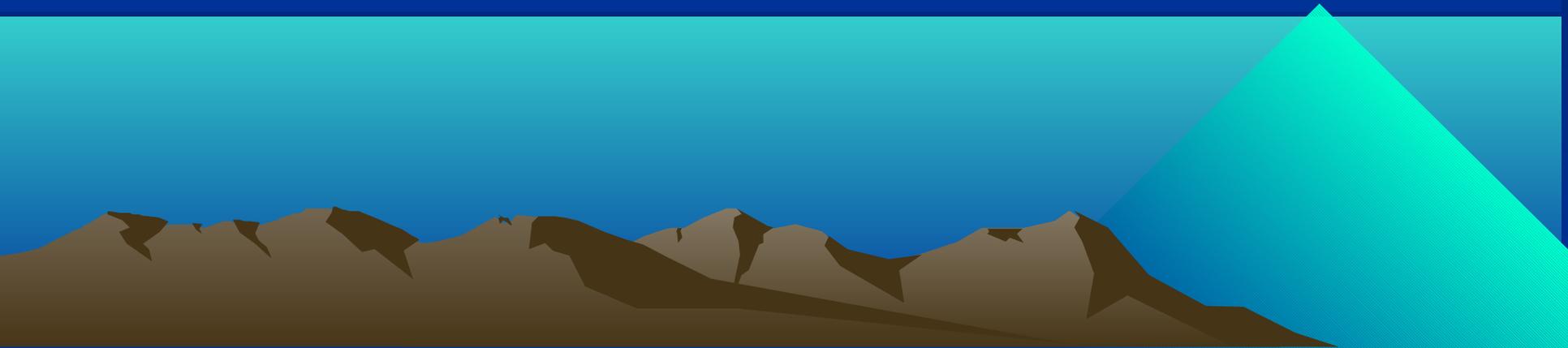


# Il Bosone di Higgs

Stefano Spagocci

GACB



# Le Forze Fondamentali

- Nell'Universo vi sono 4 forze fondamentali: elettromagnetica, nucleare debole, nucleare forte e gravitazionale.
- Il Modello Standard descrive le prime tre forze con grande successo, ed è alla base della Fisica delle Particelle.



# Il Modello Standard

- Il Modello Standard descrive le forze fondamentali per mezzo della Lagrangiana (una sorta di energia del sistema).
- I termini della Lagrangiana sono scritti applicando la cosiddetta Invarianza di Gauge.



# L'Invarianza di Gauge

- In Meccanica Quantistica si rinuncia all'idea che una particella abbia ben precise posizioni e velocità.
- Semplificando molto, in ciascun punto si definisce una freccia (vettore), tale che la lunghezza del vettore al quadrato dia la probabilità di trovare la particella in quel punto.



# L'Invarianza di Gauge

- Ma allora, se in ogni punto si effettua una rotazione del vettore, ciascuna indipendentemente in ciascun punto, la lunghezza dei vettori rimane invariata e rimangono invariate le probabilità per la particella.



# L'Invarianza di Gauge

- Questa simmetria si dice appunto Invarianza di Gauge.
- L'Invarianza di Gauge non è una mera curiosità: i termini della Lagrangiana del Modello Standard si possono proprio ottenere imponendo che rispettino tale invarianza.



# L'Invarianza di Gauge

- C'è però un problema: una Lagrangiana con Invarianza di Gauge può solo scriversi per particelle senza massa.
- Si potrebbero inserire a mano termini che descrivano la massa delle particelle, ma allora la Lagrangiana non descriverebbe correttamente le interazioni tra le particelle.



# L'Invarianza di Gauge

- Occorre allora un modo per inserire nella Lagrangiana termini di massa, rispettando l'invarianza di gauge.
- A questo provvede il Meccanismo di Higgs (del fisico Peter Higgs), con relativo campo e particella.



# Il Meccanismo di Higgs

- Si ammette che esista un Campo di Higgs e relativo Bosone di Higgs.
- L'oggetto principale è il Campo di Higgs, che descrive la presenza di Bosoni di Higgs.
- Tuttavia un campo ad energia minima può essere presente senza che vi siano Bosoni di Higgs.



# Il Meccanismo di Higgs

- Il Campo di Higgs, semplificando molto, può paragonarsi ad una melassa.
- Una particella senza massa, muovendosi in questa melassa, incontra un ostacolo, ed è quindi come se acquisisse massa.
- Diverse particelle interagiscono diversamente ed acquisiscono diversa massa.



# La Ricerca dell'Higgs

- I fisici danno la caccia al Bosone di Higgs da vent'anni circa, prima con il LEP (CERN) poi con il Tevatron (Fermilab).
- Si trovarono eventi sospetti, ma con una non indifferente probabilità che si trattasse di fluttuazioni statistiche: particelle ordinarie possono infatti mimare la presenza dell'Higgs stesso.

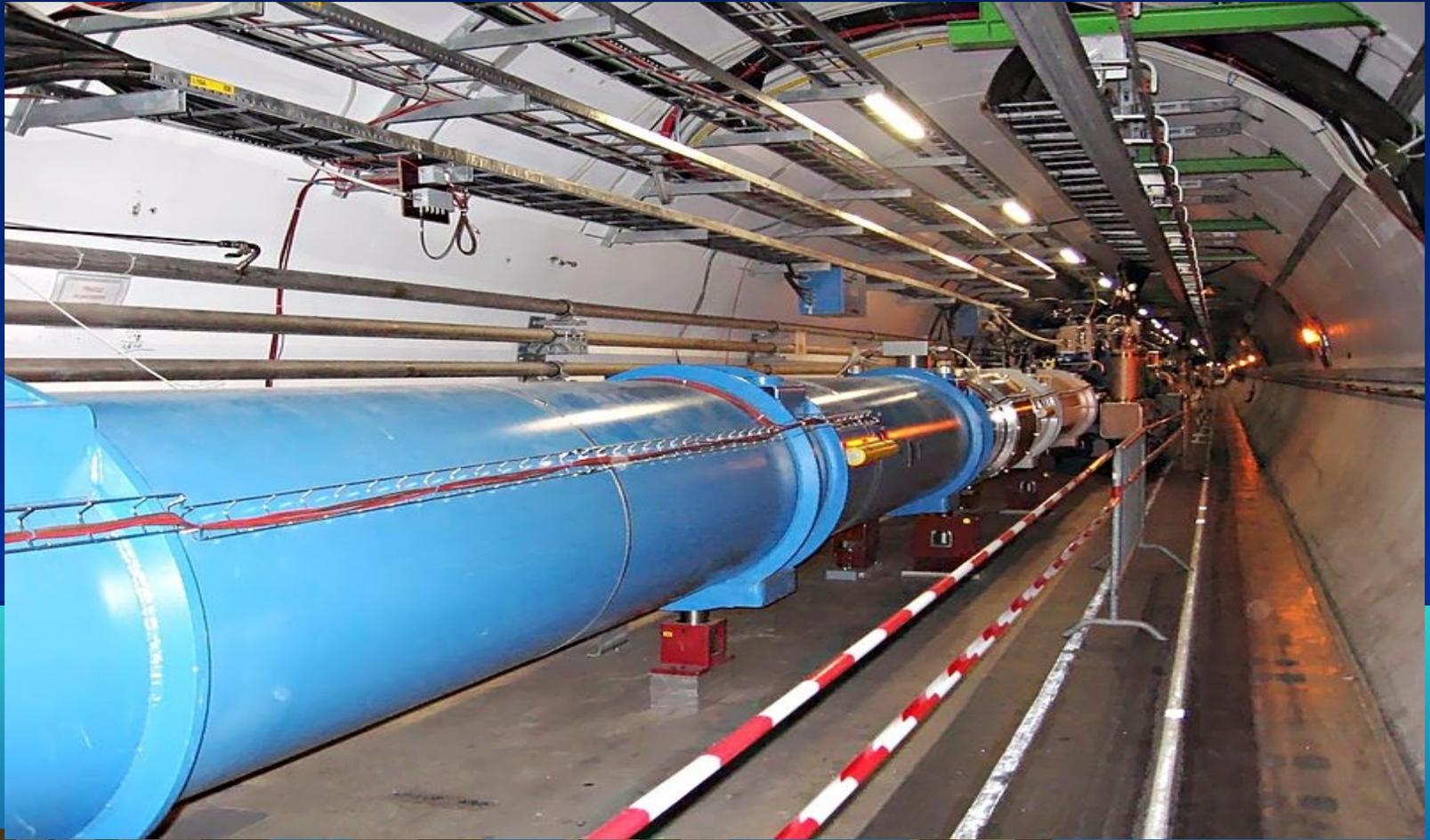


# La Ricerca dell'Higgs

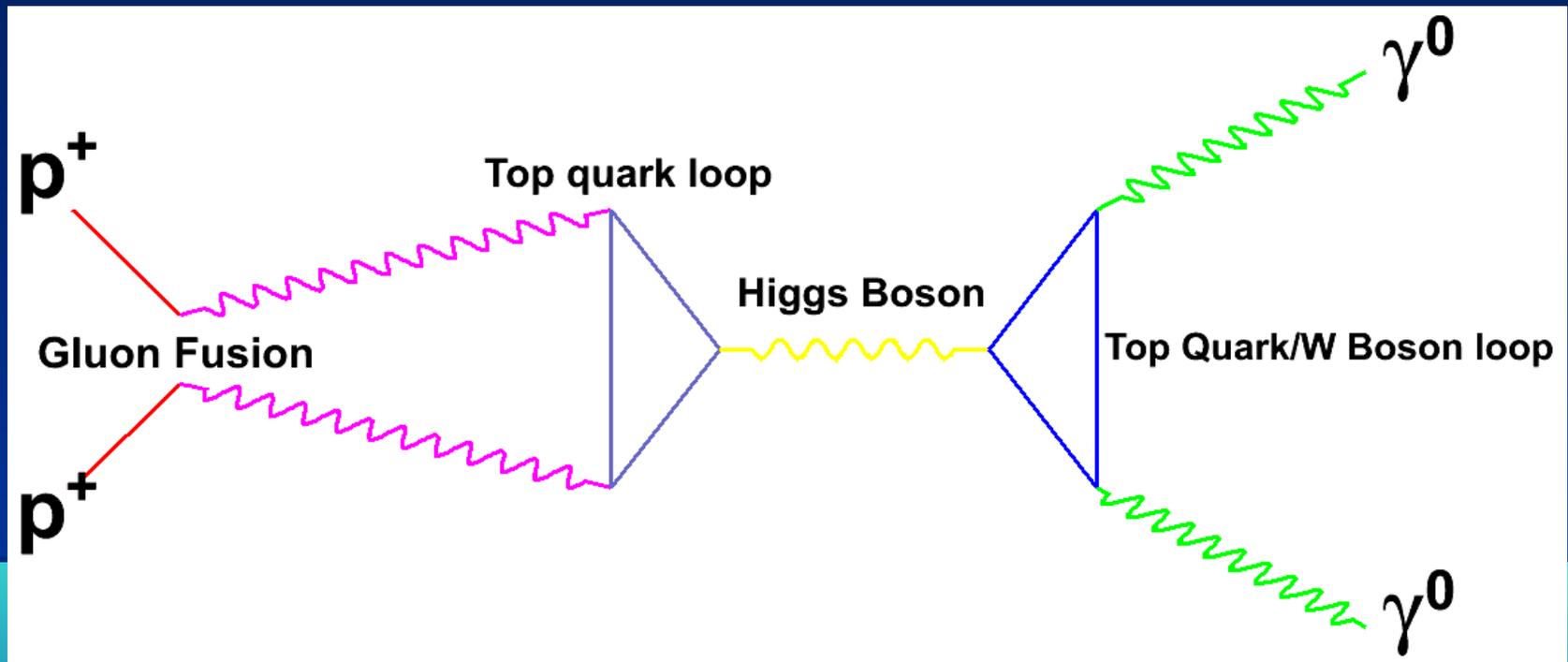
- Finalmente, nel Luglio 2012, l'Higgs è caduto nella rete dei fisici.
- E' stato scoperto al gigantesco acceleratore LHC, al CERN di Ginevra.
- Come vedremo, rimane però molto lavoro da fare.



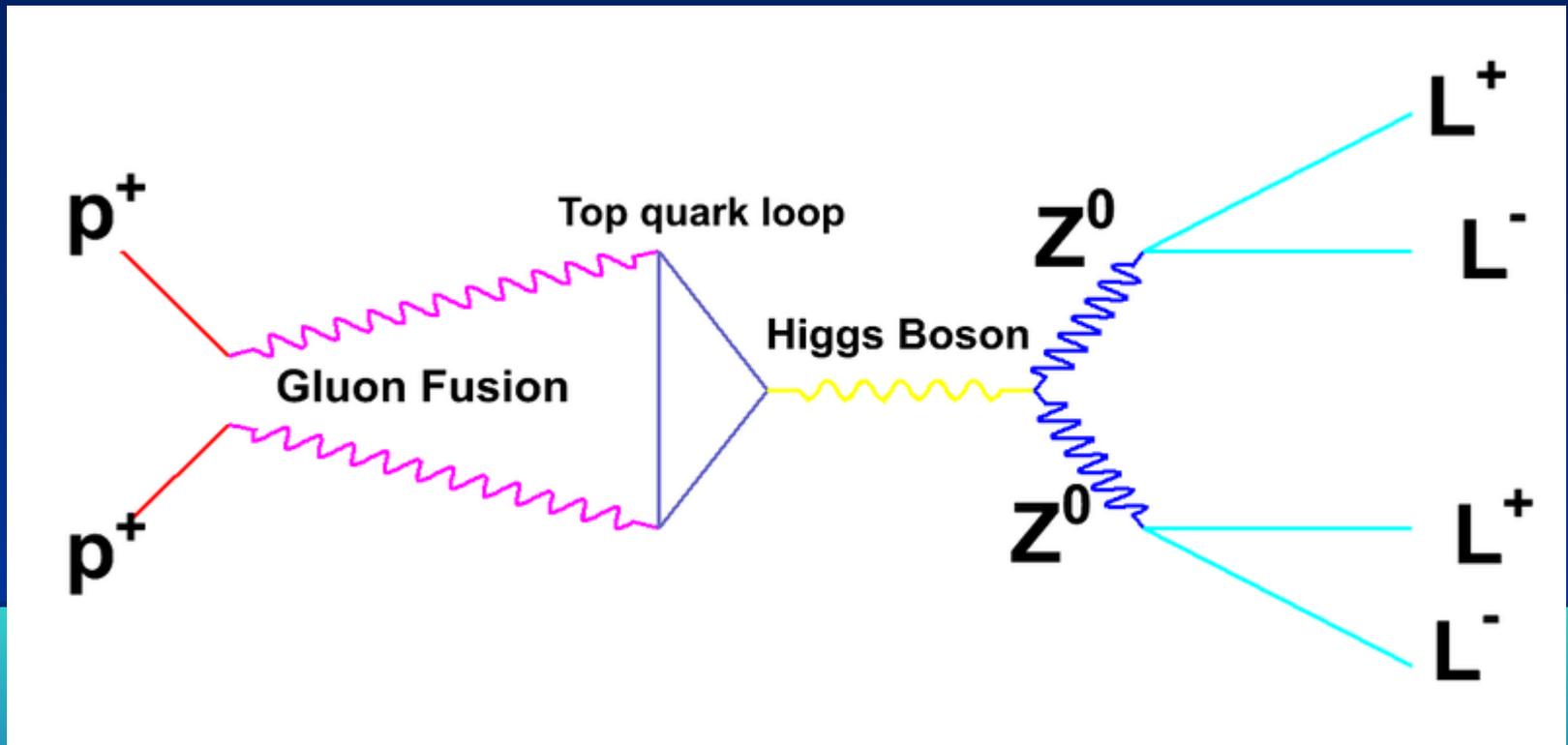
# Il Tunnel dell'LHC



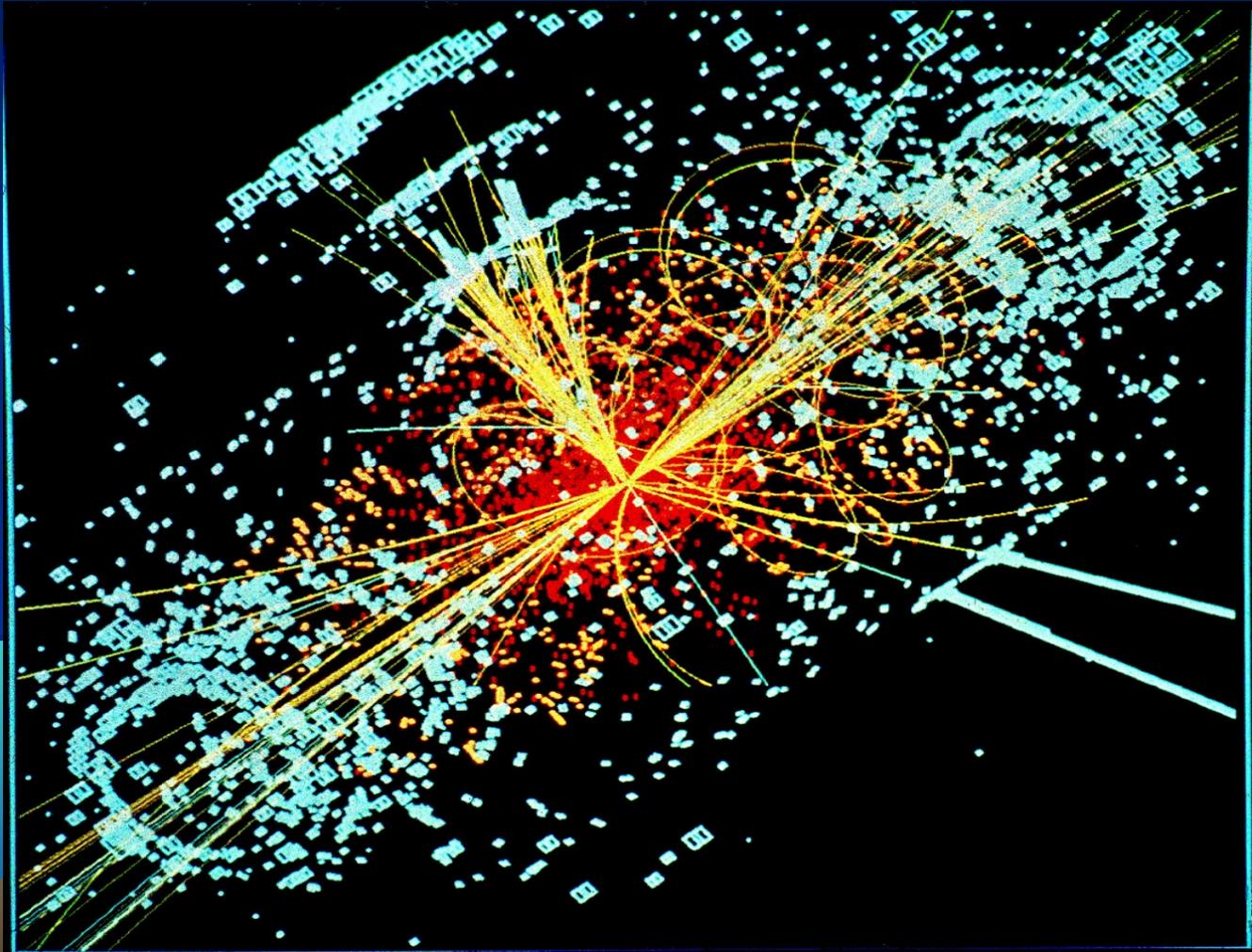
# Produzione e Decadimento dell'Higgs



# Produzione e Decadimento dell'Higgs



# Produzione e Decadimento dell'Higgs



# La Ricerca dell'Higgs

- Come si vede, l'Higgs è prodotto, all'LHC, dallo scontro di due protoni, nei quali si fondono due gluoni (particelle che tengono assieme i quark nel protone).
- L'Higgs, per quanto riguarda i decadimenti più facili da trovare, può decadere in due fotoni o in due bosoni  $Z^0$ , i quali poi producono coppie di leptoni (ad esempio elettroni).



# Caratteristiche dell'Higgs

- Aver visto la traccia dell'Higgs non è sufficiente: si devono scoprire sue caratteristiche come lo spin (rotazione) e le sue probabilità di decadimento in altre particelle, per confermarne l'identità.
- Tutto ciò sarà oggetto di studio futuro, ma per ora l'Higgs ha passato tutti i test.



# Conclusioni

- La scoperta dell'Higgs è fondamentale per la Fisica delle Particelle ed il Modello Standard.
- Alcuni fisici ritengono però che il meccanismo di Higgs sia troppo introdotto “a mano” e quello trovato sia parte di un meccanismo più complesso.
- Saranno gli studi futuri a stabilirlo.

