

Con il patrocinio di:



Città di
PERUGIA



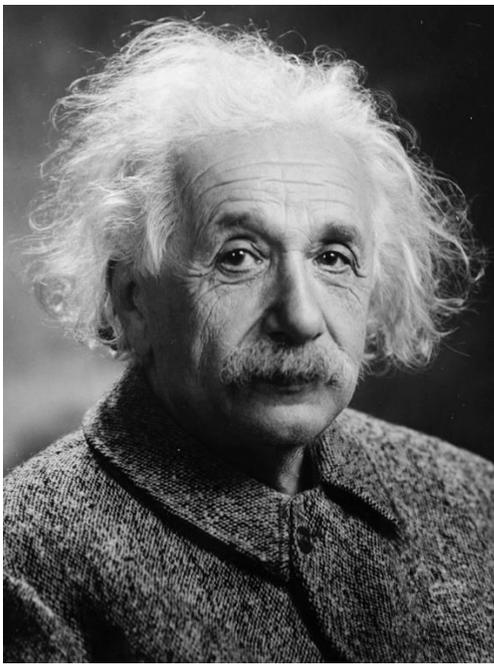
Per studiare la natura,
ci vuole il fisico!

Valentina Mariani
per il Progetto **Art&Science Across Italy**

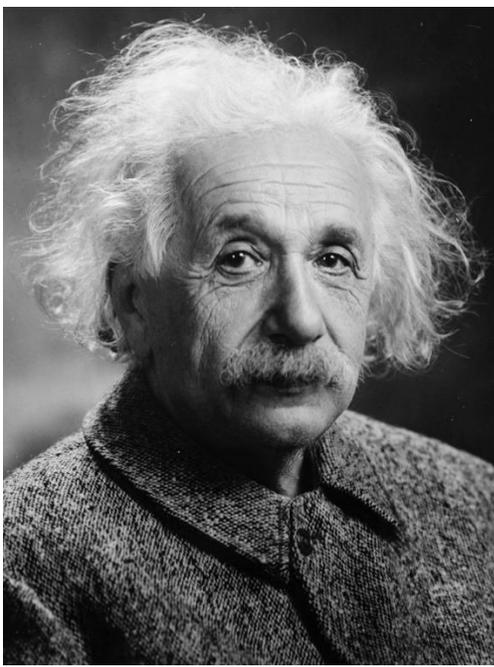


Istituto Nazionale di Fisica Nucleare





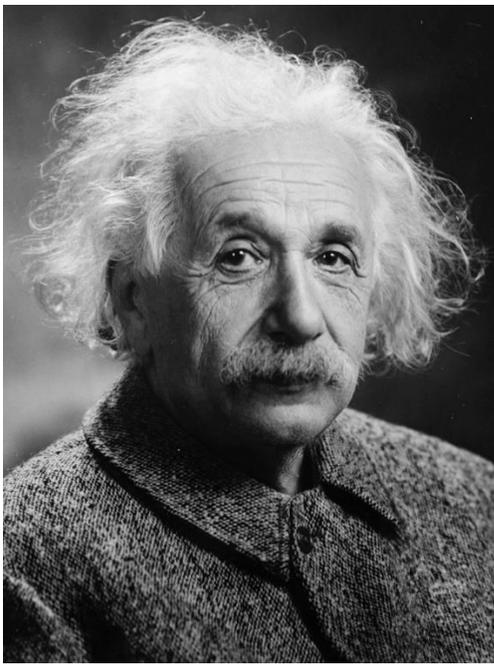
Come mi vede la società



Come mi vede la società



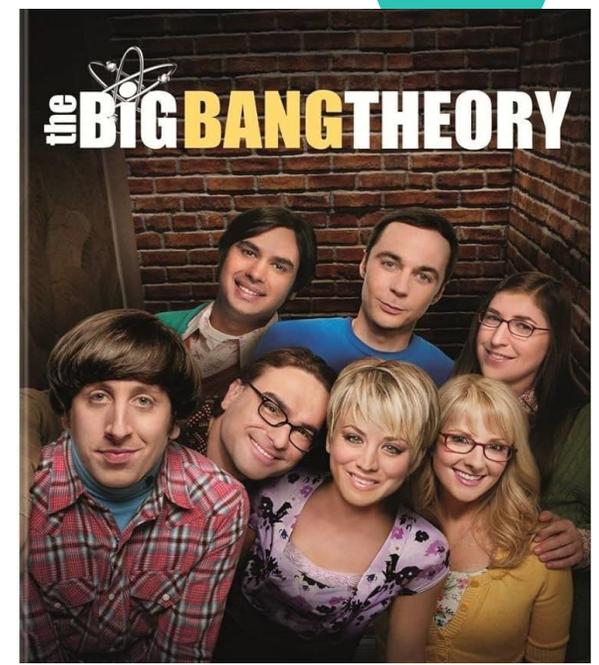
Come mi vede mia madre



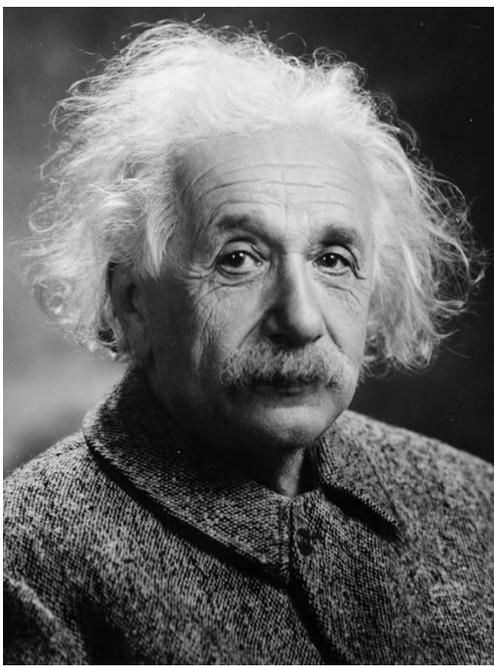
Come mi vede la società



Come mi vede mia madre



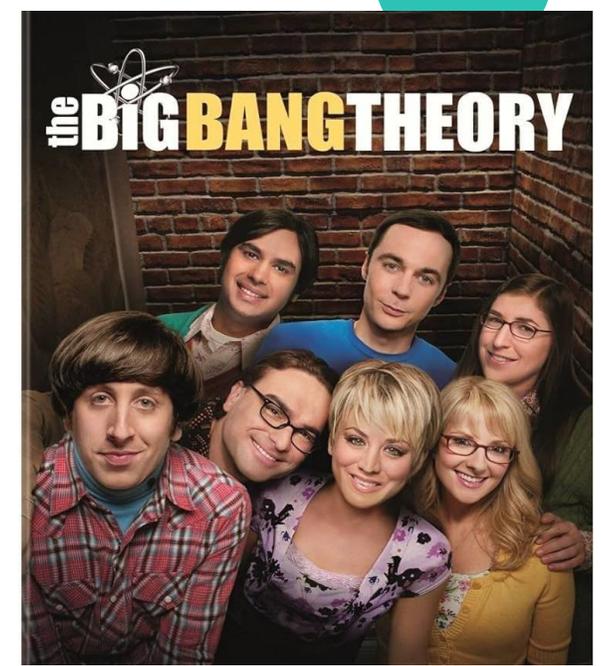
Come mi vedono i miei amici



Come mi vede la società



Come mi vede mia madre



Come mi vedono i miei amici



Come mi vedono i complottisti



Come mi vedo (sogno) io



Come sono realmente!

Il nostro
lavoro
consiste nel
cercare
risposte a
domande
aperte!

Com'è nato l'universo?

Da cosa è composta la materia?

Quali sono i componenti elementari?

Quali le forze che agiscono su essi?

Di cosa è fatta la materia oscura?

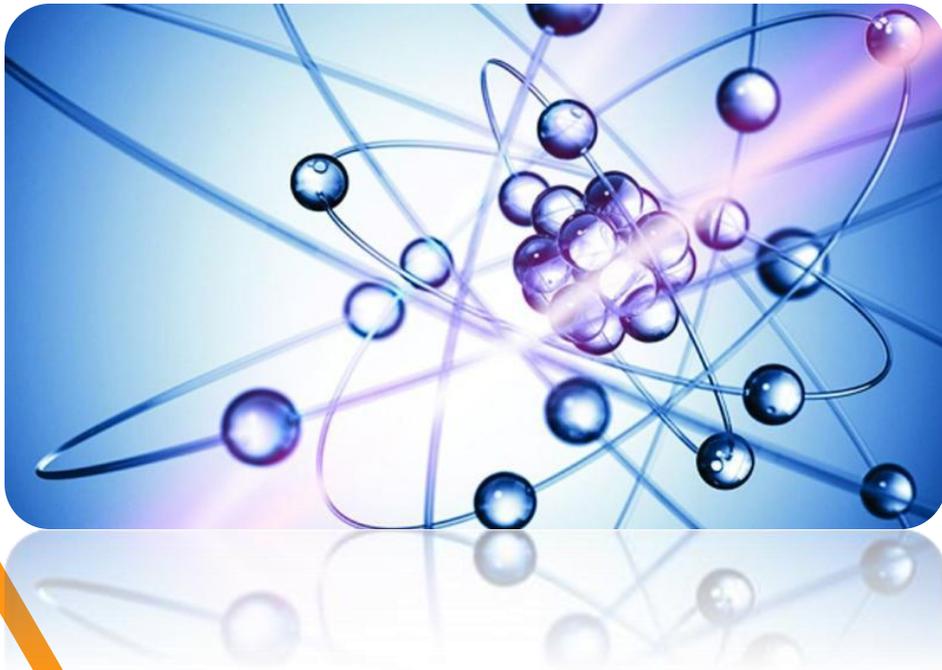
.....

Iniziamo da
quello che
sappiamo...



L'universo può essere descritto da:

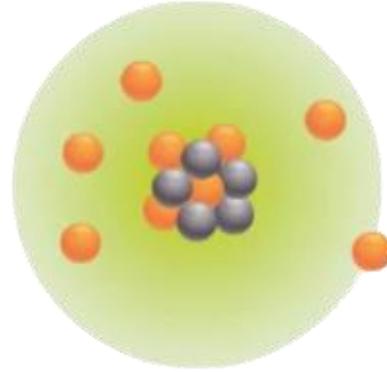
Materia



Forze



Materia



Atomo

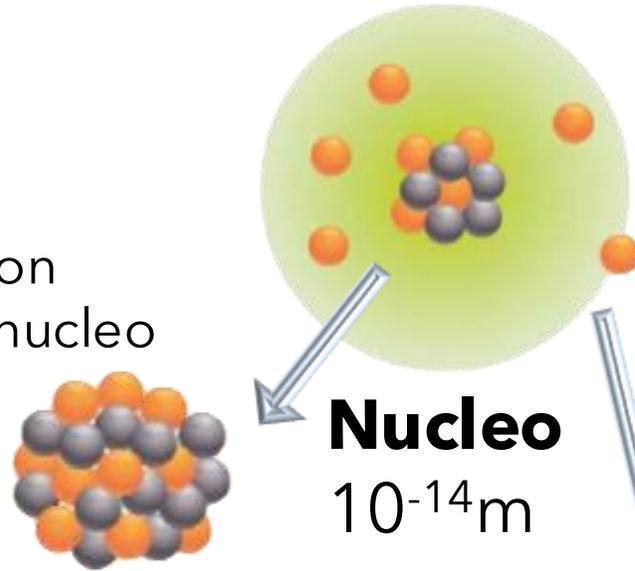
10^{-10}m

“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

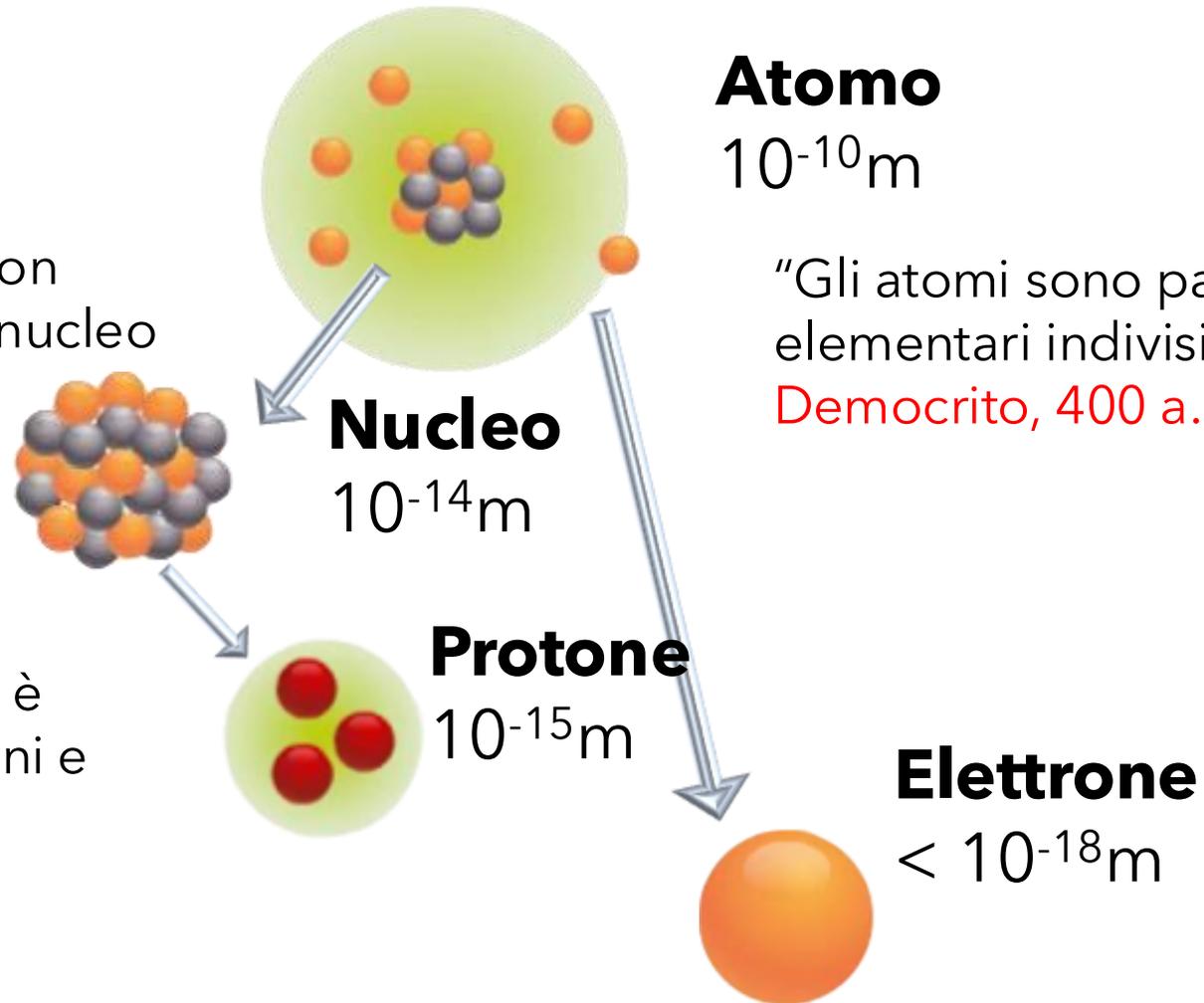
“Gli atomi sono particelle elementari indivisibili”:
Democrito, 400 a.C.

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

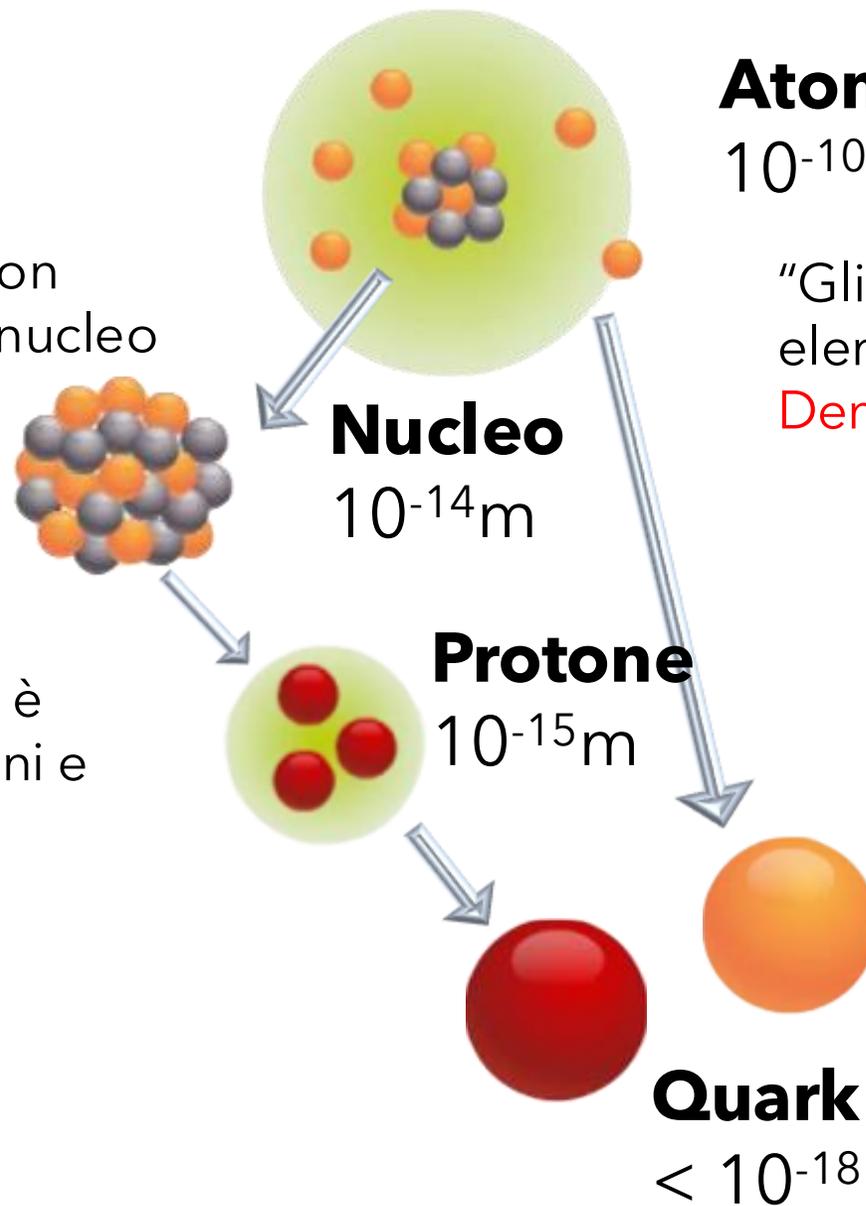
Elettrone

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

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

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

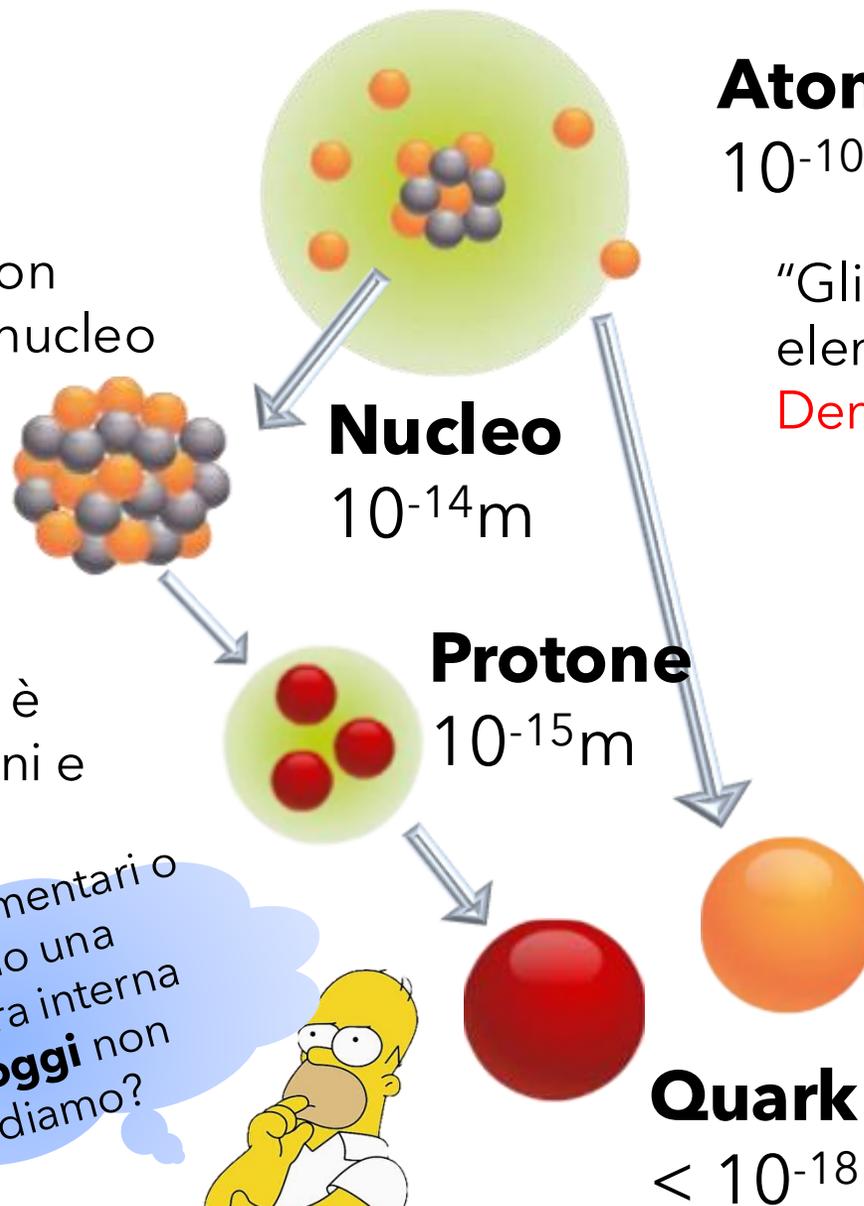
Protoni e neutroni sono composti da quark:
Gell-Mann e Zweig, 1964

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

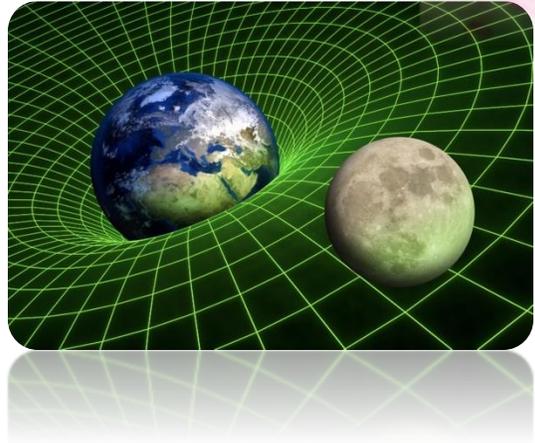
$< 10^{-18}\text{m}$

Quark

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

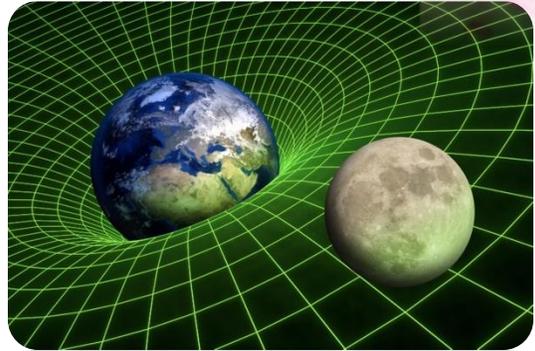
Protoni e neutroni sono composti da quark:
Gell-Mann e Zweig, 1964

Forze



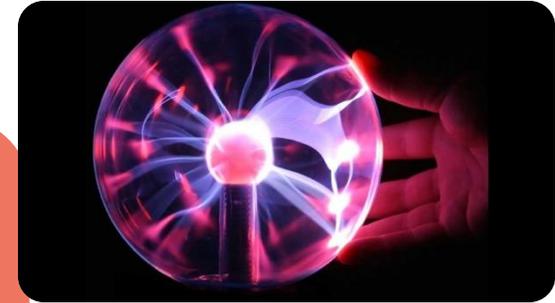
**Forza
gravità**

Forze



**Forza
gravità**

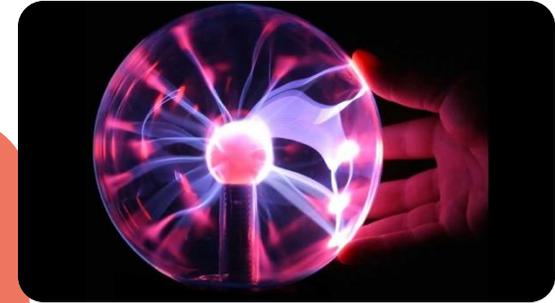
**Forza
elettro
magnetica**



Forze



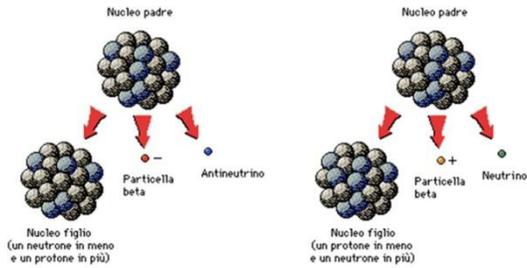
Forza gravità



Forza elettromagnetica



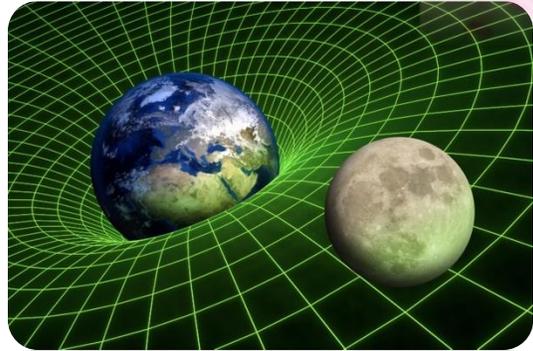
Forza debole



Forze



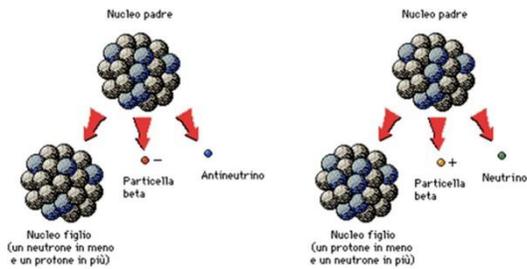
Forza gravità



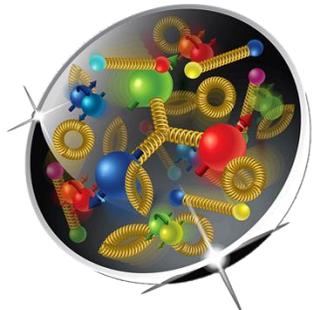
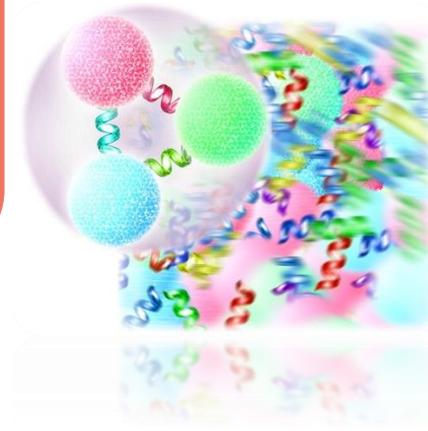
Forza elettromagnetica



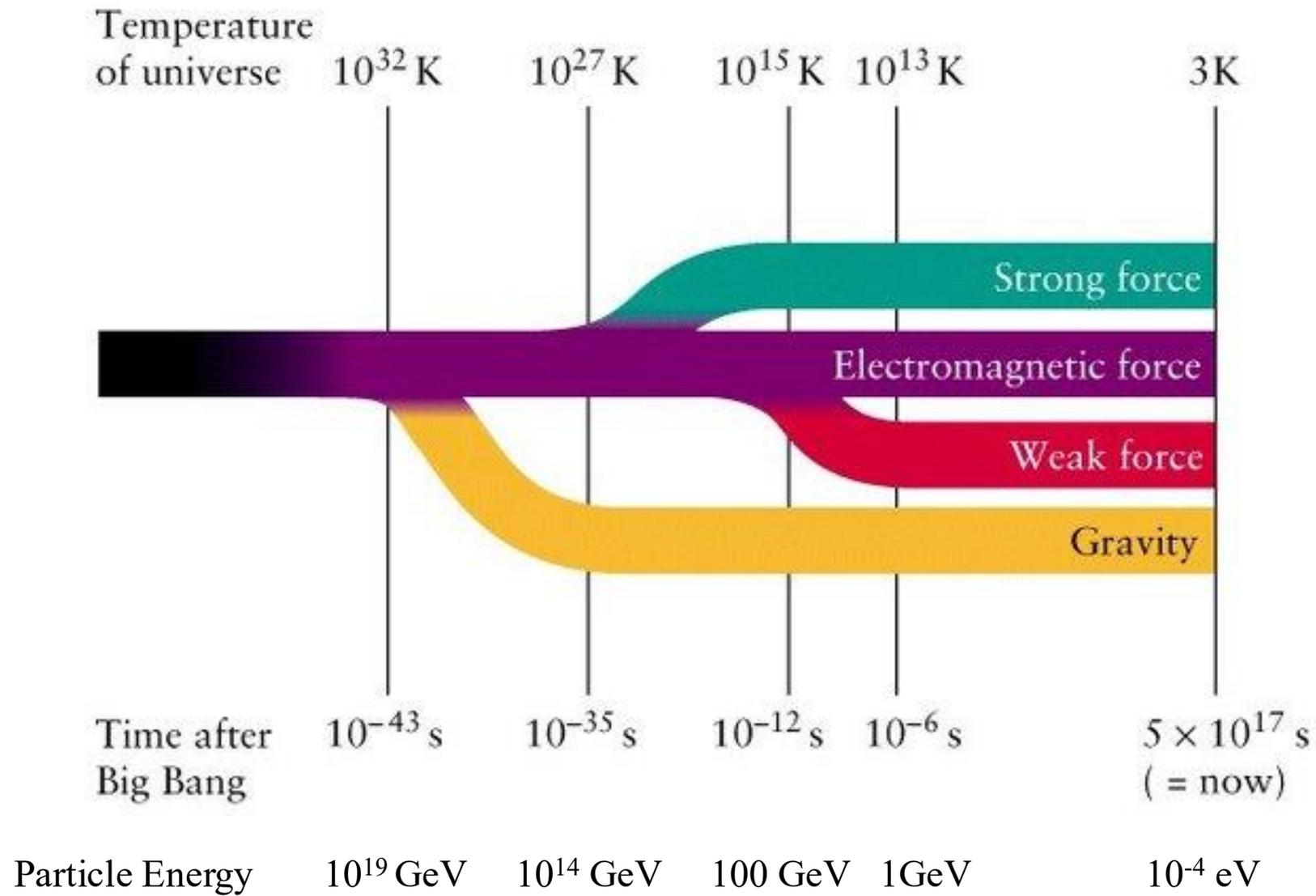
Forza debole



Forza forte



Un'unica forza (?)



Il Modello Standard

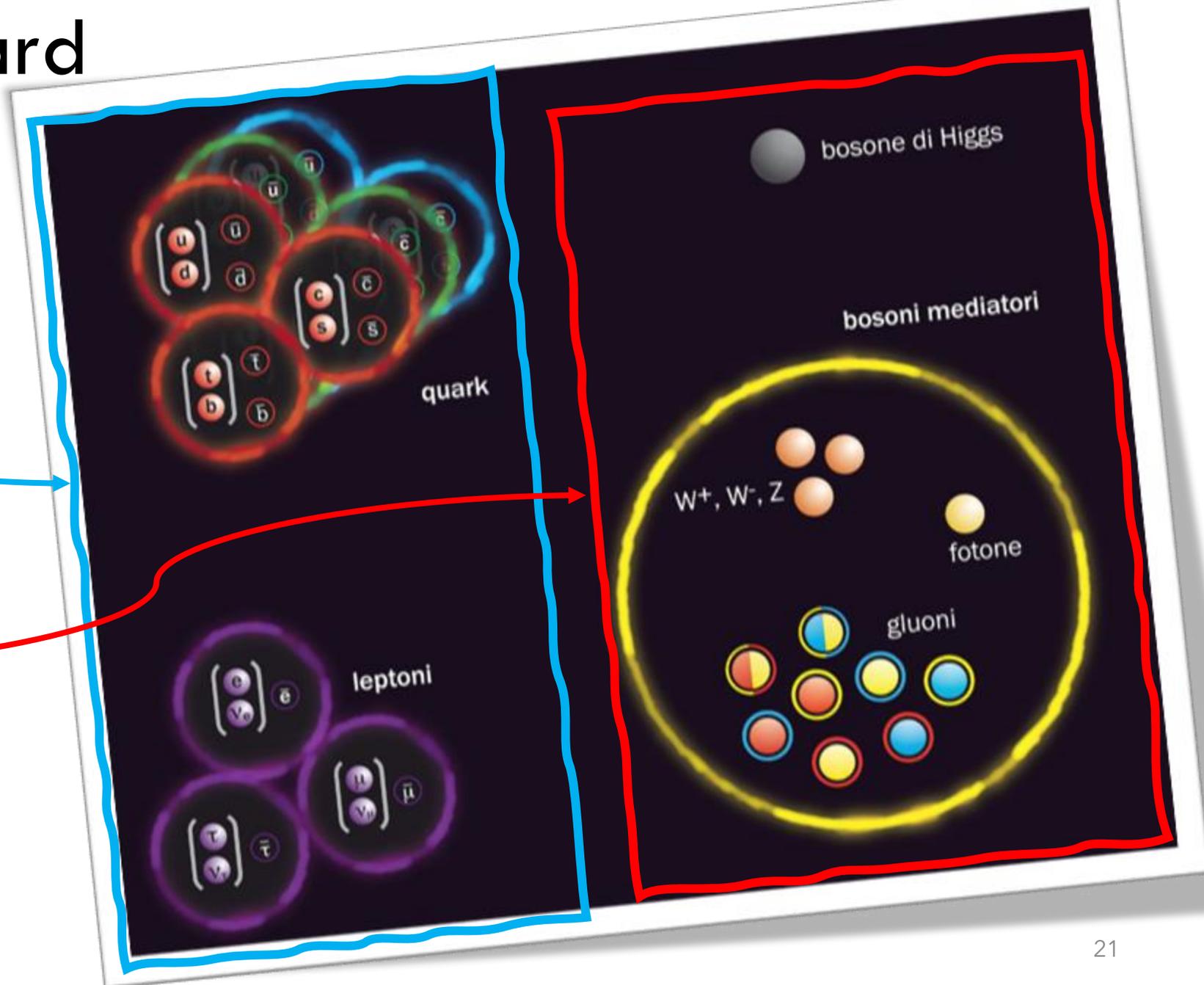
La teoria del Modello Standard descrive tutto ciò che sappiamo su:

➤ Materia:

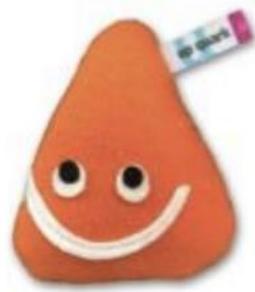
- Quark
- Leptoni

➤ Interazioni:

- Bosoni



Sapori di quark



- 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 ;)



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

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 - Finnegan's Wake

Quark è una parola inglese obsoleta che significa [gracchiare](#), la poesia parla di un coro di uccelli che deride il re Marco di Cornovaglia nella leggenda di Tristano e Isotta. Nelle parti del mondo di lingua tedesca è però diffusa la leggenda che Joyce l'avesse preso la parola quark dalla lingua tedesca di origine slava che denota un [formaggio a pasta filata](#), ma è anche un termine colloquiale per "[sciocchezze banali](#)"

Come si
studiano le
particelle?



Guardando il
cielo



Andando
sottoterra

Studio dello spazio





Big Bang

Inflazione

Formazione di quark

Formazione delle particelle subatomiche

Formazione dei nuclei atomici

Formazione degli atomi
Universo trasparente

Formazione delle prime stelle e protogalassie

Formazione delle galassie

Formazione del Sistema Solare
Accelerazione della espansione

Il nostro universo è un libro di storia!

°K	10^{32}	10^{27}	10^{10}	10^9	3000	18	2,7			
t	0	10^{-43} "	10^{-32} "	1"	3 minuti	380000 anni	200 milioni di anni	1 miliardo di anni	8,4 miliardi di anni	13,8 miliardi di anni

Come guardano il cielo i fisici?



Come guardano il cielo i fisici?



Come guardano il cielo i fisici?



Fermi

Telescopio spaziale di grande area per la rilevazione di **raggi gamma** → eventi ad alta energia in grado di attraversare distanze cosmologiche senza essere deviati dai campi magnetici.

Studia fenomeni violenti avvenuti ai confini dell'universo.

In funzione dal 2008.

AMS-
02

CTA

Come guardano il cielo i fisici?



Fermi

Telescopio spaziale di grande area per la rivelazione di **raggi gamma** → eventi ad alta energia in grado di attraversare distanze cosmologiche senza essere deviati dai campi magnetici.

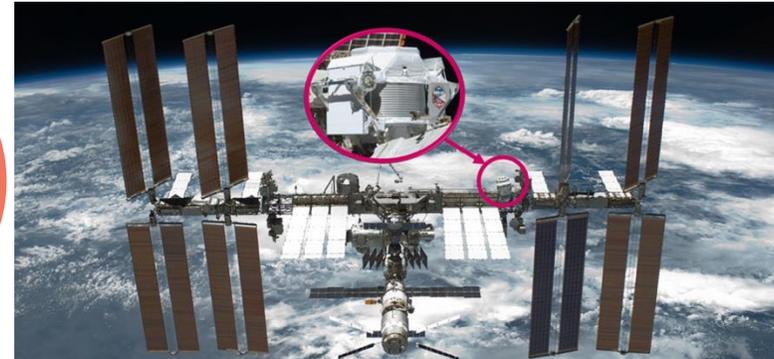
Studia fenomeni violenti avvenuti ai confini dell'universo.

In funzione dal 2008.

Spettrometro progettato per la ricerca di antimateria e materia oscura, dalla misura di precisione dei **raggi cosmici**.

In funzione dal 2011.

AMS-02



CTA

Come guardano il cielo i fisici?



Fermi

Telescopio spaziale di grande area per la rilevazione di **raggi gamma** → eventi ad alta energia in grado di attraversare distanze cosmologiche senza essere deviati dai campi magnetici.

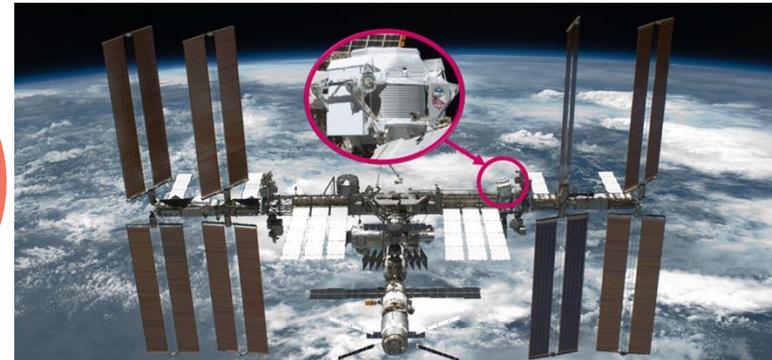
Studia fenomeni violenti avvenuti ai confini dell'universo.

In funzione dal 2008.

Spettrometro progettato per la ricerca di antimateria e materia oscura, dalla misura di precisione dei **raggi cosmici**.

In funzione dal 2011.

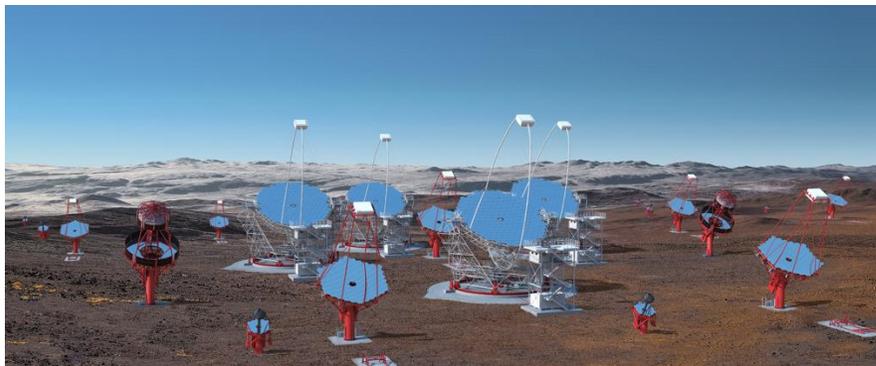
AMS-02



Complesso di osservatori astronomici per lo studio dell'universo attraverso raggi gamma ad alta energia. Due reti di telescopi che copriranno l'osservazione dell'intero cielo, uno per emisfero.

→ tecnica stereoscopica per migliorare la risoluzione angolare, osservando lo stesso evento da angolazioni diverse usando un array di telescopi.

In costruzione.



CTA

...e questa è solo una piccola selezione, in cui i ricercatori di Perugia sono direttamente coinvolti!

La Terra è continuamente bombardata da particelle.

RAGGI COSMICI



La Terra è continuamente bombardata da particelle.

RAGGI COSMICI

Lo studio della fisica delle particelle, fino agli anni 50, è stato condotto usando questo laboratorio naturale.

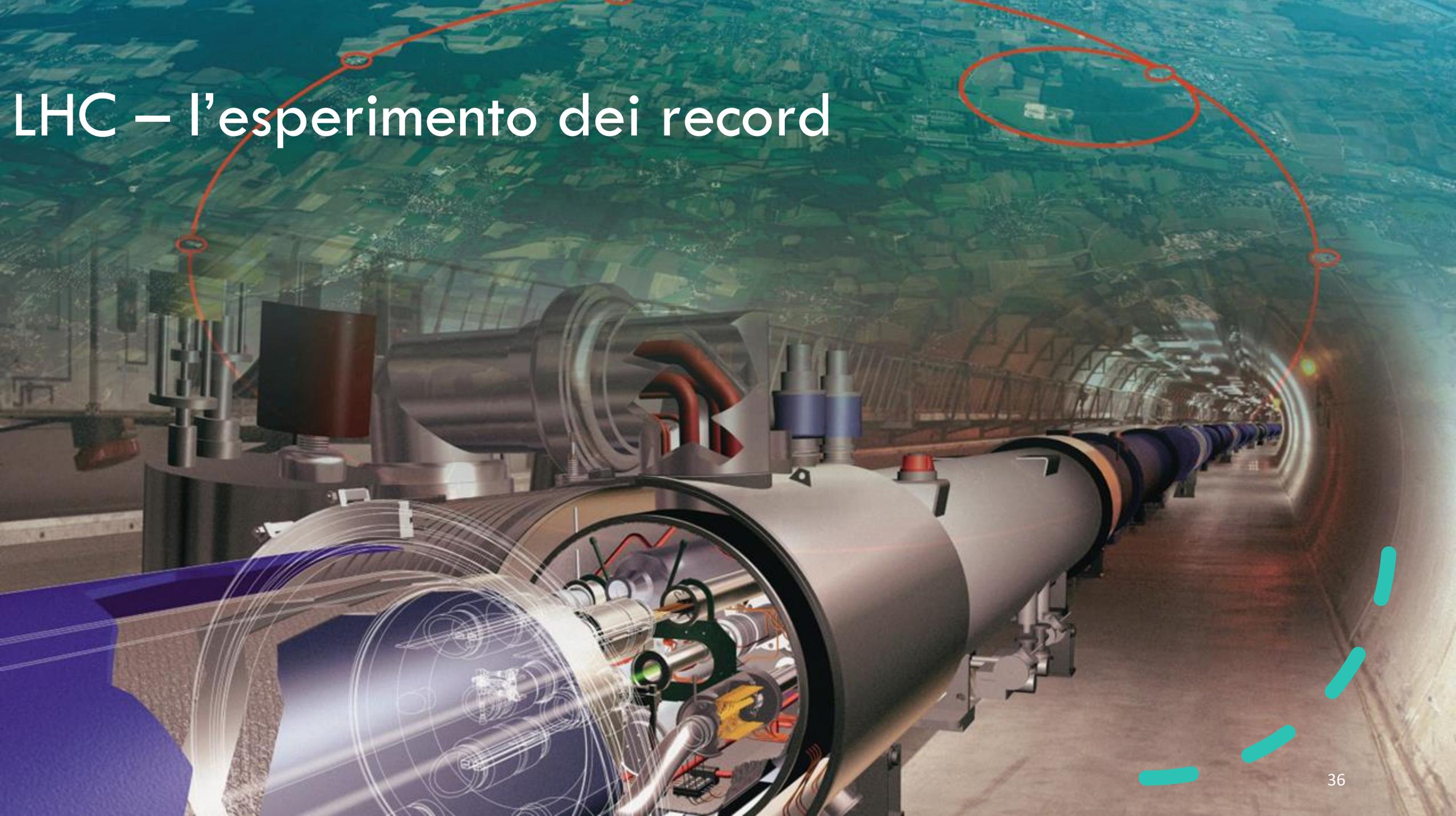
...ma restavano ancora molte cose da capire!



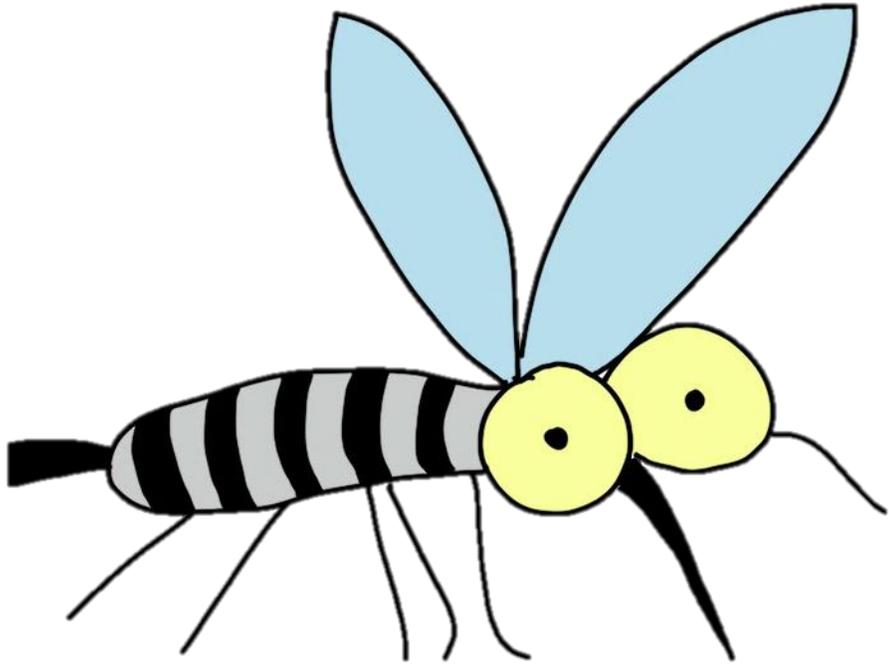
Studio agli acceleratori



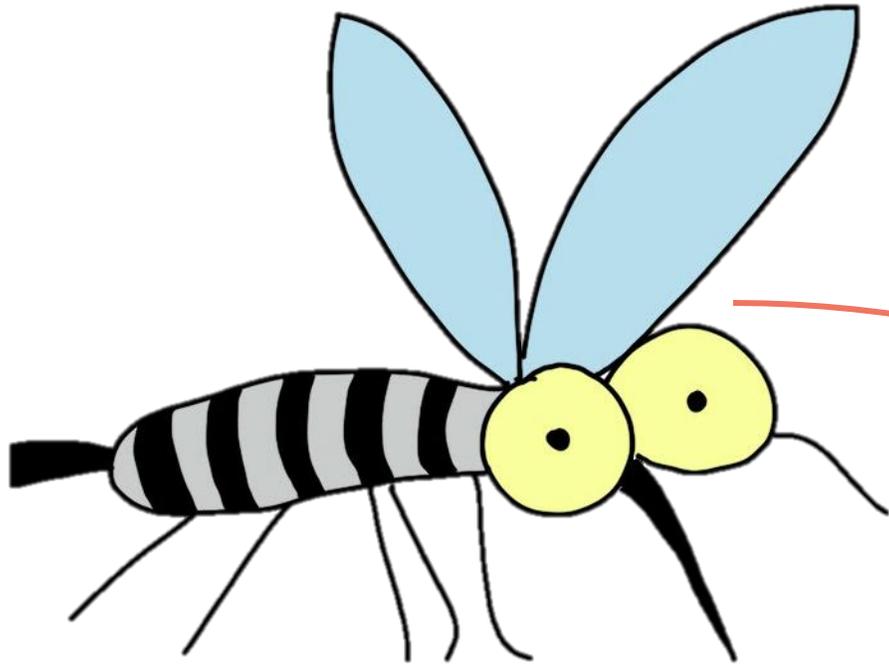
LHC – l'esperimento dei record



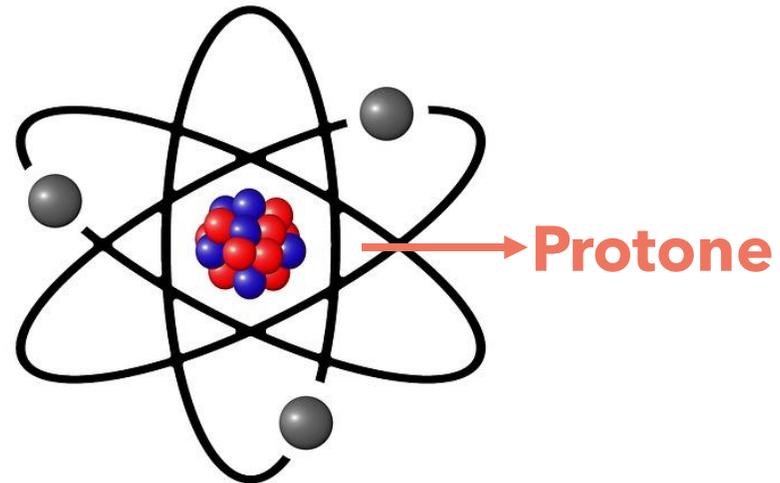
L'energia record....di una zanzara!!

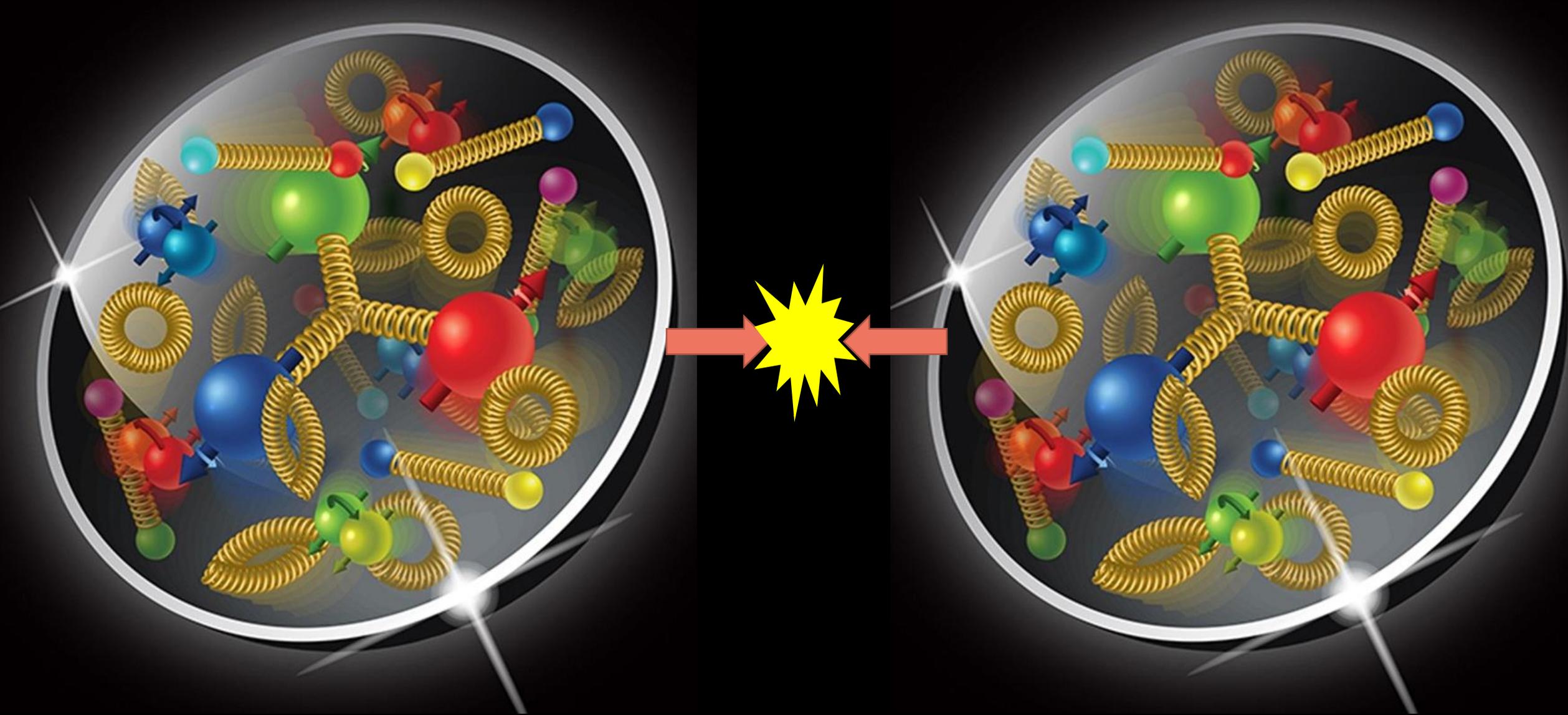


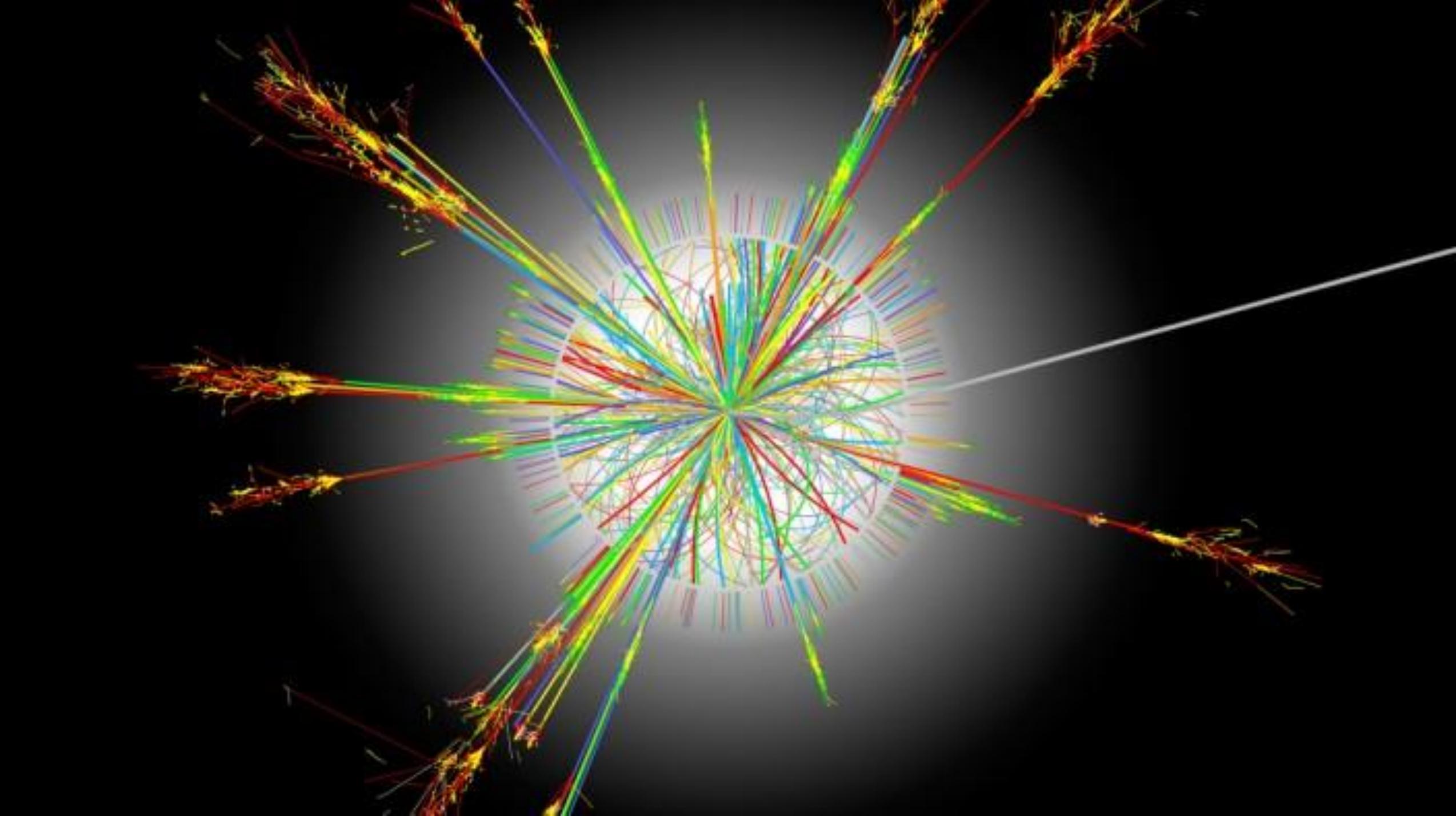
L'energia record....di una zanzara!!

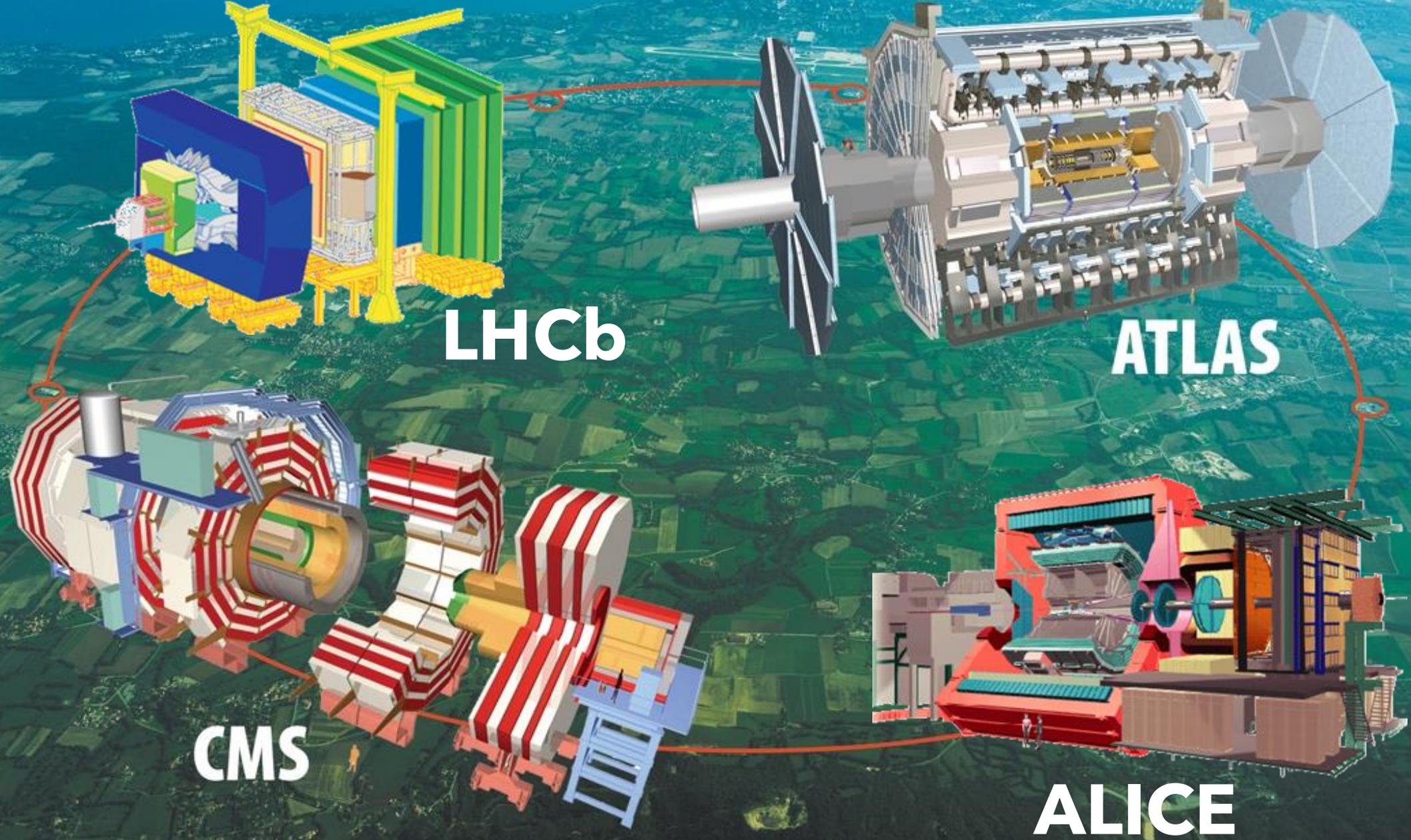


....ma condensata su un
singolo protone!









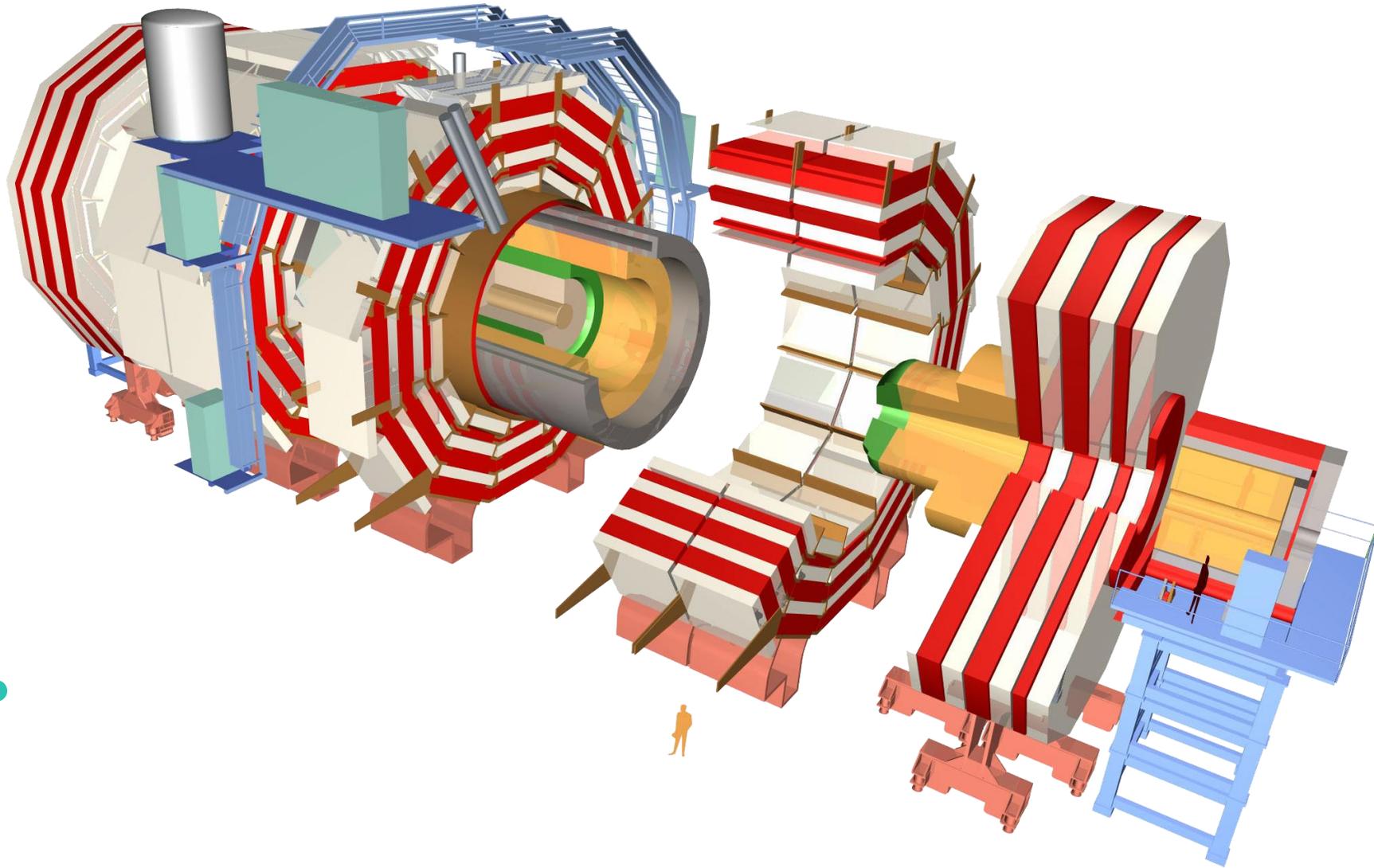
LHCb

ATLAS

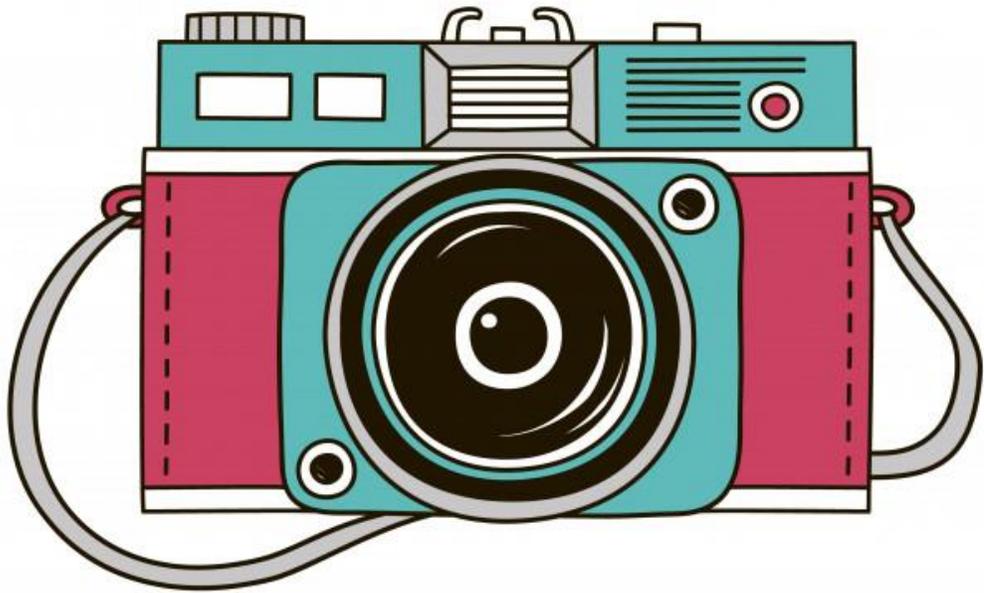
CMS

ALICE

Dobbiamo “fotografare” queste collisioni



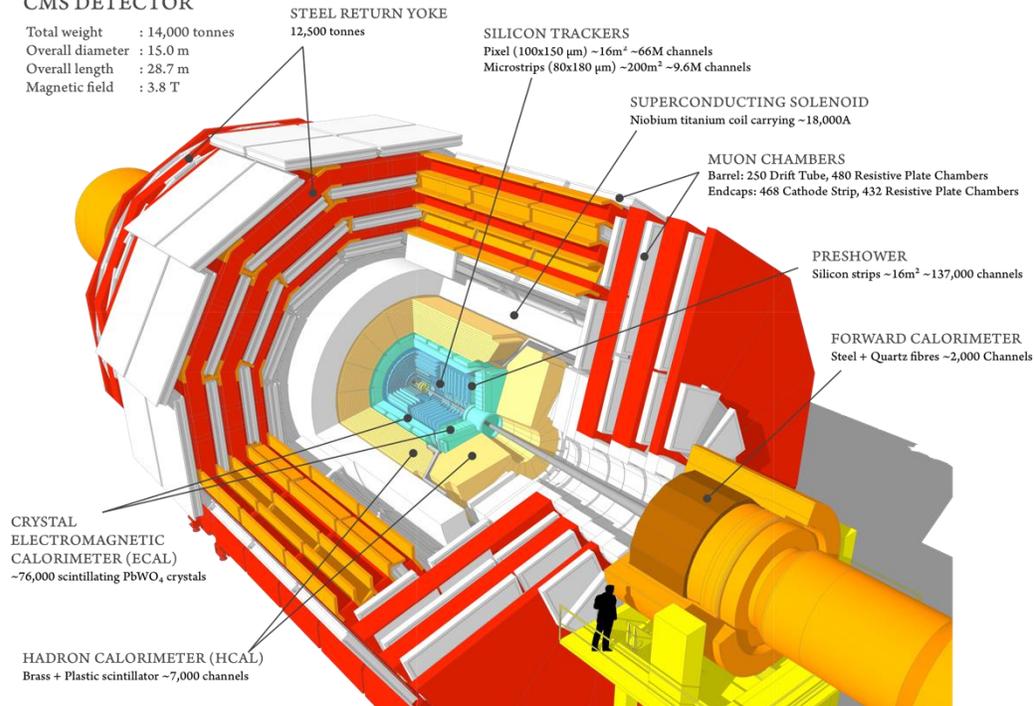
JUST SAY
CHEESE



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



CMS pesa 2 volte la Tour Eiffel





Applicazioni



L'esempio più illustre..



... il Word Wide Web

WORLD WIDE WEB

The WorldWideWeb (W3) is a wide-area hypermedia[1] information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents.

Everything there is online about W3 is linked directly or indirectly to this document, including an executive summary[2] of the project, Mailing lists[3] , Policy[4] , November's W3 news[5] , Frequently Asked Questions[6] .

What's out there?[7]Pointers to the world's online information, subjects[8] , W3 servers[9], etc.

Help[10] on the browser you are using

Software Products[11] A list of W3 project components and their current state, (e.g. Line Mode[12] ,X11 Usolal[13] , NeXTStep[14] , Servers[15] , Tools[16] , Mail robot[17] , Library[18])

Technical[19] Details of protocols, formats, program internals etc

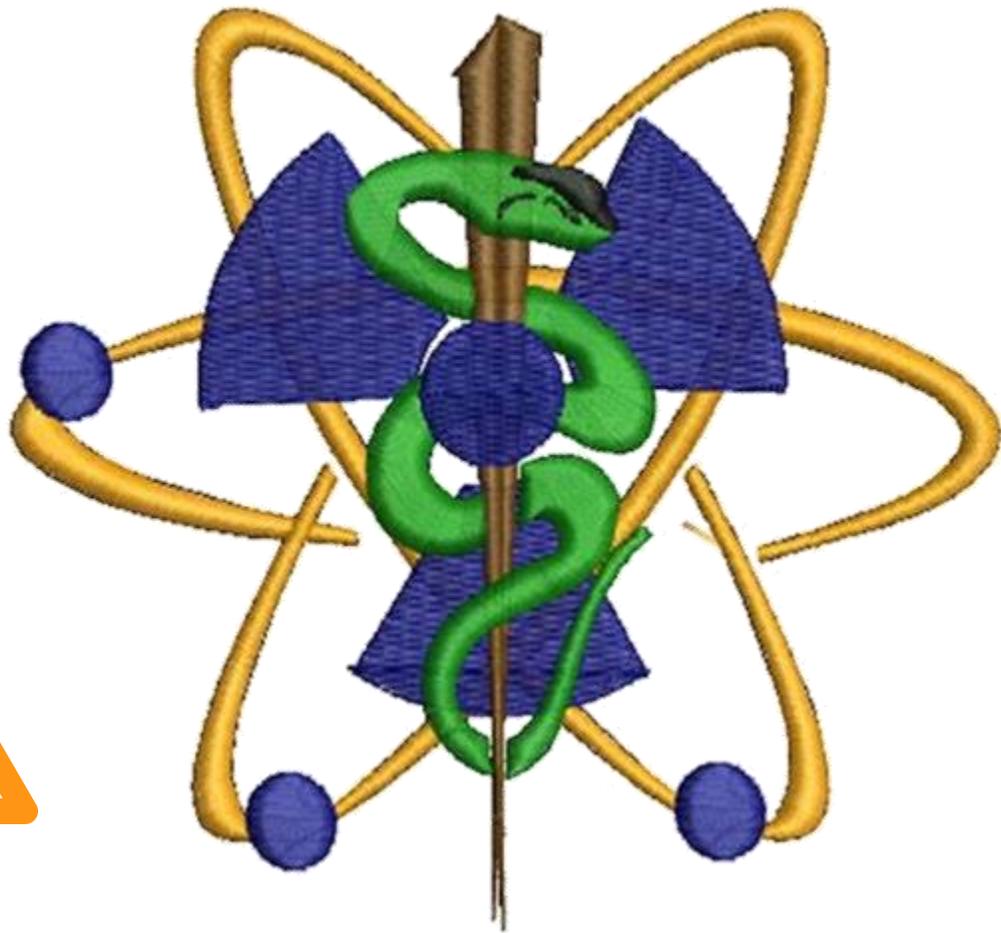


Serviva per soddisfare la domanda di
condivisione automatica delle informazioni
tra scienziati di tutto il mondo.

Uno **strumento prettamente scientifico...**

..Altri esempi celebri

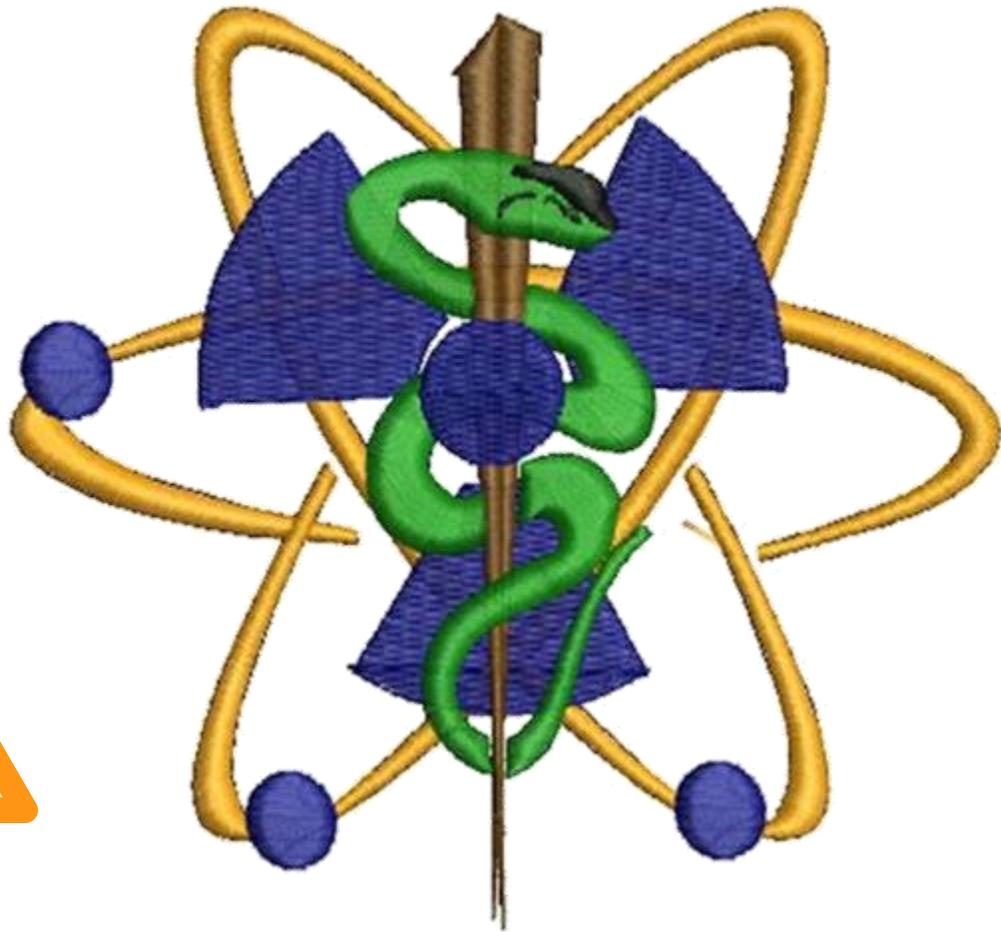
Fisica medica





..Altri esempi celebri

Fisica medica



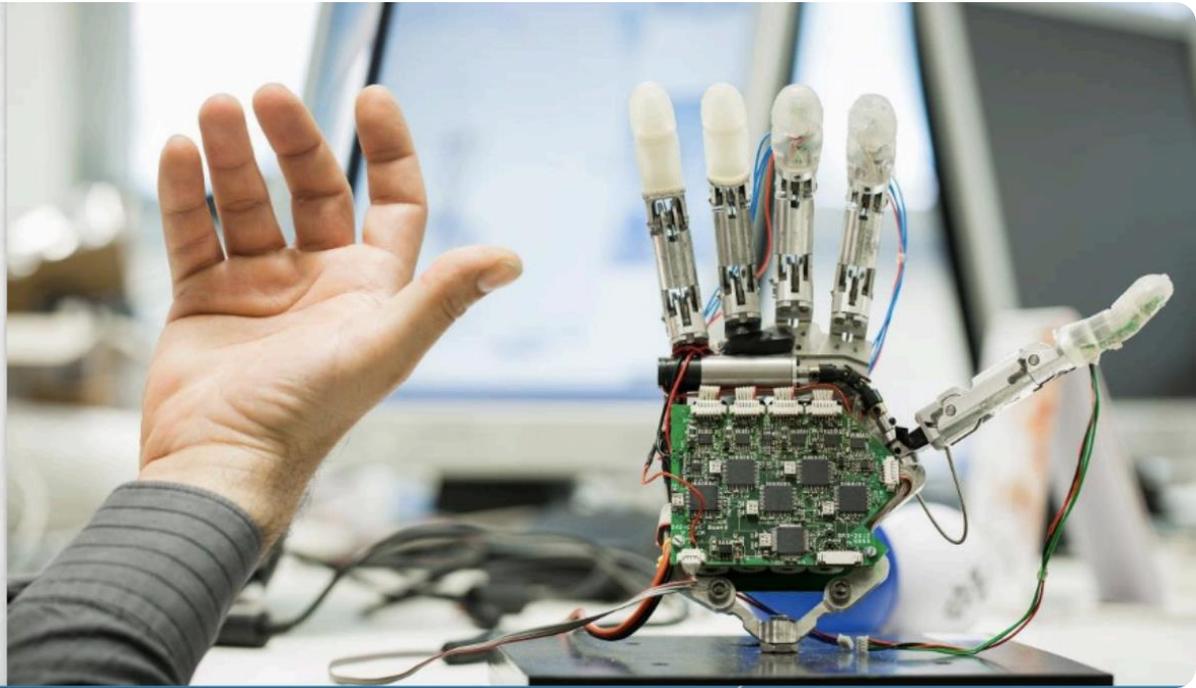
Touch screen







...una tecnologia vincente!





Fare **ricerca di base** non è
"solo" cercare risposte
domande fondamentali
ma ha enormi implicazioni
e **ricadute sulla società**
così che tutti possano
beneficiare del progresso
che ne consegue!

Ora
facciamo un
gioco...

...qual è il quadro e quale
l'immagine scientifica?

Un viaggio tra Scienza e Arte con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
per le scuole secondarie di II grado



V EDIZIONE 2024 | 2026

BARI
BIELLA
BOLOGNA
CAGLIARI
CATANIA
FERRARA
FIRENZE
FRASCATI
GENOVA
L'AQUILA / TERAMO
LECCE
MILANO
NAPOLI
PADOVA
PERUGIA
PISA
POTENZA
ROMA
TORINO

30 BORSE DI STUDIO

per un master al CERN
e ai Laboratori dell'INFN

INFORMAZIONI | artandscienceacrossitaly@gmail.com

PATROCINIO



MEDIA PARTNERSHIP

Rai Radio 3

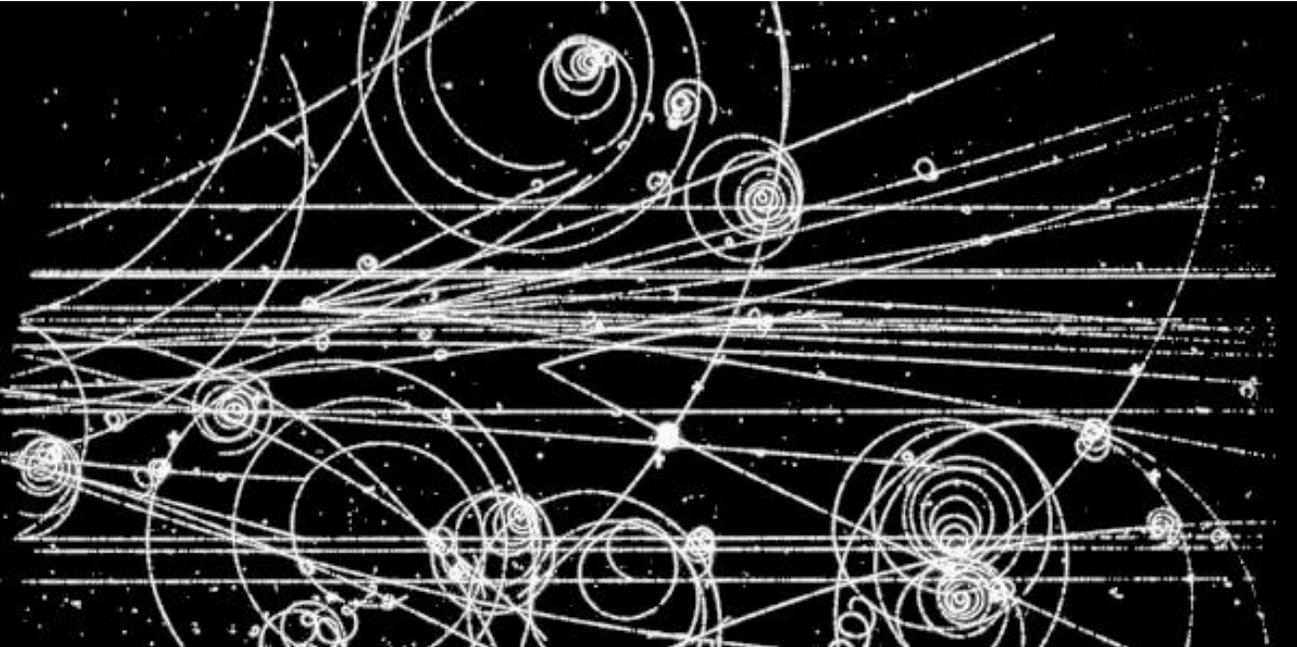
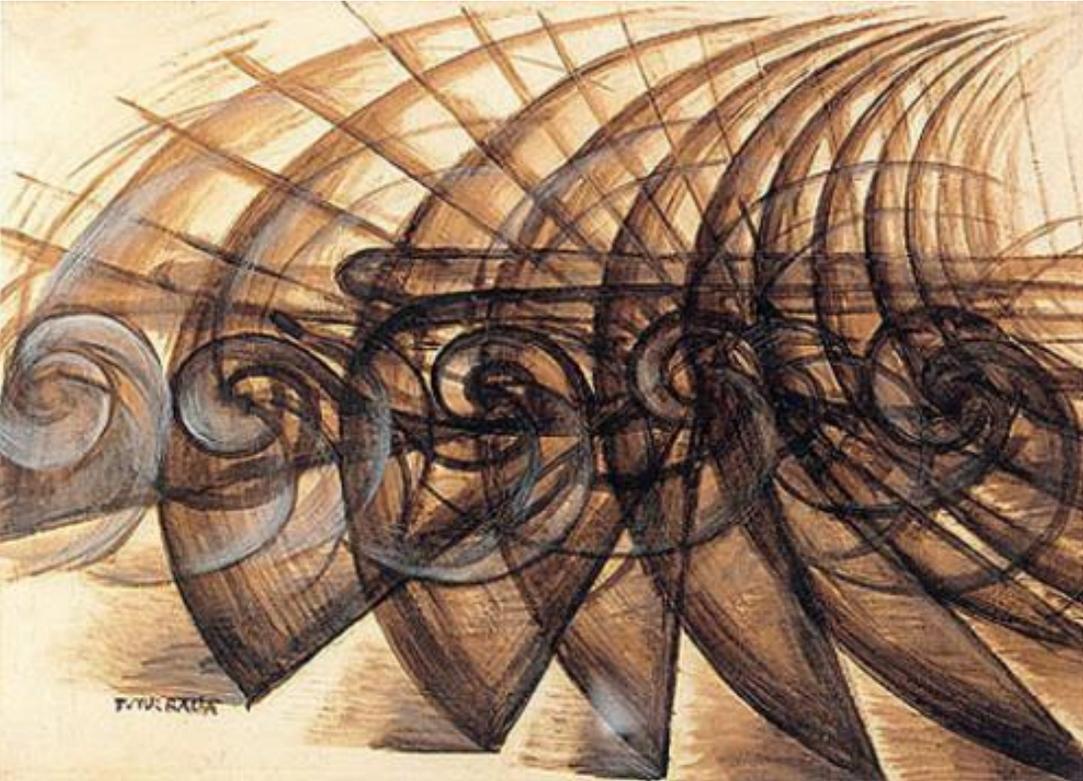
Rai Campania

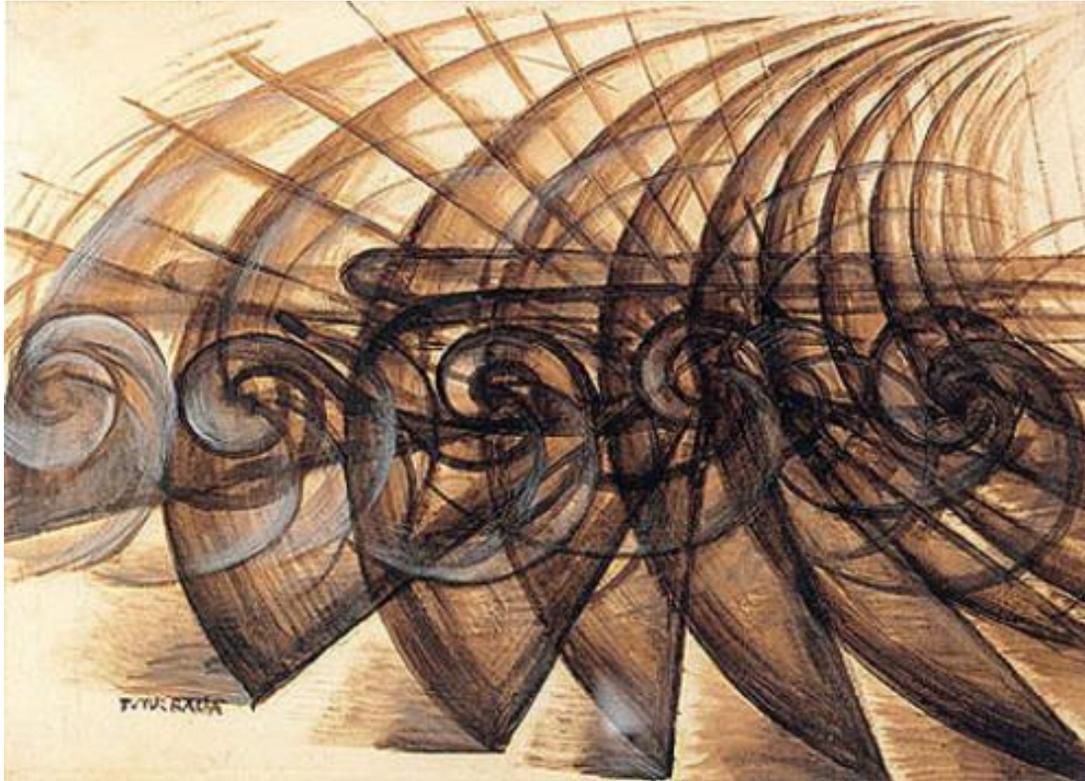


Museo Archeologico di Napoli

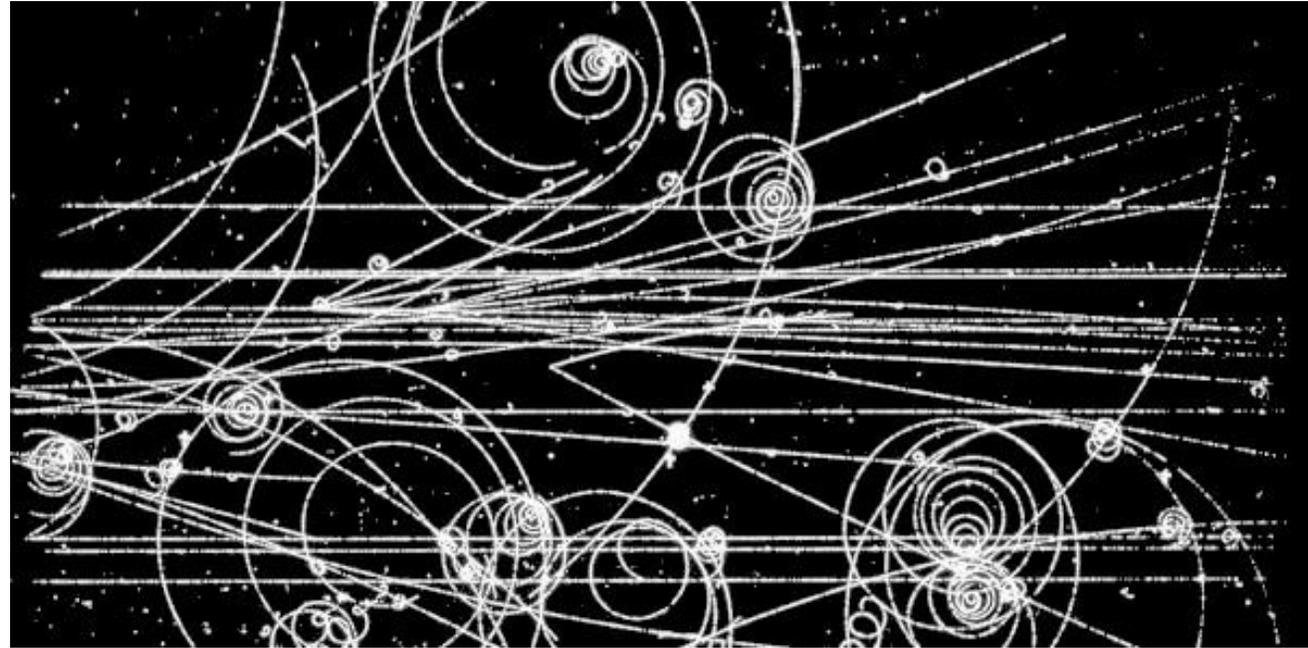


artandscience.infn.it

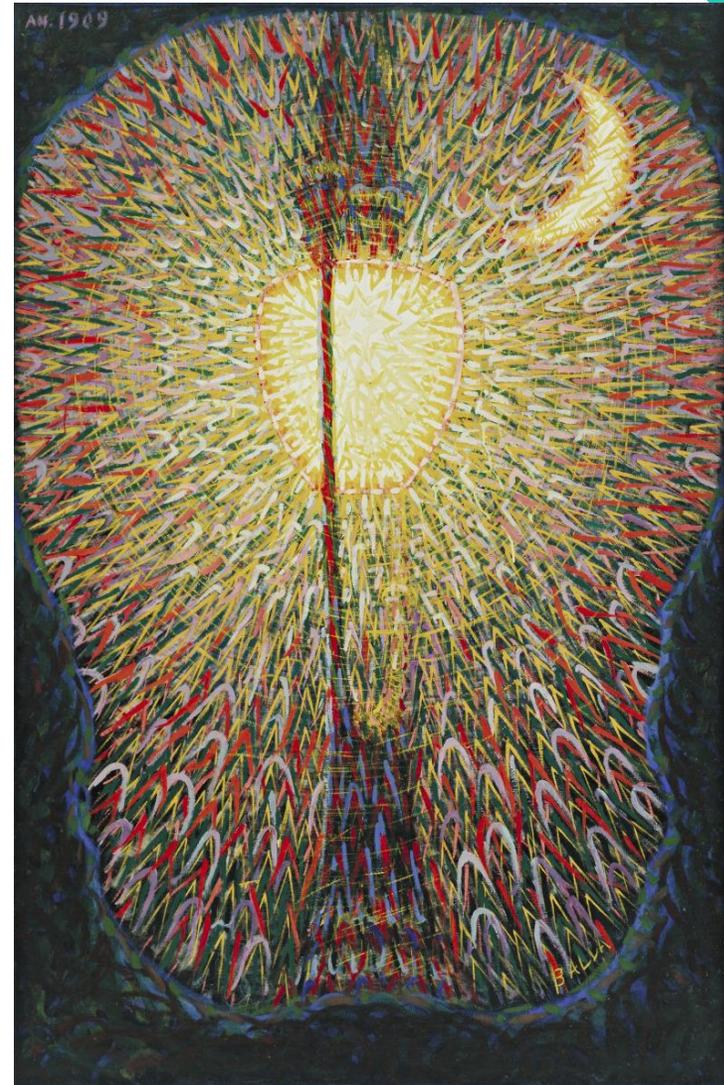
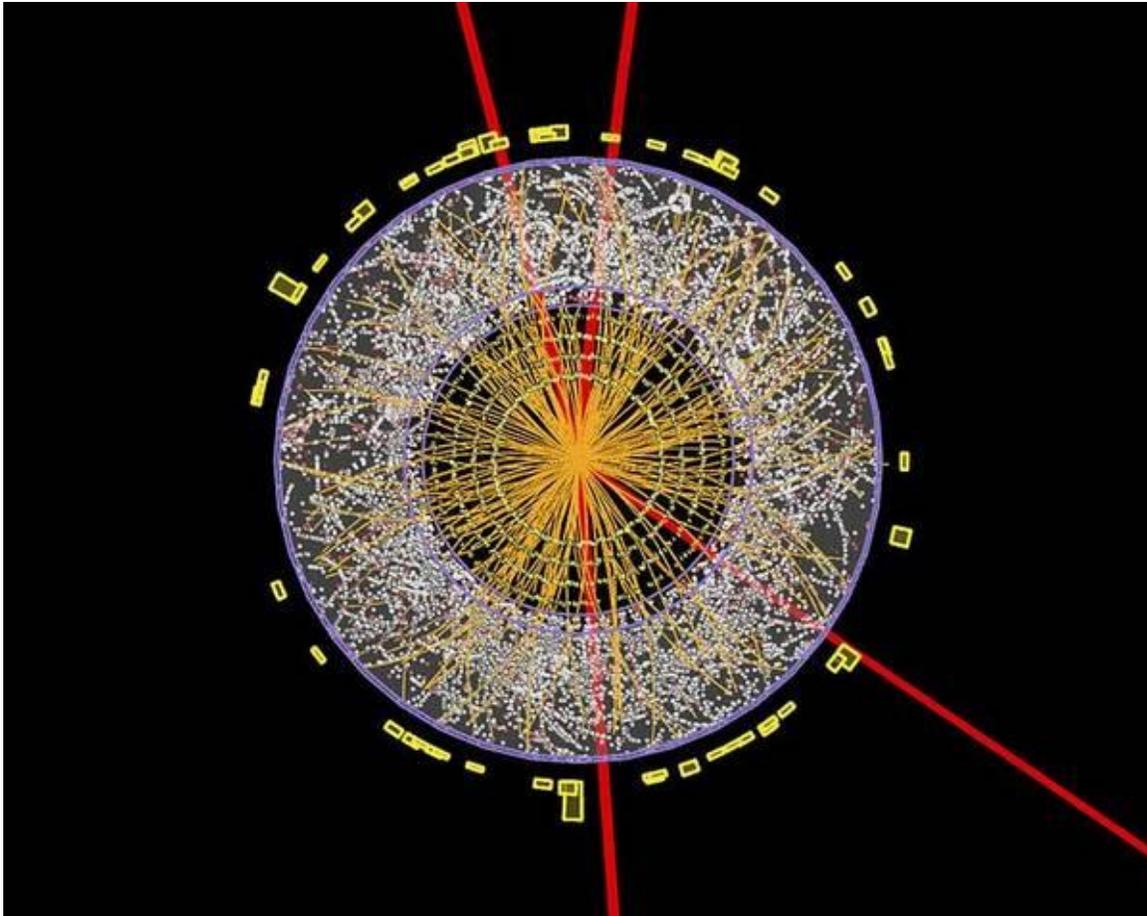


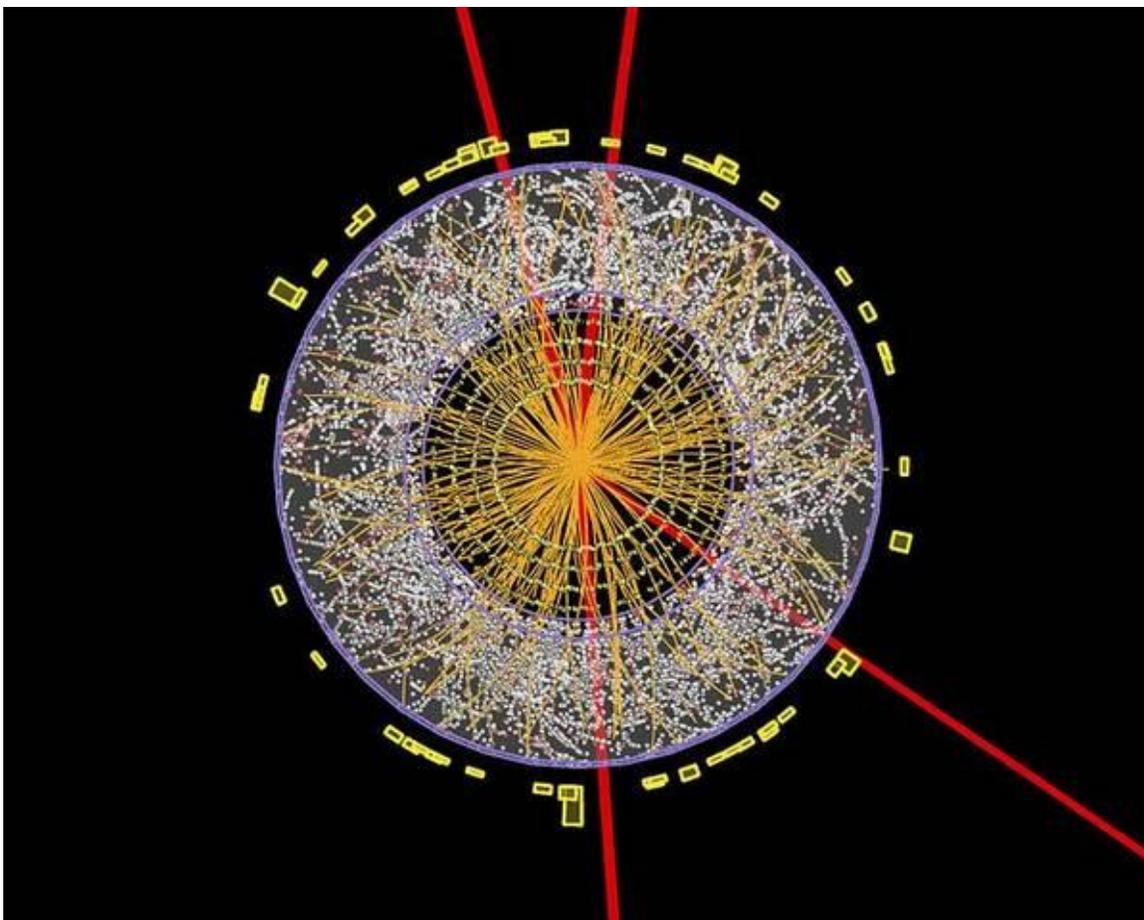


Giacomo Balla
"Velocità di motocicletta" – 1913
Futurismo



Tracce di particelle cariche immerse in
campo magnetico impresse su lastre
fotografiche – prima metà del '900

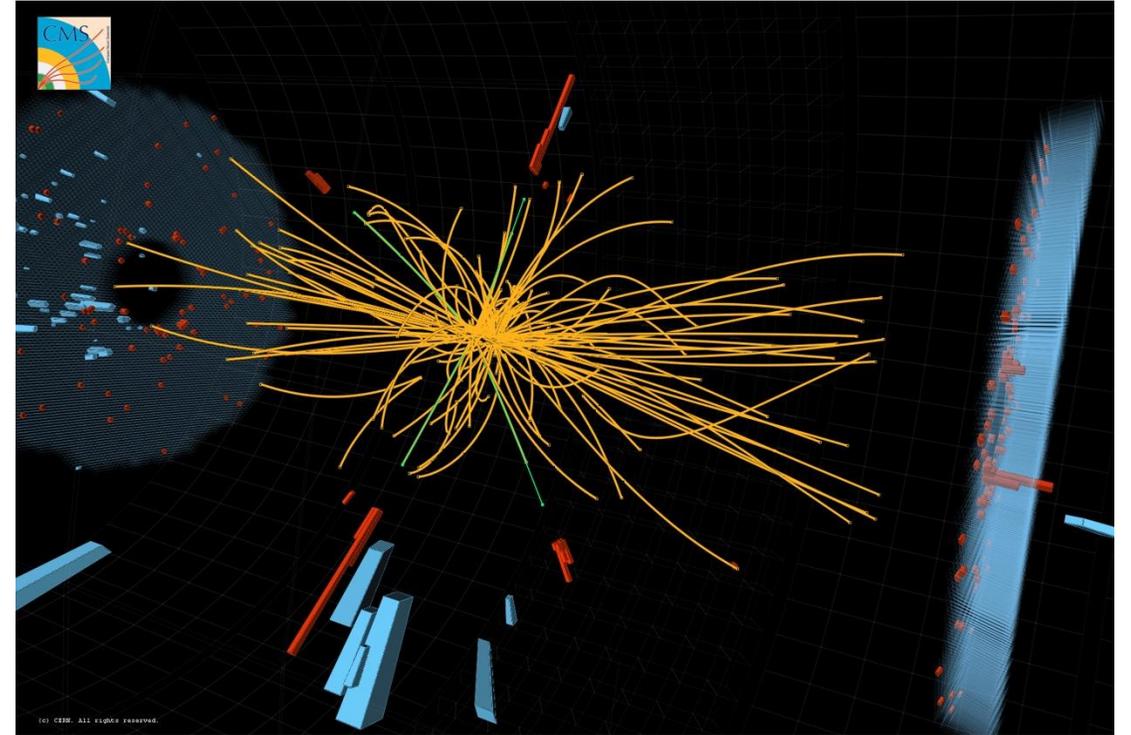




Evento candidato ad essere bosone di Higgs ($H \rightarrow \mu\mu$), ricostruito dall'esperimento ATLAS

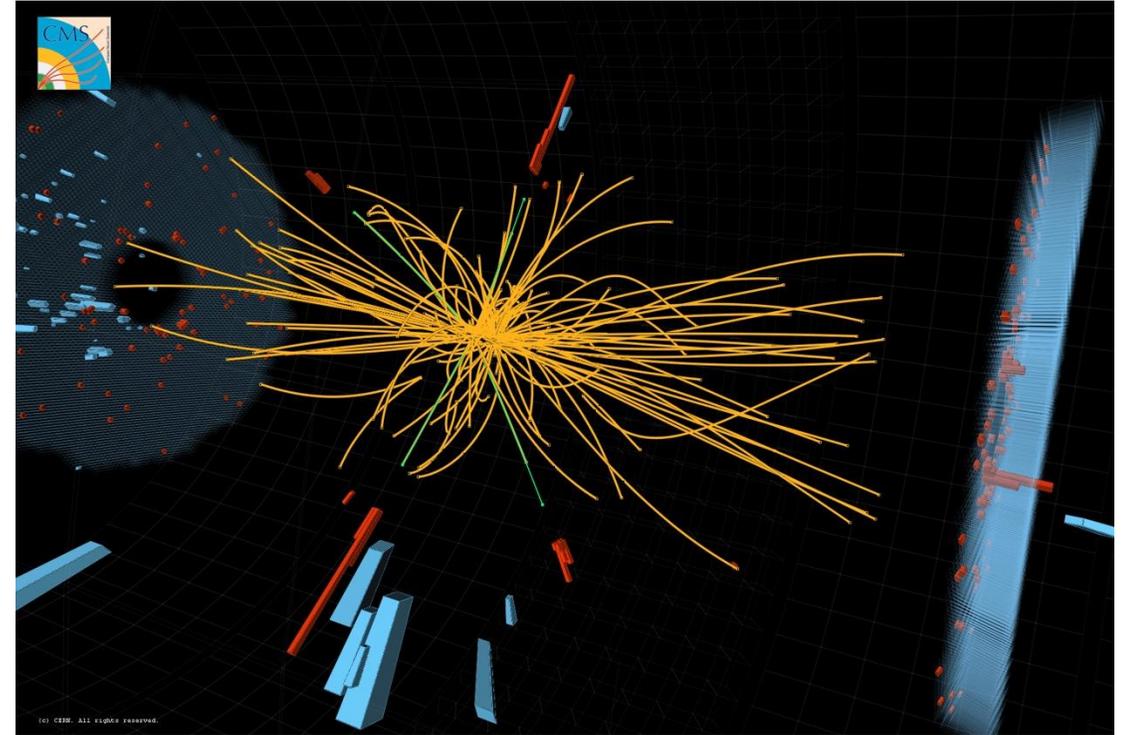


Giacomo Balla
"Lampada ad arco" – 1911
Futurismo

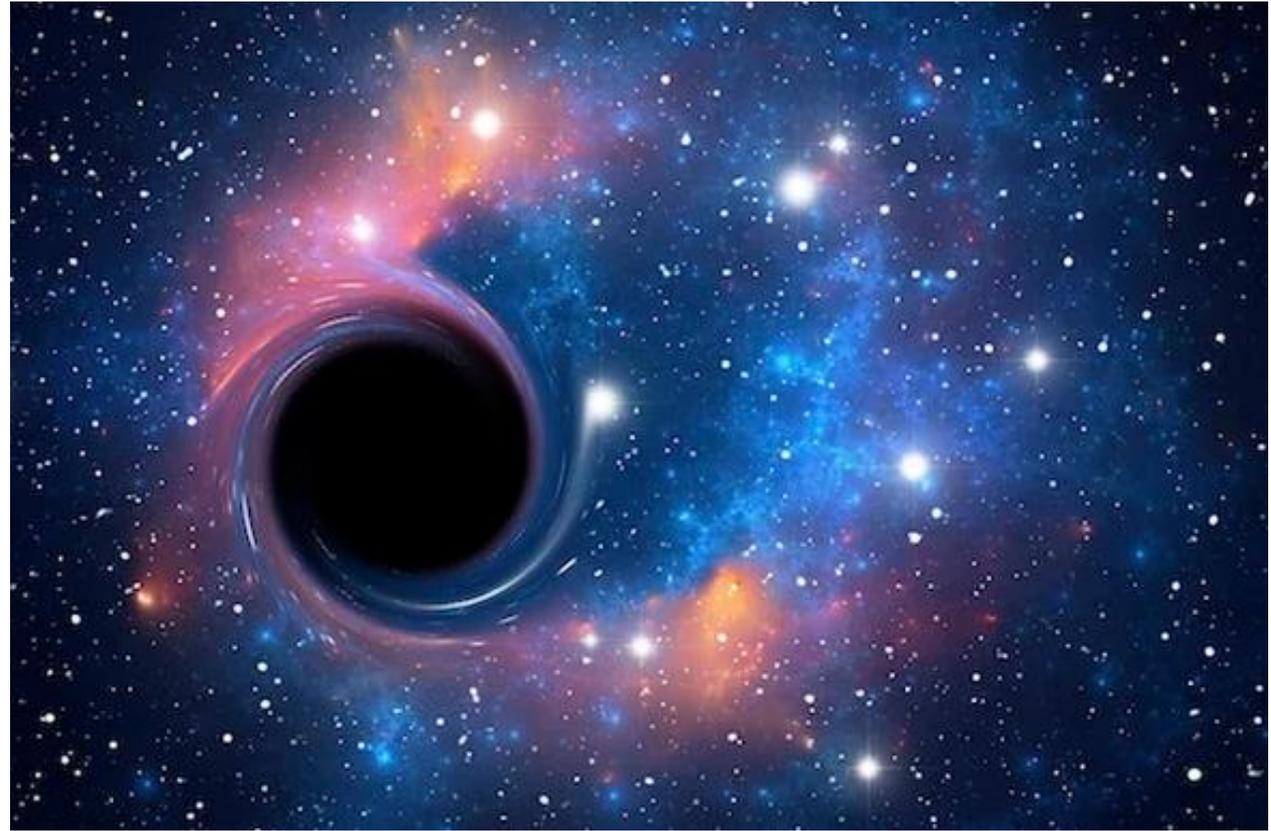




Georges Mathieu
"Lot 110" – 1985

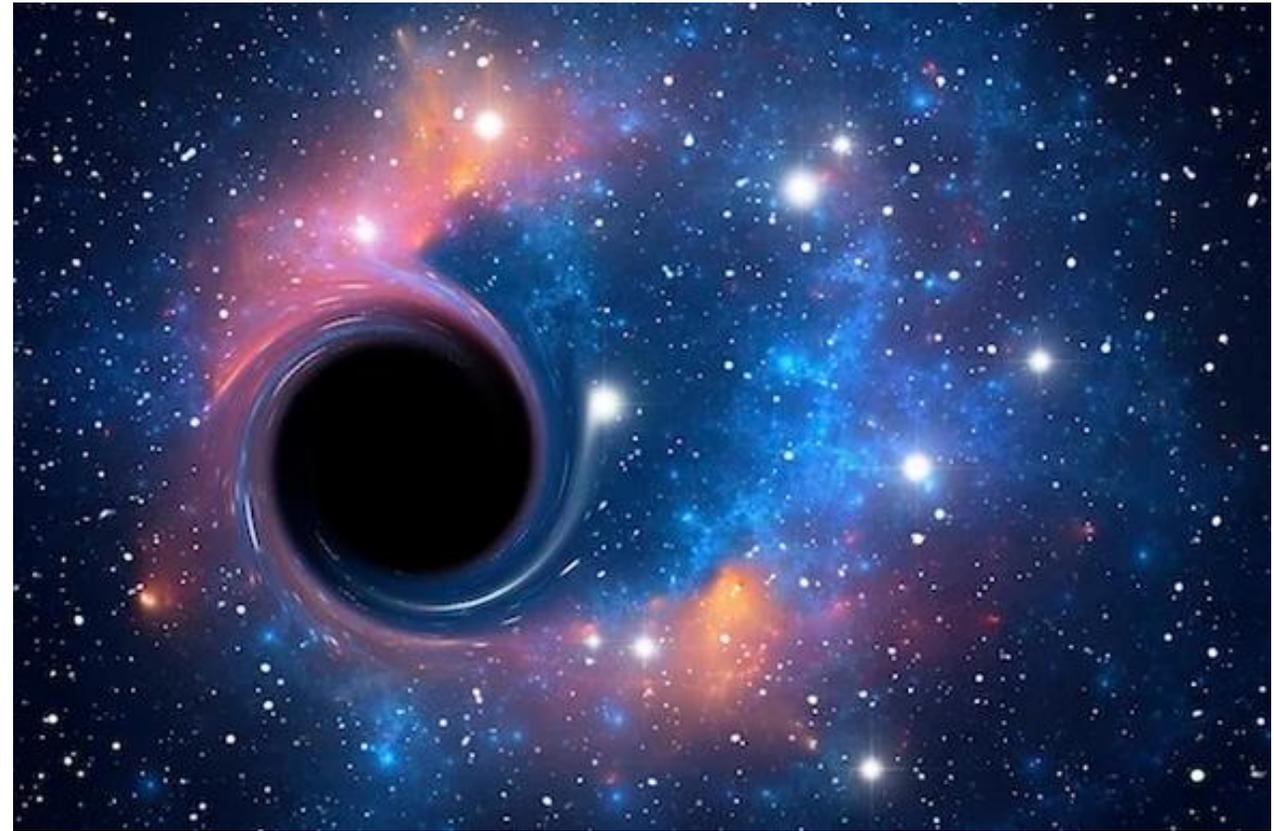


Event display dell'esperimento CMS





Vassily Kandinsky
"Several Circles" – 1926
astrattismo



Rappresentazione grafica di un buco nero





Rappresentazione grafica di
connessioni neuronali



Jackson Pollock
“Blue art”
astrattismo

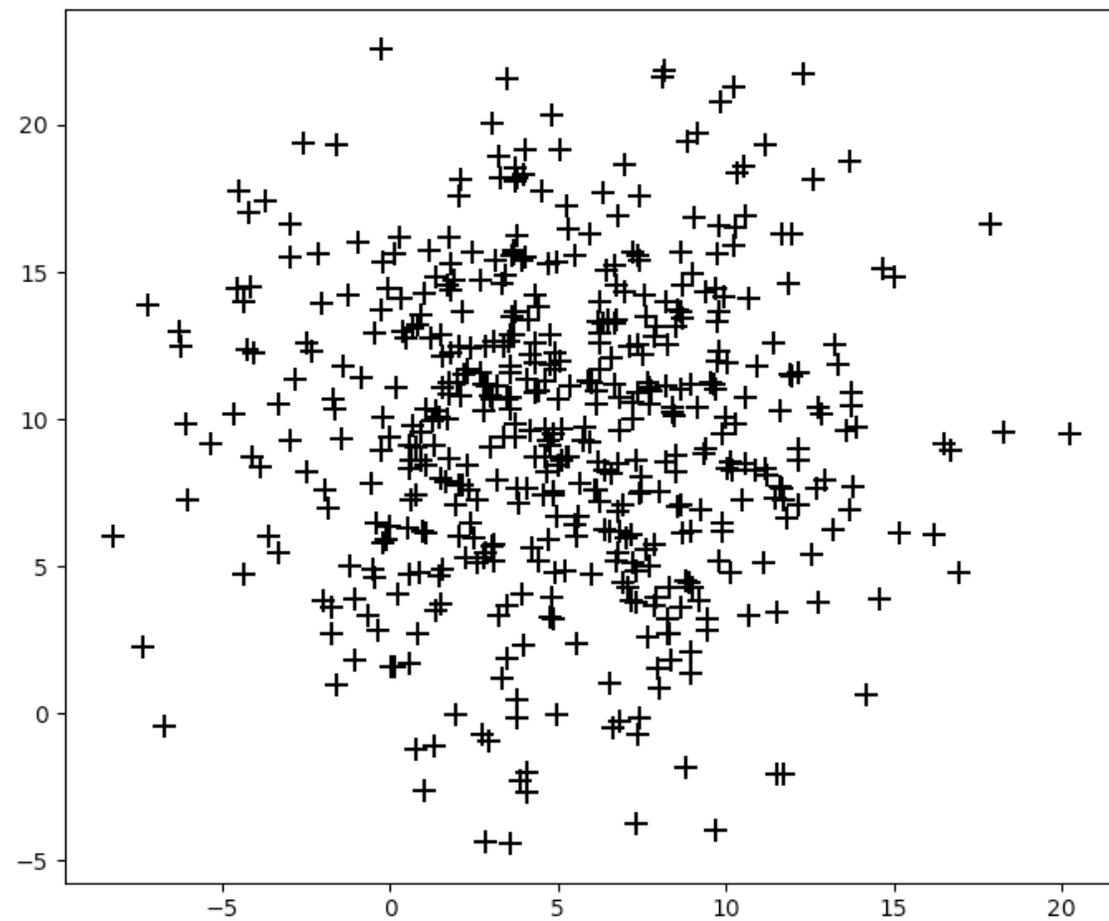




Giorgiana Houghton
Glory Be to God – 1868
astrattismo

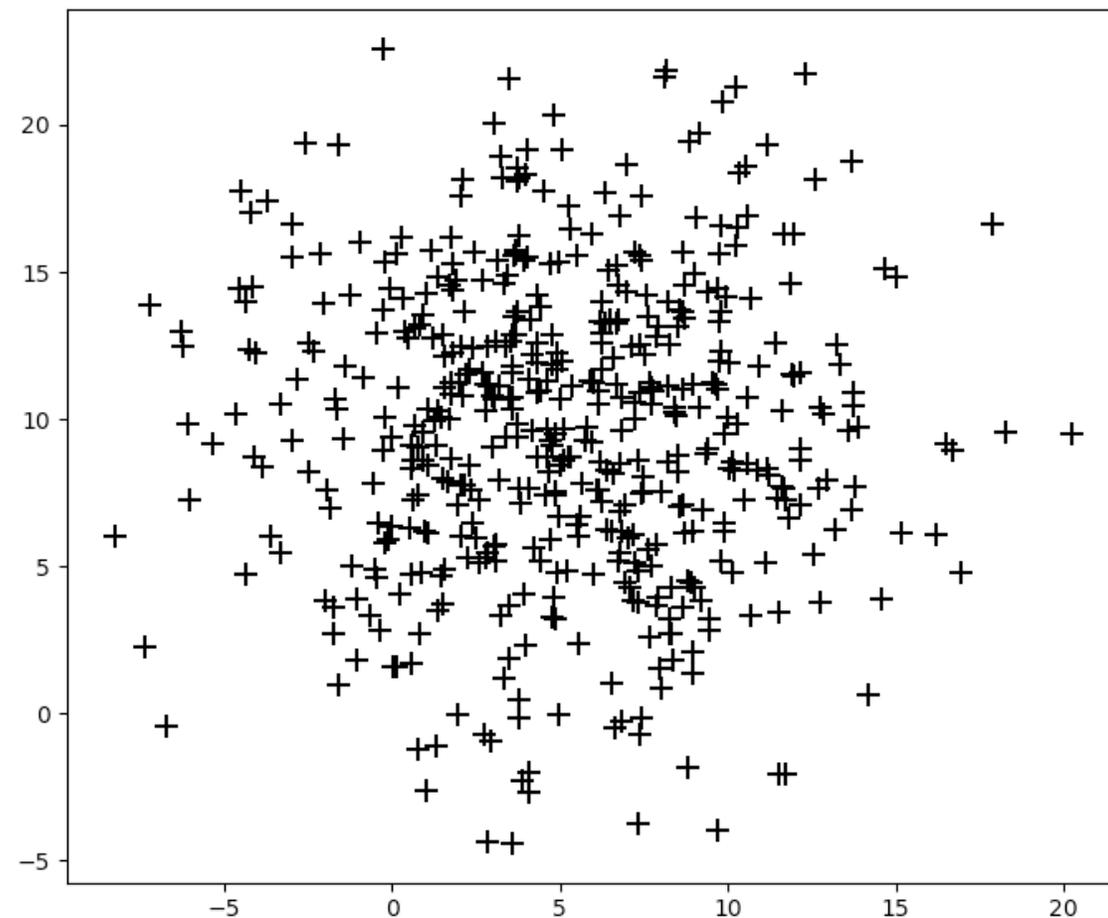


Dettaglio dell'atmosfera
di Giove

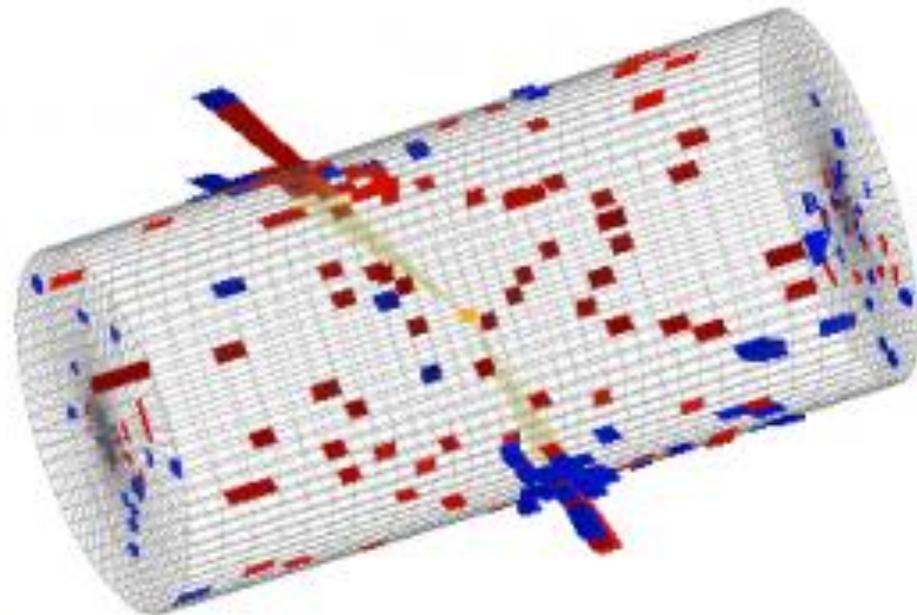
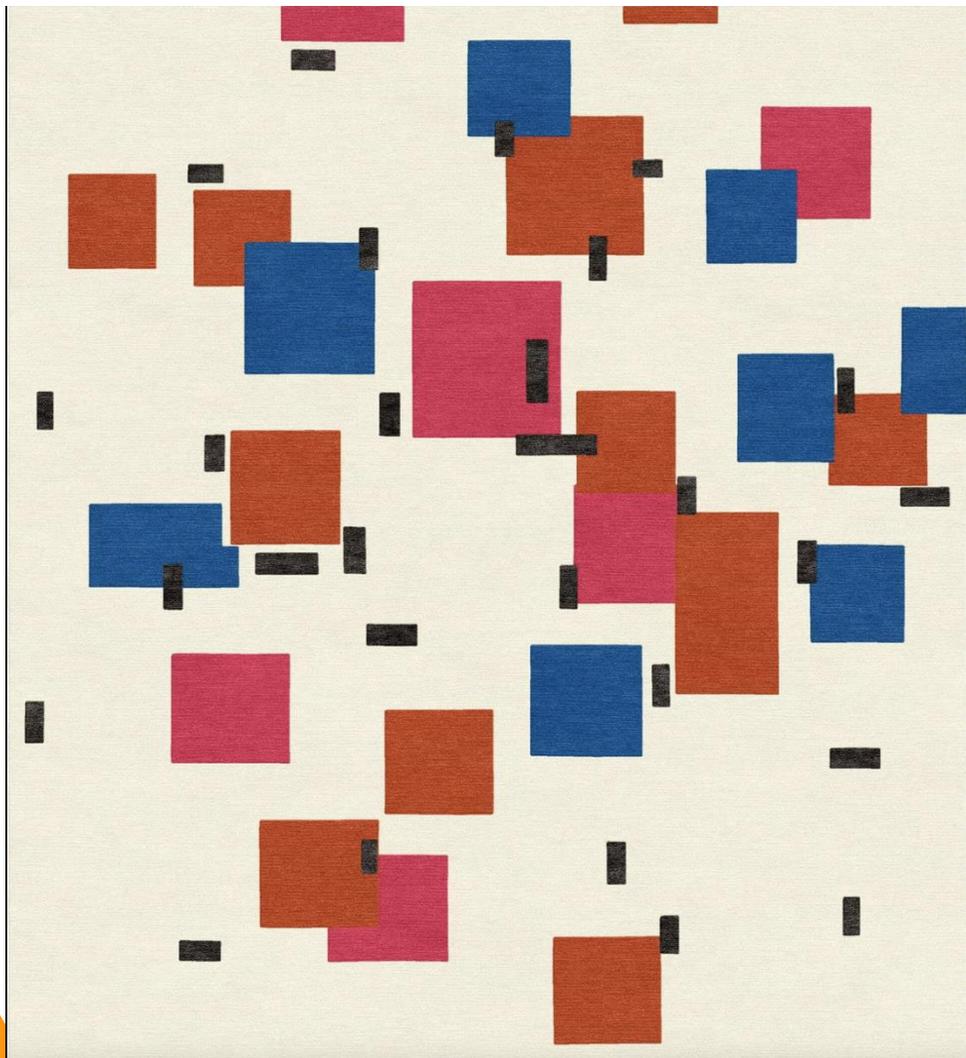


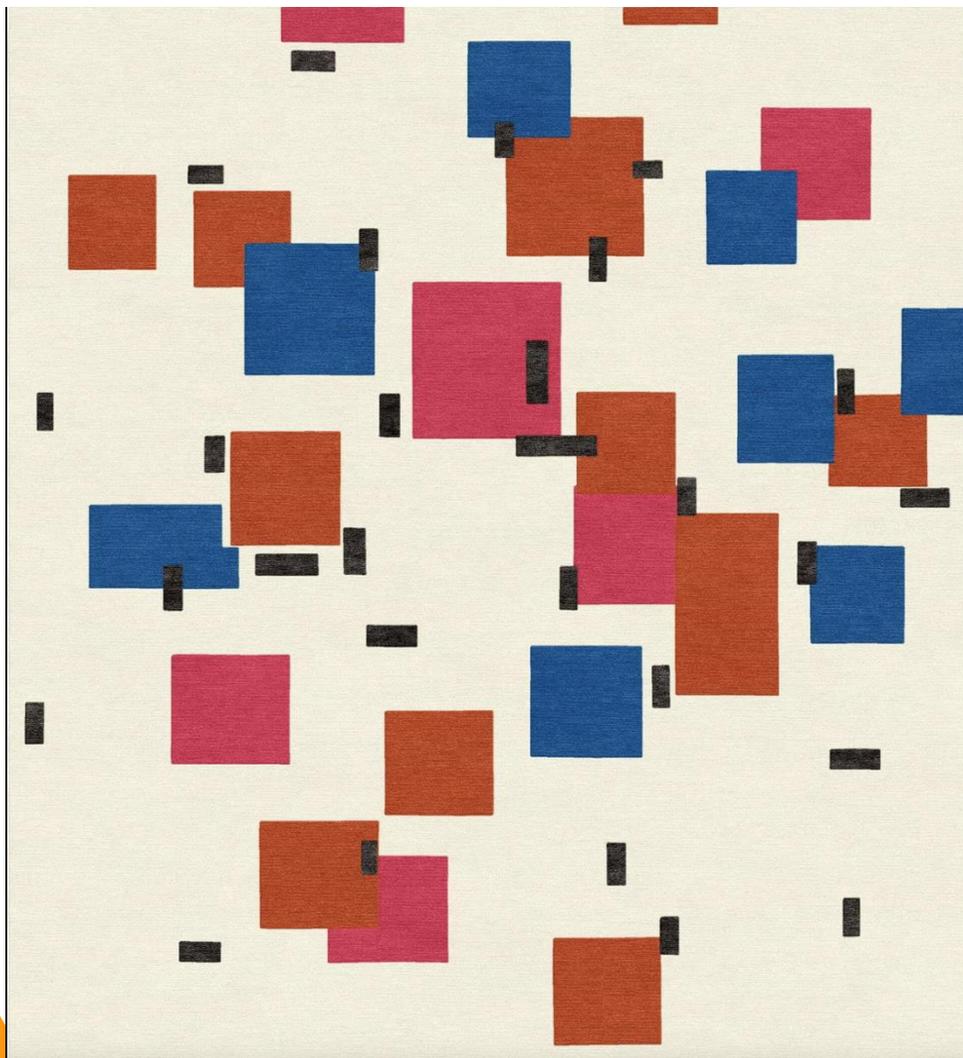


Piet Mondrian
Composizione n°10 (molo e oceano) (Pier and Ocean) – 1915
astrattismo

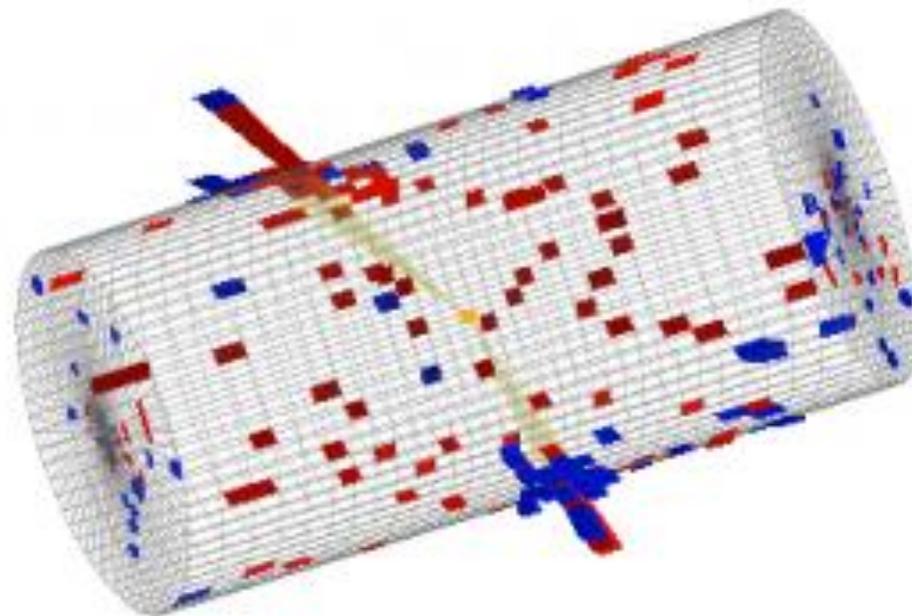


Distribuzione 2D di una gaussiana





Piet Mondrian
"Composition in color" 1917
astrattismo



Accumuli calorimetrici nell'esperimento CMS

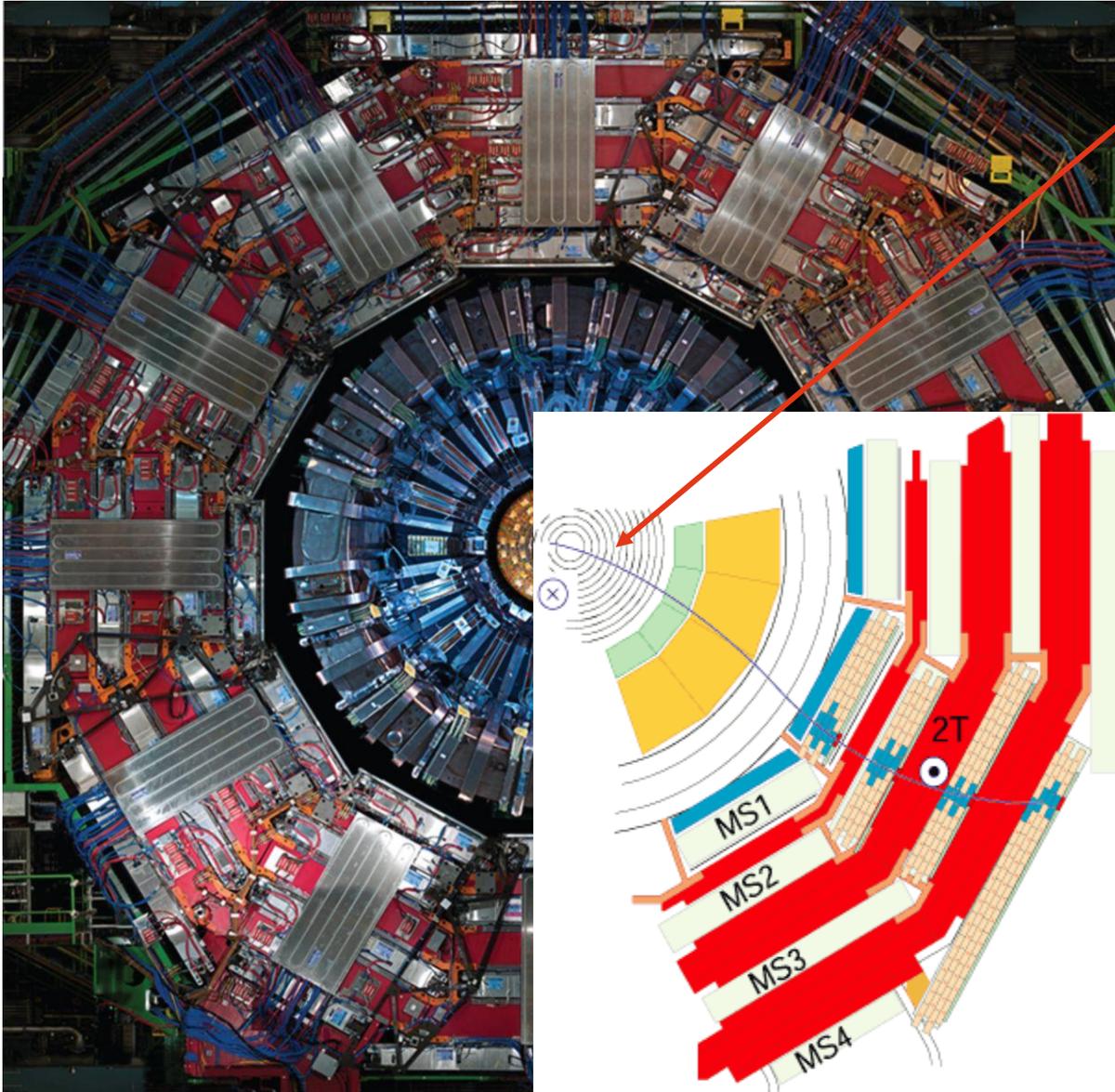
Grazie



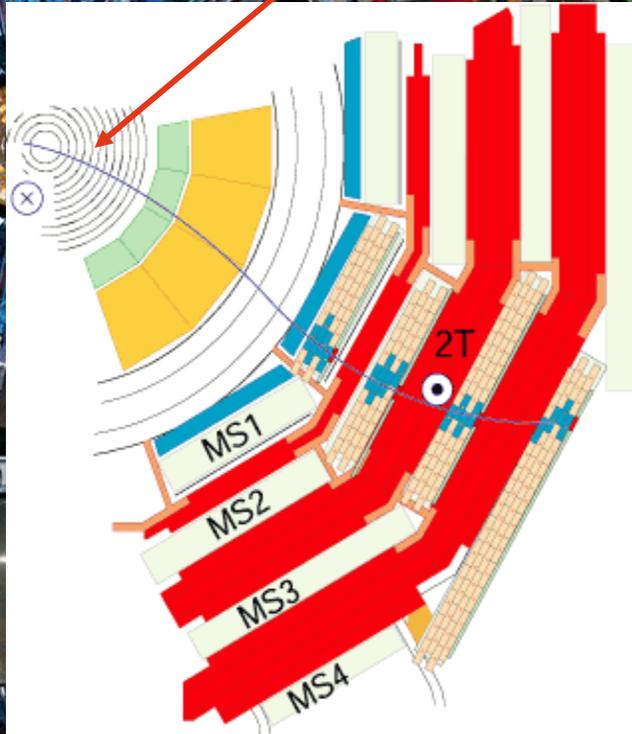
Domande!

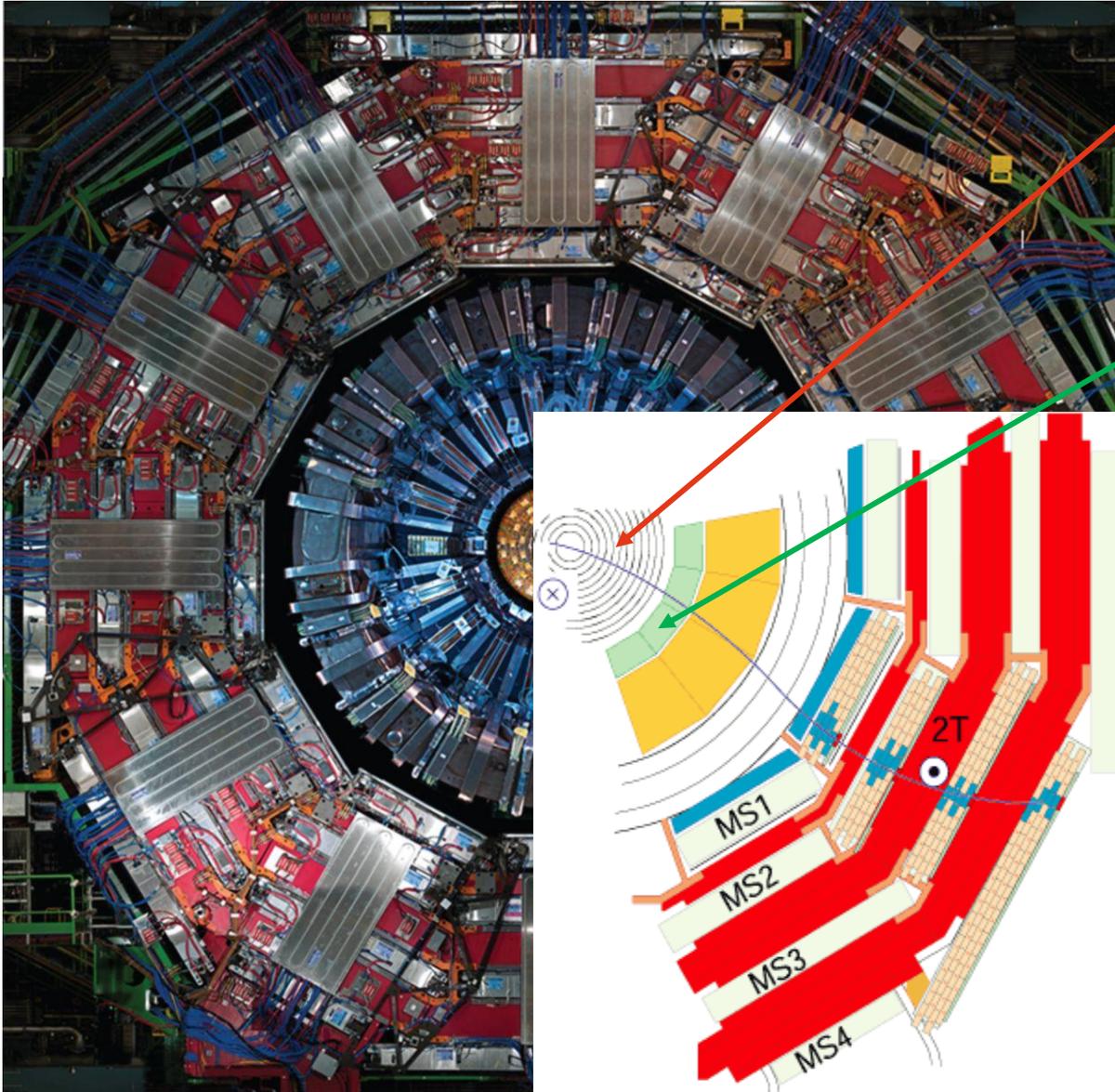
backup





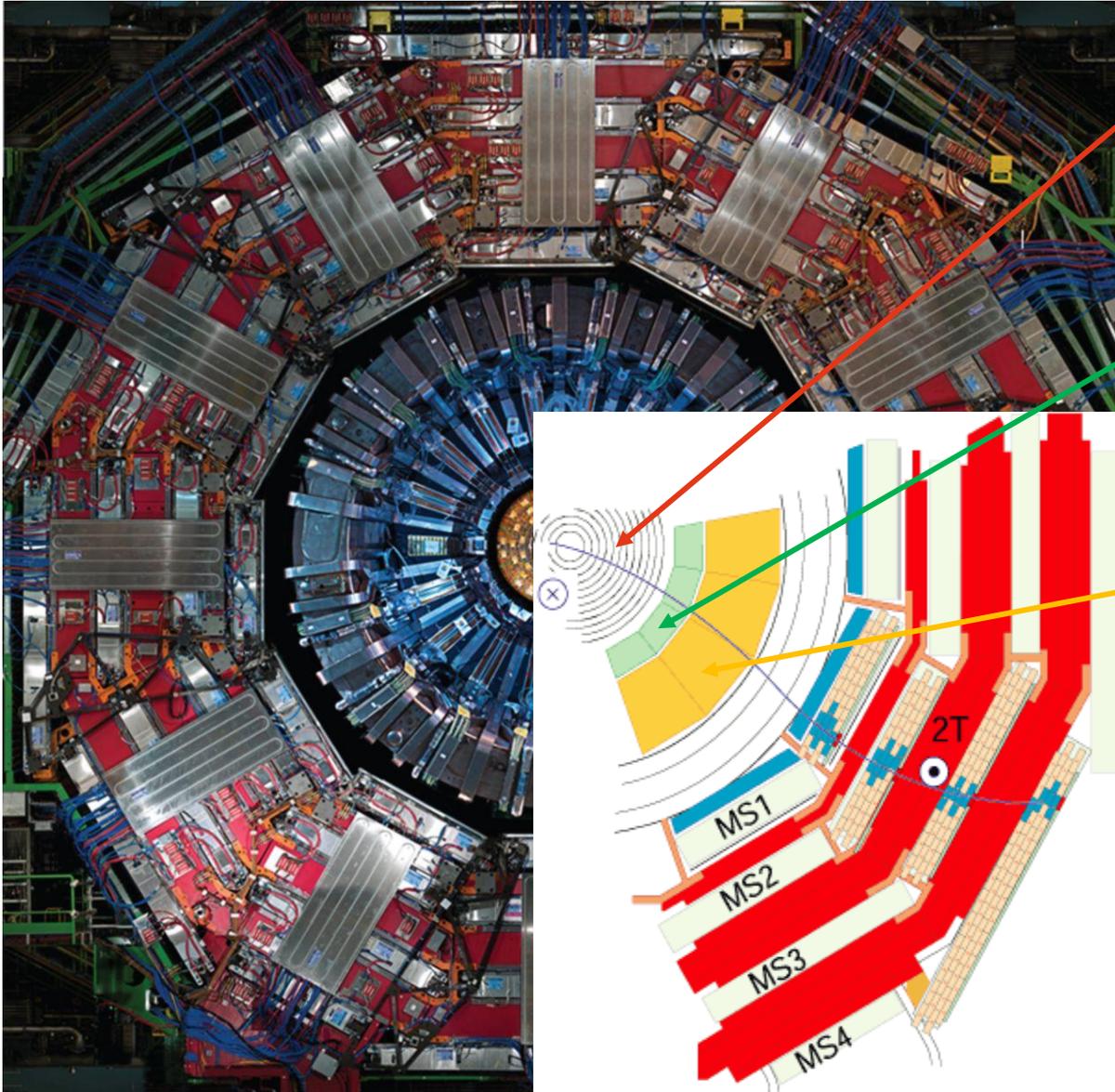
Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico.
Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.





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

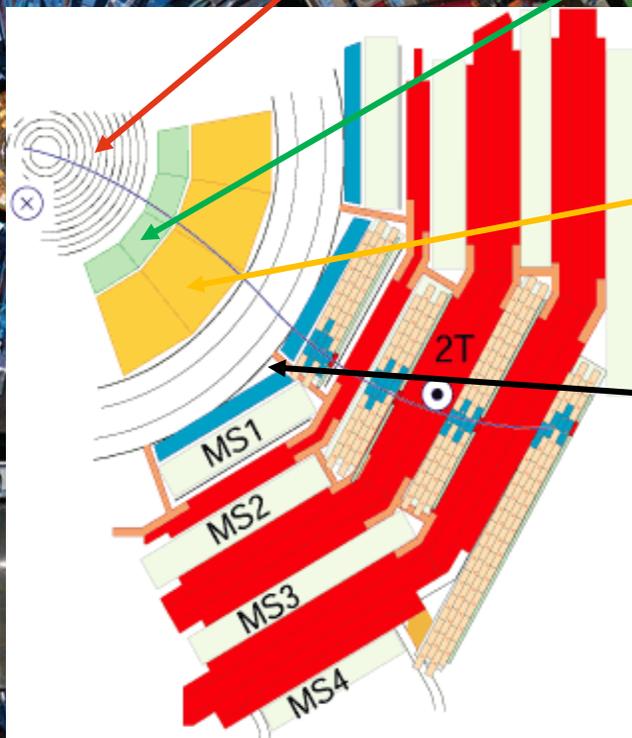
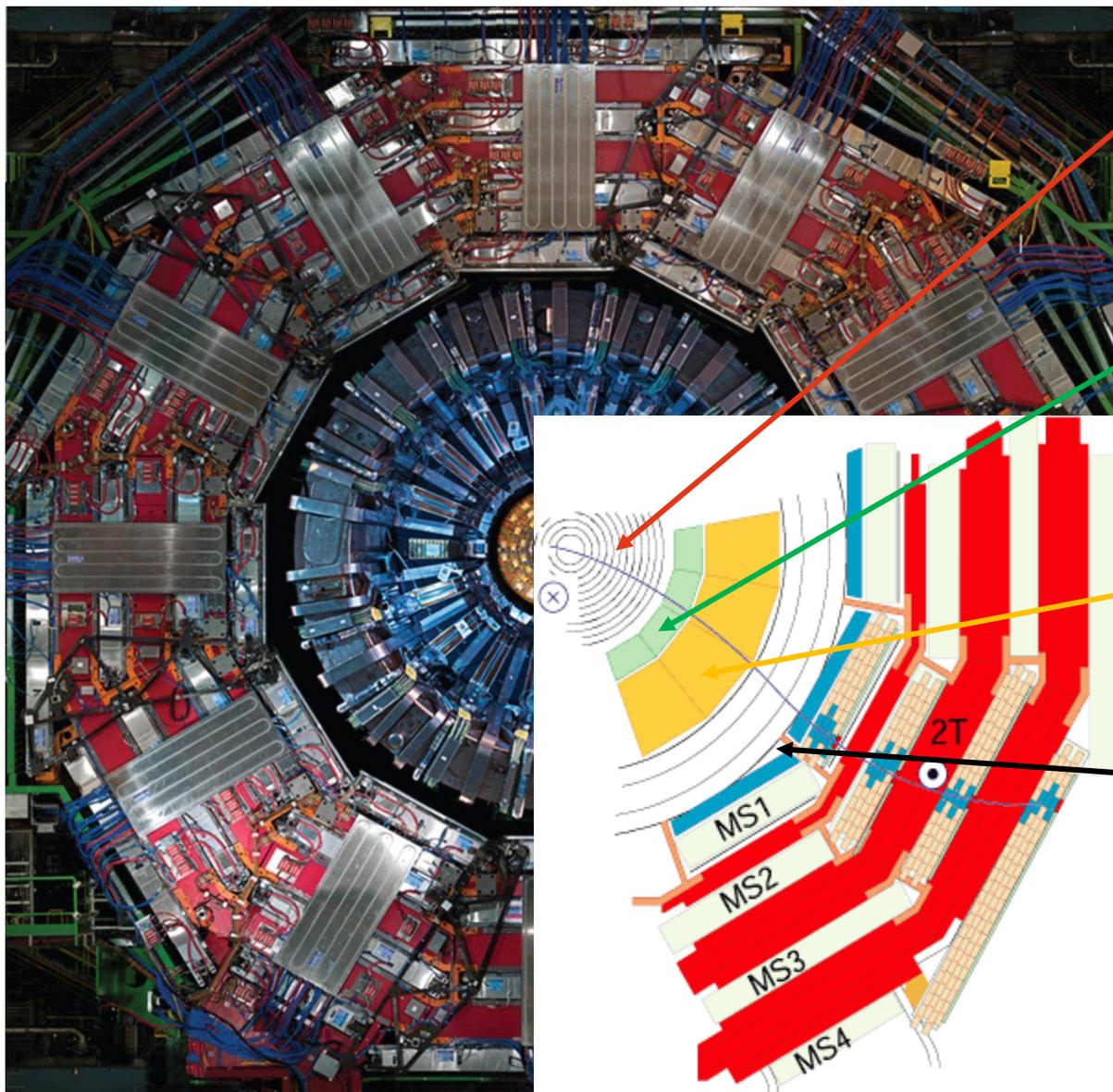
Calorimetro elettromagnetico: serve a misurare l'energia di elettroni e fotoni.
Assorbono completamente la particella (misura distruttiva)



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)

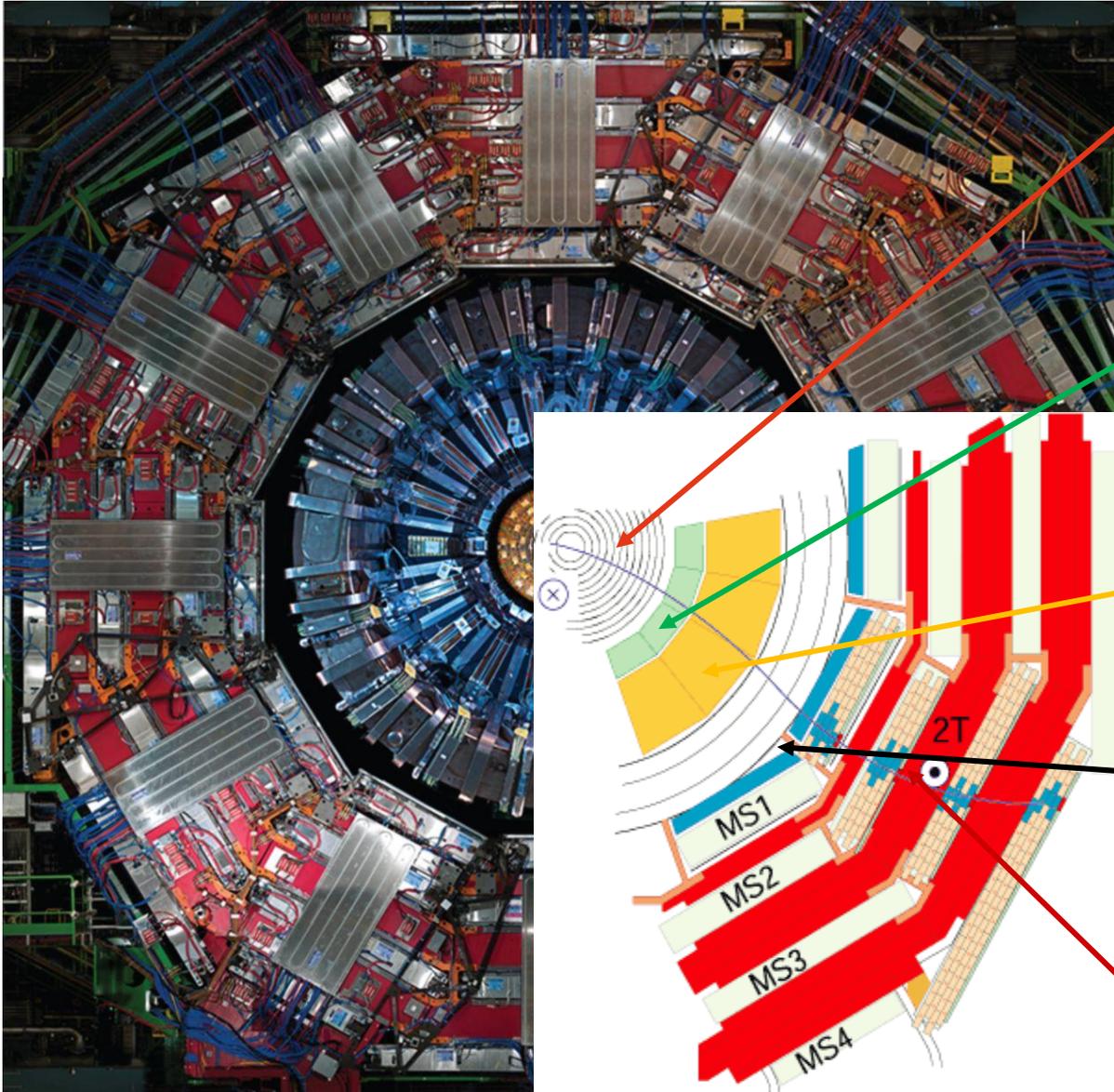


Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico.
Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

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.



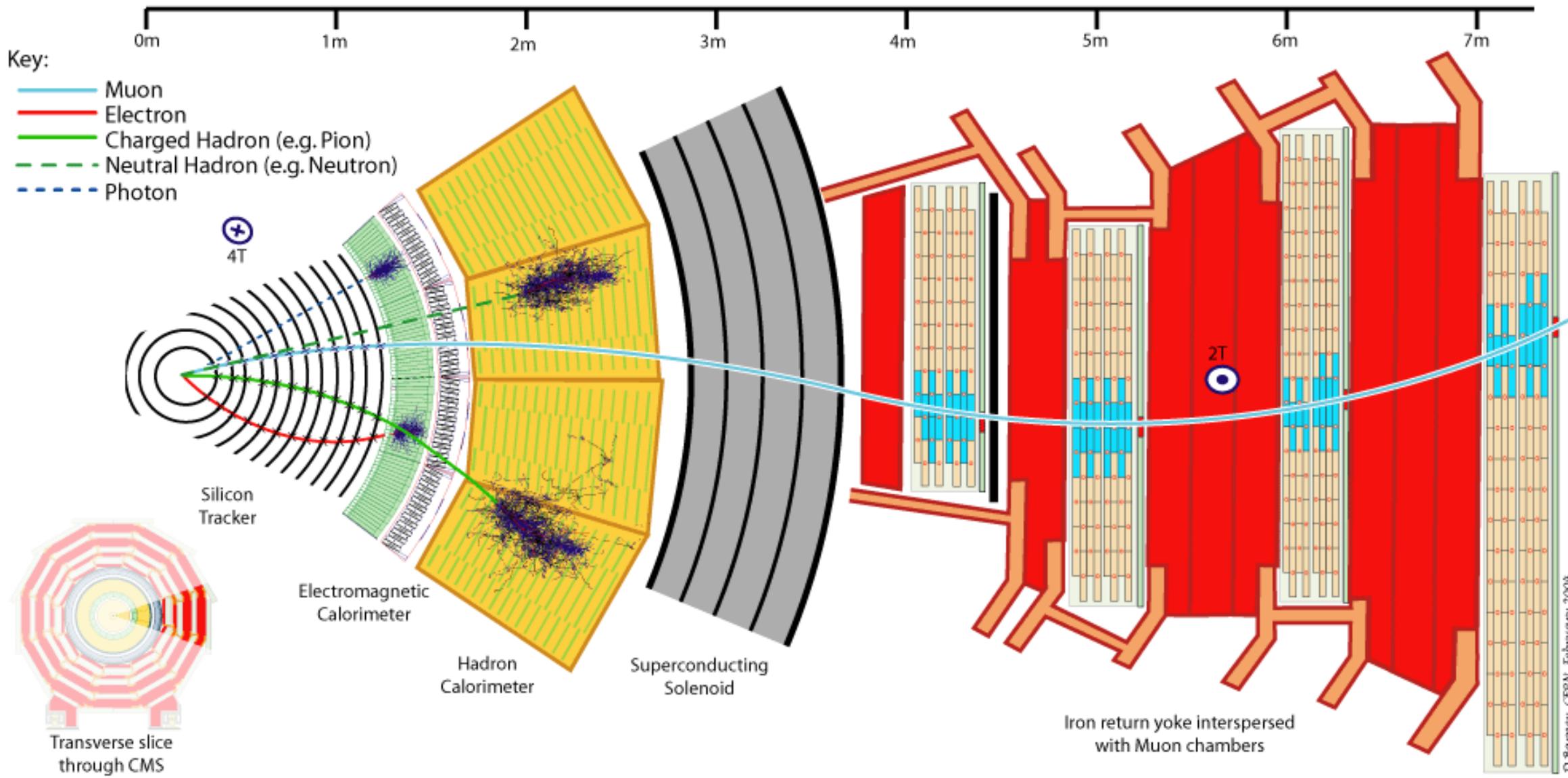
Tracciatore: serve a ricostruire le tracce lasciate dalle particelle cariche, curvate dal campo magnetico.
Misuriamo così: carica elettrica, velocità e massa.

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)

Solenoide: 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.

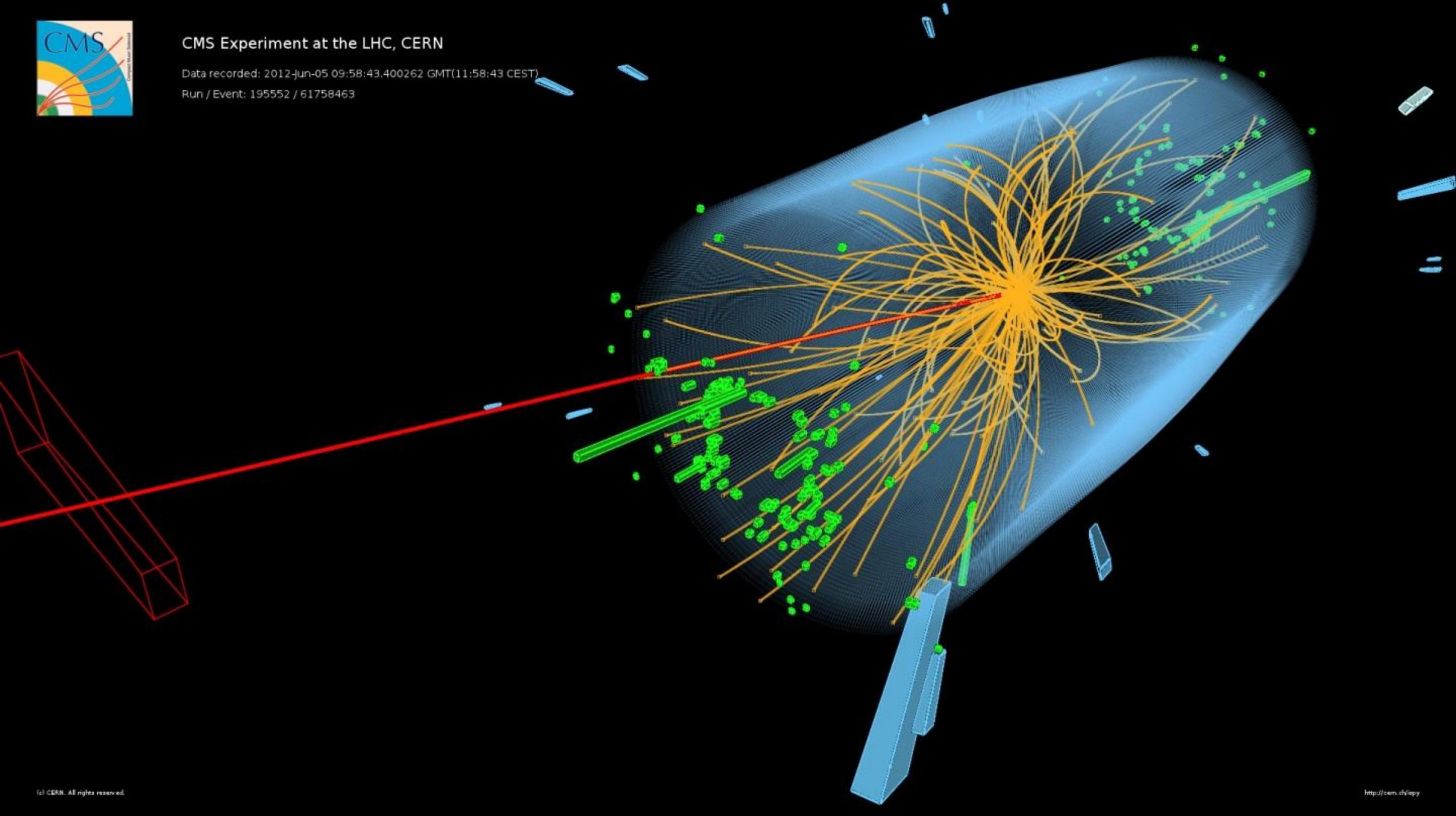




CMS Experiment at the LHC, CERN

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

Run / Event: 195552 / 61758463



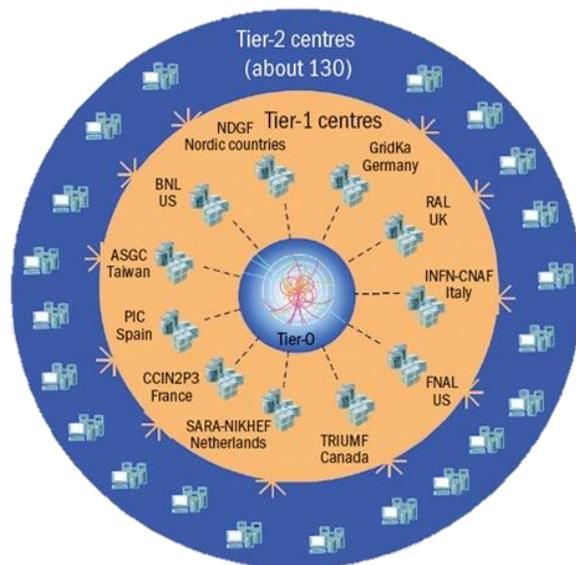
Come si analizzano i dati?

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.

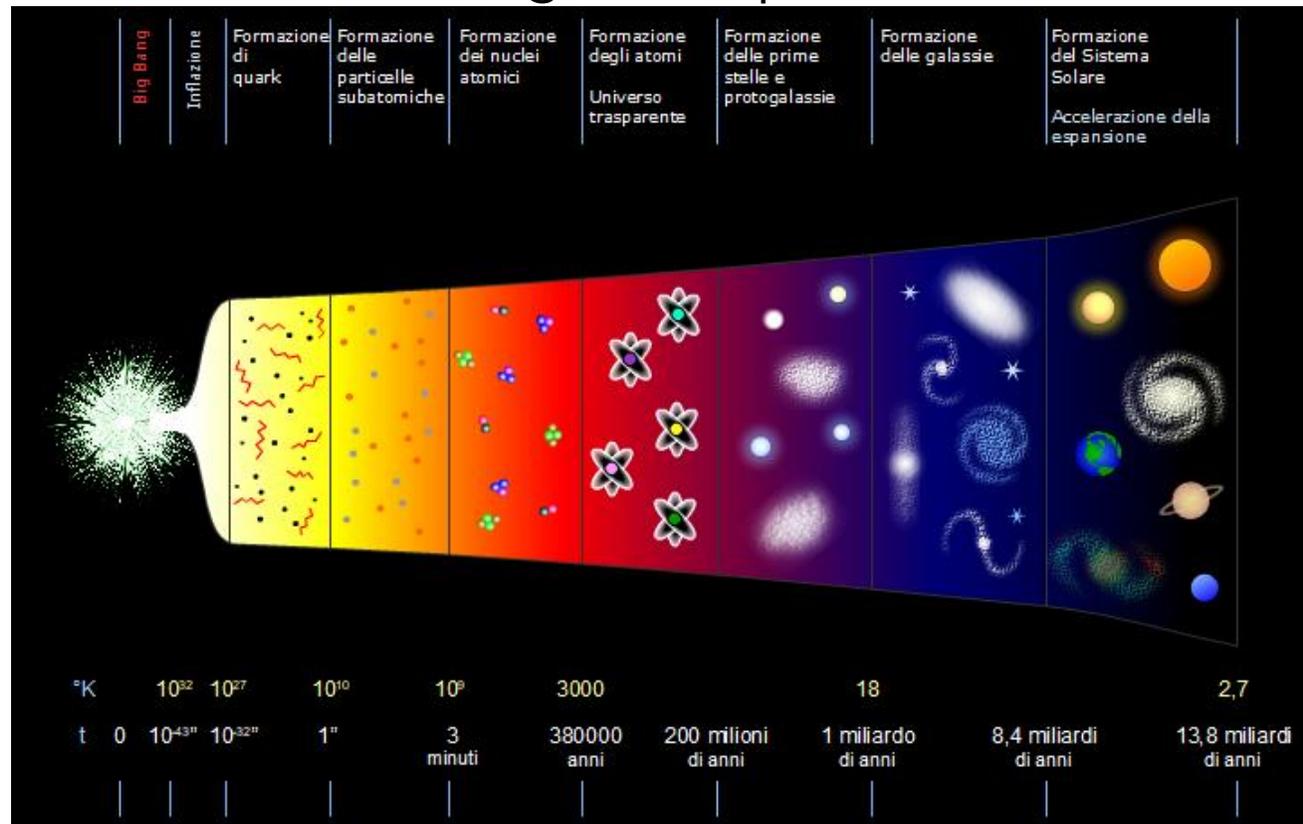
Serve una rete mondiale:
la GRID



A cosa serve CMS?

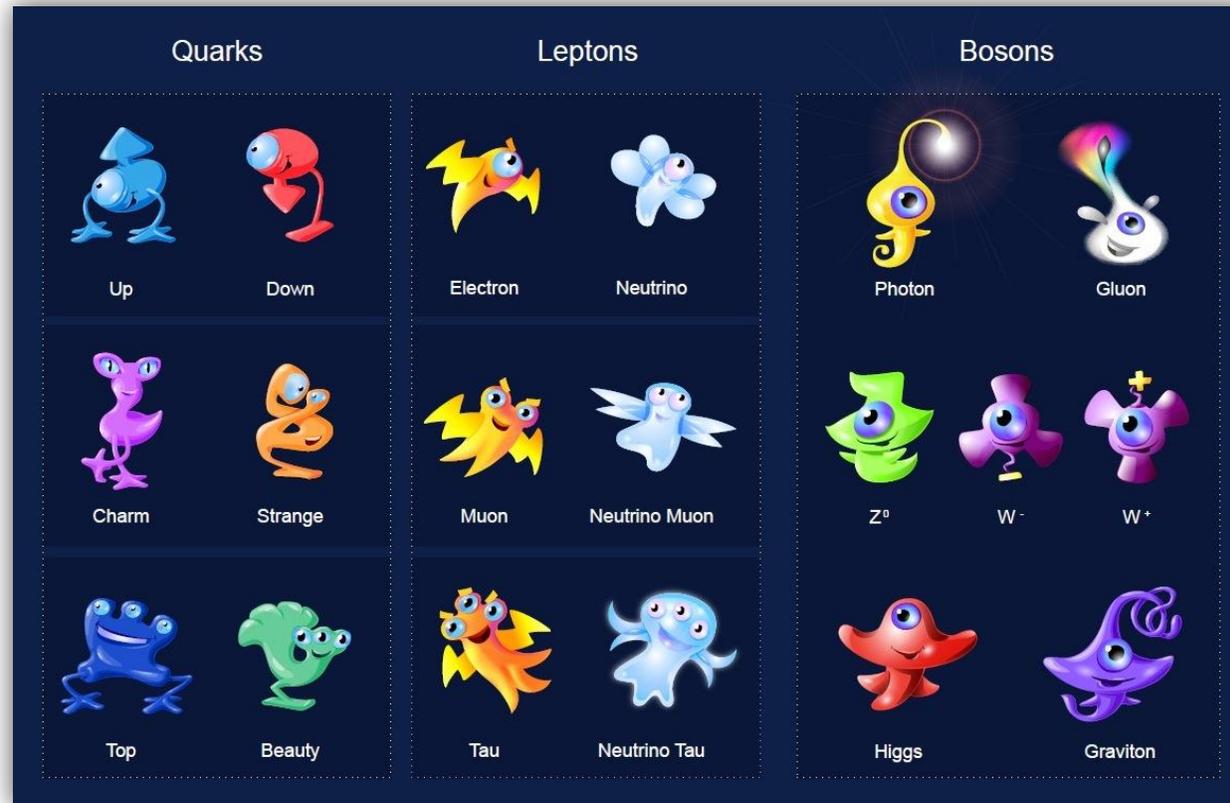
In laboratori come il CERN si fa **ricerca di base**

- 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

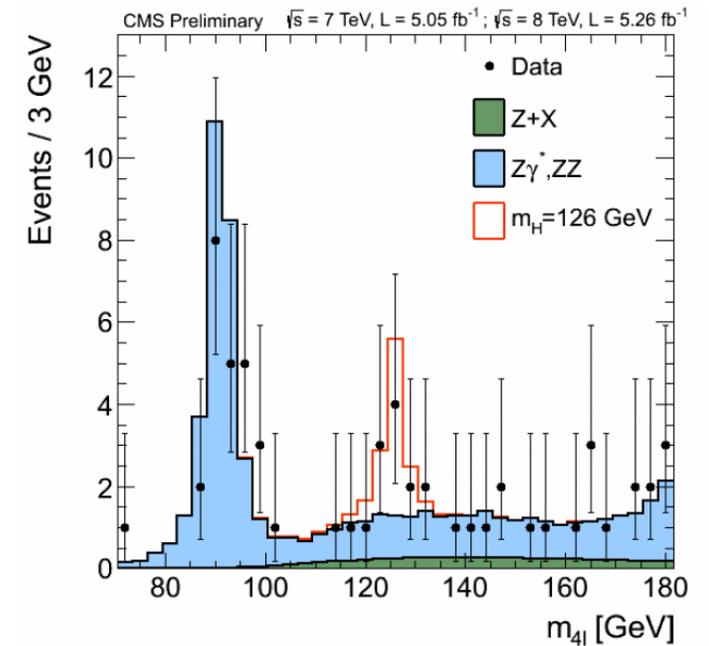
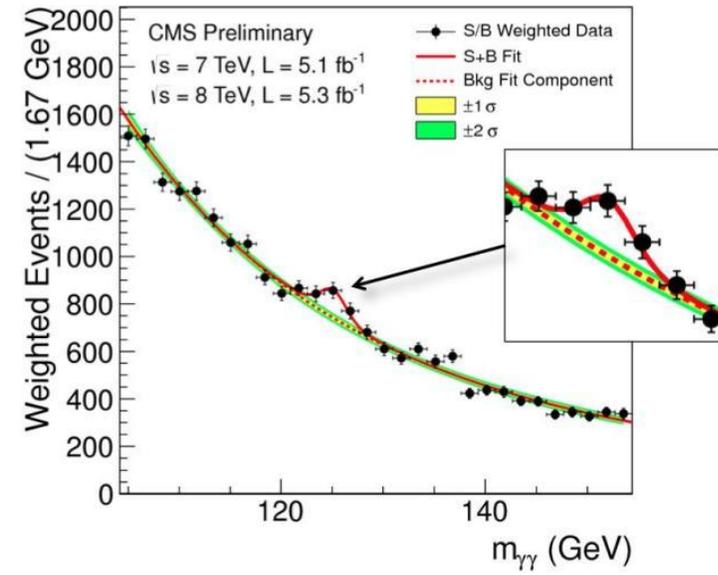
La più famosa....



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



Impatto di LHC sulla società

Costruire LHC (e i 4 esperimenti) è costato circa 6 miliardi di euro.

L'Italia ha contribuito per il 12% -> 720 milioni di euro circa



Impatto di LHC sulla società

Costruire LHC (e i 4 esperimenti) è costato circa 6 miliardi di euro.

L'Italia ha contribuito per il 12% -> 720 milioni di euro circa

1.2 euro a testa l'anno per 10 anni...un caffè (caro) all'anno per LHC, si può fare!

Impatto di LHC sulla società

Costruire LHC (e i 4 esperimenti) è costato circa 6 miliardi di euro.

L'Italia ha contribuito per il 12% -> 720 milioni di euro circa

1.2 euro a testa l'anno per 10 anni...un caffè (caro) all'anno per LHC, si può fare!

Per ogni euro investito dallo stato italiano in LHC, 1.5 euro sono rientrati alle industrie italiane.

Un ottimo investimento!