



Per studiare la natura ci vuole il fisico!

Sara Cutini (INFN Perugia)



A.D. 1308
unipg

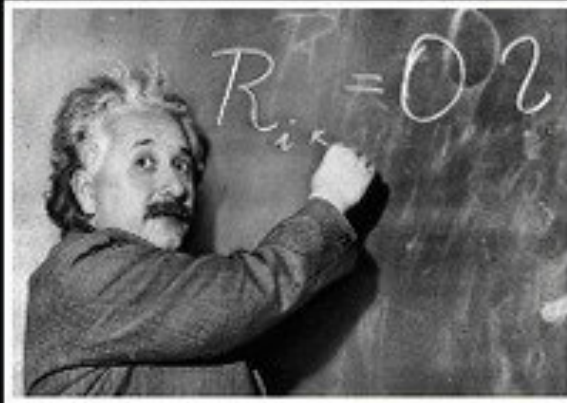
DIPARTIMENTO
DI FISICA E GEOLOGIA

DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA
MUR 2023/2027

Con il patrocinio di:



PHYSICIST



WHAT SOCIETY THINKS I DO



WHAT MY MUM THINKS I DO



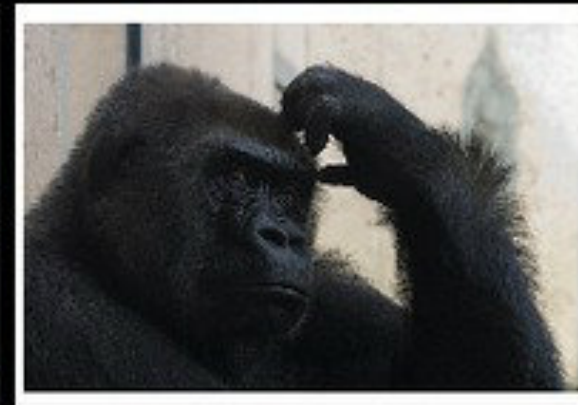
WHAT MY FRIENDS THINK I DO



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?

Cosa è la materia e quali sono i suoi componenti elementari?

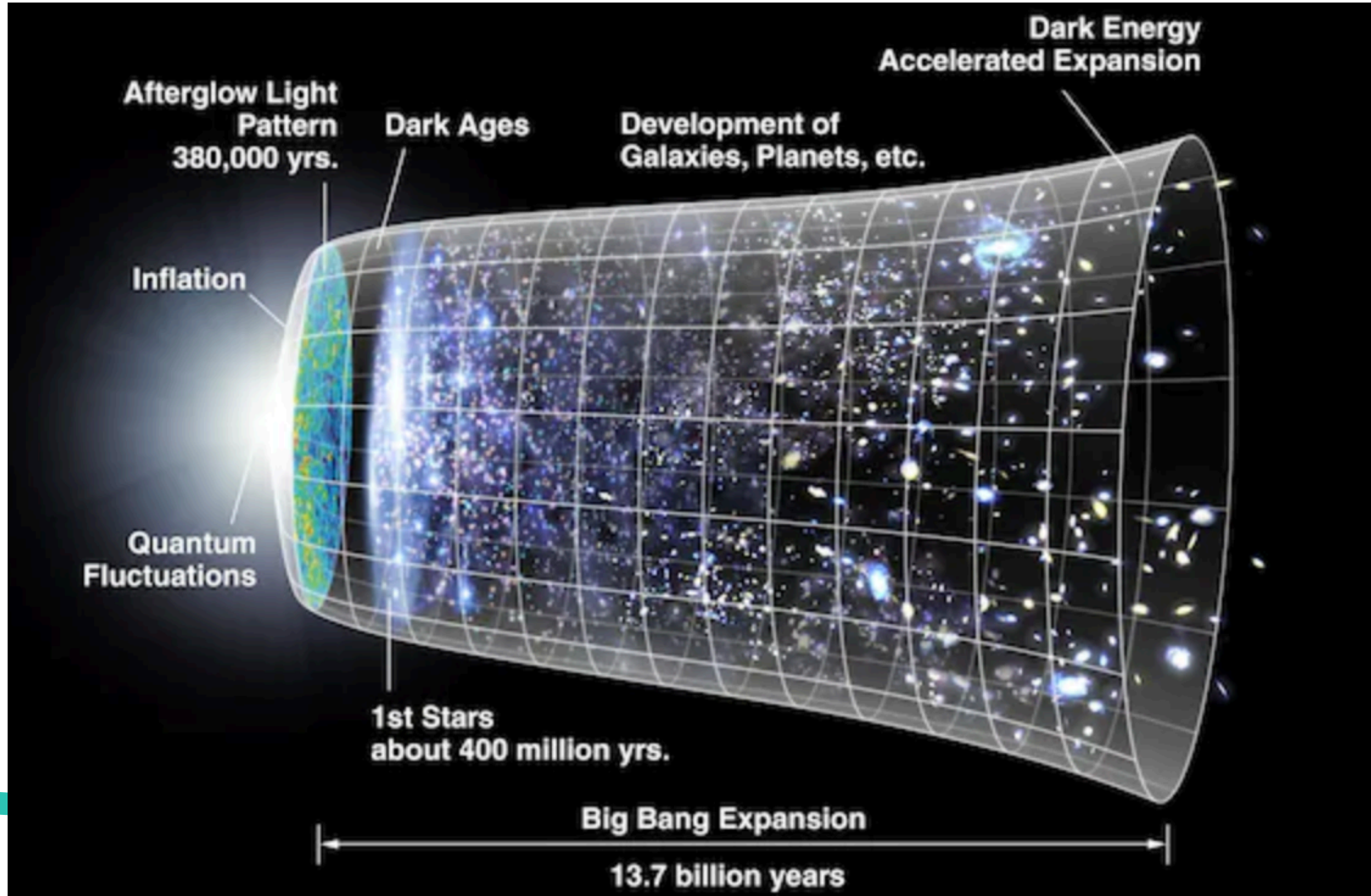
Quali le forze che governano l'Universo?

Cosa c'è oltre i nostri occhi?

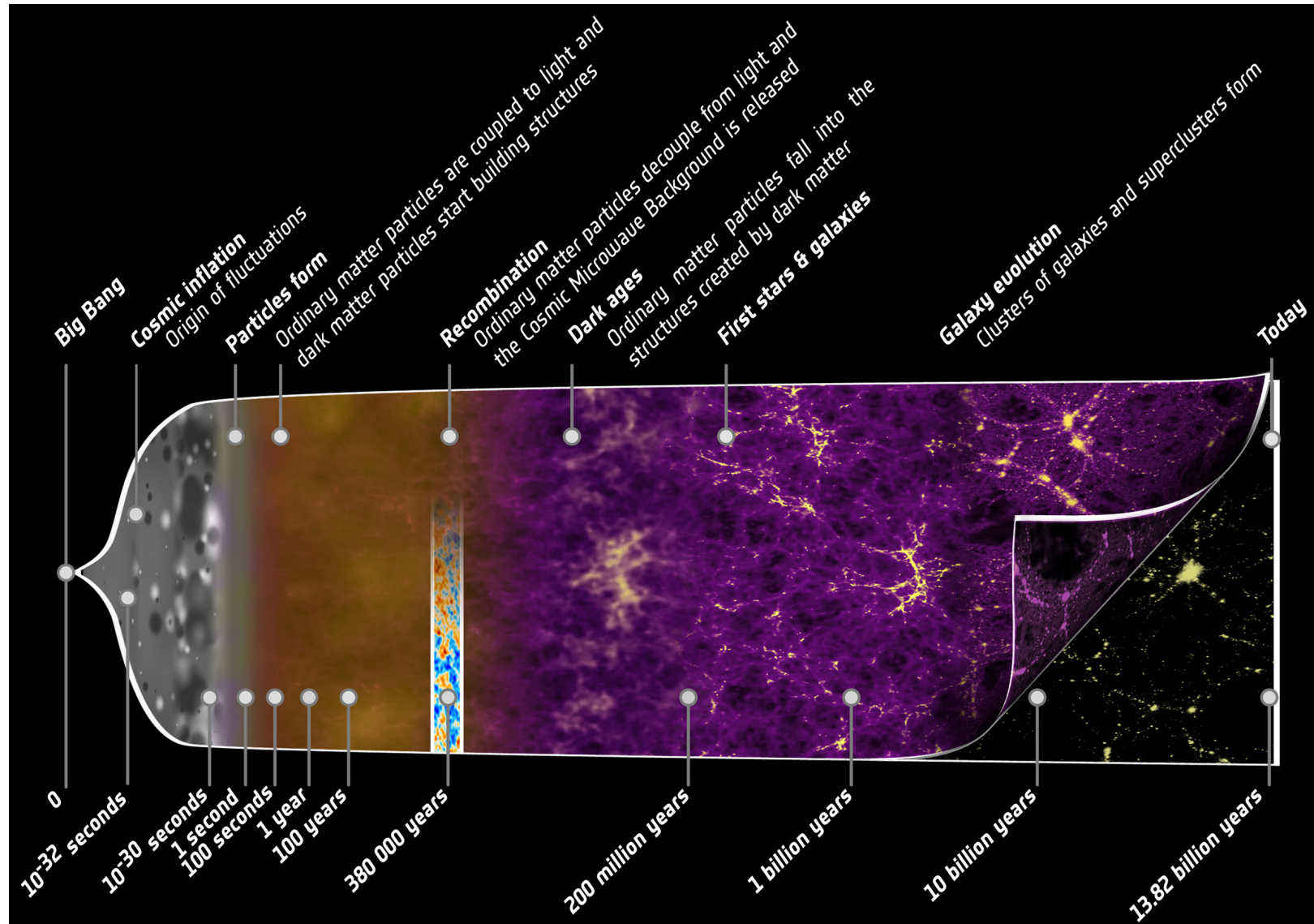
An abstract painting with a textured, impasto style. The background is a mix of warm yellow, orange, and light blue. In the foreground, there are vibrant, swirling colors of purple, pink, and blue, suggesting a nebula or a cosmic explosion. The overall composition is dynamic and colorful.

Come si è
formato
l'Universo?

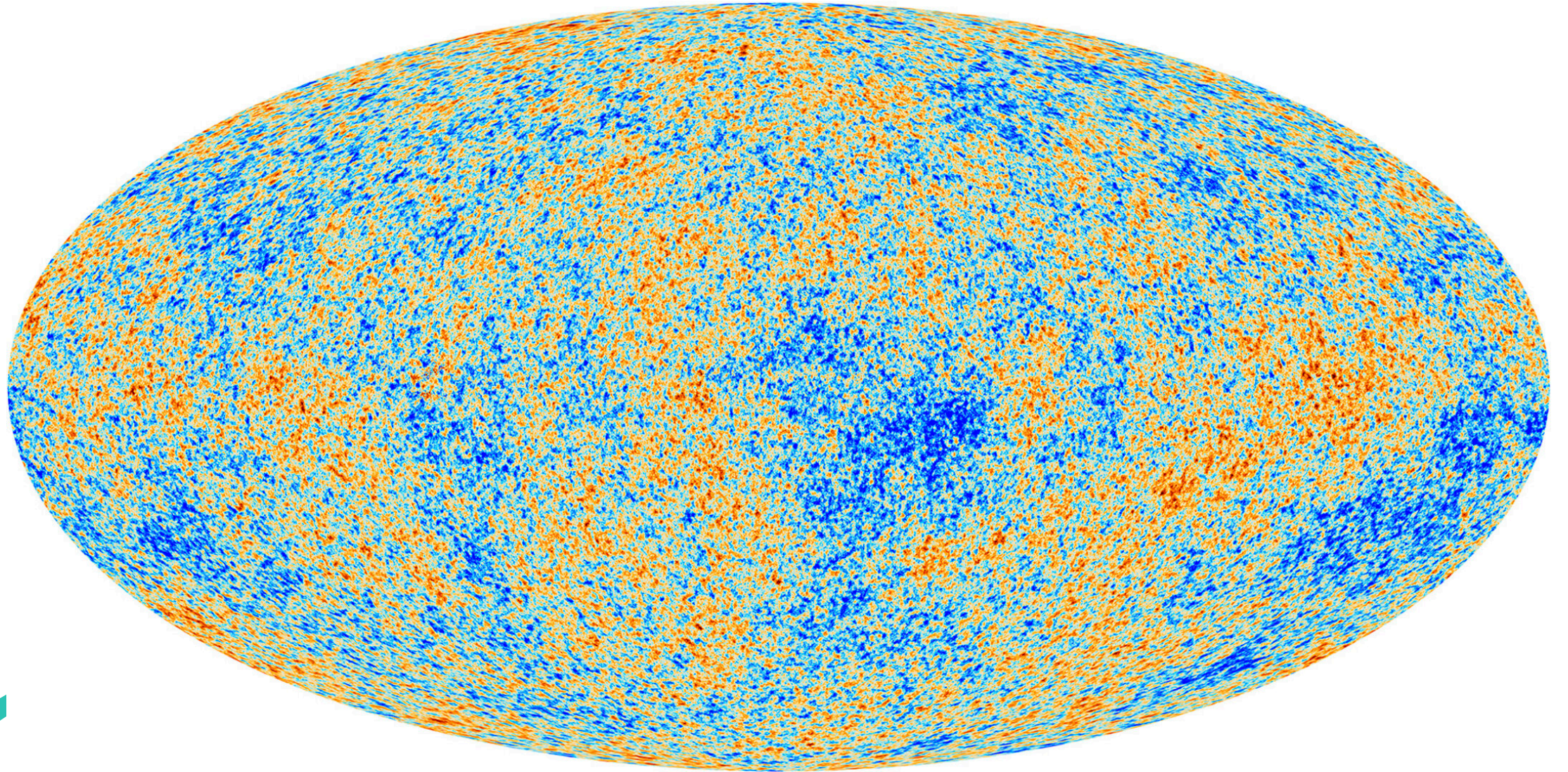
Teoria del big bang



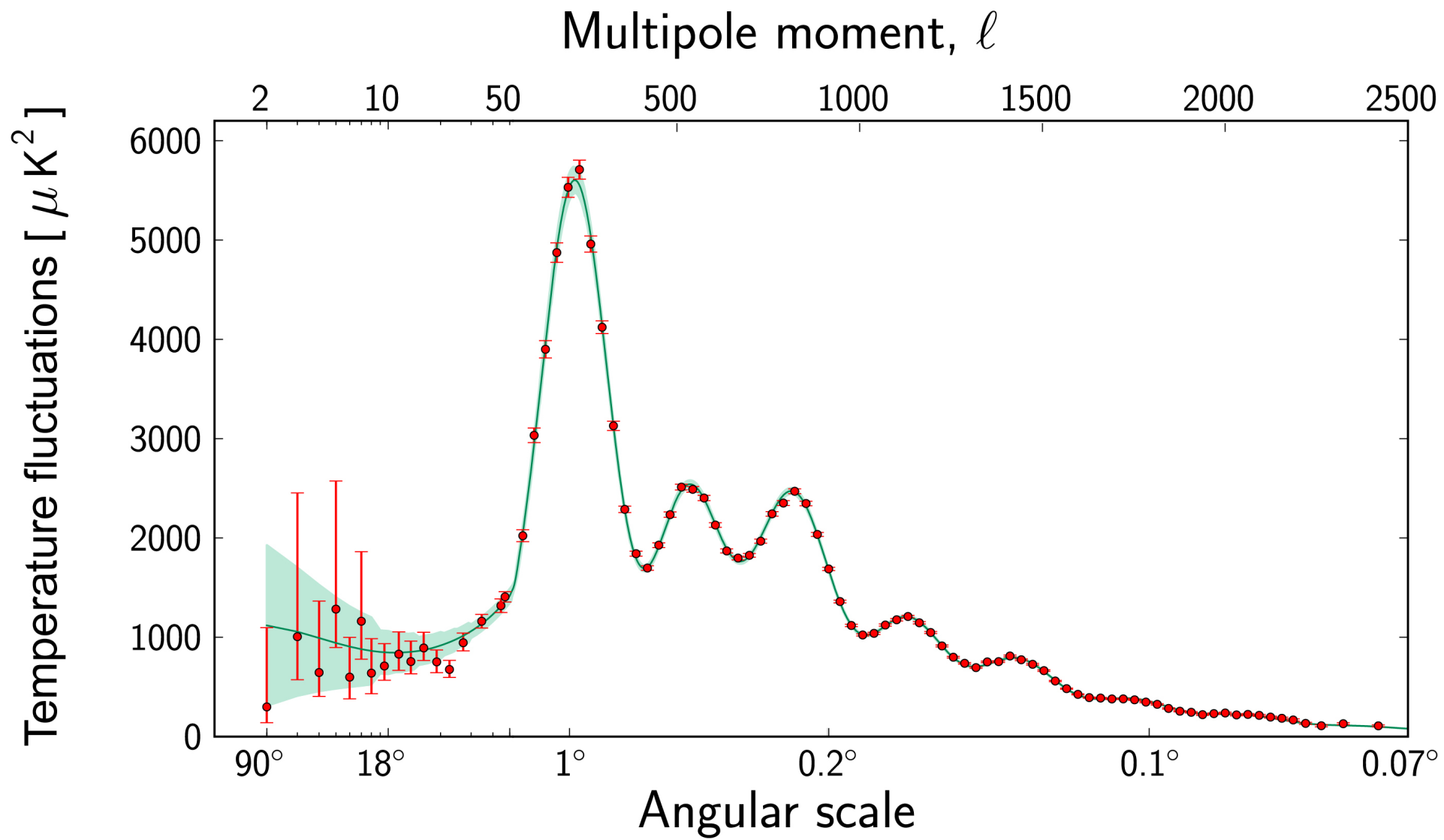
Epoca della ricombinazione



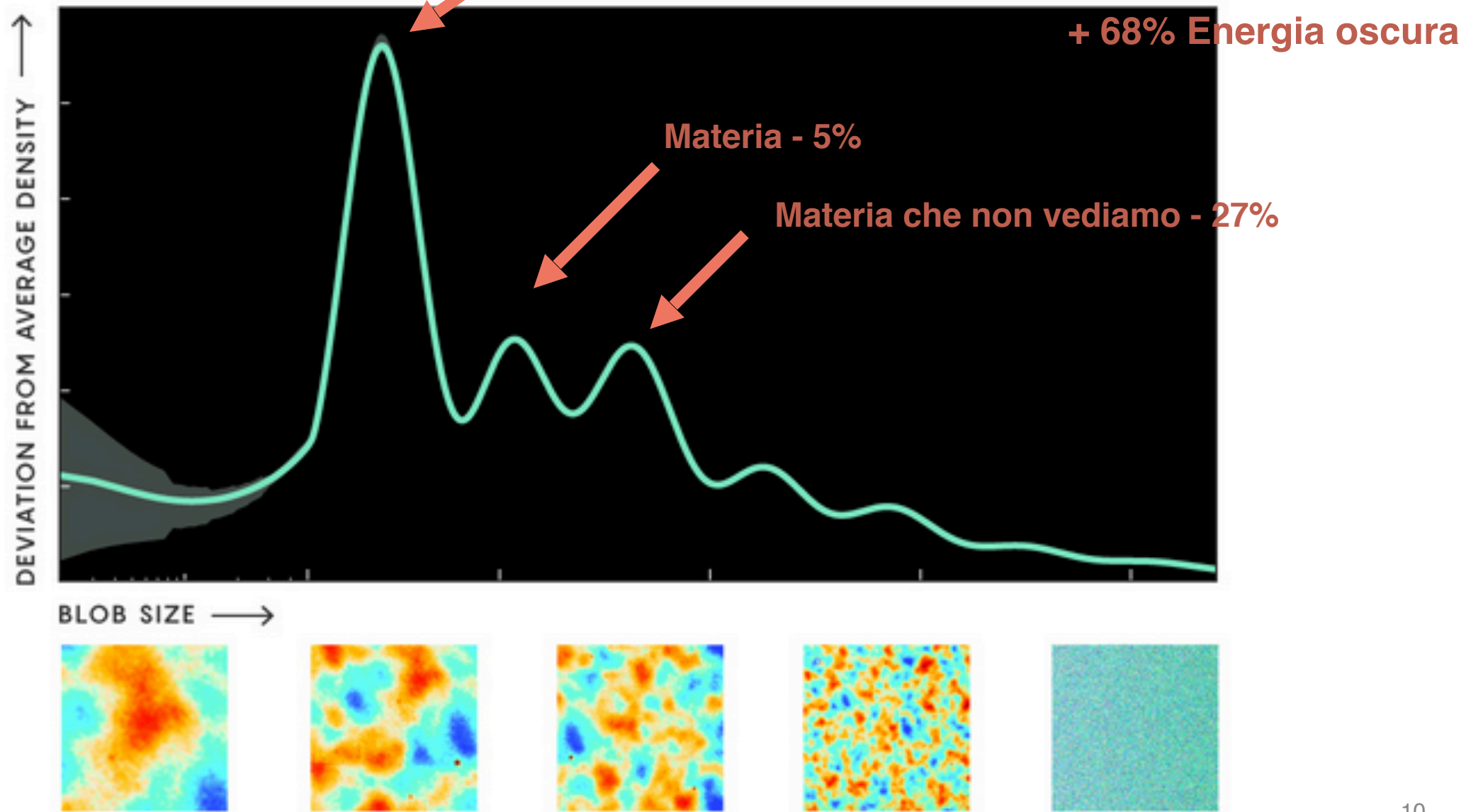
La prima luce!



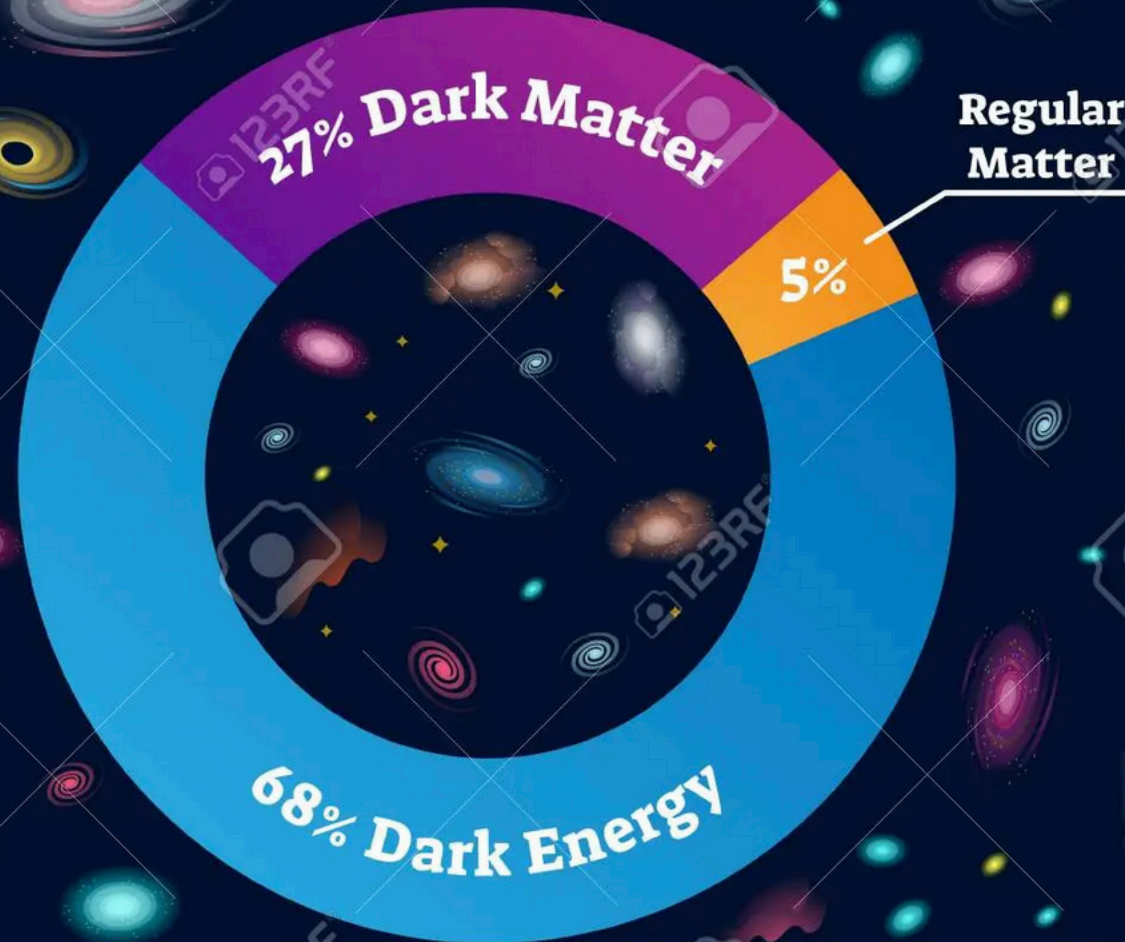
Da cosa è
formato
l'Universo?



Curvatura dell'Universo - PIATTO

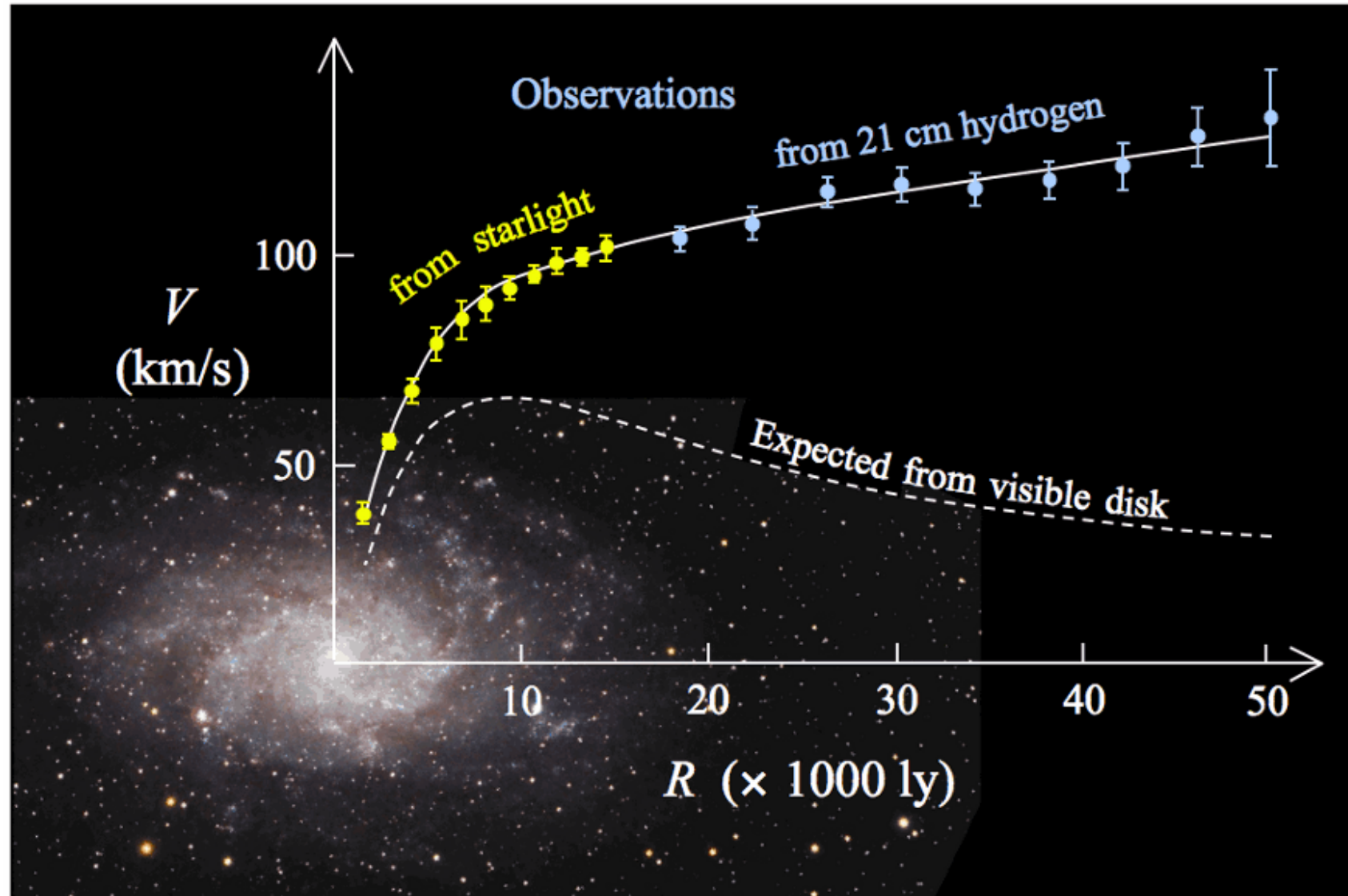


COMPOSITION OF THE UNIVERSE

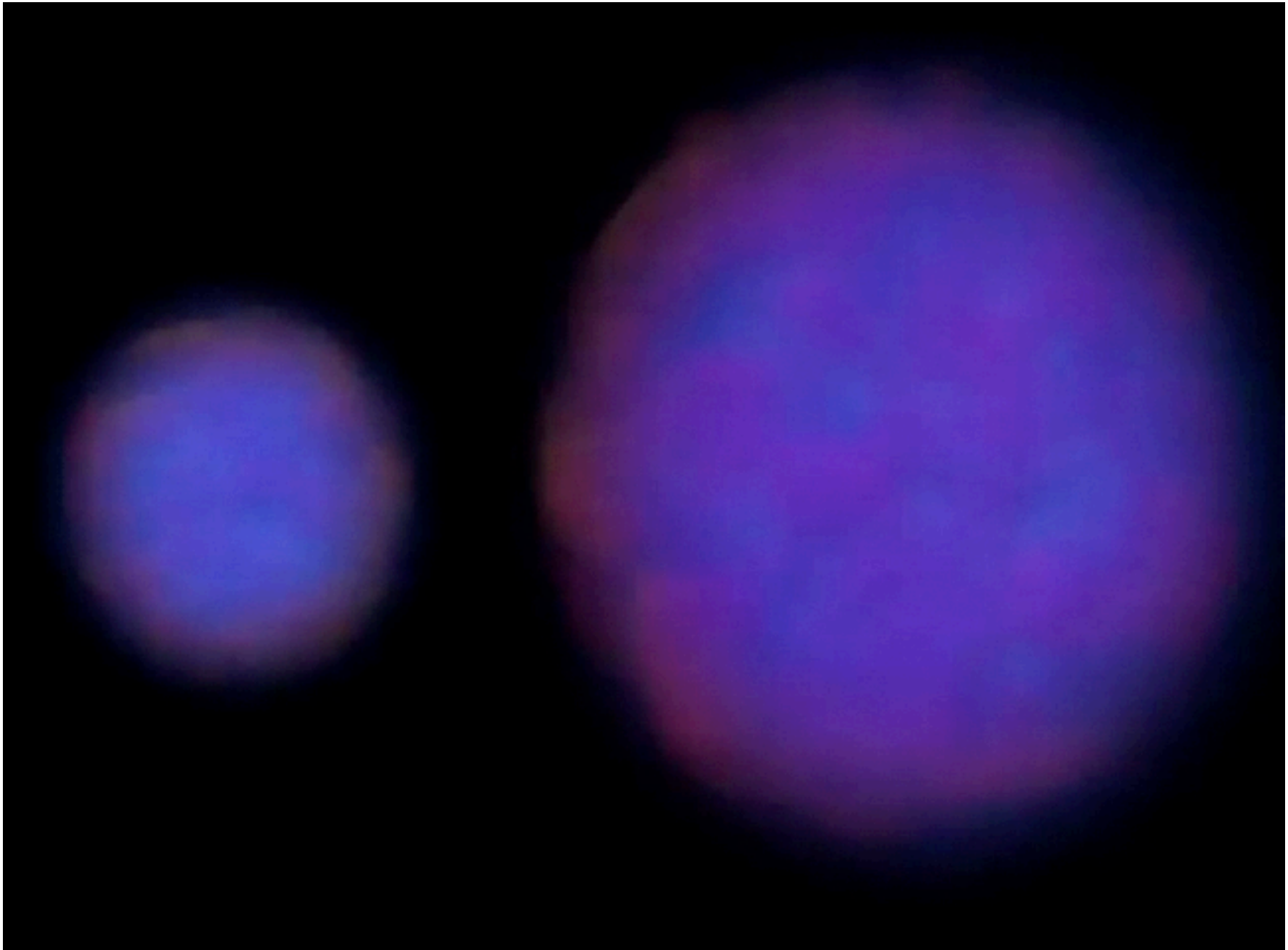


Cosa c'è oltre la materia
visibile...?

Materia oscura



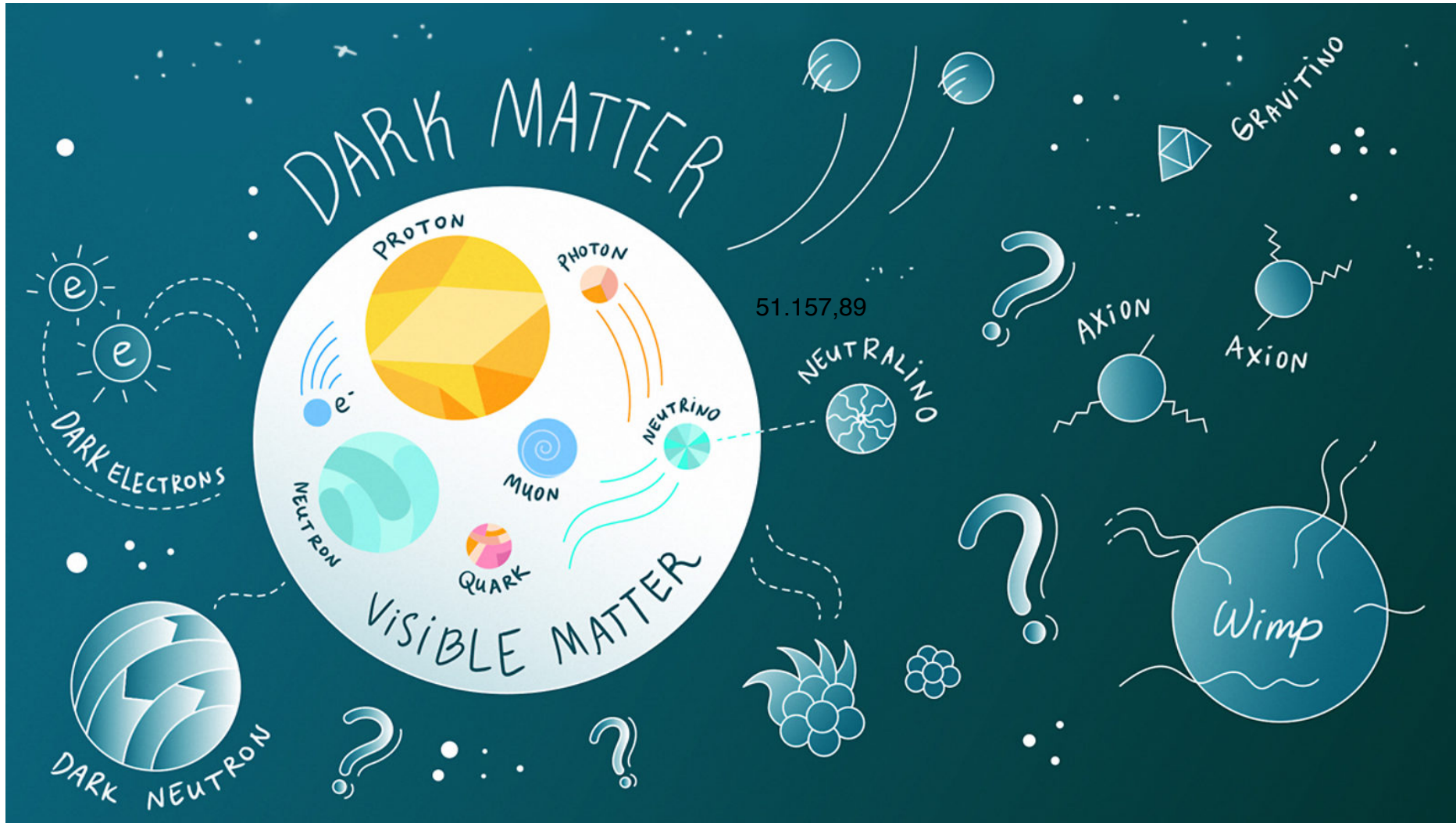




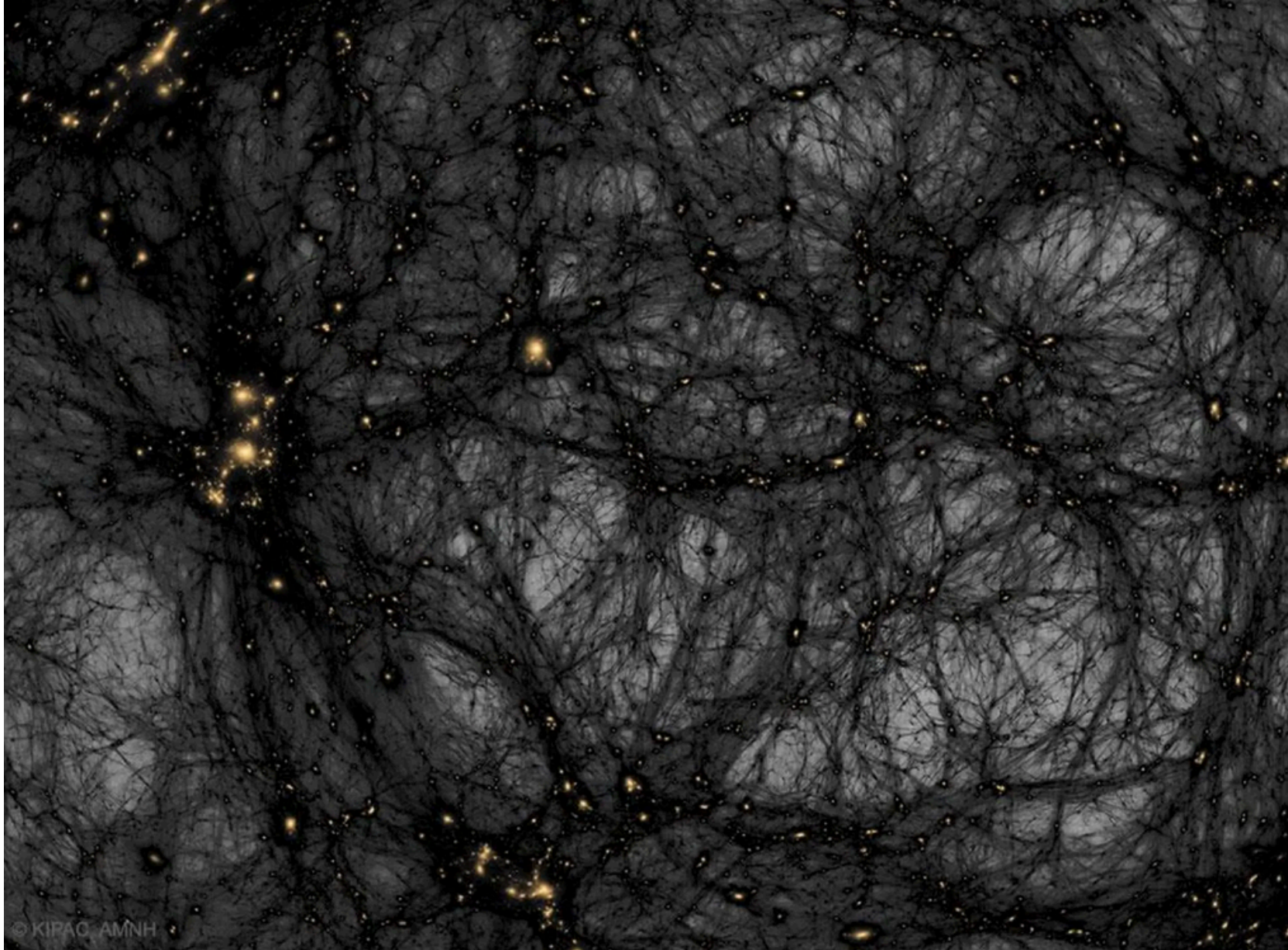


Materia oscura

- Possiamo vederla solo indirettamente



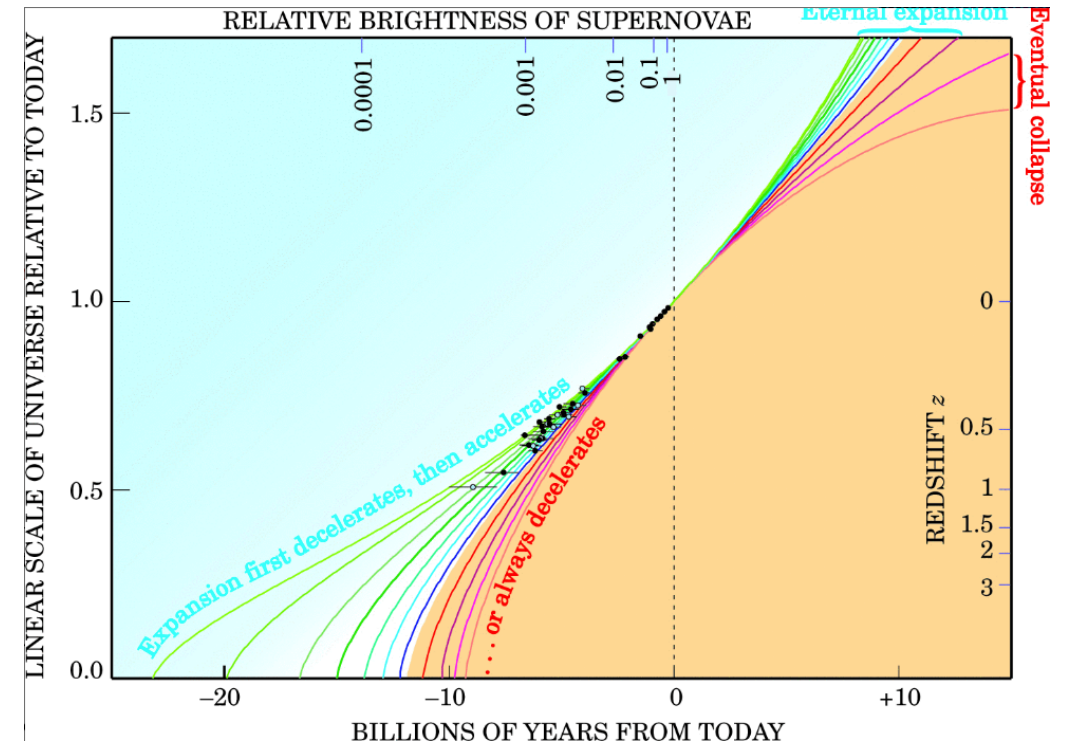
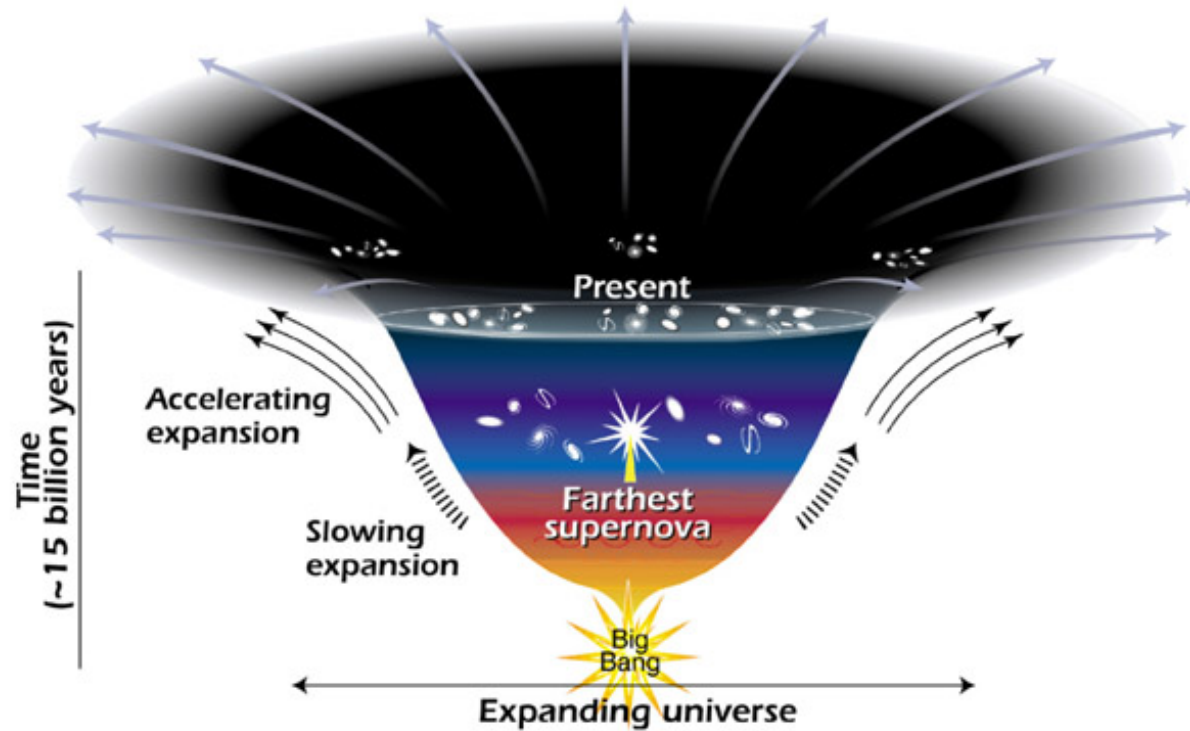
Materia oscura



© KIPAC, AMNH



Energia Oscura - Quintessenza!



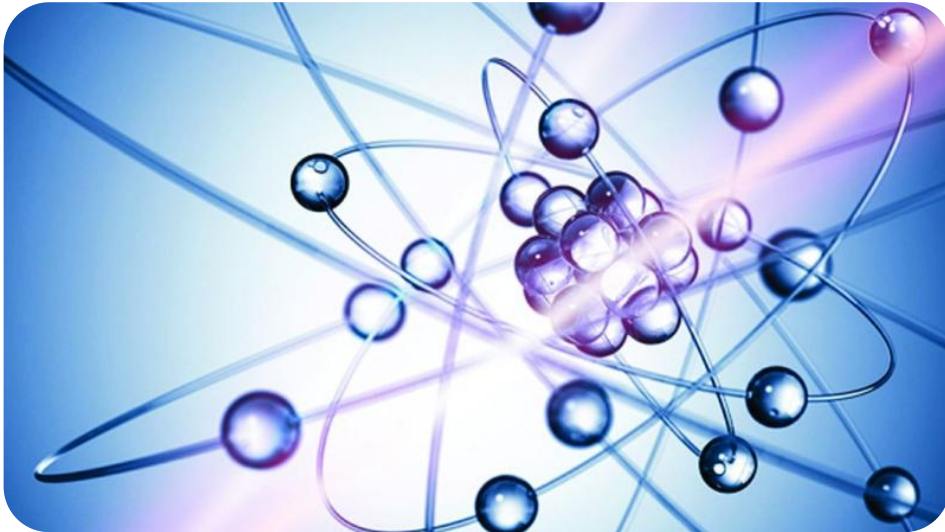
This diagram reveals changes in the rate of expansion since the universe's birth 15 billion years ago. The more shallow the curve, the faster the rate of expansion. The curve changes noticeably about 7.5 billion years ago, when objects in the universe began flying apart at a faster rate. Astronomers theorize that the faster expansion rate is due to a mysterious, dark force that is pushing galaxies apart.

An abstract painting with a textured, impasto style. The upper half is dominated by warm, golden-yellow and ochre tones, suggesting a sky or a distant horizon. Below this, a deep blue body of water stretches across the lower right. In the center, a complex, abstract shape in shades of purple, pink, and magenta emerges, resembling a nebula or a celestial body. This central form is surrounded by smaller, scattered dots of color, including blue, orange, and green, which could represent stars or distant galaxies. The overall composition is dynamic and evocative, blending naturalistic elements with cosmic imagery.

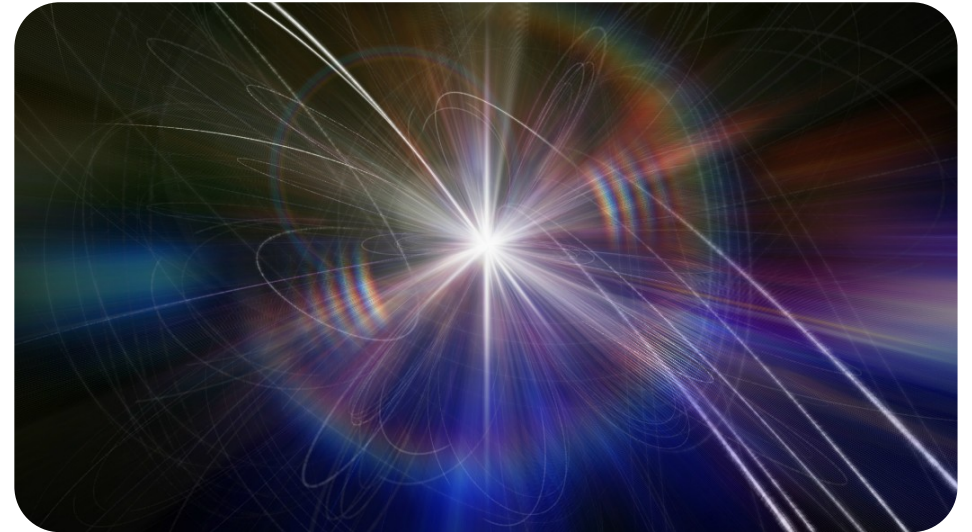
Ma l'Universo
visibile?

L'universo visibile può essere descritto da:

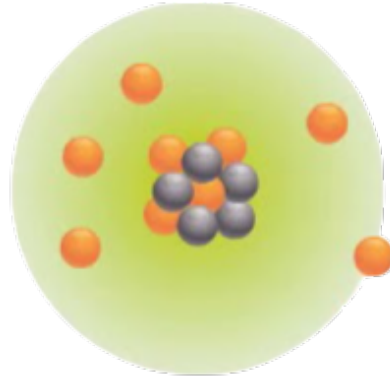
Materia



Forze



Materia baronia

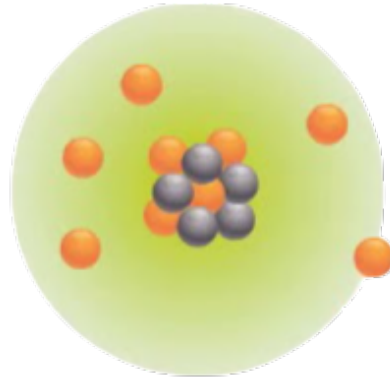


Atomo
 10^{-10}m

“Gli atomi sono particelle
elementari indivisibili”:

Democrito, 400 a.C.

Materia baronia



Atomo
 10^{-10}m

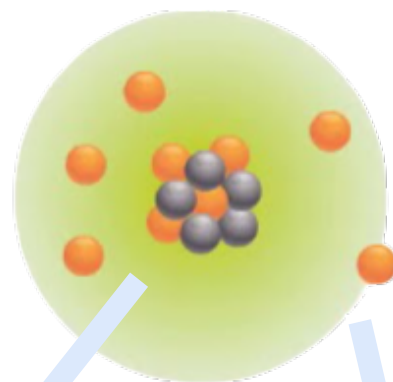
“Gli atomi sono particelle
elementari indivisibili”:

Democrito, 400 a.C.

Materia

Modello planetario dell'atomo con elettroni in orbita attorno ad un nucleo indivisibile:

Rutherford, 1910



Nucleo
 10^{-14}m

Atomo
 10^{-10}m

“Gli atomi sono particelle elementari indivisibili”:

Democrito, 400 a.C.

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

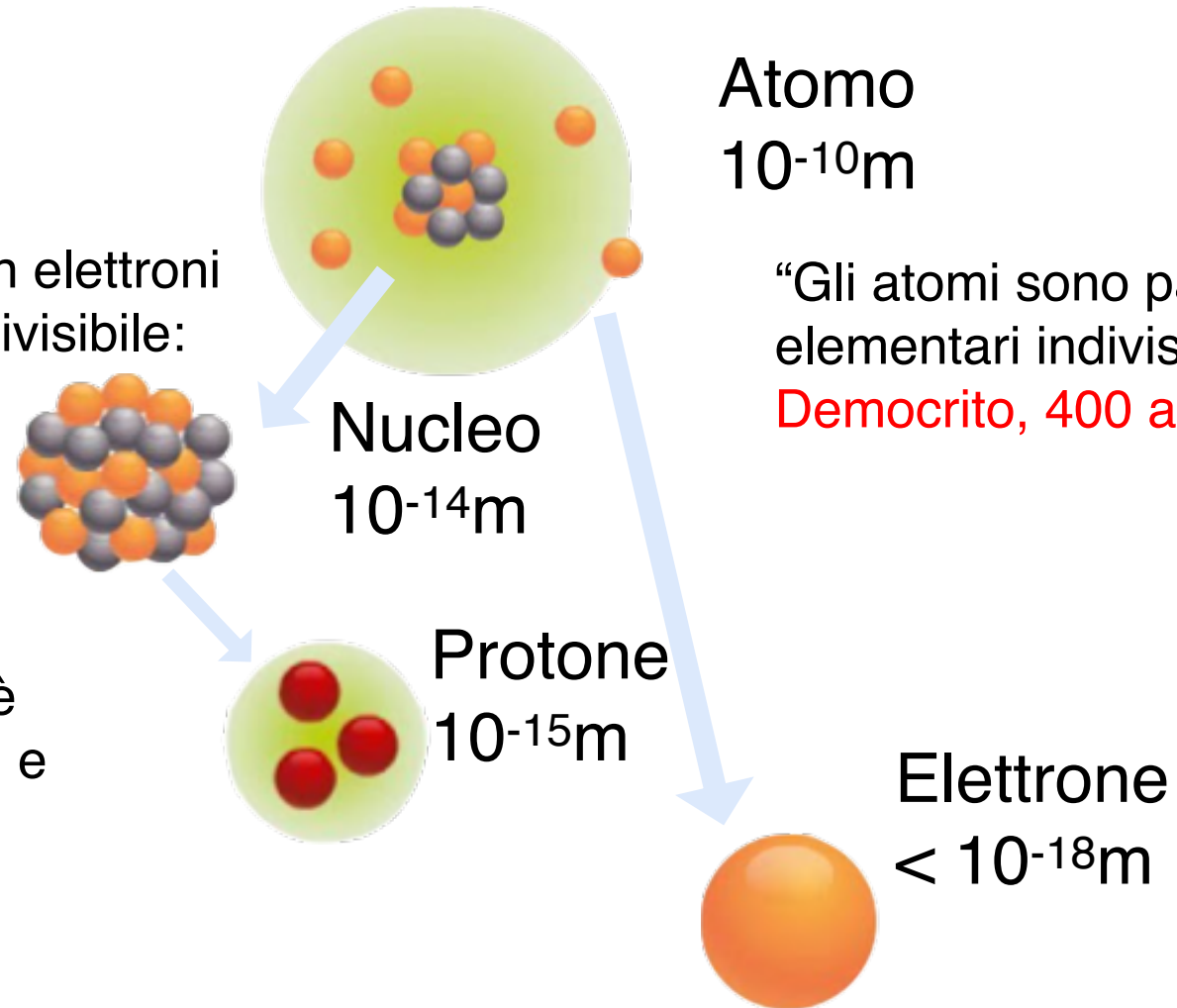


Materia

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

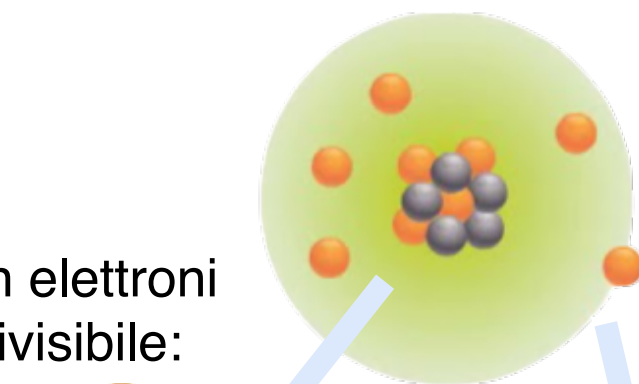
Elettrone
 $< 10^{-18}\text{m}$

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

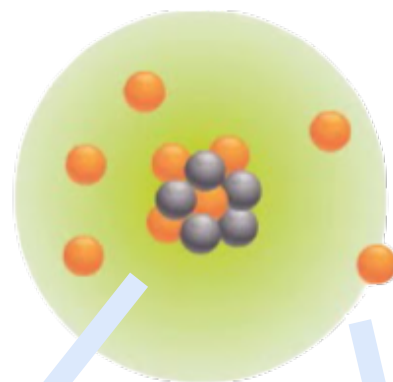
Materia

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



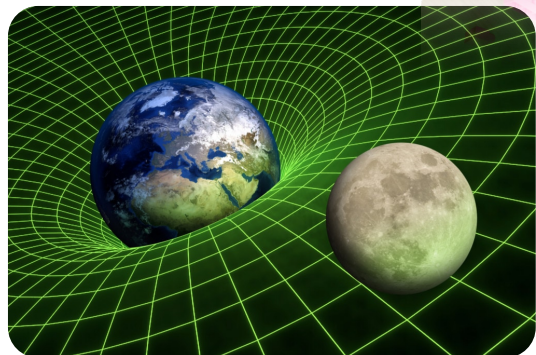
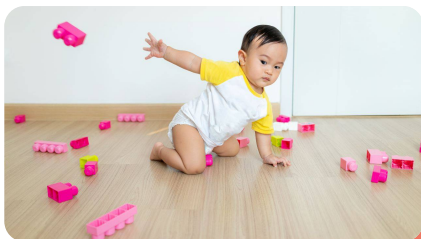
Elettrone
 $< 10^{-18}\text{m}$



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

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

Forze



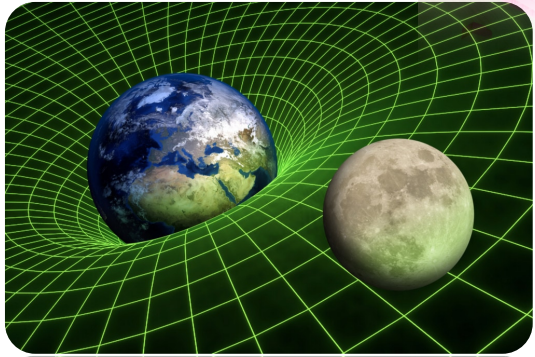
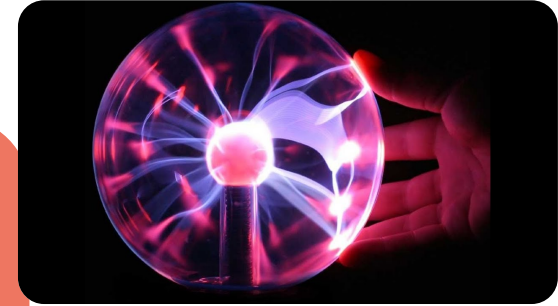
Forza
gravità

Forze



Forza
gravità

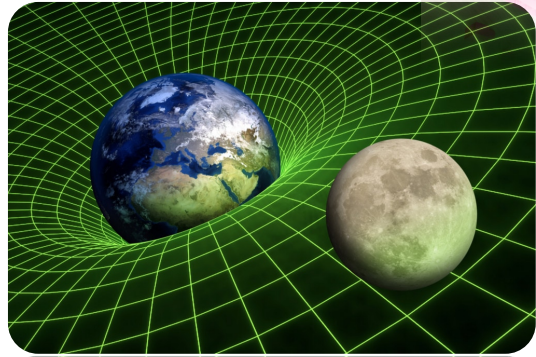
Forza
elettro
magnetica



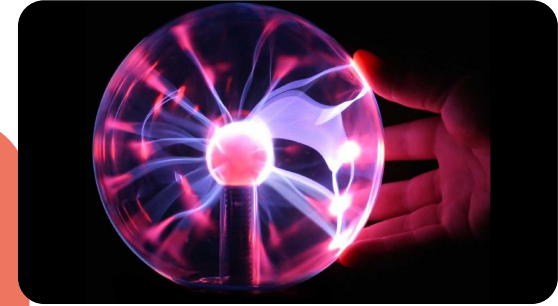
Forze



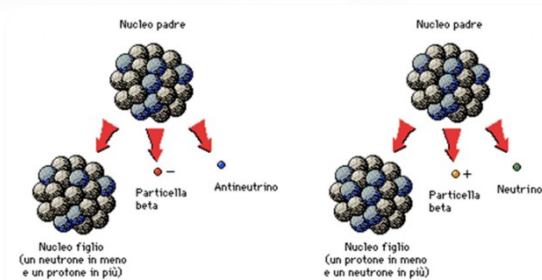
Forza
gravità



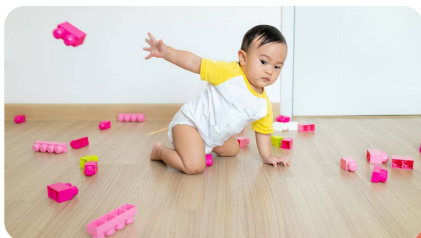
Forza
elettro
magnetica



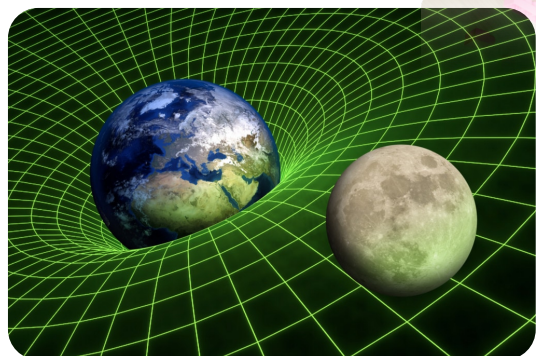
Forza
debole



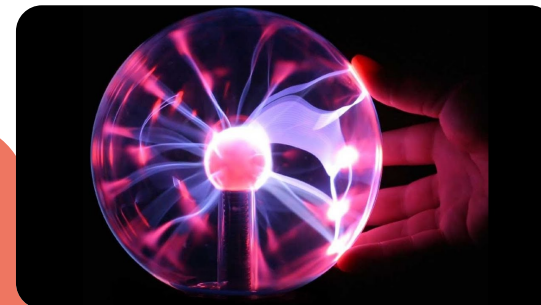
Forze



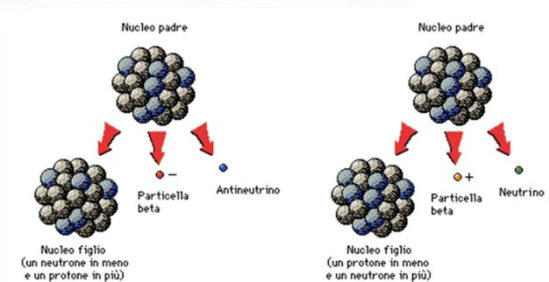
Forza
gravità



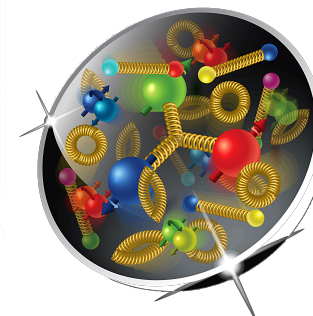
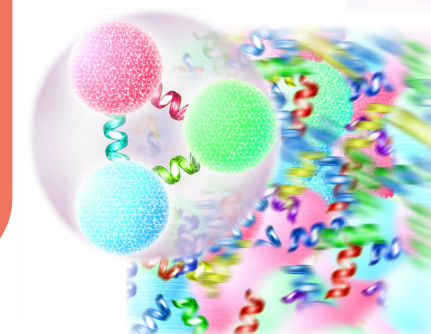
Forza
elettro
magnetica



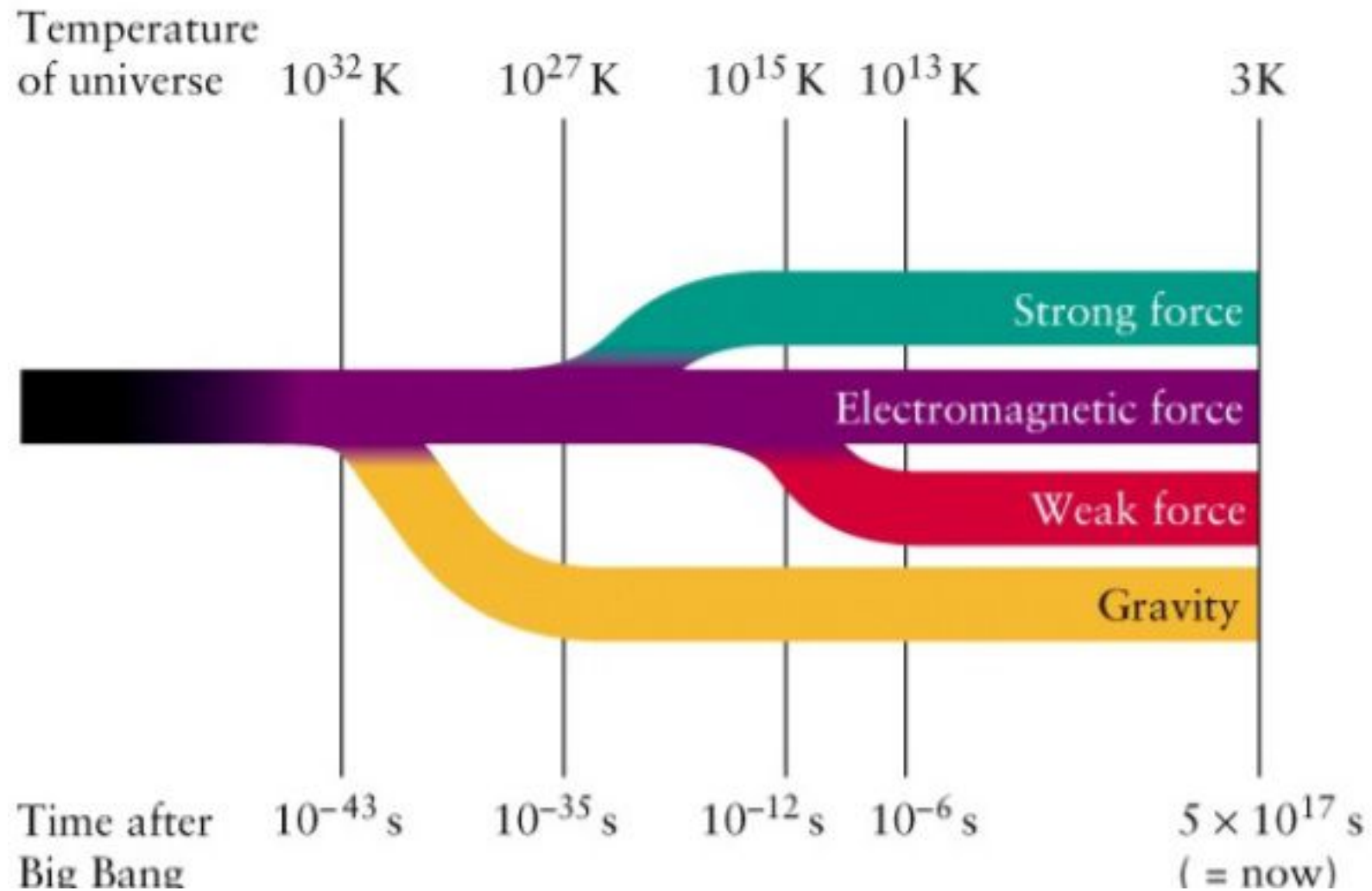
Forza
debole



Forza
forte



Grande Unificazione



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



What flavor of **quark** are you?



- Up
- Lightweight
 - High all the time
 - Turns into Down Quark if left alone long enough



- Down
- "D quark"
 - dominant in neutrons
 - Bare mass not well understood
 - Kinda sad



- Strange
- found in Strange D mesons
 - Sideways
 - Could be a strangelet
 - Doesn't really know what's going on



- Charm
- Charming
 - Second Gen™
 - Color: yes :)
 - Really just okay
 - Happy to be here



- Top
- "truth quark"
 - Strong interactions
 - Hard to find
 - Literally over 40 times as big as everyone else



- Bottom
- "beauty quark"
 - Stable af
 - Confident in itself
 - Comes from top quarks ;)

Come facciamo a studiare
il visibile e il non visibile?





Esperimenti a
terra di fisica
fondamentale



Large Hadron Collider @
CERN

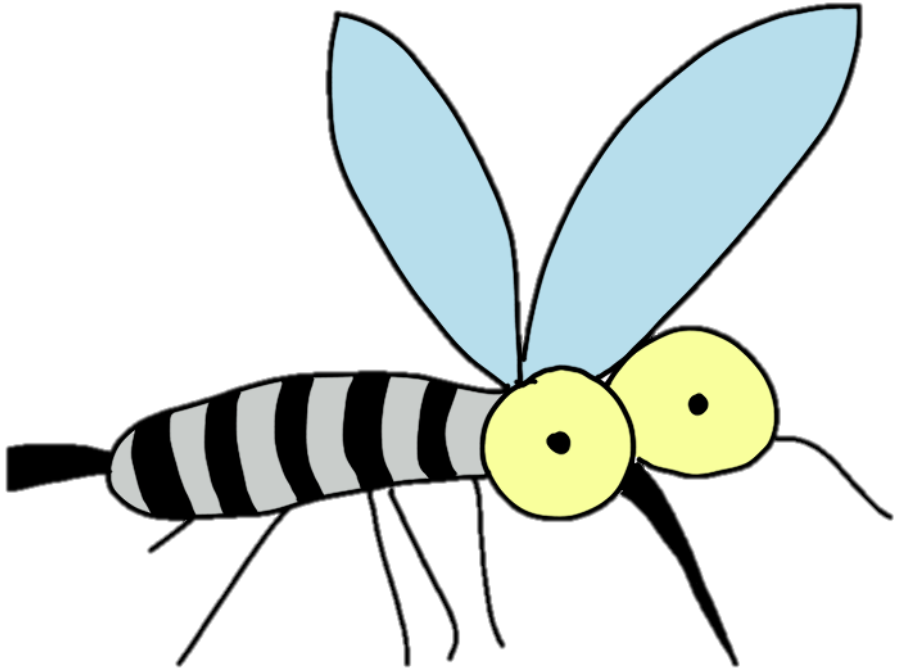


l'esperimento dei record

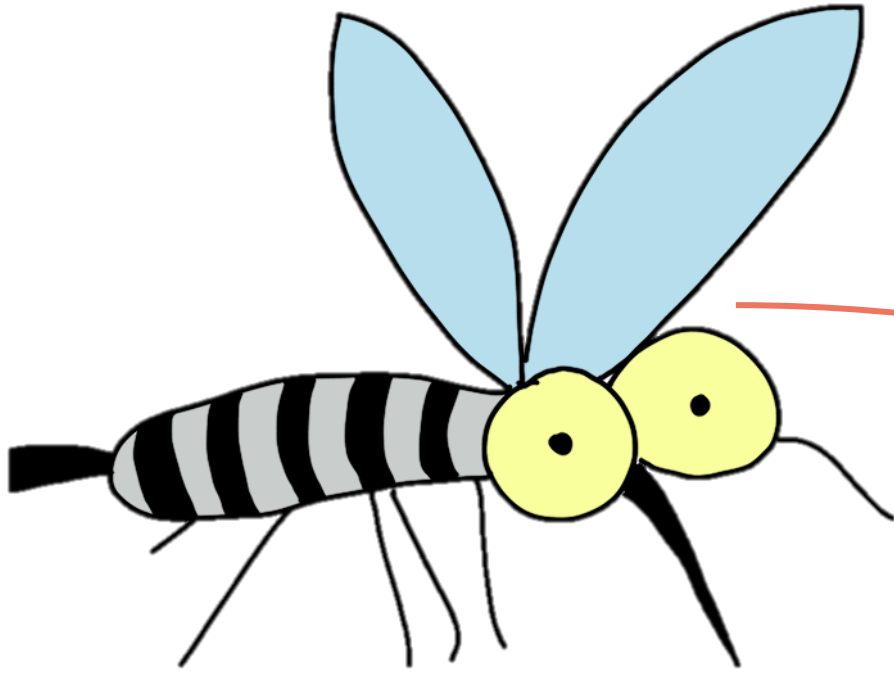
Il più grande e potente
collisionatore di particelle del
mondo

27 km di circonferenza al
confine tra Francia e Svizzera

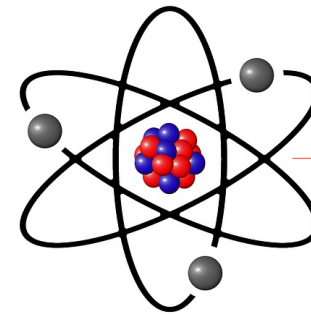
L'energia record....di una zanzara!!



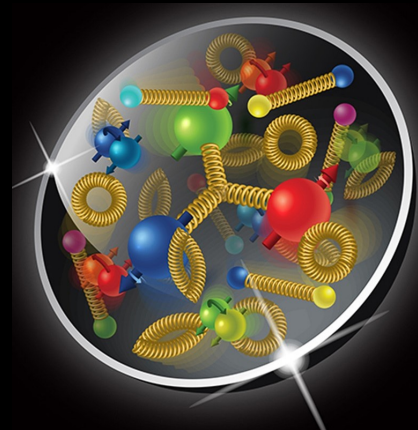
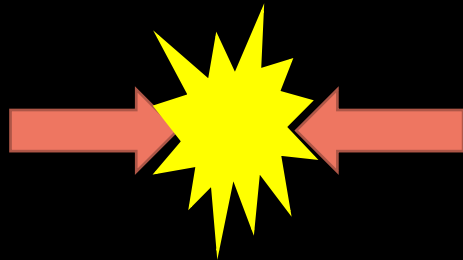
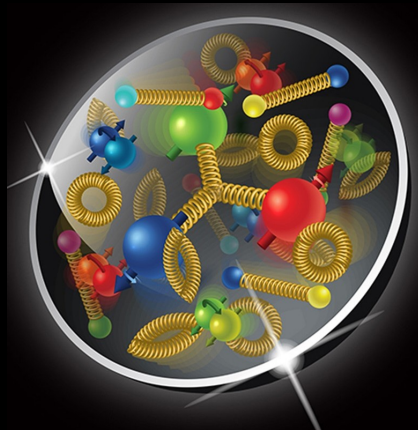
L'energia record....di una zanzara!!

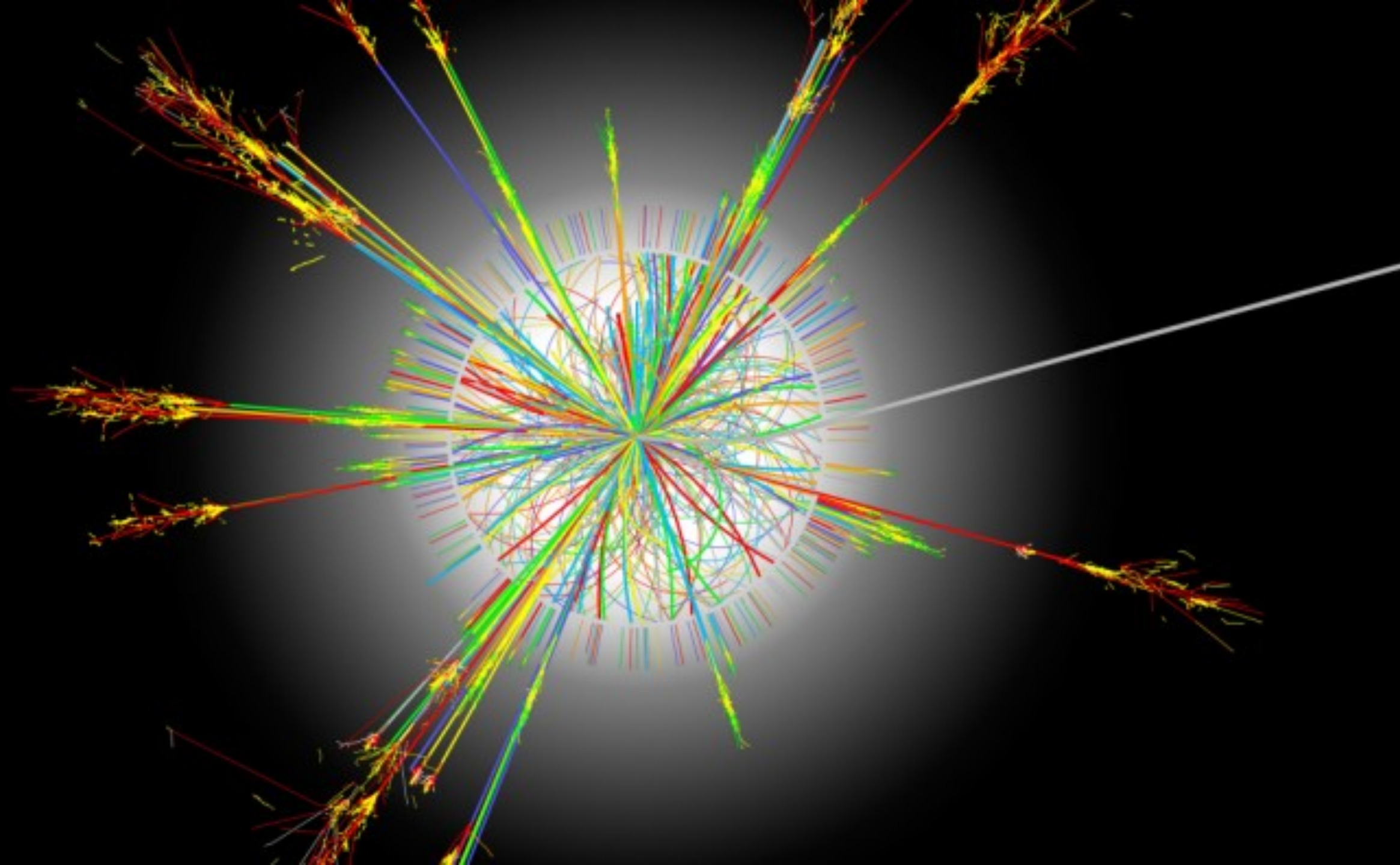


....ma condensata su un
singolo protone!

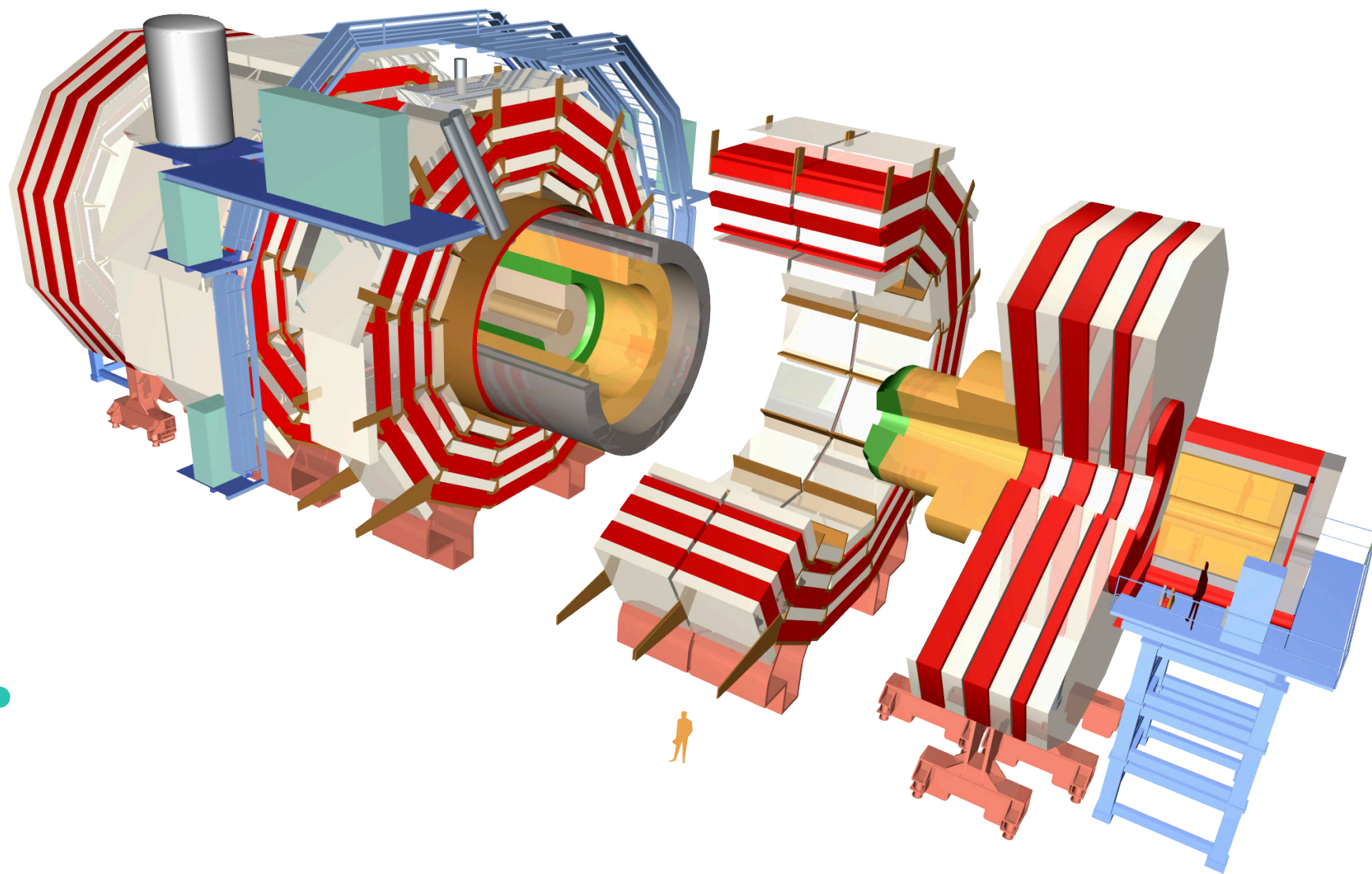


Protone

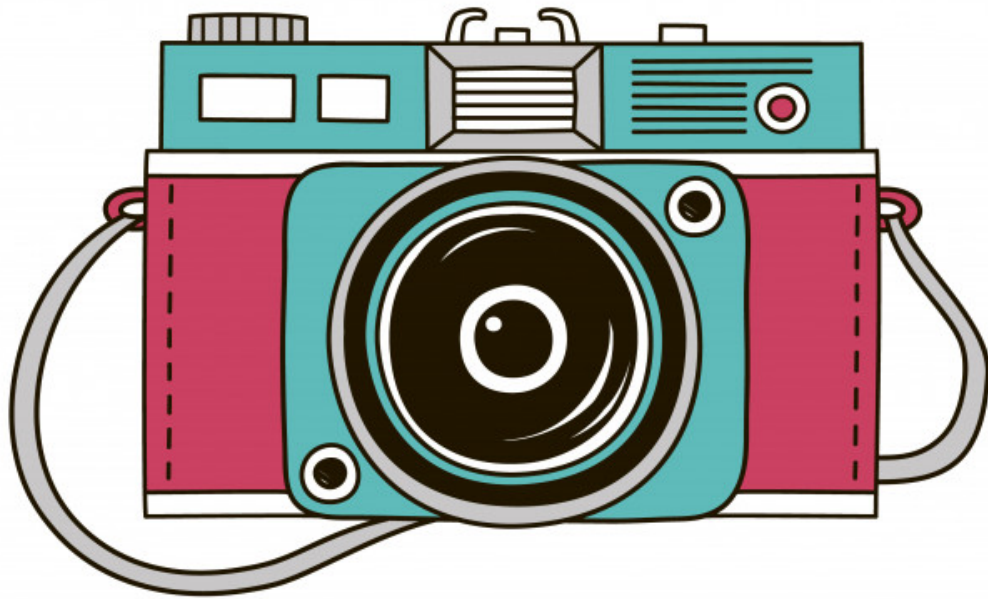




Dobbiamo “fotografare” queste collisioni



JUST SAY
CHEESE



CMS “scatta” 40 milioni di foto al secondo!

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**



Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

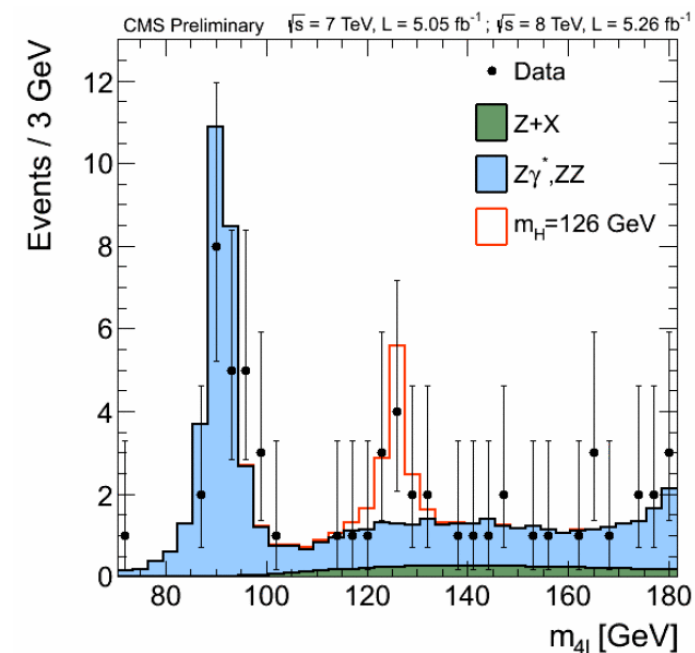
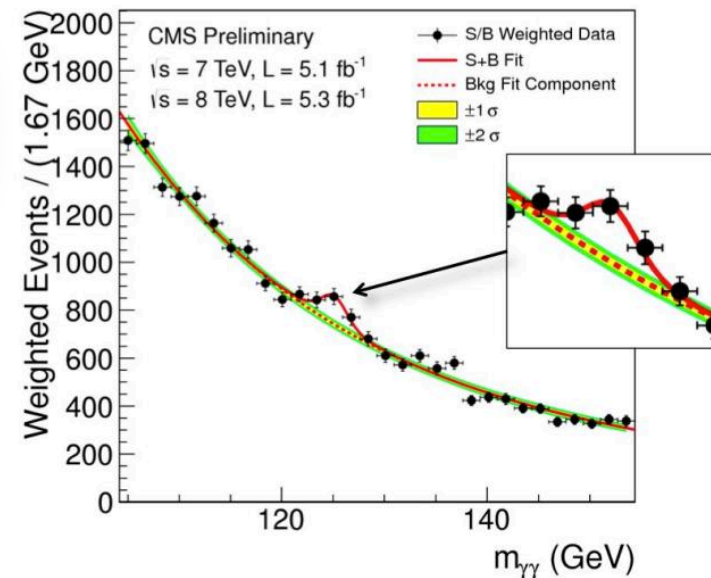
La più famosa....



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



Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



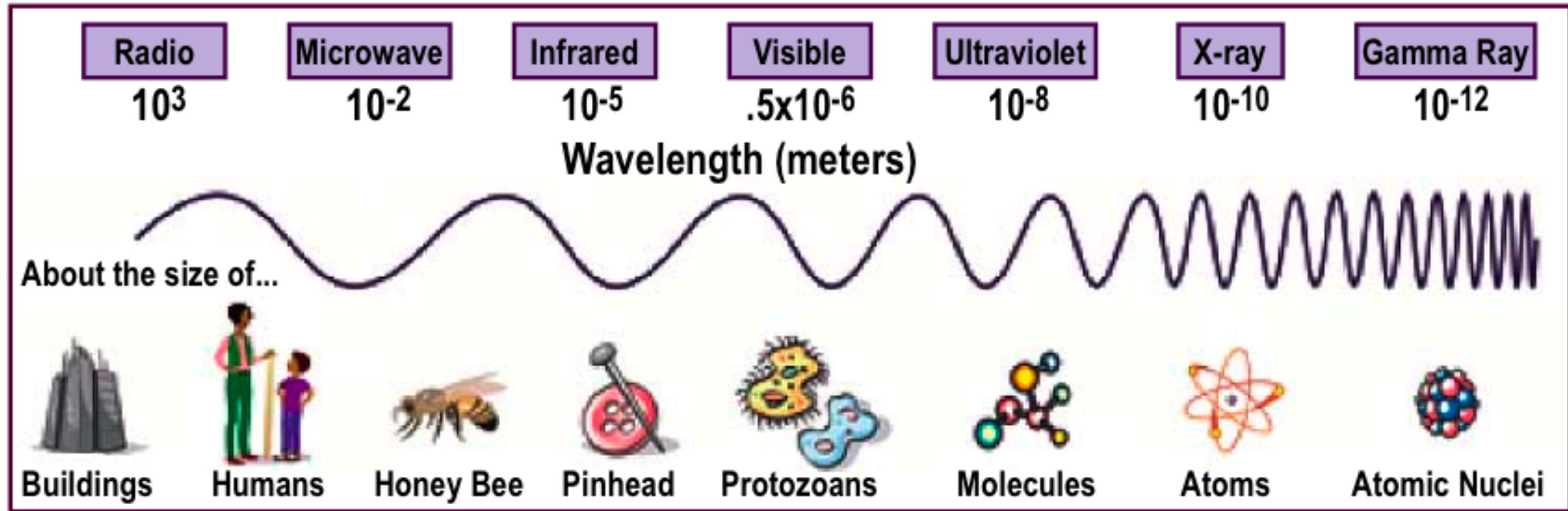


Esperimenti
nello spazio



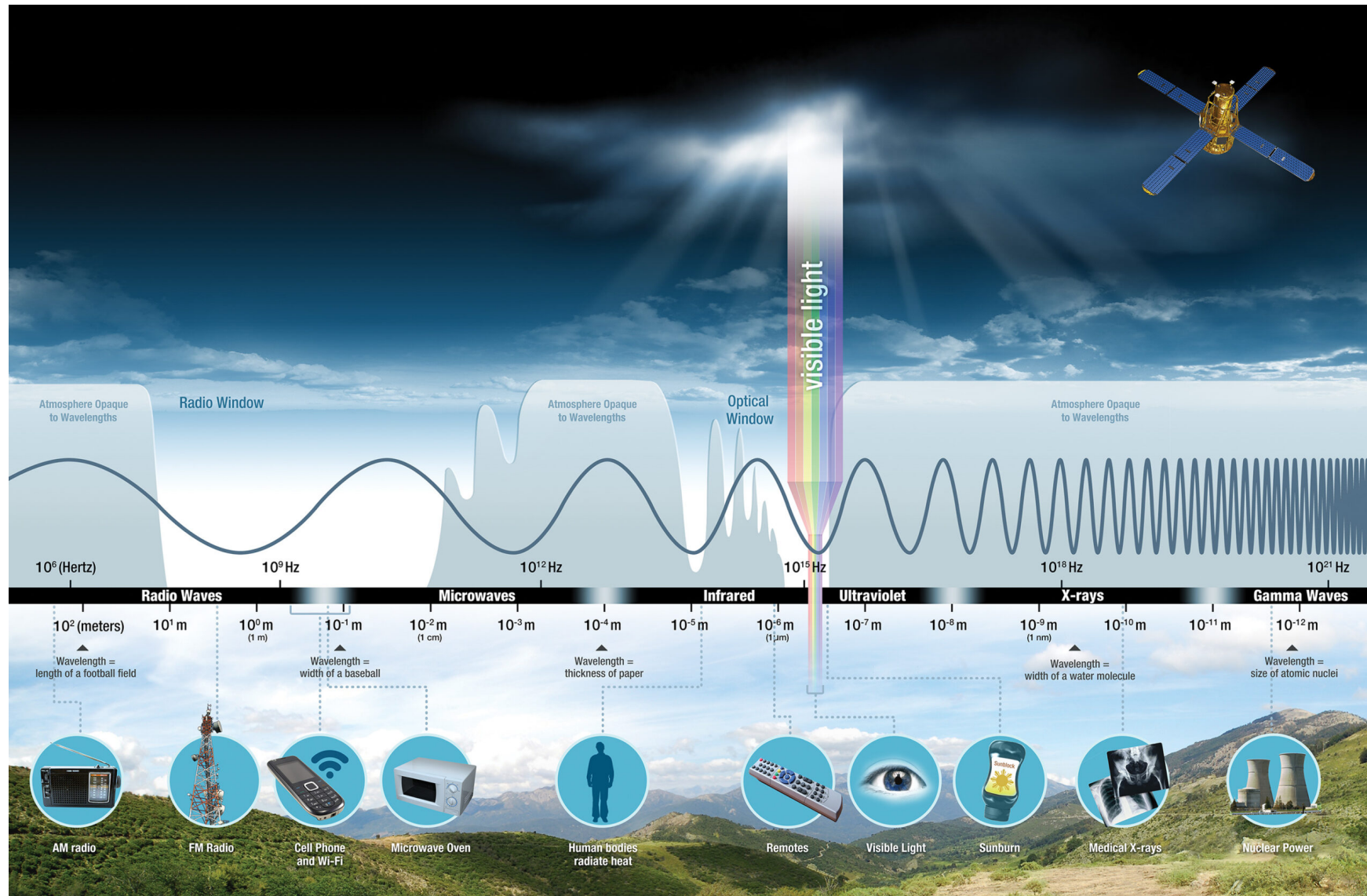
Fermi Space Science Gamma-
ray Telescope

Lo spettro elettromagnetico

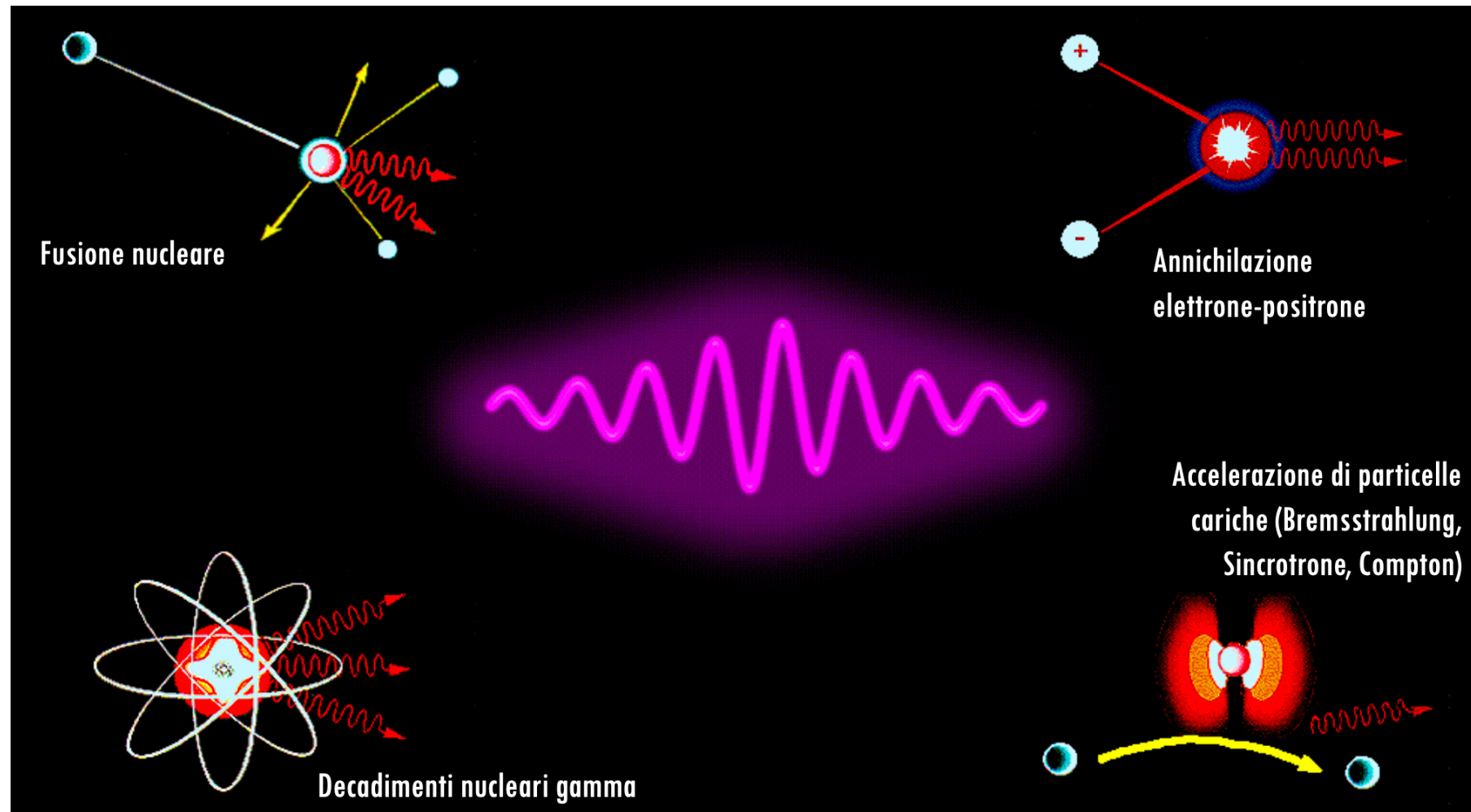


Credit: NASA / Ruth Jennings

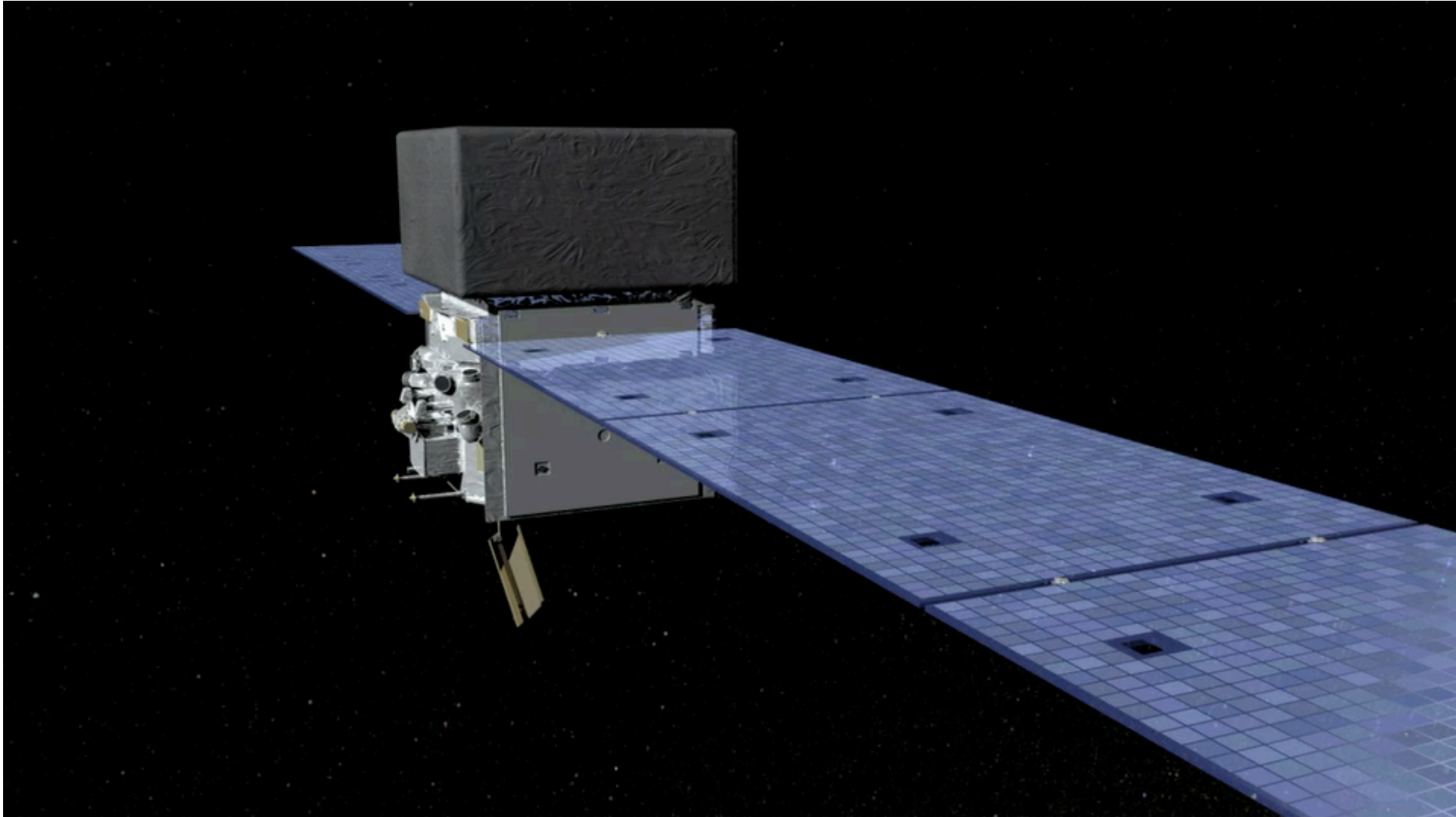
Lo spettro elettromagnetico



Come vengono prodotti i raggi gamma



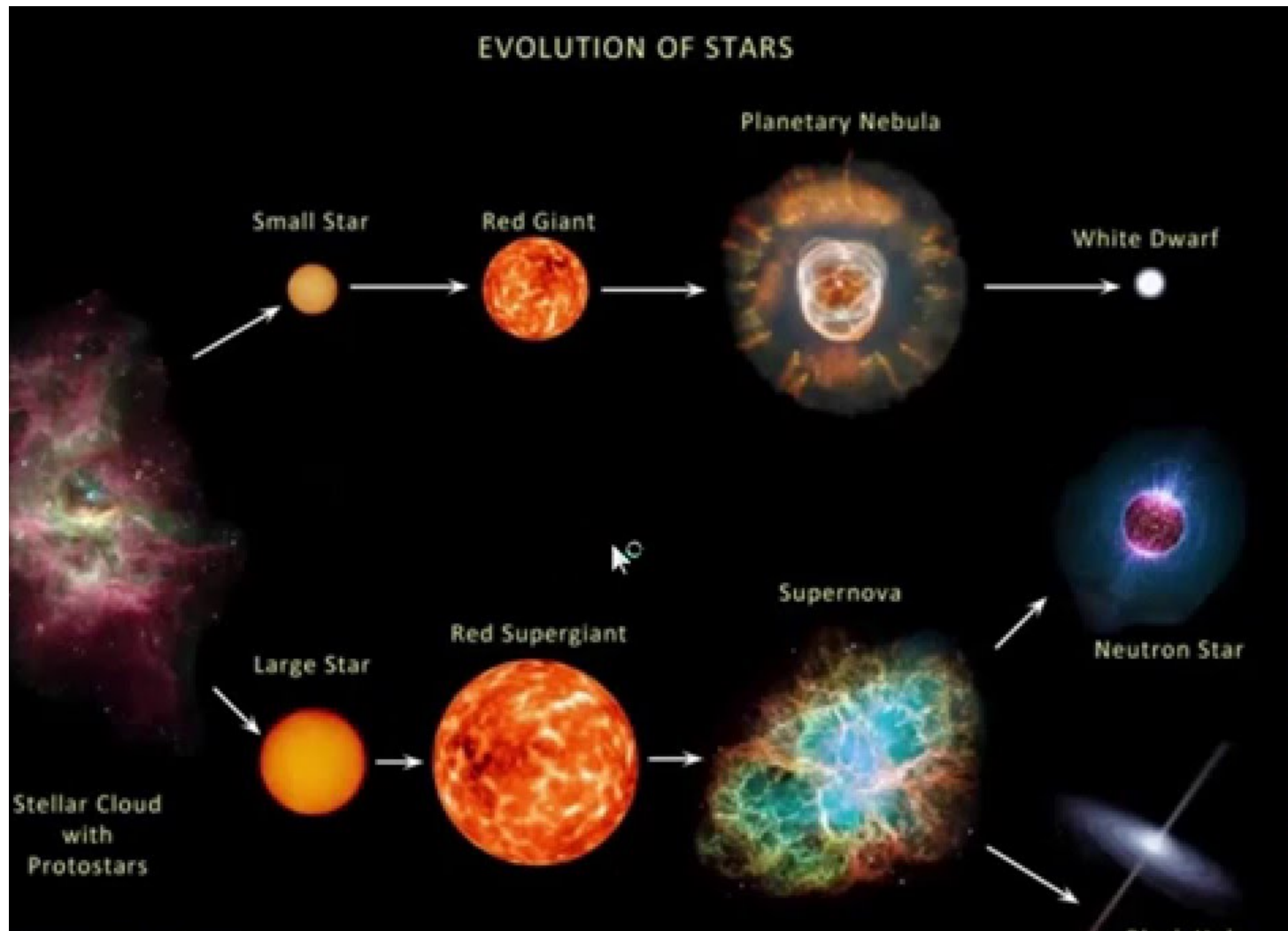
Fermi Space Science Gamma-ray Telescope



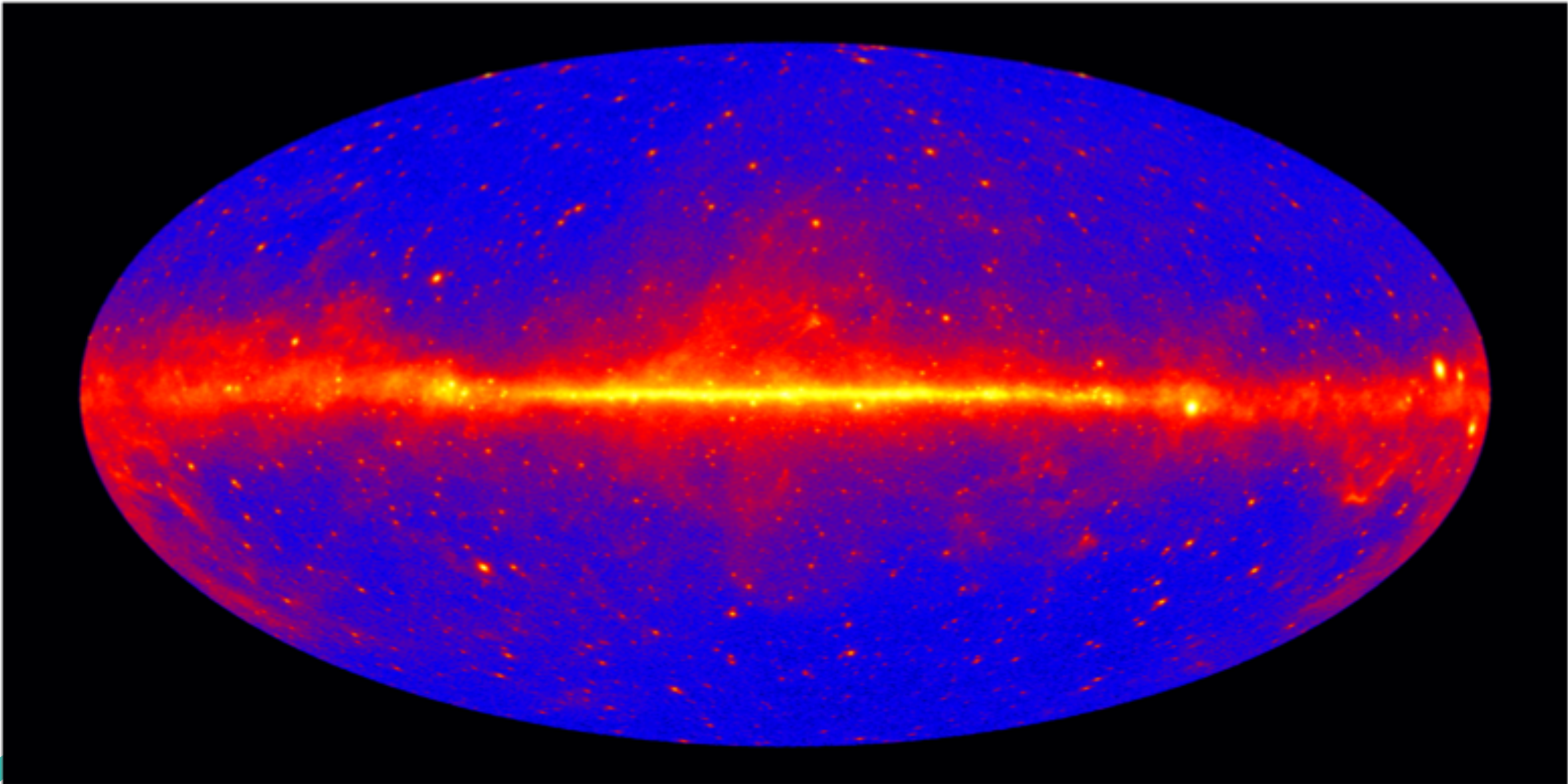
Telescopi a terra per la radiazione Cherenkov

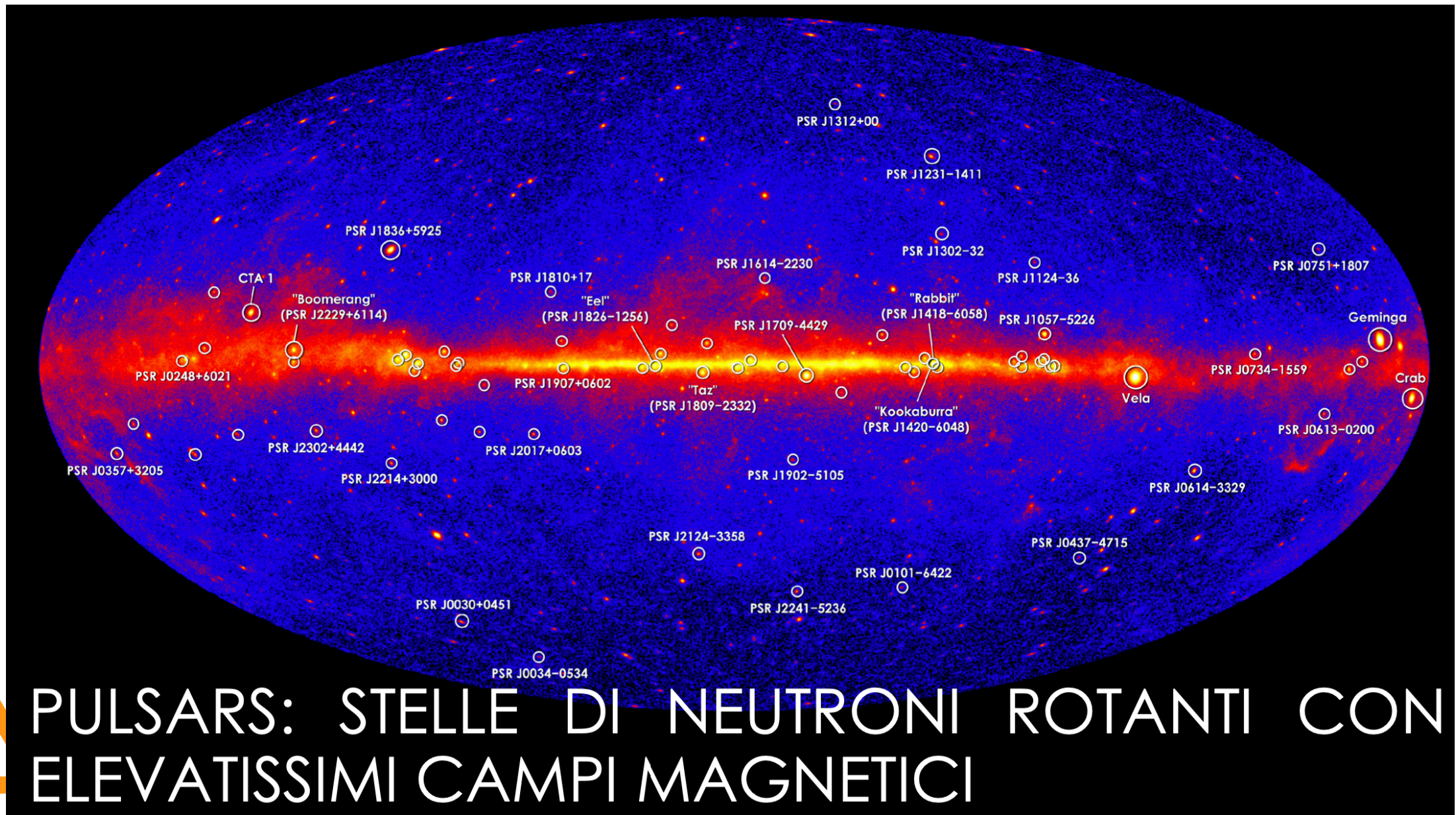


Cosa studiamo attraverso i raggi gamma

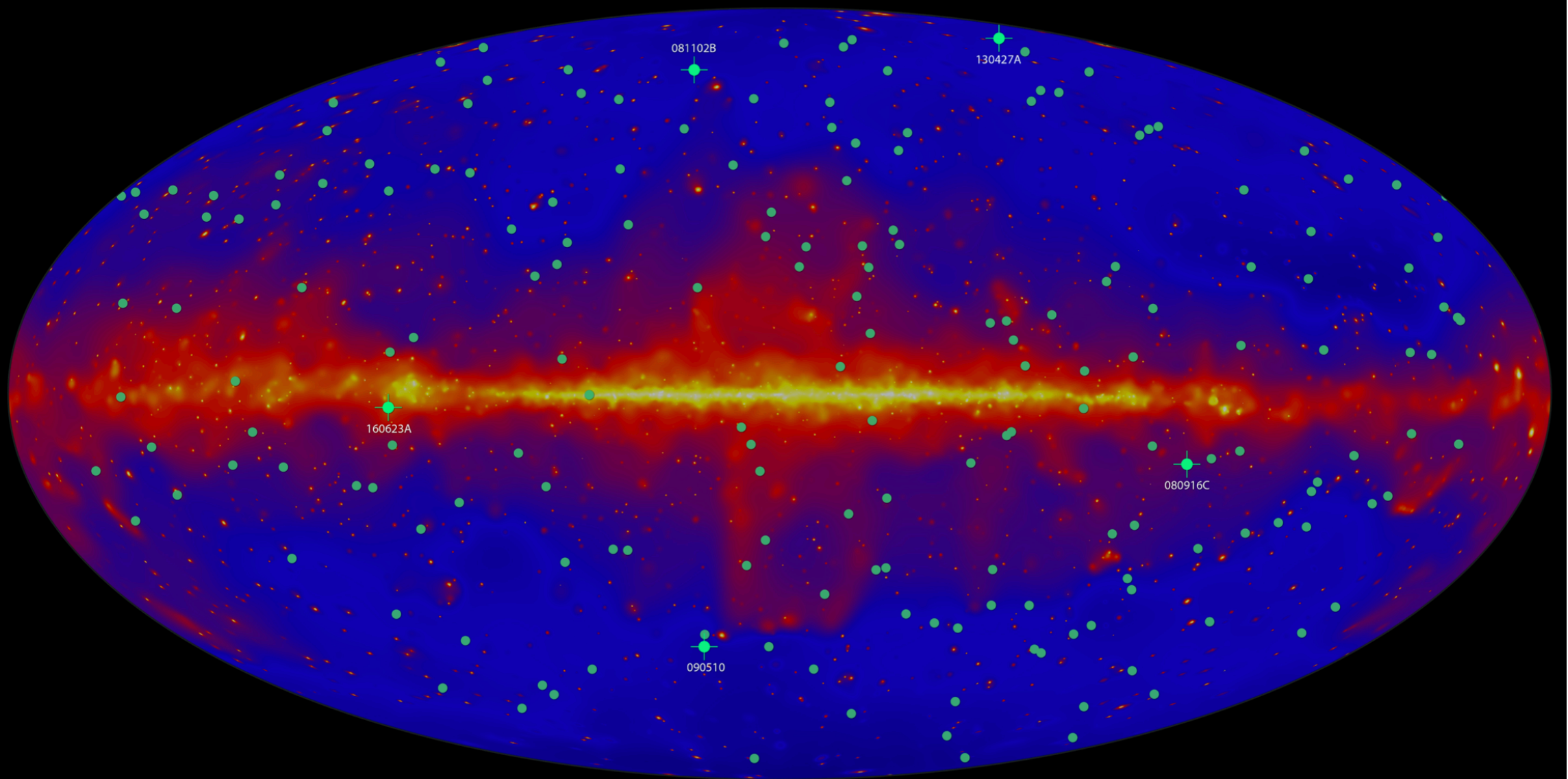


L'universo visto attraverso gli occhi di Fermi

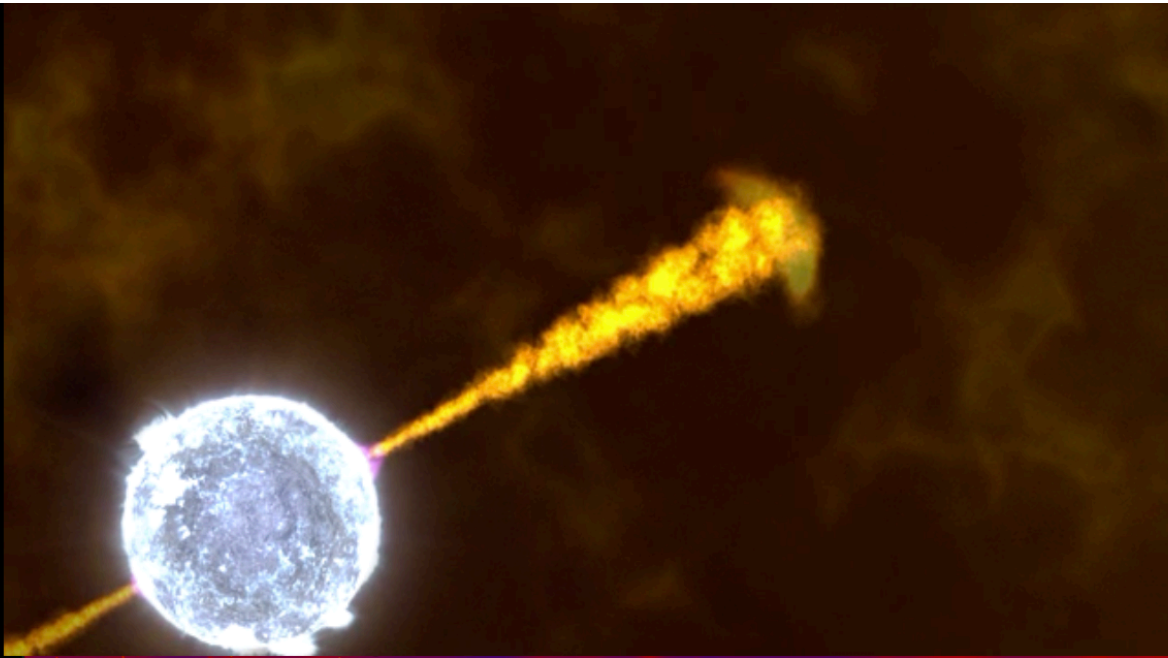




PULSARS: STELLE DI NEUTRONI ROTANTI CON
ELEVATISSIMI CAMPI MAGNETICI



GAMMA RAY BURST (GRB): LAMPI DI RAGGI GAMMA



Long GRB (durata > 2 secondi):
Collasso di stella massiccia

Short GRB (durata < 2 secondi):
Fusioni di Stelle di Neutroni (o Buchi Neri)

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 848:L12 (59pp), 2017 October 20

© 2017. The American Astronomical Society. All rights reserved.

OPEN ACCESS

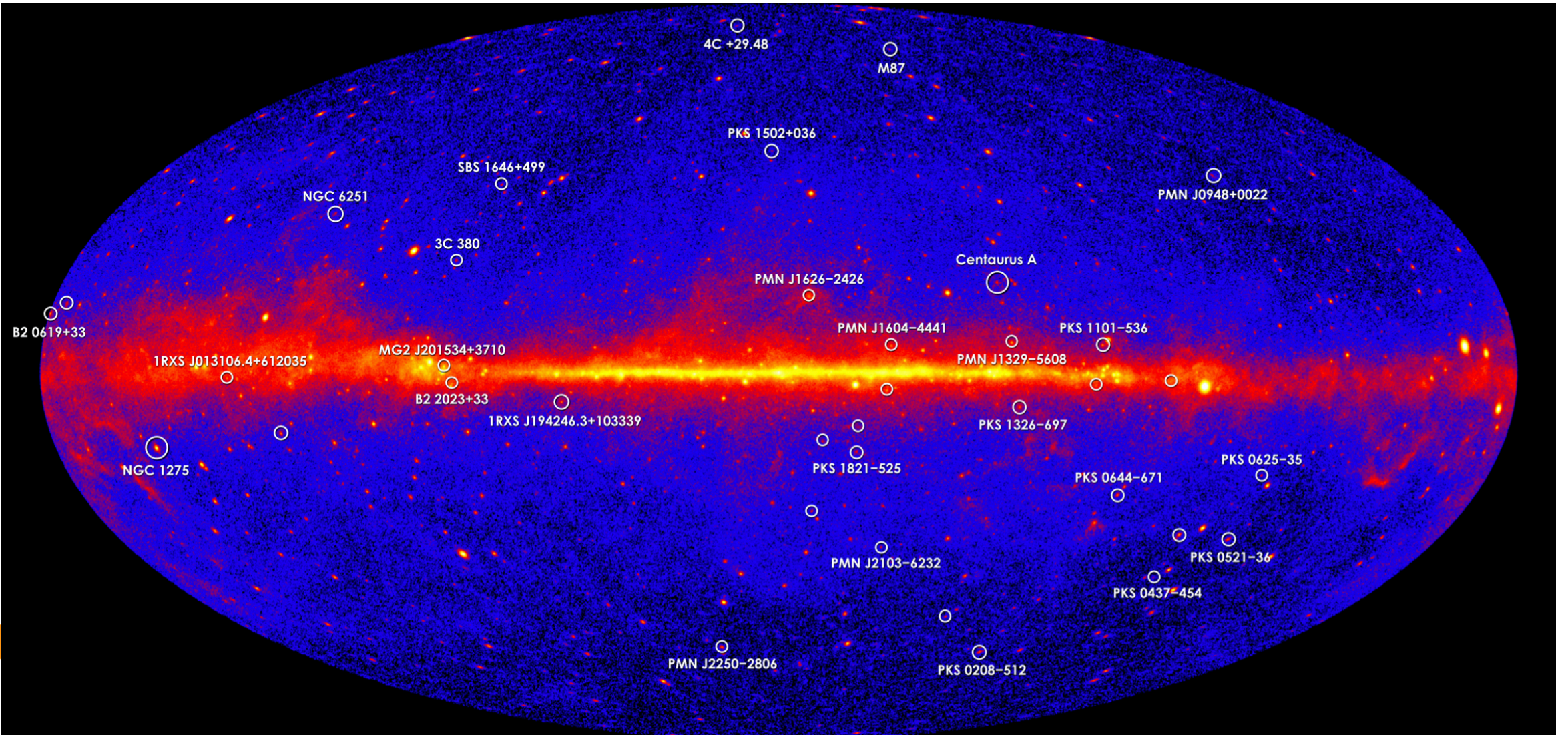
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/aa91c9>



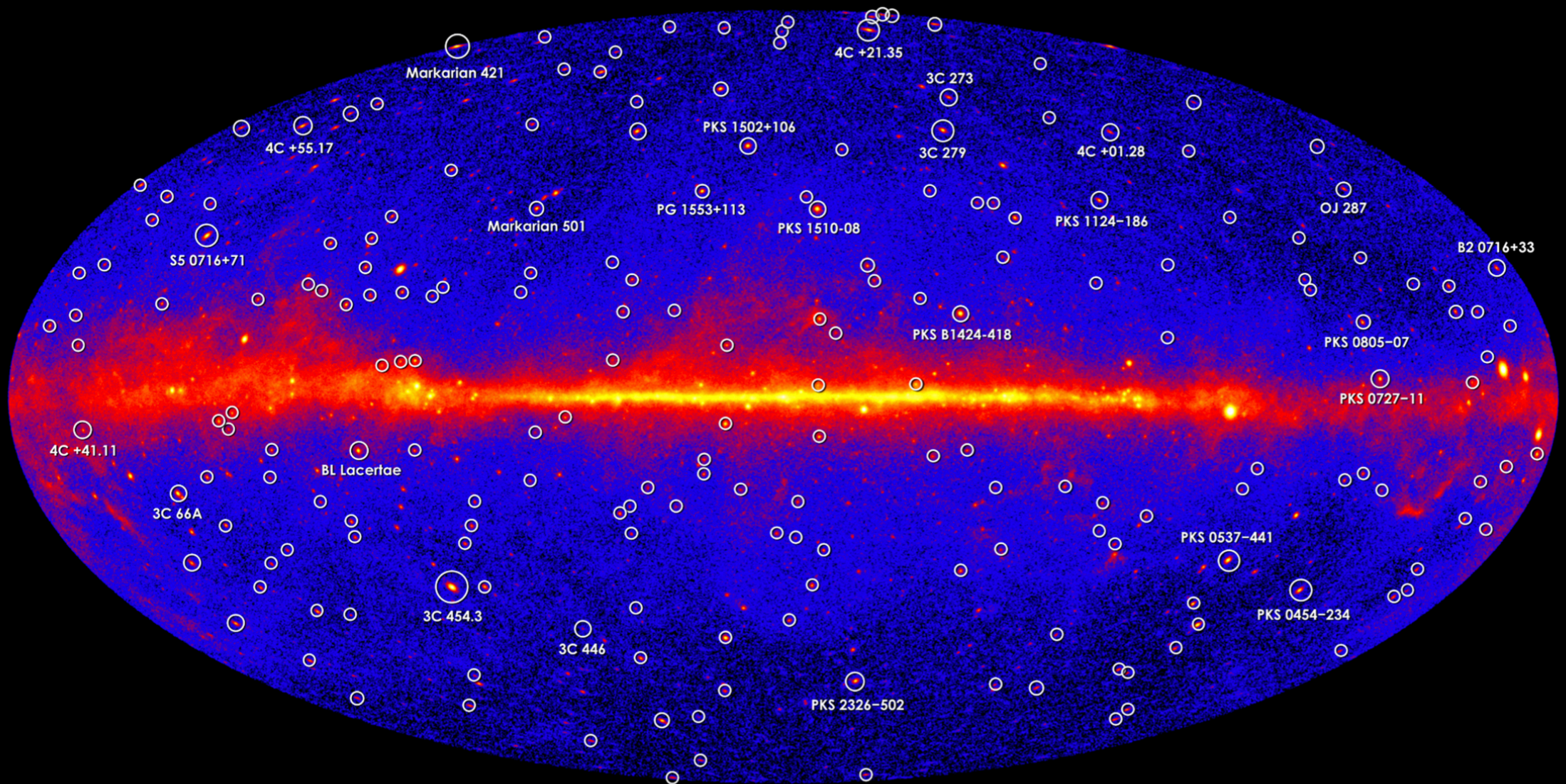
Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger*

LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration, Fermi GBM, INTEGRAL, IceCube Collaboration, AstroSat Cadmium Zinc Telluride Imager Team, IPN Collaboration, The Insight-HXMT Collaboration, ANTARES Collaboration, The Swift Collaboration, AGILE Team, The 1M2H Team, The Dark Energy Camera GW-EM Collaboration and the DES Collaboration, The DLT40 Collaboration, GRAWITA: GRAvitational Wave Inaf TeAm, The Fermi Large Area Telescope Collaboration, ATCA: Australia Telescope Compact Array, ASKAP: Australian SKA Pathfinder, Las Cumbres Observatory Group, OzGrav, DWF (Deeper, Wider, Faster Program), AST3, and CAASTRO Collaborations, The VINROUGE Collaboration, MASTER Collaboration, J-GEM, GROWTH, JAGWAR, Caltech-NRAO, TTU-NRAO, and NuSTAR Collaborations, Pan-STARRS, The MAXI Team, TZAC Consortium, KU Collaboration, Nordic Optical Telescope, ePESSTO, GROND, Texas Tech University, SALT Group, TOROS: Transient Robotic Observatory of the South Collaboration, The BOOTES Collaboration, MWA: Murchison Widefield Array, The CALET Collaboration, IKI-GW Follow-up Collaboration, H.E.S.S. Collaboration, LOFAR Collaboration, LWA: Long Wavelength Array, HAWC Collaboration, The Pierre Auger Collaboration, ALMA Collaboration, Euro VLBI Team, Pi of the Sky Collaboration, The Chandra Team at McGill University, DFN: Desert Fireball Network, ATLAS, High Time Resolution Universe Survey, RIMAS and RATIR, and SKA South Africa/MeerKAT (See the end matter for the full list of authors.)

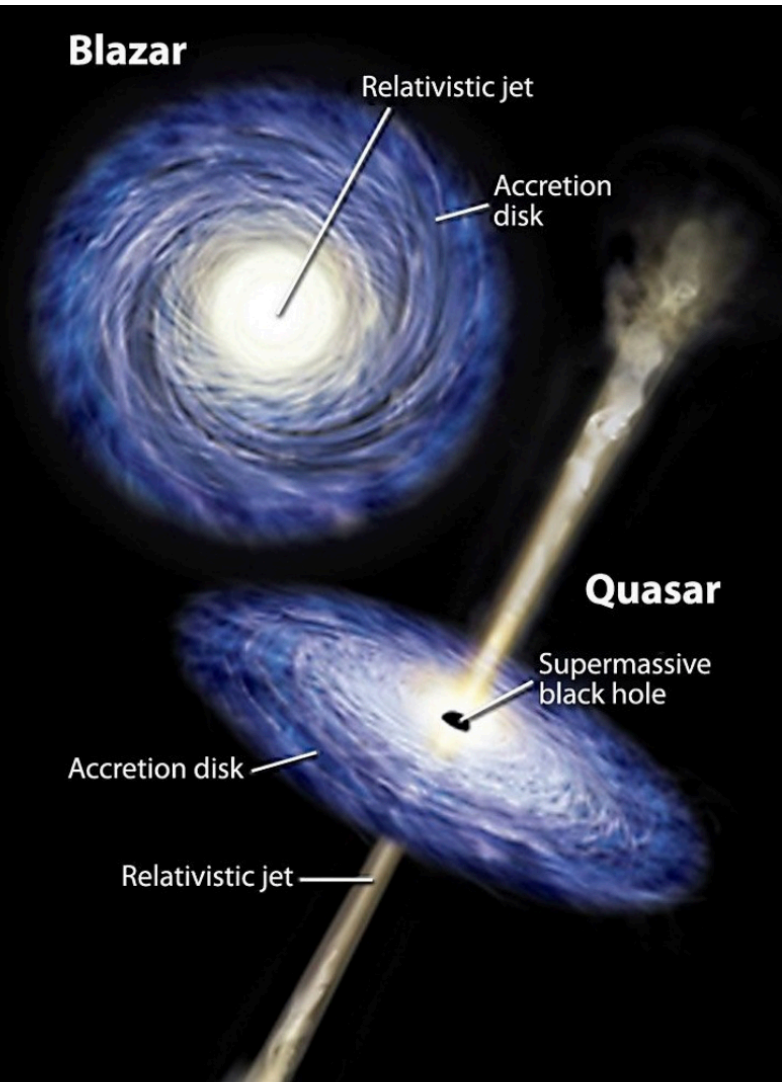
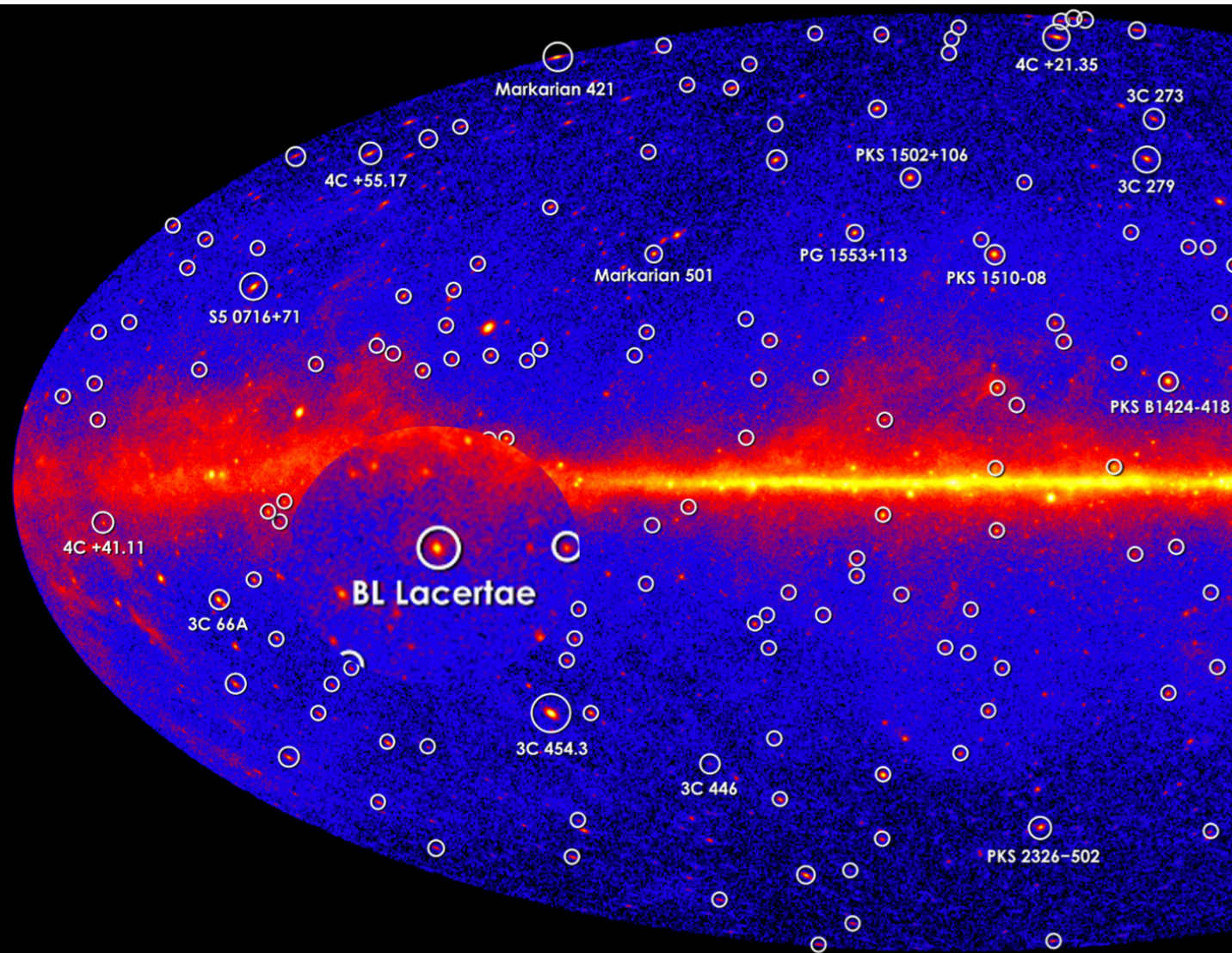
Onde
Gravitazionali!



NUCLEI GALATTICI ATTIVI (AGN): BUCHI NERI SUPER
MASSICCI CON ENORMI GETTI DI PARTICELLE

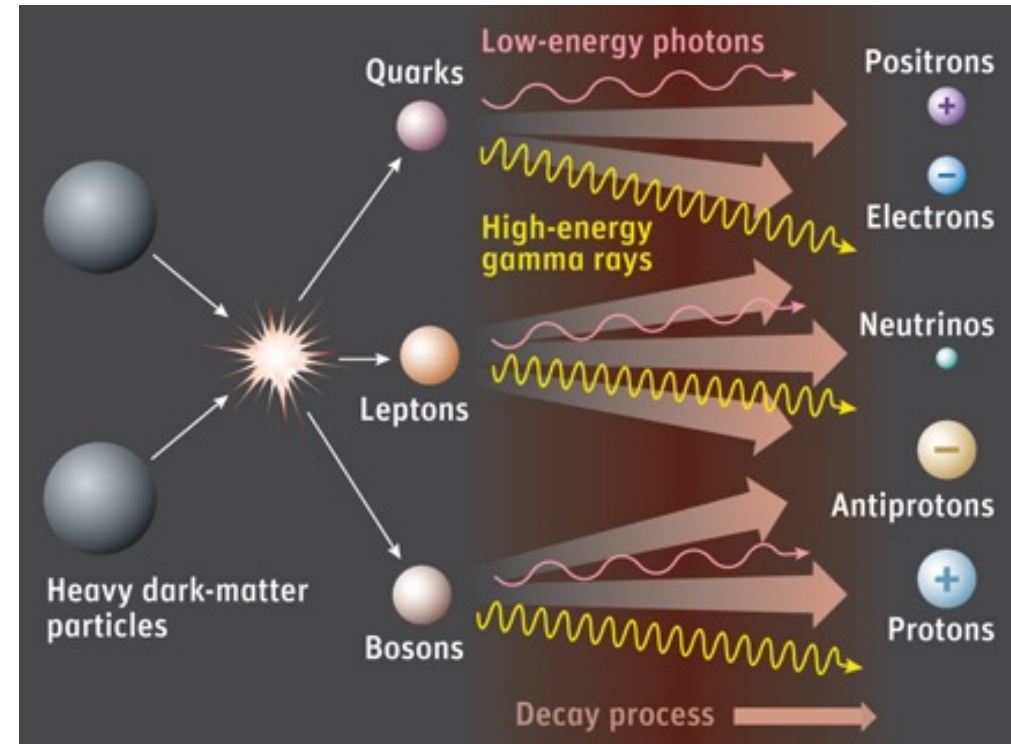
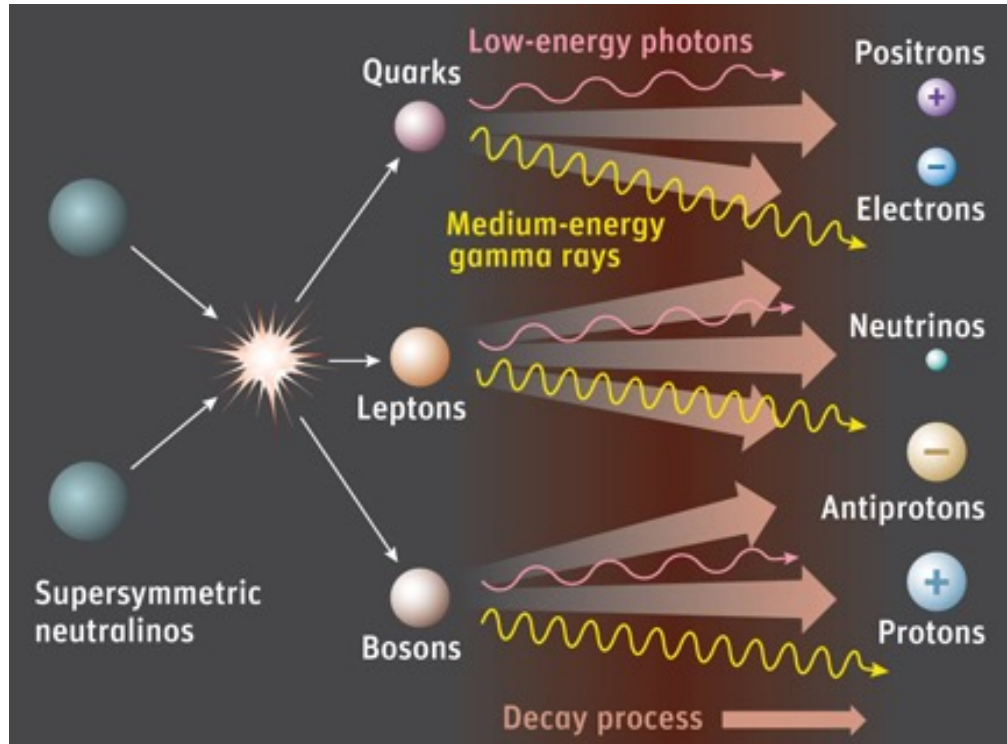


BLAZAR: IL GETTO È DIRETTO VERSO DI NOI



BLAZAR: IL GETTO È DIRETTO VERSO DI NOI

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!!



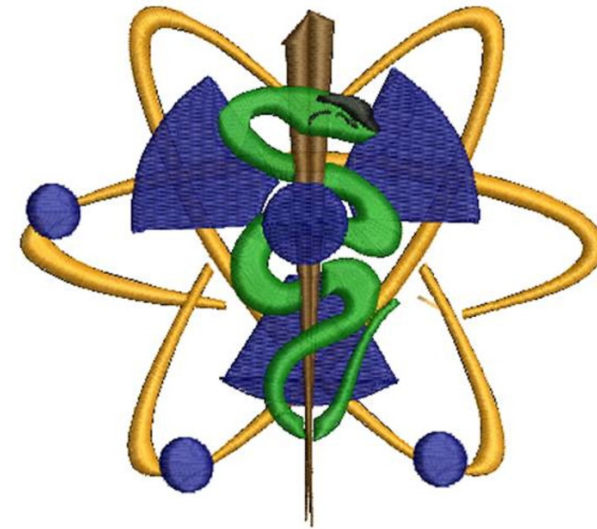


I due esempi più celebri

World Wide Web



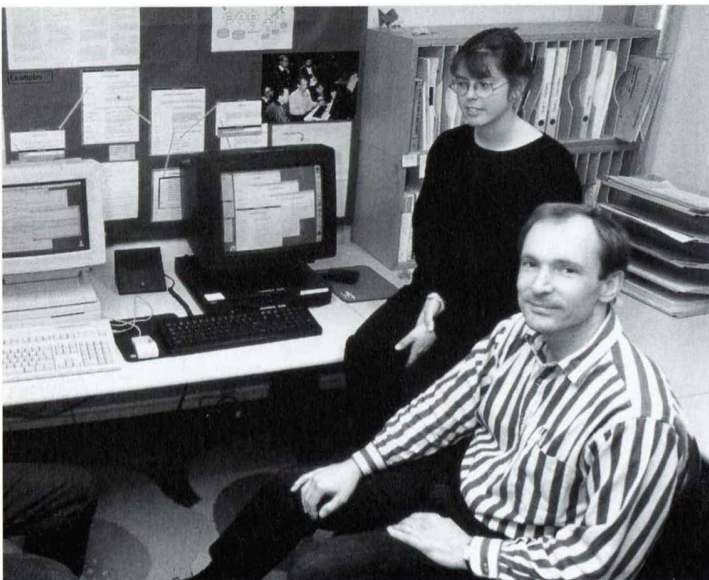
Fisica medica



Word 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...

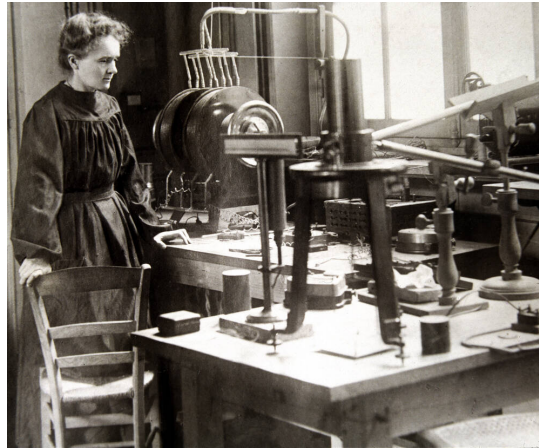
Word Wide Web

...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.

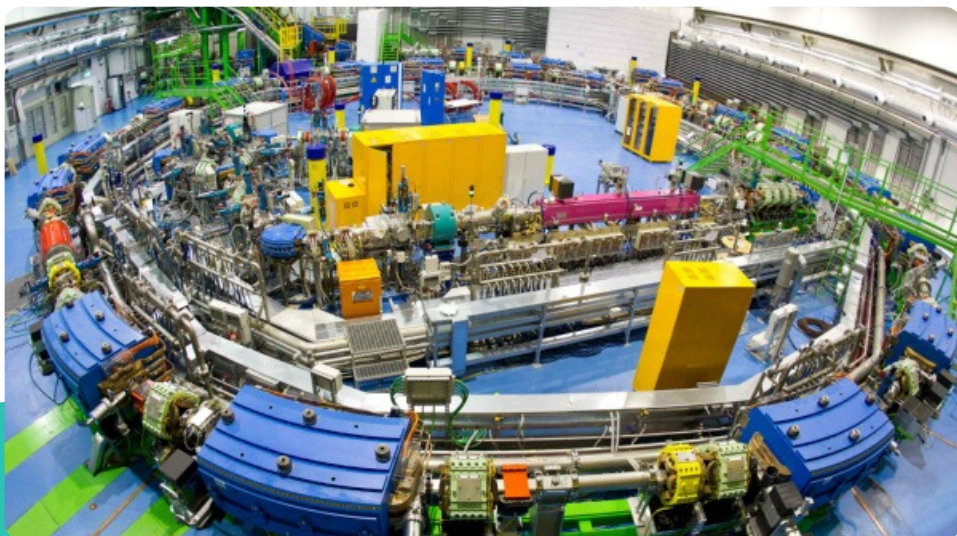


Fisica medica

Connubio particolarmente vincente nella lotta ai tumori.

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

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





ARTE -FISICA - MEDICINA-TECNOLOGIA



Grazie

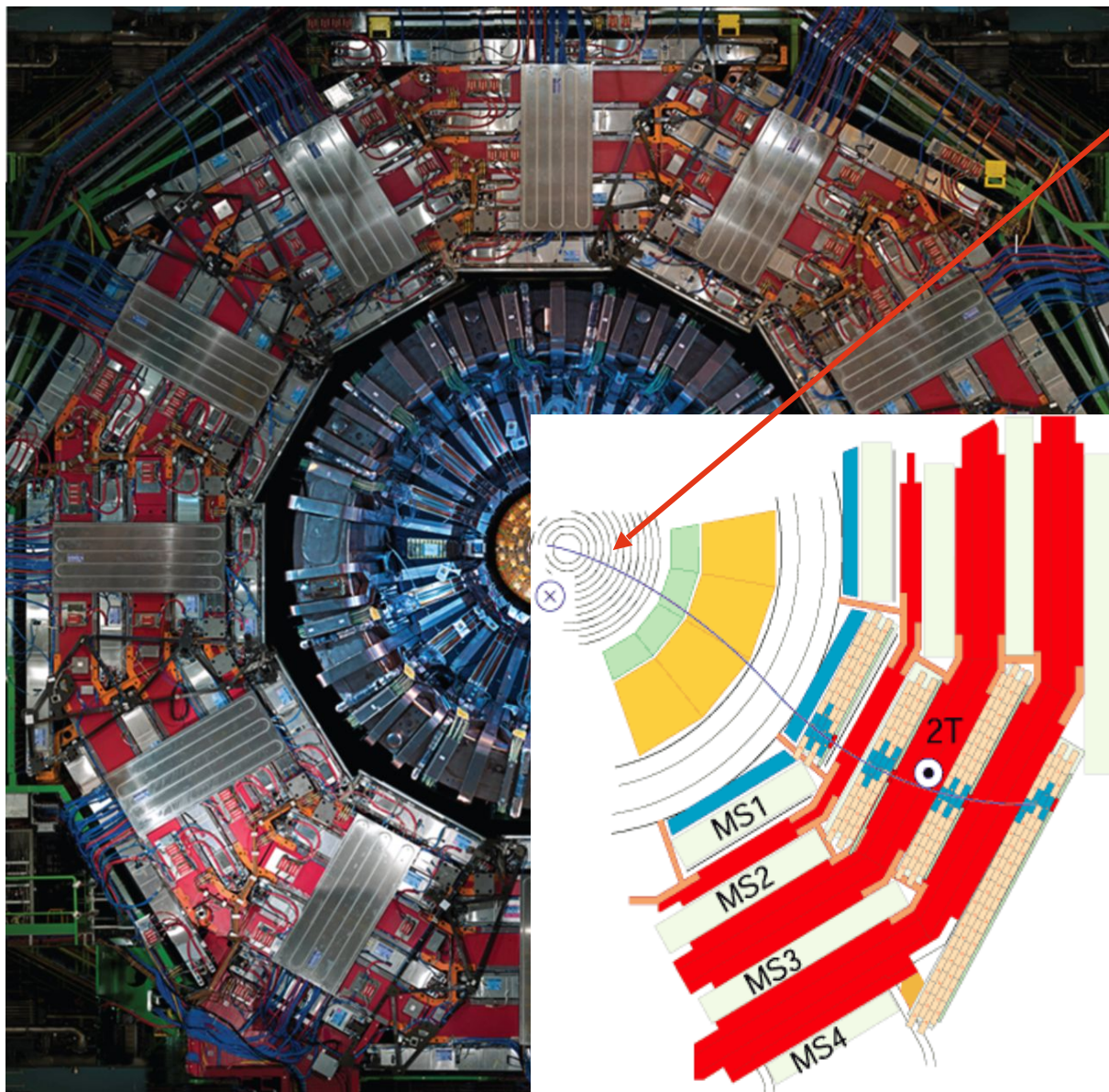


Domande!

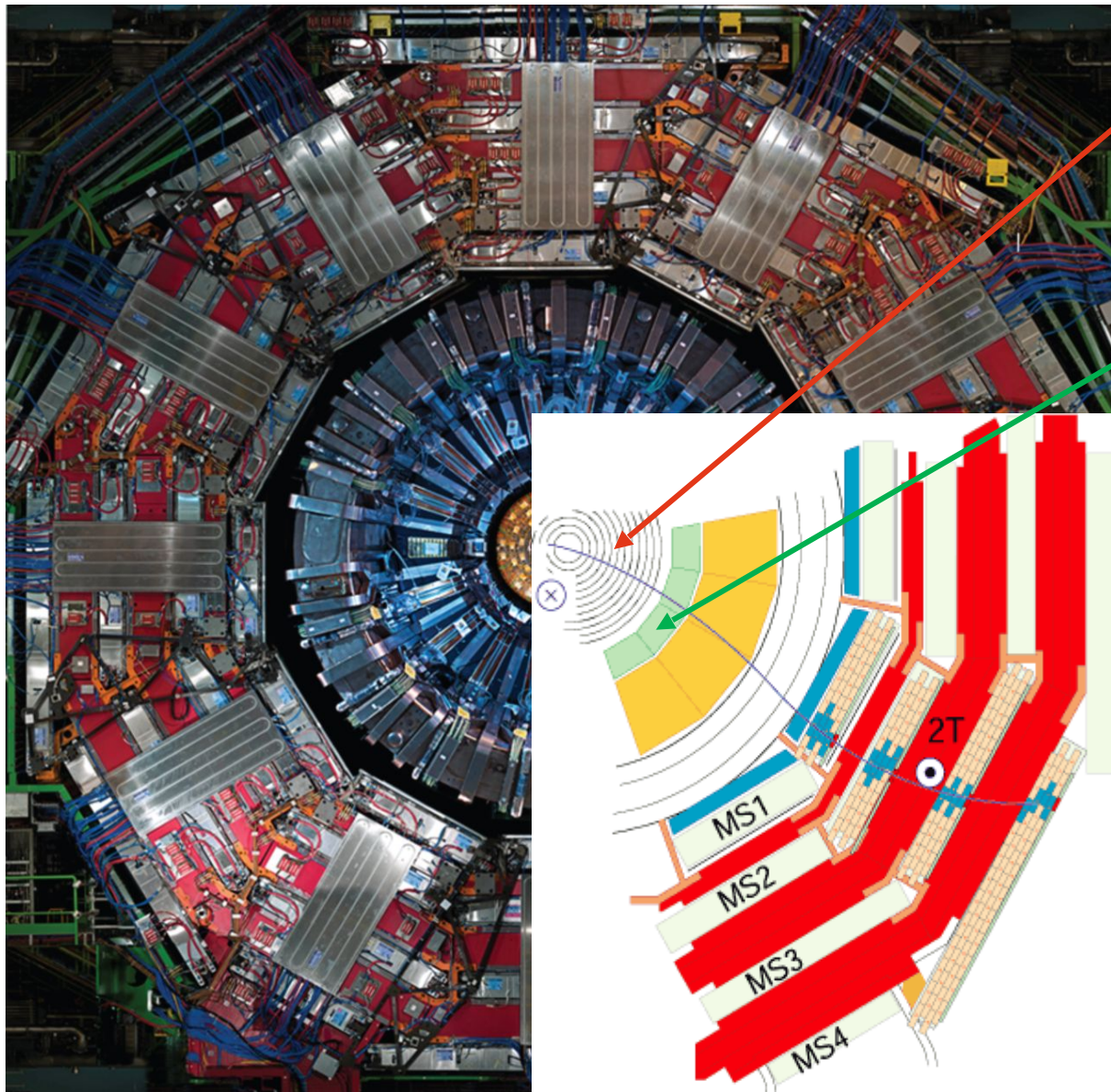


backup



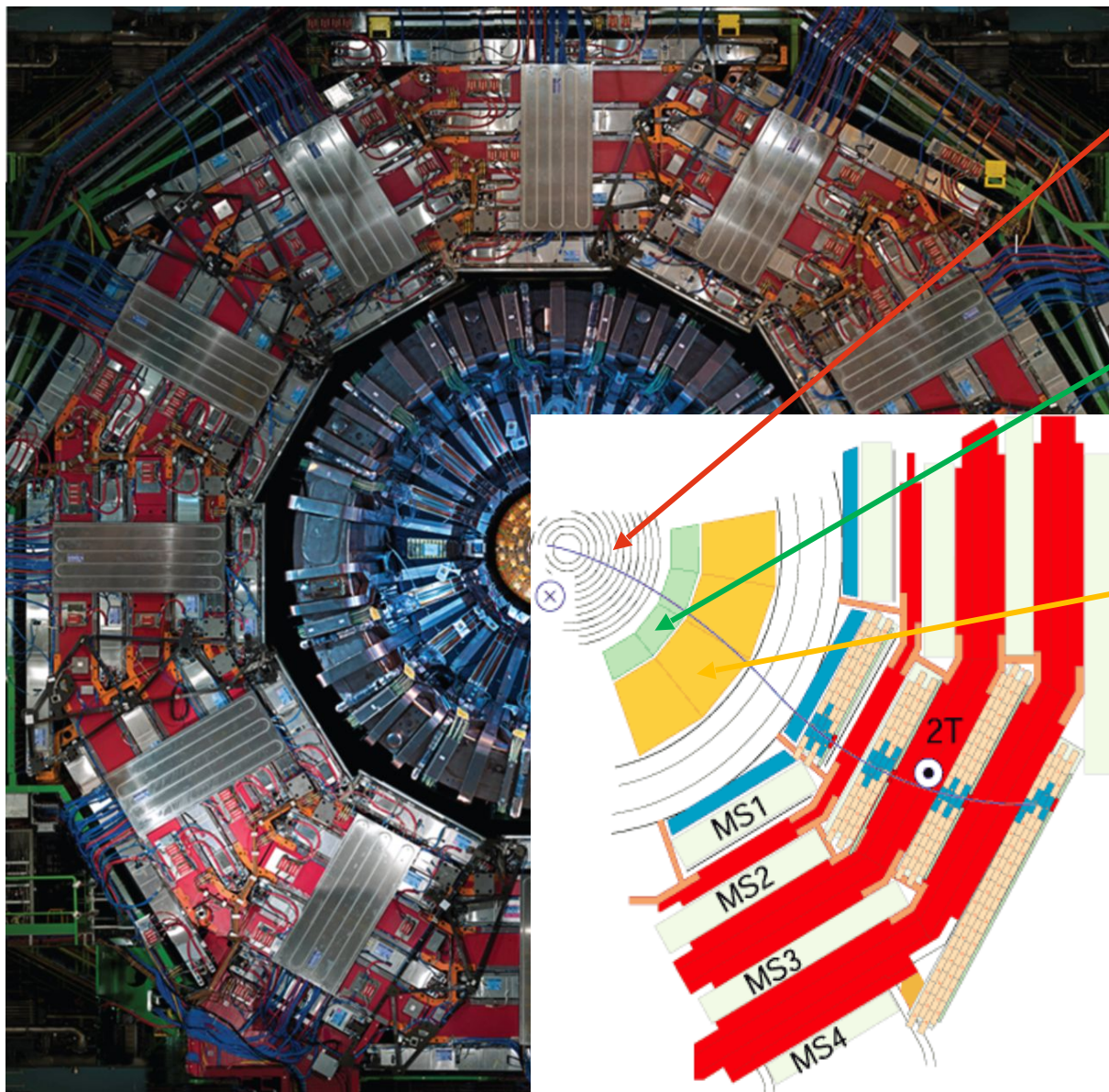


Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.



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

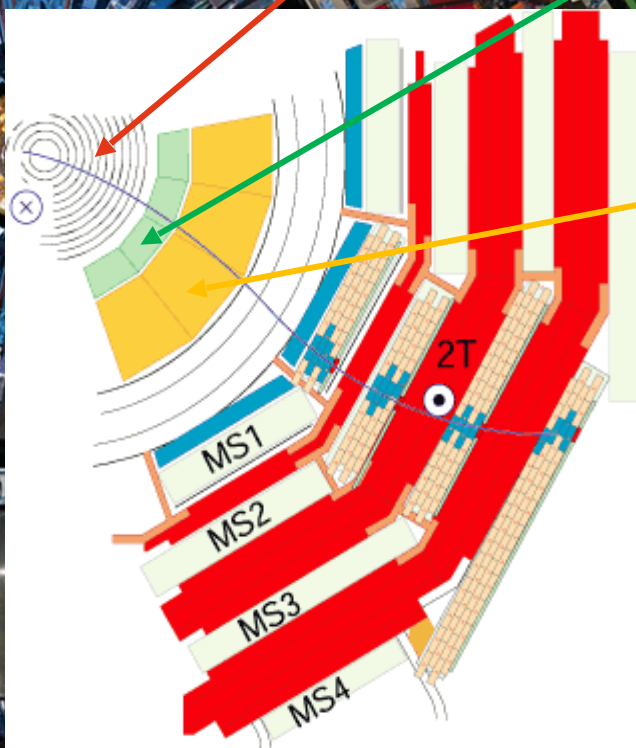
Calorimetro elettromagnetico: serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni. Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)

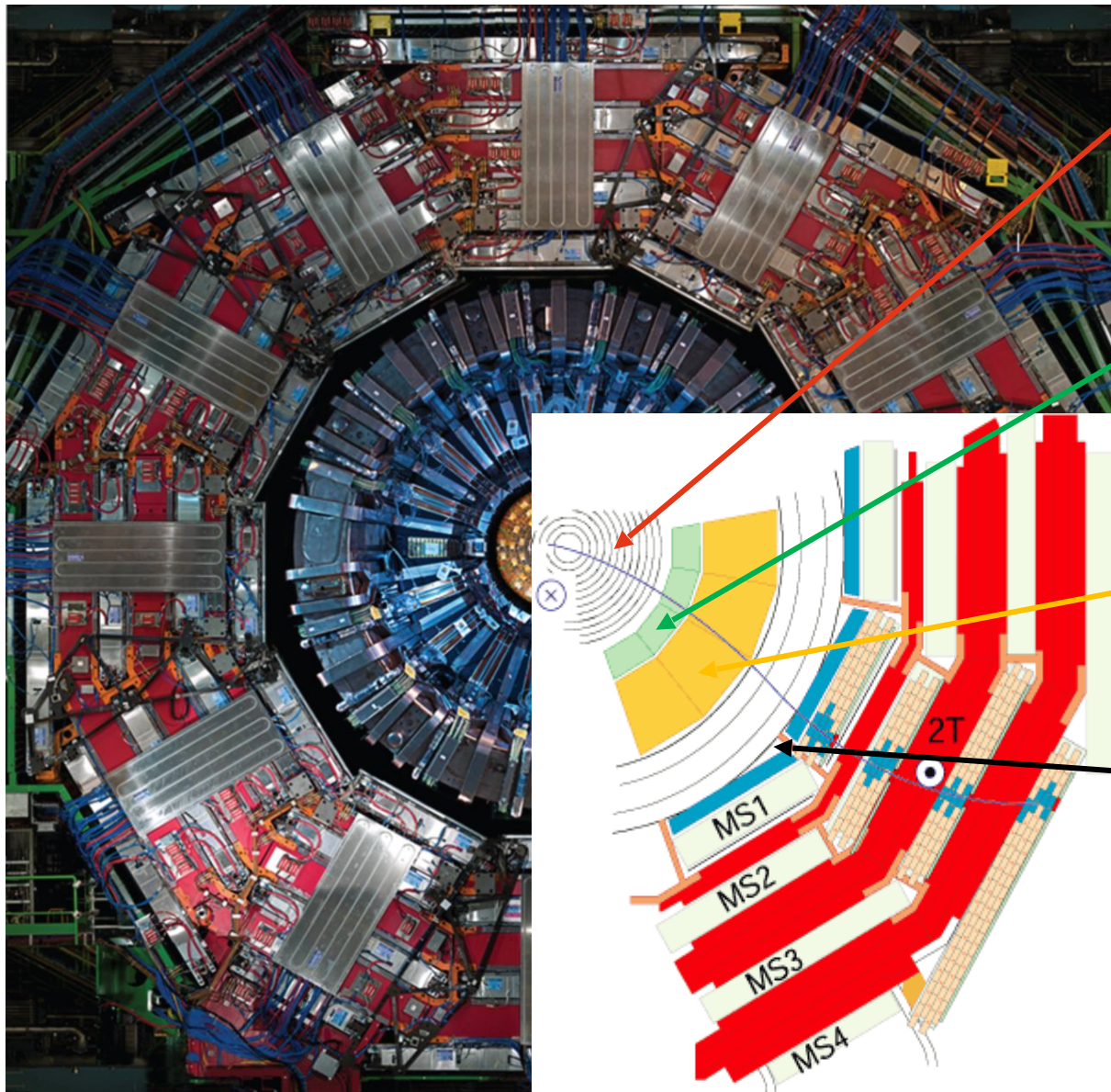


Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

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)



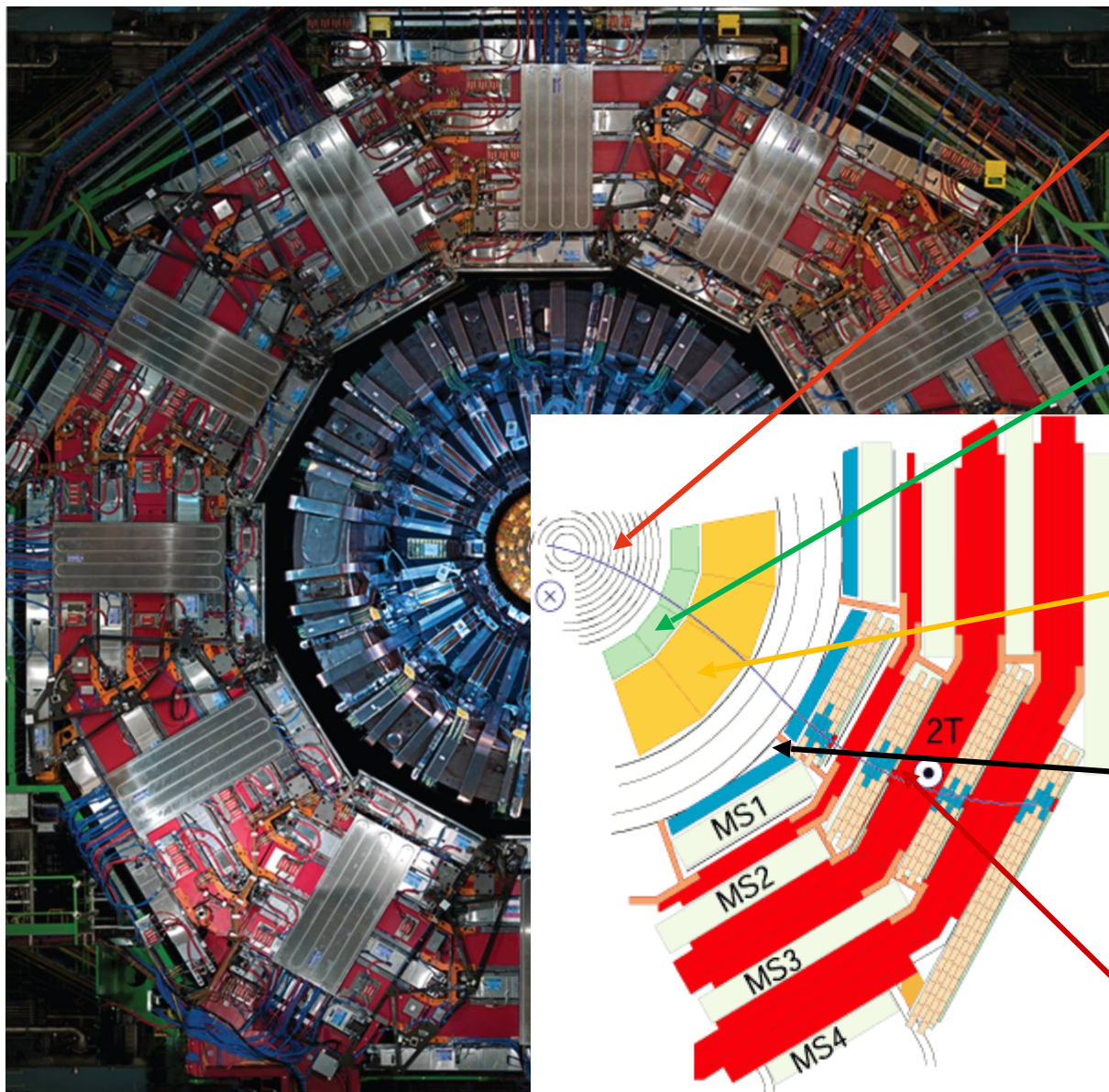


Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

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.



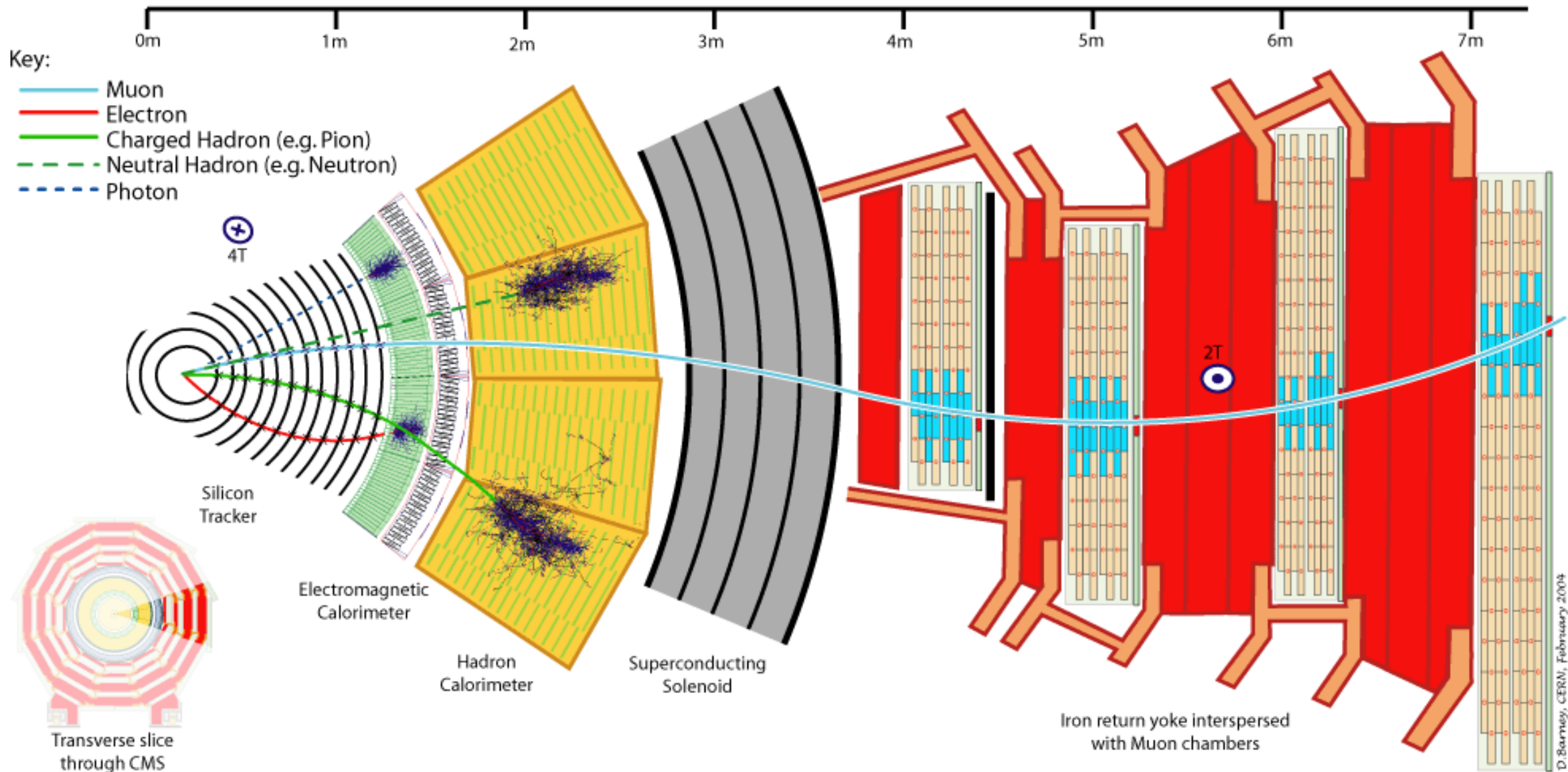
Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico. Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

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.

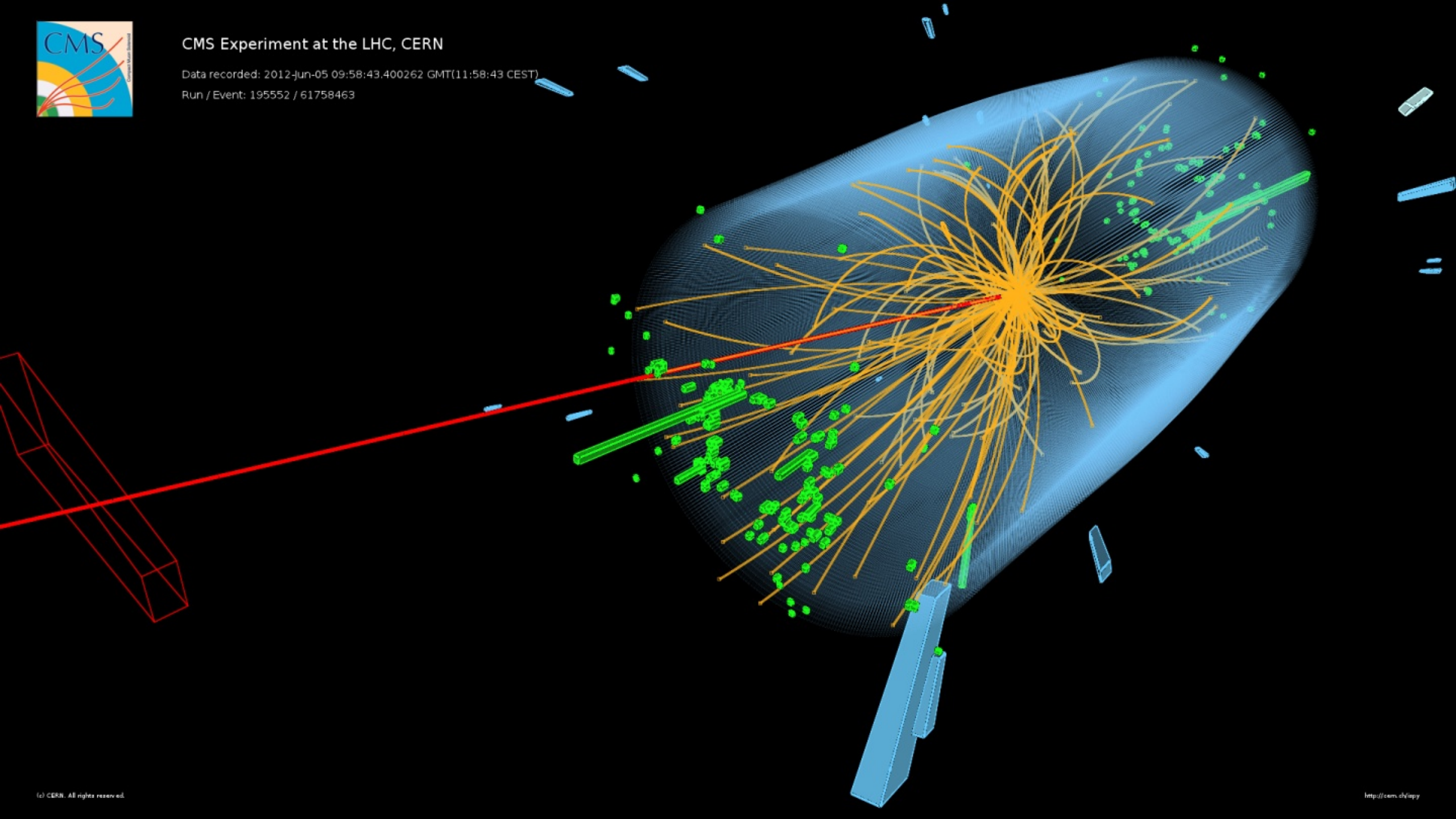




CMS Experiment at the LHC, CERN

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

Run / Event: 195552 / 61758463



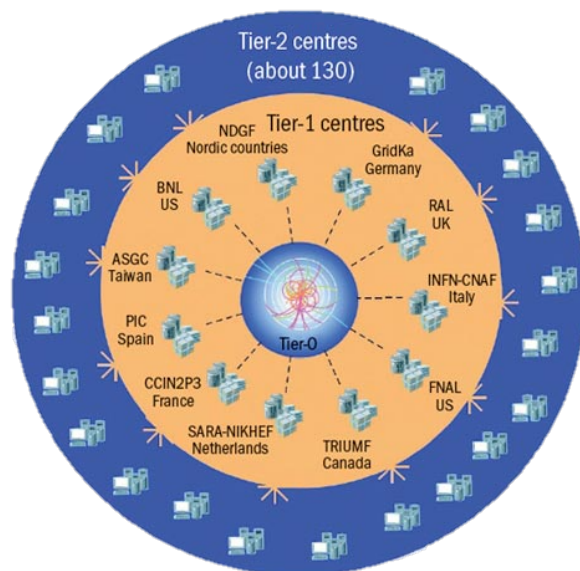
Come si analizzano i dati?

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.

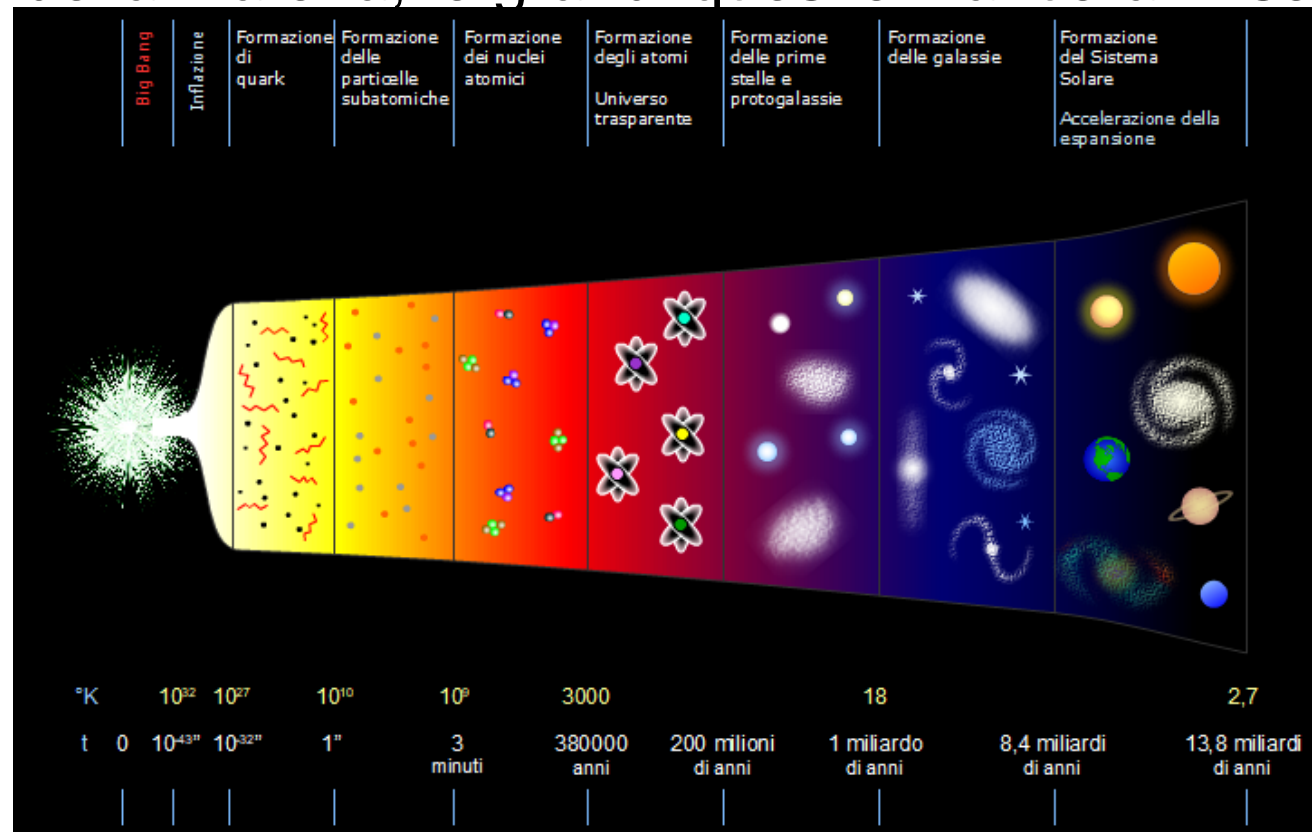
Serve una rete mondiale:
la GRID



A cosa serve CMS?

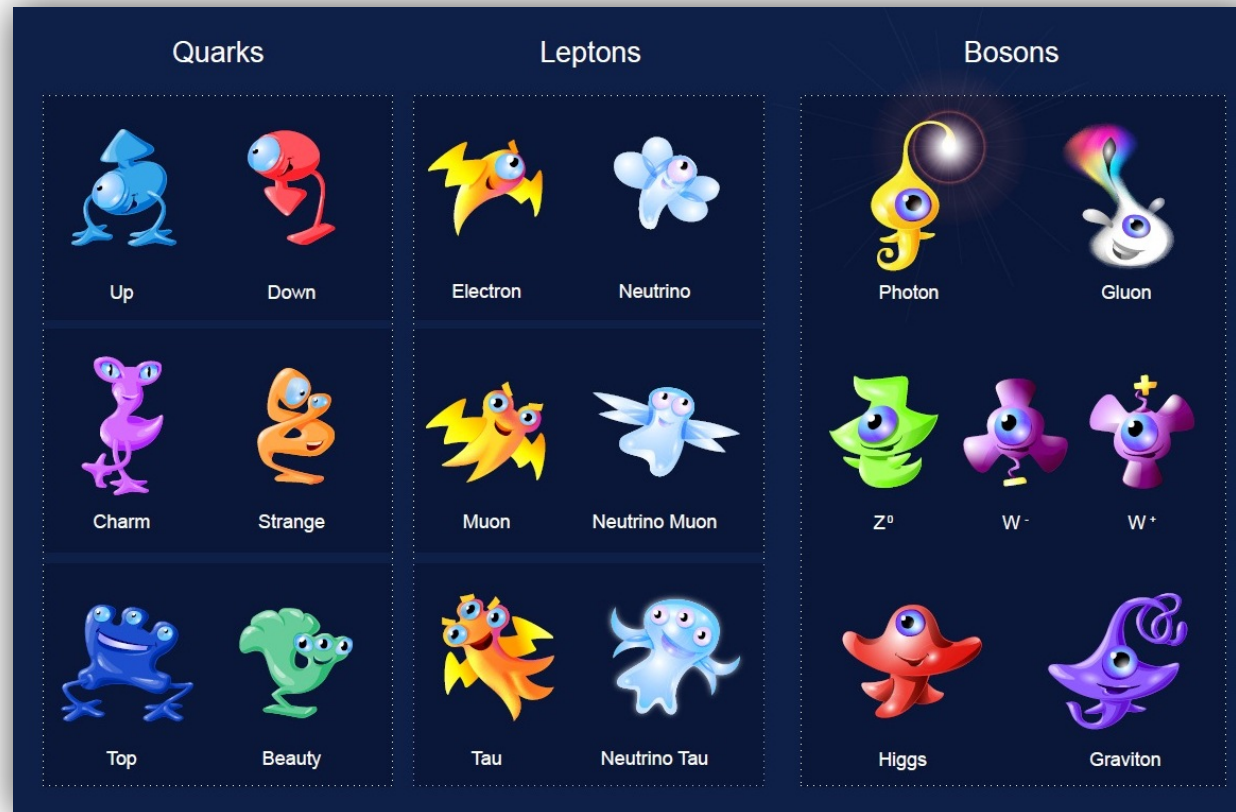
In laboratori come il CERN si fa **ricerca di base**

- 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**



Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

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**



Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

