



# RICERCATORE IN FISICA: COSA FACCIAMO?

con il patrocinio di



Stefano Germani  
(UniPG – INFN PG)  
[stefano.germani@unipg.it](mailto:stefano.germani@unipg.it)



DIPARTIMENTO  
DI FISICA E GEOLOGIA

DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA  
MUR 2023/2027

# COLORE



Dipinto rupestre  
Grotte di Lascaux  
15500 A.C.

# COLORE

Adorazione dei Magi  
Gentile da Fabriano  
Tempera su tavola, 1423



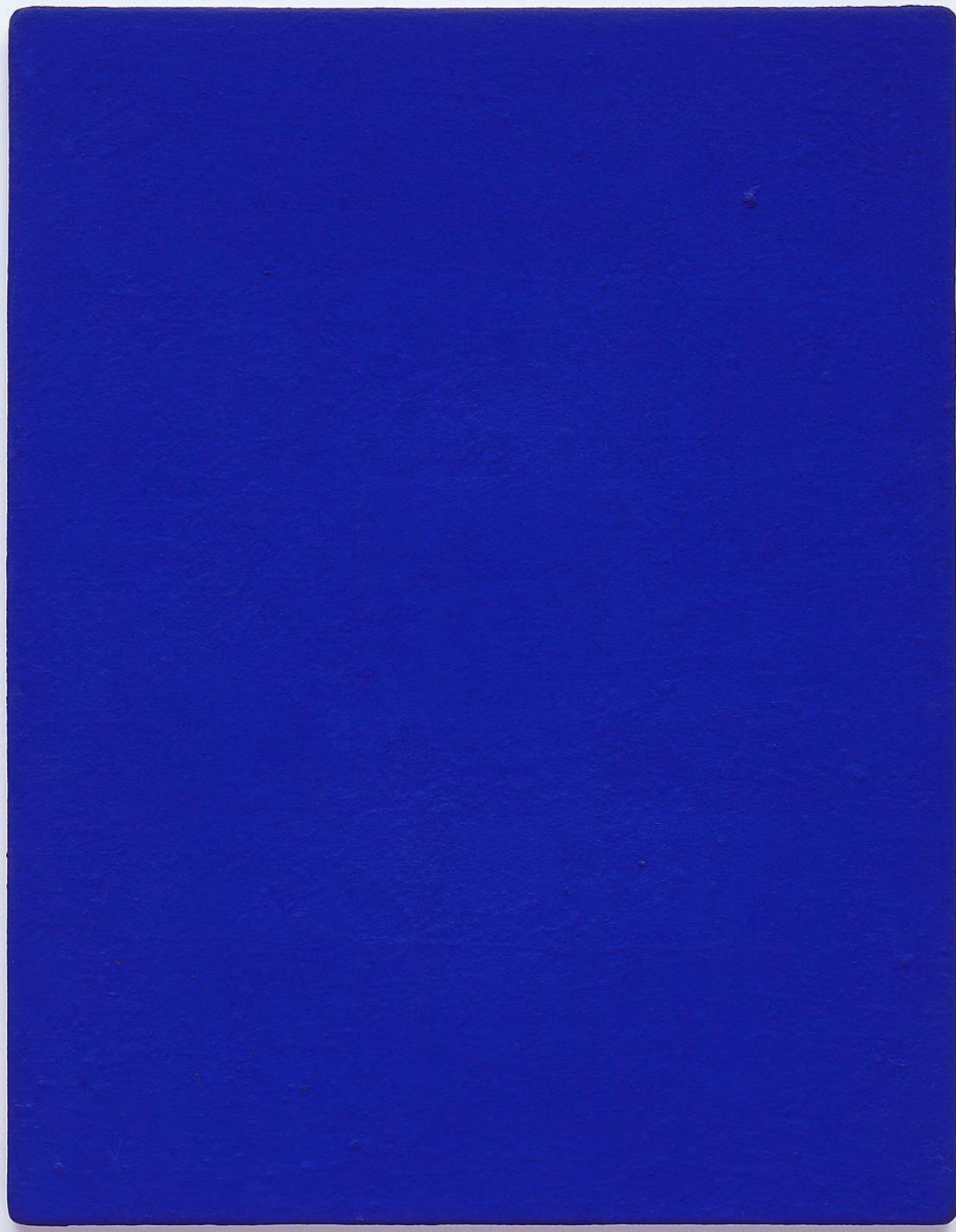
# COLORE

Bacco e Arianna  
Tiziano  
Olio su tela ca. 1520



# COLORE

IKB82, senza titolo  
Yves Klein  
Pigmento in acetato polivinilico,  
1961



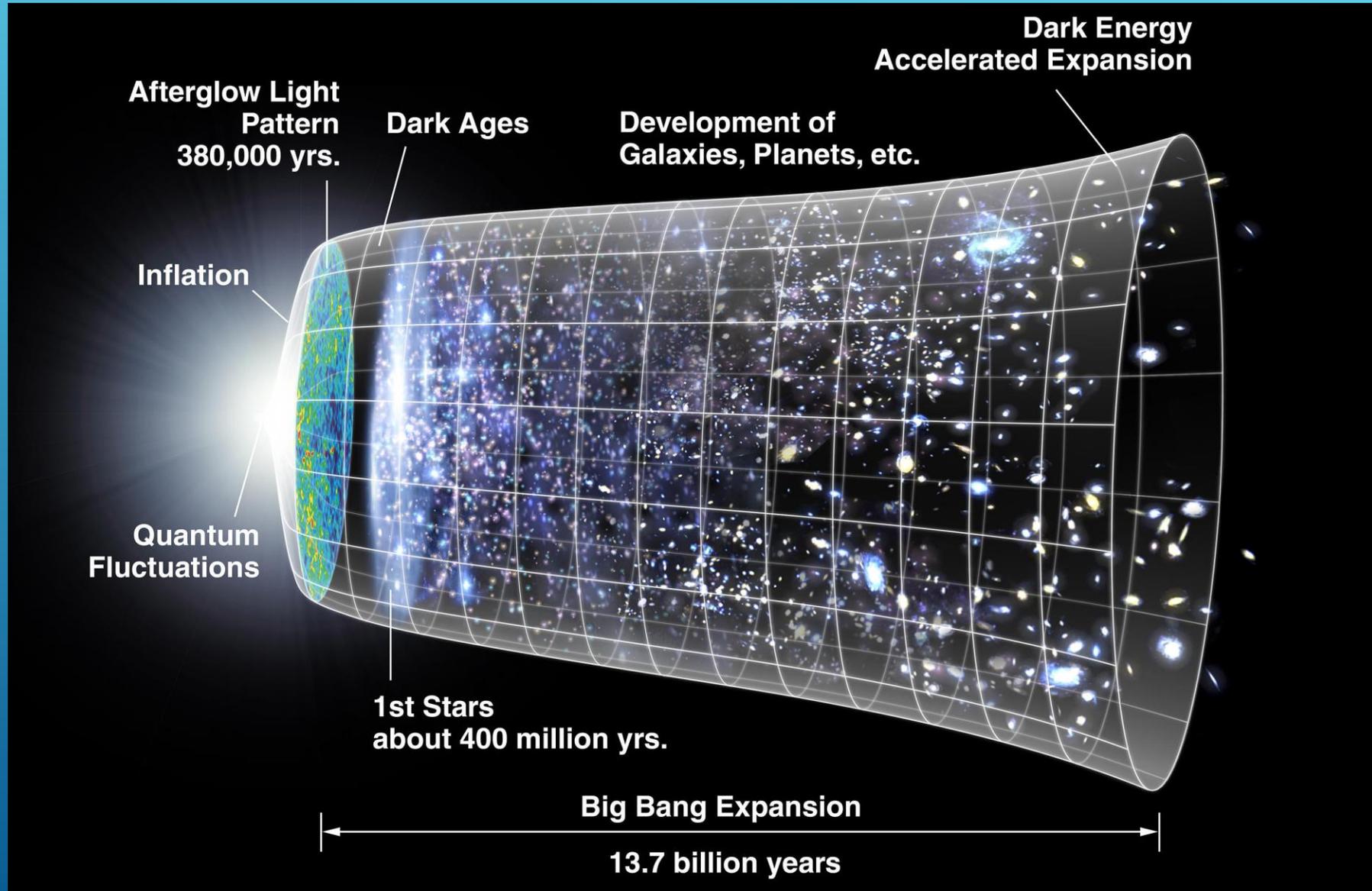
# DOMANDE

- ▶ Come si è formato l'universo?
  - ▶ Cos'è la materia e quali sono i suoi componenti elementari?
  - ▶ Quali le forze che governano l'Universo?
- 
- A decorative graphic consisting of several parallel white lines of varying lengths, slanted upwards from left to right, located in the bottom right corner of the slide.

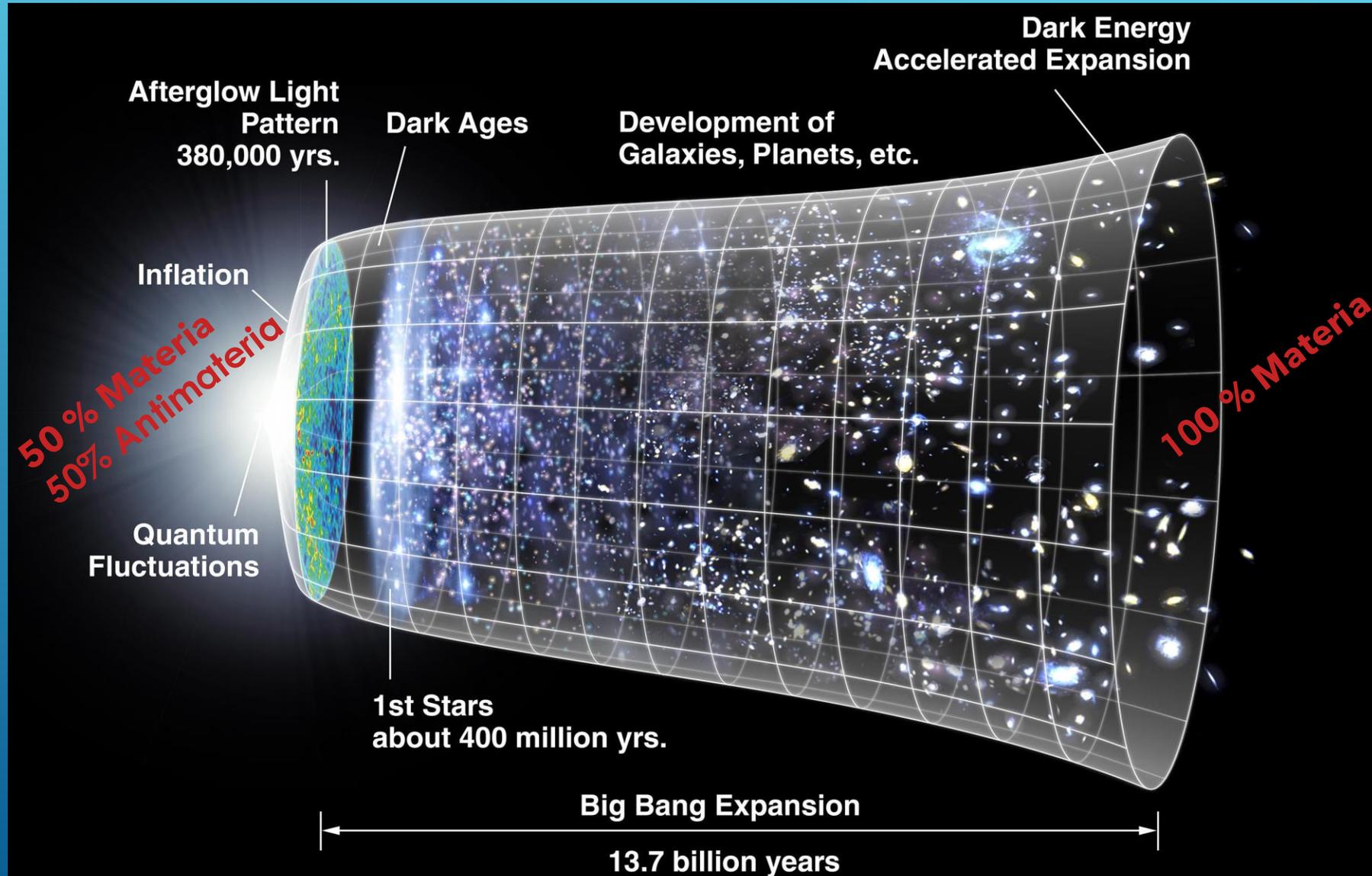
# COME SI È FORMATO L'UNIVERSO?



# TEORIA DEL BIG BANG



# TEORIA DEL BIG BANG



# GALASSIE

James Webb Space  
Telescope Deep Field

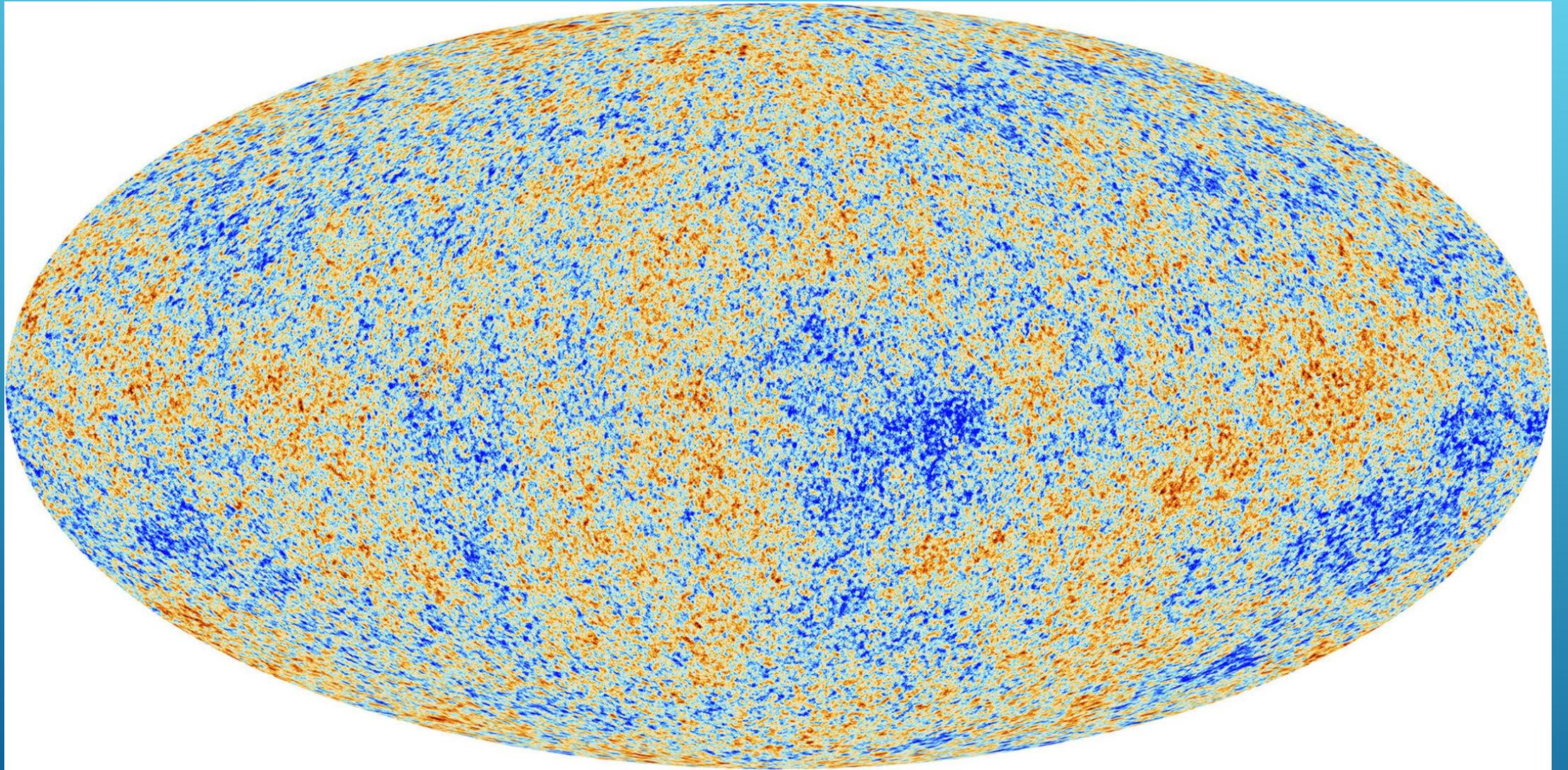
~13.1 Gly

~ 4 Gpc

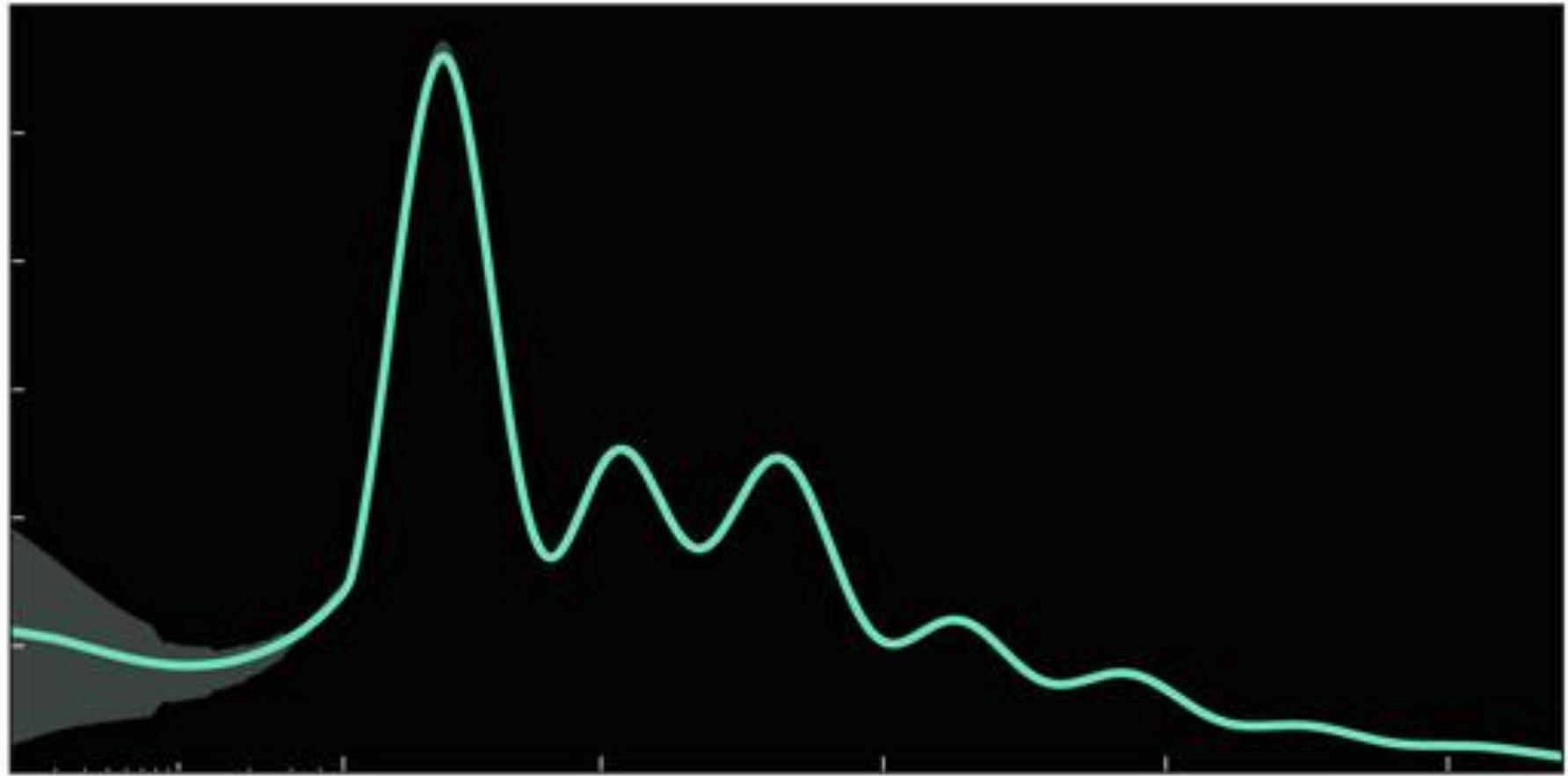
~ 8.5 z



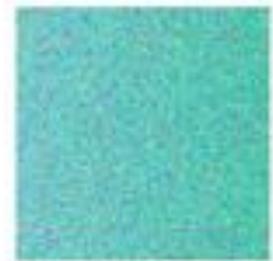
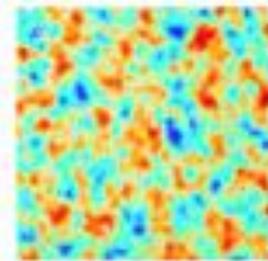
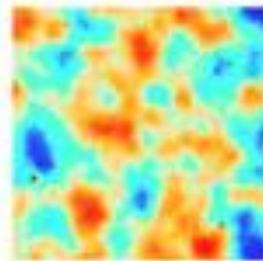
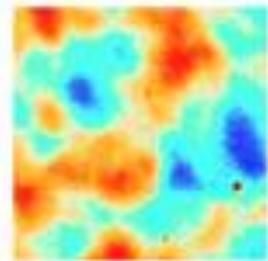
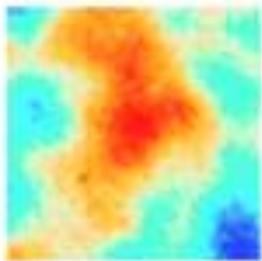
# LA PRIMA LUCE!



DEVIATION FROM AVERAGE DENSITY →

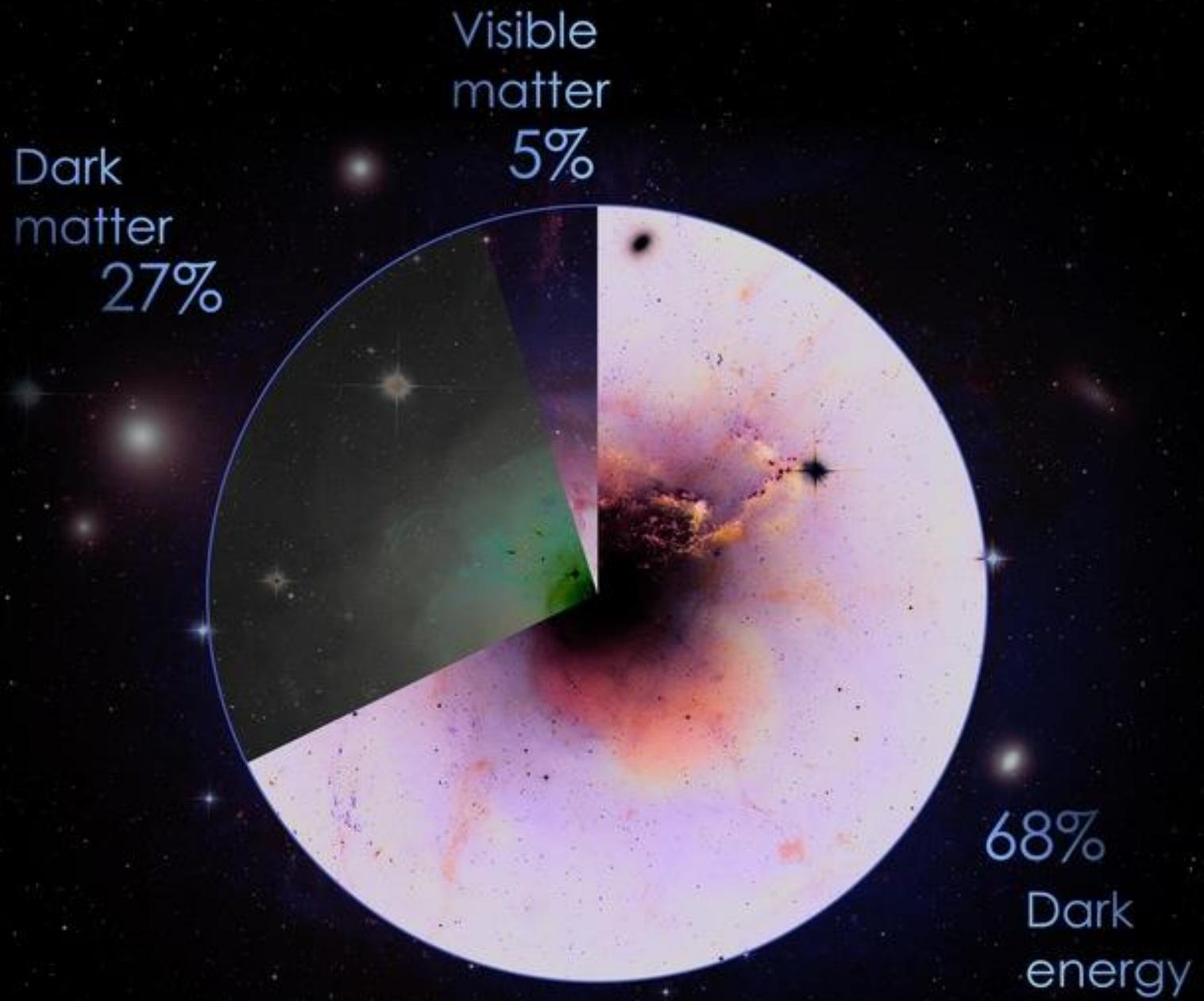


BLOB SIZE →

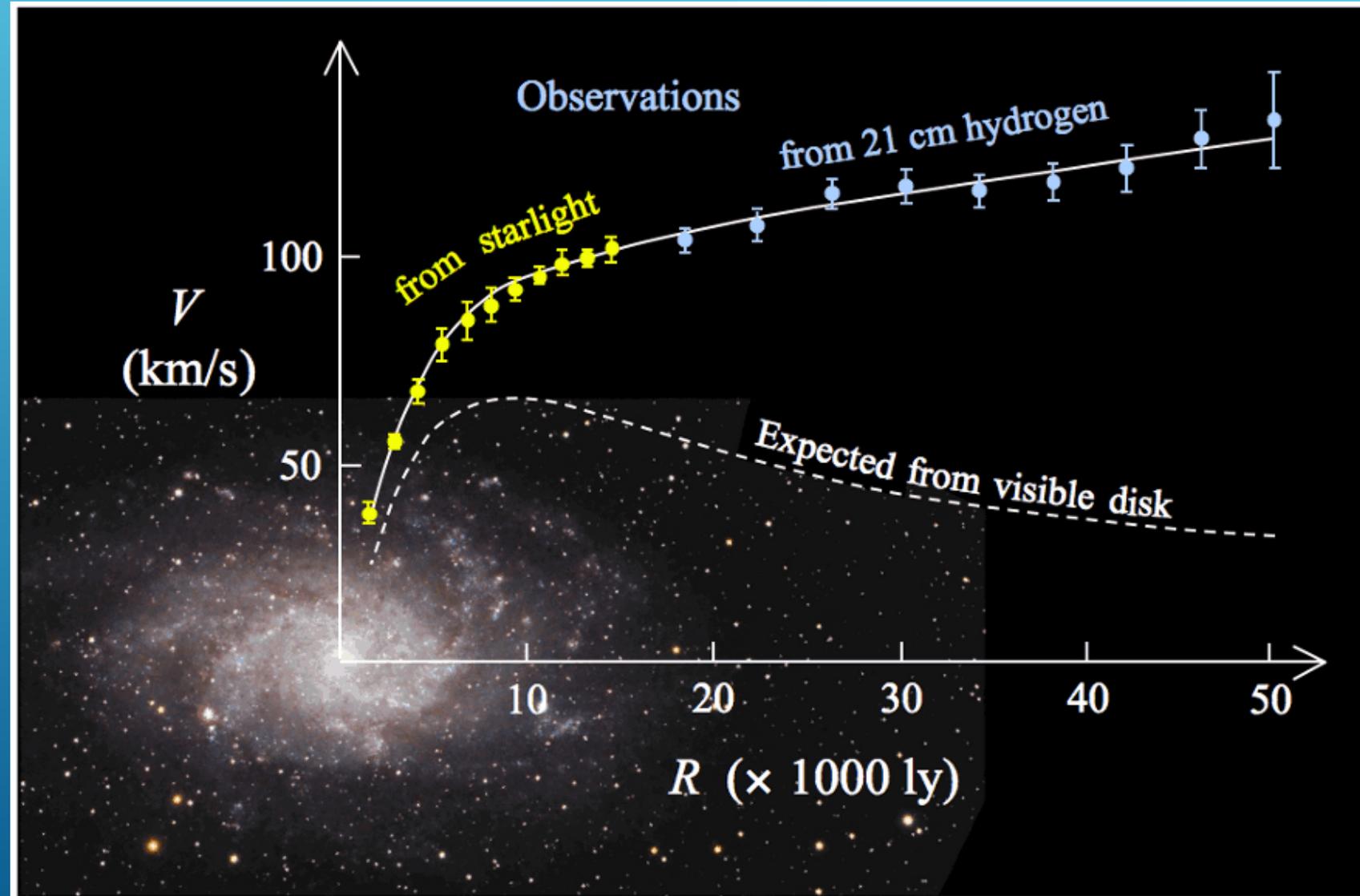


DA COSA È  
FORMATO  
L'UNIVERSO?



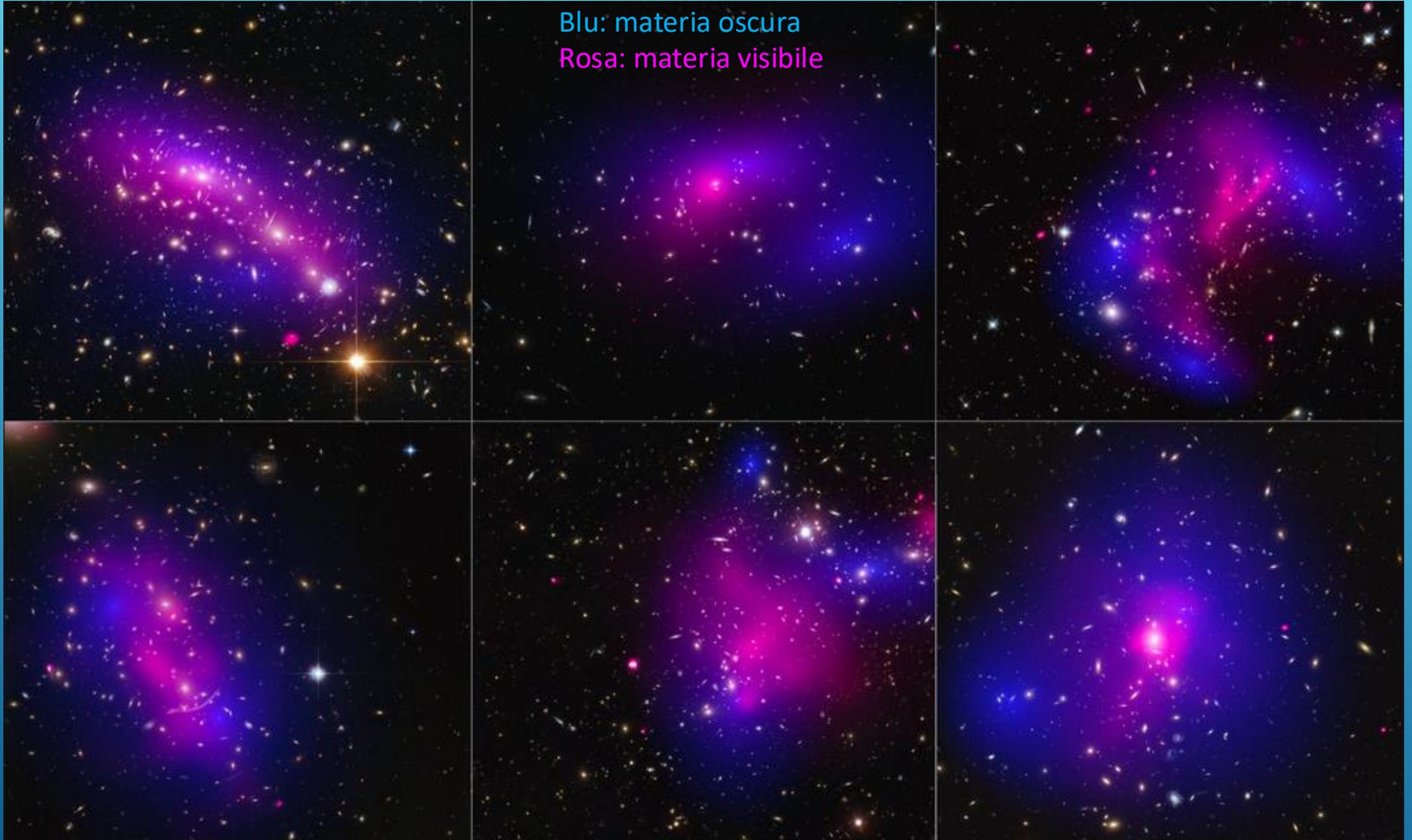


# MATERIA OSCURA

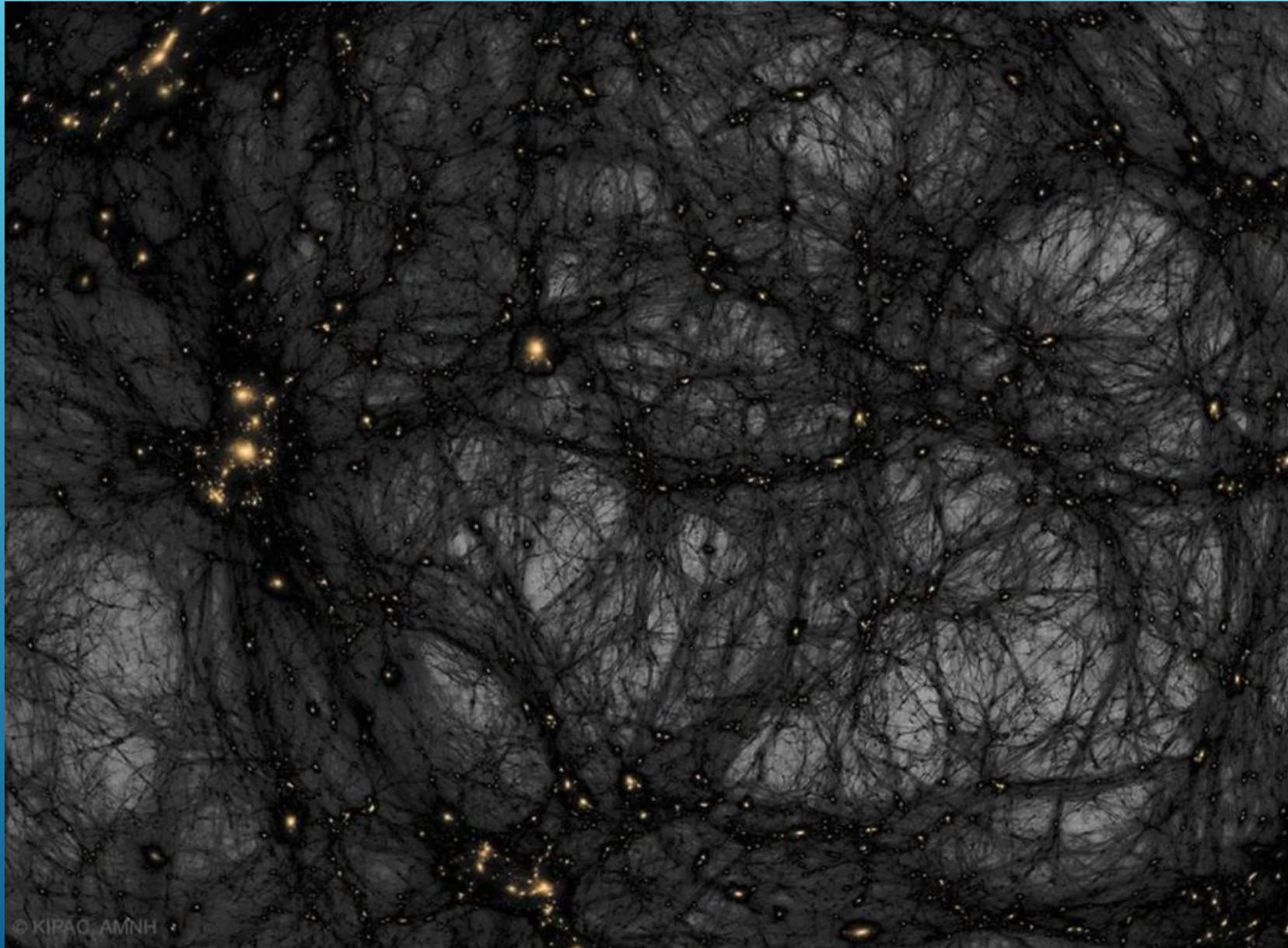




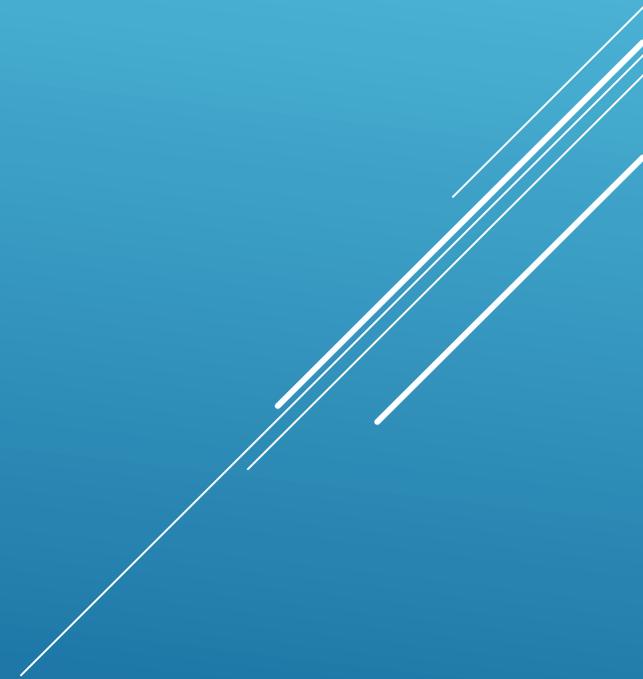
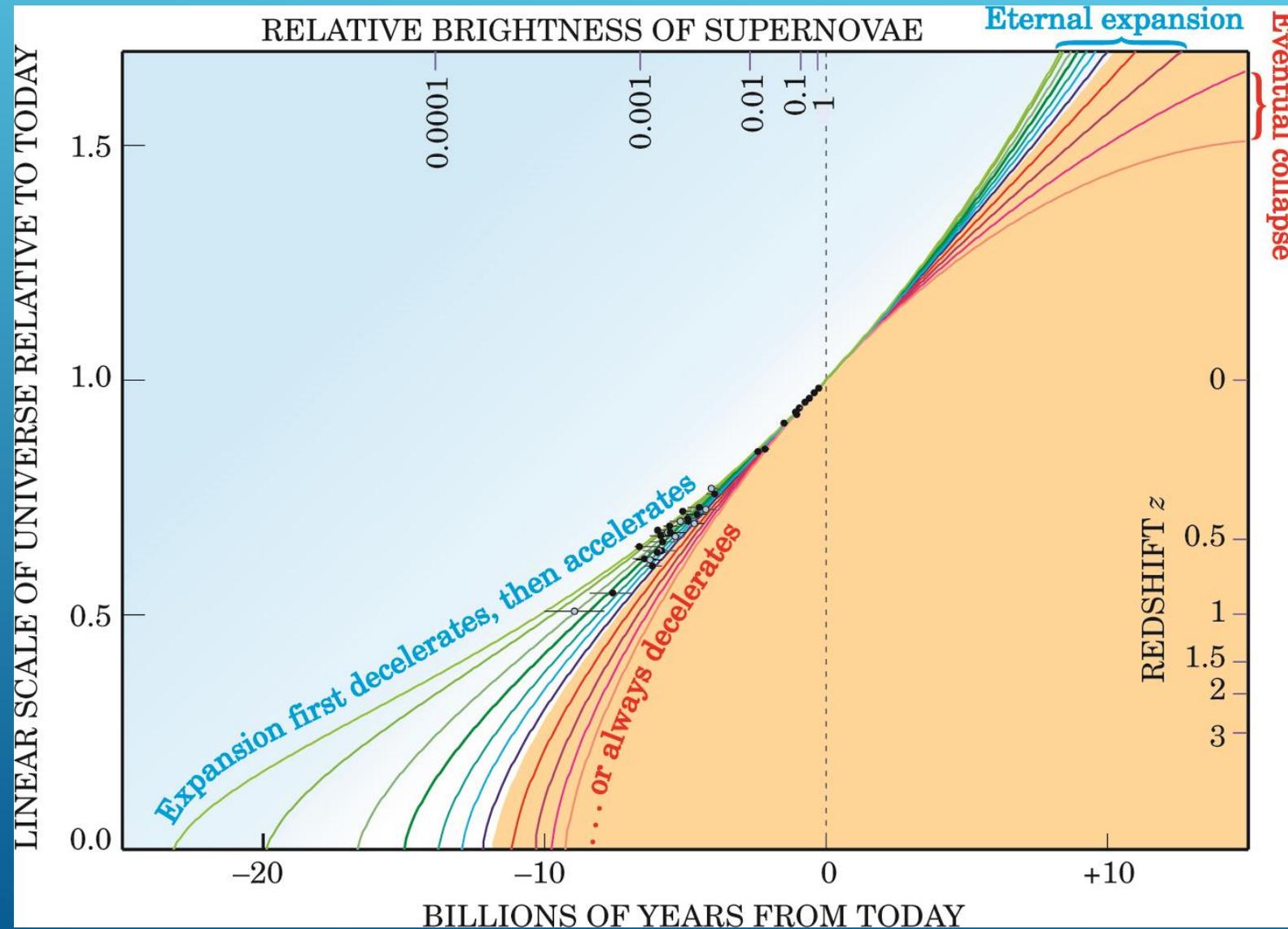
Blu: materia oscura  
Rosa: materia visibile



# MATERIA OSCURA



# ENERGIA OSCURA

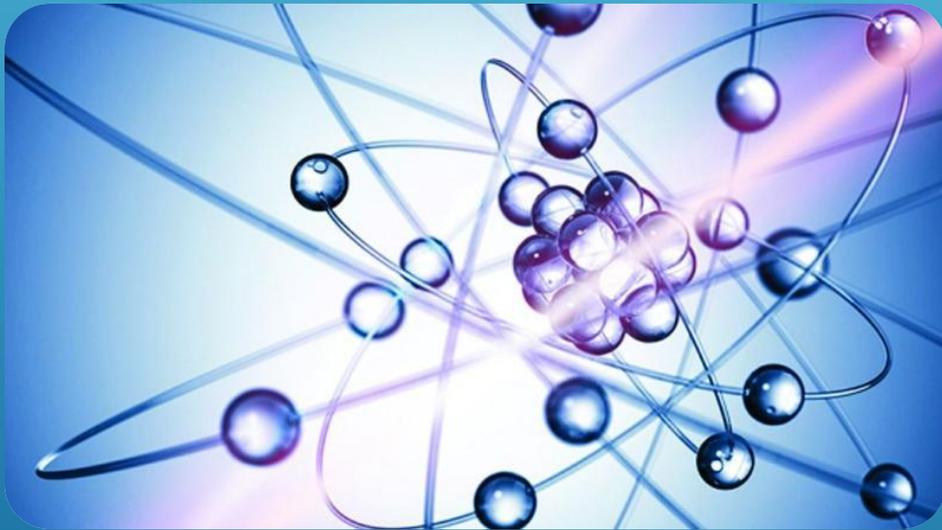


# MA L'UNIVERSO VISIBILE?

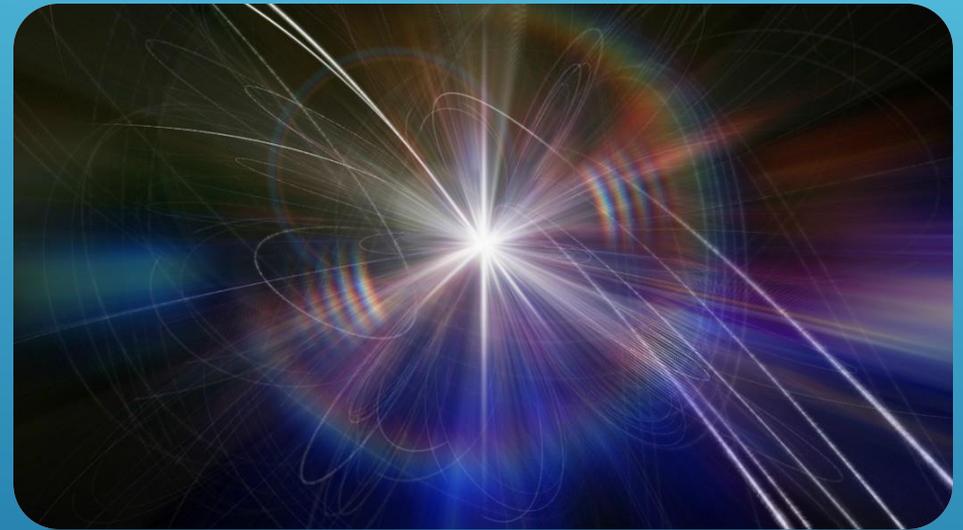


# L'UNIVERSO VISIBILE PUÒ ESSERE DESCRITTO DA:

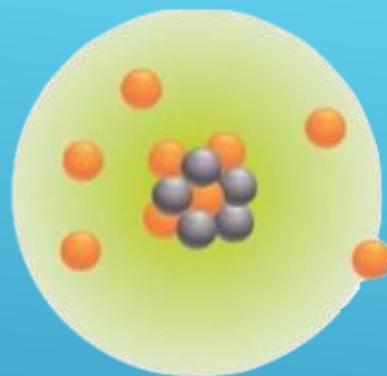
Materia



Forze



# MATERIA BARONIA

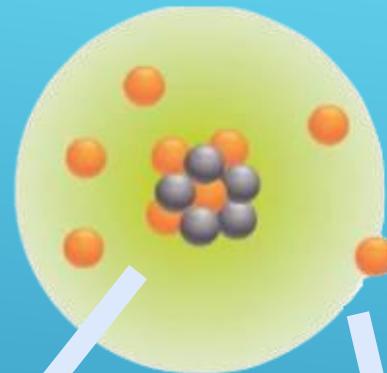
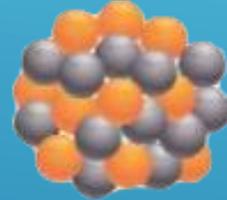


Atomo  
 $10^{-10}\text{m}$

“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  
 $10^{-14}\text{m}$

Atomo  
 $10^{-10}\text{m}$

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

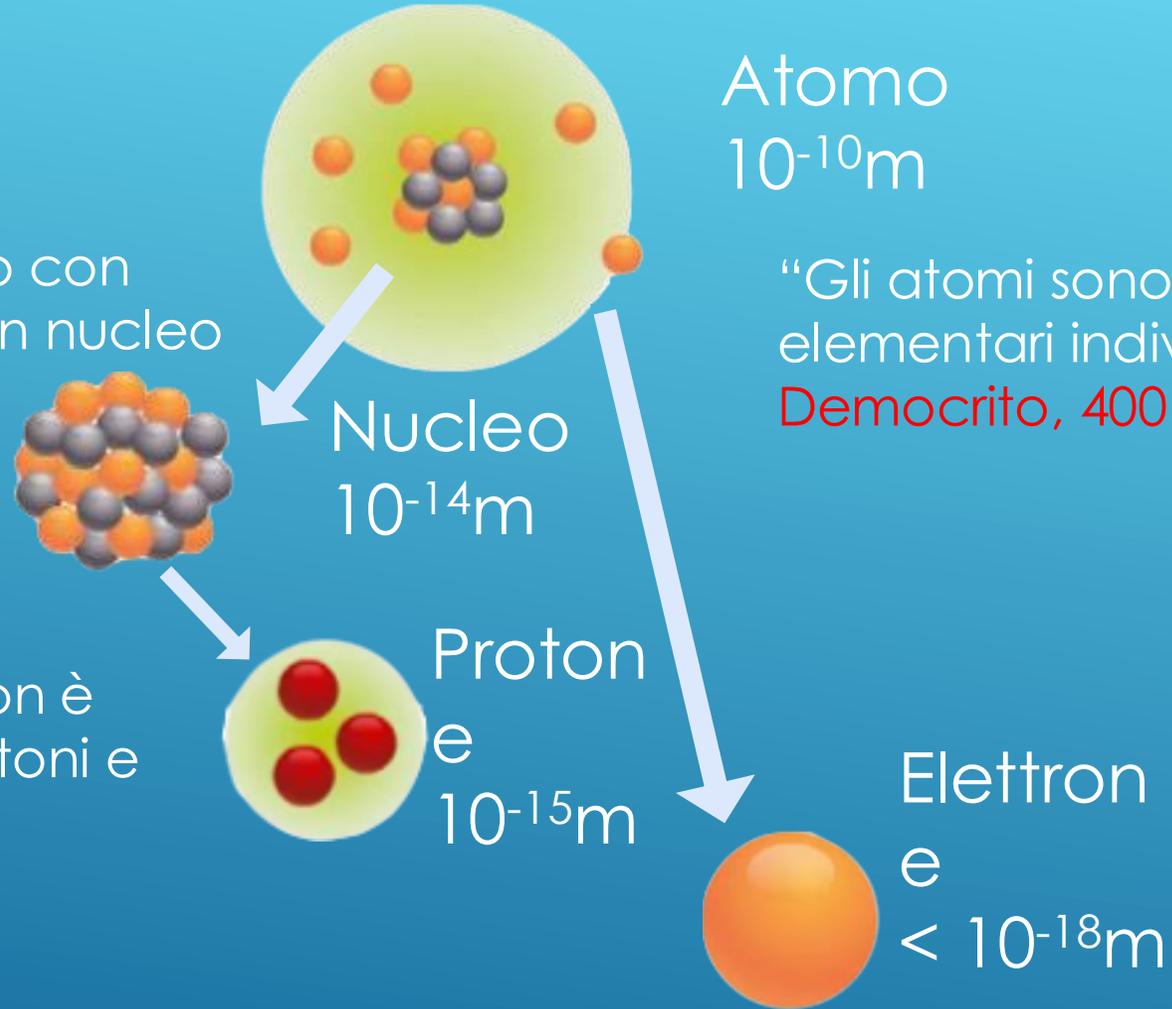


Elettron  
e  
 $< 10^{-18}\text{m}$

# 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  
 $10^{-10}\text{m}$

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

Nucleo  
 $10^{-14}\text{m}$

Proton  
e  
 $10^{-15}\text{m}$

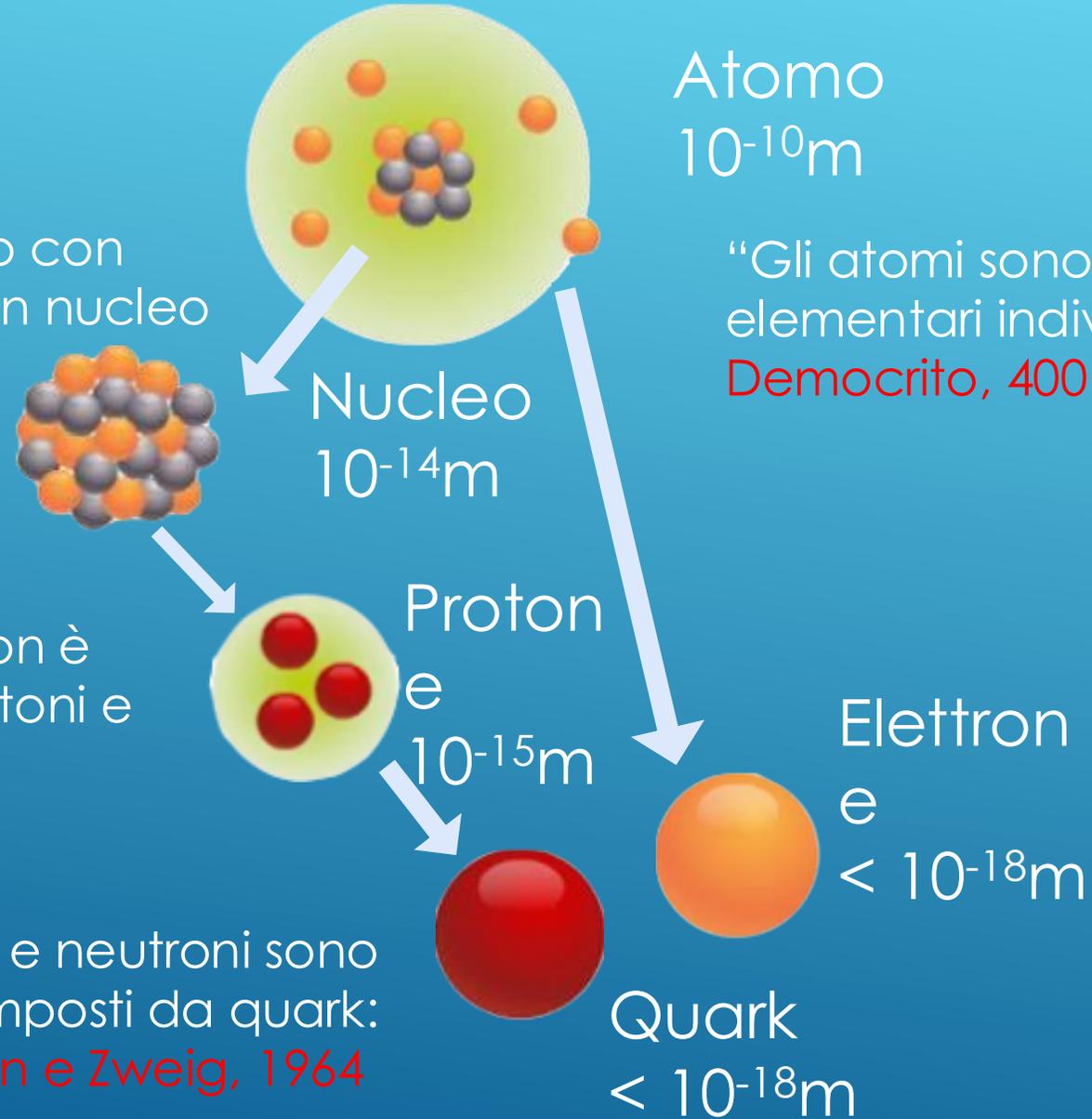
Elettron  
e  
 $< 10^{-18}\text{m}$

# 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**

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



Atomo  
 $10^{-10}m$

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

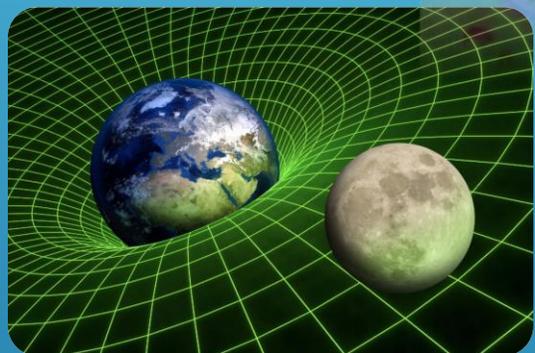
Nucleo  
 $10^{-14}m$

Proton  
 $10^{-15}m$

Elettron  
 $< 10^{-18}m$

Quark  
 $< 10^{-18}m$

# FORZE



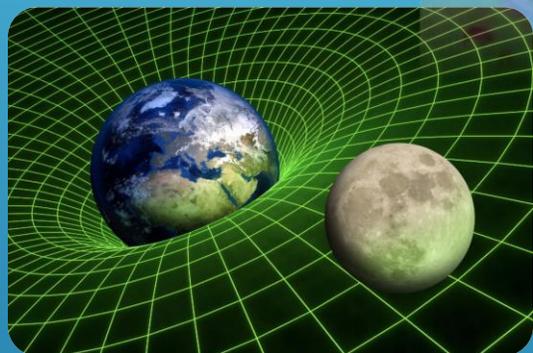
Forza  
gravità

# FORZE



Forza  
gravità

Forza  
elettro  
magnetic  
a



# FORZE



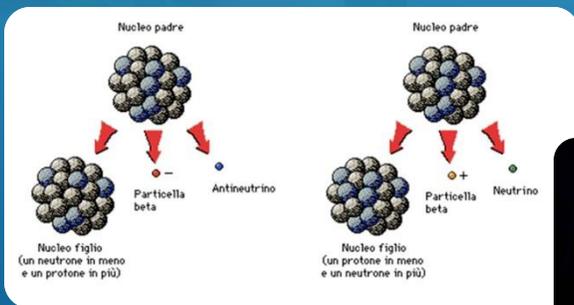
Forza gravità



Forza elettromagnetica



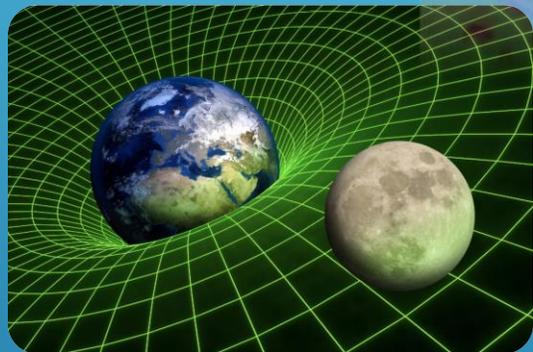
Forza debole



# FORZE



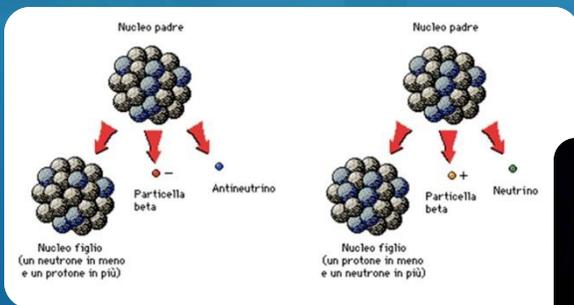
Forza gravità



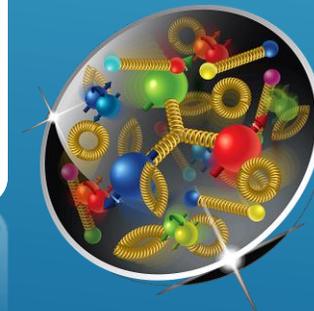
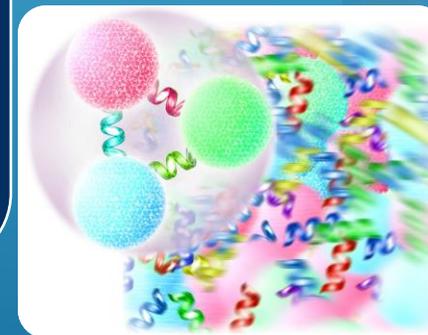
Forza elettromagnetica



Forza debole



Forza forte





## ELEMENTARY PARTICLES of THE STANDARD MODEL:

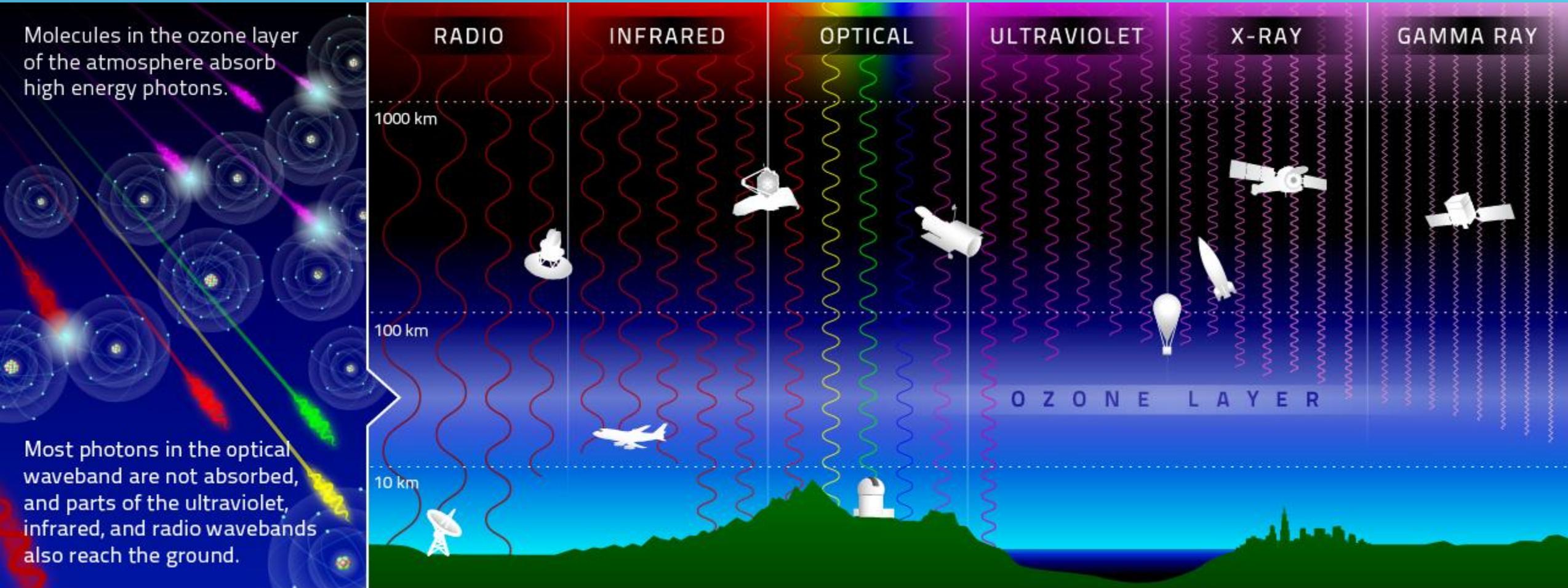
	FERMIONS			BOSONS	
	I	II	III		
QUARKS	 $u$ UP QUARK	 $c$ CHARM QUARK	 $t$ TOP QUARK	 $\gamma$ PHOTON	FORCE CARRIERS
	 $d$ DOWN QUARK	 $s$ STRANGE QUARK	 $b$ BOTTOM QUARK	 $g$ GLUON	
LEPTONS	 $\nu_e$ ELECTRON-NEUTRINO	 $\nu_\mu$ MUON-NEUTRINO	 $\nu_\tau$ TAU-NEUTRINO	 $Z$ Z BOSON	
	 $e^-$ ELECTRON	 $\mu$ MUON	 $\tau$ TAU	 $W$ W BOSON	

COME FACCIAMO A  
STUDIARE IL VISIBILE  
E IL NON VISIBILE?

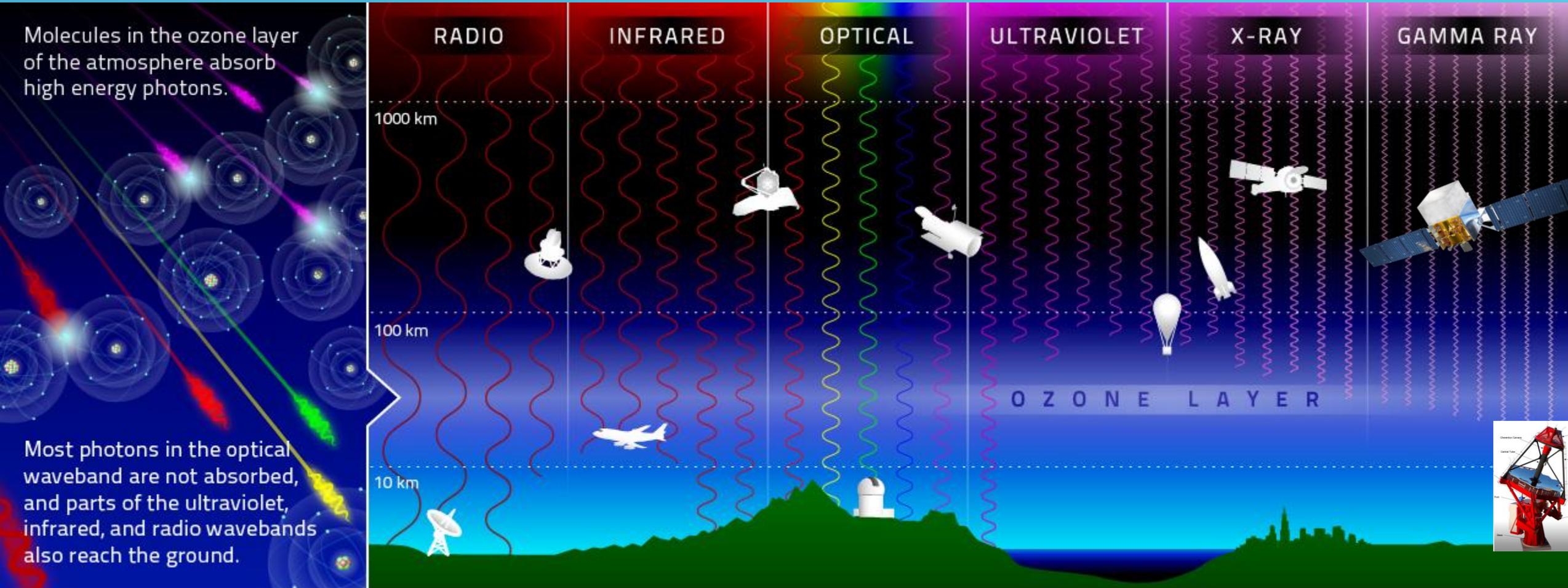




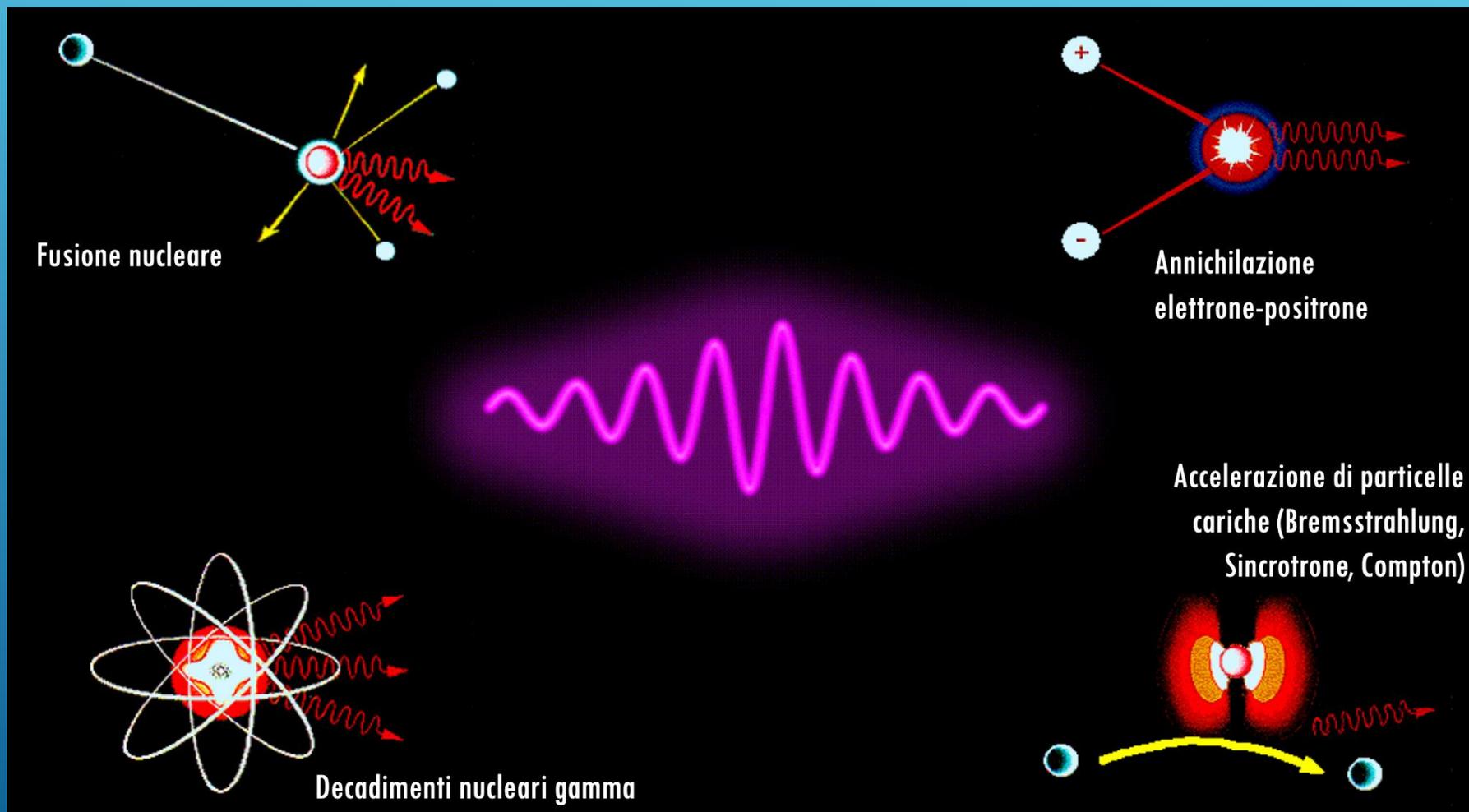
# LO SPETTRO ELETTRROMAGNETICO



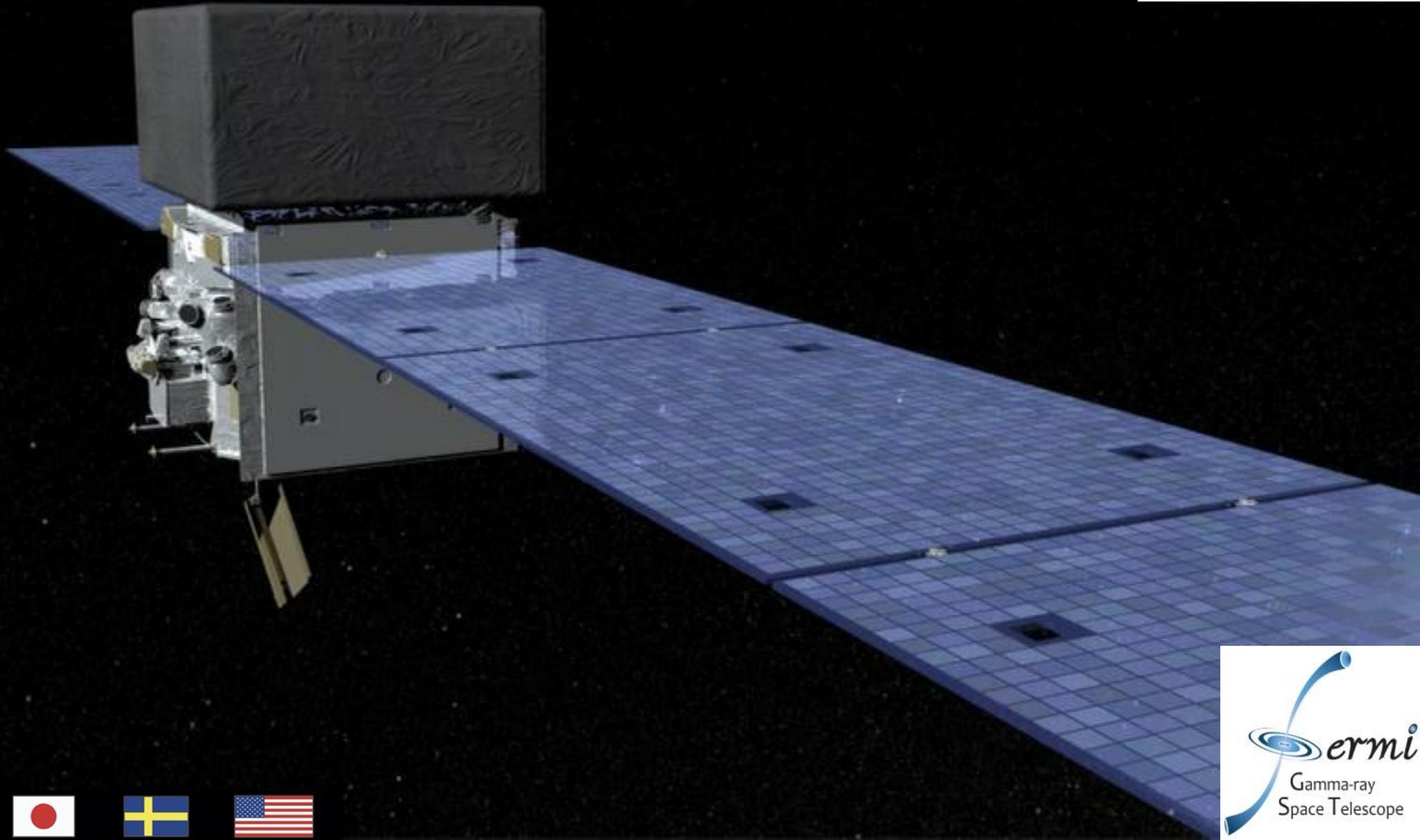
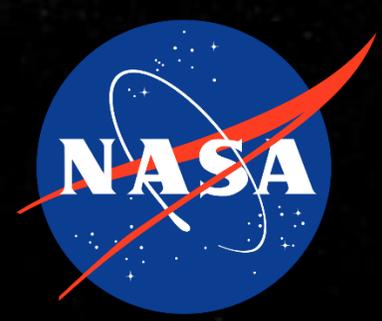
# LO SPETTRO ELETTRROMAGNETICO

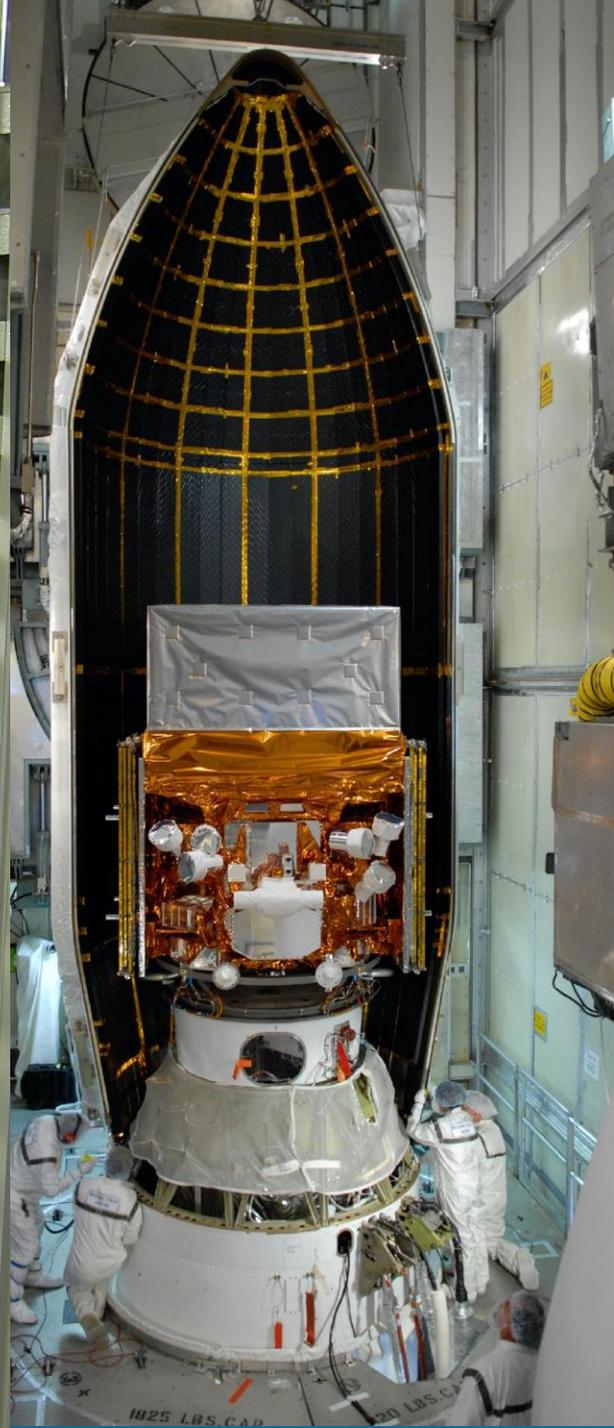
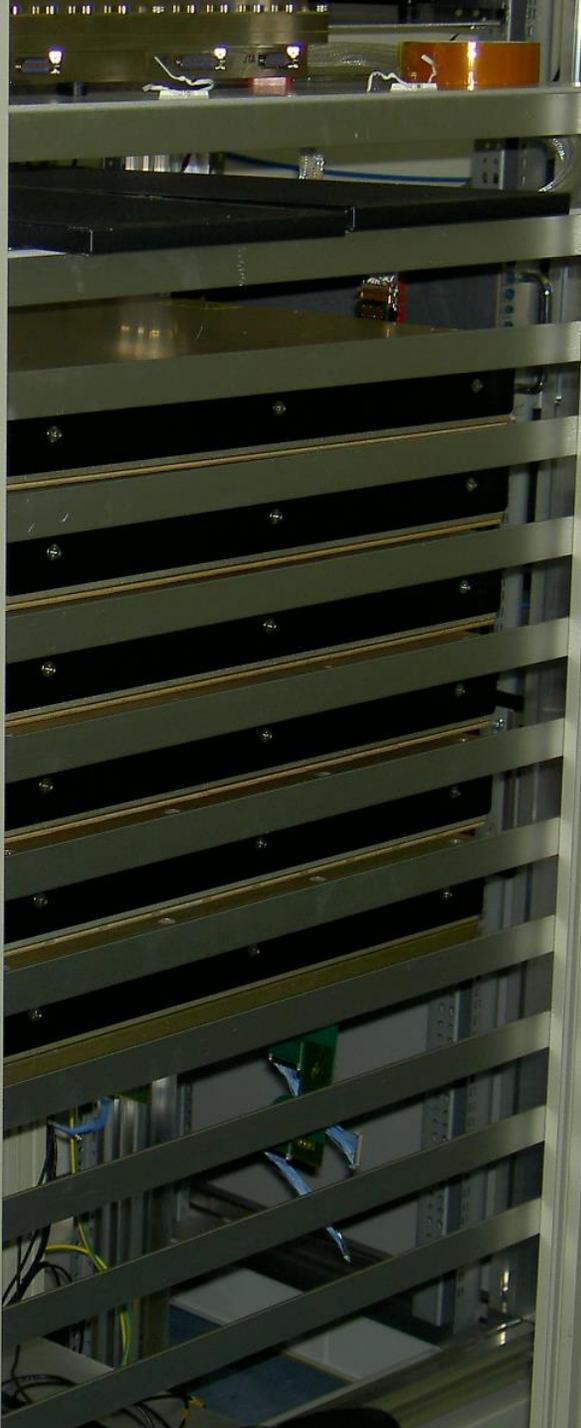


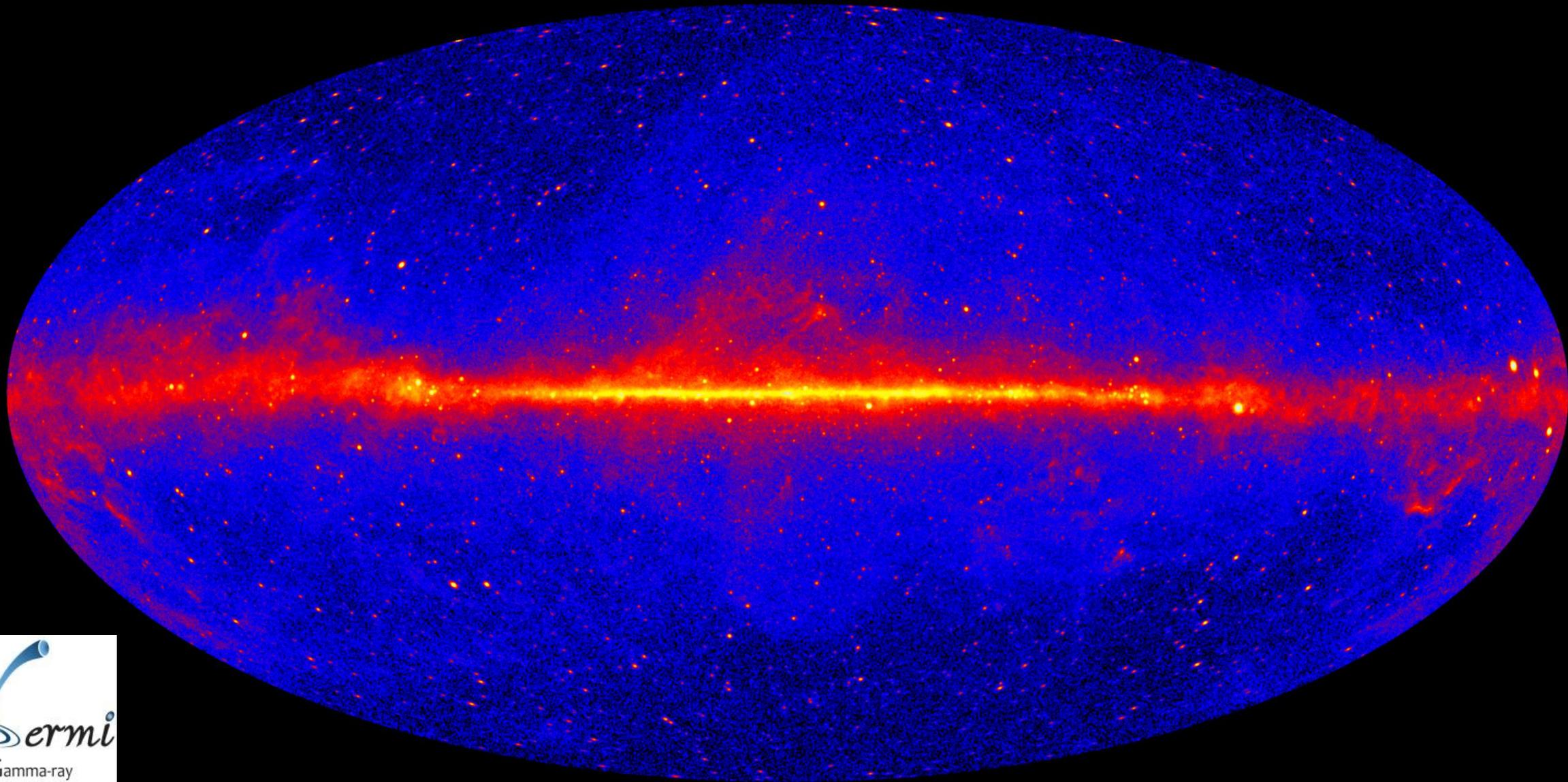
# COME VENGONO PRODOTTI I RAGGI GAMMA

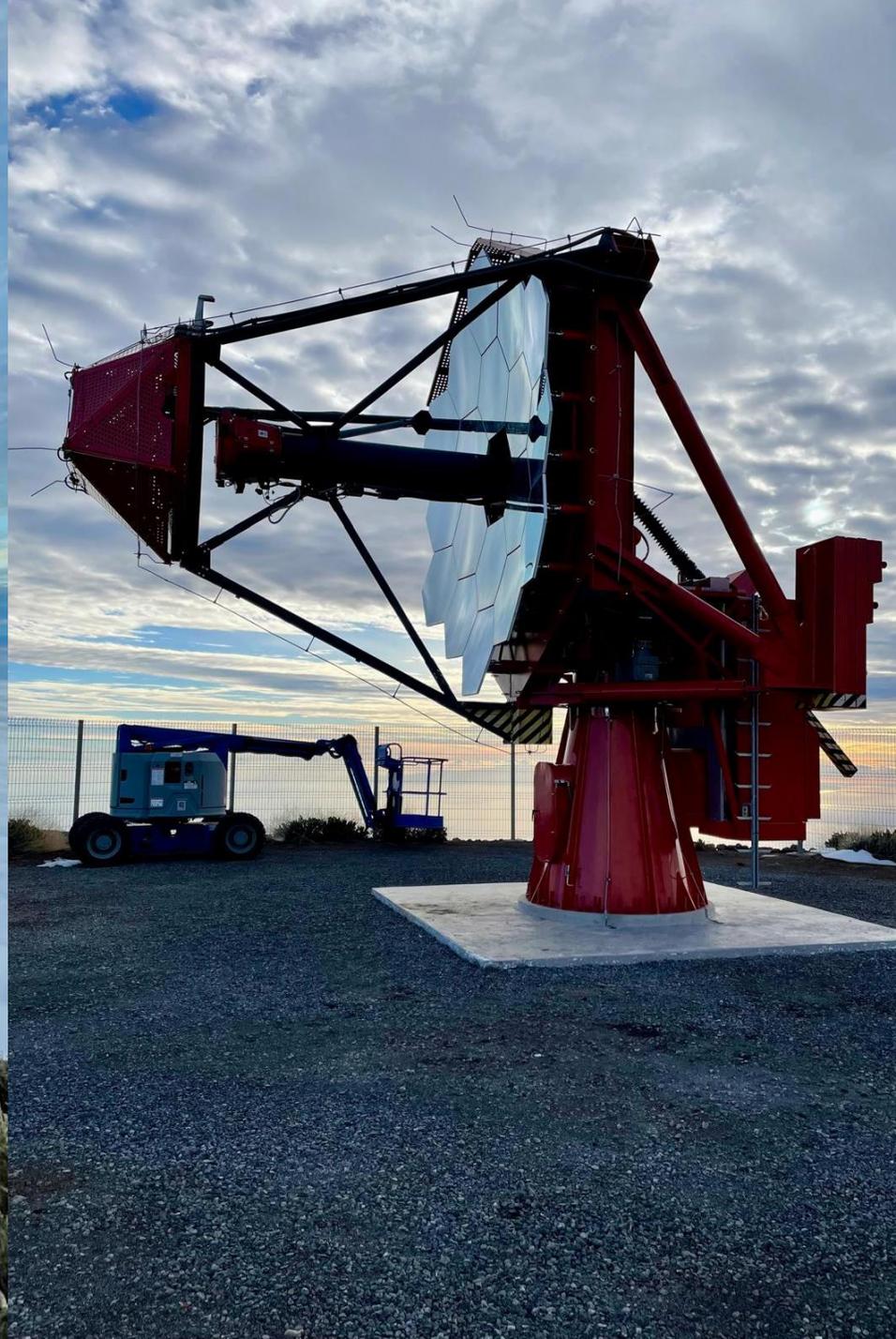


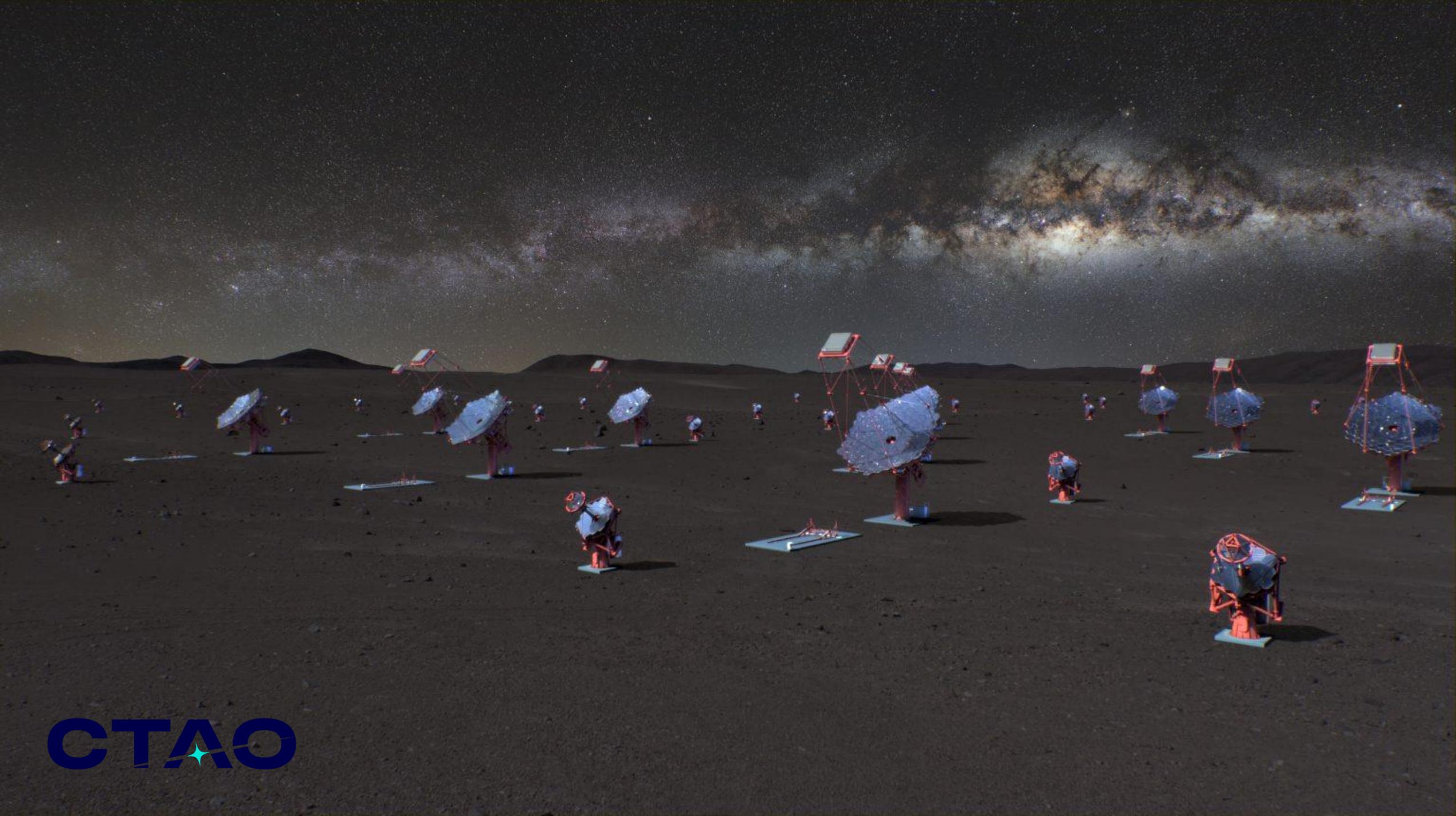












CTAO



# APPLICAZIONI

An abstract painting with a rich, textured surface. The composition is dominated by warm, golden-yellow and ochre tones in the upper half, which transition into cooler, vibrant blues and purples in the lower half. The brushwork is expressive and varied, with some areas showing fine, linear strokes and others featuring thick, impasto applications of paint. A central, dark, almost black area is speckled with small, bright spots of color, creating a focal point of contrast. The overall effect is one of dynamic energy and complex visual relationships between color and texture.

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!!**

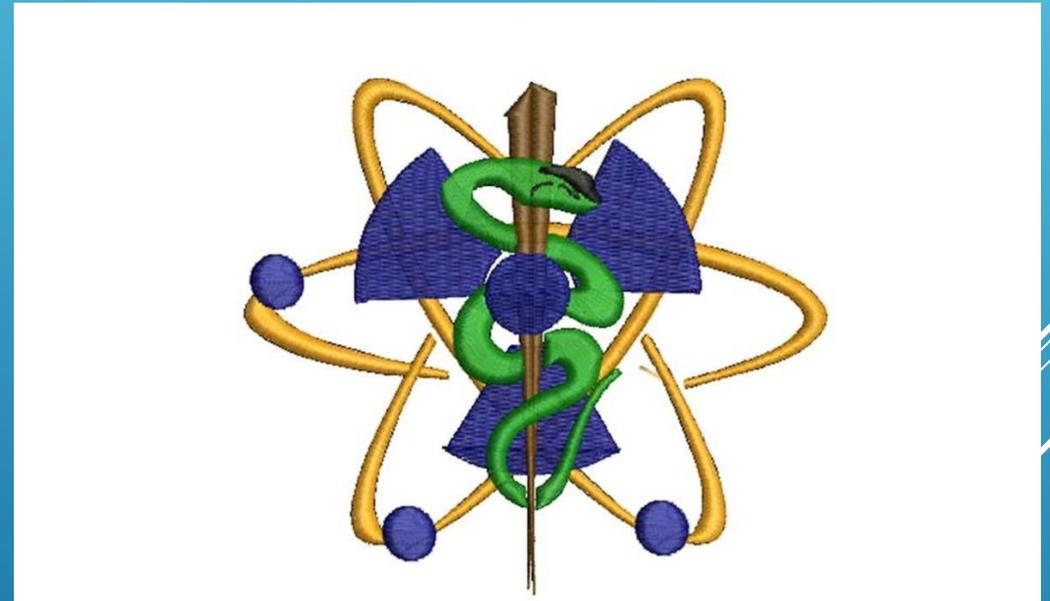


# I DUE ESEMPI PIÙ CELEBRI

## Word Wide Web



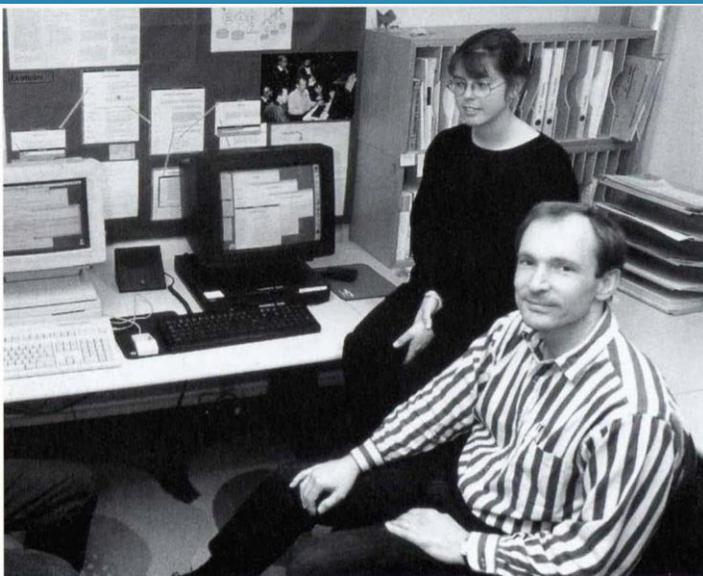
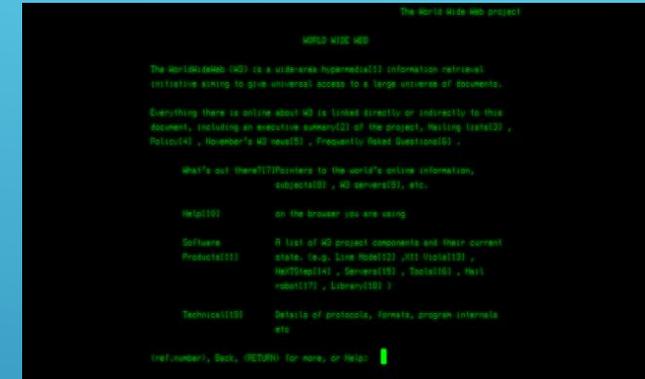
## Fisica medica



# 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...

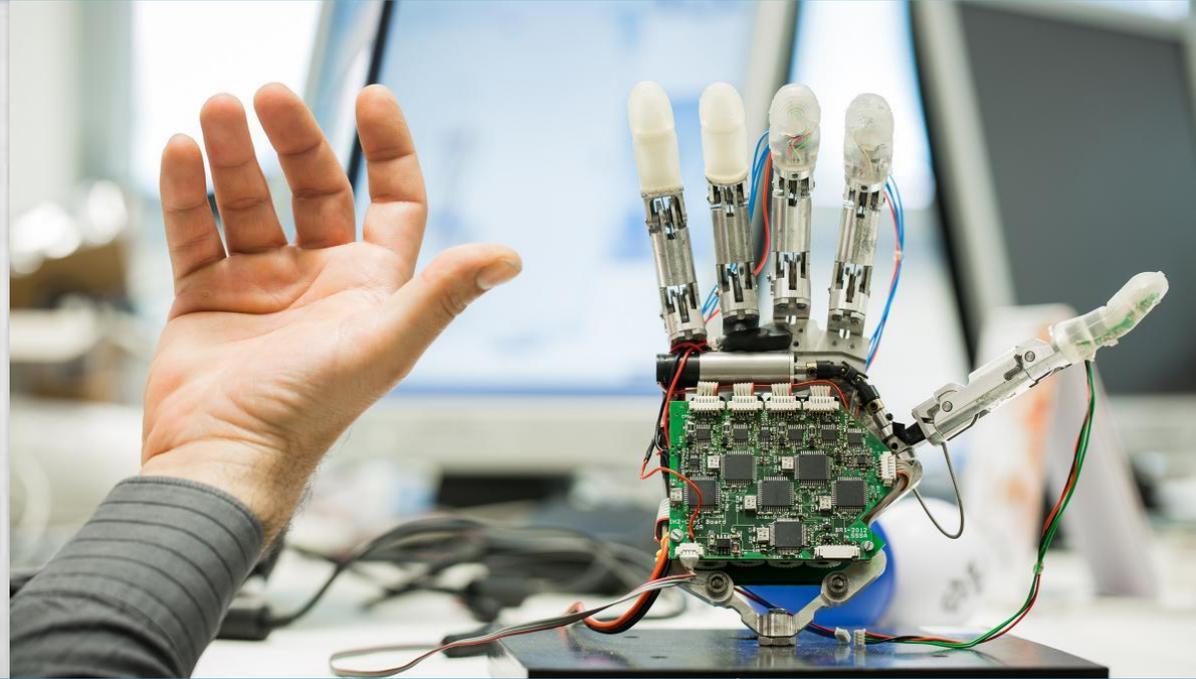
# FISICA MEDICA

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

Ha continuato a svilupparsi negli anni, intensificandosi.



# ARTE FISICA MEDICINA TECNOLOGIA





Se riuscirò col pensiero a costruire una fortezza in cui è impossibile fuggire, questa fortezza pensata o sarà uguale alla vera – e in questo caso è certo che di qui non fuggiremo mai; ... - o sarà una fortezza dalla quale la fuga è ancora più impossibile che di qui – e allora è segno che qui una possibilità di fuga esiste: basterà individuare il punto in cui la fortezza pensata non coincide con quella vera per trovarla.

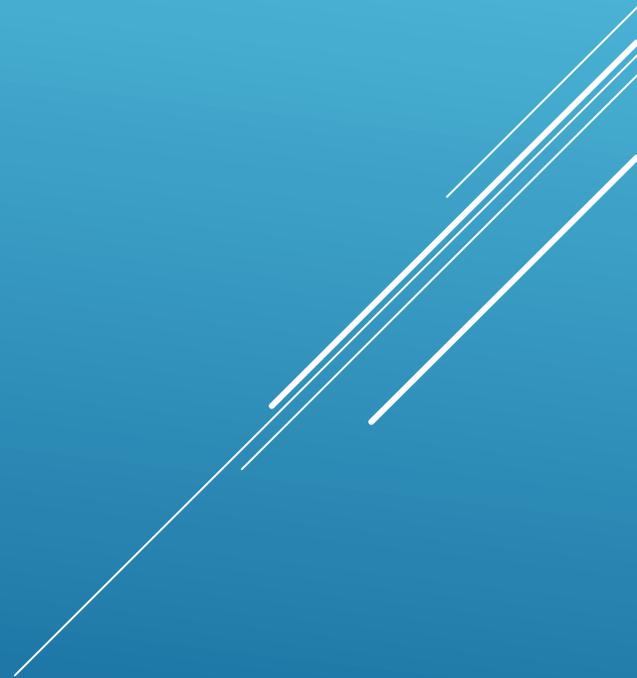
*Italo Calvino (Il conte di Montecristo)*

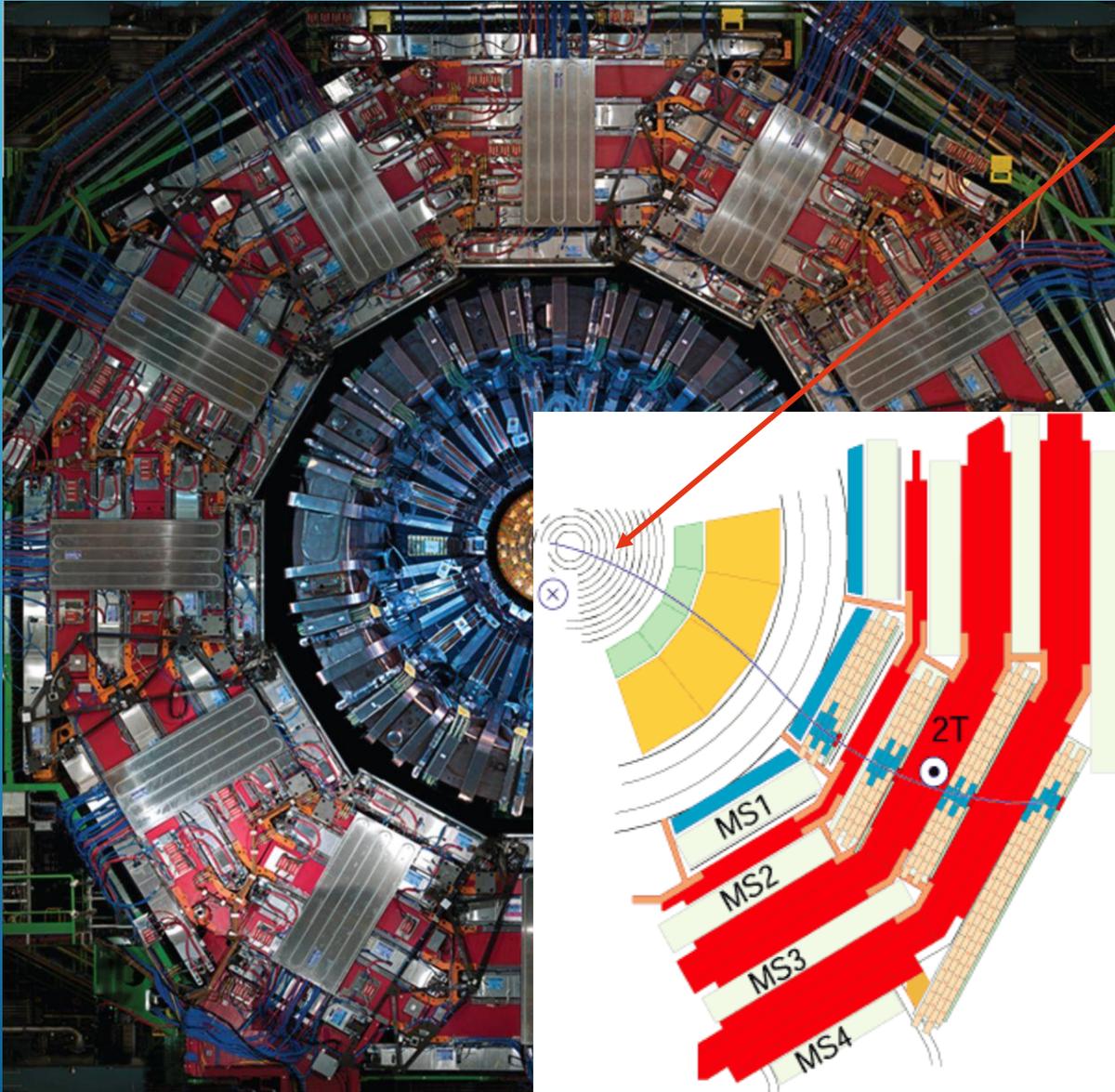
GRAZIE

Domande



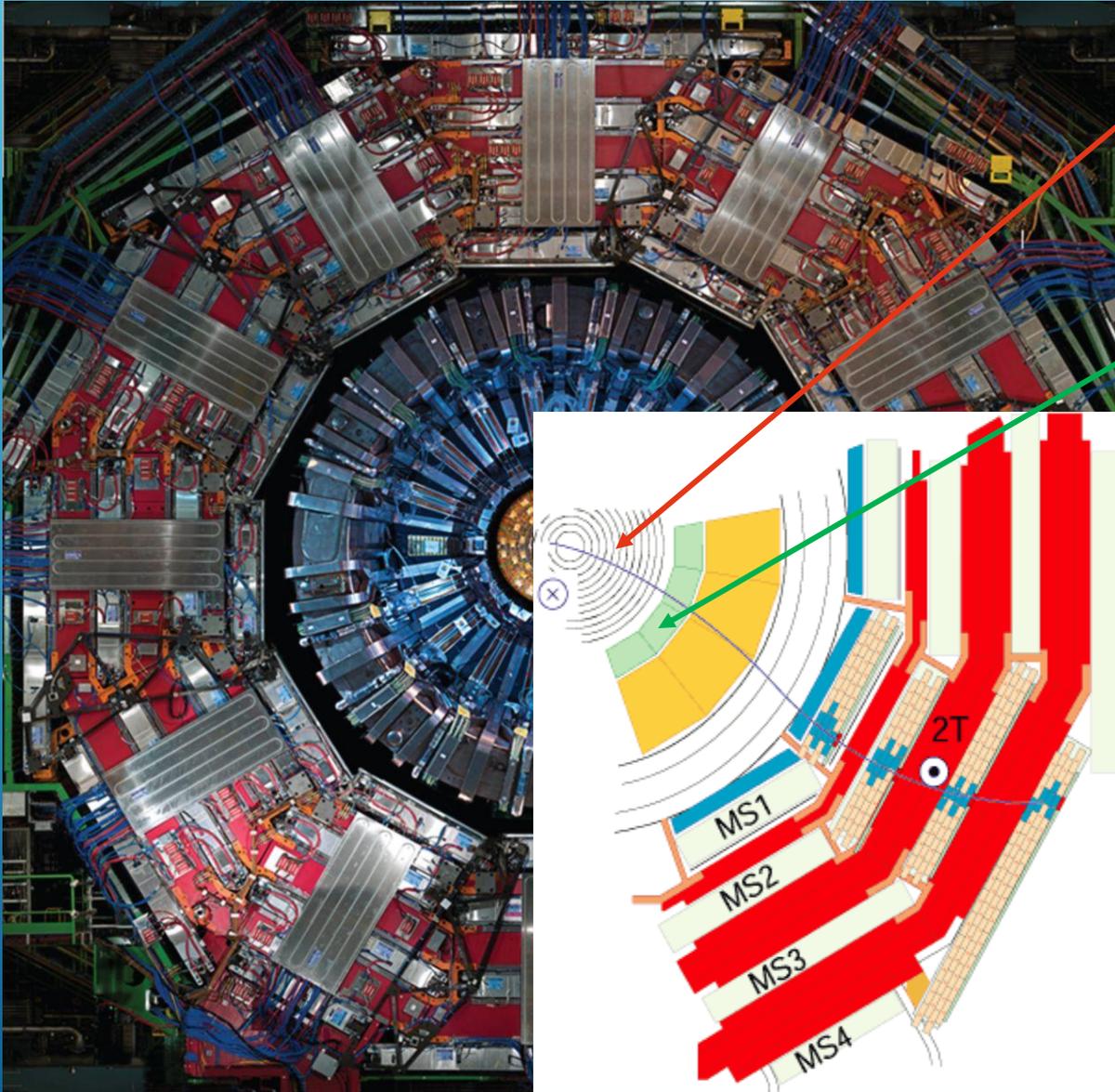
BACKUP





**Tracciatore:** serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico.

Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

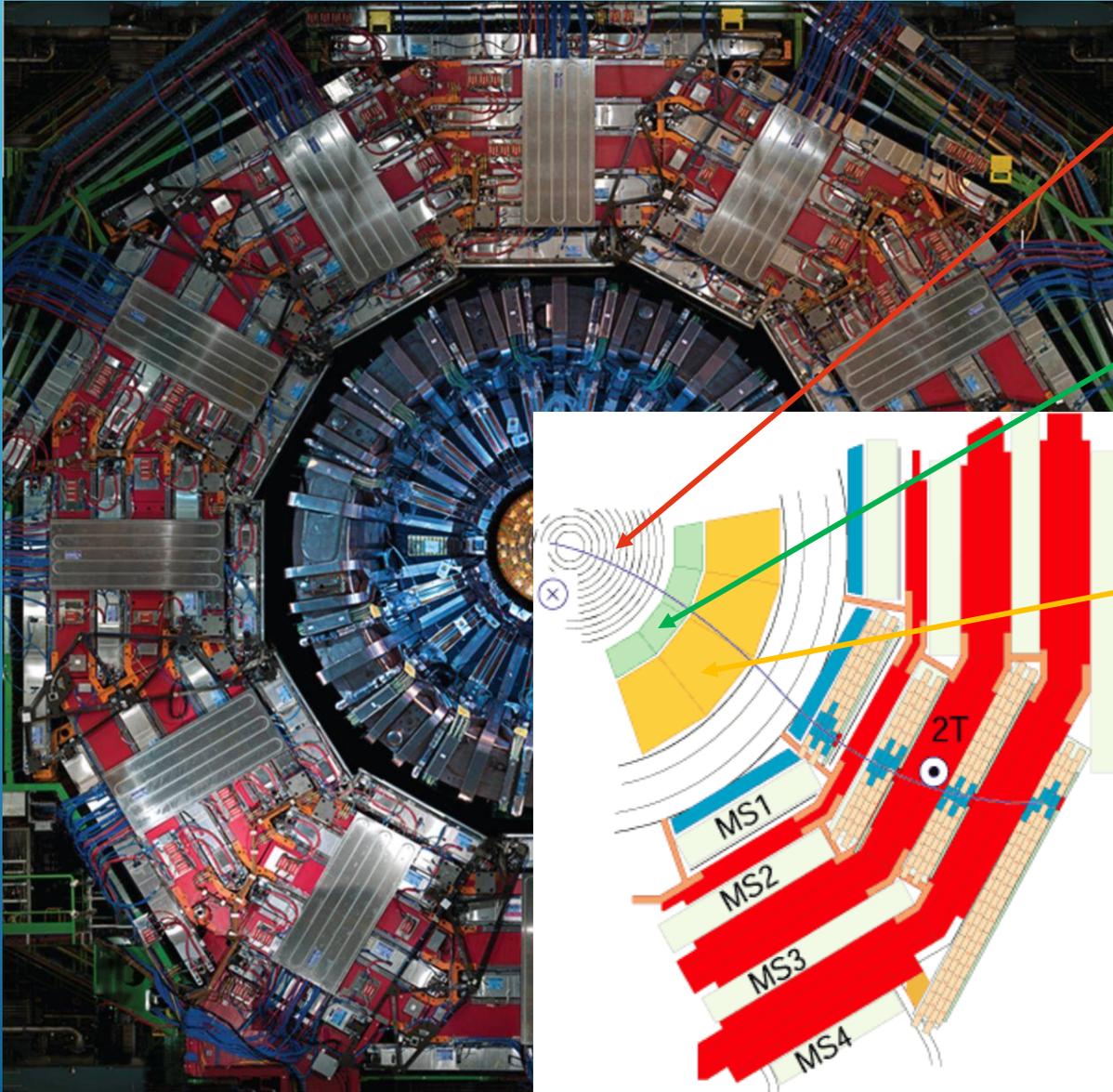


**Tracciatore:** serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico.

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.

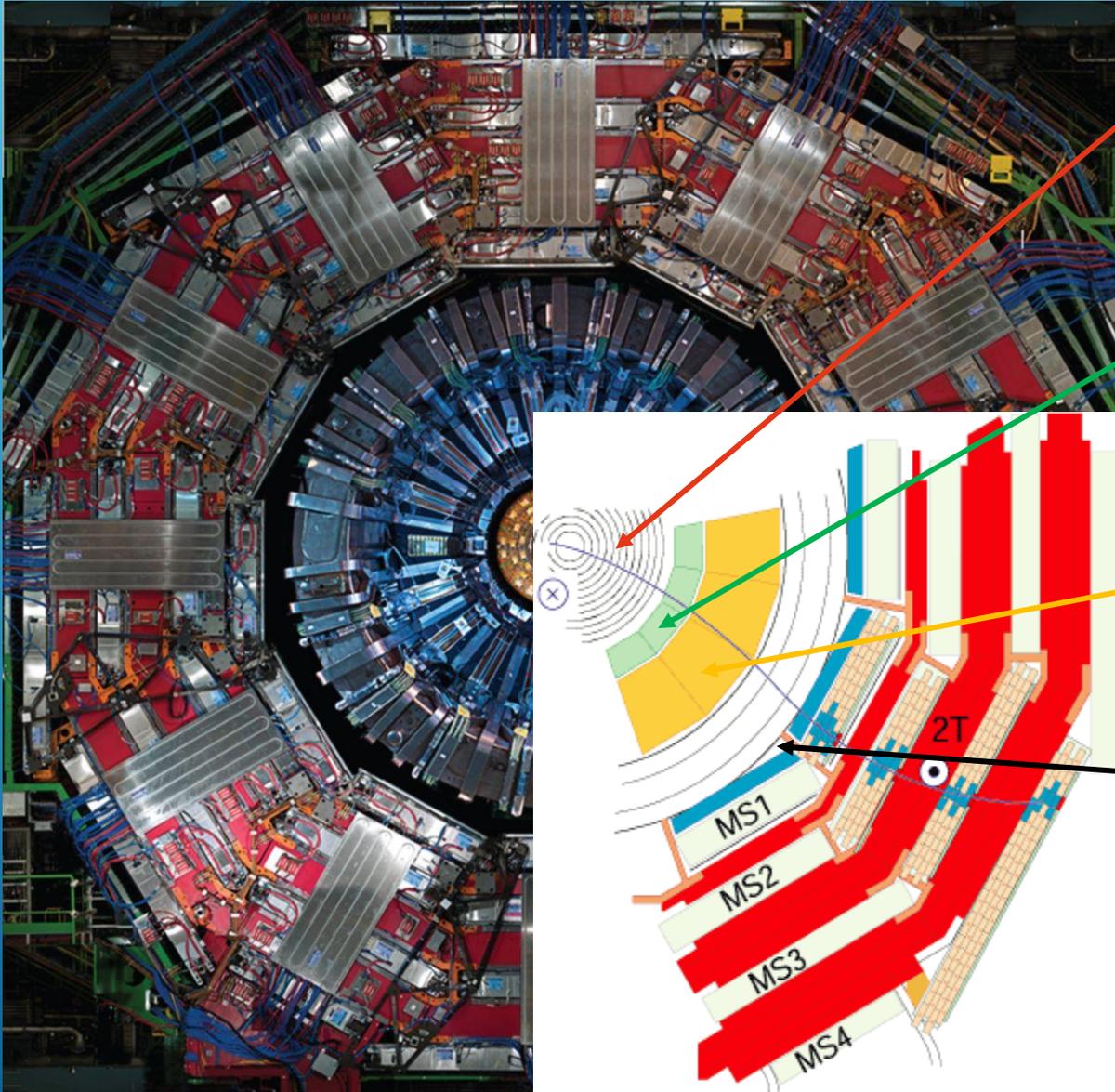
Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

**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.

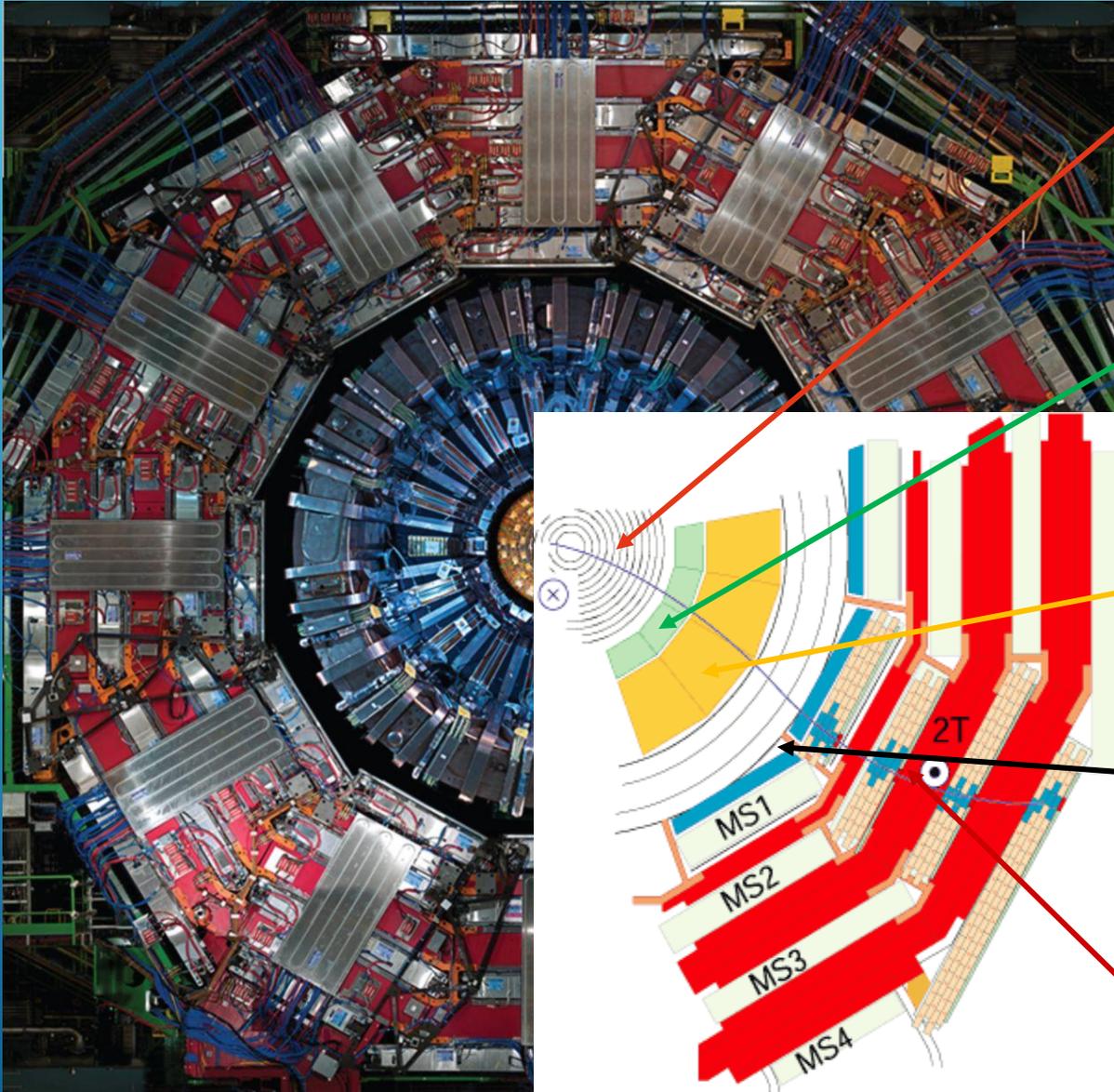
**Calorimetro elettromagnetico:** serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni.

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)

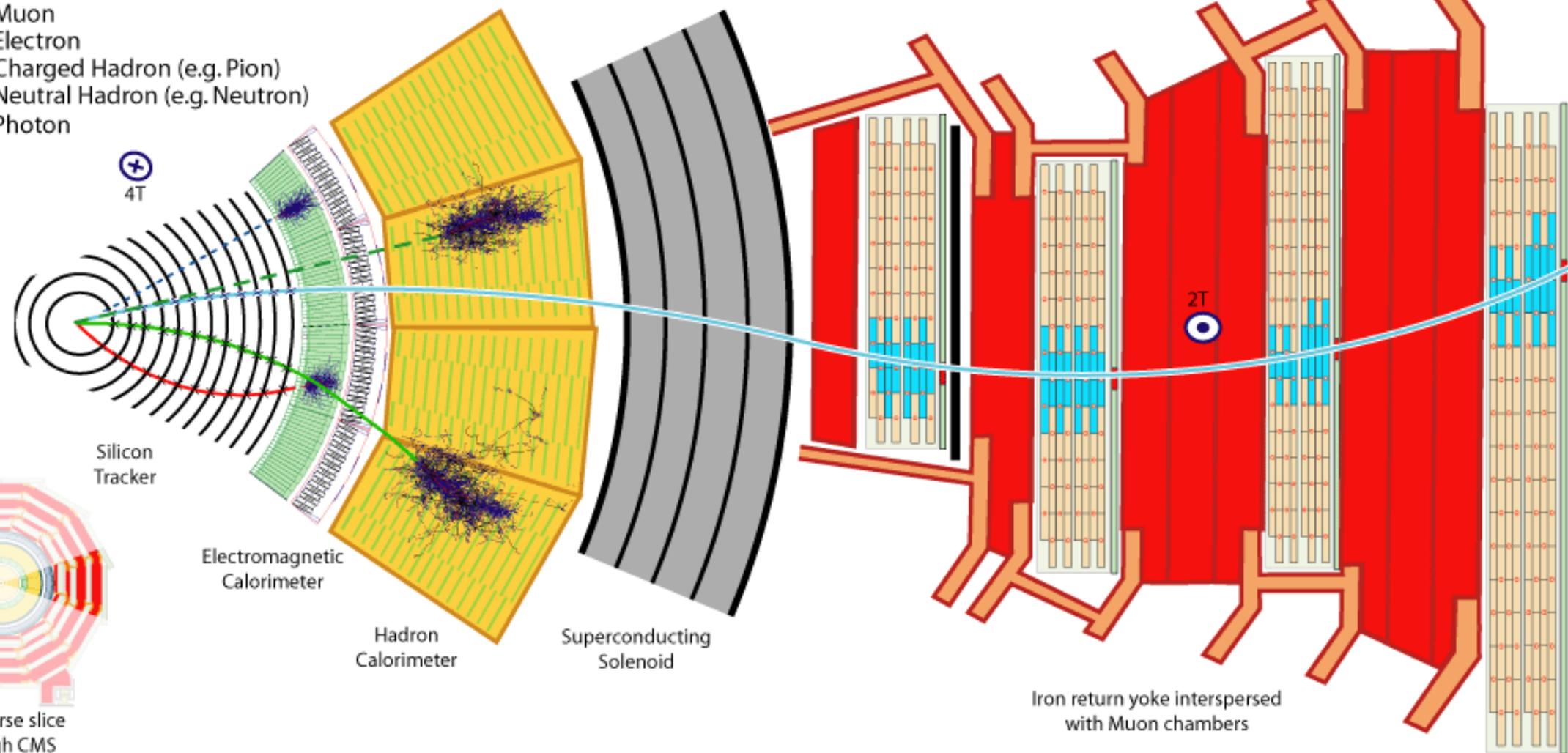
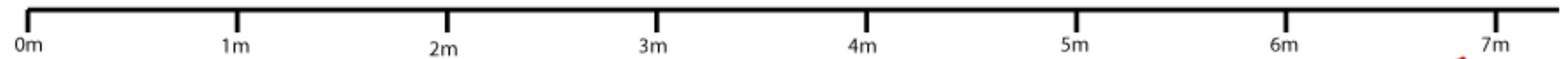
**Solenoid:** genera un campo magnetico che serve a curvare le particelle cariche.

**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.

Key:

- Muon
- Electron
- Charged Hadron (e.g. Pion)
- Neutral Hadron (e.g. Neutron)
- Photon

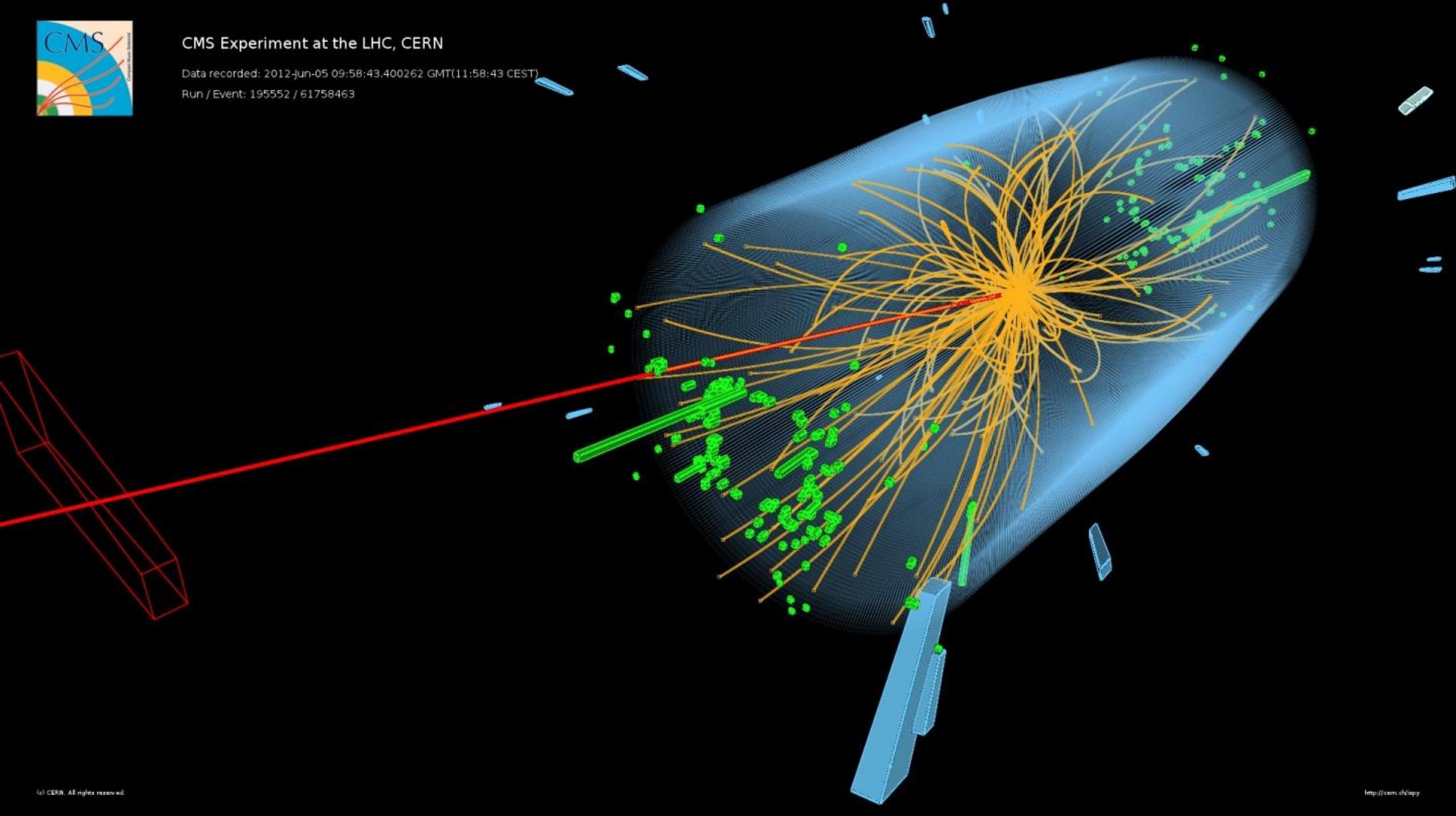




# CMS Experiment at the LHC, CERN

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

Run / Event: 195552 / 61758463



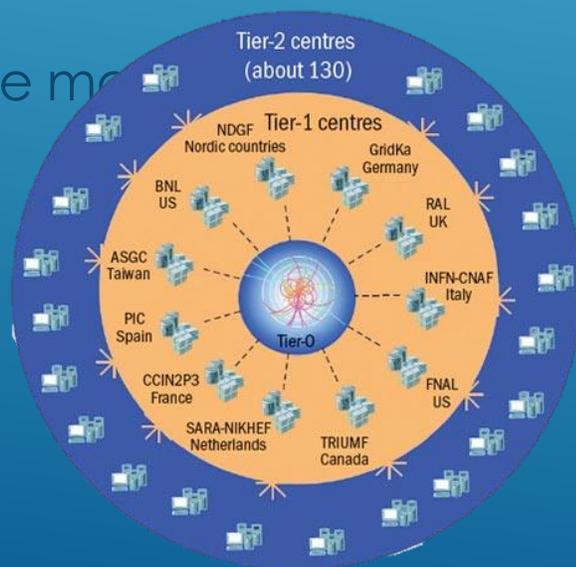
# COME SI ANALIZZANO I DATI?

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 fornire una tale potenza di calcolo.

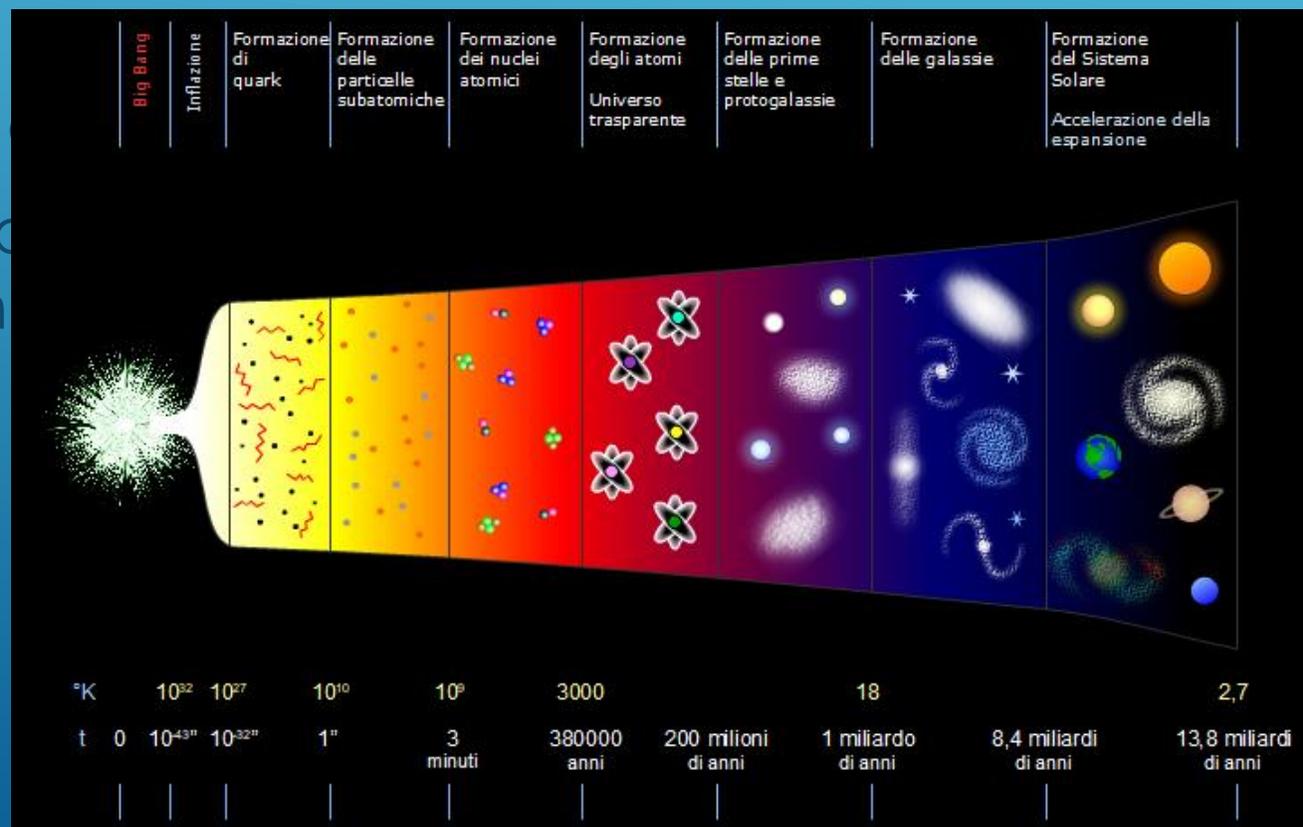
Serve una rete mondiale  
la GRID



# A COSA SERVE CMS?

In laboratori come il

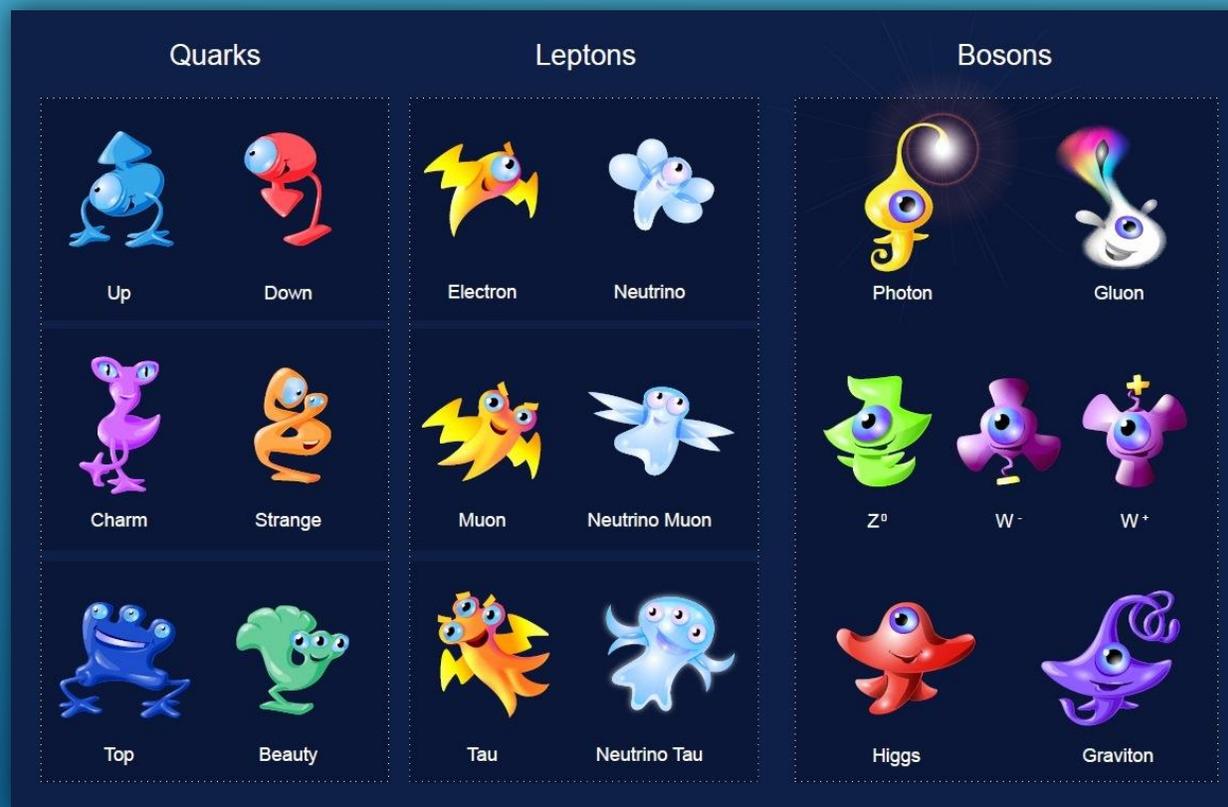
- Cerchiamo di ricostruire la composizione



l'universo, la  
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....



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**

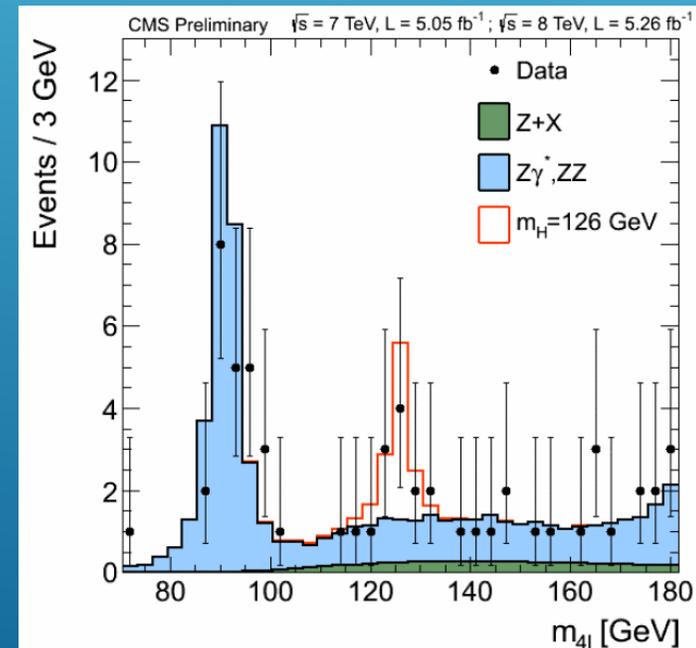
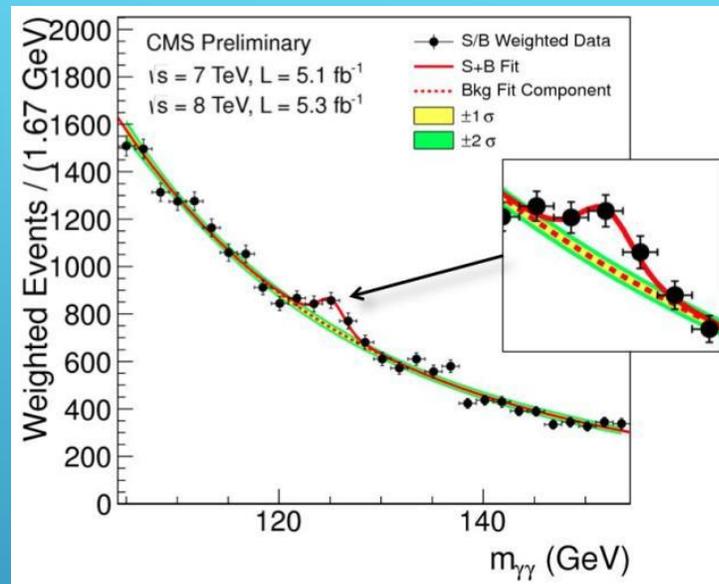
Particelle di massa  
piccolissima o zero  
(fotoni, elettroni, ecc.)

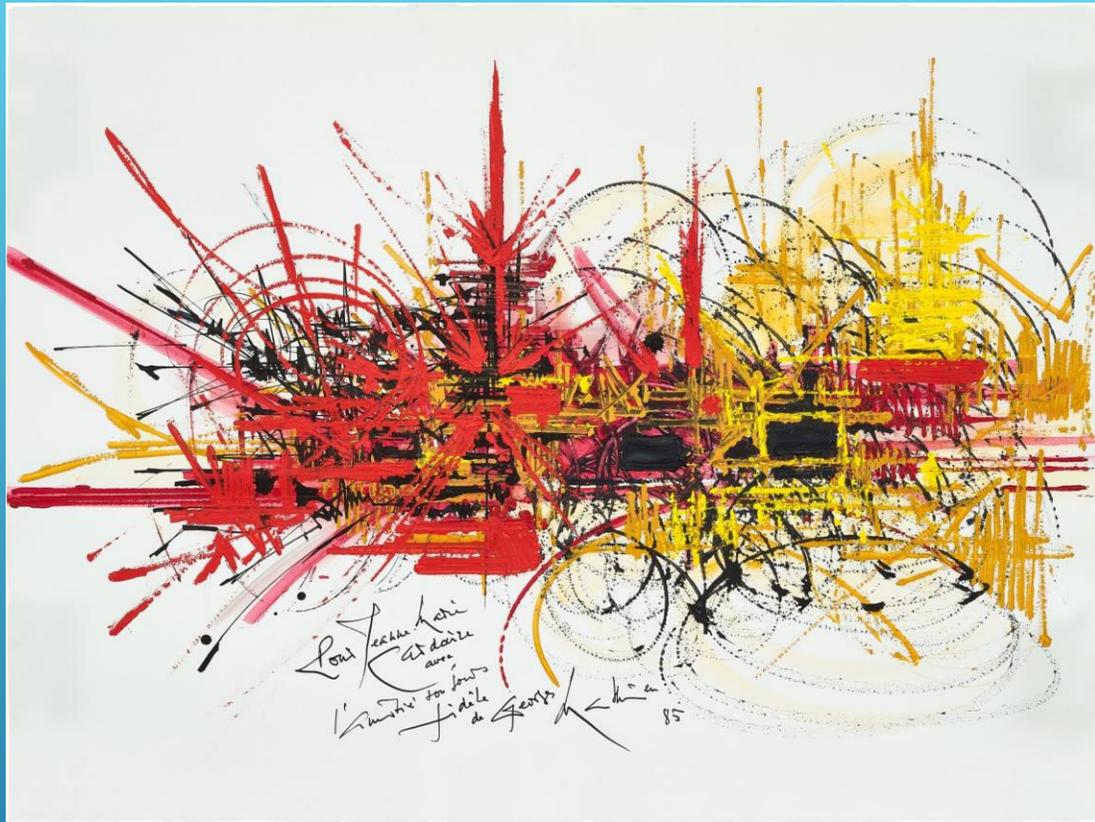
Particelle  
di massa media  
(muoni, ecc.)

Particelle  
di grande massa  
(quark top, ecc.)

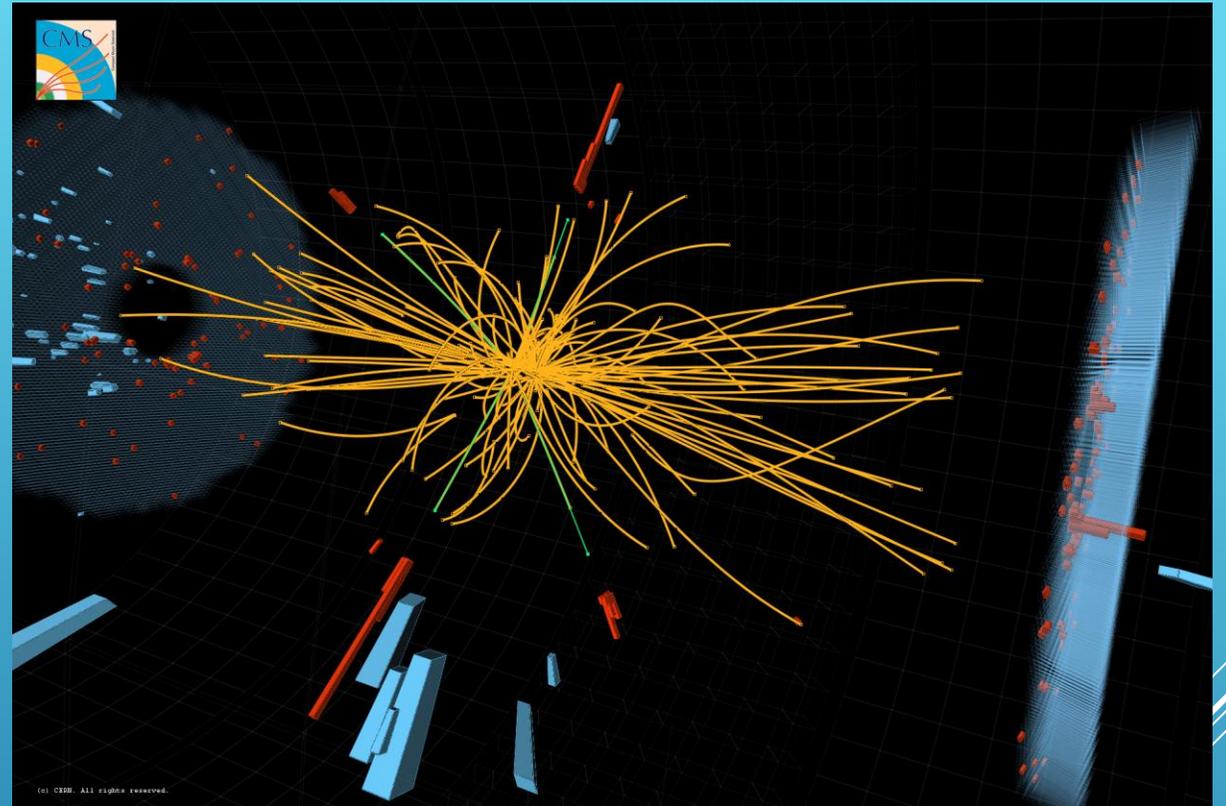


Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare





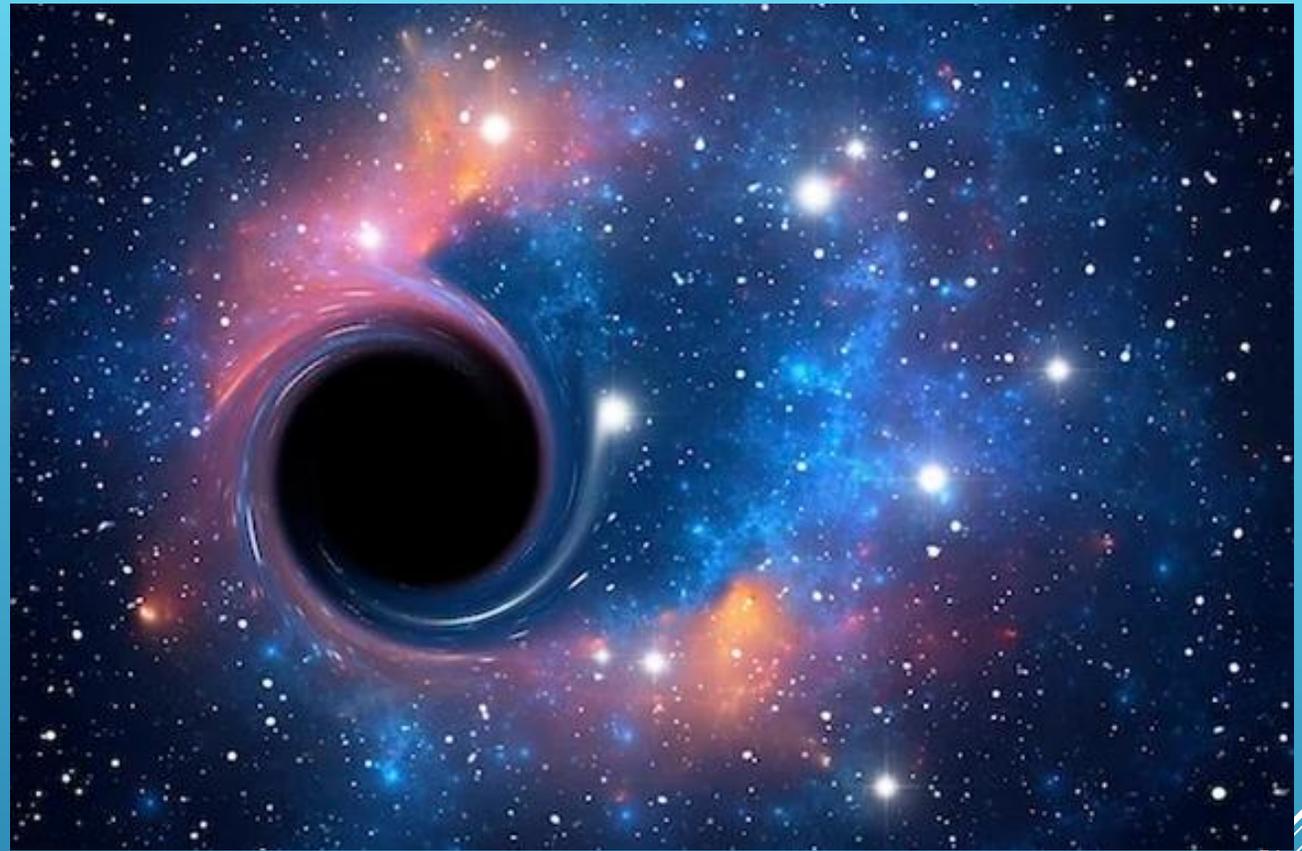
GEORGES MATHIEU



Evento di CMS attraverso l'event display



VASSILY KANDISKY - Several Circles



Rappresentazione grafica di un buco nero



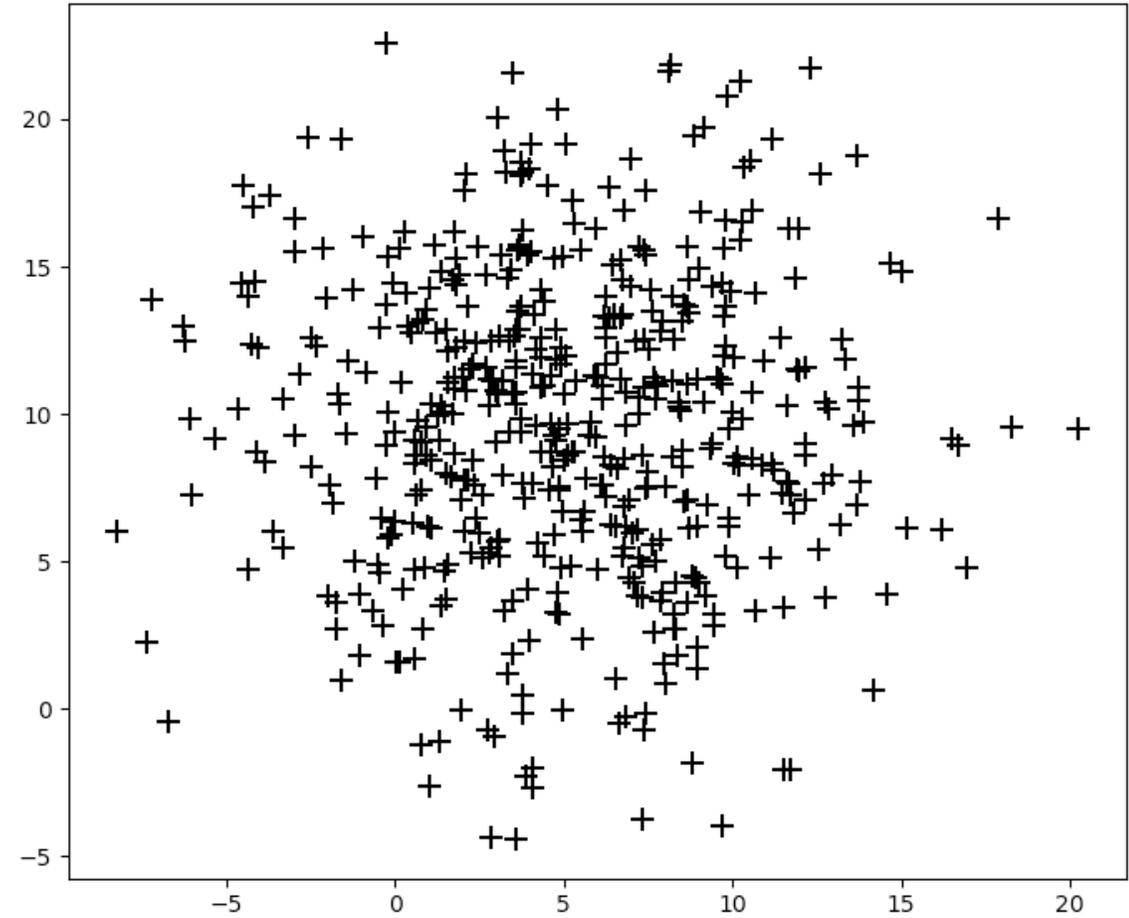
GIORDANA HOUGHTON



Dettaglio dell'atmosfera di Giove



MONDRIAN Composizione n.10



Distribuzione 2d di una Gaussiana