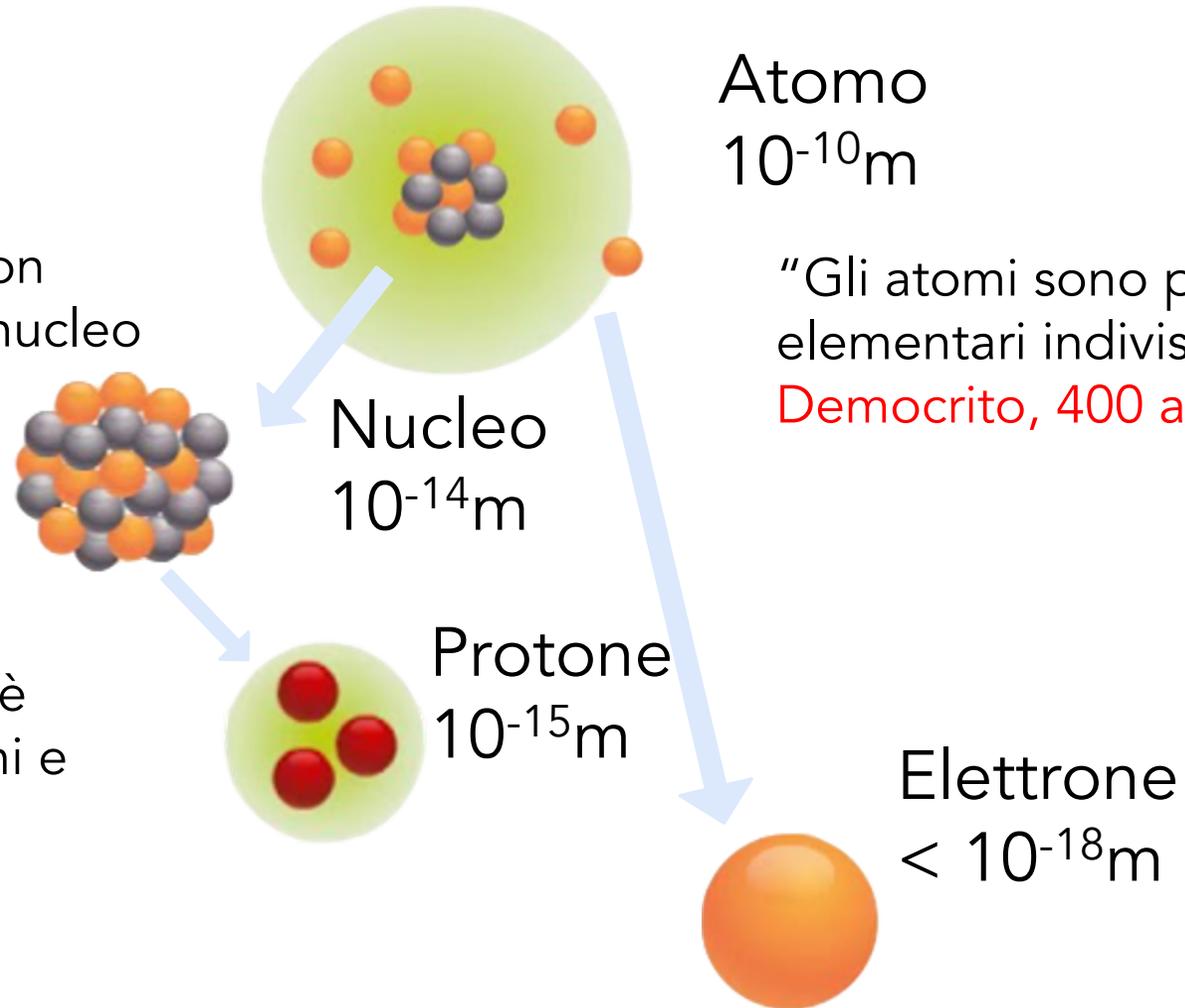
Elettrone
 $< 10^{-18}\text{m}$



Materia

Modello planetario dell'atomo con elettroni in orbita attorno ad un nucleo indivisibile: **Rutherford, 1910**

Scoperta neutroni -> il nucleo non è indivisibile ma composto da protoni e neutroni: **Chadwich, 1932**



Atomo
 10^{-10}m

“Gli atomi sono particelle elementari indivisibili”:
Democrito, 400 a.C.

Nucleo
 10^{-14}m

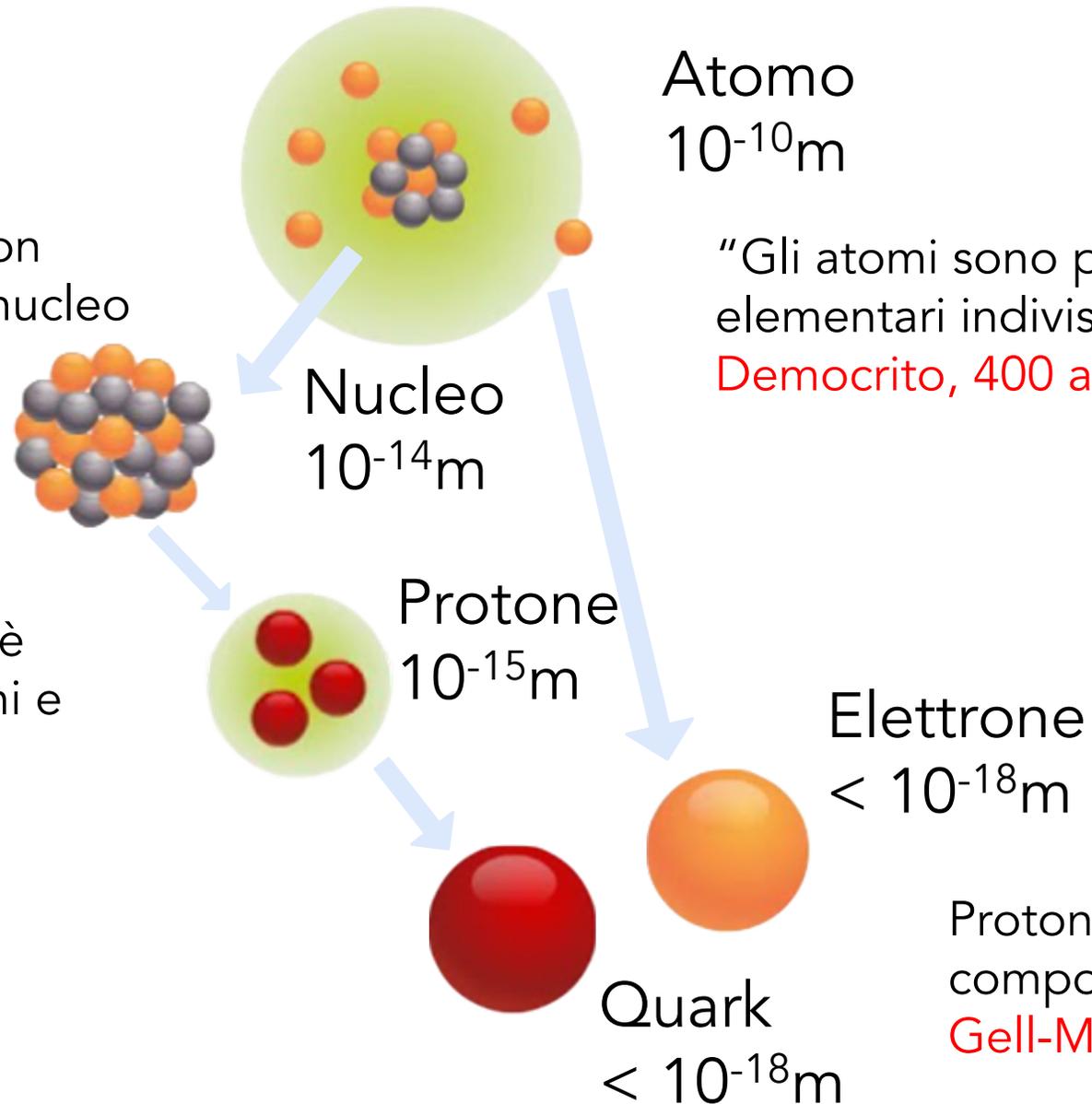
Protone
 10^{-15}m

Elettrone
 $< 10^{-18}\text{m}$

Materia

Modello planetario dell'atomo con elettroni in orbita attorno ad un nucleo indivisibile: **Rutherford, 1910**

Scoperta neutroni -> il nucleo non è indivisibile ma composto da protoni e neutroni: **Chadwich, 1932**



Atomo
 10^{-10}m

“Gli atomi sono particelle elementari indivisibili”:
Democrito, 400 a.C.

Nucleo
 10^{-14}m

Protone
 10^{-15}m

Elettrone
 $< 10^{-18}\text{m}$

Quark
 $< 10^{-18}\text{m}$

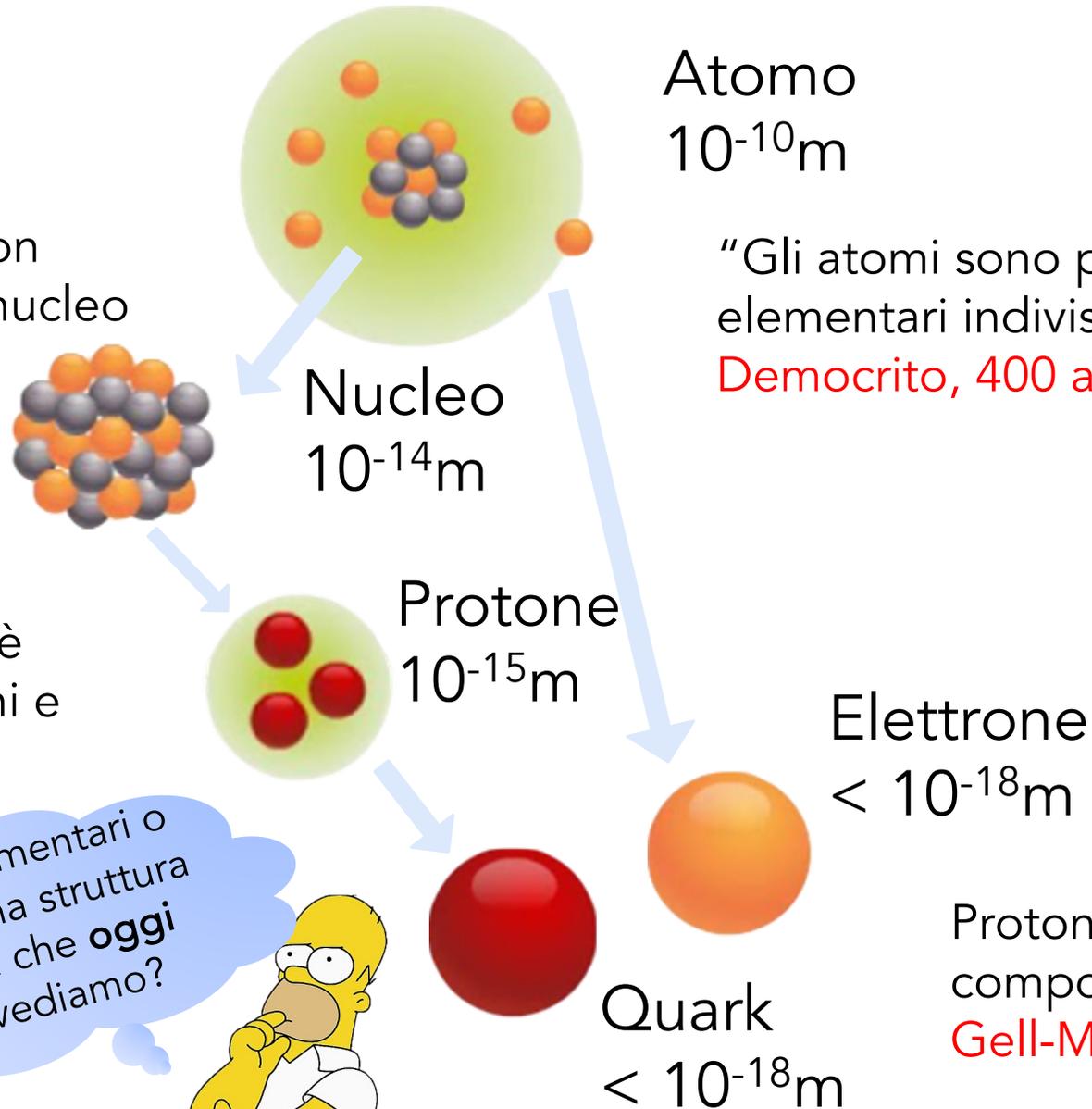
Protoni e neutroni sono composti da quark:
Gell-Mann e Zweig, 1964

Materia

Modello planetario dell'atomo con elettroni in orbita attorno ad un nucleo indivisibile: **Rutherford, 1910**

Scoperta neutroni -> il nucleo non è indivisibile ma composto da protoni e neutroni: **Chadwich, 1932**

Sono elementari o hanno una struttura interna che **oggi** non vediamo?



Atomo
 $10^{-10}m$

"Gli atomi sono particelle elementari indivisibili":
Democrito, 400 a.C.

Nucleo
 $10^{-14}m$

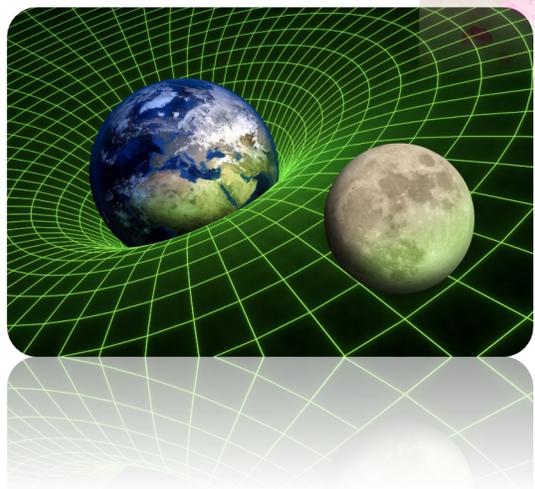
Protone
 $10^{-15}m$

Elettrone
 $< 10^{-18}m$

Quark
 $< 10^{-18}m$

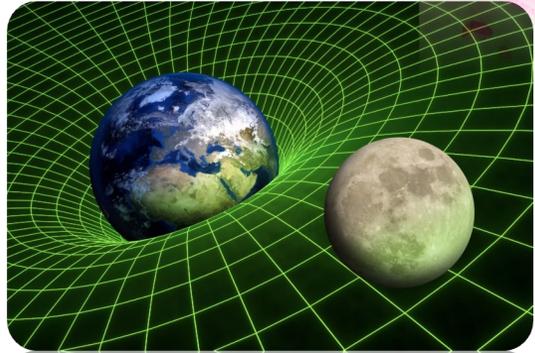
Protoni e neutroni sono composti da quark:
Gell-Mann e Zweig, 1964

Forze



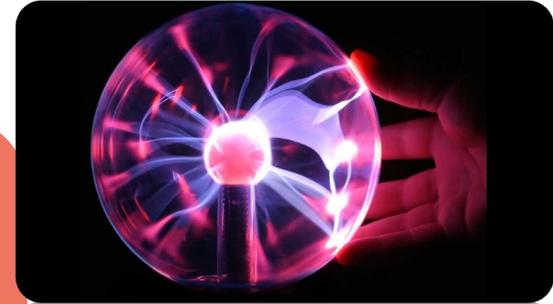
Forza
gravità

Forze



Forza
gravità

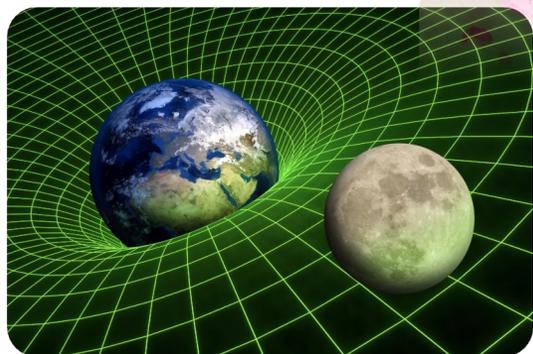
Forza
elettro
magnetica



Forze



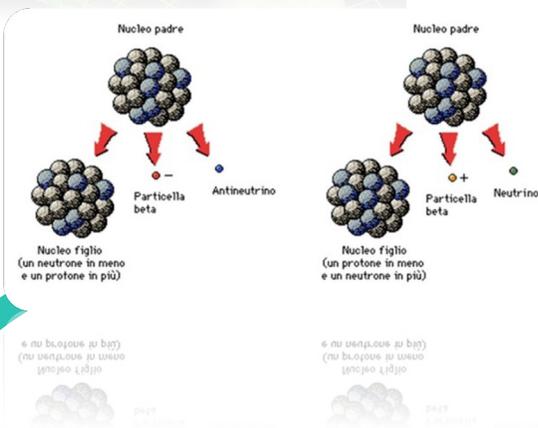
Forza gravità



Forza elettromagnetica



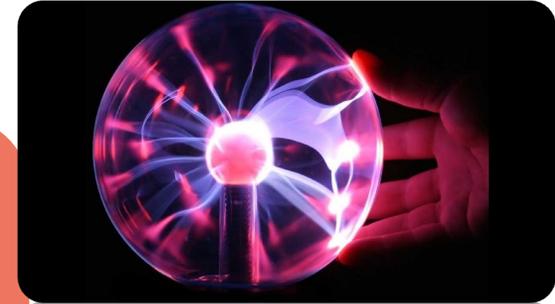
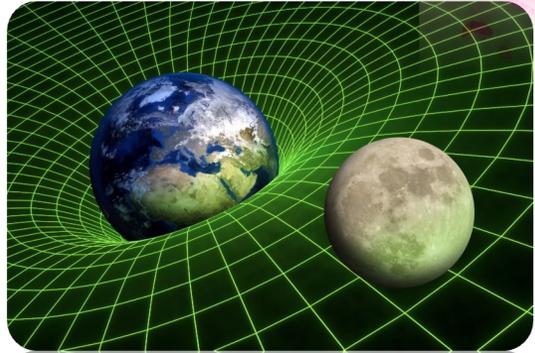
Forza debole



Forze



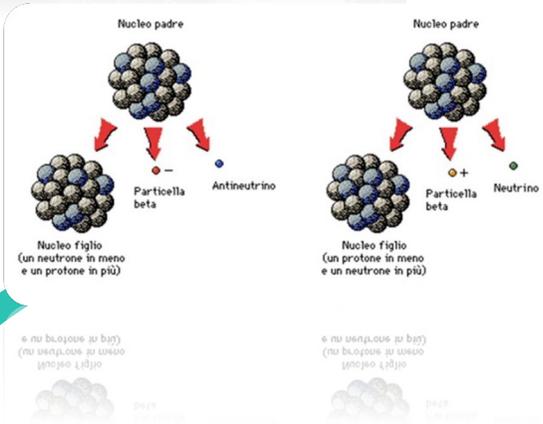
Forza gravità



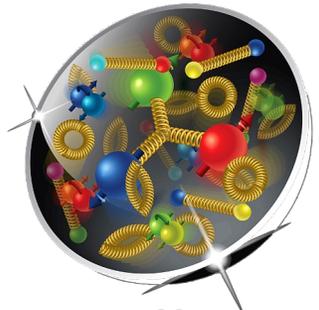
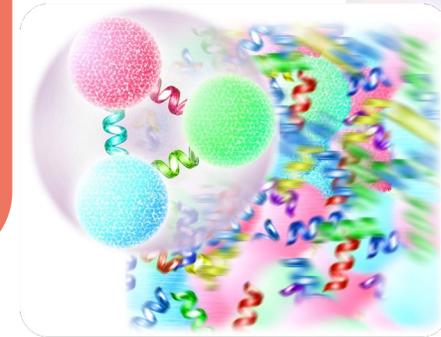
Forza elettromagnetica



Forza debole



Forza forte



Il Modello Standard

La teoria del Modello Standard descrive tutto quello che sappiamo su:

- Materia:
 - Quark
 - Leptoni
- Forze:
 - Bosoni

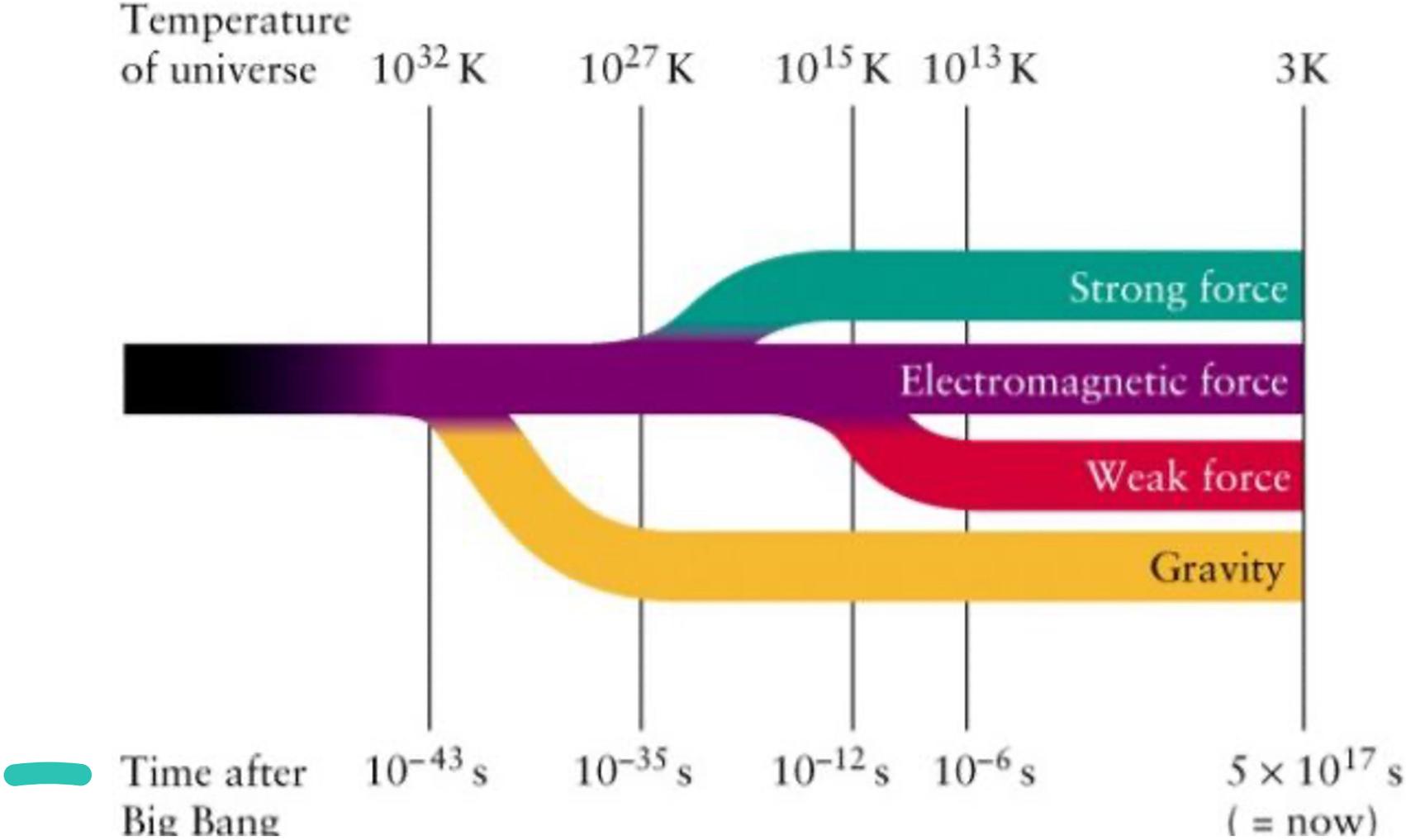


Da dove viene la parola quark?

Three quarks for Muster Mark!
Sure he hasn't got much of a bark
And sure any he has it's all beside the mark.

James Joyce - Finnegans Wake

Grande Unificazione



Come facciamo a
studiare il visibile e il non
visibile?





Esperimenti a
terra di fisica
fondamentale
e



Large Hadron Collider @ CERN

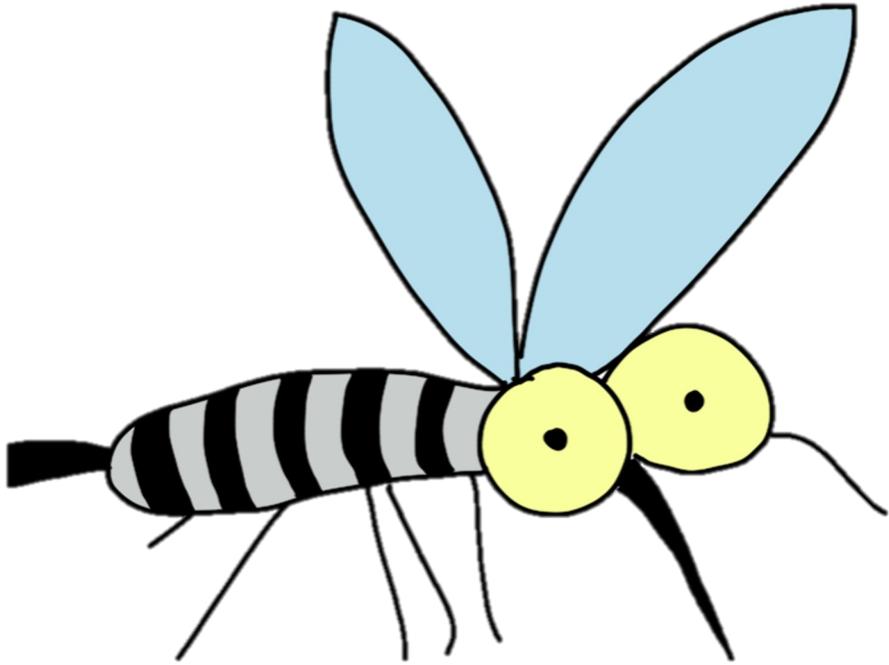
l'esperimento dei record

Il più grande e potente collisionatore di particelle del mondo

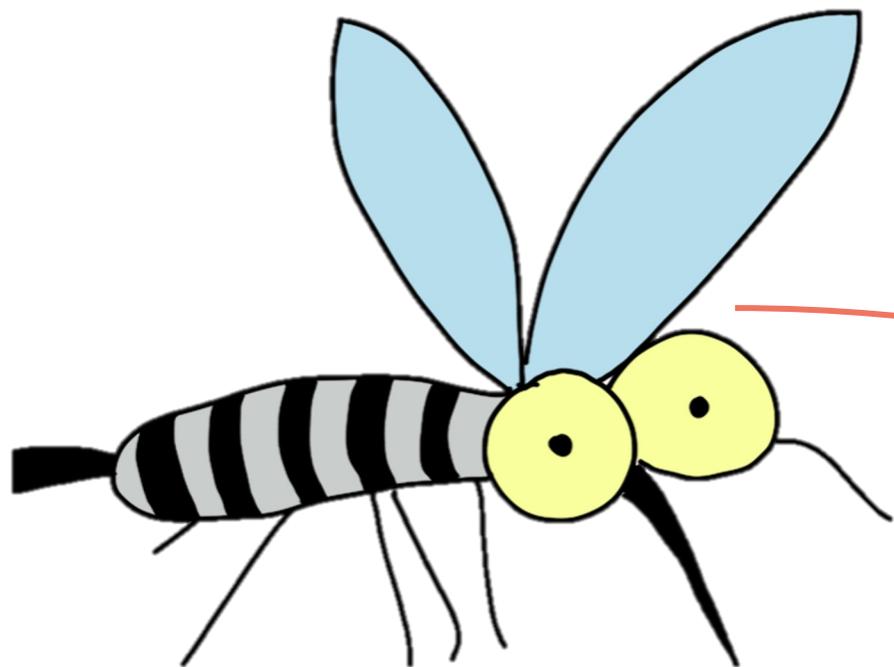
27 km di circonferenza al confine tra Francia e Svizzera



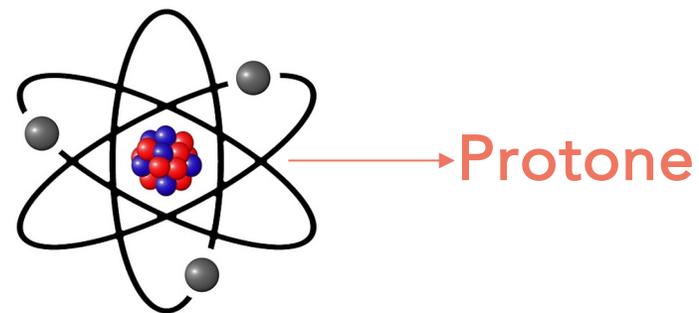
L'energia record...di una zanzara!!

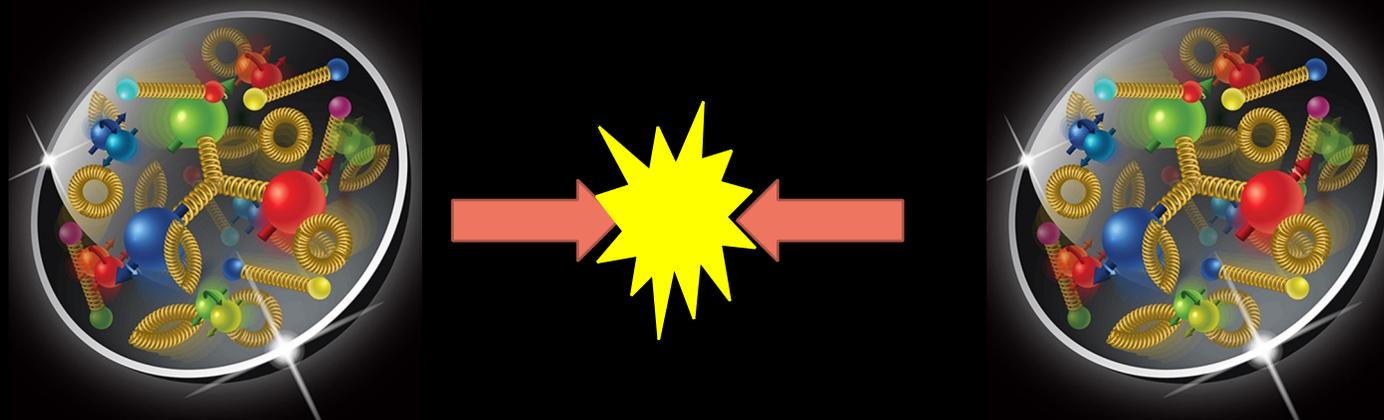


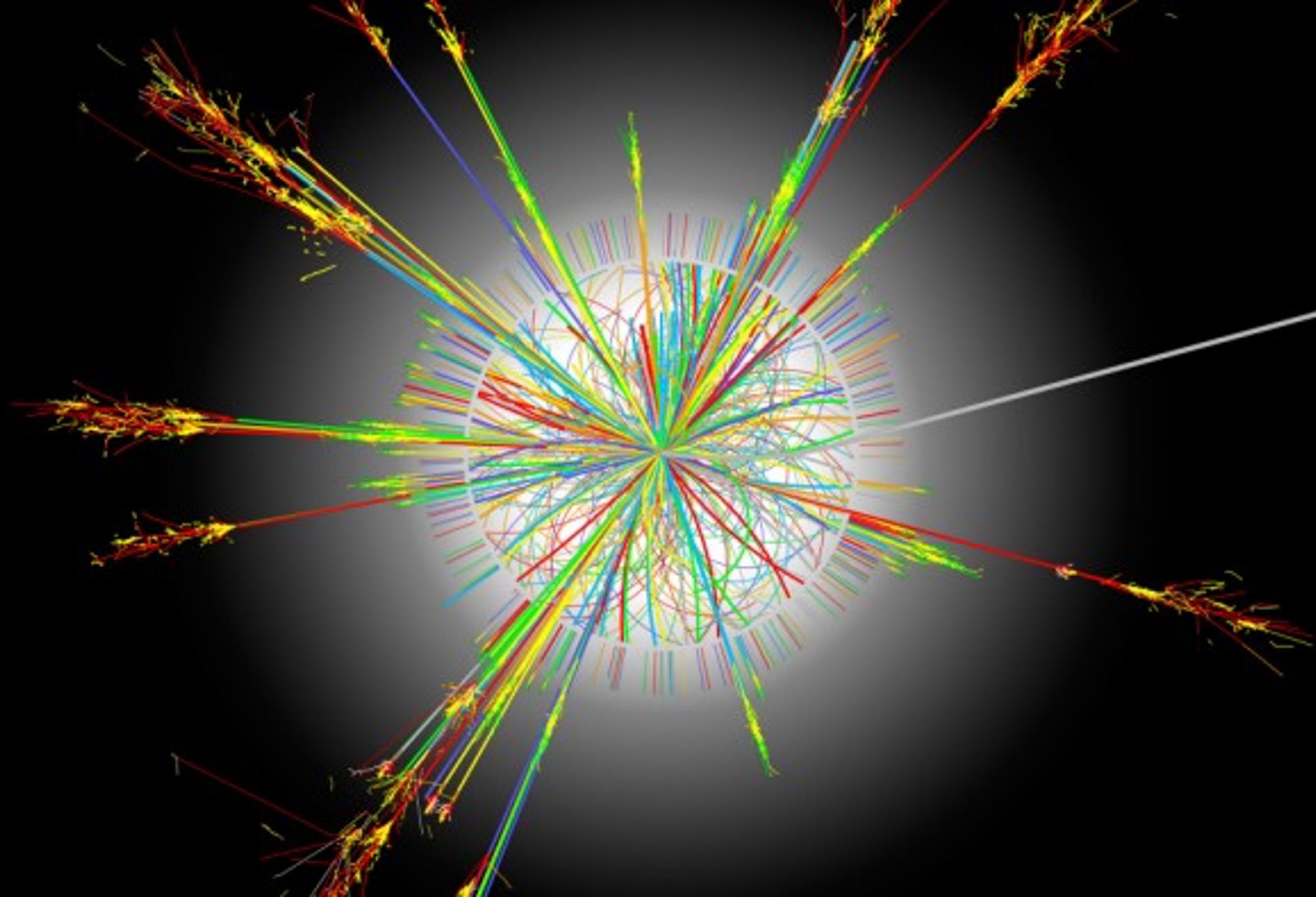
L'energia record...di una zanzara!!



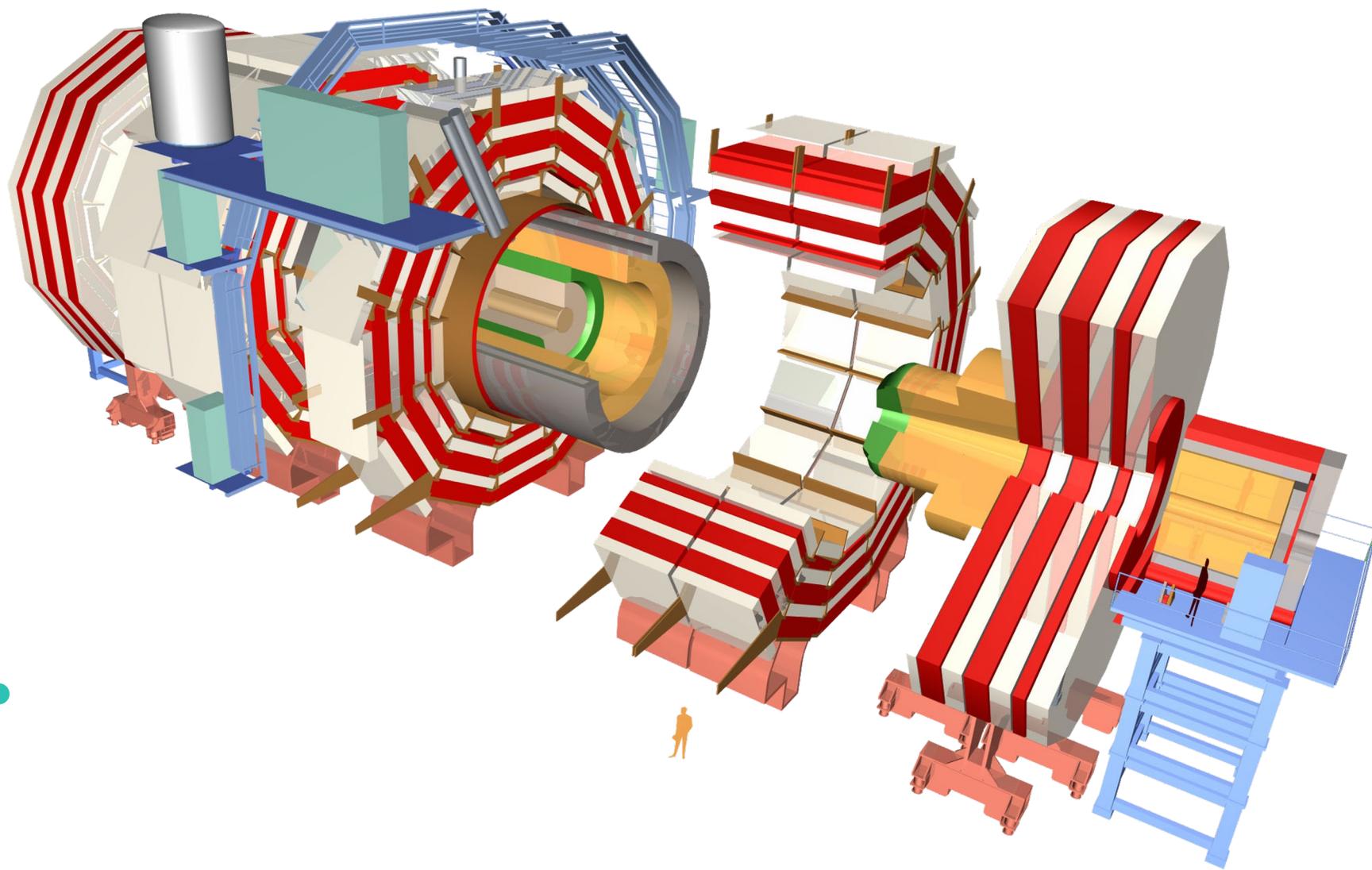
....ma condensata su un
singolo protone!



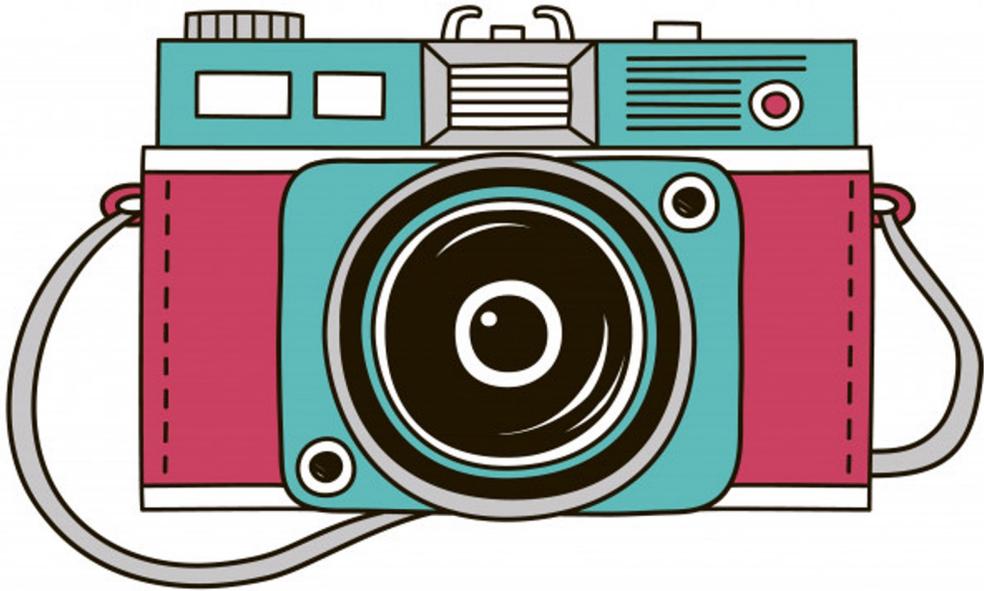




Dobbiamo “fotografare” queste collisioni



JUST SAY
CHEESE



CMS "scatta" 40 milioni di foto al

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

SILICON TRACKERS
Pixel (100x150 μm) $\sim 16\text{m}^2$ $\sim 66\text{M}$ channels
Microstrips (80x180 μm) $\sim 200\text{m}^2$ $\sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

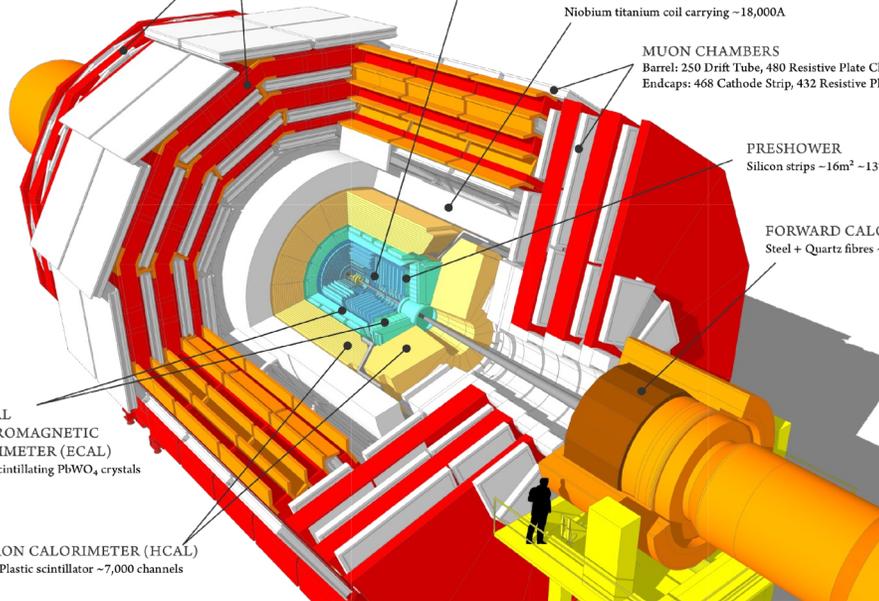
MUON CHAMBERS
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
Endcaps: 468 Cathode Strip, 432 Resistive Plate Chambers

PRESHOWER
Silicon strips $\sim 16\text{m}^2$ $\sim 137,000$ channels

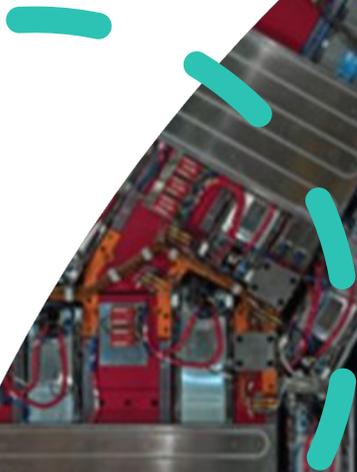
FORWARD CALORIMETER
Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Channels

CRYSTAL
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO₄ crystals

HADRON CALORIMETER (HCAL)
Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels



CMS pesa 2 volte la Tour Eiffel



La più famosa....

Il campo **permea tutto l'universo**.
Le particelle che lo attraversano
avvertono ognuna
una resistenza diversa.
Questa **resistenza** è quella
che chiamiamo **massa**

CAMPO DI HIGGS

Particelle di massa
piccolissima o zero
(fotoni, elettroni, ecc.)

Particelle
di massa media
(muoni, ecc.)

Particelle
di grande massa
(quark top, ecc.)

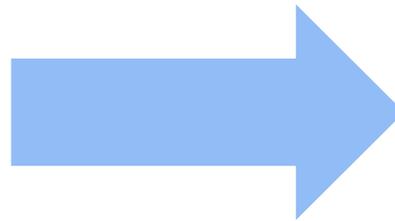


Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

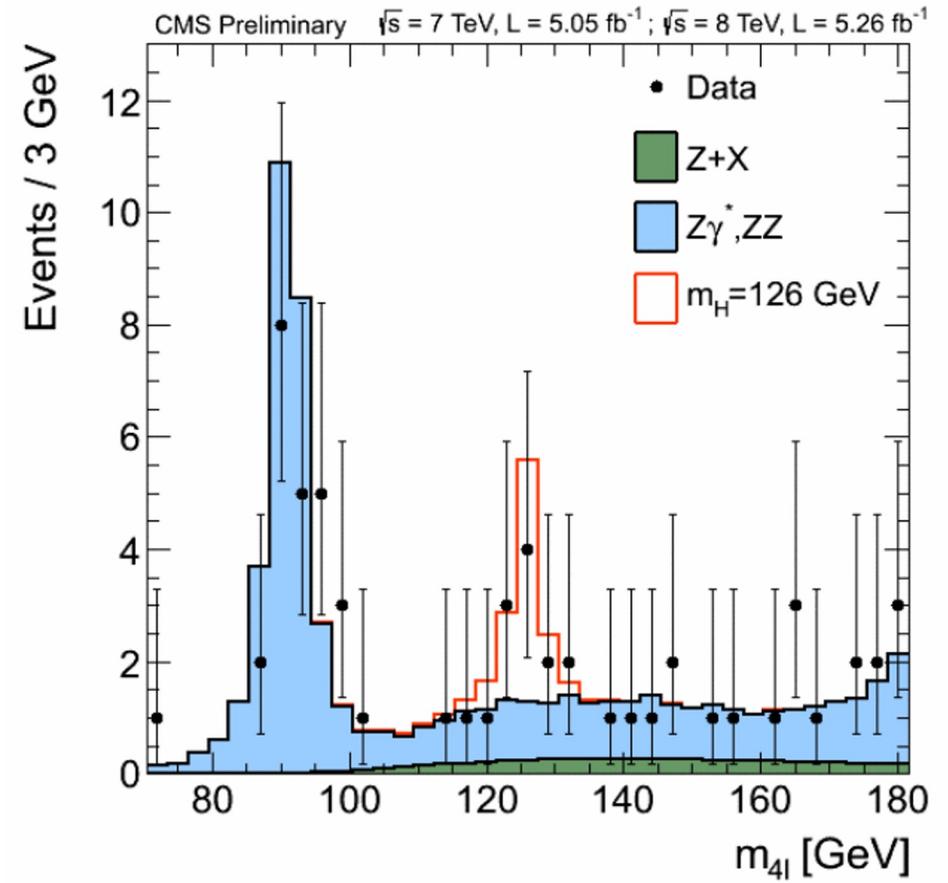
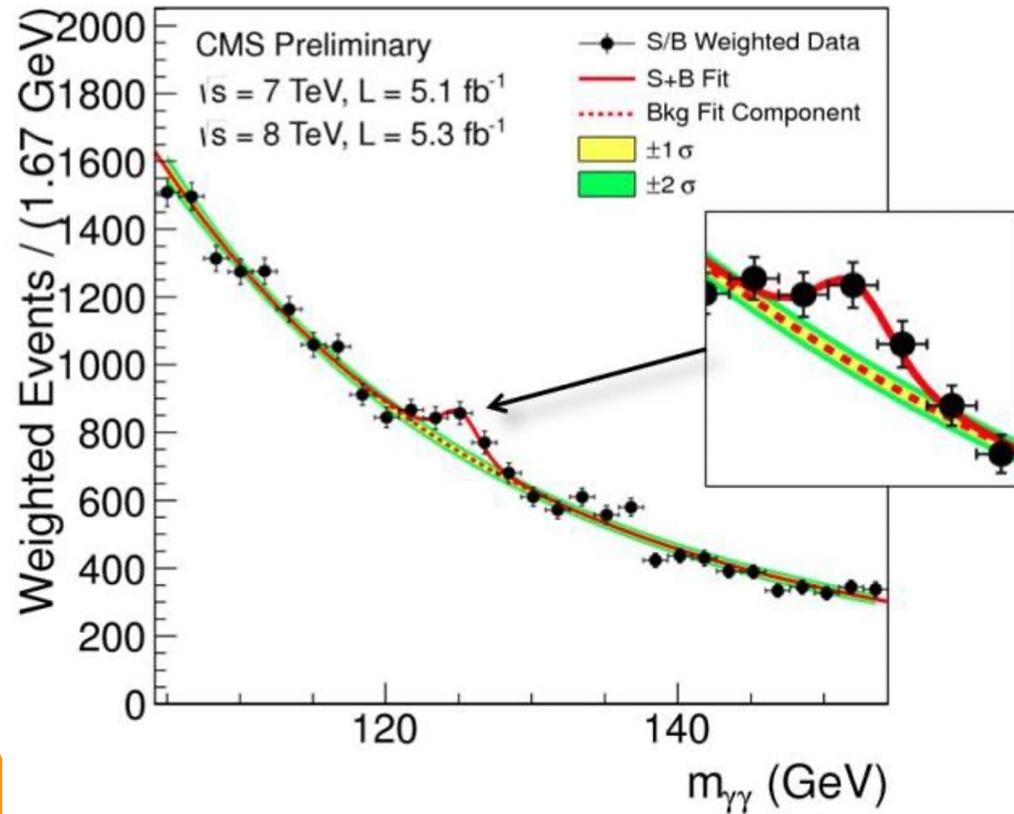


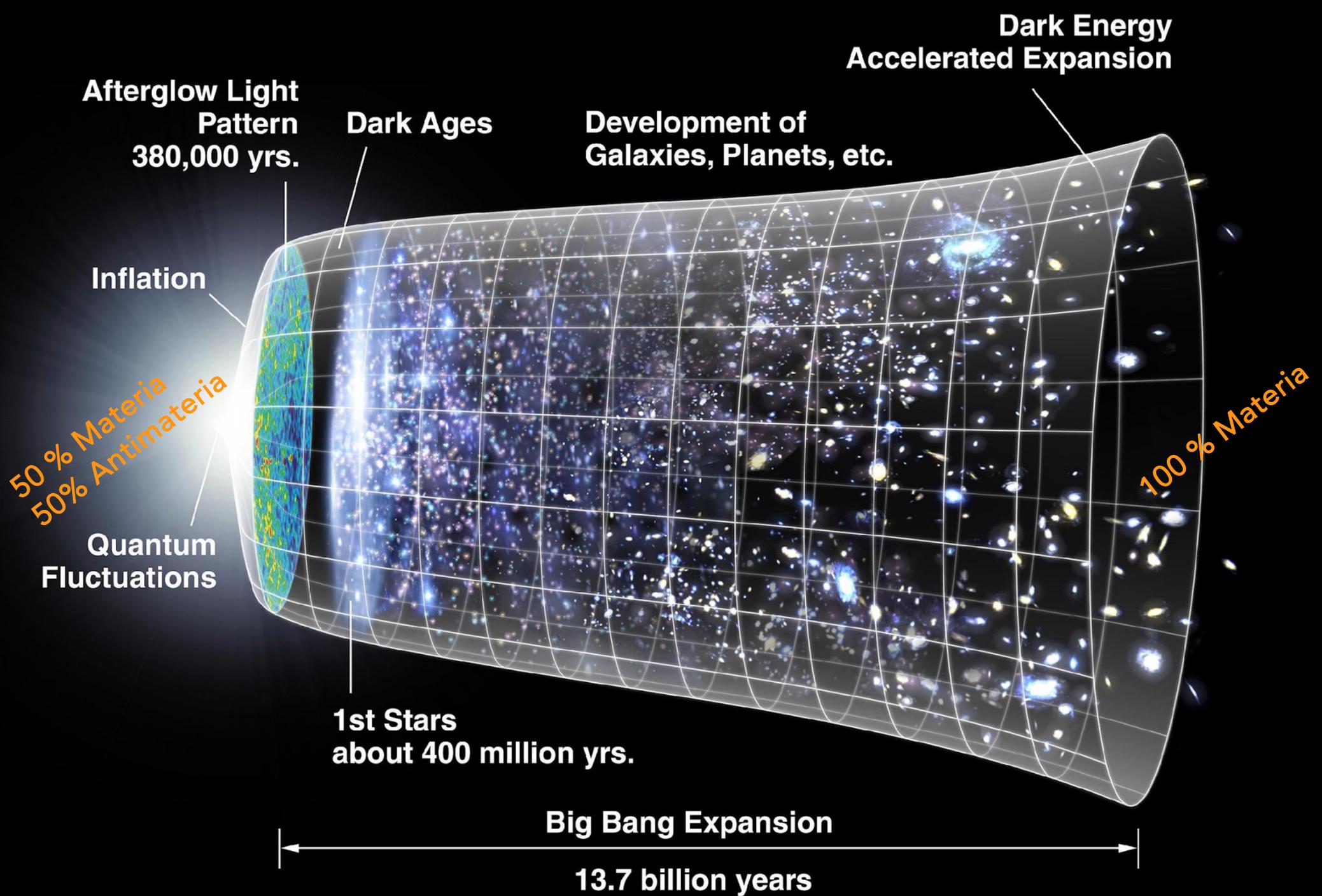
Come possiamo identificare il bosone di Higgs?

Bisogna "restaurare" il bosone dai frammenti (ricostruire prodotti di decadimento)



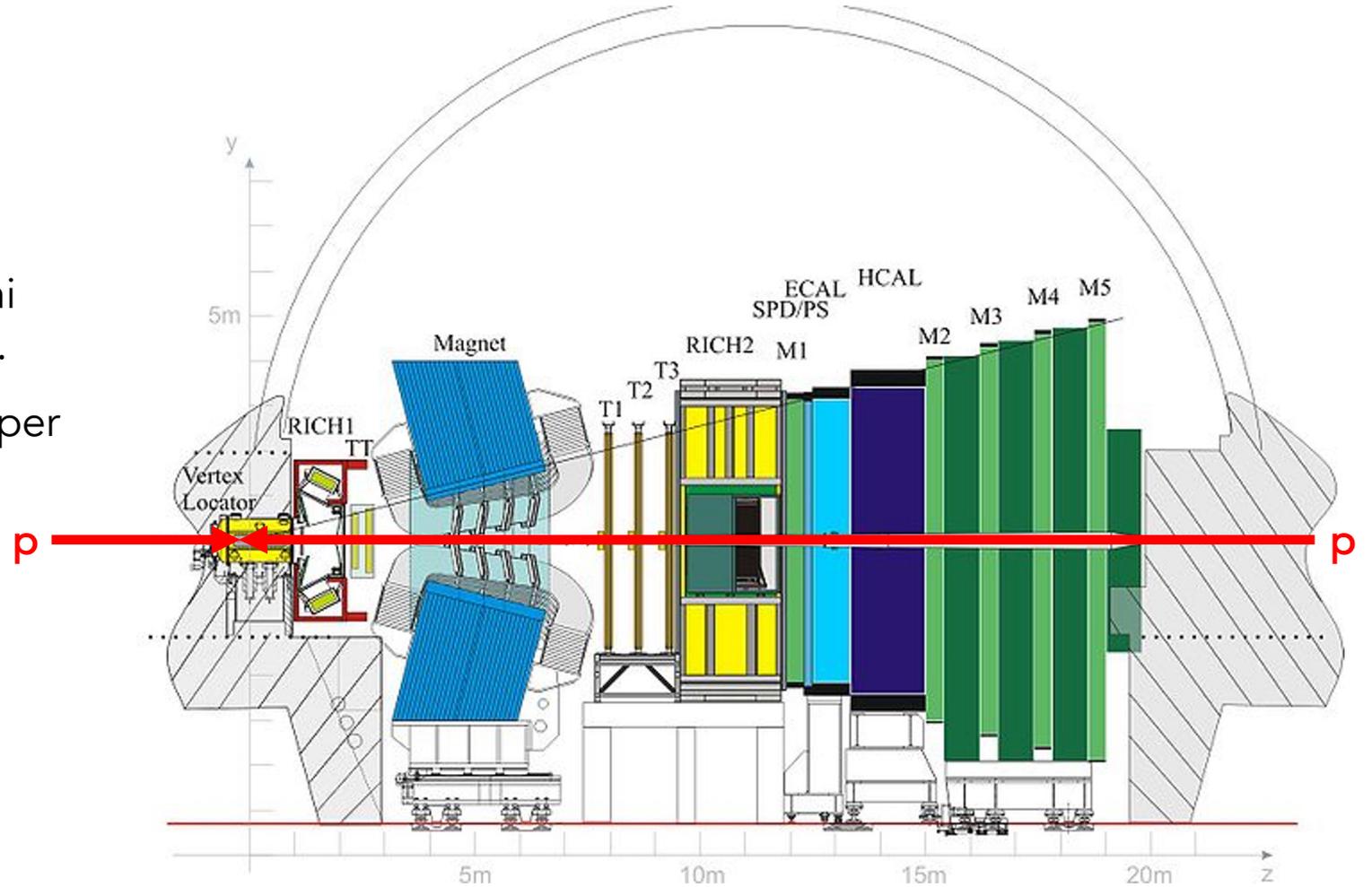
La scoperta del Higgs @ CMS....





LHCb

- A LHC si riproducono le condizioni dei primi secondi dopo il Big Bang.
- L'esperimento LHCb è disegnato per rivelare decadimenti rari dove l'asimmetria si manifesta



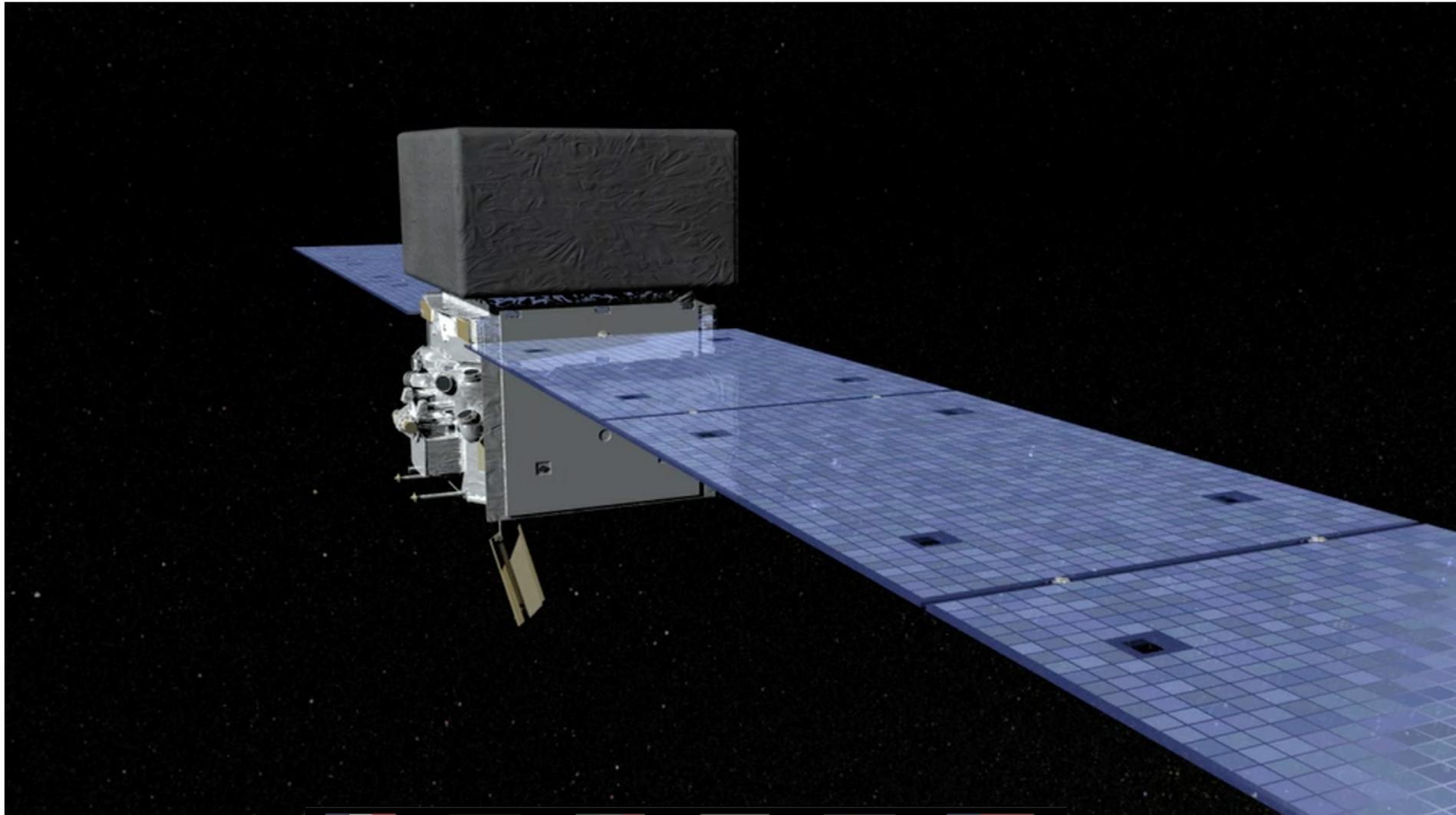


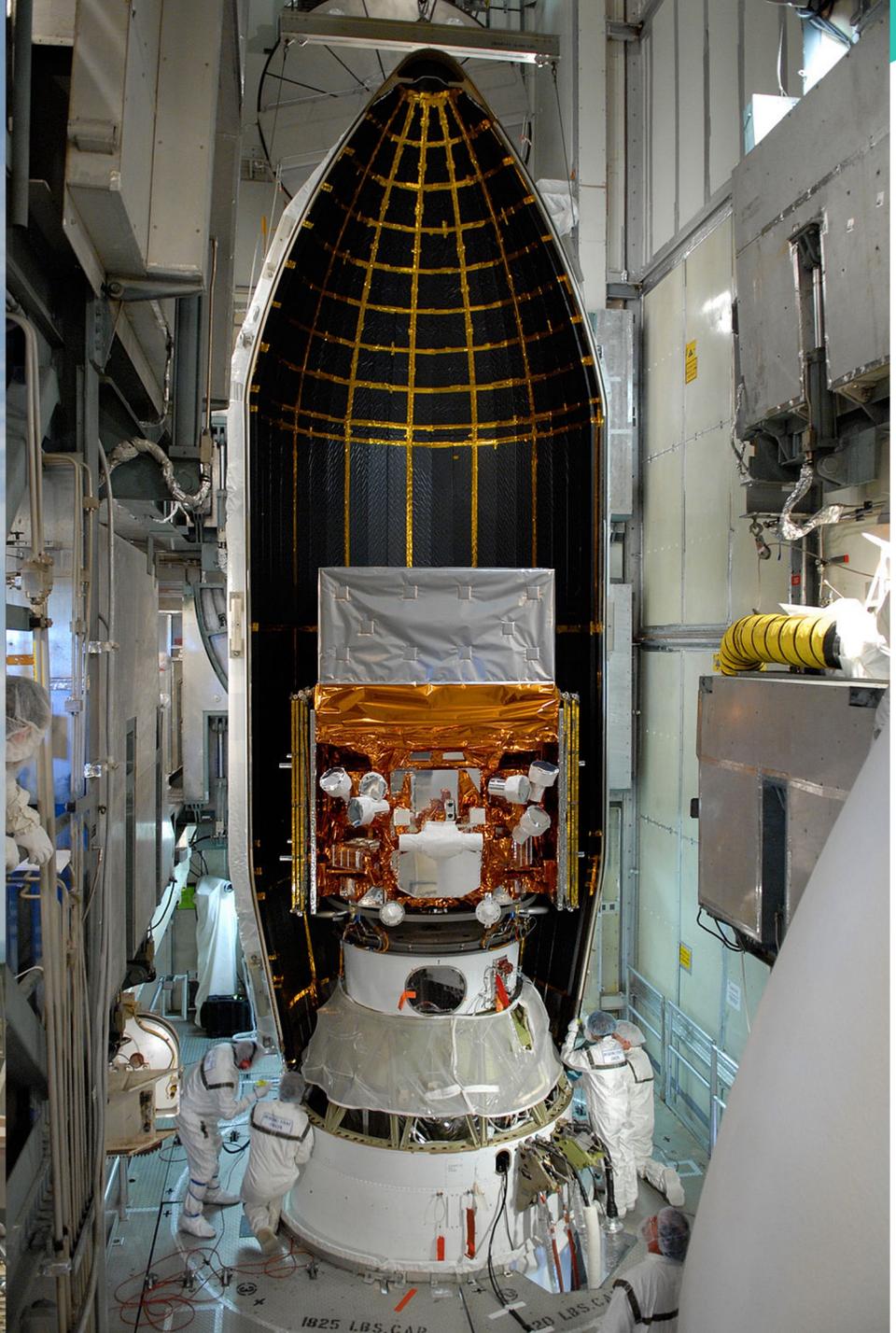
Esperimenti nello spazio



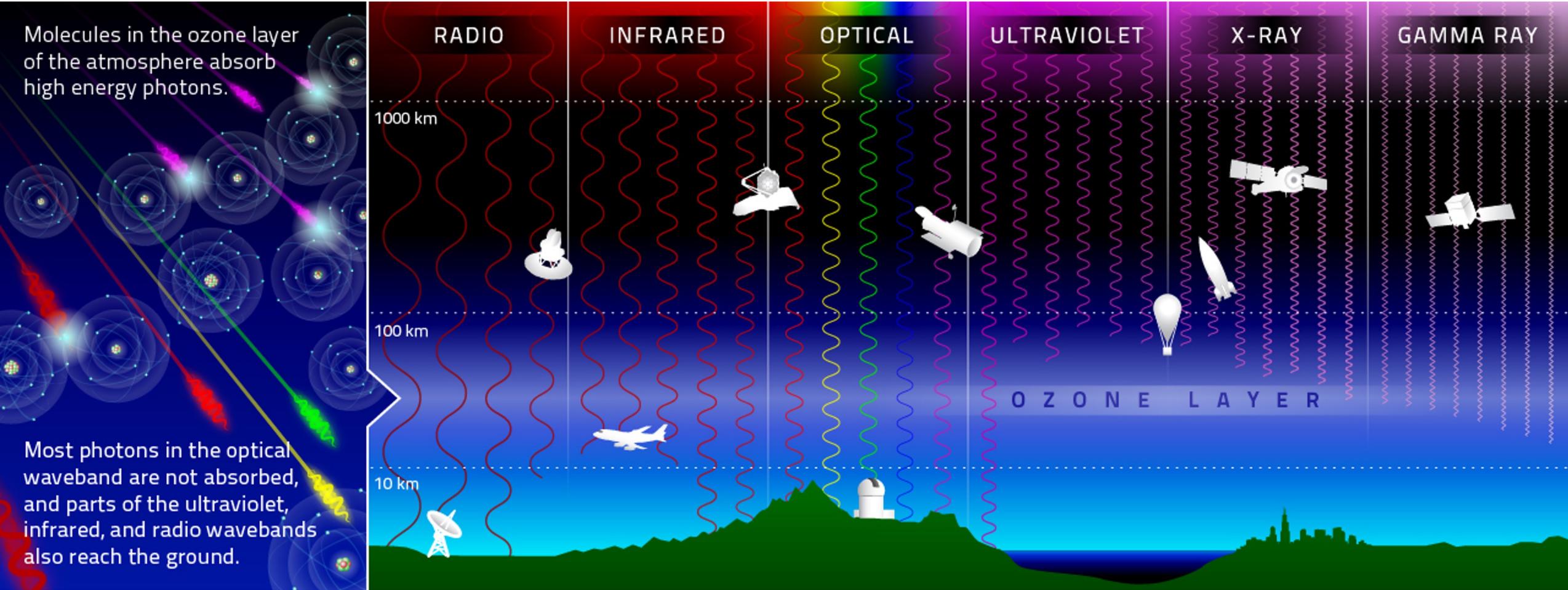
Fermi Space Science Gamma-
ray Telescope

Fermi Space Science Gamma-ray Telescope

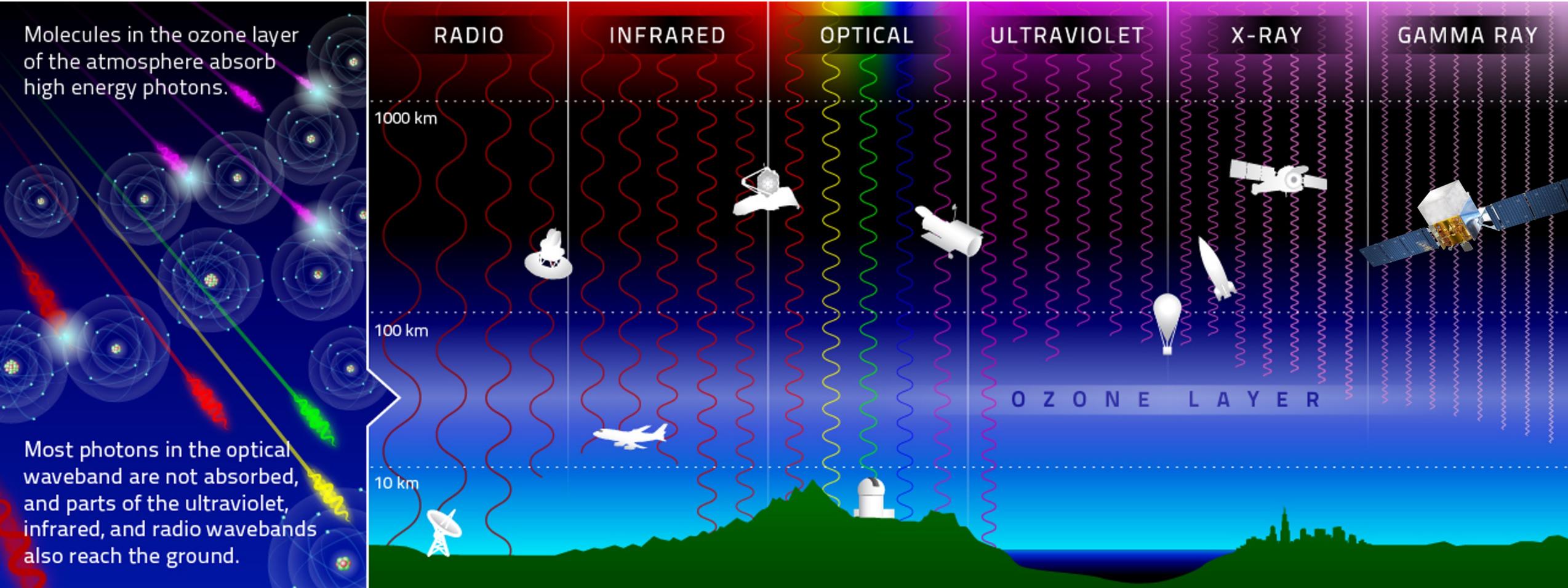




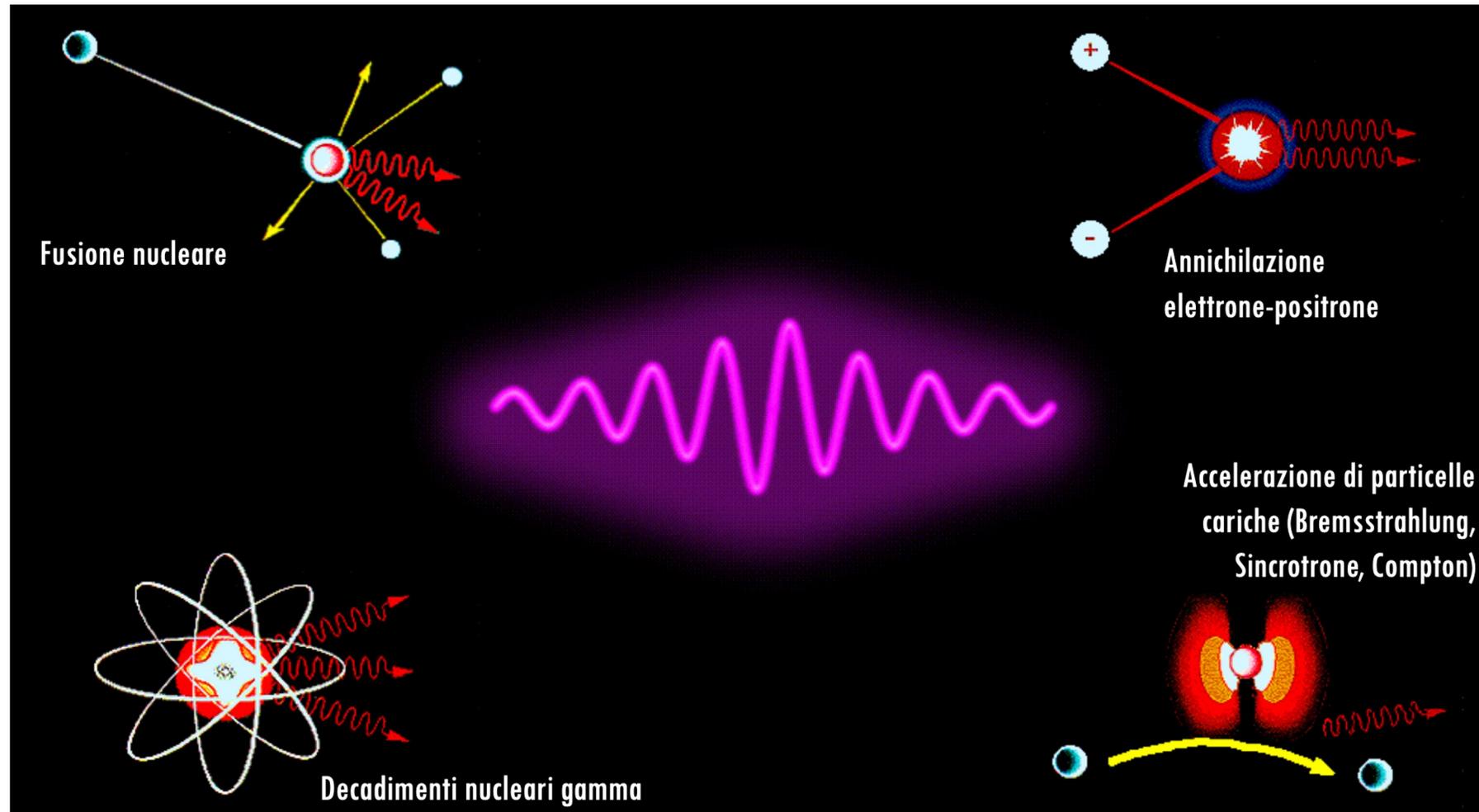
Lo Spettro Elettromagnetico



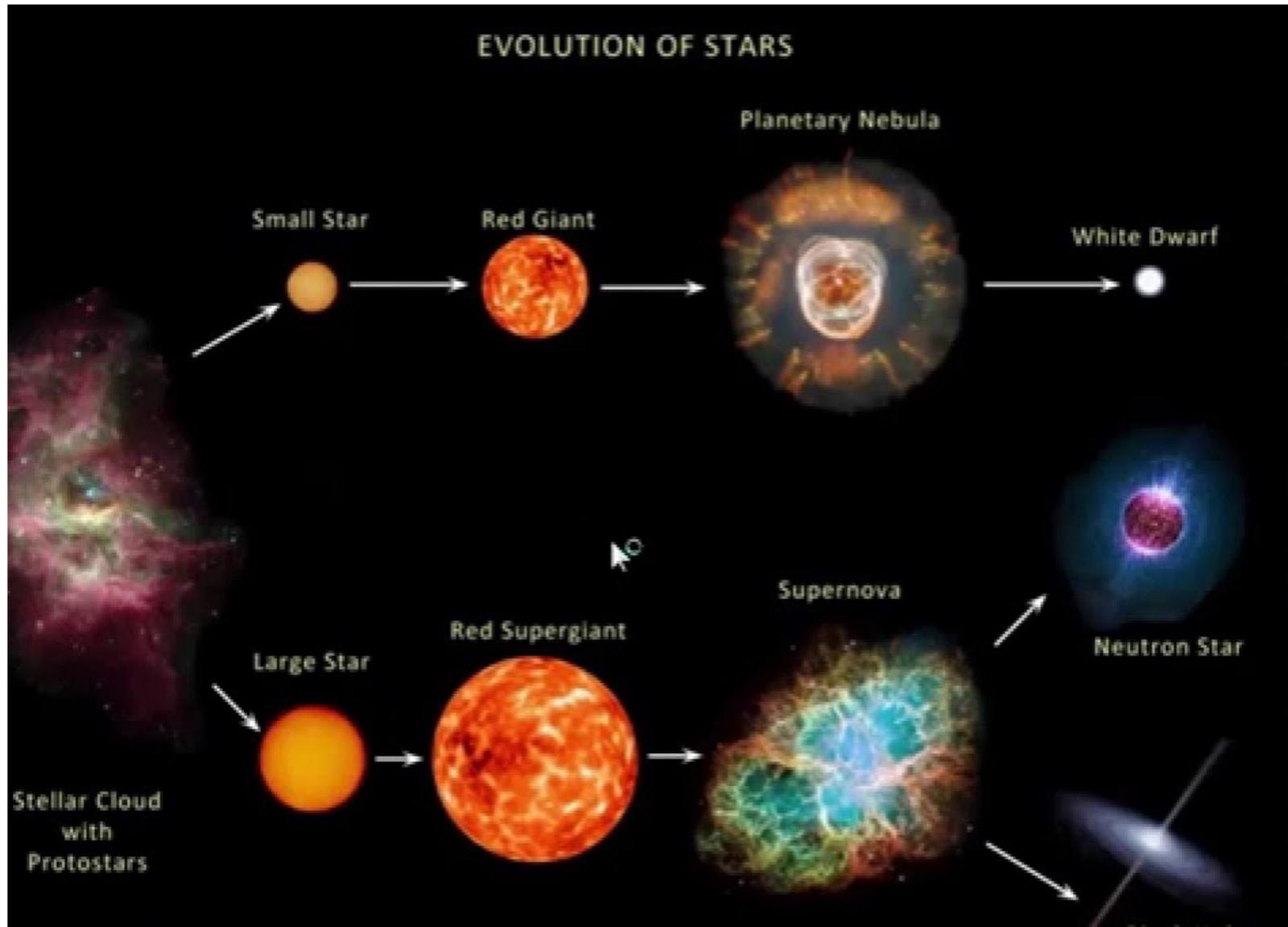
Lo Spettro Elettromagnetico



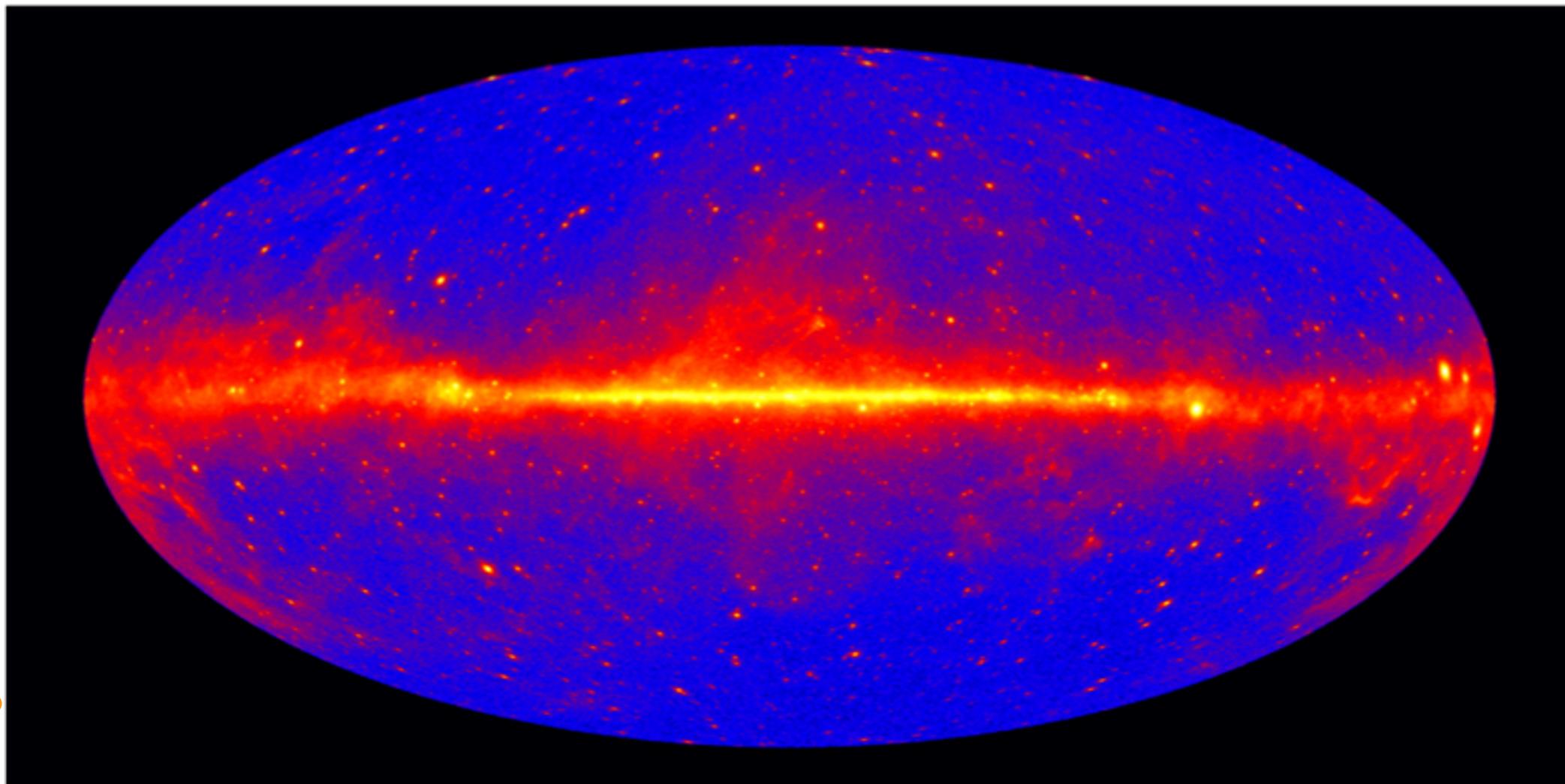
Come vengono prodotti i raggi gamma



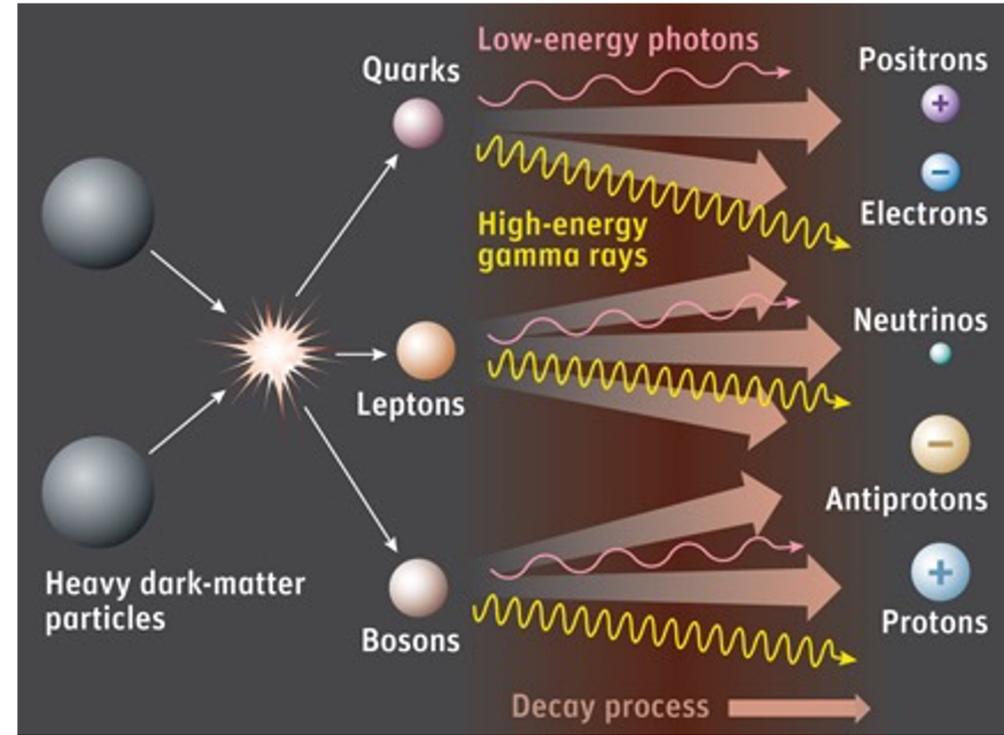
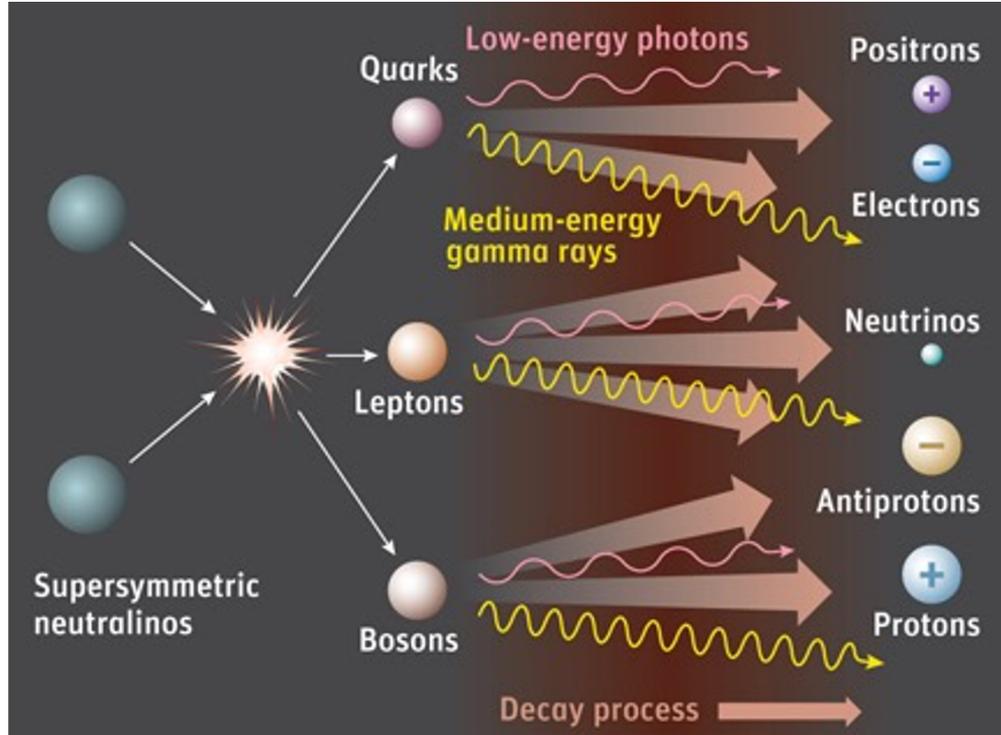
Cosa studiamo attraverso i raggi gamma



L'universo visto attraverso gli occhi di Fermi



Ricerca indiretta di materia oscura





Applicazioni

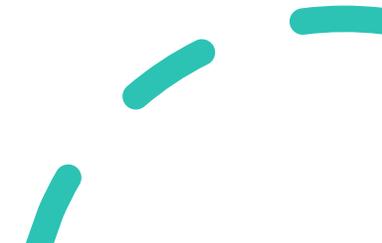


Fare **ricerca di base** vuol dire soddisfare il bisogno di conoscenza più profondo della natura e del suo funzionamento, dell'universo e della origine...della vita!

Ma non esiste ricerca di base senza uno sviluppo tecnologico.

Le ricadute sulla società sono innumerevoli e ad ampio spettro.

É un guadagno per tutti!!



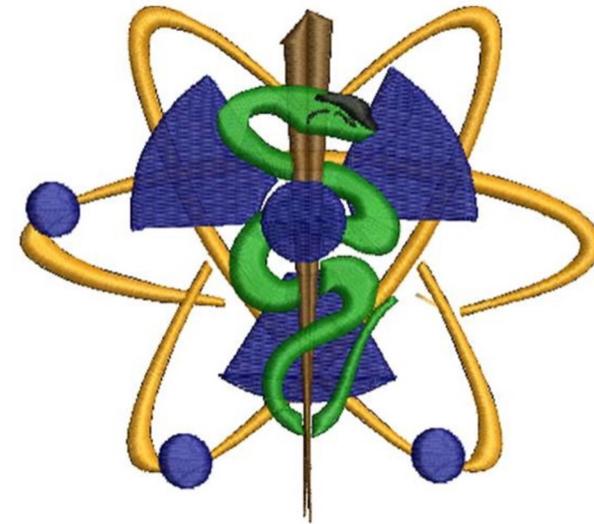


I due esempi più celebri

World Wide Web



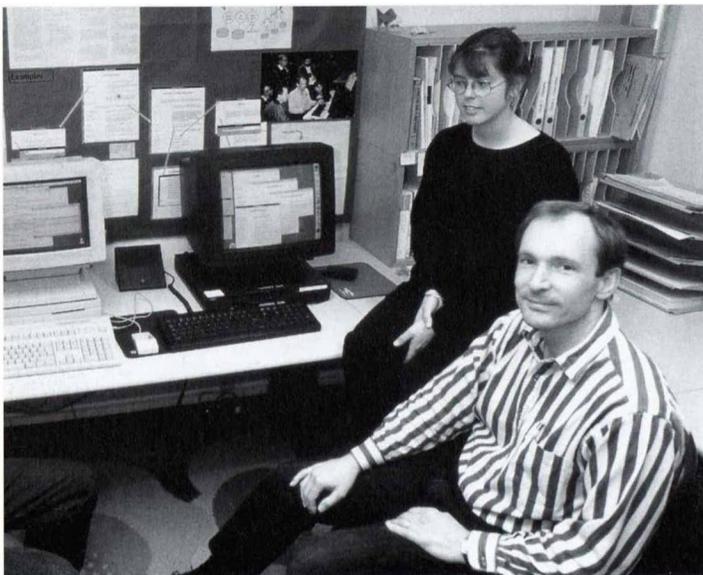
Fisica medica



World Wide Web

La prima pagina web della storia è stata creata da un fisico del CERN Tim Bernes-Lee nel 1989.

<http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html>



Serviva per soddisfare la domanda di condivisione automatica delle informazioni tra scienziati di tutto il mondo.

Uno strumento prettamente scientifico...

Word Wide Web

...poi sappiamo tutti com'è andata!



Fisica medica

Nasce a fine '800 con la scoperta dei raggi X e della radiattività



Ha continuato a svilupparsi negli anni, intensificandosi.

Fisica medica

Fisica e medicina collaborano allo scopo comune di risolvere i quesiti clinici con la mentalità, l'approccio e la **metodologia scientifica**.

L'impiego di nuove tecniche e tecnologie sviluppate dai fisici e riadattati all'ambito sanitario hanno implicazioni enormi nel progresso delle cure e della diagnosi.

Fisica medica

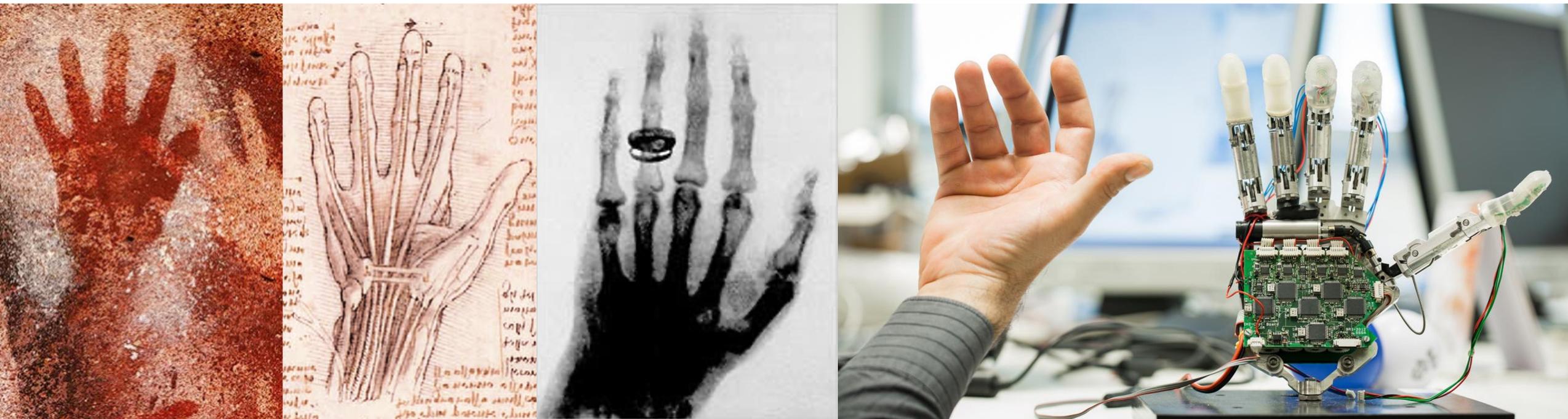


Connubio particolarmente vincente nella lotta ai tumori.

L'uso delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti trova ampio spazio:

- nella cura (radioterapia da acceleratori)
- nella diagnosi (TAC, PET, risonanza magnetica, ecografia)

Arte Fisica Medicina Tecnologia

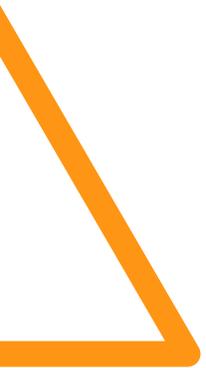


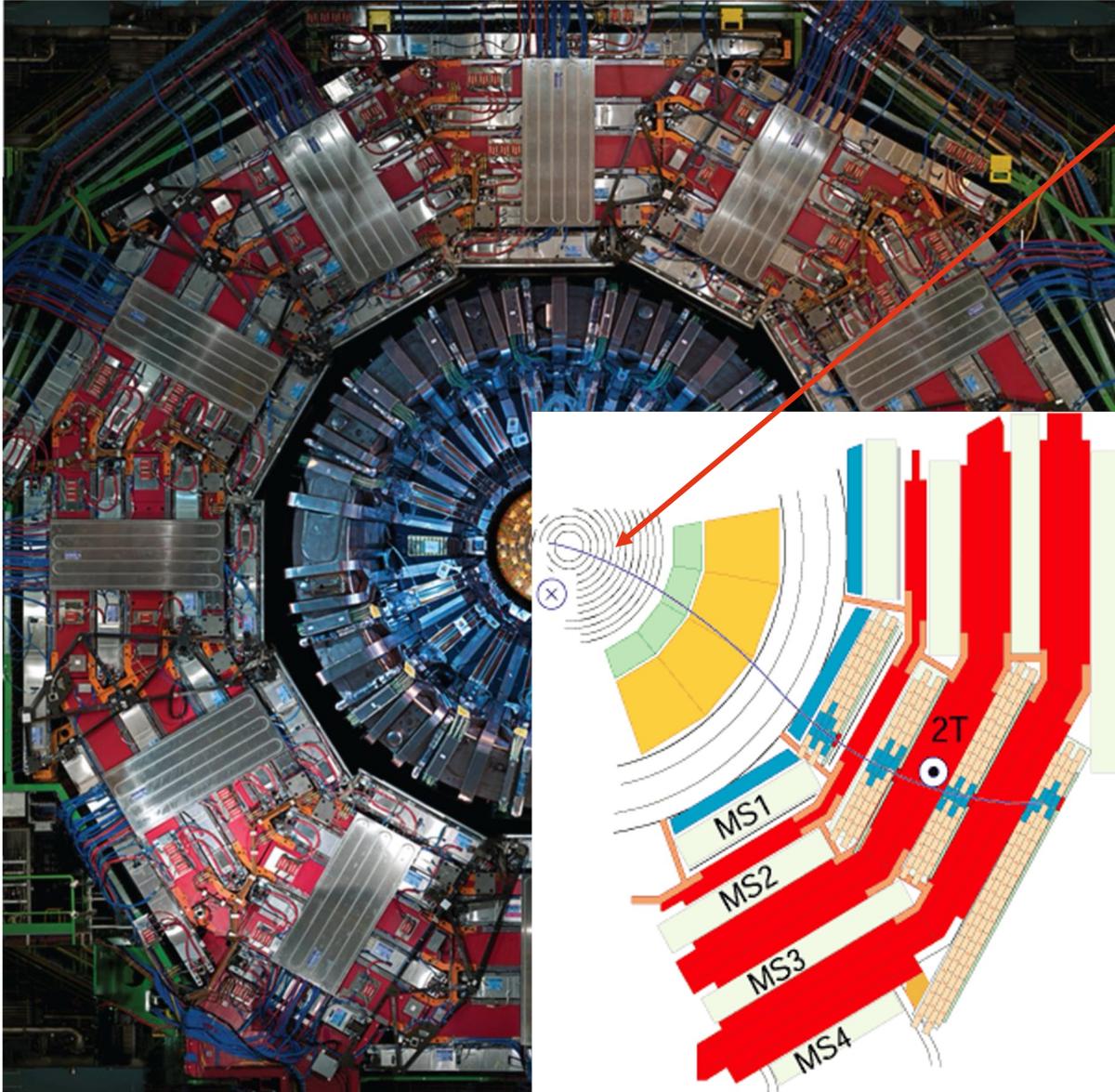
Grazie



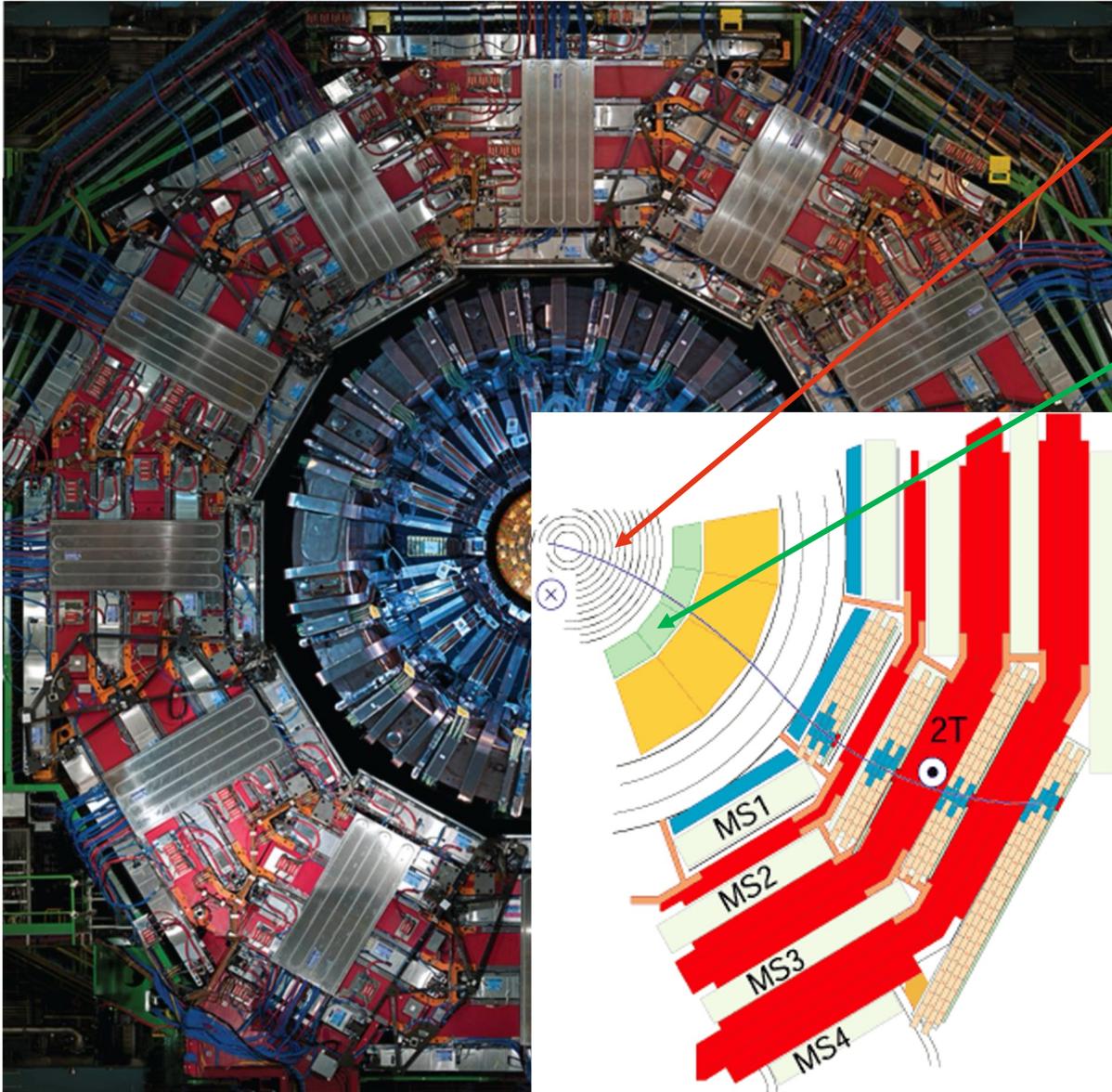
Domande!

backup



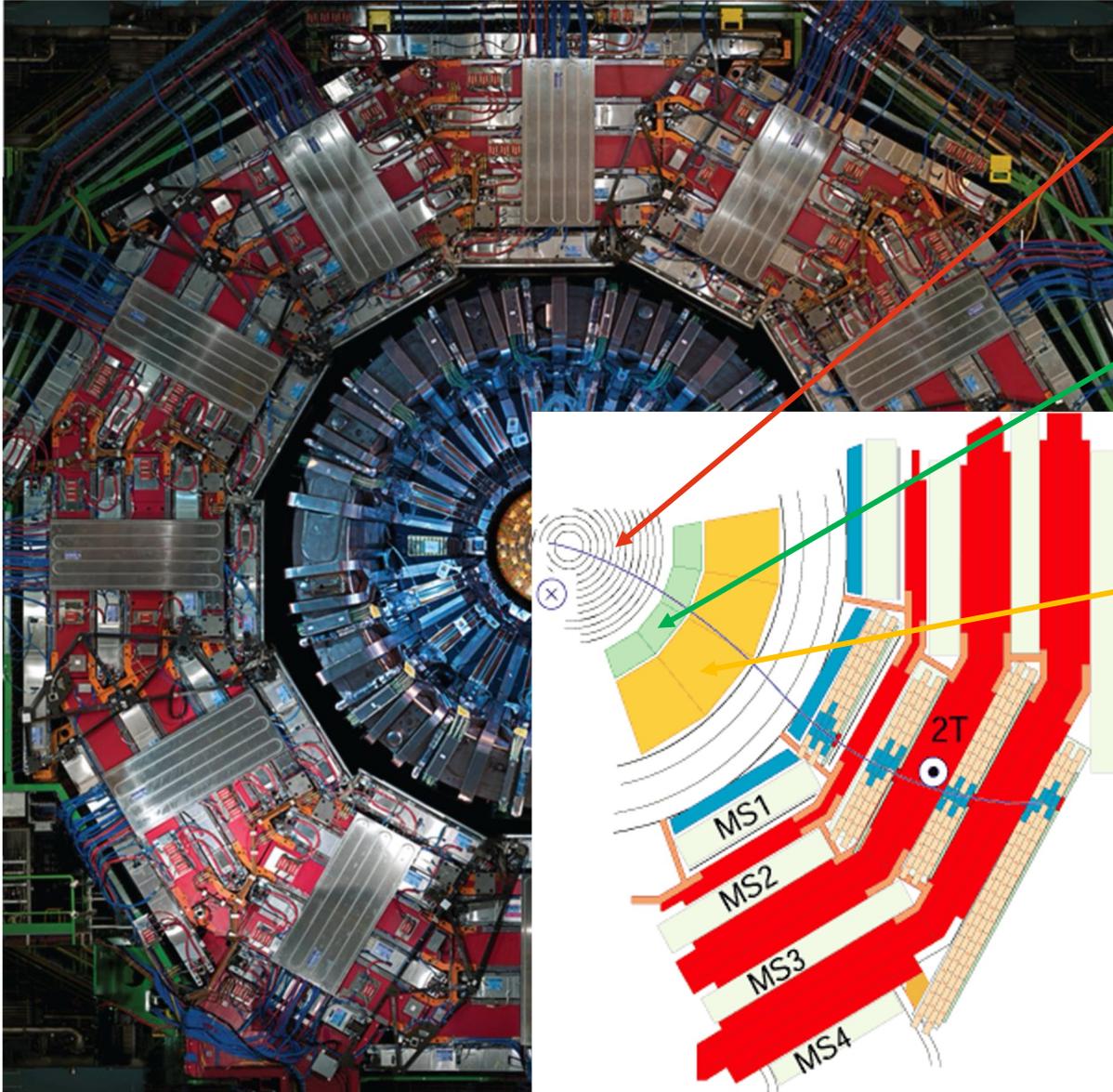


Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.



Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

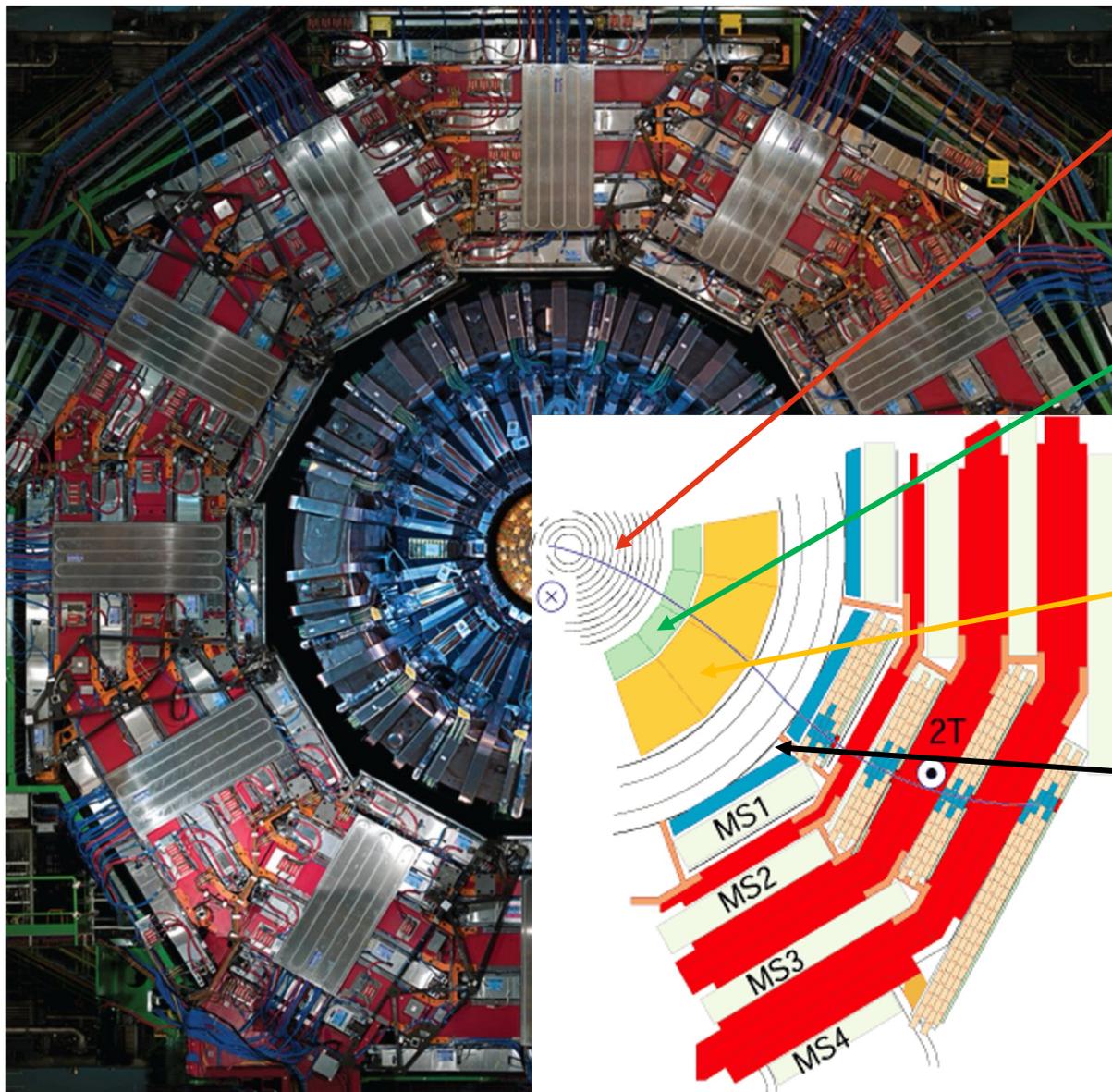
Calorimetro elettromagnetico: serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)



Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

Calorimetro elettromagnetico: serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

Calorimetro adronico: serve a misurare l'energia degli adroni, sia carichi che neutri. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

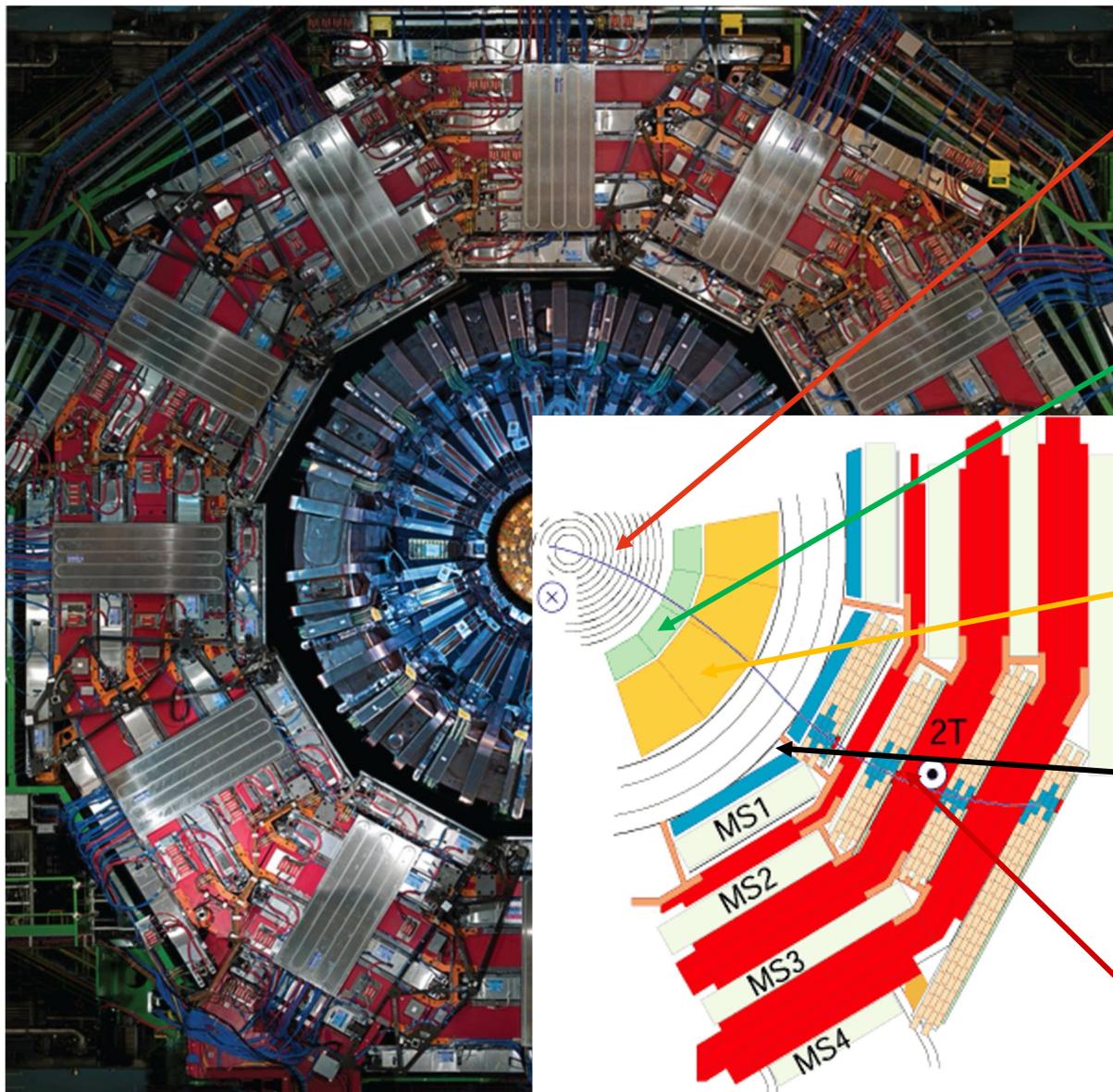


Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

Calorimetro elettromagnetico: serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

Calorimetro adronico: serve a misurare l'energia degli adroni, sia carichi che neutri. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

Solenoid: genera un campo magnetico che serve a curvare le particelle cariche.



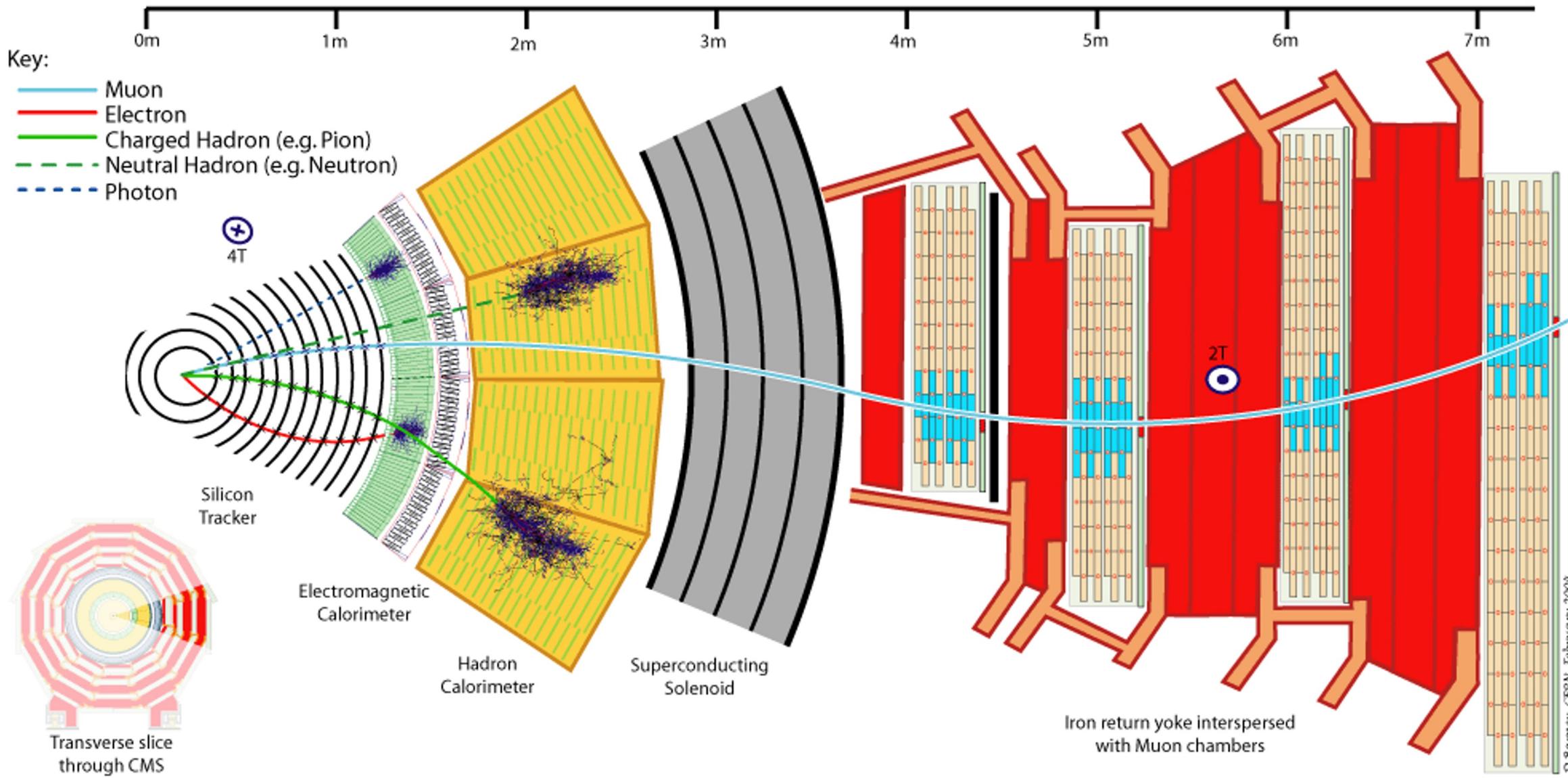
Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

Calorimetro elettromagnetico: serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

Calorimetro adronico: serve a misurare l'energia degli adroni, sia carichi che neutri. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

Solenoid: genera un campo magnetico che serve a curvare le particelle cariche.

Rivelatori di muoni: i muoni sono particelle che interagiscono poco con la materia, quindi riescono ad attraversare tutti i rivelatori senza essere assorbite. Importante ricostruirli perché molte particelle, anche il bosone di Higgs, decadono in muoni.

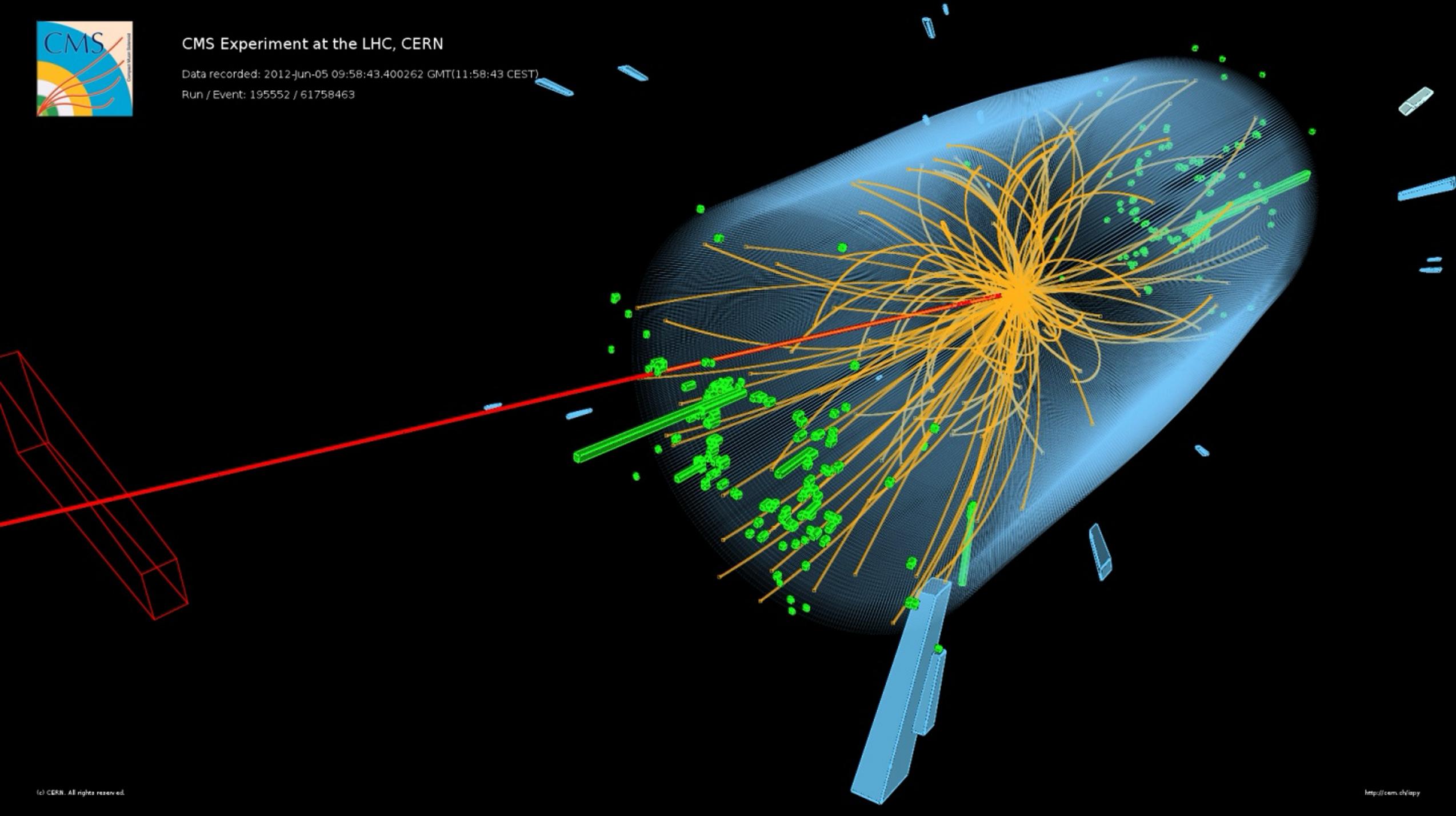




CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2012-Jun-05 09:58:43.400262 GMT(11:58:43 CEST)

Run / Event: 195552 / 61758463



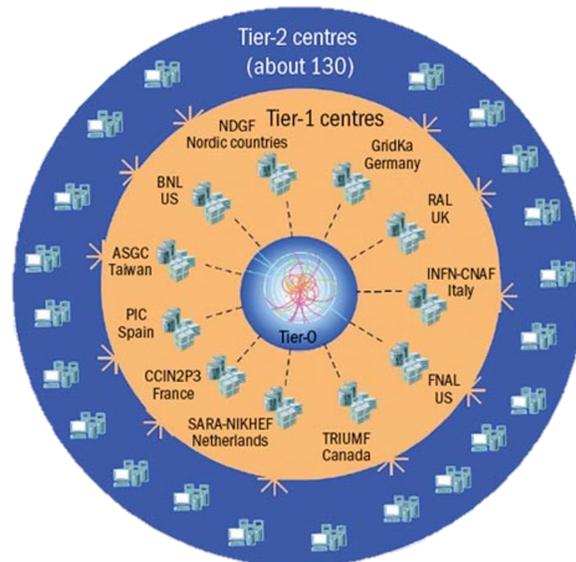
Come si analizzano i dati?

Per analizzare i dati di LHC servirebbero 100000 PC -> il CERN da solo non può fornire una tale potenza di calcolo.

Come si analizzano i dati?

Per analizzare i dati di LHC servirebbero 100000 PC -> il CERN da solo non può fornire una tale potenza di calcolo.

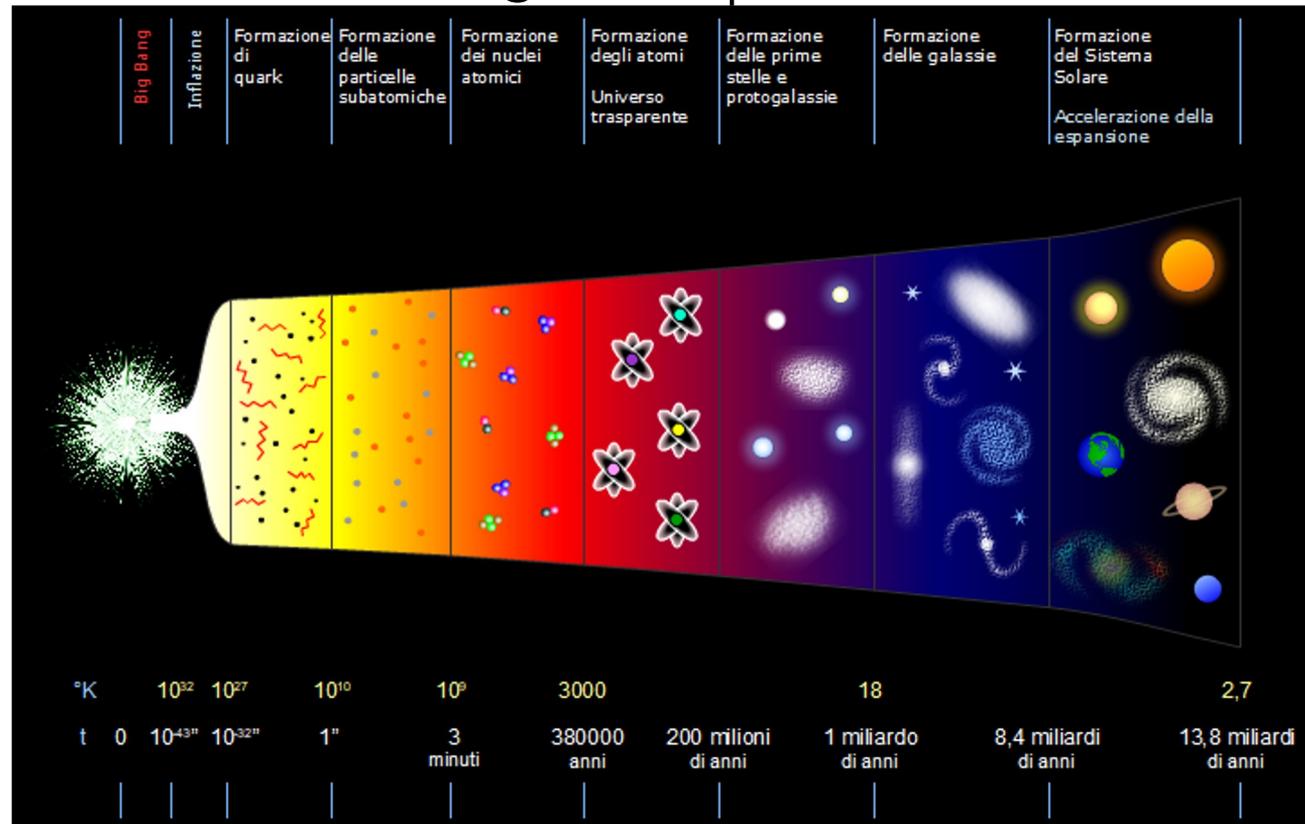
Serve una rete mondiale:
la GRID



A cosa serve CMS?

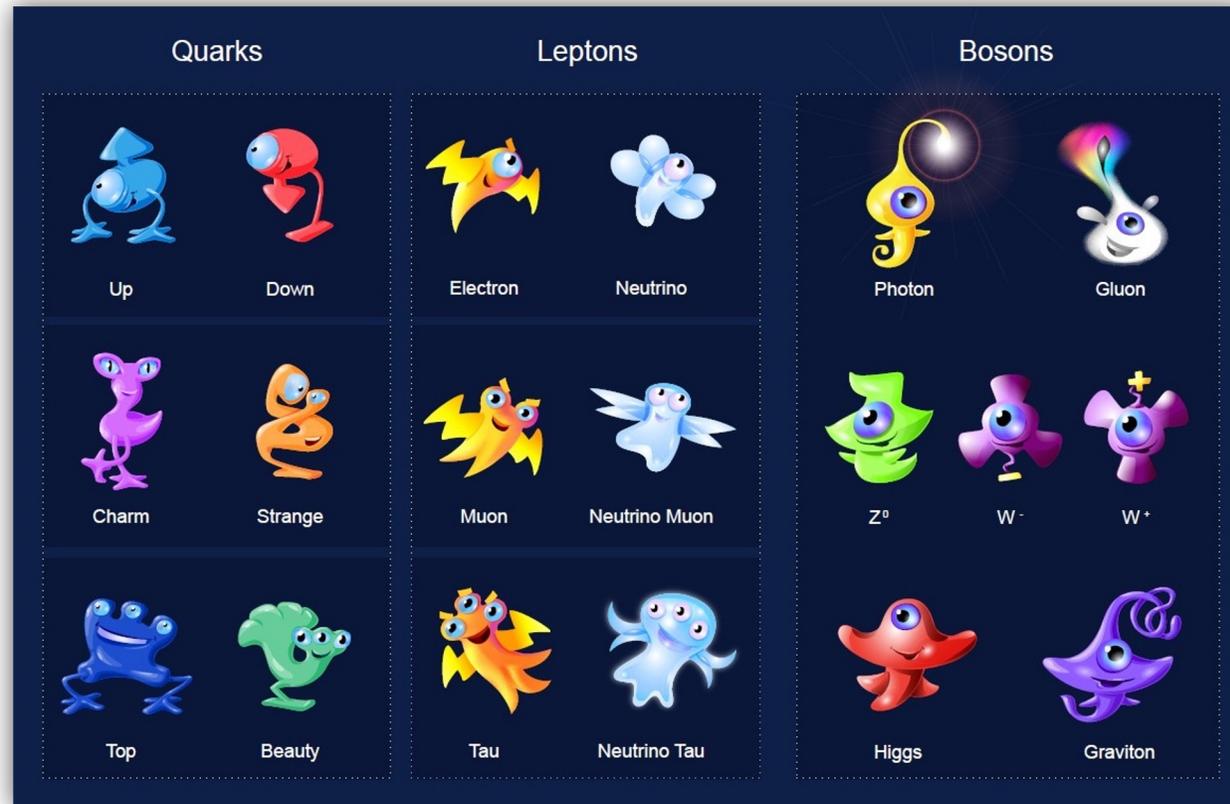
In laboratori come il CERN si fa **ricerca di base**

- Cerchiamo di rispondere alle domande sull'origine dell'universo, la composizione della materia, le grandi questioni ancora irrisolte....



Le particelle elementari note

Con esperimenti come CMS (e ATLAS) abbiamo completato la nostra conoscenza sulle particelle del Modello Standard



La più famosa....



Il campo **permea tutto l'universo**.
Le particelle che lo attraversano
avvertono ognuna
una resistenza diversa.
Questa **resistenza** è quella
che chiamiamo **massa**

CAMPO DI HIGGS

Particelle di massa
piccolissima o zero
(fotoni, elettroni, ecc.)

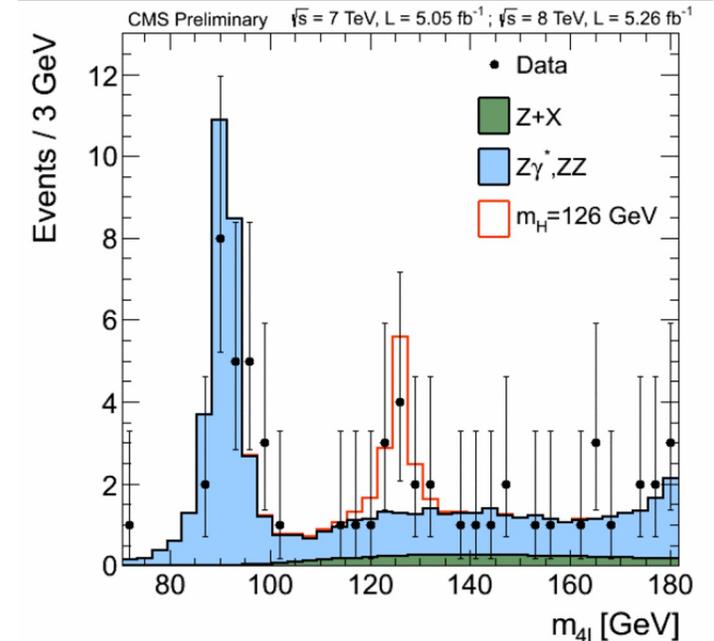
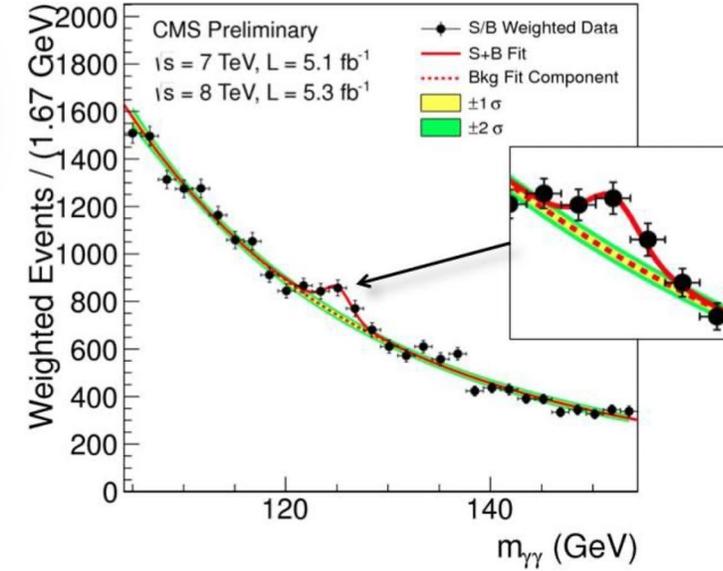
Particelle
di massa media
(muoni, ecc.)

Particelle
di grande massa
(quark top, ecc.)



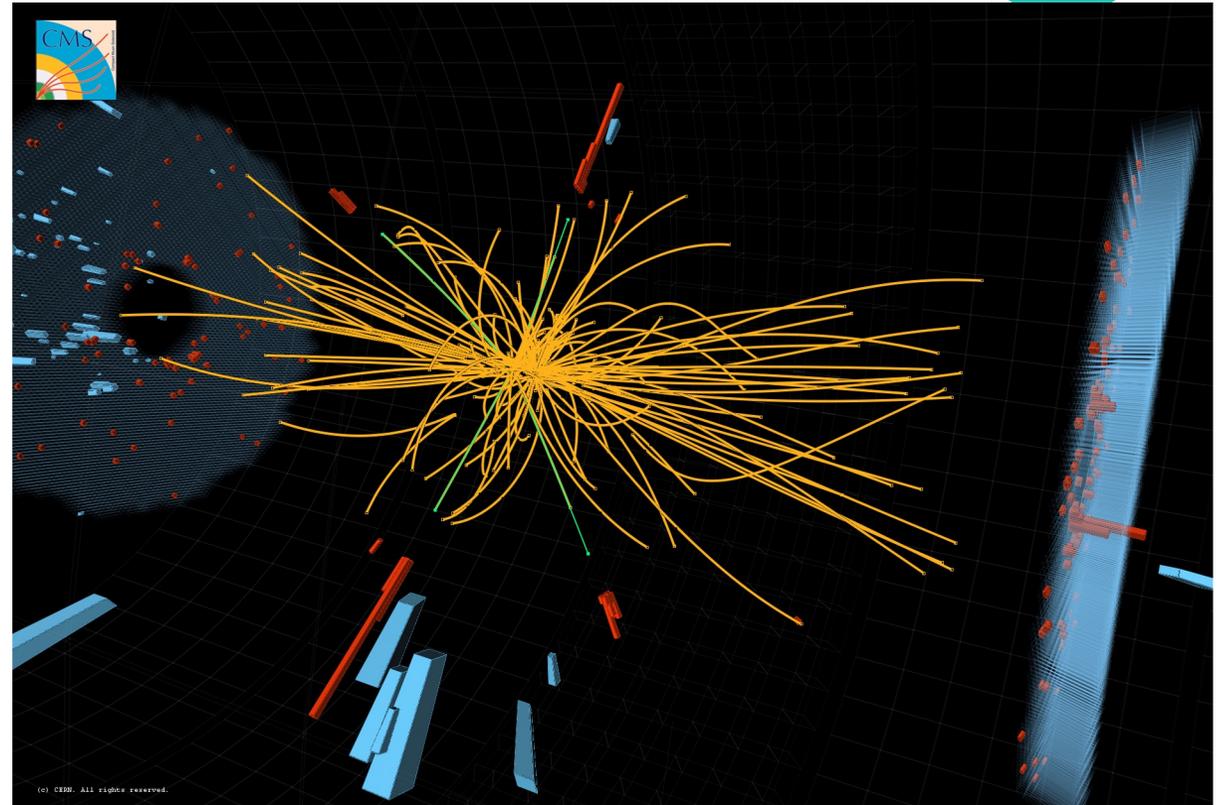
Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

La più famosa....





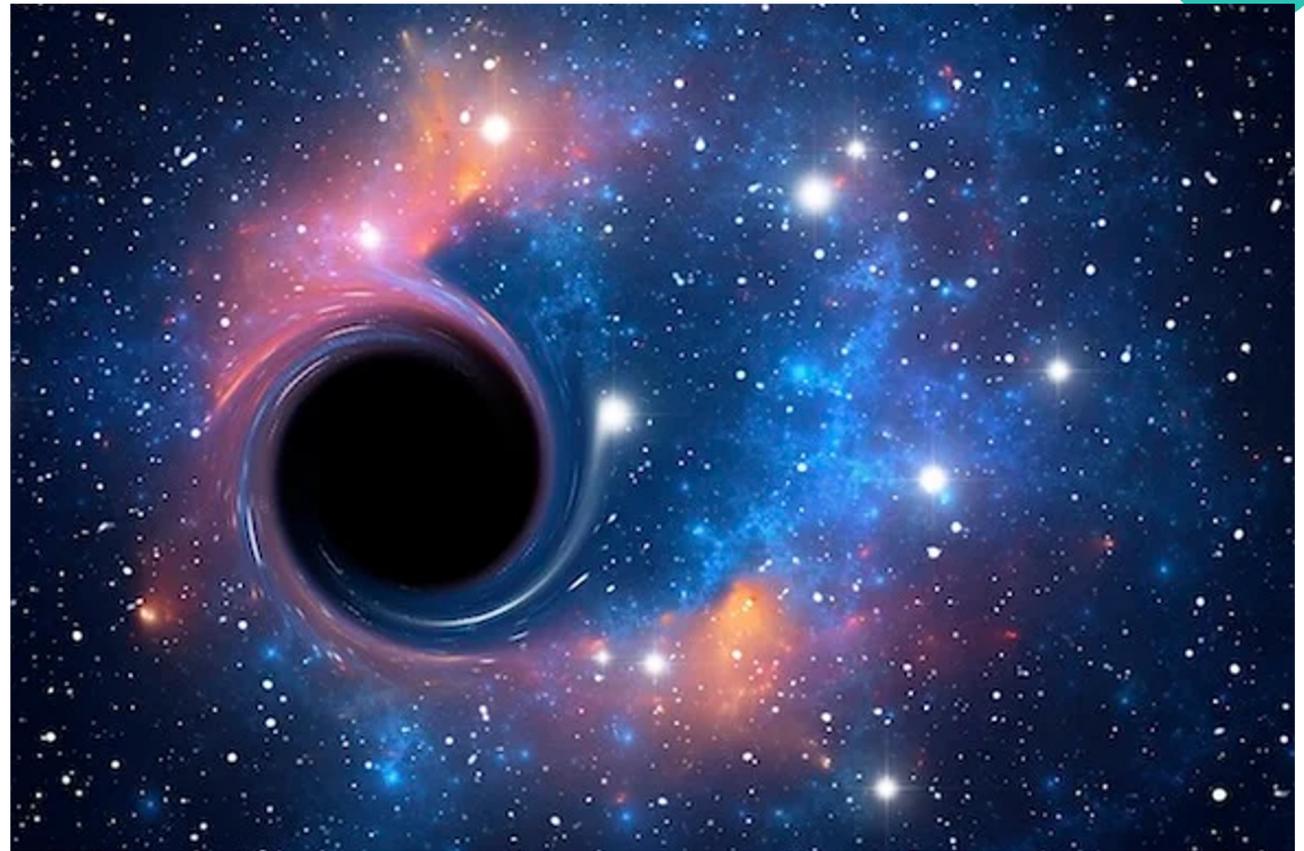
GEORGES MATHIEU



Evento di CMS attraverso l'event display



VASSILY KANDISKY - Several Circles



Rappresentazione grafica di un buco nero



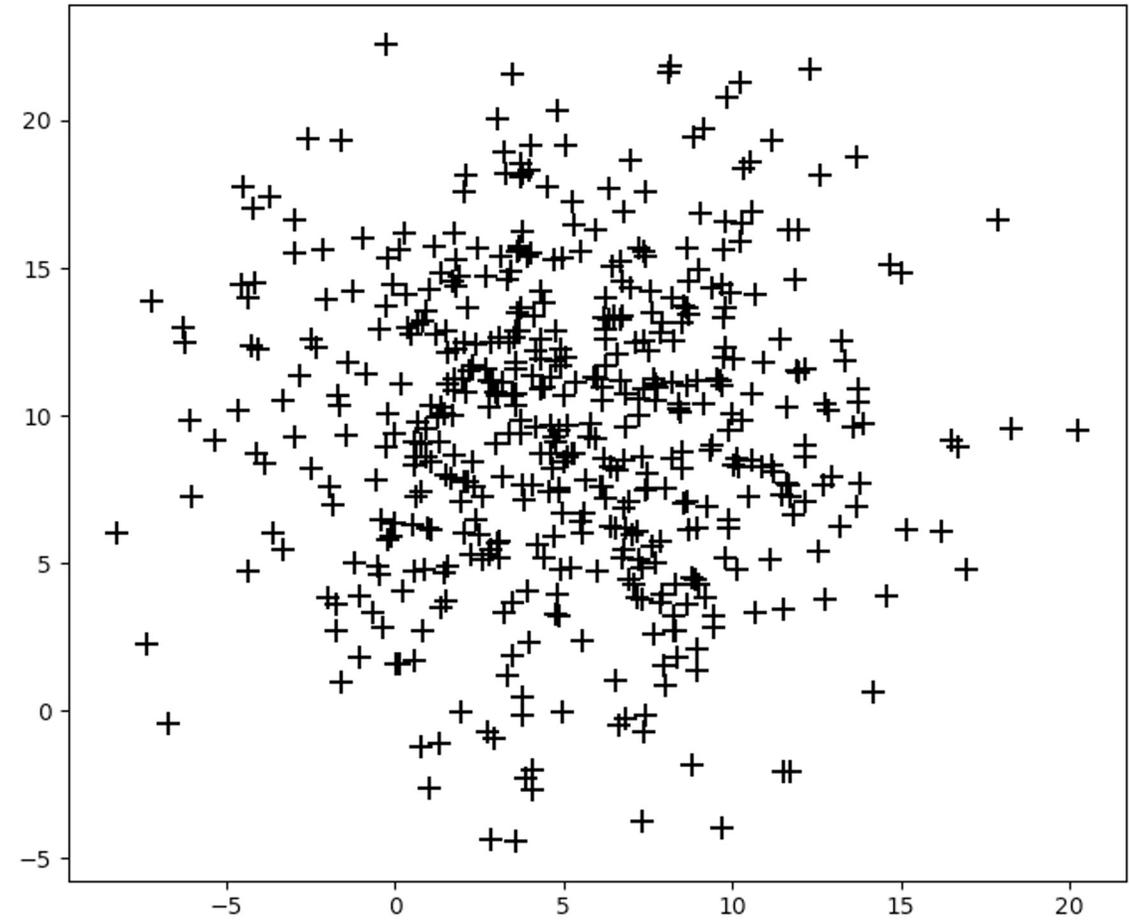
GIORDANA HOUGHTON



Dettaglio dell'atmosfera di Giove



MONDRIAN Composizione n.10



Distribuzione 2d di una Gaussiana