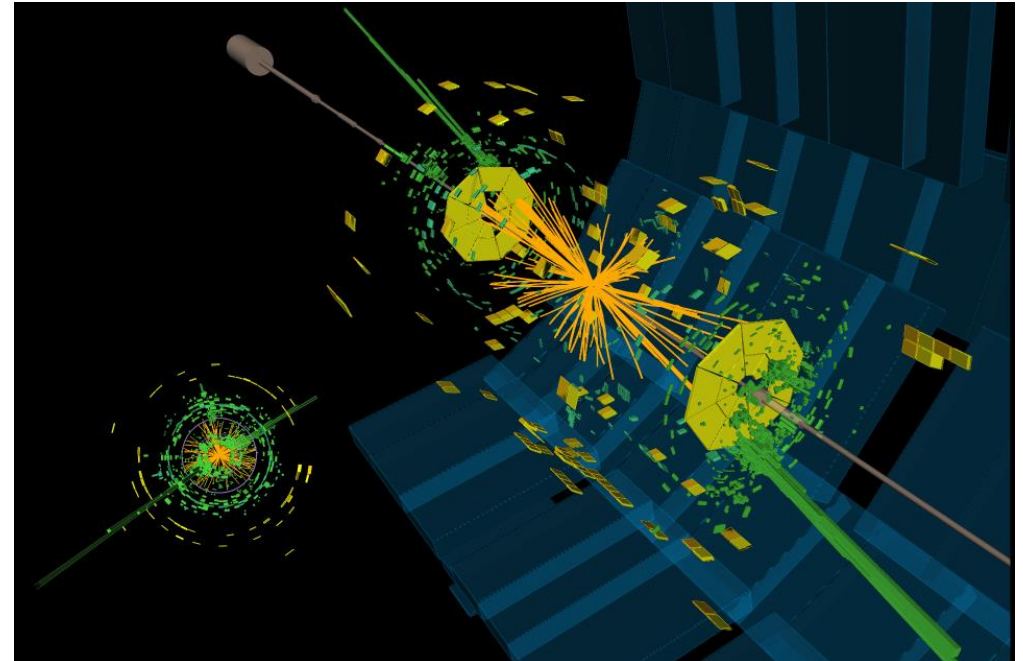


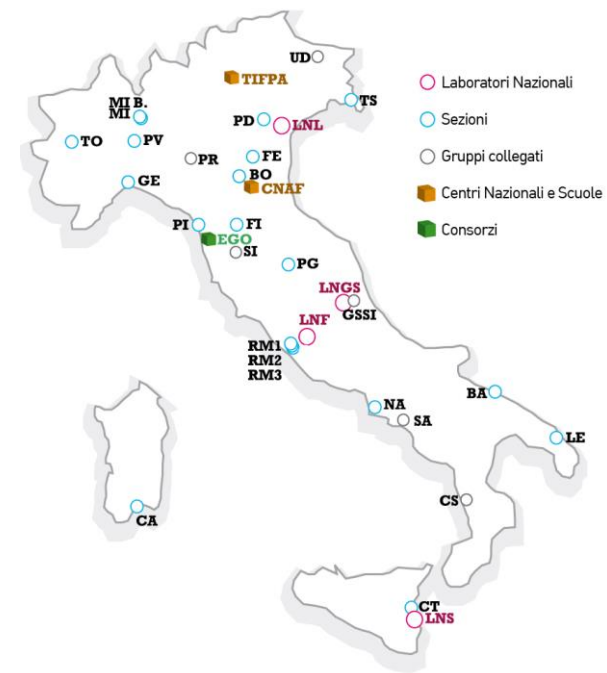
Dall'infinitamente grande all'infinitamente piccolo viaggio alla comprensione dell'universo

Jacopo Pinzino



Mi presento

- Sono un ricercatore di fisica particellare all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN).
- Lavoro ad un esperimento al CERN di Ginevra chiamato NA62
- NA62 si occupa di raccogliere e misurare decadimenti molto rari di una particella chiamata K (accade 1 volta ogni 10^{10}) circa 100 volte più rari di vincere il superenalotto.
- <https://classpoint.app>



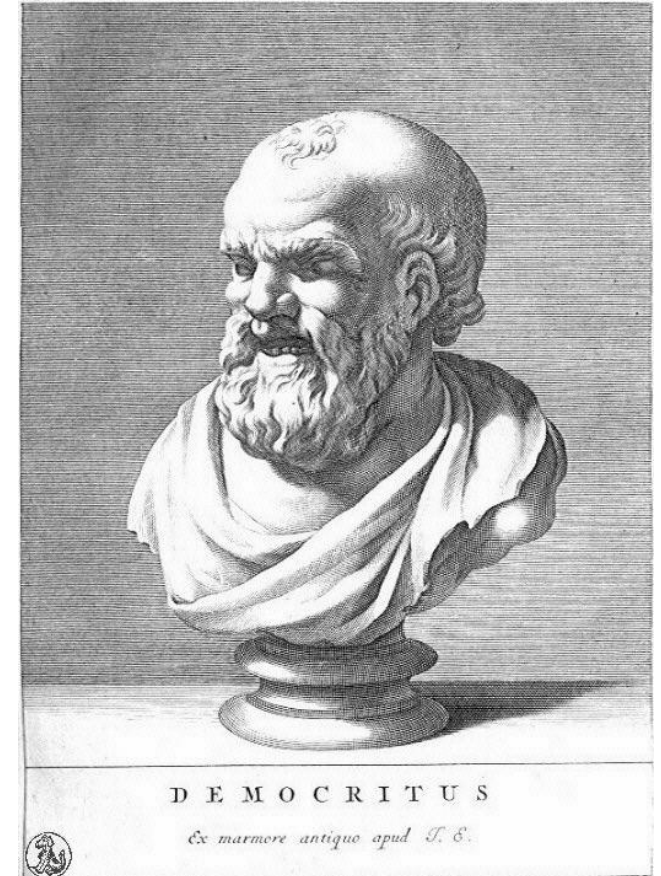
A cosa serve la fisica e la ricerca in fisica?



Word Cloud

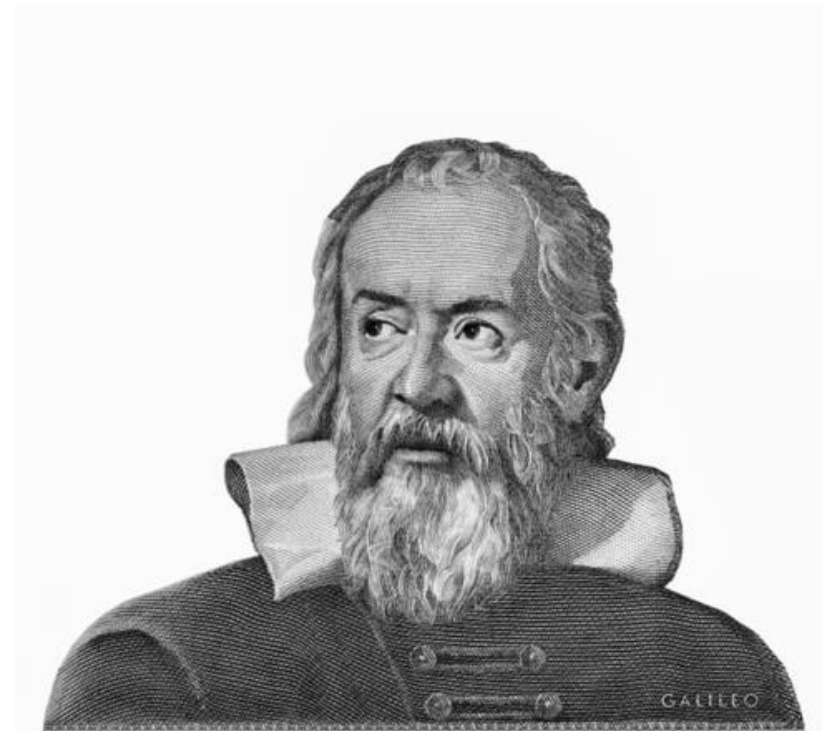
L'uomo e la natura

- Fin dall'antichità l'uomo si è posto domande, sulla materia di cui siamo fatti, sui fenomeni naturali e sulle leggi che li governano.
- Già nel IV secolo a.C., Democrito ipotizzò che **la materia fosse fatta di atomi**, ("che non possono essere tagliati") dotati di dimensioni, forma, e peso diversi, e vuoto tra essi. Tutte le proprietà della materia che sperimentiamo sono dovute alle interazioni fra essi.



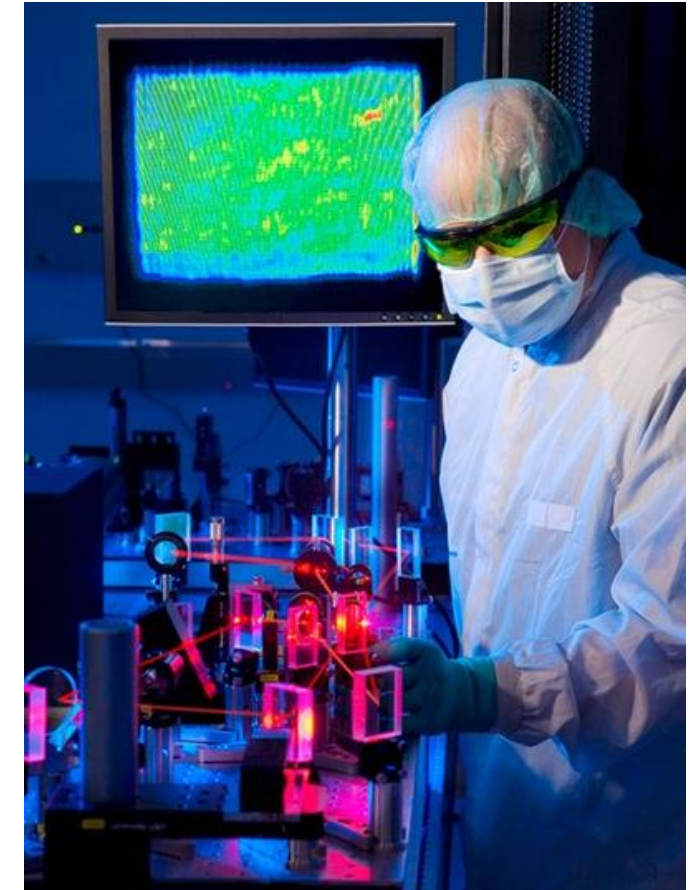
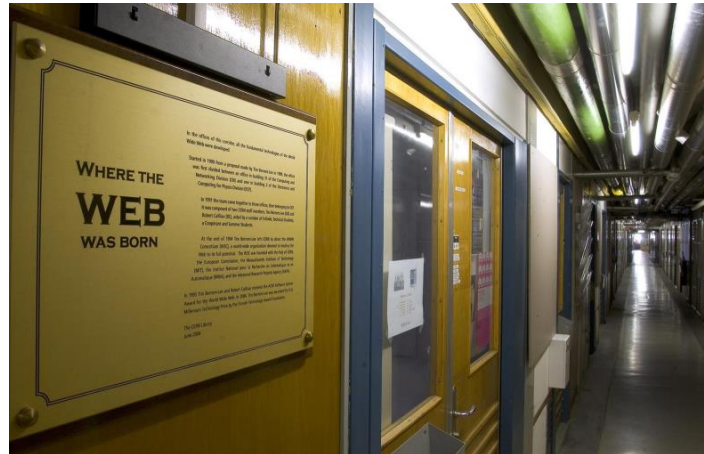
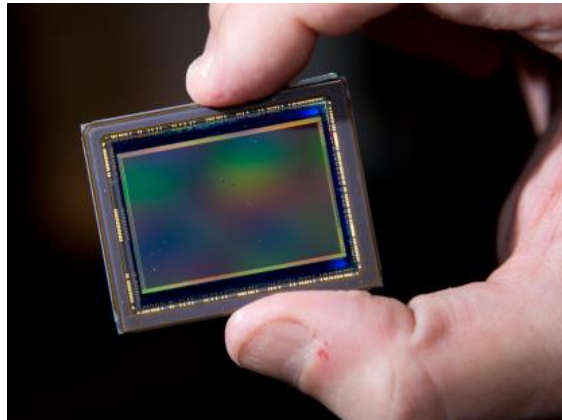
Il metodo scientifico

- Prima del metodo scientifico era difficile ottenere dei progressi tecnologici o scientifici in quanto, le ipotesi non venivano verificate e in genere i dogmi religiosi prendevano il sopravvento:
- Per più di mille anni l'ipotesi geocentrica era più accreditata di quella eliocentrica.
- Da Galileo si è iniziato ad usare un metodo scientifico in modo da avere dei risultati riproducibili e poter verificare delle ipotesi:
 - Osservazione del fenomeno che si vuole studiare
 - Formulazione di una teoria o di un'ipotesi
 - Raccolta dei dati
 - Verifica sperimentale delle ipotesi attraverso l'analisi dei dati
 - I risultati possono essere verificati da altri gruppi di ricerca



L'impatto della ricerca nella società

- La ricerca in fisica rientra nel gruppo della ricerca di base atta a comprendere le leggi della natura
- La comprensione della natura potrebbe avere grandi importanti sulla nostra vita e per la civiltà
- La ricerca di base è necessaria per ottenere grandi progressi: non si può inventare la lampadina continuando a migliorare la candela
- La ricerca di base ha avuto grandi ricadute nella nostra vita quotidiana:
 - PET
 - Laser
 - Web
 - GPS
 - Sensori delle fotocamere
 - processori



Quant'è il rapporto tra la distanza più del nostro universo e quella più piccola?

A) 10^{10}

B) 10^{62}

C) 1000

D) L'universo è infinito

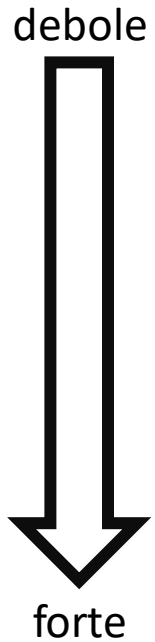
 Multiple Choice

The Scale of the Universe 2

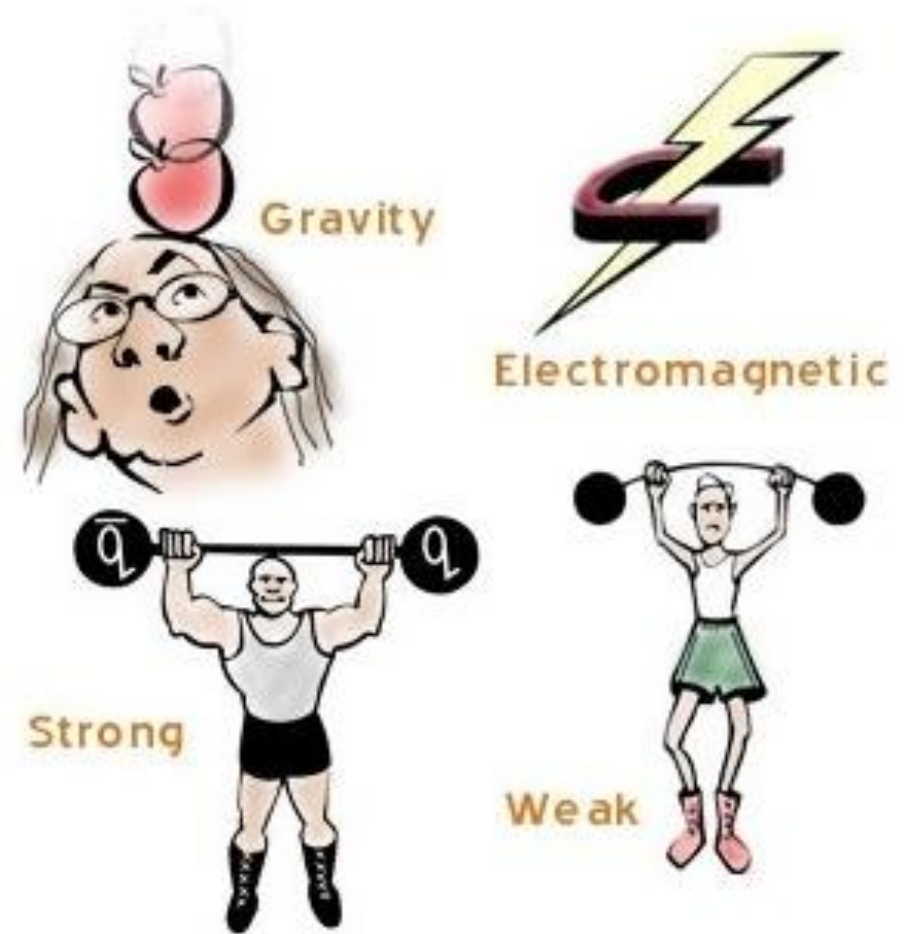
Quali sono le forze che governano la natura?



Le Forze Fondamentali



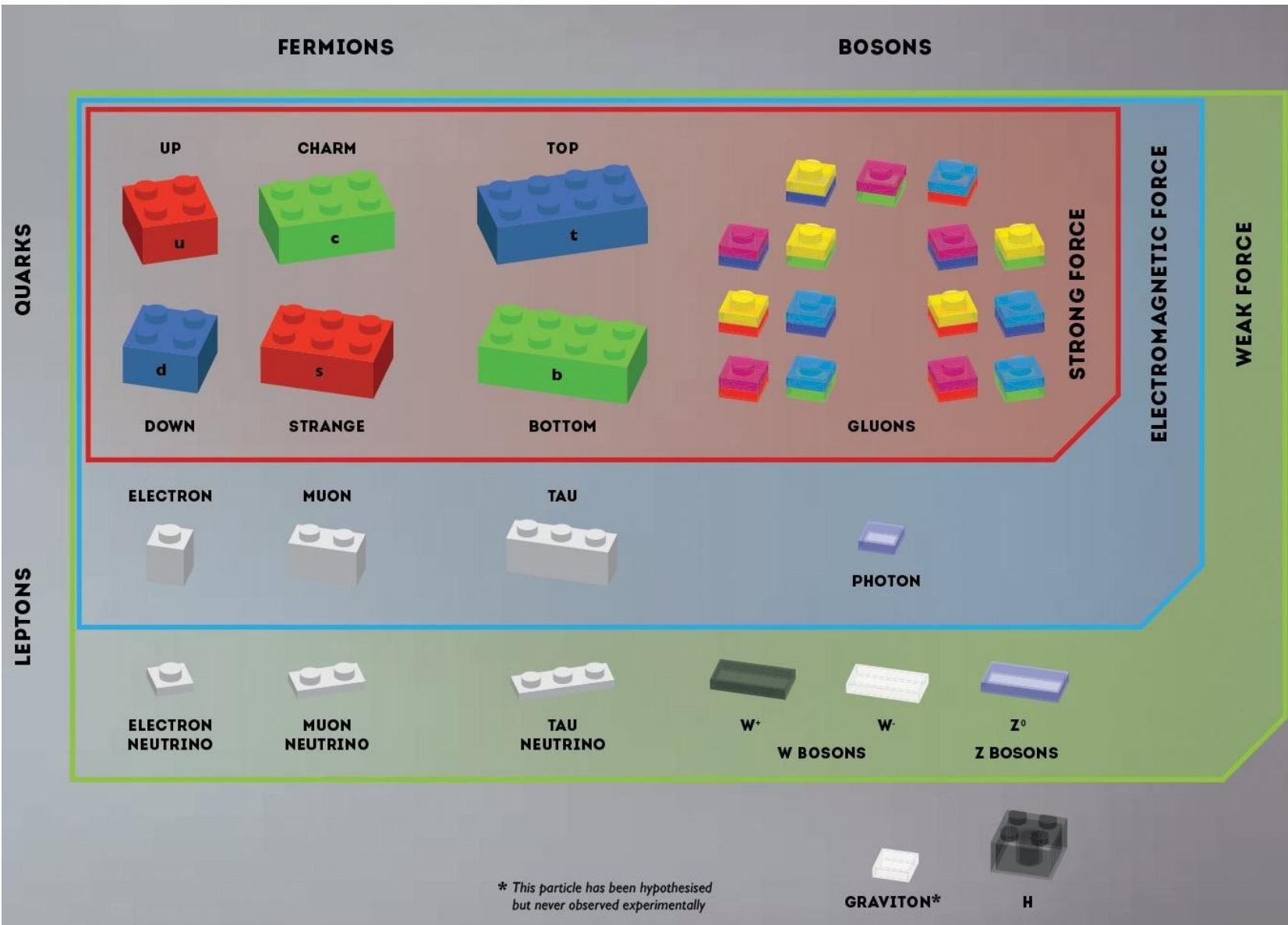
1. Forza di Gravità
2. F. Nucleare Debole
3. F. Elettromagnetica
4. F. Nucleare Forte



Quali sono i tasselli fondamentali di ciò che ci circonda, del mondo e di tutto l'universo?



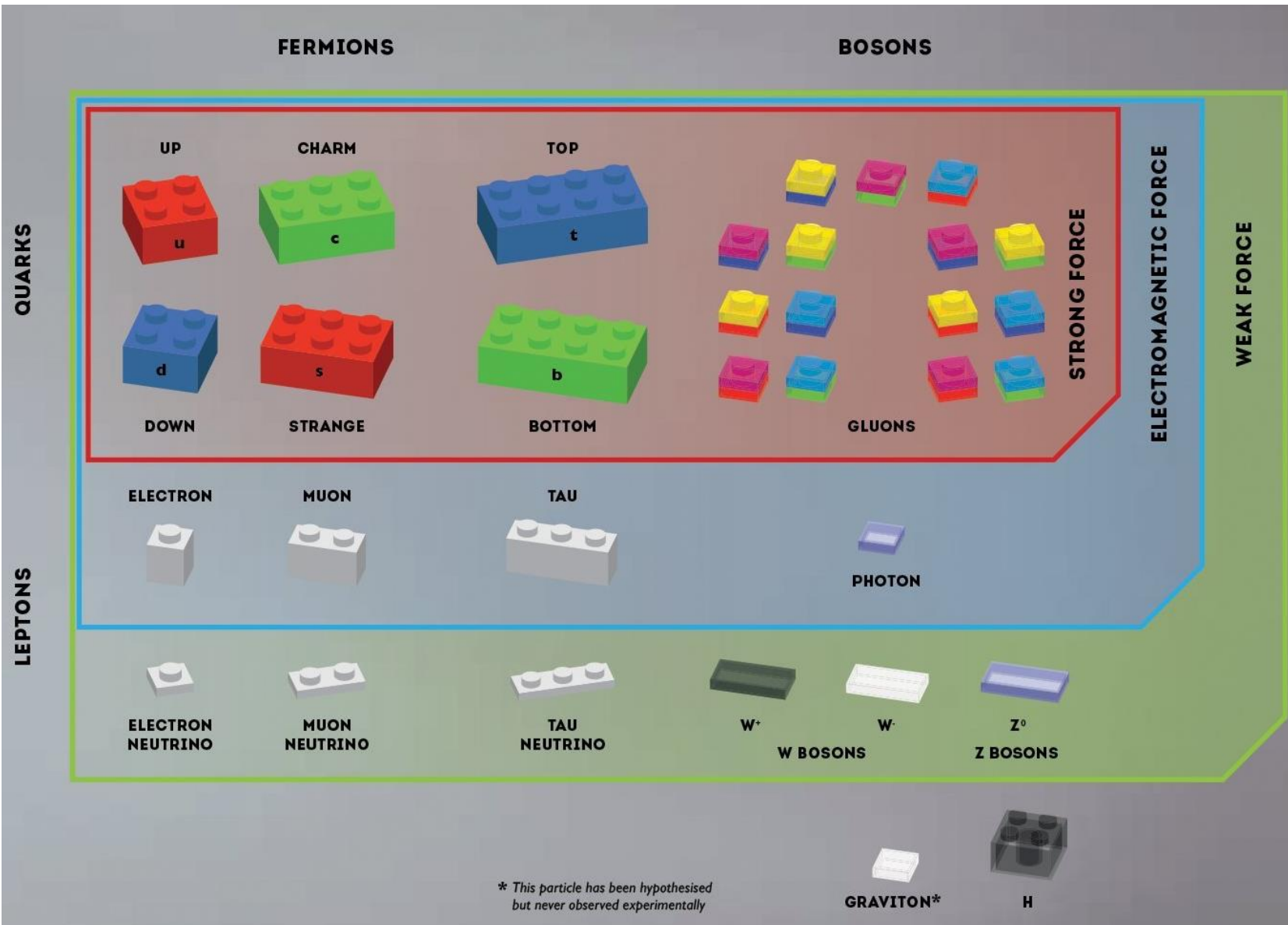
Le Particelle Elementari ed il Modello Standard



Cosa vuol dire “elementare”:

- semplice
- che non ha struttura
- *che non può essere ulteriormente semplificato, o suddiviso in parti più semplici*
- che rappresenta l'ingrediente base di tutto

Quindi Sappiamo già tutto?



Buona approssimazione della realtà
ma abbiamo ancora tanti
interrogativi

- Già nel 1800 gli scienziati pensavano che la fisica classica fosse la completa conoscenza
- All'inizio del 1900 pensavano che i protoni e gli elettroni fossero le uniche particelle esistenti

Approfondiremo qualcosa più avanti

Alla ricerca delle particelle elementari

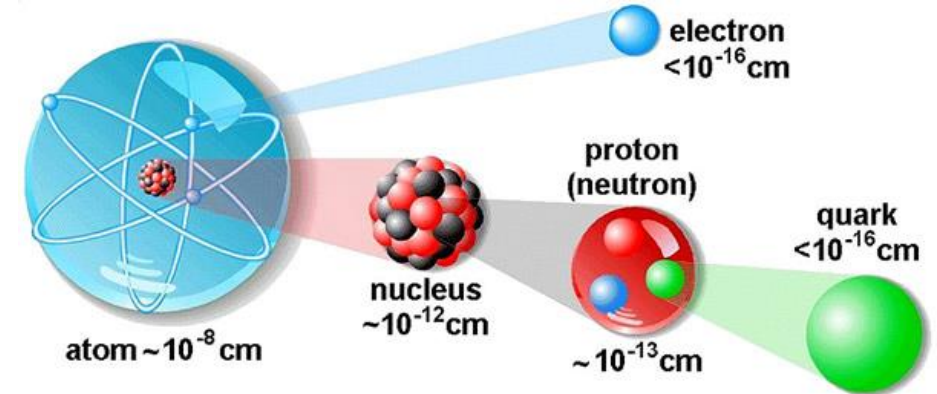
1800: atomi, tavola periodica

1897: elettrone (Thomson, Nobel 1906)

1919: protone (Rutherford, aveva già il Nobel 1909)

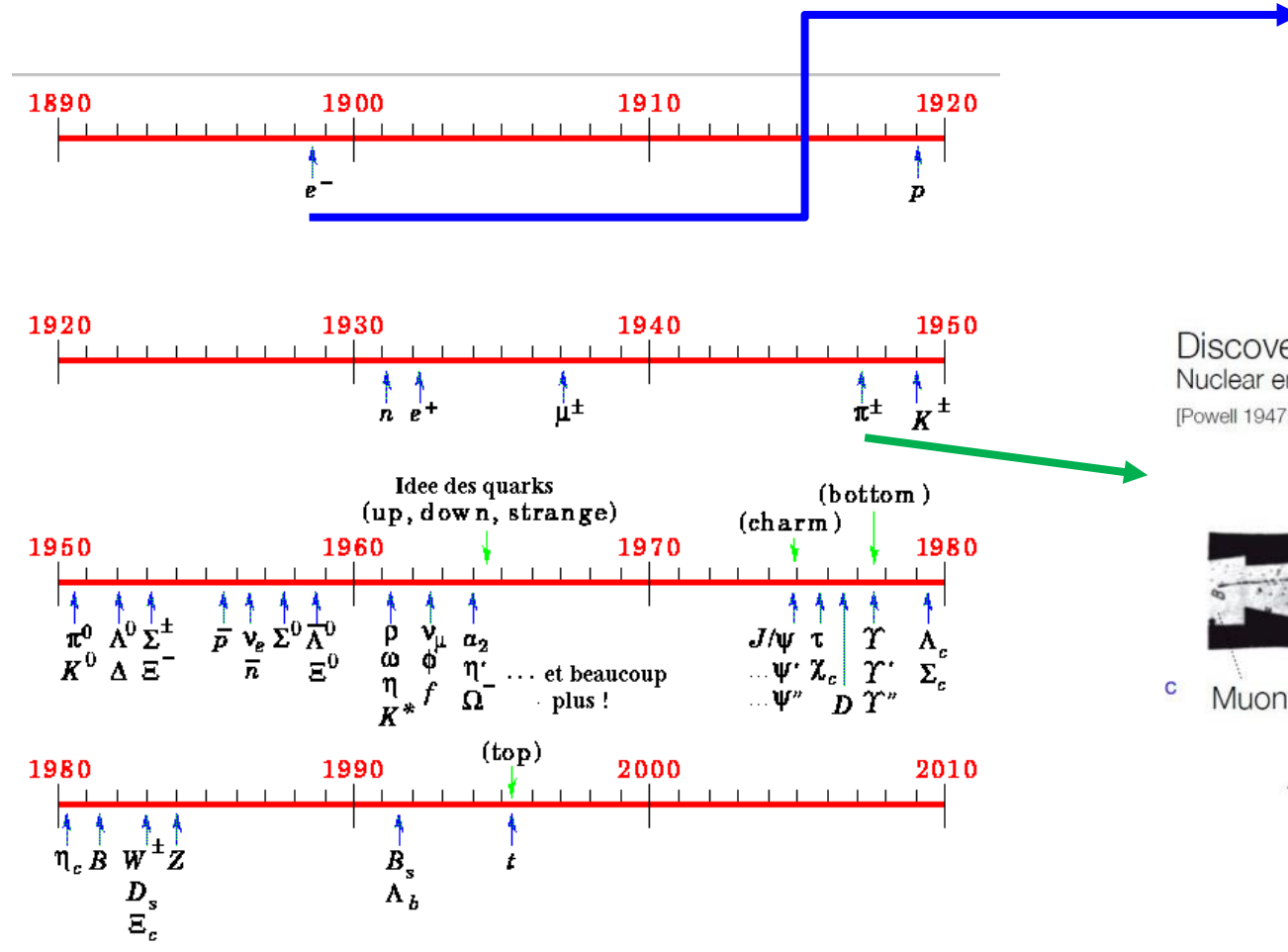
1932: neutrone (Chadwick, Nobel 1935)

1967: quarks (Kendall, Friedman & Taylor, Nobel 1990)

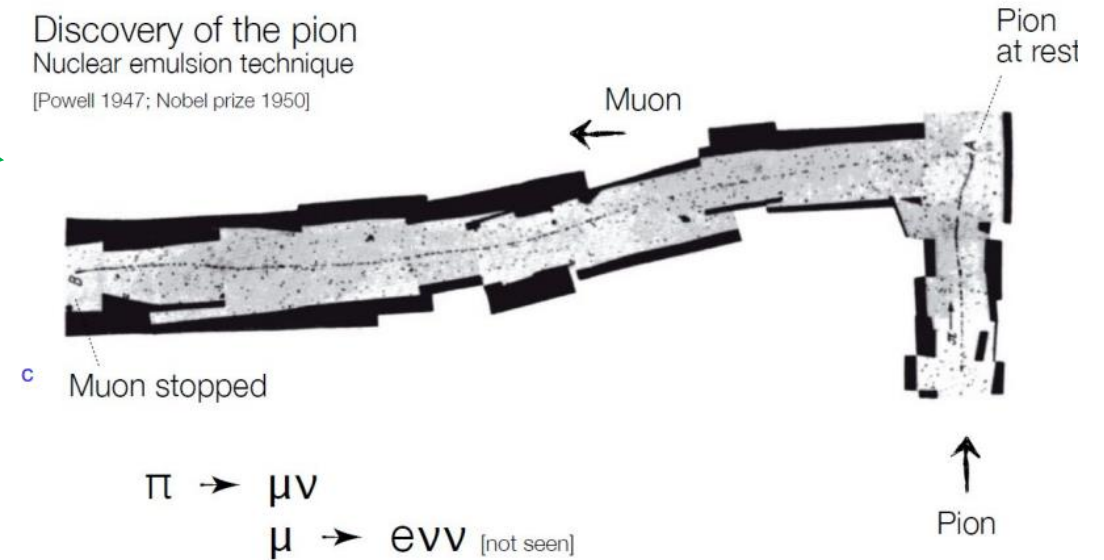


E poi un mare di particelle scoperte

Nel 1897, J.J. Thomson ha scoperto l'elettrone



Discovery of the pion
Nuclear emulsion technique
[Powell 1947; Nobel prize 1950]

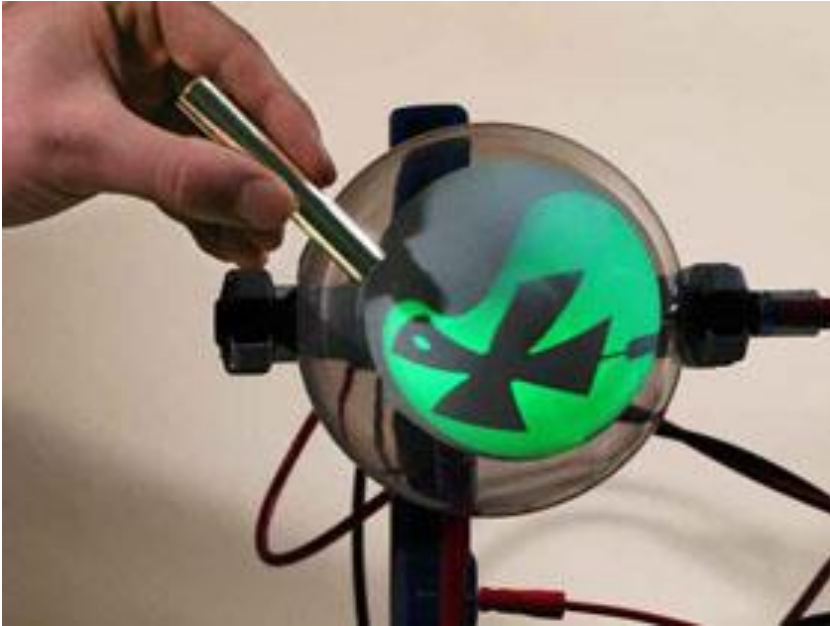


L'esperimento di Thomson



le particelle negative (*raggi catodici / elettroni*) sono emesse dal catodo e sparate nel vuoto all'interno del tubo fino a colpire una zona con uno schermo fluorescente che si illumina nel punto colpito.

Domanda

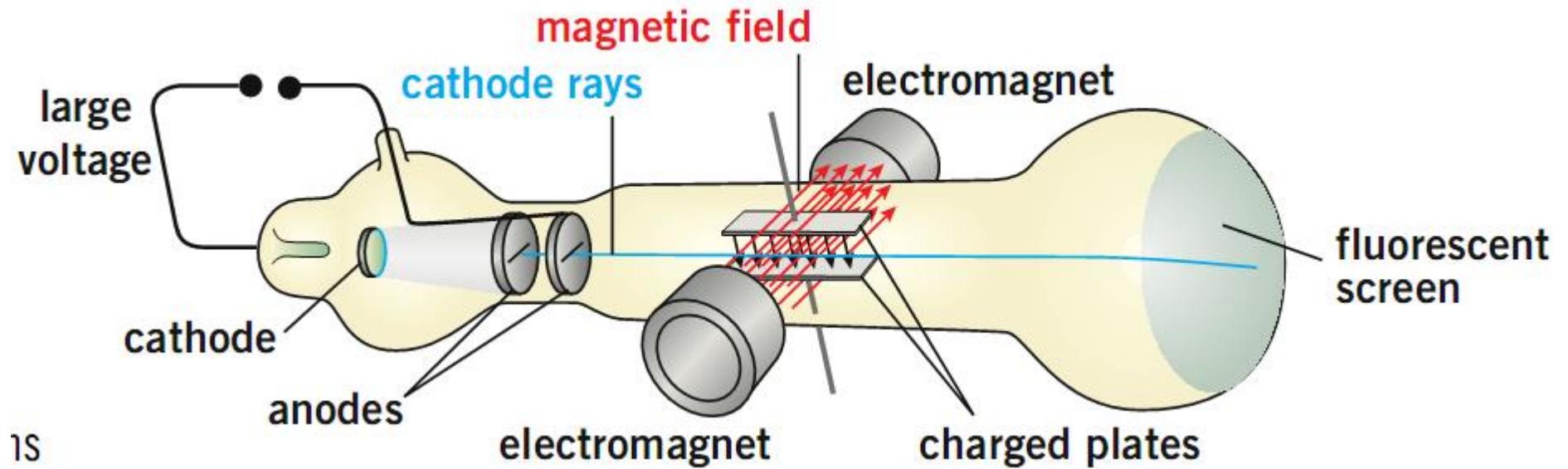


Avvicinando un magnete allo schermo l'immagine data dagli elettroni si distorce. Come mai?

- A) La luce viene deflessa dal magnete
- B) Si piega la croce dentro il tubo
- C) Gli elettroni vengono respinti dal magnete
- D) È pura magia

★ Multiple Choice

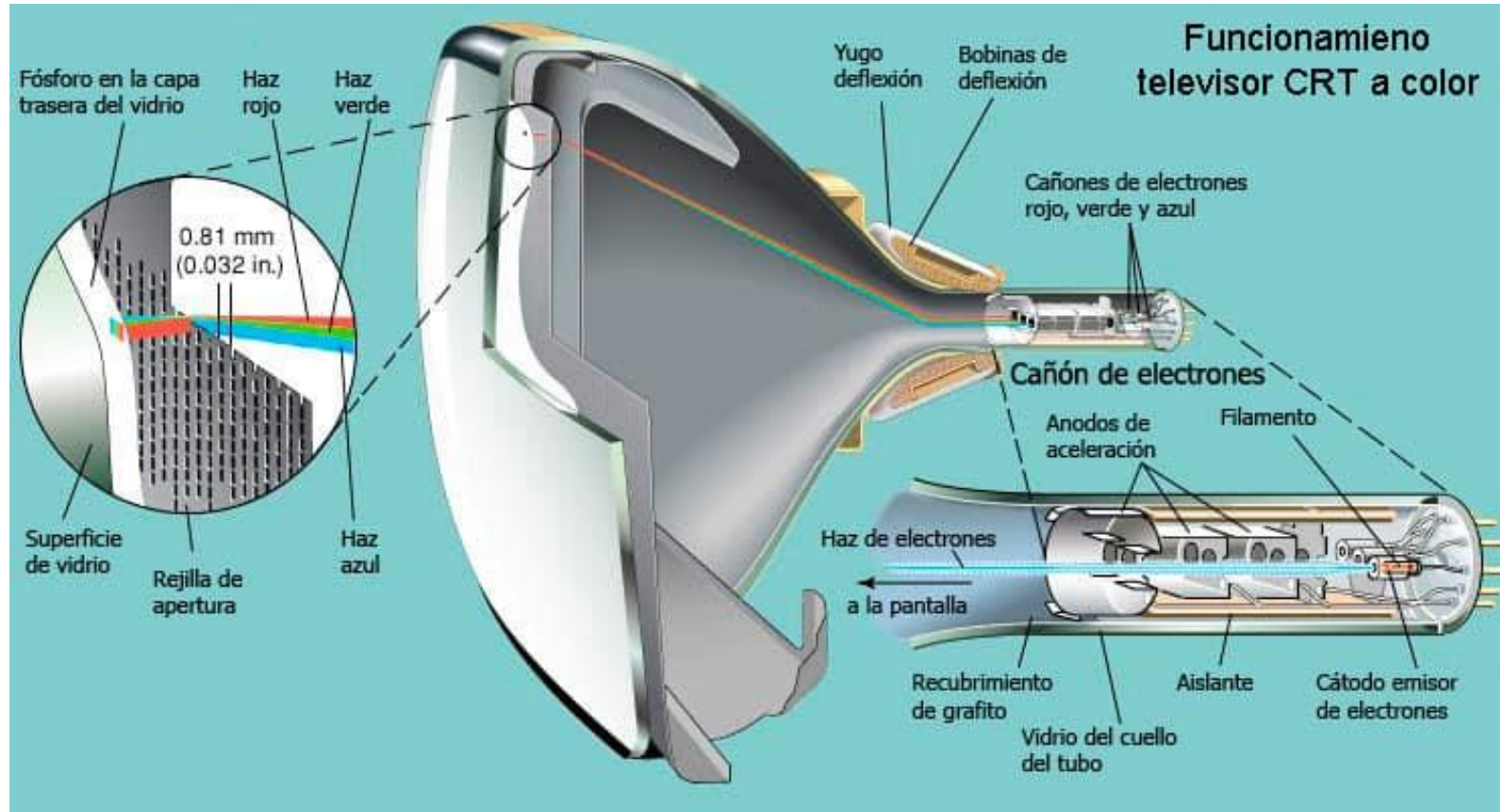
L'esperimento di Thomson



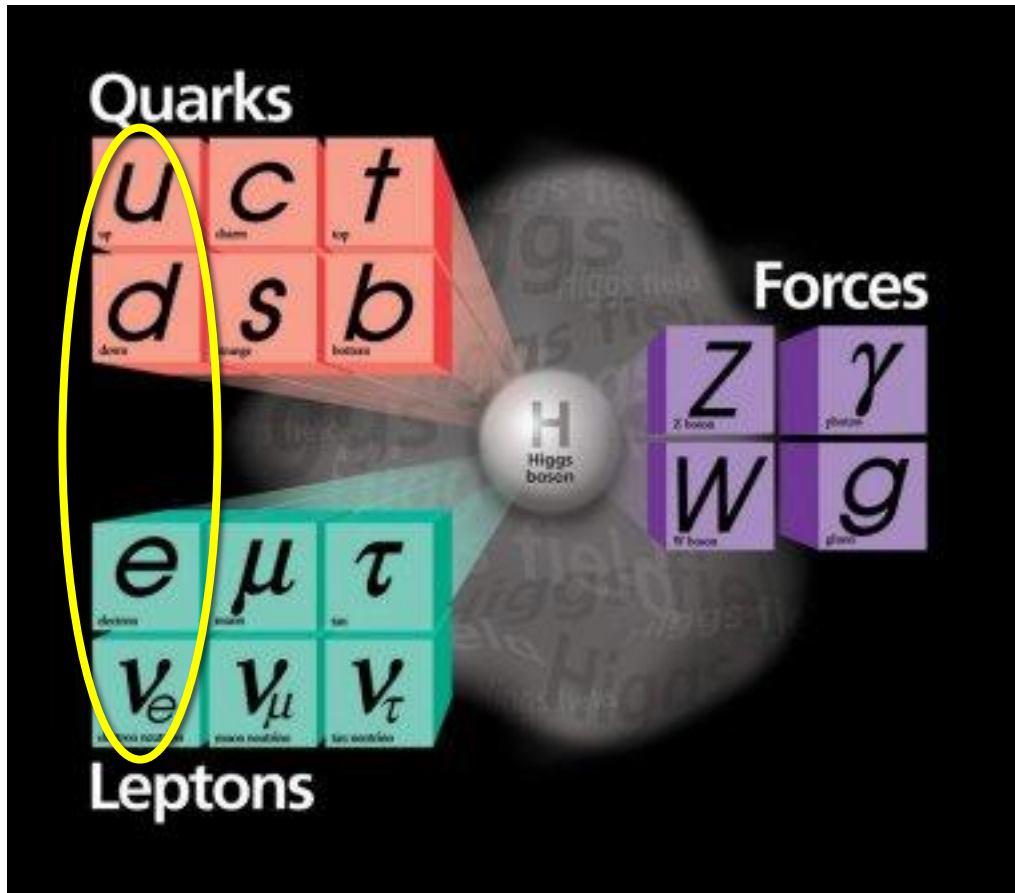
1S

Cosa vi ricorda?

La Televisione a tubo catodico



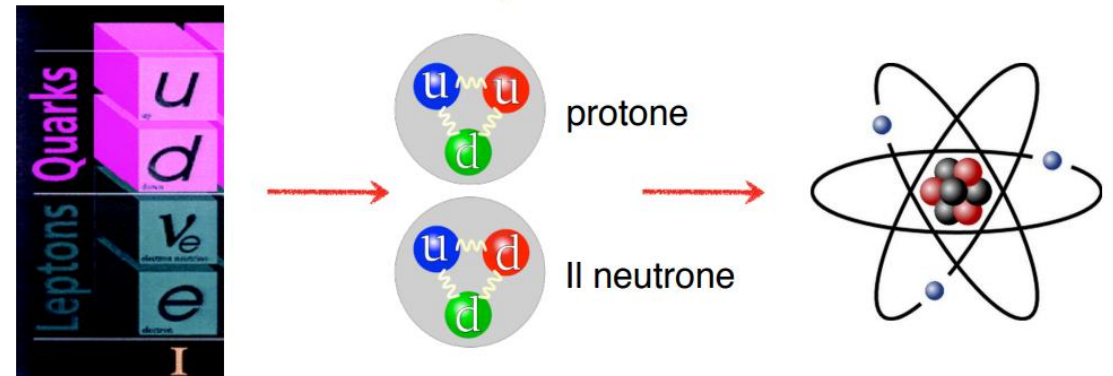
I Quark



Modello Standard delle Interazioni Fondamentali

Il mondo che ci circonda è costituito solo da 2 quark e da 1 leptone: up, down e l'elettrone

- uud = protone
- udd = neutrone



- Perché ci sono le altre generazioni ?
- Da cosa sono determinate le masse ?
- Riusciamo a spiegare tutti i fenomeni nell'universo?

HIGGS e la massa alla materia

- Rivelato per la prima volta nel 2012 al CERN, fornisce massa alle particelle attraverso l'interazione con esso

Come funziona il campo di Higgs | Alla ricerca della particella che dà la massa alla materia

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.)

Per spiegare come mai la materia abbia massa, il fisico Peter Higgs nel 1960 ha ipotizzato l'esistenza del bosone di Higgs.

Il bosone di Higgs è la particella che dà la massa a tutte le altre. Ciò avviene quando queste interagiscono col campo prodotto dall'Higgs.

Provare l'esistenza dell'Higgs è uno degli obiettivi principali di LHC, in particolare degli esperimenti ATLAS e CMS.

INFN
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Fonte: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

CONTINENTR.IT

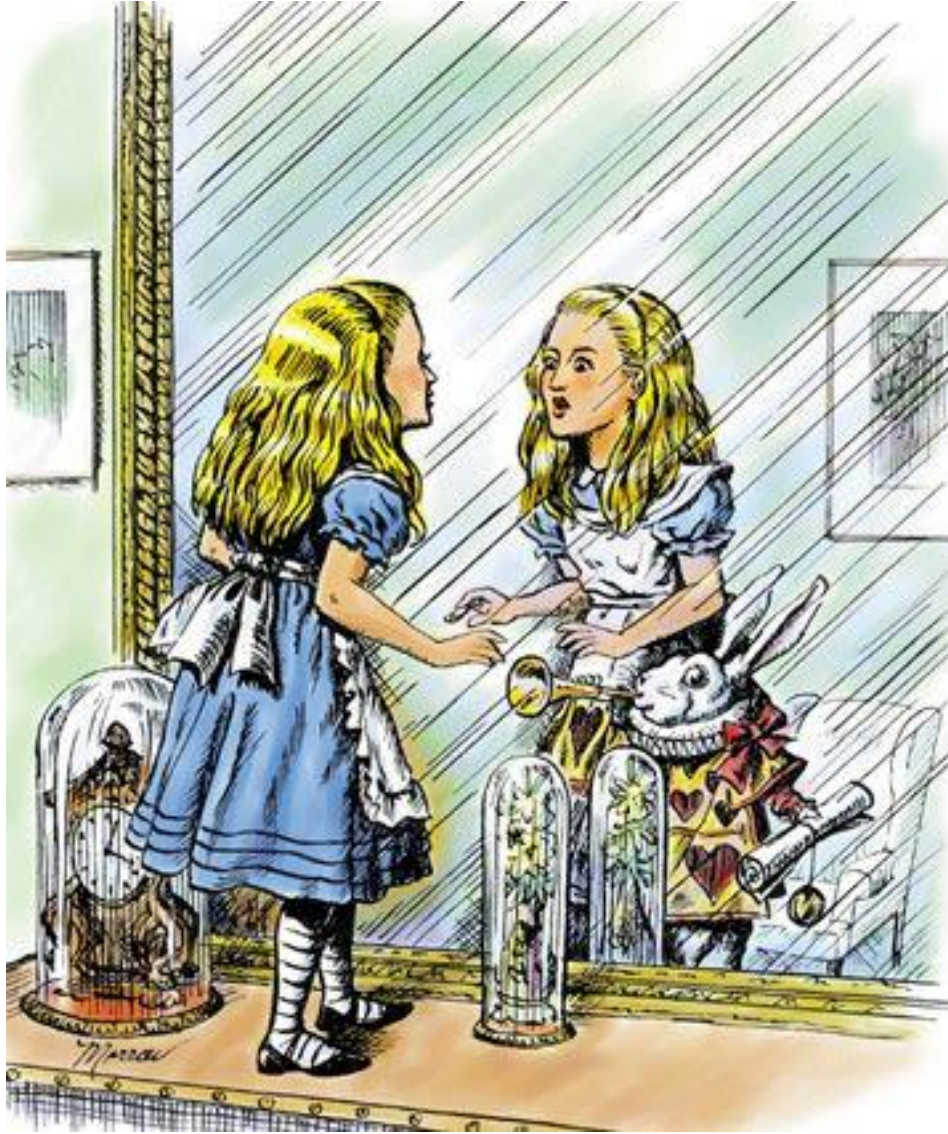
E l'antimateria?

Cos'è per voi l'antimateria?



Word Cloud

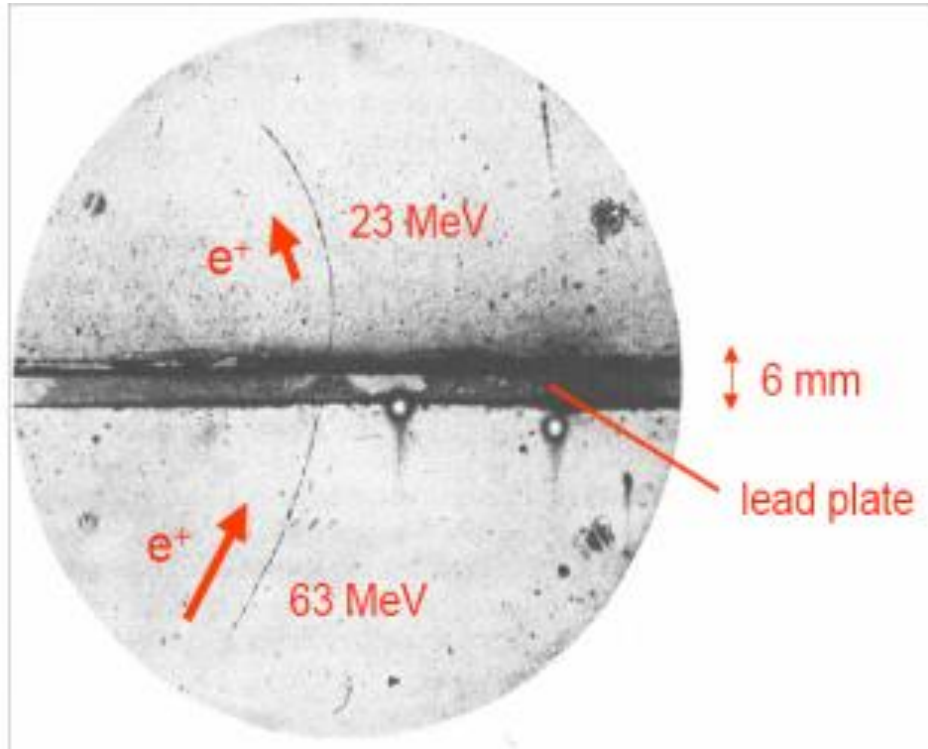
L'antimateria



L'antimateria è come un mondo al rovescio, ogni particella ha una corrispondente antiparticella:

- stessa massa
 - ma carica opposta.
-
- Fu predetta teoricamente con un modello matematico
 - 1932: Scoperto il positrone (=anti-elettrone)
 - Nei raggi cosmici
 - 1955: scoperto l'anti-protone
 - Prodotto in un acceleratore a Berkeley

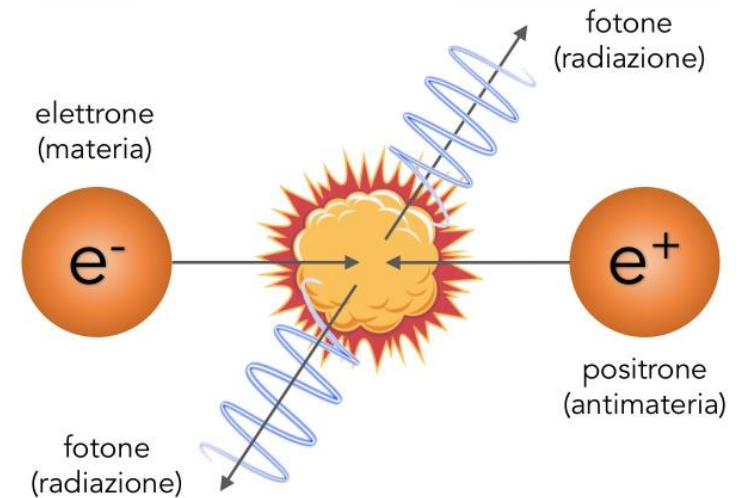
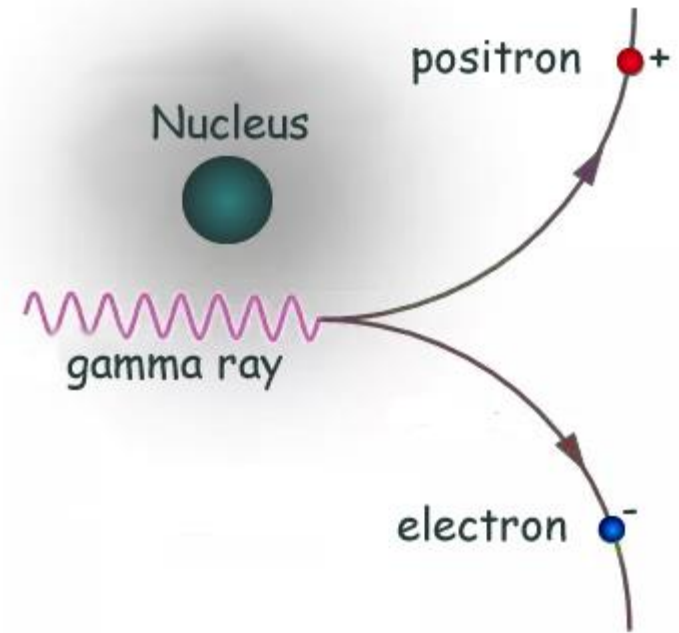
L'antimateria nel nostro mondo



Videro delle tracce simili a quelle dell'elettrone ma, all'interno di un campo magnetico, curvavano nella direzione sbagliata.

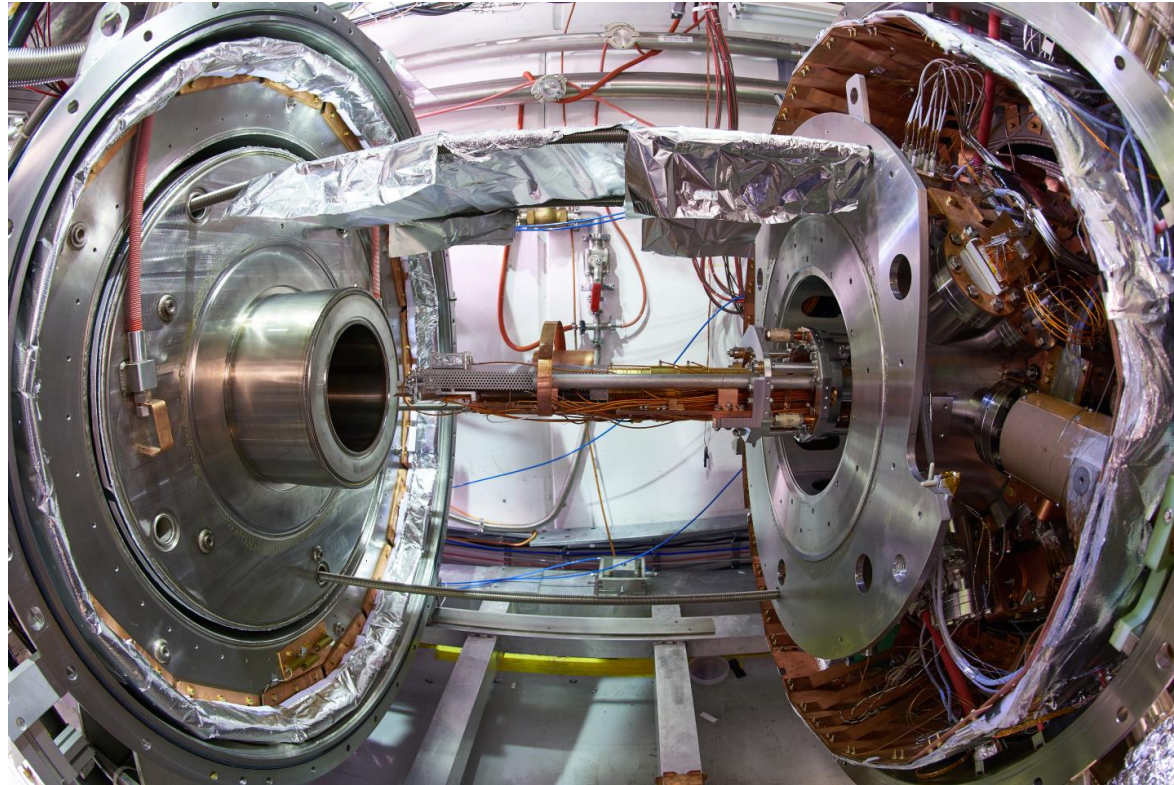
Il positrone

- Il positrone è l'antiparticella dell'elettrone, identico ad esso ma con carica opposta.
- L'energia (ad esempio un fotone) può trasformarsi in materia e antimateria ma senza cambiarne il bilanciamento.
- Una particella può annichinarsi con la sua antiparticella e sprigionare energia (fotoni).



Esperimenti

- Molti esperimenti attualmente studiano le proprietà dell'antimateria:
- Ad esempio AEgIS al CERN mira a misurare l'accelerazione gravitazionale terrestre su atomi di anti-idrogeno.



Dov'è finita tutta l'antimateria?

- Visto che materia ed antimateria sono simmetrici come mai viviamo in un mondo composto quasi esclusivamente da materia?
- Il big bang dovrebbe aver creato lo stesso quantitativo di materia e antimateria
- Conosciamo piccole differenze di interazione materia-antimateria ma non giustificano l'assenza dell'antimateria

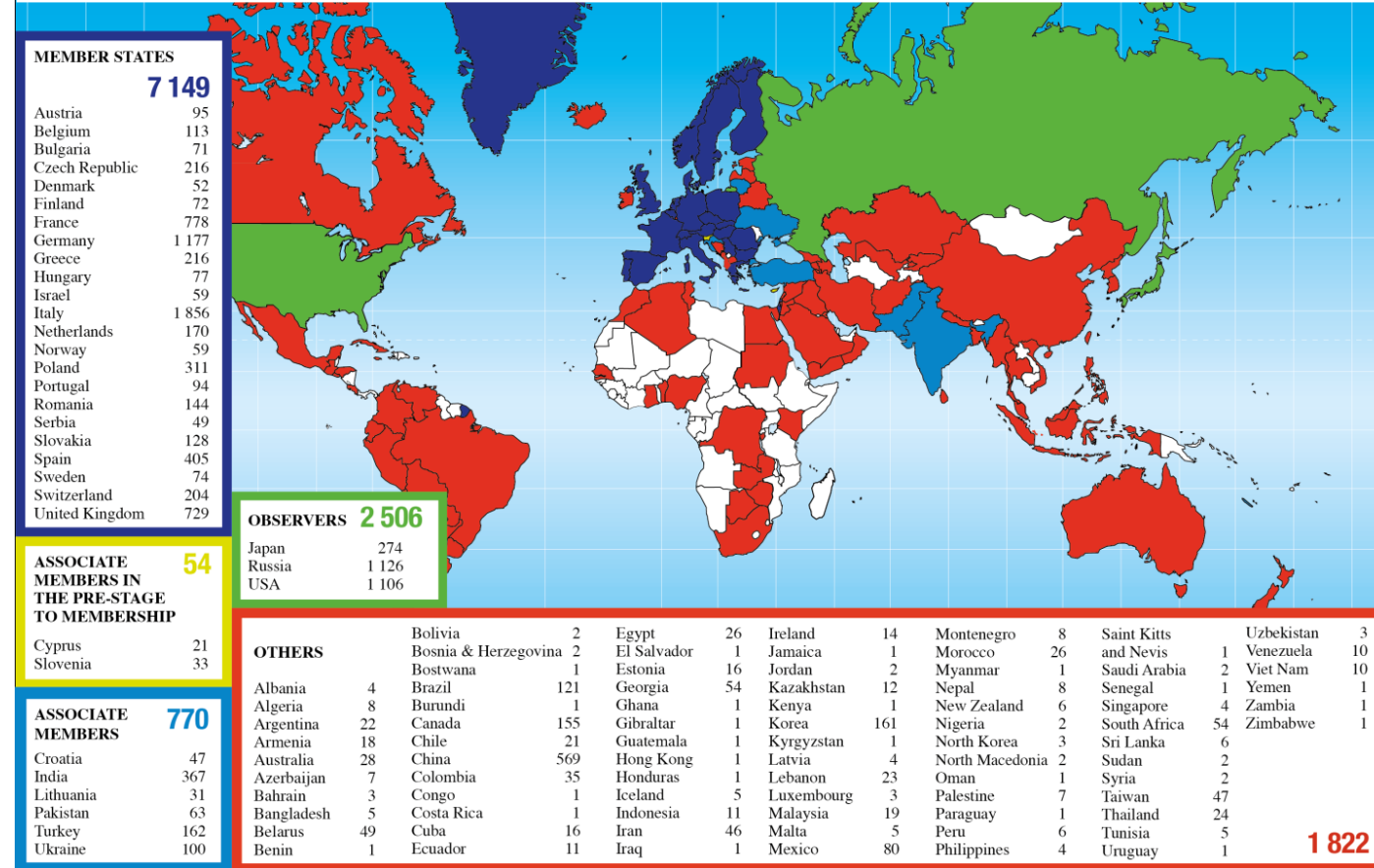
Come si fa ricerca in Fisica Particellare oggi?

- Esperimenti sulla terra o orbita
- Acceleratori di particelle o sfruttando i raggi cosmici
- Grandi complessi di ricerca
- Grandi collaborazioni internazionale

II CERN

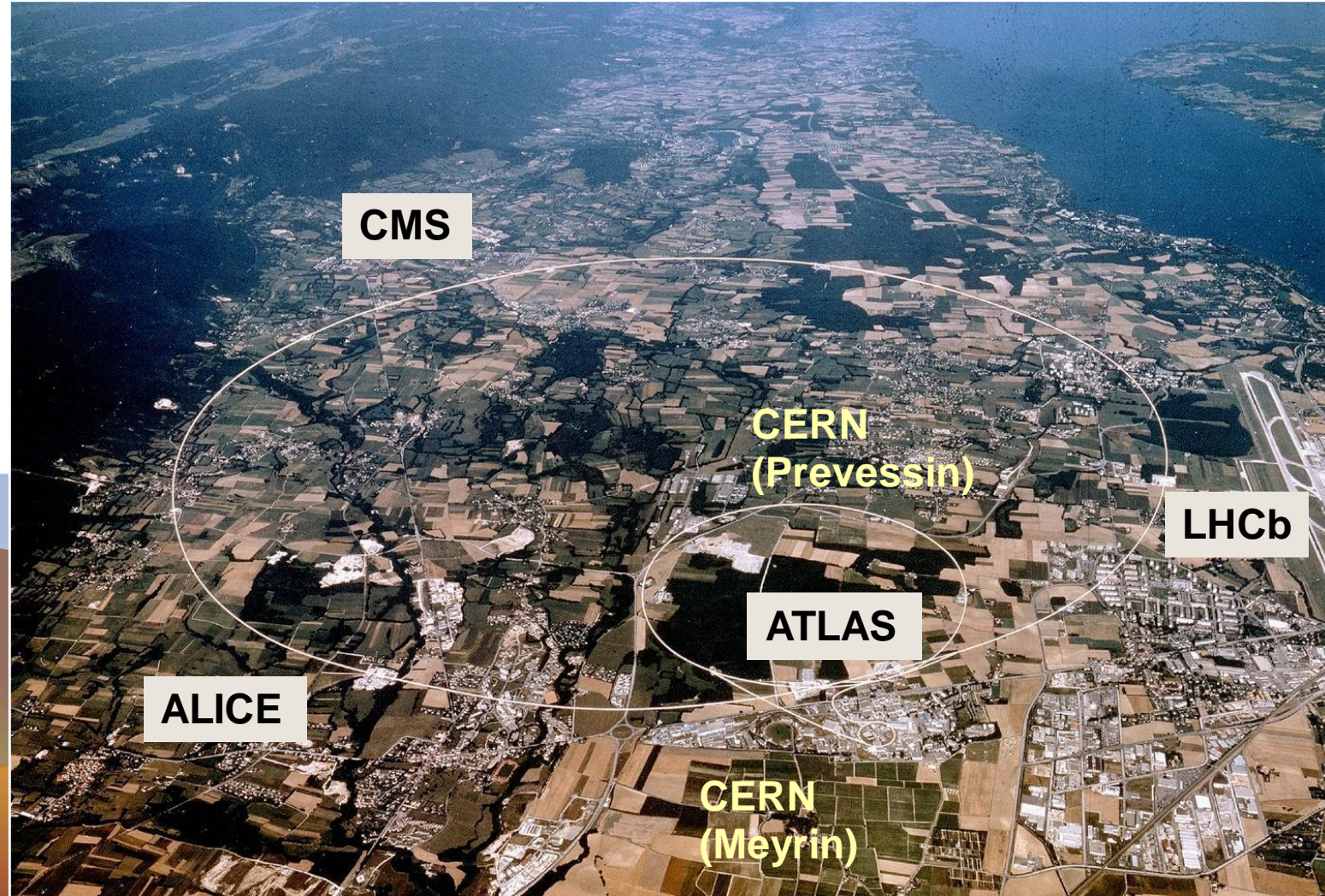
- Il CERN “Consiglio Europeo per la Ricerca Nucleare” è l’organizzazione europea per la ricerca nucleare, fondata a Ginevra il 29 settembre 1954
- L’Italia è uno dei 12 stati fondatori
- Vi lavorano più di 15000 persone da 113 paesi nel mondo
- Dal dicembre 2012 è osservatore all’ONU, come esempio di collaborazione scientifica tra i paesi.
- 23 stati membri (Israele unico non europeo)
- I risultati delle ricerche sono pubblici

Distribution of All CERN Users by Nationality on 27 January 2020

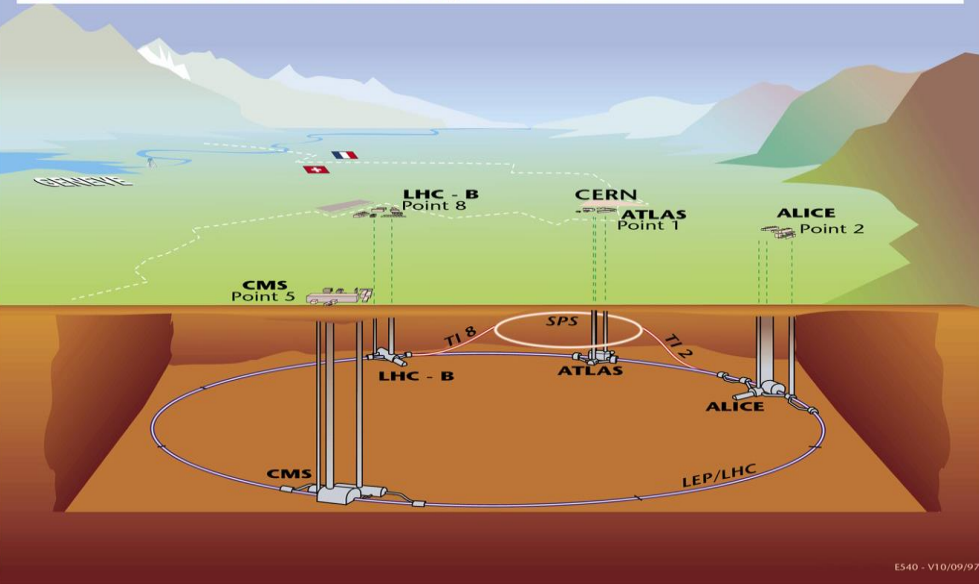


Large hadron Collider (LHC)

- 27 Km di circonferenza (il più grande acceleratore esistente)
- Profondità media 100 m
- 2 fasci di protoni a 7 TeV (stessa energia di un camion che viaggia a 50 Km/h)
- 9600 magneti di vario tipo
- I magneti superconduttori sono mantenuti a -271.3°C

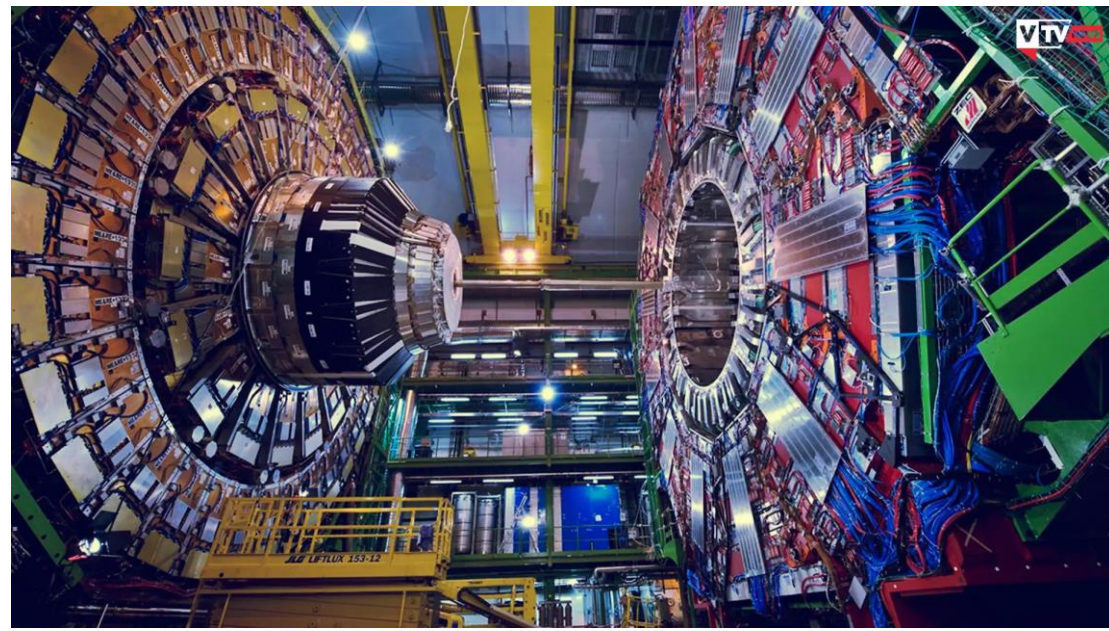


Overall view of the LHC experiments.

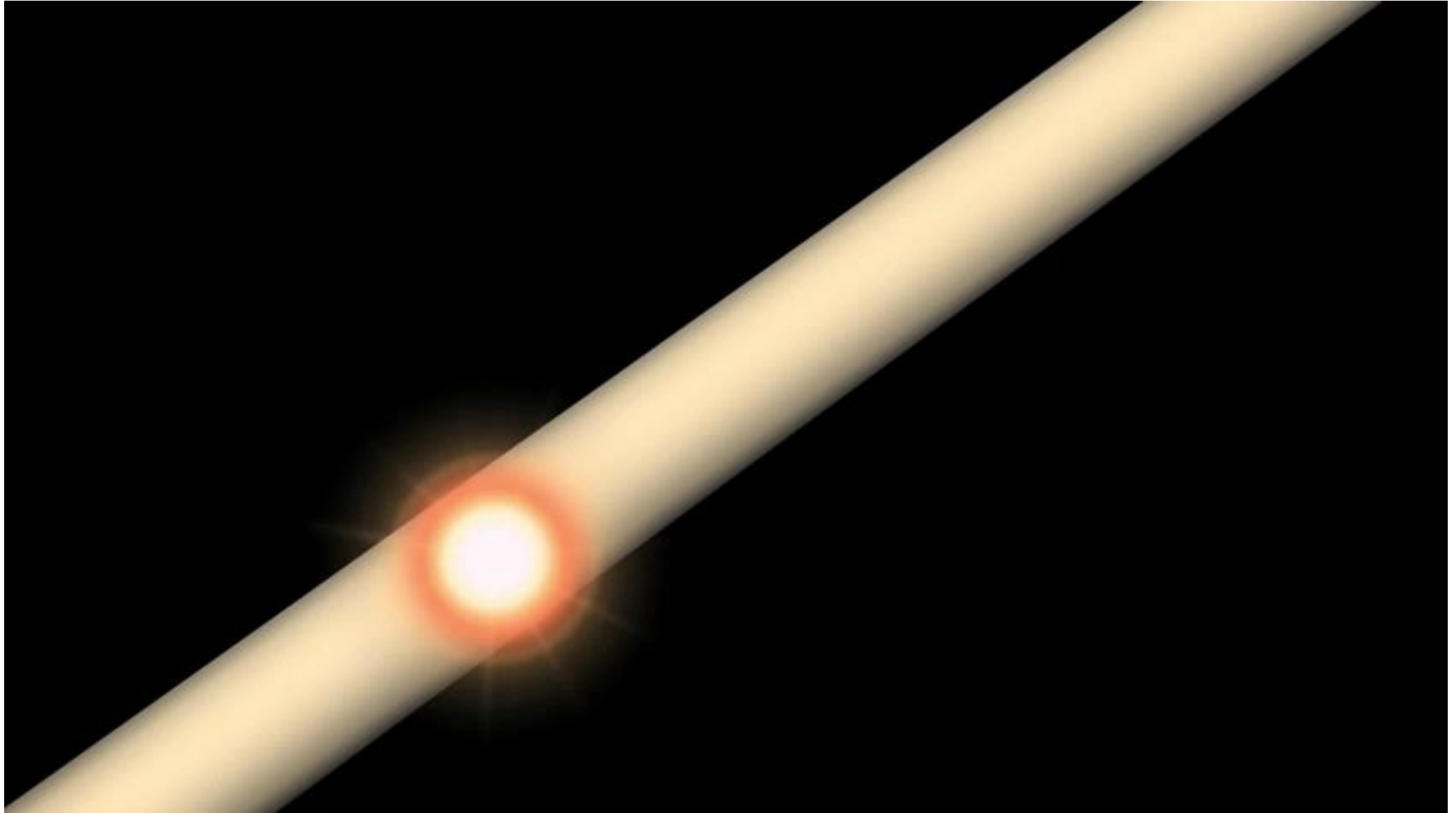


Gli esperimenti

- Più di 25 esperimenti
 - Collisione di fasci di particelle
 - Fascio di particelle su bersaglio fisico
 - Studi sull'antimateria
 - Ricerche di fisica medica
 - Ricerche sui nuclei atomici (interesse astrofisico)
 - Telescopi ed esperimenti in orbita



Le collisioni al cern



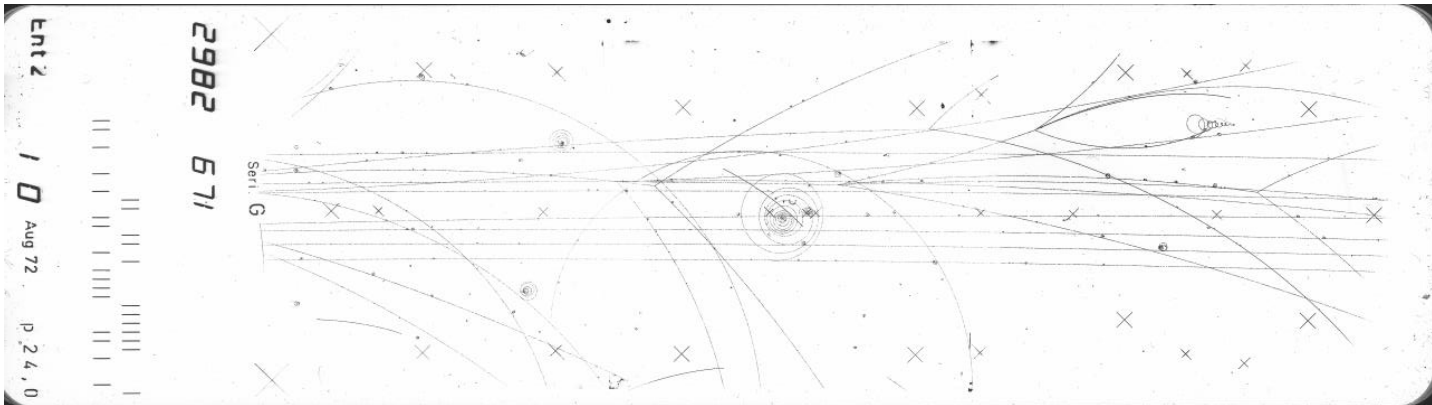
Ma come si rivela una particella?



Word Cloud

La camera a bolle

- Una camera contenente un liquido surriscaldato e compresso oltre il punto di ebollizione
- Una particella che attraversa la camera ionizza il liquido lungo il suo percorso
- Attorno agli ioni e agli elettroni il liquido bolle e le bollicine rendono visibile la traccia delle particelle
- Venivano scattate delle foto per immortalare le tracce

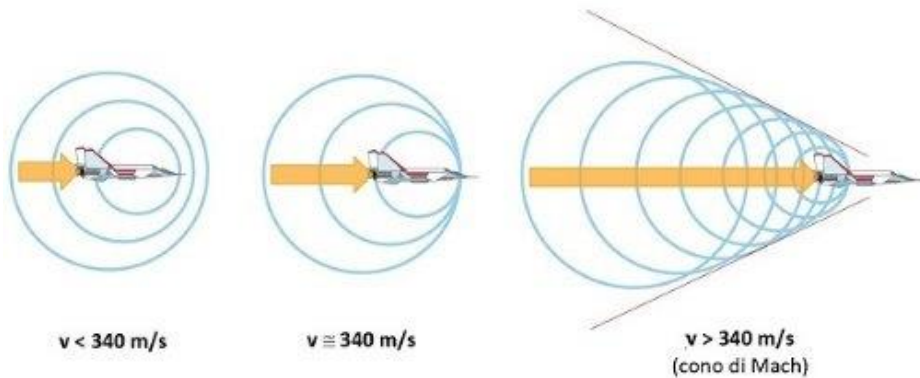


La camera a nebbia



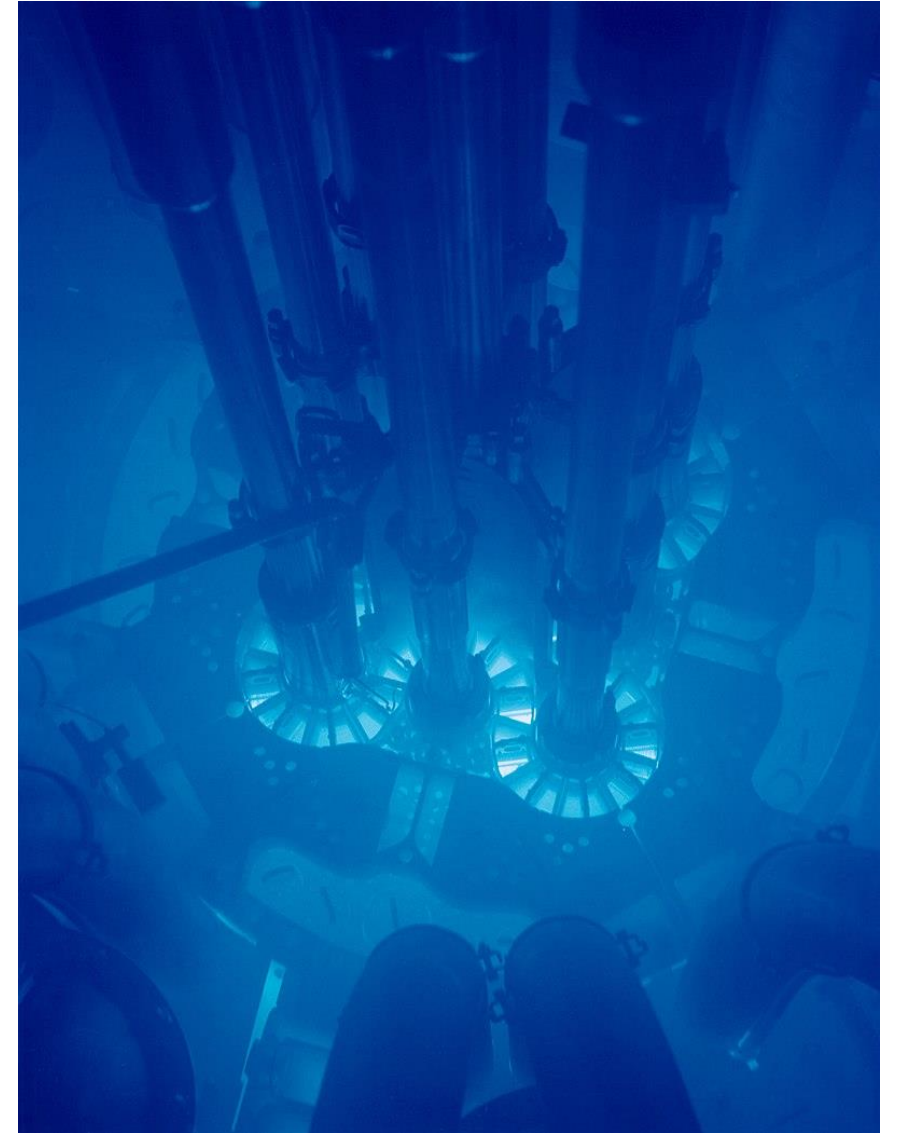
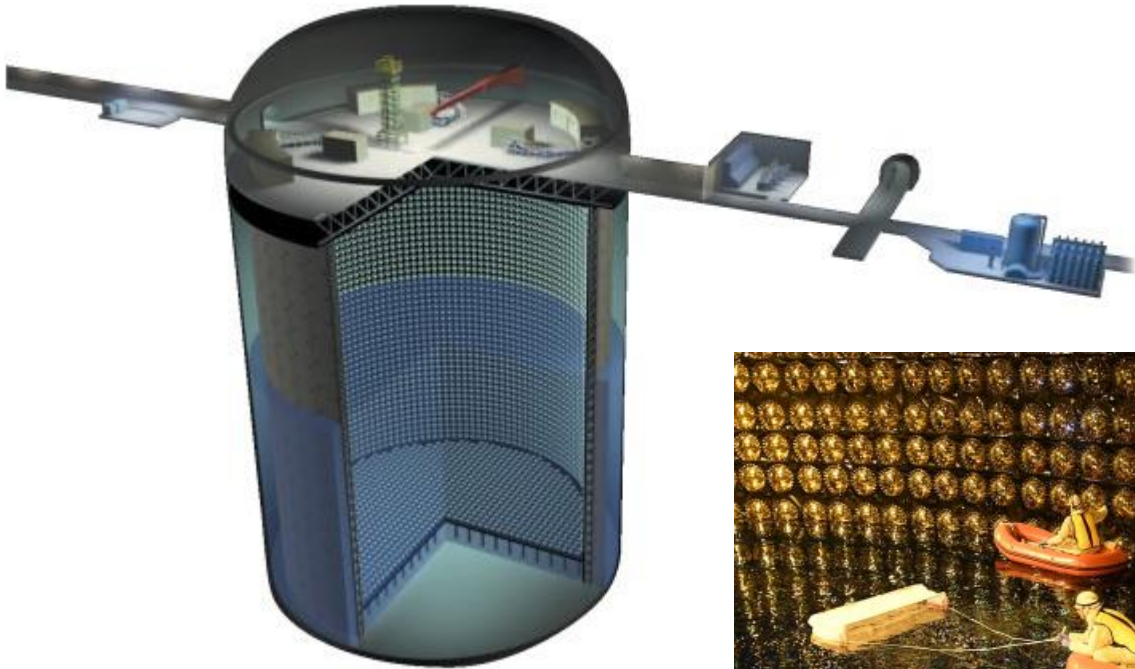
Effetto Čerenkov

- È un effetto simile al boom sonico che accade quando un aereo viaggia più veloce del suono
 - Le onde sonore sono viaggiano meno veloce dell'aereo che le produce e la loro combinazione crea un fronte d'onda di pressione ad angolo con il moto dell'aereo
- In modo simile una particella che viaggia dentro un mezzo ad una velocità superiore a quella della luce crea un cono di luce che può essere rilevato con dei sensori di luce.



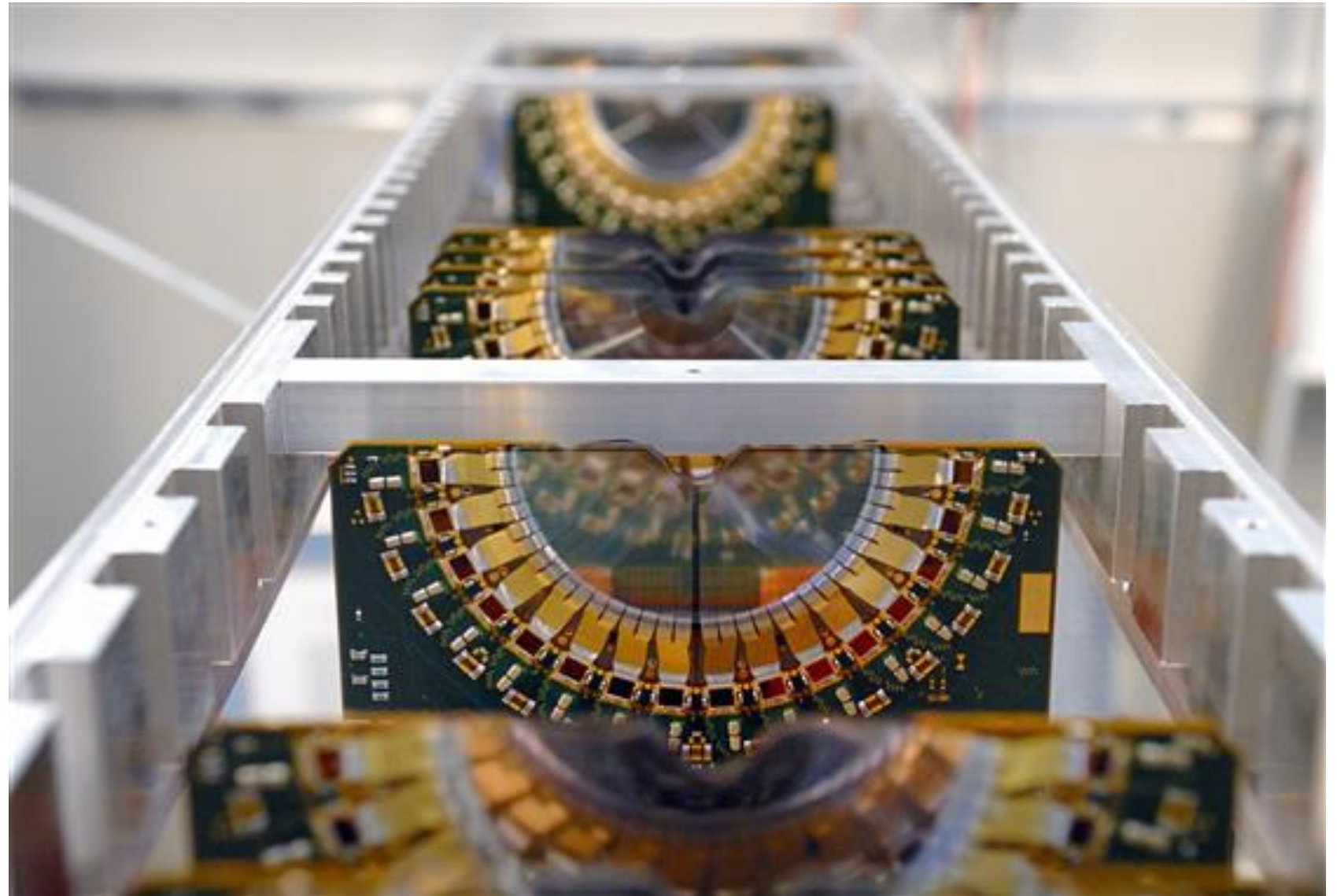
Effetto Čerenkov

- Esistono molti esperimenti che usano questo effetto per rilevare il passaggio delle particelle e le loro caratteristiche



tracciatori

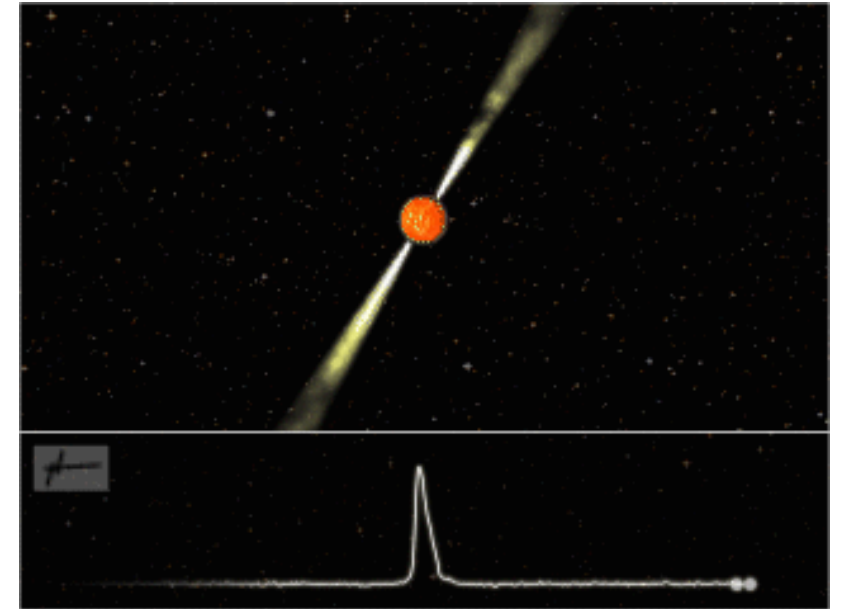
Sensori di silicio simili a quelli delle macchine fotografiche permettono di rilevare il passaggio delle particelle e ricostruirne la traccia



I più grandi acceleratori di particelle

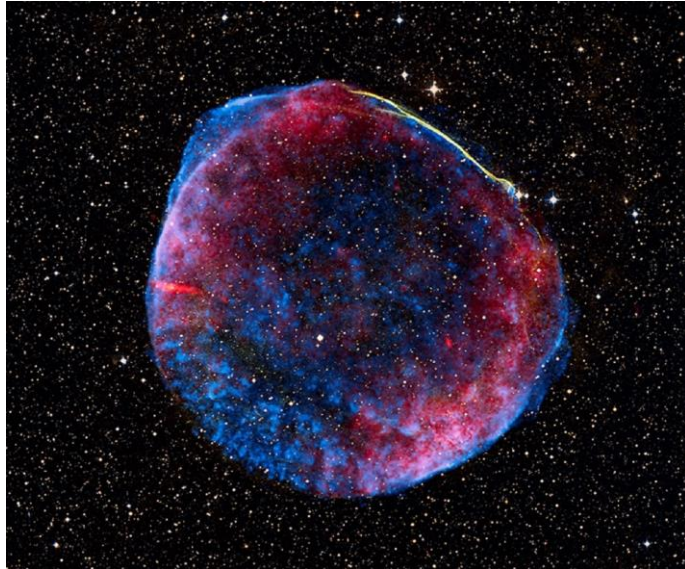
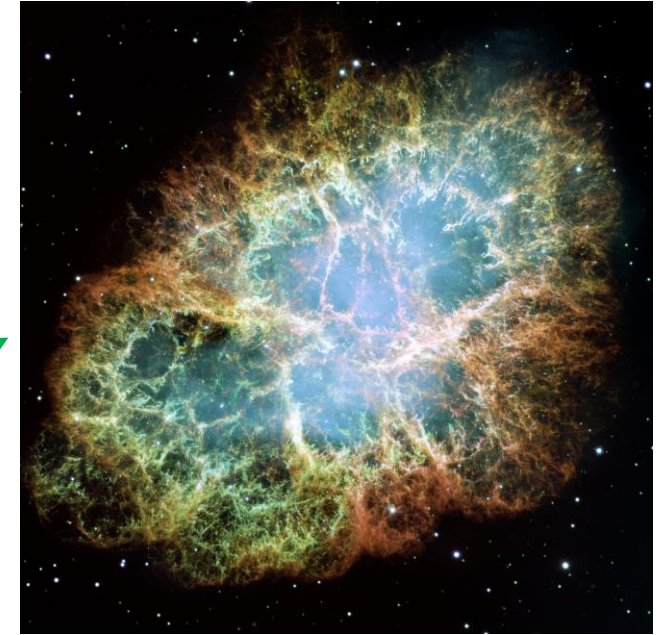
Le particelle più energetiche che possiamo misurare ed usare per gli esperimenti arrivano dallo spazio (fino 10^{10} più energetiche di quelle accelerate al CERN)

- Esplosioni di supernova
- Buchi neri
- Pulsar (stelle di neutroni)



Esplosioni di supernova

- Uno degli eventi più energetici dell'universo
 - superiore a cento volte l'energia irradiata dal sole nel suo ciclo di vita
- in media una ogni 30-50 anni nella nostra galassia
- Vari documenti di esplosioni di supernova viste ad occhio nudo dalle diverse popolazioni della terra:
 - 1006 nebulosa del lupo, 1054 nebulosa del granchio, 1181, 1572, 1604, 1987

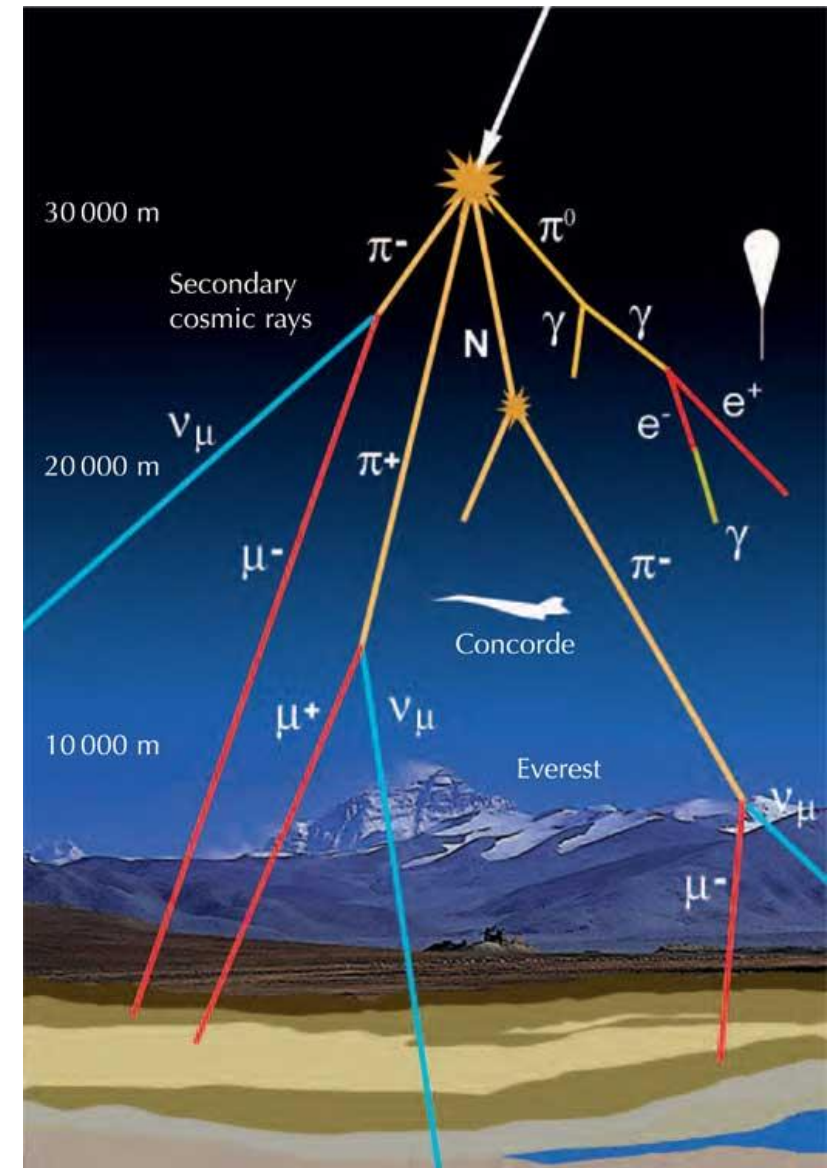
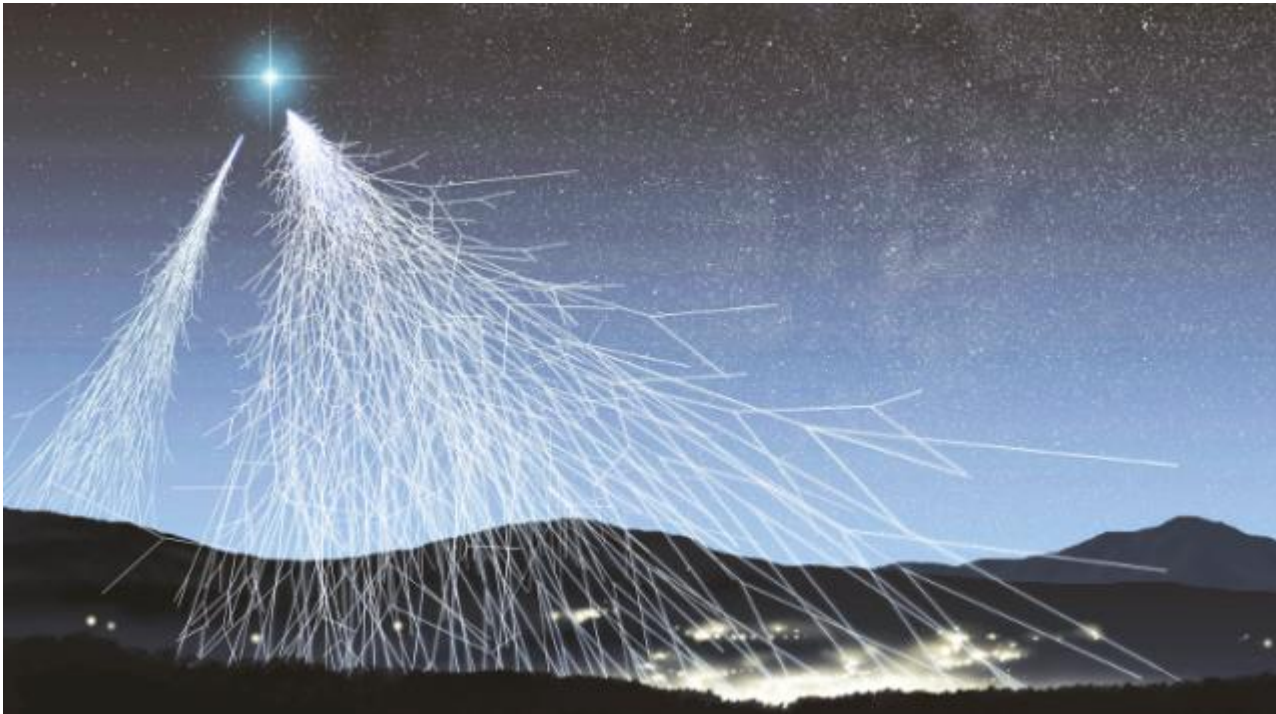




www.spacetelescope.org

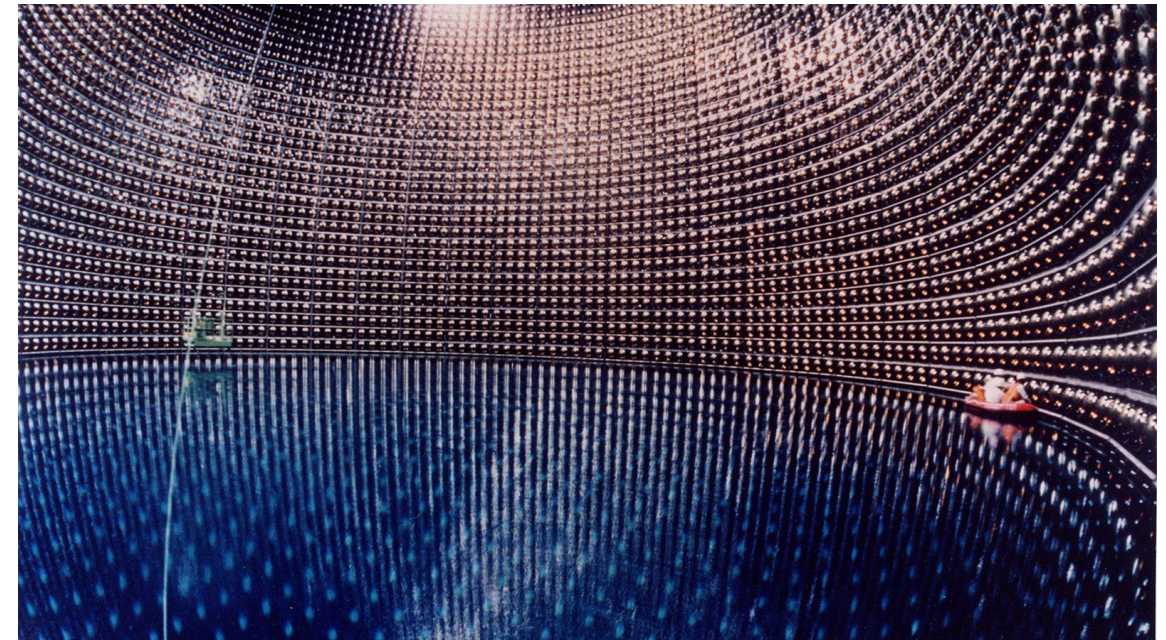
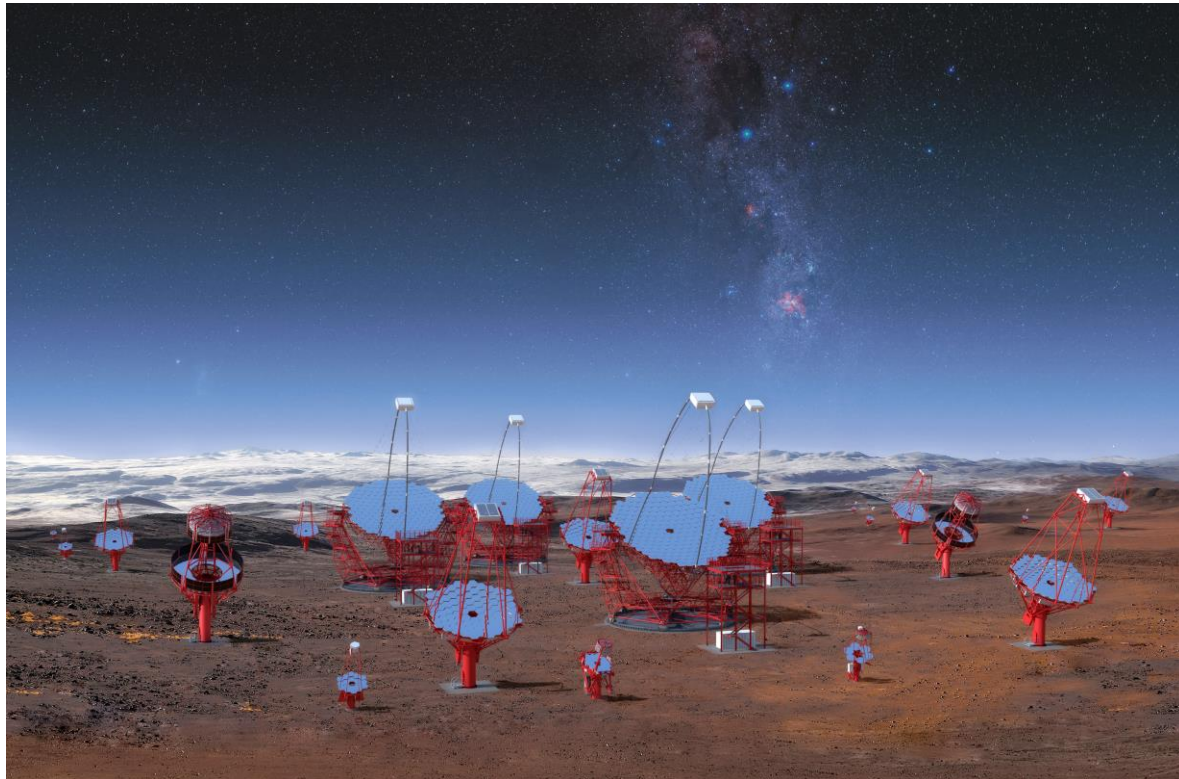
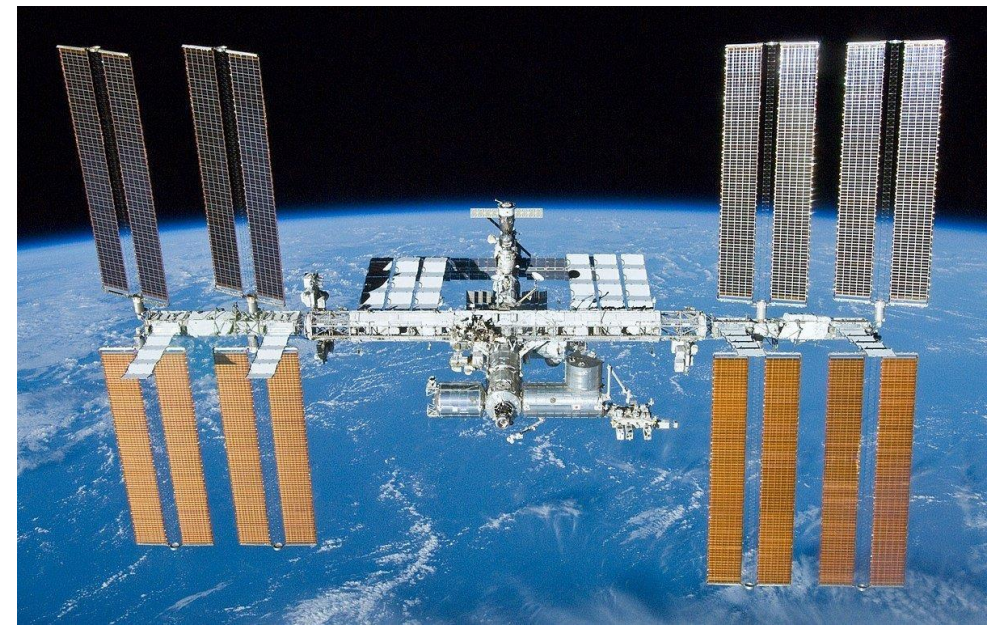
I raggi cosmici

- circa 1 muone per cm^2 al minuto al livello del mare
- Sia muoni che anti-muoni



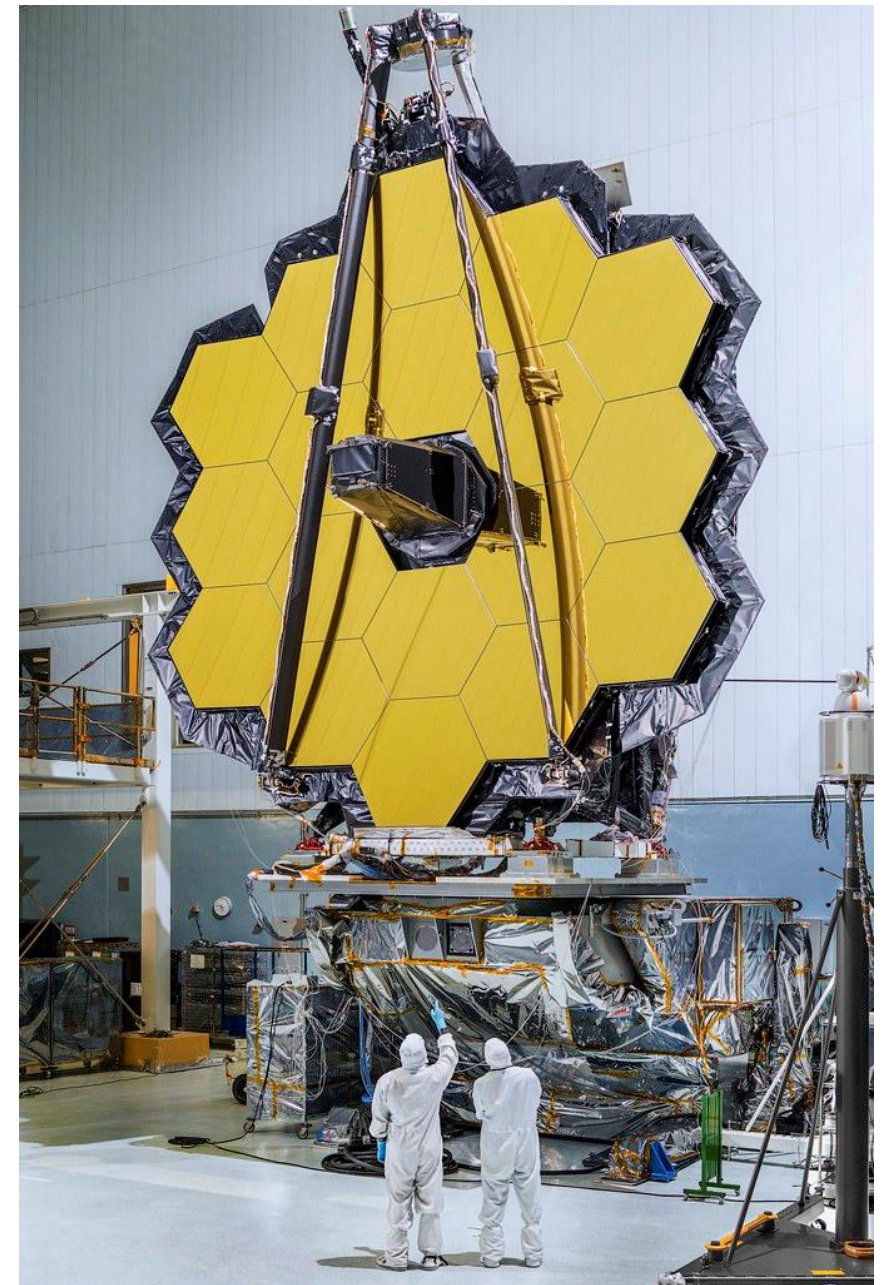
Come rivelare questi eventi?

- Esperimenti sotterranei con grandi volumi
- Telescopi sulla terra



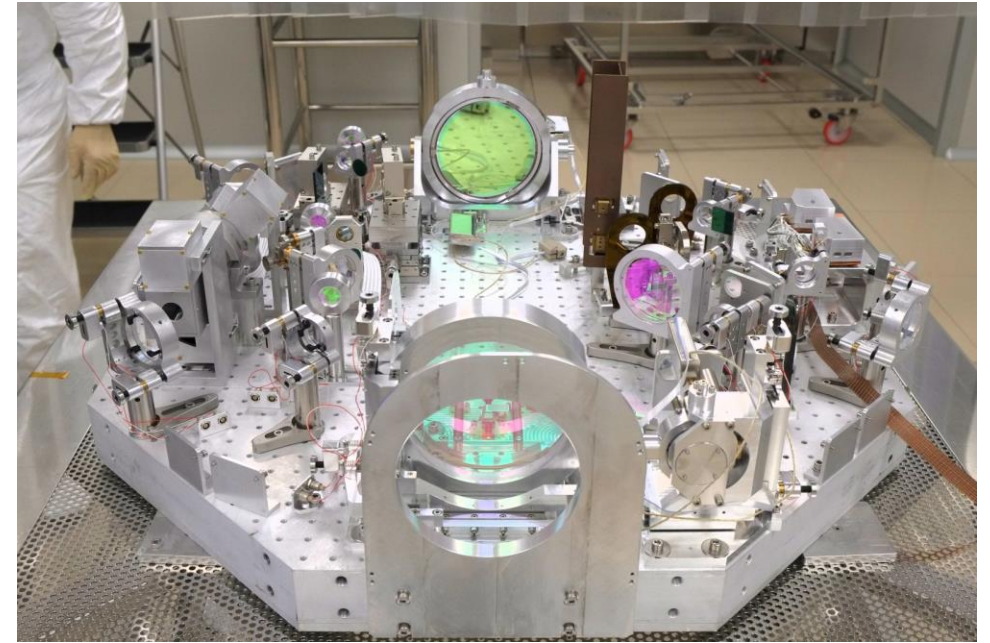
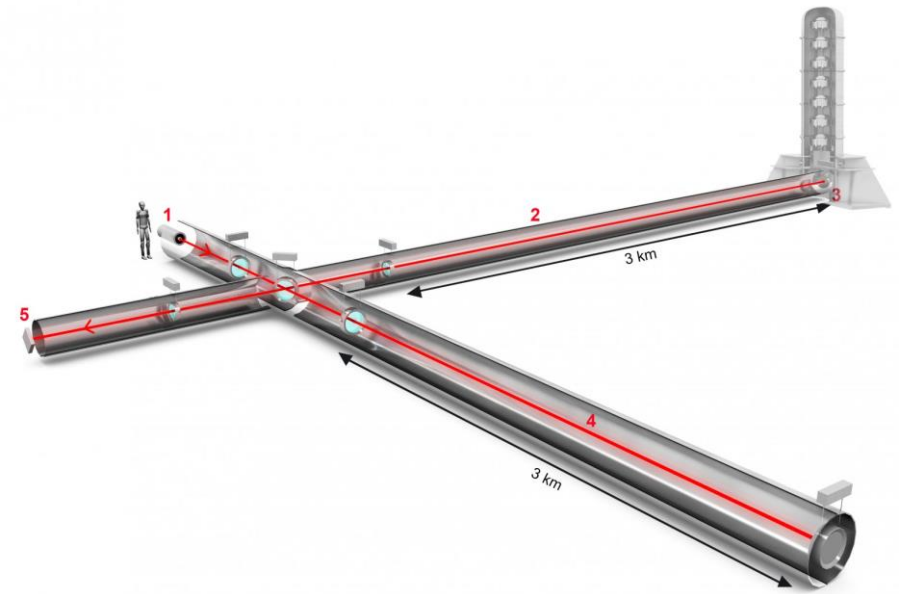
Come rivelare questi eventi?

- Esperimenti sotterranei con grandi volumi
- Telescopi sulla terra
- Telescopi ed esperimenti in orbita

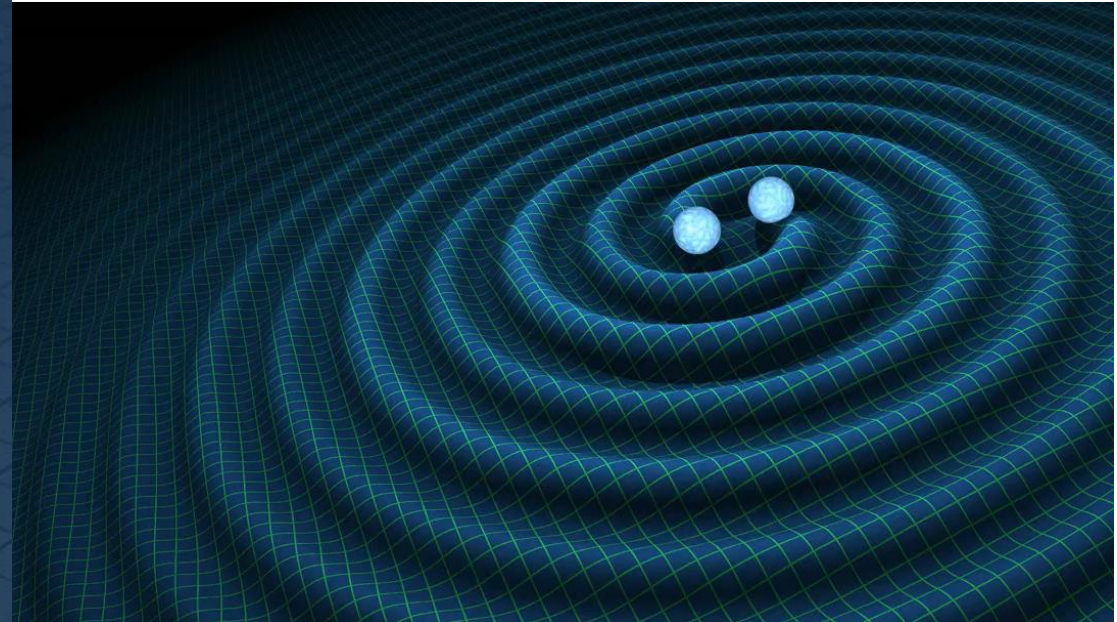
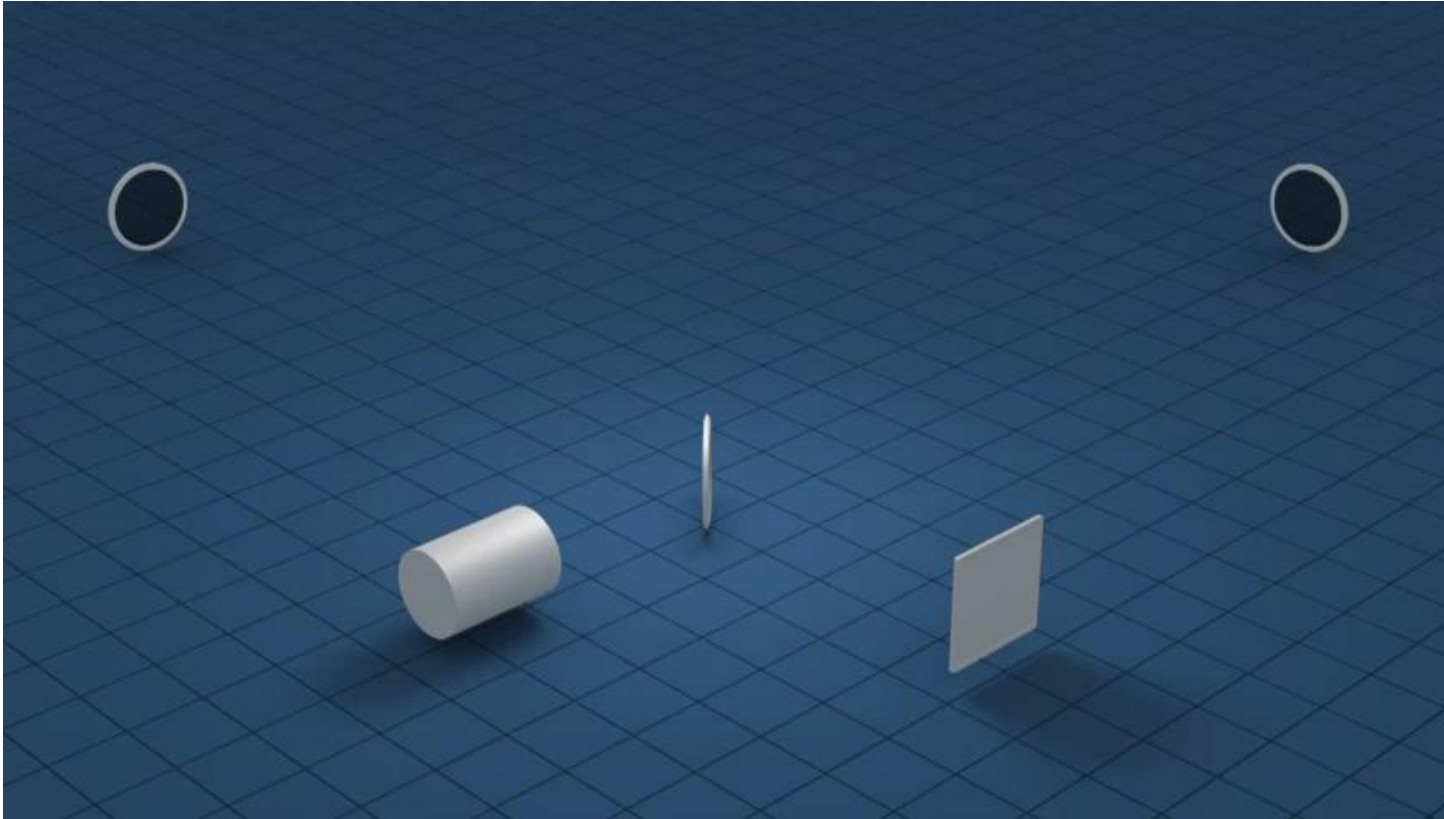


Come rivelare questi eventi?

- Esperimenti sotterranei con grandi volumi
- Telescopi sulla terra
- Telescopi ed esperimenti in orbita
- Interferometri laser

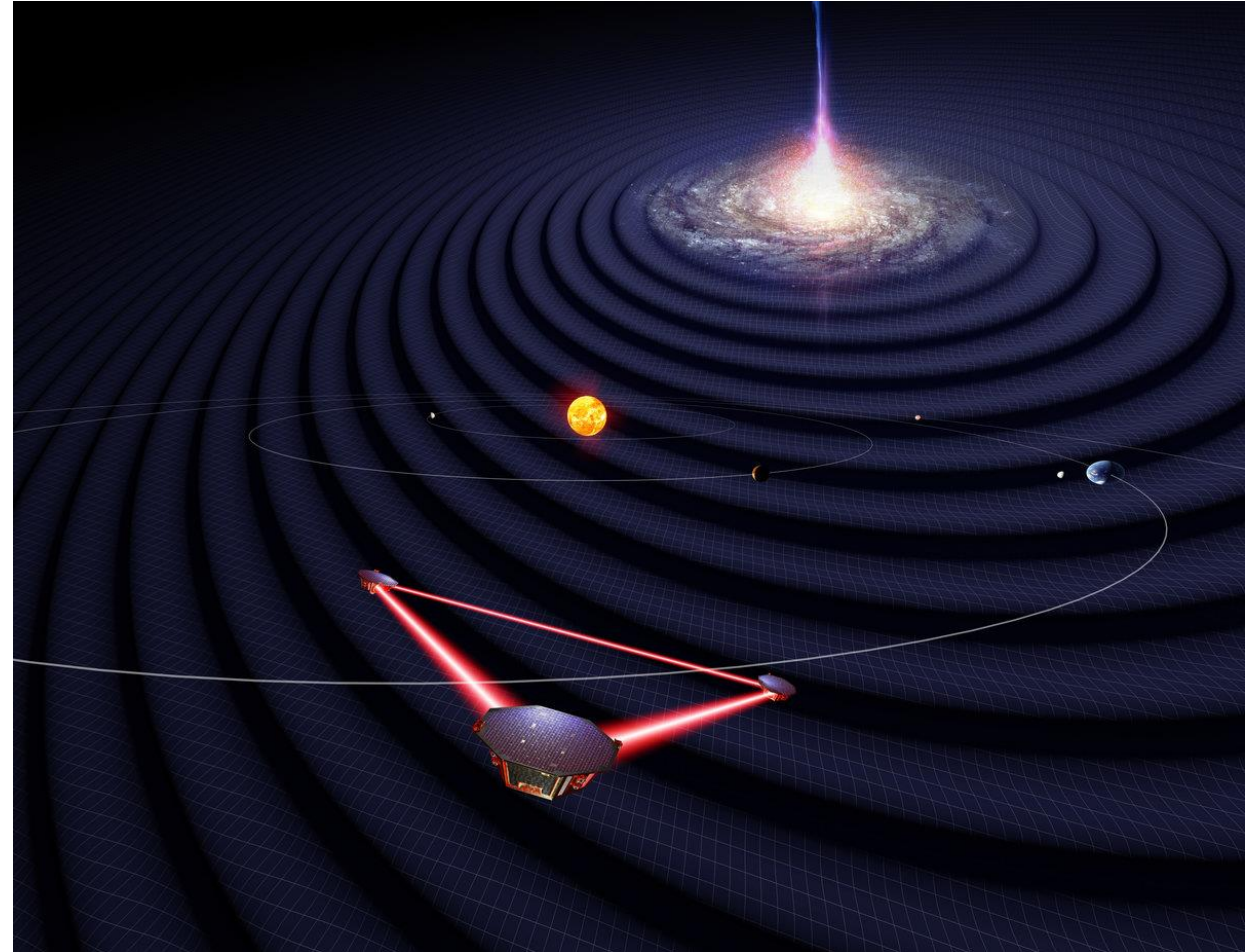
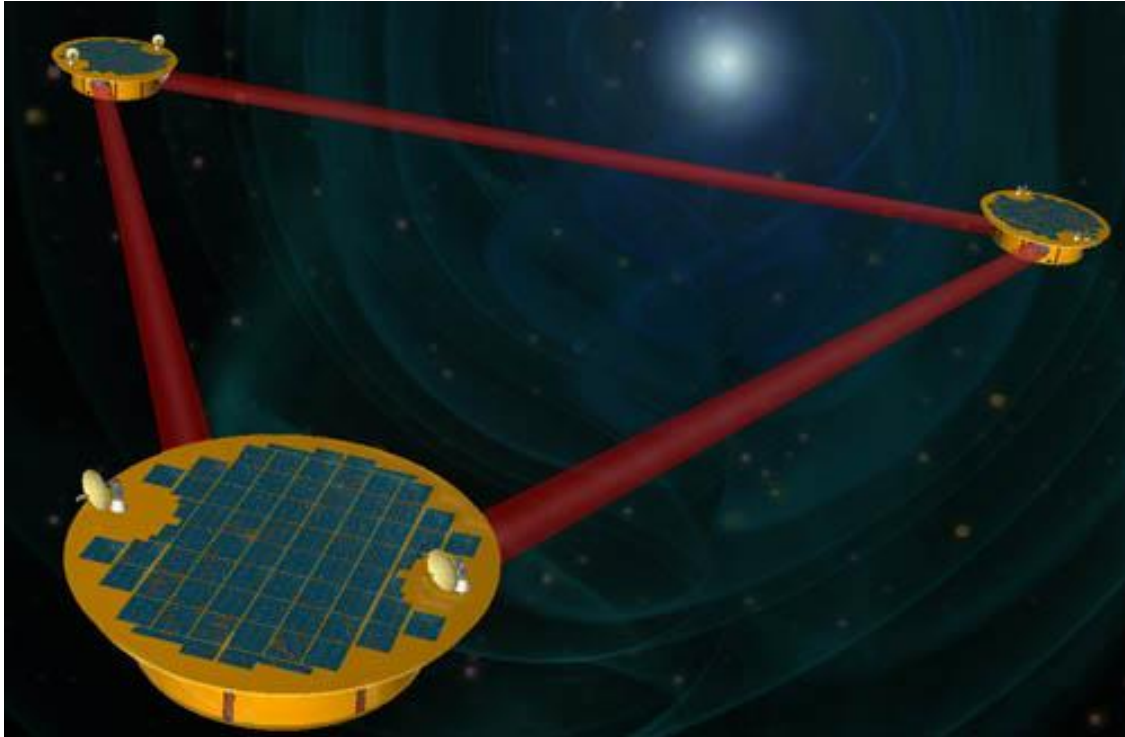


Virgo e le onde gravitazionali



Lisa, un interferometro in orbita

- progetto
- 3 satelliti
- Distanti tra loro 5 milioni di Km
- In orbita intorno al sole



Sappiamo ancora poco

- Energia e materia oscura
- Asimmetria materia-antimateria
- Unire la gravità al Modello Standard
- E molte altre domande senza risposta

