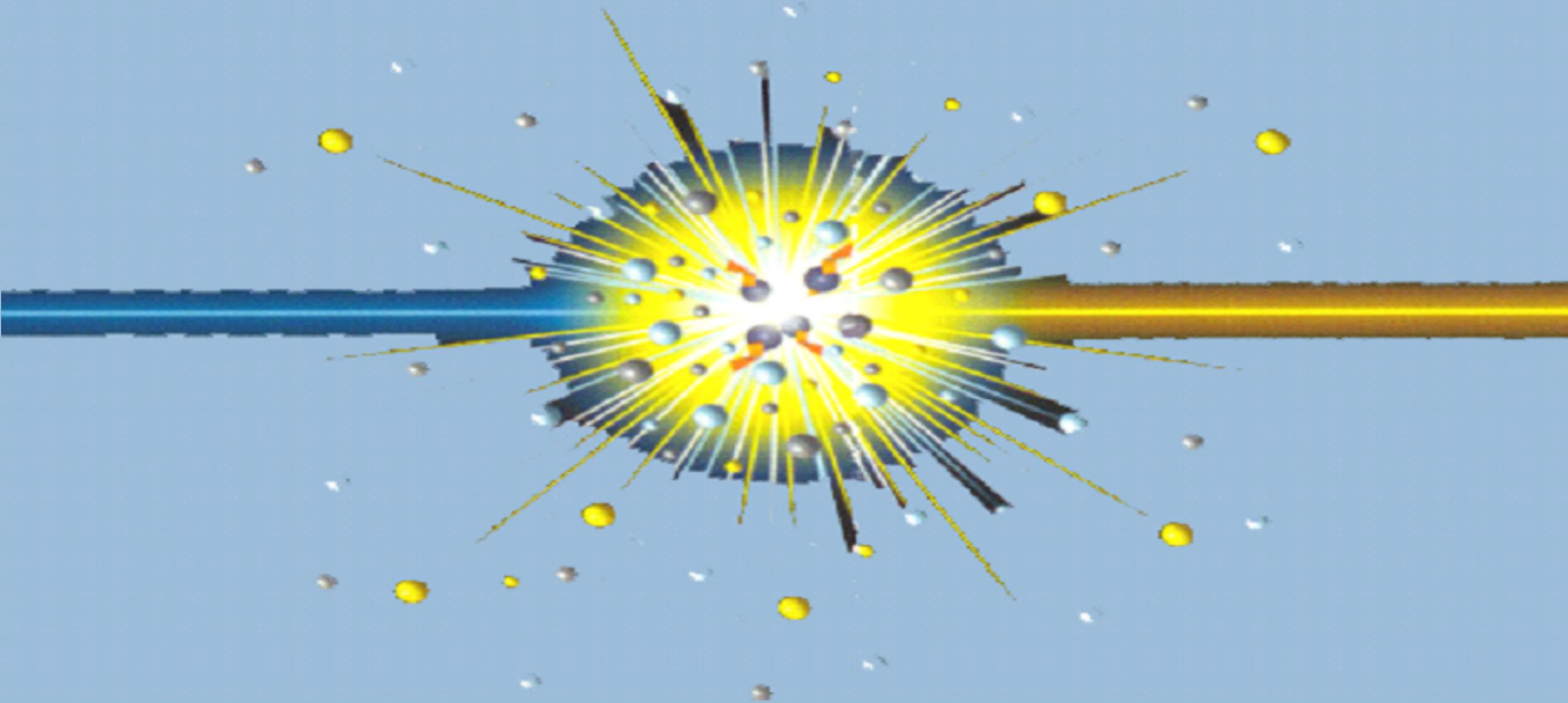


Il Bosone di Higgs un anno dopo la sua scoperta



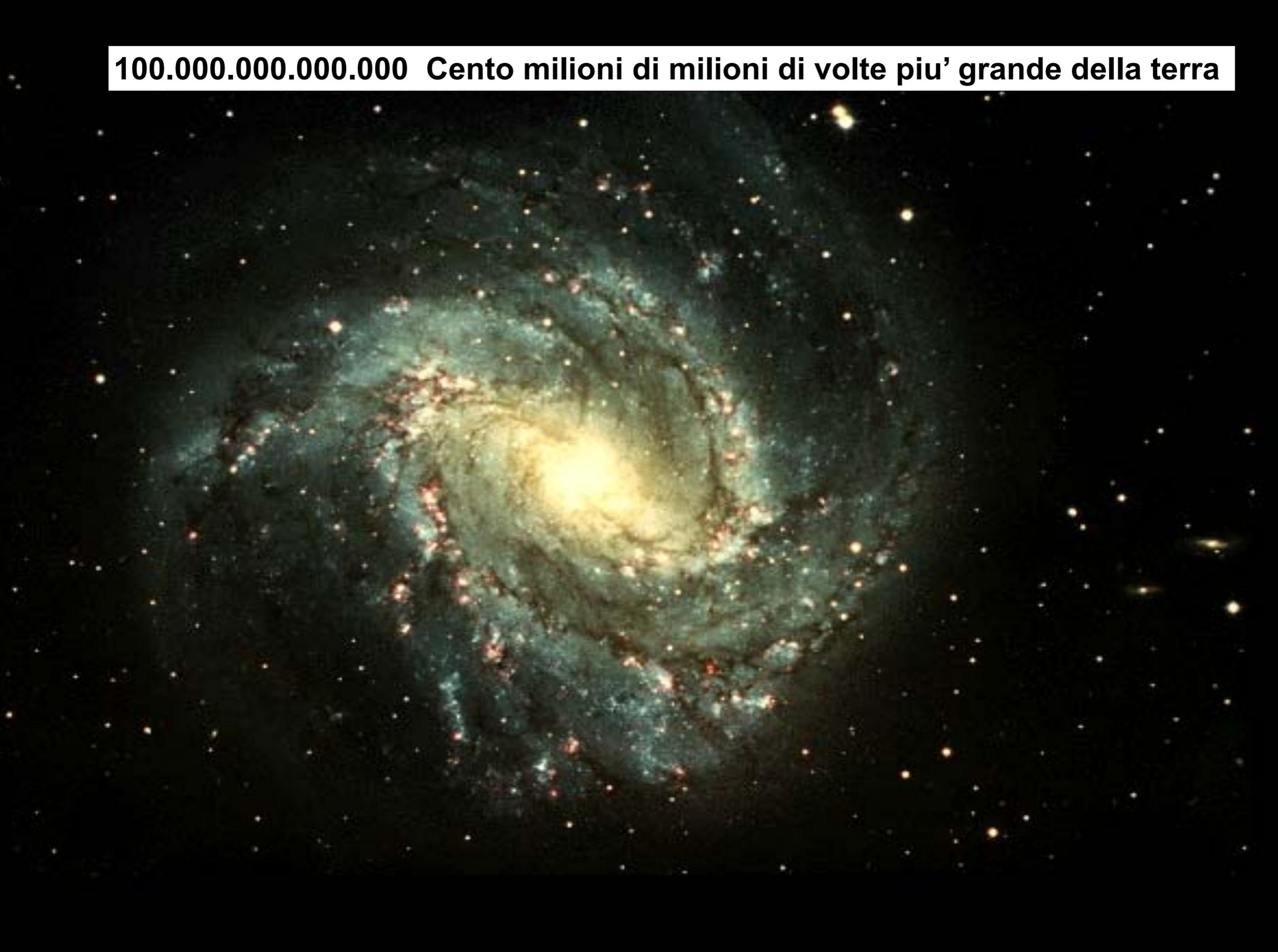
Laboratori Nazionali di Frascati 5 Dicembre 2013 :Bruno Touschek Memorial

<http://rolandi.web.cern.ch/rolandi/>



10^7 m

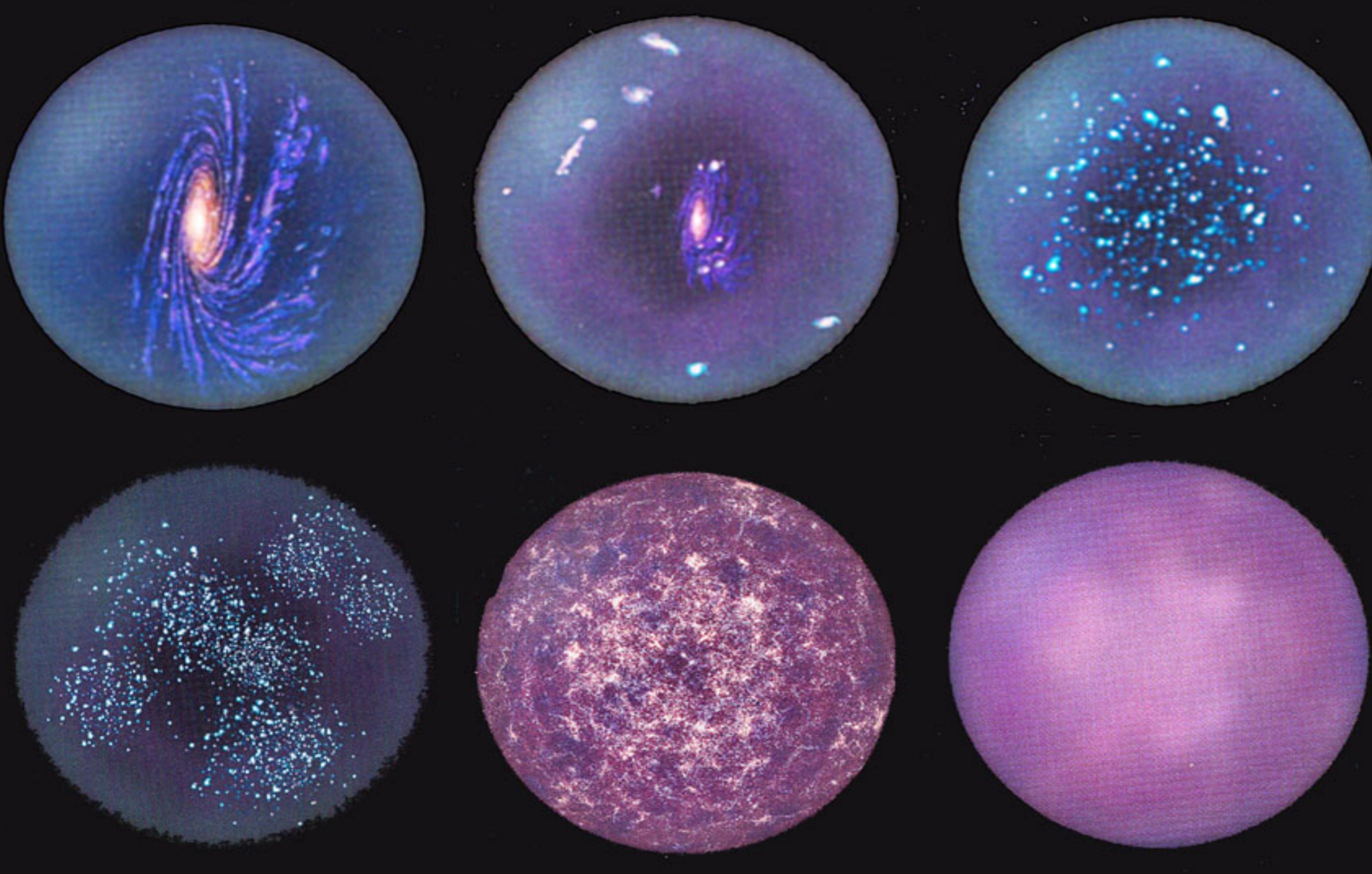
100.000.000.000.000 Cento milioni di milioni di volte piu' grande della terra



100.000.000.000.000 Cento milioni di milioni di volte piu' grande della terra



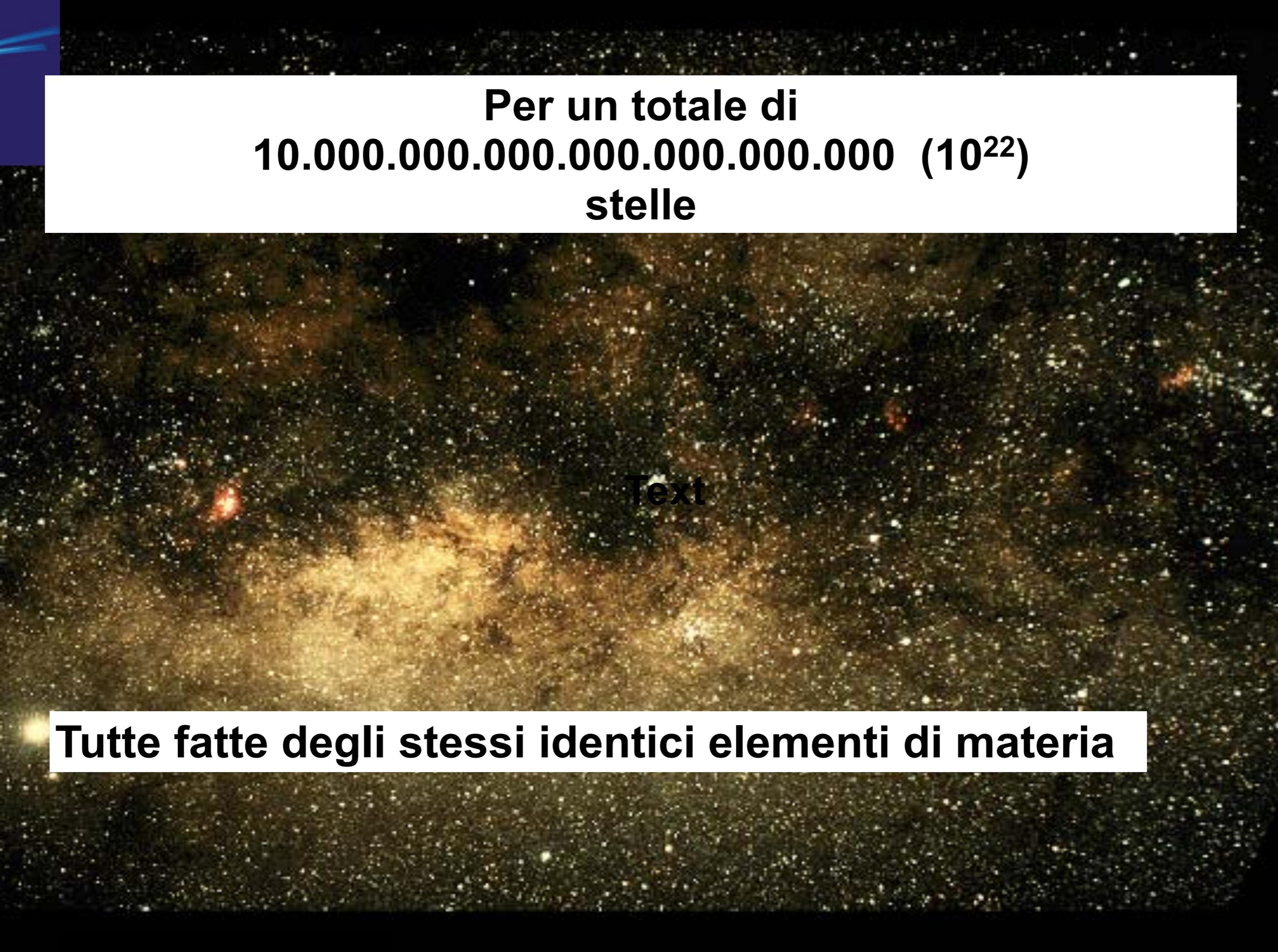
Contiene 1.000.000.000.000 un milione di milioni di stelle



Nell'Universo ci sono 100.000.000.000 Cento mila milioni di Galassie

**Per un totale di
10.000.000.000.000.000.000.000 (10²²)
stelle**

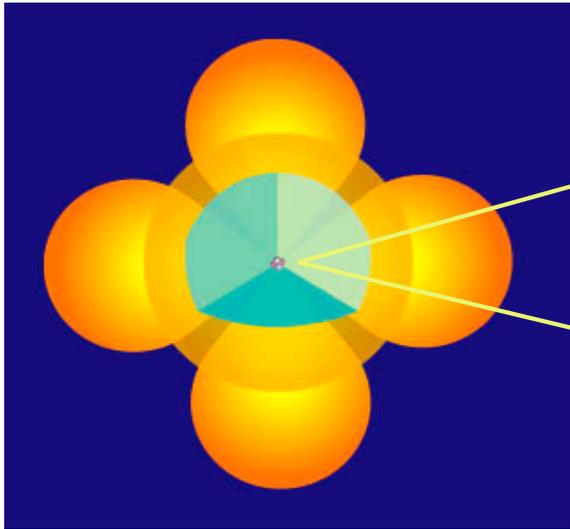
Text



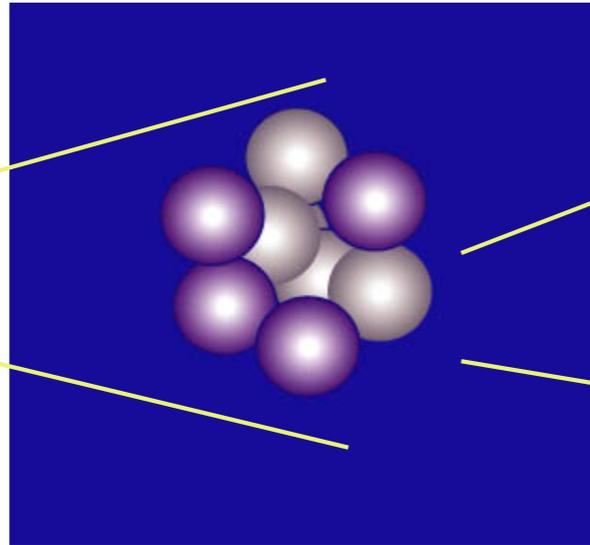
**Per un totale di
10.000.000.000.000.000.000.000 (10²²)
stelle**

Text

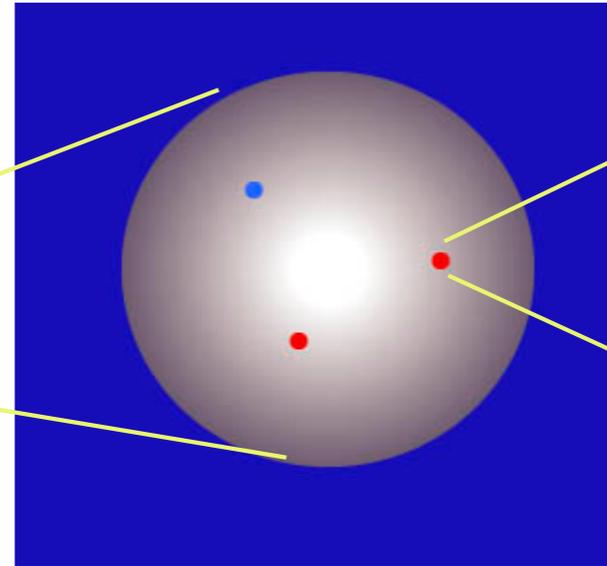
Tutte fatte degli stessi identici elementi di materia



Atomi



Nuclei



Protoni/Neutroni



Quarks

**AL CERN a Ginevra noi studiamo l'interazione della
materia**

nelle condizioni esistenti pochi attimi dopo il BigBang

AL CERN a Ginevra noi studiamo l'interazione della materia

**e che hanno determinato
l'evoluzione dell' Universo nella
forma che conosciamo oggi**

nelle condizioni esistenti pochi attimi dopo il BigBang

Una nuova era nella scienza fondamentale

Large Hadron Collider (LHC)

La piu' grande impresa scientifica mai realizzata

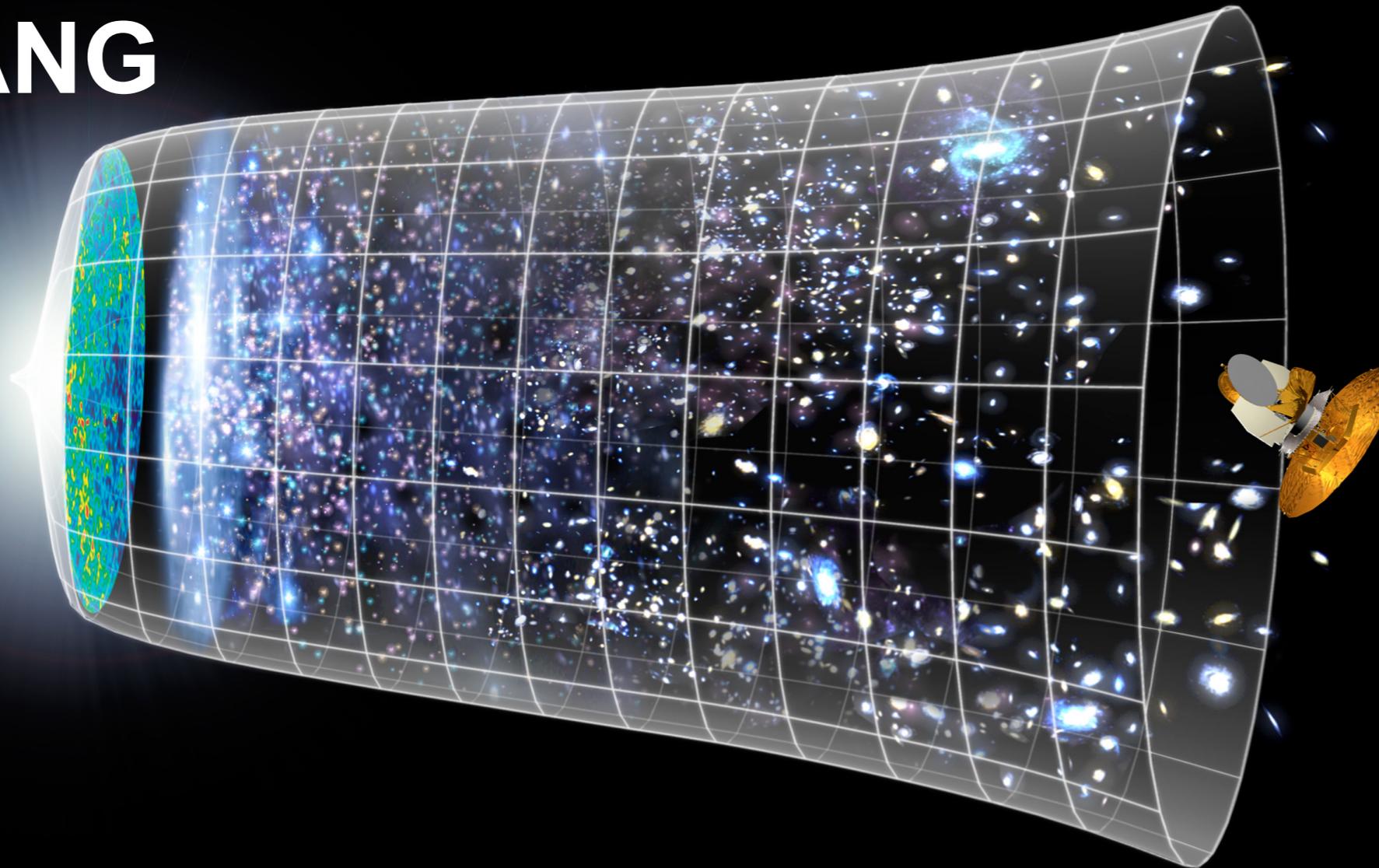
Una macchina costruita al CERN per fare scoperte nel campo della fisica delle particelle: la Scienza del microcosmo e del macrocosmo



13.7 Milardi di anni



BIG BANG



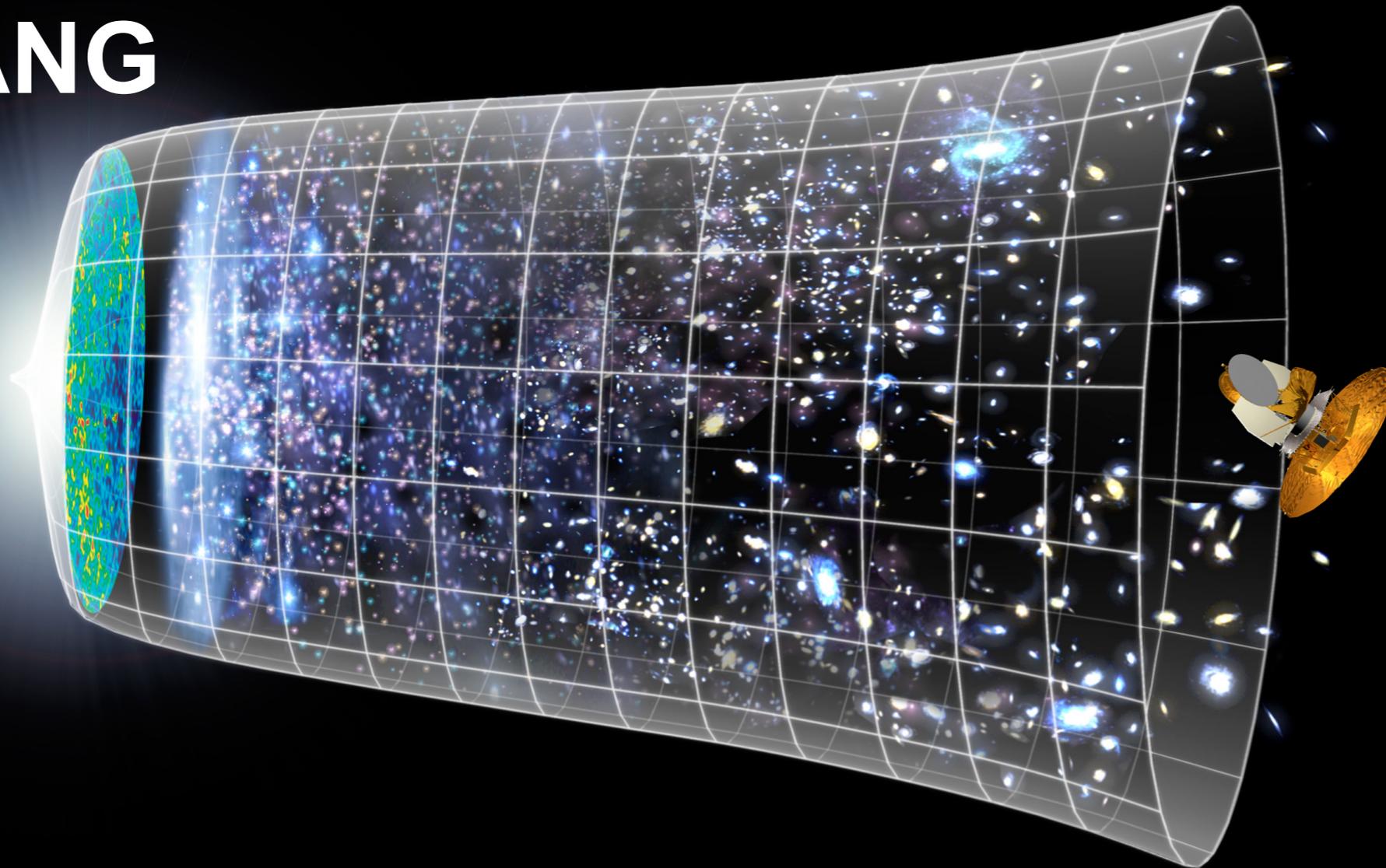
OGGI

13.7 Milardi di anni



BIG BANG

OGGI



LHC ricrea le condizioni esistenti meno di un milardesimo di secondo dopo il Big Bang

LA NOSTRA COMPRENSIONE DELLA MATERIA

FILOSOFIA



(c) Andy Brice 1998

EMPEDOCLE

492-432 A.C.

4 elementi fondamentali

LA NOSTRA COMPRENSIONE DELLA MATERIA

FILOSOFIA



(c) Andy Brice 1998

EMPEDOCLE
492-432 A.C.

4 elementi fondamentali

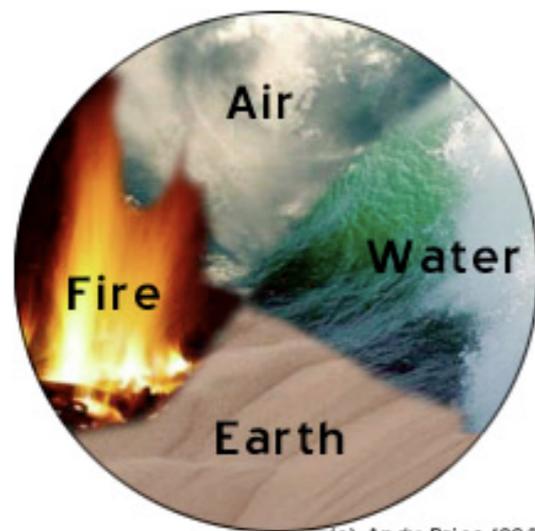
Scienza Classica

Period	Group**																	
	1 IA 1A	2 IIA 2A											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A
1	1 H 1.008												5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 8	10 VIII 8	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La* 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 190.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.5	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac~ (227)	104 Rf (257)	105 Db (260)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 0	111 0	112 0	114 0	116 0				118 0
Lanthanide Series*			58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0		
Actinide Series~			91 Th 232.0	92 Pa (231)	93 U (238)	94 Np (237)	95 Pu (242)	96 Am (243)	97 Cm (247)	98 Bk (247)	99 Cf (249)	100 Es (254)	101 Fm (253)	102 Md (256)	103 No (259)	104 Lr (262)		

Mendeleev
19^{mo} Secolo
Tavola Periodica
>100 Elementi

LA NOSTRA COMPRENSIONE DELLA MATERIA

FILOSOFIA



(c) Andy Brice 1998

EMPEDOCLE
492-432 A.C.

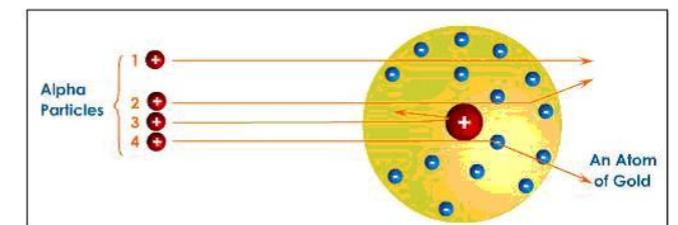
4 elementi fondamentali

Scienza Classica

Period	Group**																															
	1 IA 1A	2 IIA 2A											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A														
1	1 H 1.008																		2 He 4.003													
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18														
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95														
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80														
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3														
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La* 138.9	58 Ce* 140.1	59 Pr* 140.9	60 Nd* 144.2	61 Pm* (147)	62 Sm* 150.4	63 Eu* 152.0	64 Gd* 157.3	65 Tb* 158.9	66 Dy* 162.5	67 Ho* 164.9	68 Er* 167.3	69 Tm* 168.9	70 Yb* 173.0	71 Lu* 175.0	72 Hf* 178.5	73 Ta* 180.9	74 W* 183.9	75 Re* 186.2	76 Os* 190.2	77 Ir* 190.2	78 Pt* 195.1	79 Au* 197.0	80 Hg* 200.5	81 Tl* 204.4	82 Pb* 207.2	83 Bi* 209.0	84 Po* (210)	85 At* (210)	86 Rn* (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac* (227)	90 Rf* (257)	91 Db* (260)	92 Sg* (263)	93 Bh* (262)	94 Hs* (265)	95 Mt* (266)	96 Lr* 0	97 Uu* 0	98 Uub* 0	99 Uut* 0	100 Uuq* 0	101 Uup* 0	102 Uuq* 0	103 Uuq* 0	104 Uuq* 0	105 Uuq* 0	106 Uuq* 0	107 Uuq* 0	108 Uuq* 0	109 Uuq* 0	110 Uuq* 0	111 Uuq* 0	112 Uuq* 0	113 Uuq* 0	114 Uuq* 0	115 Uuq* 0	116 Uuq* 0	117 Uuq* 0	118 Uuq* 0
Lanthanide Series*			58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0																
Actinide Series~			90 Th 232.0	91 Pa (231)	92 U (238)	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)																

Mendeleev
19^{mo} Secolo
Tavola Periodica
>100 Elementi

Meccanica Qantistica



Bohr, Rutherford
inizio 20^{mo} secolo
2 elementi fondamentali
elettrone - nucleo

LA NOSTRA COMPRENSIONE DELLA MATERIA

FILOSOFIA



(c) Andy Brice 1998

EMPEDOCLE
492-432 A.C.

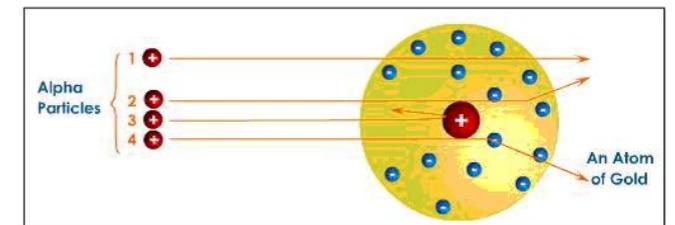
4 elementi fondamentali

Scienza Classica

Period	Group**																	
	1 IA 1A	2 IIA 2A	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIIIA 8A
1	1 H 1.008																	18 He 4.003
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 101.1	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La* 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0	
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac~ (227)	90 Th (232)	91 Pa (231)	92 U (238)	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)	
	Lanthanide Series*																	
	Actinide Series~																	

Mendeleev
19^{mo} Secolo
Tavola Periodica
>100 Elementi

Meccanica Qantistica



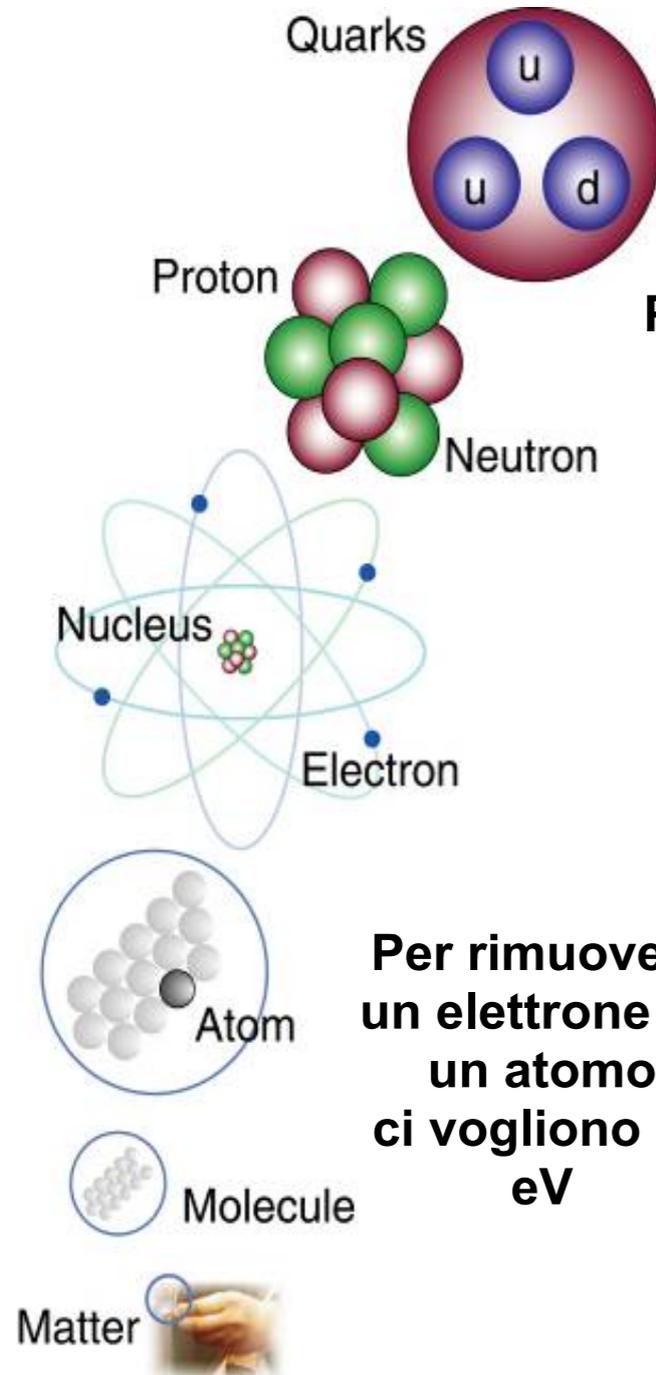
Bohr, Rutherford
inizio 20^{mo} secolo
2 elementi fondamentali
elettrone - nucleo

**LHC PUO' MOSTRARE IL PROSSIMO PASSO NELLA
COMPRENSIONE DELLA MATERIA**

Visione Moderna dei Costituenti della Natura

MATERIA

FORZE



Per rimuovere un
protone da un
nucleo
ci vogliono 10
MeV

~10.000.000



Per rimuovere
un elettrone da
un atomo
ci vogliono 10
eV

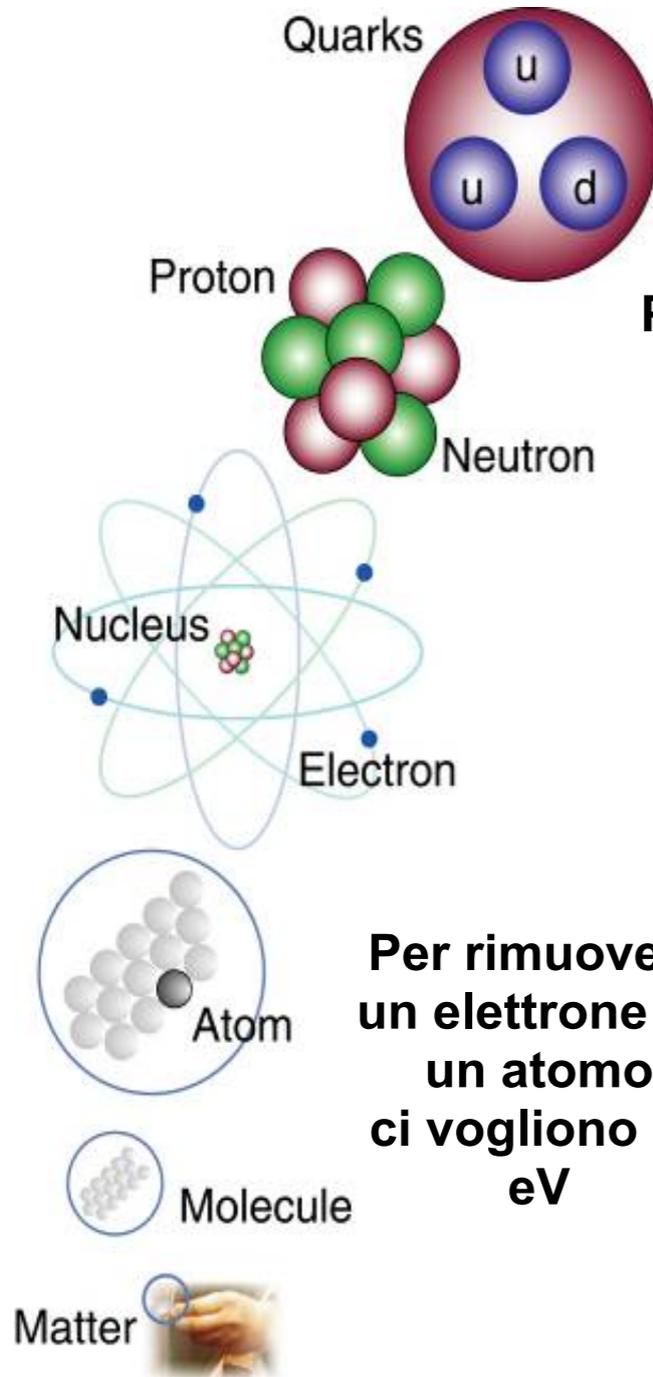
~10



Visione Moderna dei Costituenti della Natura

MATERIA

FORZE



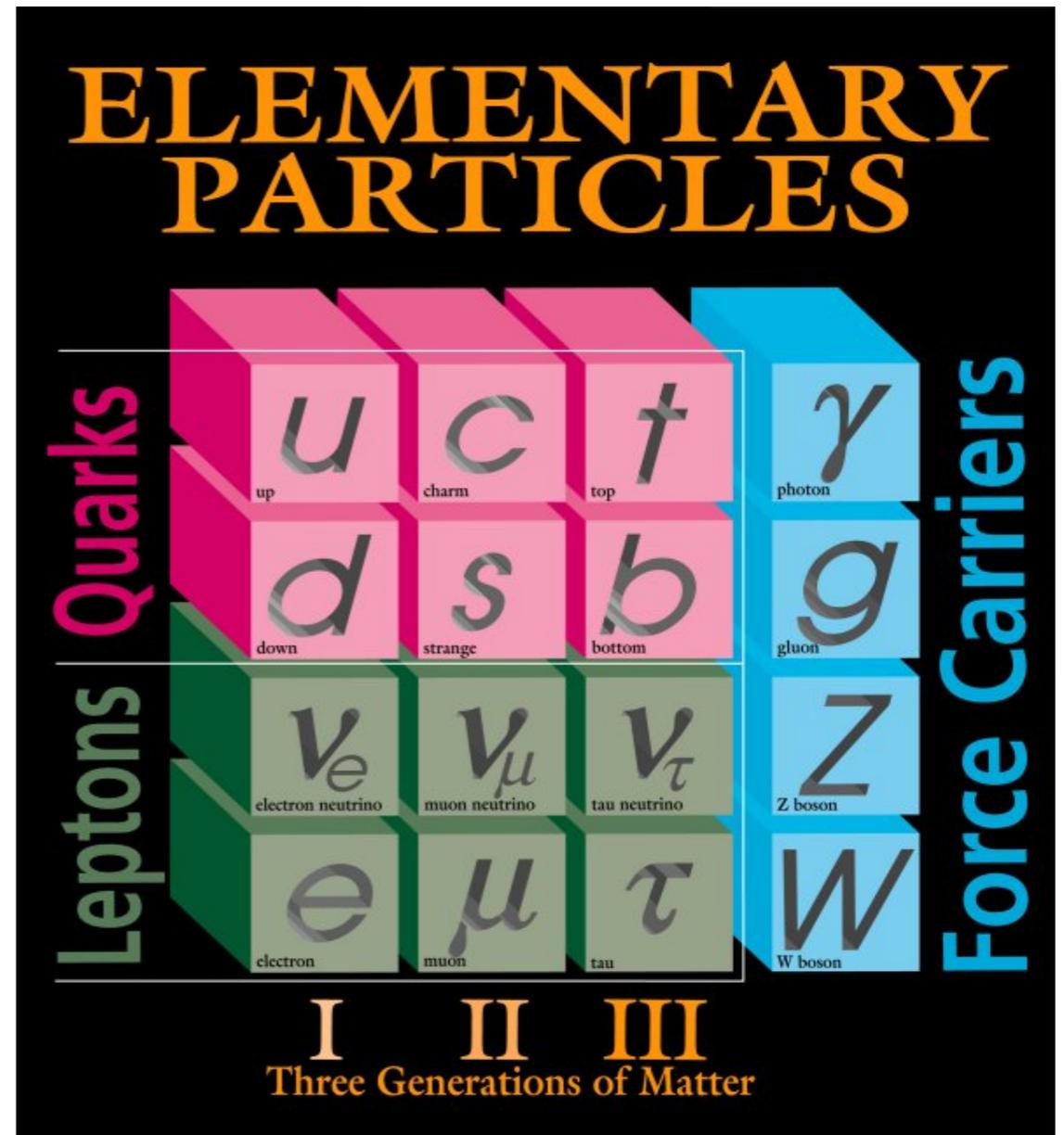
Per rimuovere un
protone da un
nucleo
ci vogliono 10
MeV

~10.000.000



Per rimuovere
un elettrone da
un atomo
ci vogliono 10
eV

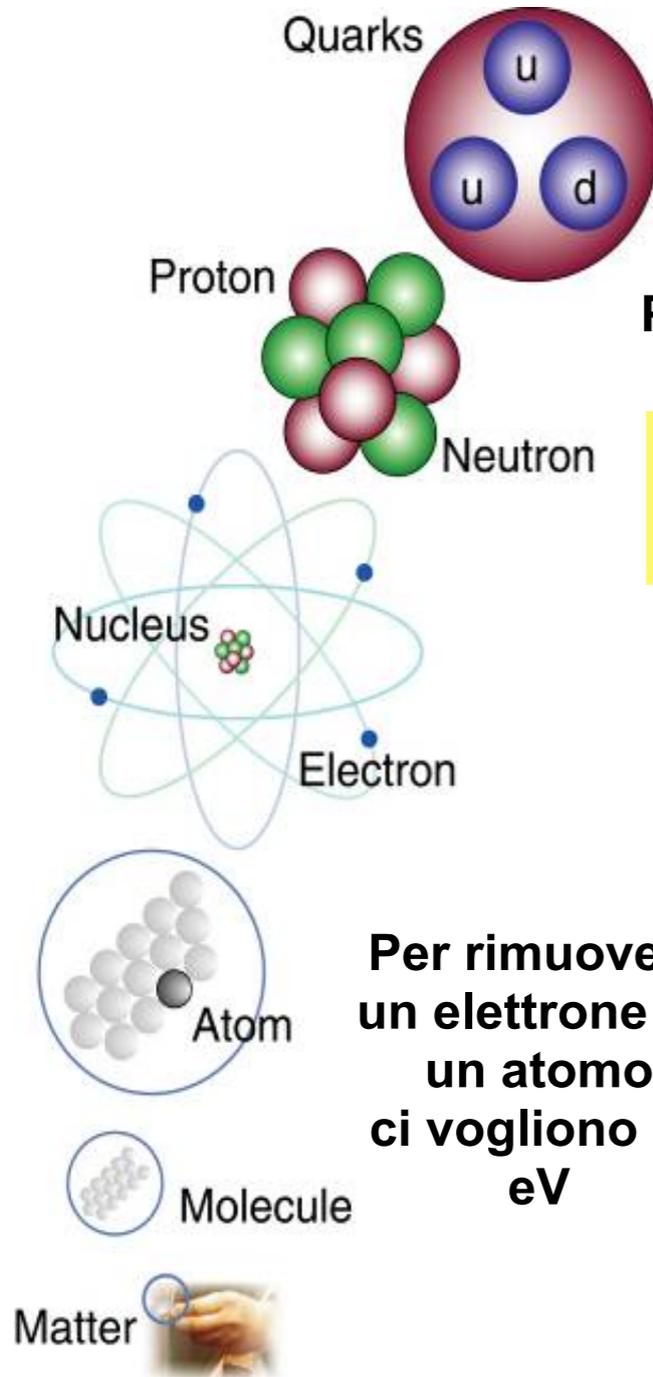
~10



Visione Moderna dei Costituenti della Natura

MATERIA

FORZE



Per rimuovere un protone da un

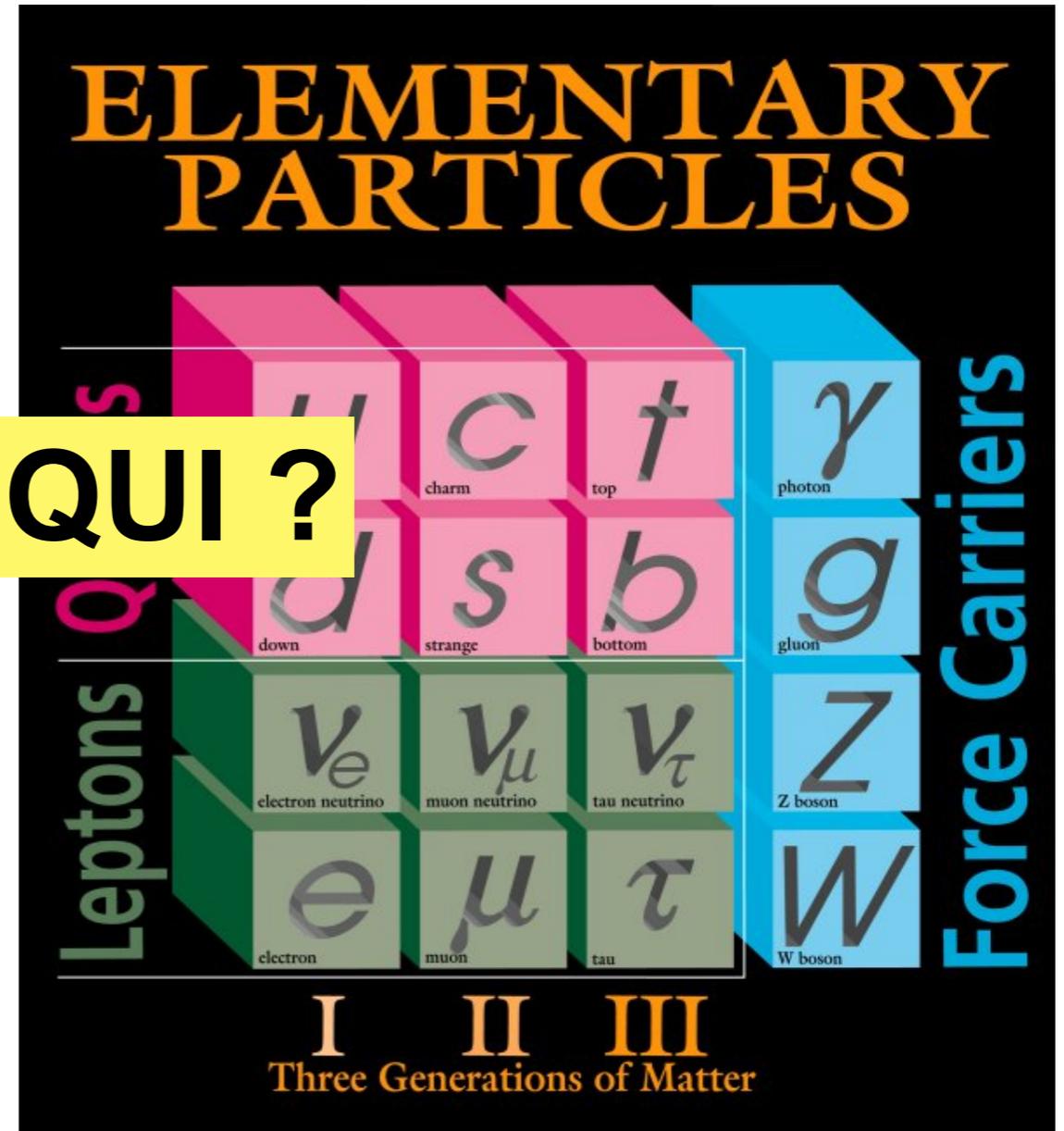
E' TUTTO QUI ?

~10.000.000



Per rimuovere un elettrone da un atomo ci vogliono 10 eV

~10



LHC e' il passo in avanti

- **Lo strumento mondiale piu' nuovo e potente per studiare due questioni fondamentali ad un livello piu' profondo**
 - **Quali sono i reali costituenti fondamentali della materia**
 - **Sono i quark ed i leptoni davvero puntiformi ?**
 - **Quali sono le forze fondamentali che controllano la loro interazione ?**
 - **Esistono altre forze "superforti" o "superdeboli" ?**
- **LHC ci permette di ricreare in laboratorio particelle fondamentali che scomparvero 10^{-12} secondi dopo il Big Bang**

Misteri dell' Universo

- Come era l'universo subito dopo il Big Bang ?
- Ci sono campi di forze non ancora scoperti ?
- L'Universo e' SuperSimmetrico ?
- Quale e' la natura della Materia Oscura ?
- Ci sono altre dimensioni "distorte" ?
- Cosa e' successo all' anti-materia ?

LHC puo' cercare le risposte anche a queste domande

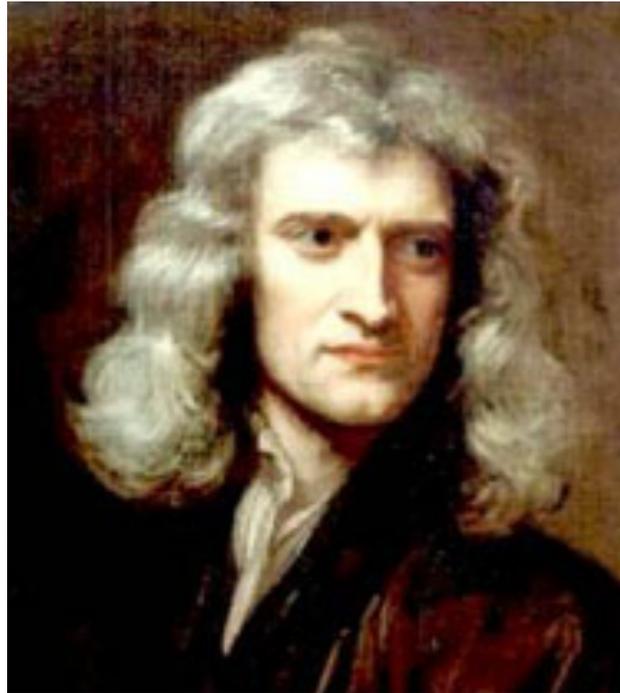
LHC : Mission n 1

m



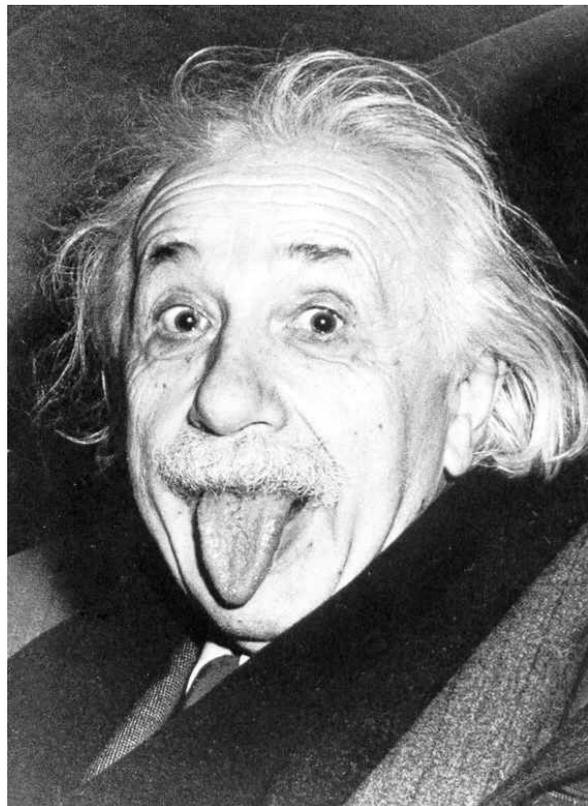
m come massa

Energia Massa e Materia



Newton : $F = ma$

L'accelerazione di un corpo sottoposto all'azione di una forza F e' inversamente proporzionale alla sua massa. Equivalenza tra massa inerziale e gravitazionale



Einstein : $E = mc^2$

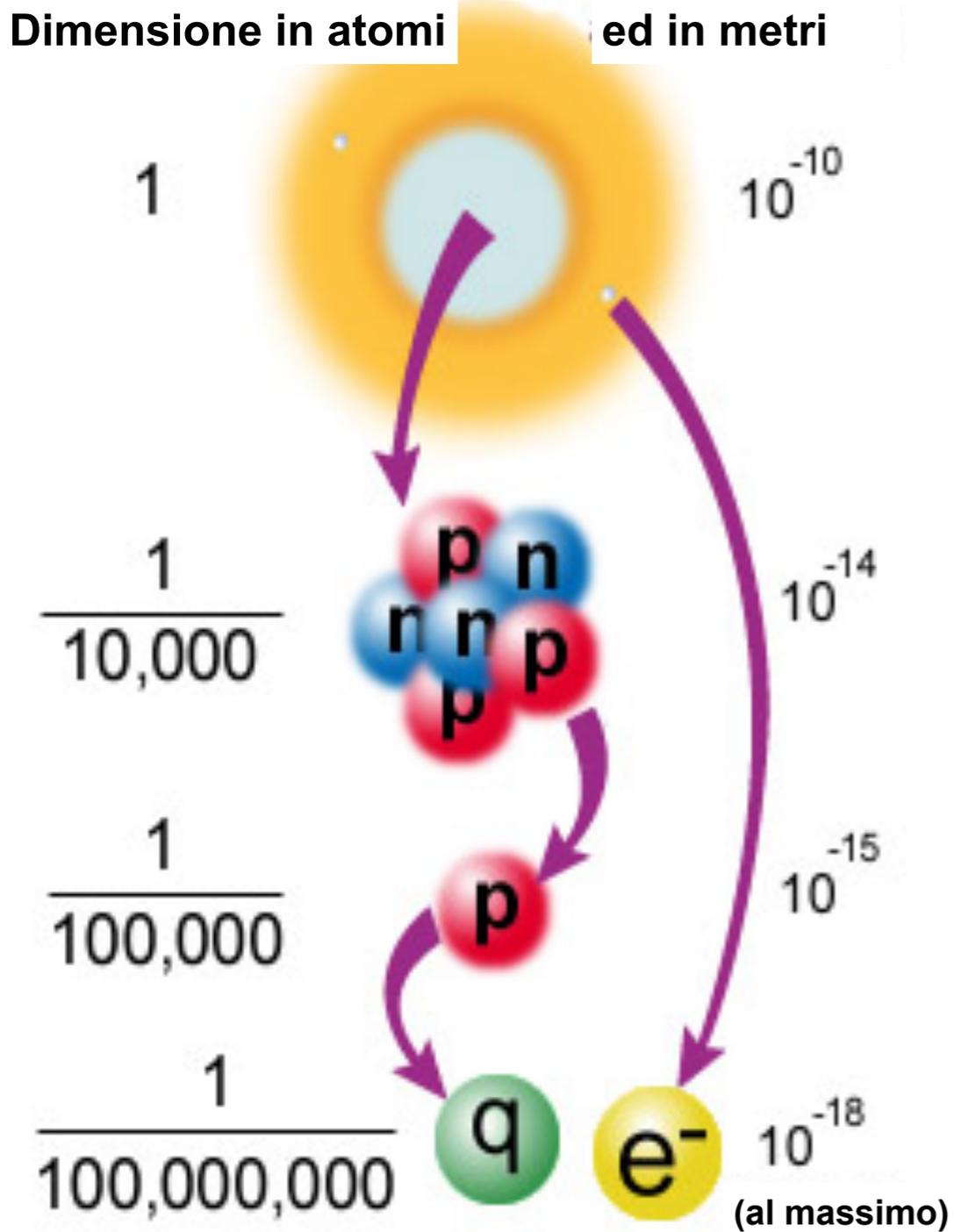
Energia e materia sono equivalenti. Particelle senza massa viaggiano alla velocita' della luce. Particelle massive viaggiano piu' lente. La massa curva lo spazio-tempo

I misteri della Massa

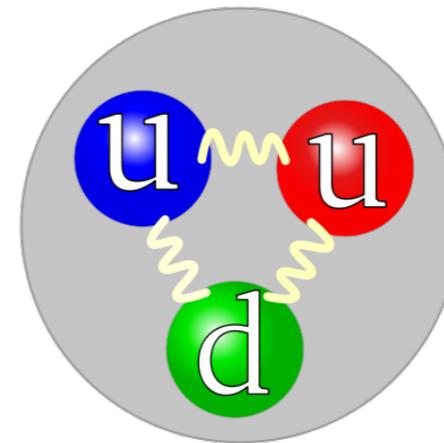
- La definizione di Newton della massa e' andata bene agli scienziati per piu' di 200 anni
- La scienza ha descritto come si comporta la massa prima di capire il perche'
- Questo perche' e' oggi un attivissimo campo di ricerca

Scoprire l'origine della massa completa e estende la nostra comprensione di tutte le particelle elementari e delle loro interazioni

La struttura elementare della materia oggi

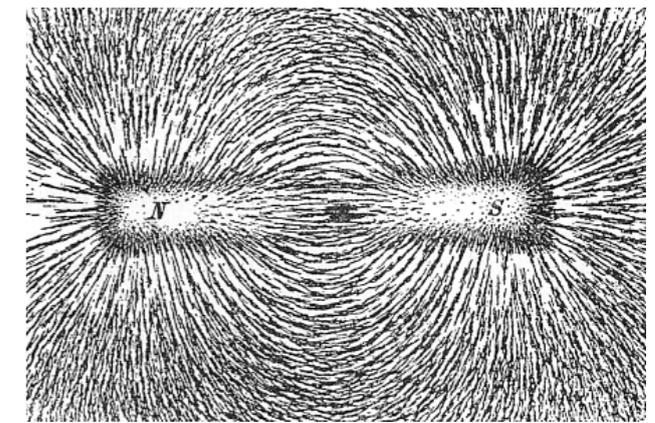


Protoni e Neutroni
sono fatti di **QUARKS**
che sono tenuti
insieme da **GLUONI**



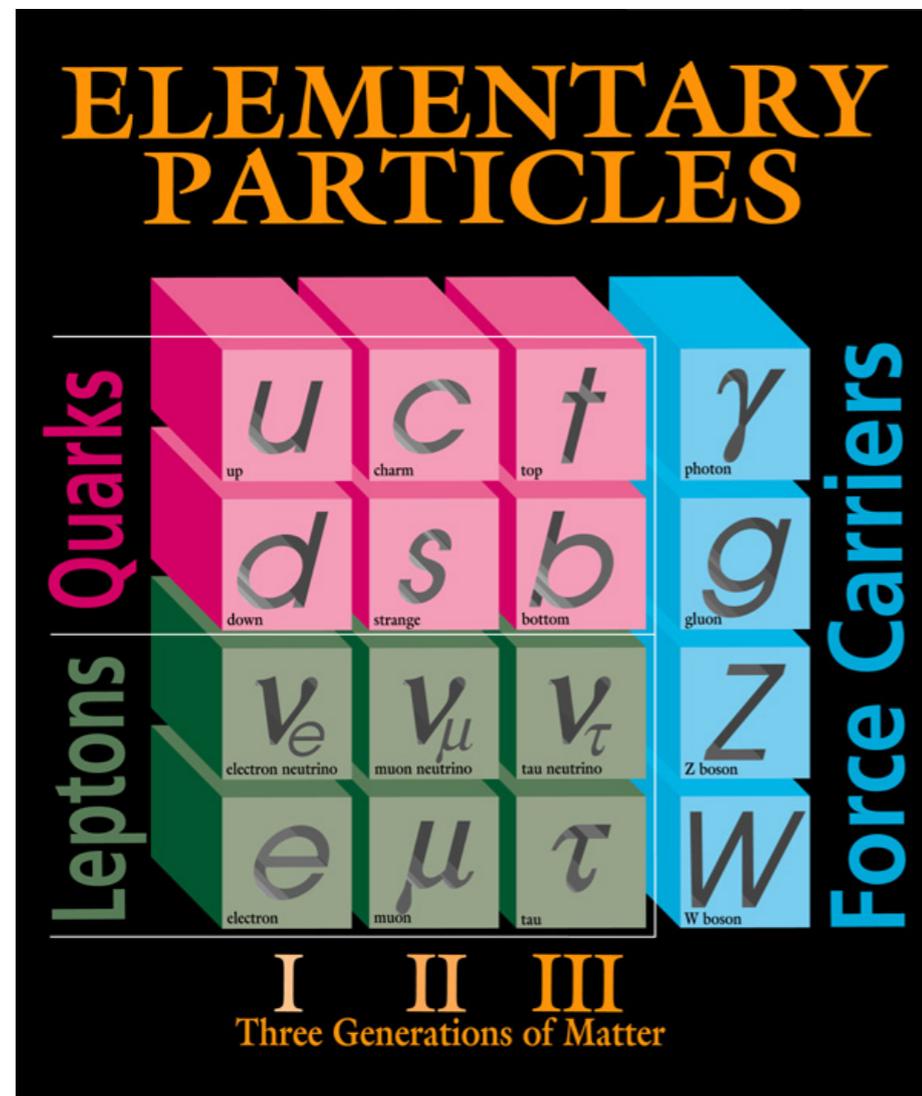
Il Modello Standard: una descrizione semplice ed elegante della Natura

- Ingredienti base sono i CAMPI , inclusi il campo elettrico ed il campo magnetico



- Combinazione di Meccanica Quantistica e Relativita' ristretta

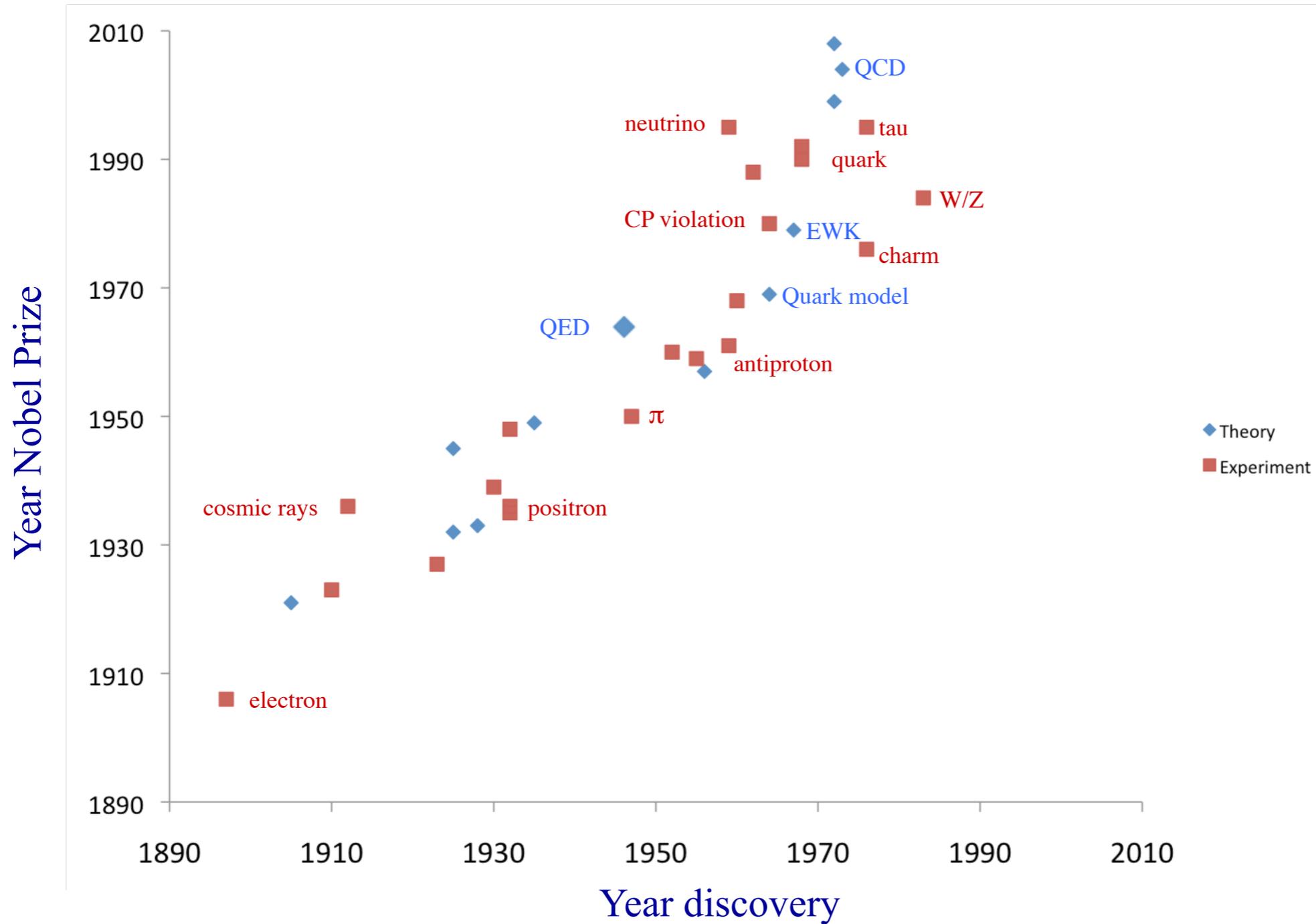
- Una teoria quantistica dei CAMPI



Fermilab 95-759

Coronamento della Scienza del 20^{mo} secolo

Piu' di 30 premi Nobel



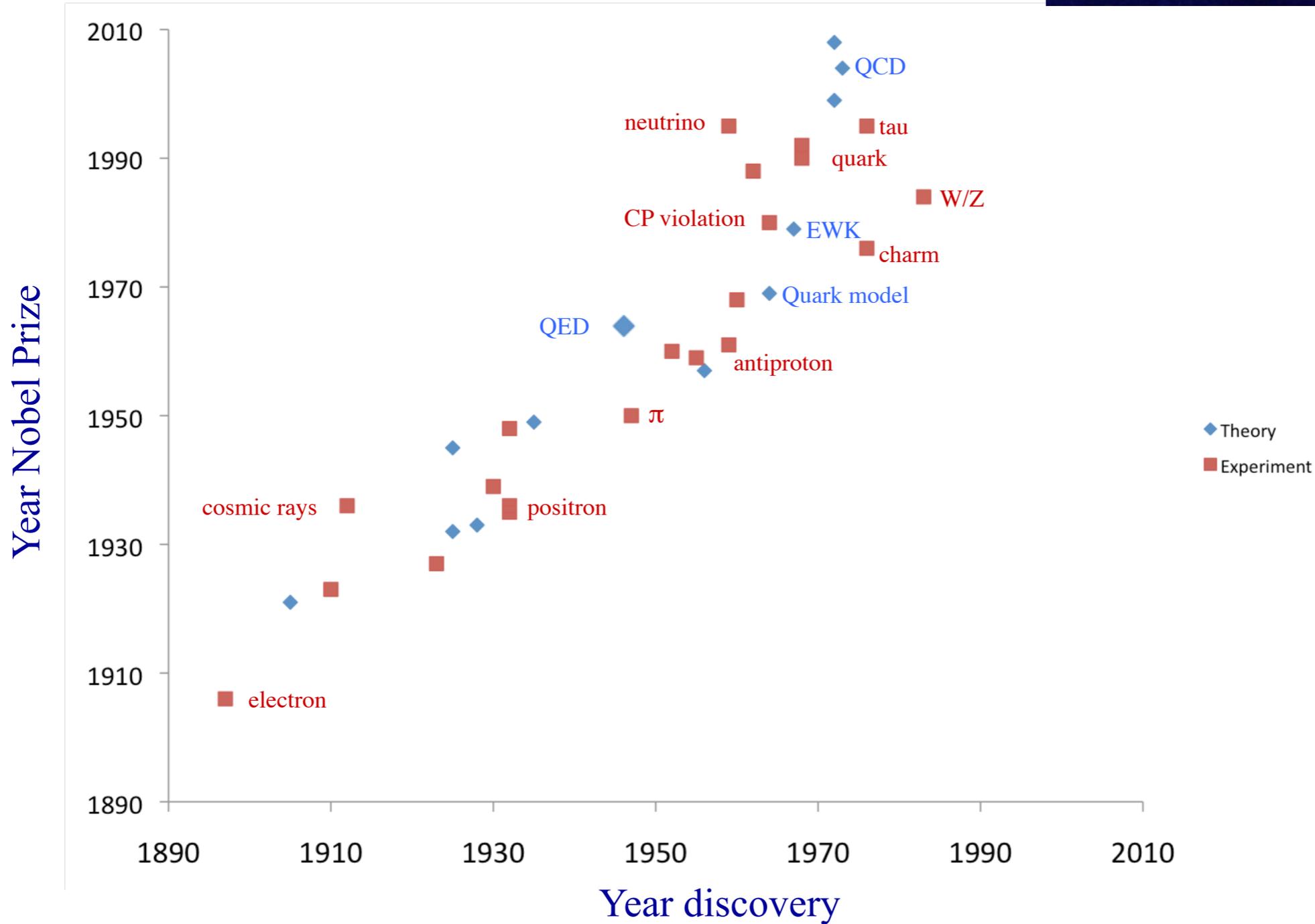
Piu' di 30 premi Nobel



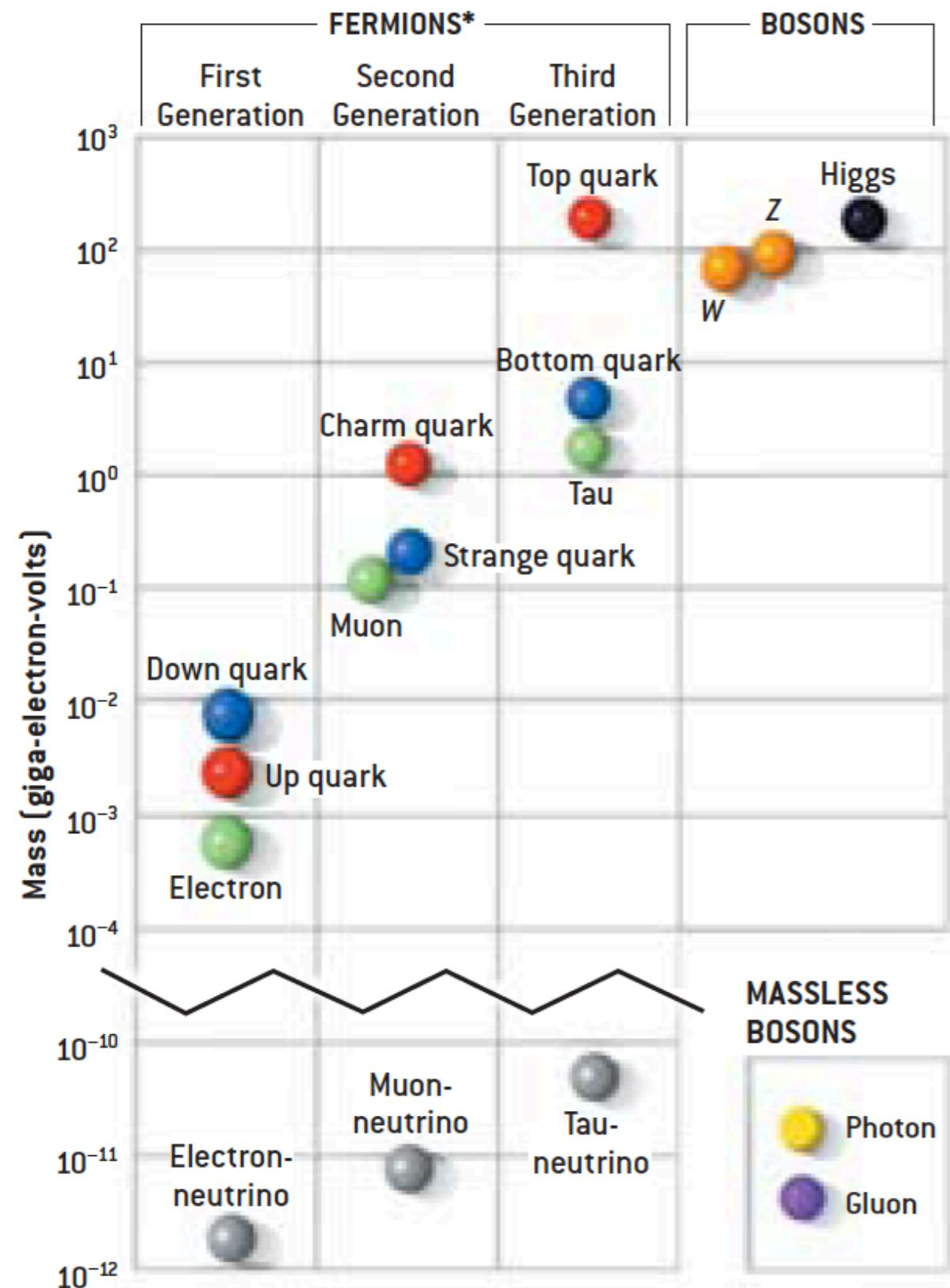
Higgs Boson

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert
Peter W. Higgs



La massa delle particelle ricopre 11 ordini di grandezza - Perché?



Gli esperimenti hanno misurato le masse delle particelle elementari

Non c'è nessuna regolarità

I neutrini sono molto leggeri

L'elettrone è 350.000 volte più leggero del quark più pesante

Il fotone è privo di massa ($m = 0$), ma bosoni W e Z pesano circa come un atomo di argento!

Un problema massiccio

- **Il Modello Standard non ha un ingrediente che descrive le masse osservate**
 - **Peggio... nella teoria originale tutte le particelle non hanno massa !**
- **Un mondo con quark ed elettroni di massa nulla sarebbe molto diverso da quello attuale**
- **Senza massa, $m=0$, tutte le particelle si muovono costantemente alla velocità della luce**

Nel vuoto disordinato del Modello Standard tutte le particelle si muovono alla velocità della luce !

gravitone



fotone



W/Z



top



elettrone



neutrino



Nel vuoto disordinato del Modello Standard tutte le particelle si muovono alla velocità della luce !

gravitone



fotone



W/Z

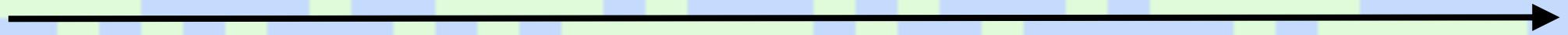


Non ci sono atomi, non c'è la tabella periodica, non c'è la biologia, non ci sono stelle, non ci siamo noi !!

top



elettrone



neutrino



Come si puo' superare questo problema ?

Aggiungendo un altro campo al Modello Standard. Un campo speciale, un campo scalare:

il cosi' detto **Campo di Higgs** !



Francois Englert



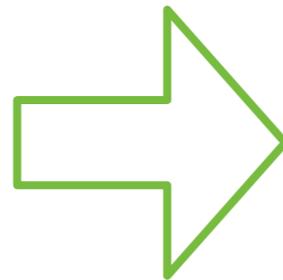
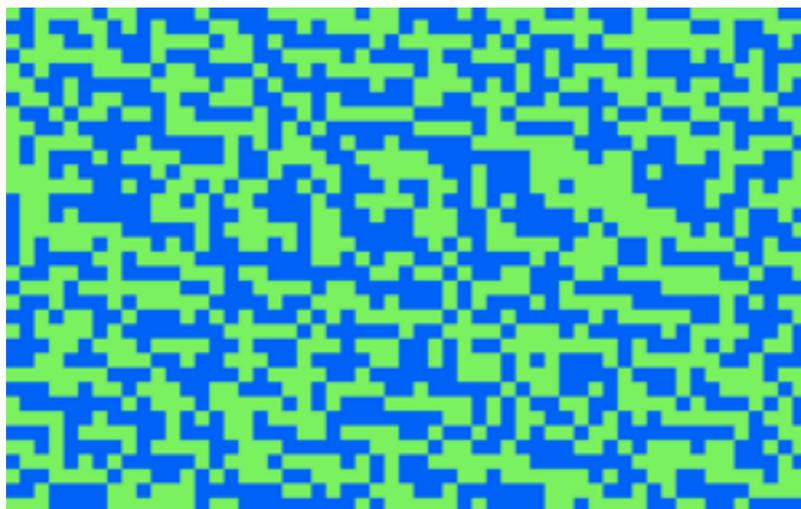
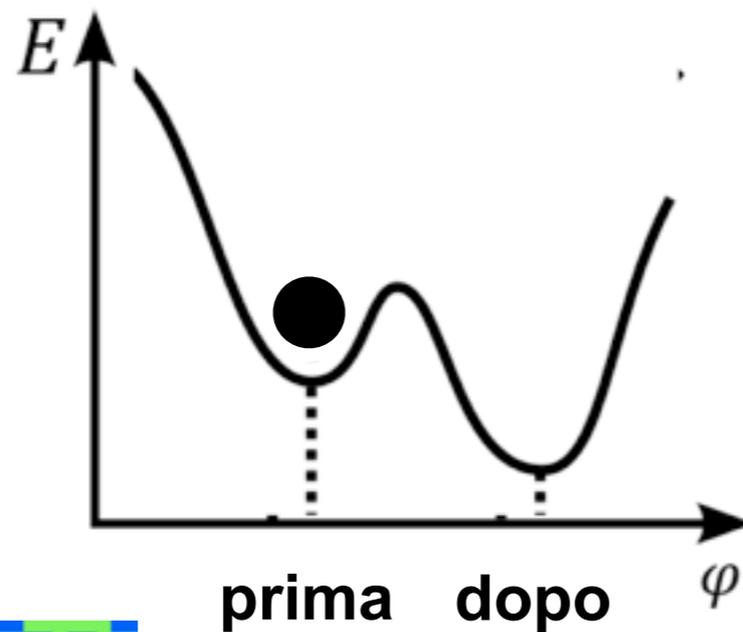
Peter Higgs



Robert Brout

Il Campo di Higgs : una congettura

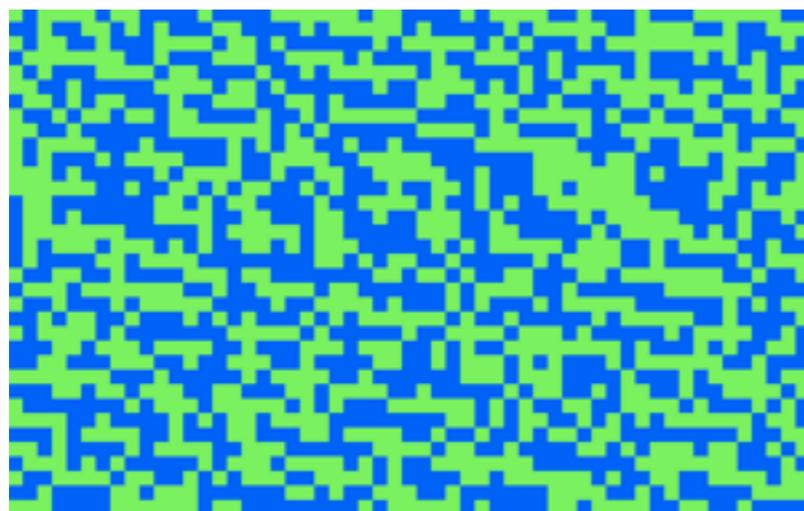
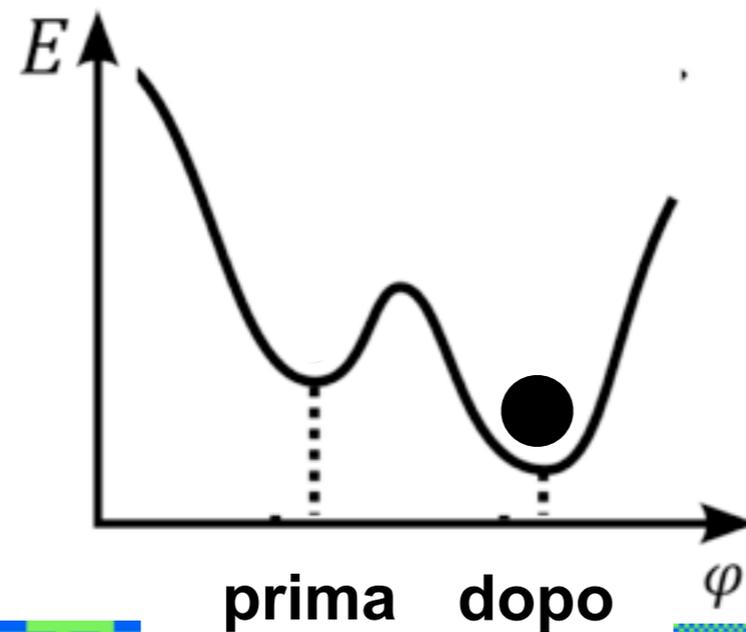
Un millesimo di miliardesimo di secondo dopo il BigBang l' Universo ha fatto una "transizione di fase"..... e si e' creato il campo di Higgs



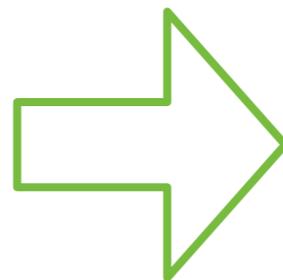
Vuoto Disordinato

Il Campo di Higgs : una congettura

Un millesimo di miliardesimo di secondo dopo il BigBang l' Universo ha fatto una "transizione di fase"..... e si e' creato il campo di Higgs



Vuoto Disordinato



Vuoto Ordinato

Il Campo di Higgs : una congettura

L'universo e' completamente permeato da un campo scalare, **il Campo di Higgs**, che non puo' essere schermato (un nuovo "etere")

Piu' forte una particella interagisce con il campo piu' la particella e' massiva

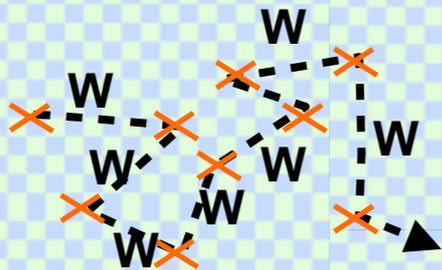
Il fotone non interagisce e la sua massa e' nulla.

Il W e Z interagiscono molto ed sono quindi massivi come un atomo di argento

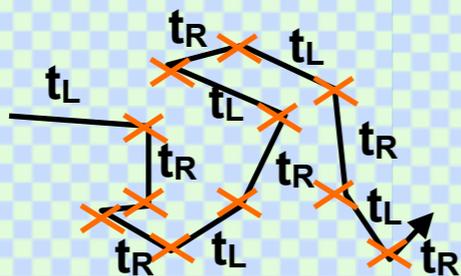
Nel vuoto ordinato alcune particelle vanno piu' lente che la velocita' della luce

gravitone 
fotone 

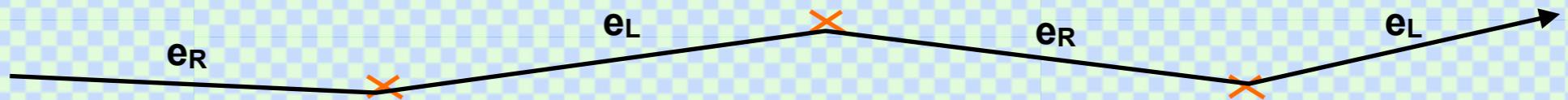
W/Z



top



elettrone



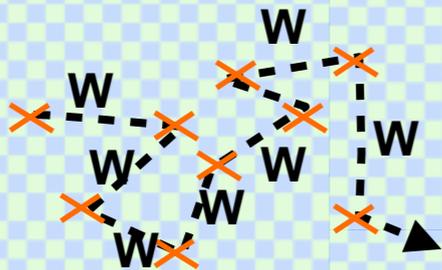
neutrino



Nel vuoto ordinato alcune particelle vanno piu' lente che la velocita' della luce

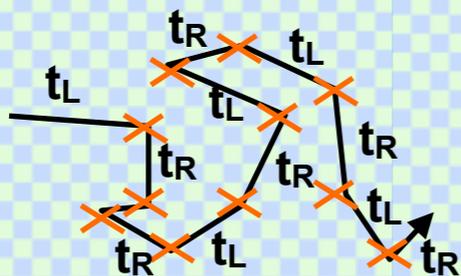
gravitone 
fotone 

W/Z



Queste particelle interagiscono col campo che “frena” il loro moto: **le particelle hanno quindi massa**

top



elettrone



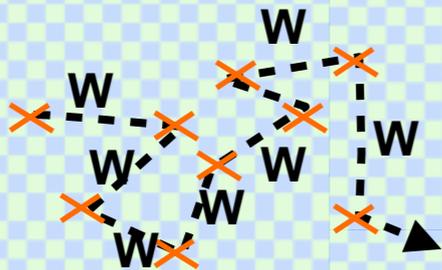
neutrino



Nel vuoto ordinato alcune particelle vanno piu' lente che la velocita' della luce

gravitone ----->
fotone ----->

W/Z

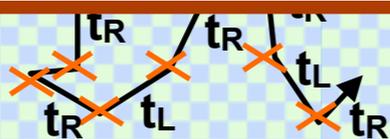


Queste particelle interagiscono col campo che "frena" il loro moto

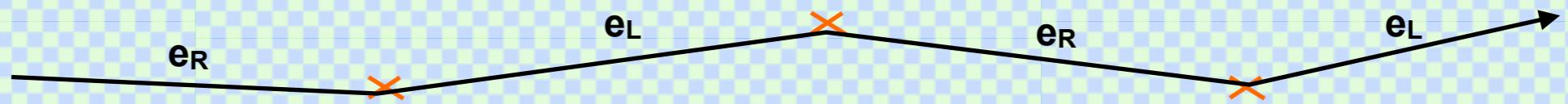
Ci sono gli atomi, c' e' la tabella periodica, c'e' la biologia, ci sono stelle, ci siamo noi !!

massa

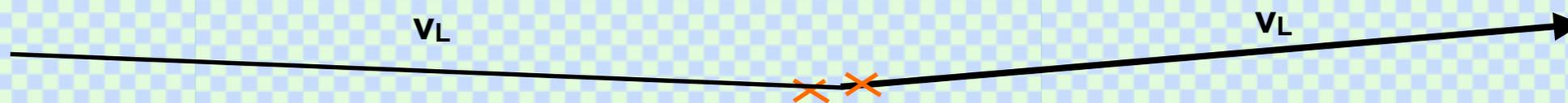
top



elettrone



neutrino



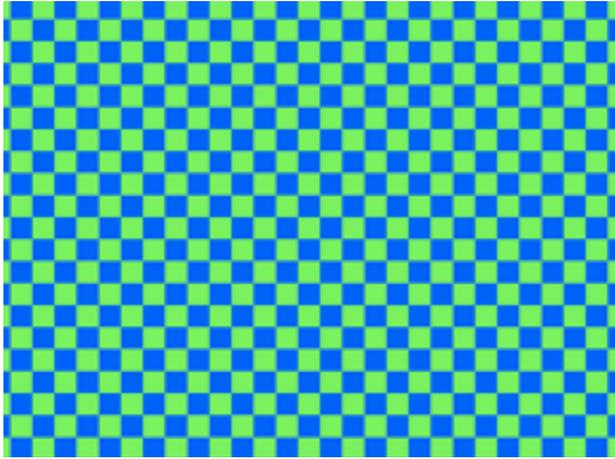
Higgs ?

Noi non sapevamo se la congettura di Brout Englert e Higgs , **il Campo di Higgs**, e' solo un trucco matematico, una teoria furba, oppure se e' la vera descrizione dell'origine della massa

Pero' sapevamo che **se il Campo di Higgs esiste** allora deve esistere una particella nuova , frutto dell'azione del campo con se stesso, **il Bosone di Higgs** .

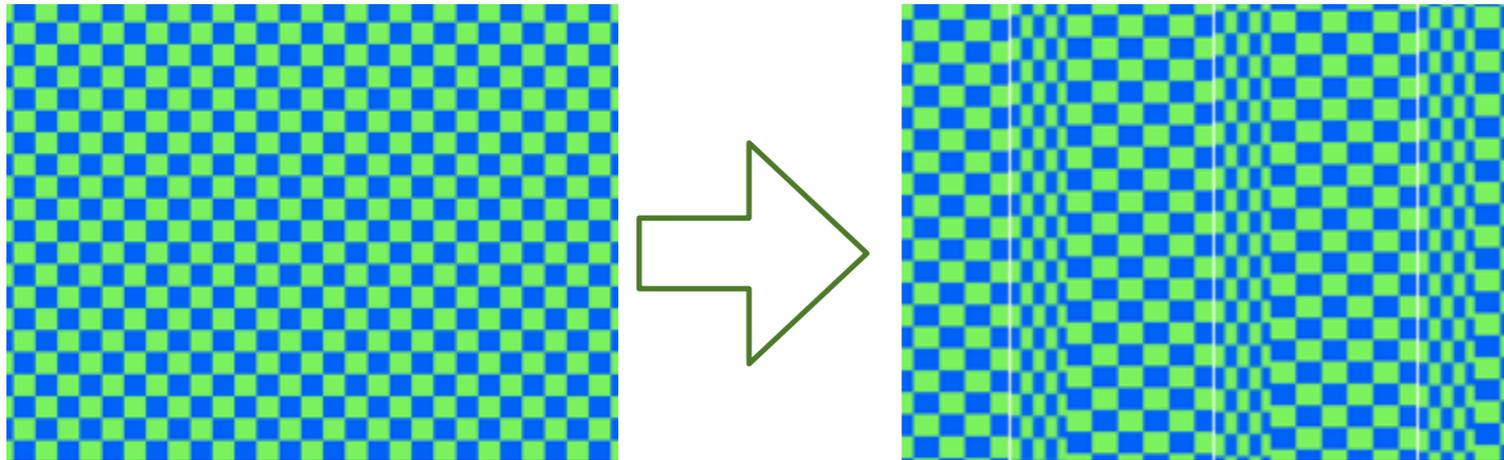
Cose e' il Bosone di Higgs ?

Il vuoto ordinato non e' statico



Cose e' il Bosone di Higgs ?

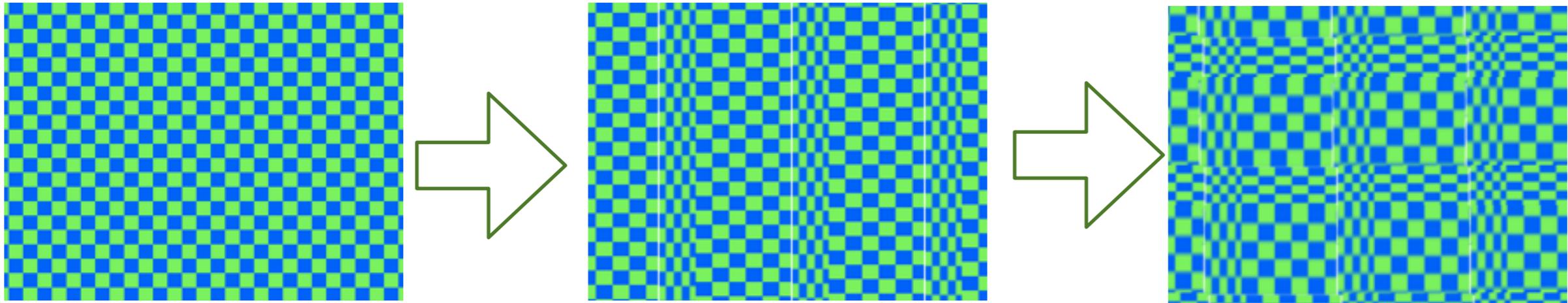
Il vuoto ordinato non e' statico



Oscilla

Cose e' il Bosone di Higgs ?

Il vuoto ordinato non e' statico



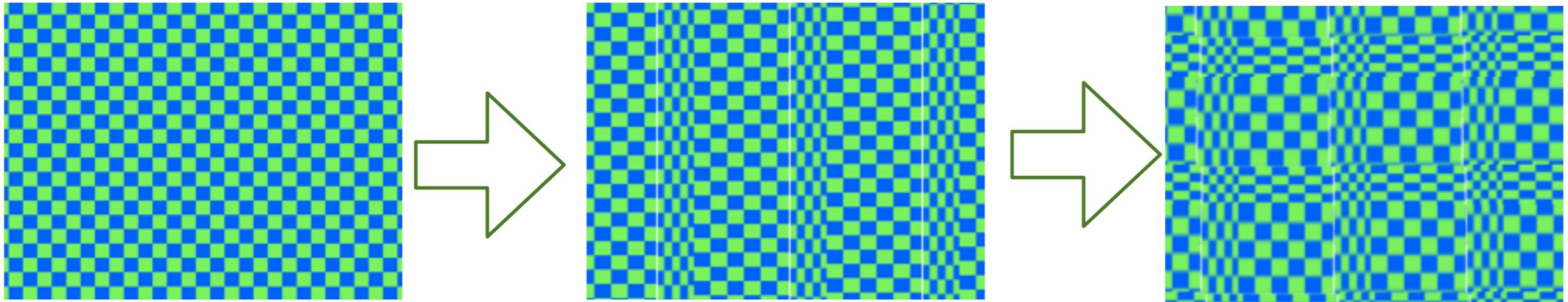
Oscilla

e puo' risuonare

ad una frequenza di circa 10^{26} Hz: cento milioni di miliardi di miliardi di oscillazioni al secondo.

Cose e' il Bosone di Higgs ?

Il vuoto ordinato non e' statico

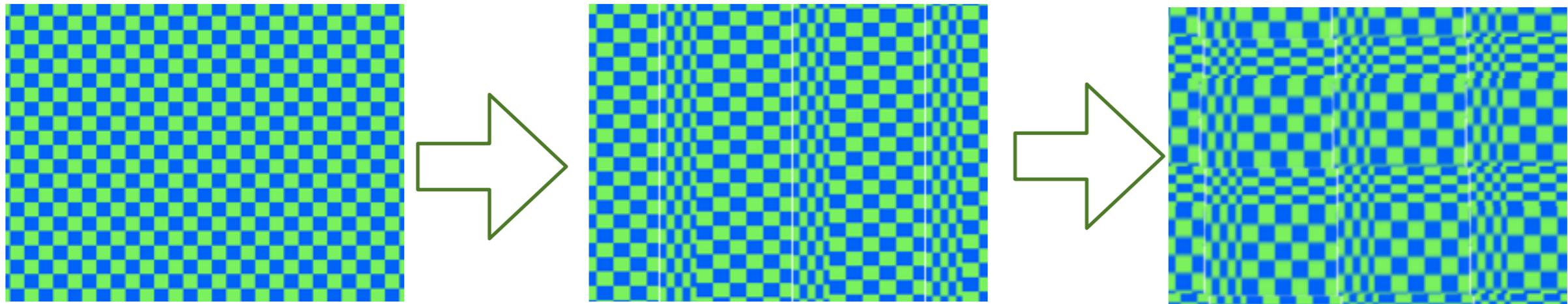


**Oscilla e puo' risuonare
ad una frequenza di circa 10^{26} Hz: cento milioni
di miliardi di miliardi di oscillazioni al secondo.**

**Queste oscillazioni nascono dalla
interazione del campo con se stesso**

Cose e' il Bosone di Higgs ?

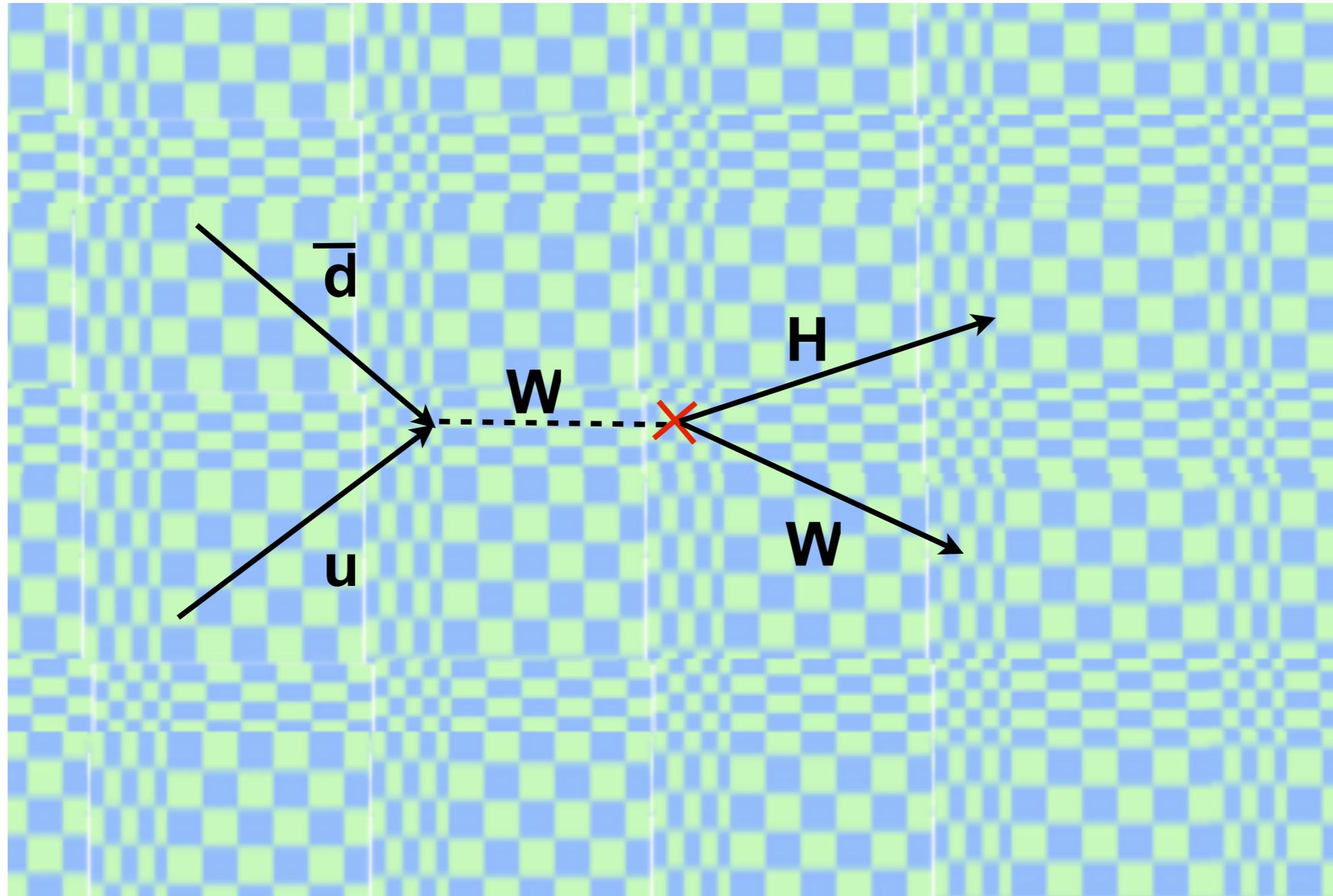
Il vuoto ordinato non e' statico



Oscilla e puo' risuonare ad una frequenza di circa 10^{26} Hz: cento milioni di miliardi di miliardi di oscillazioni al secondo.

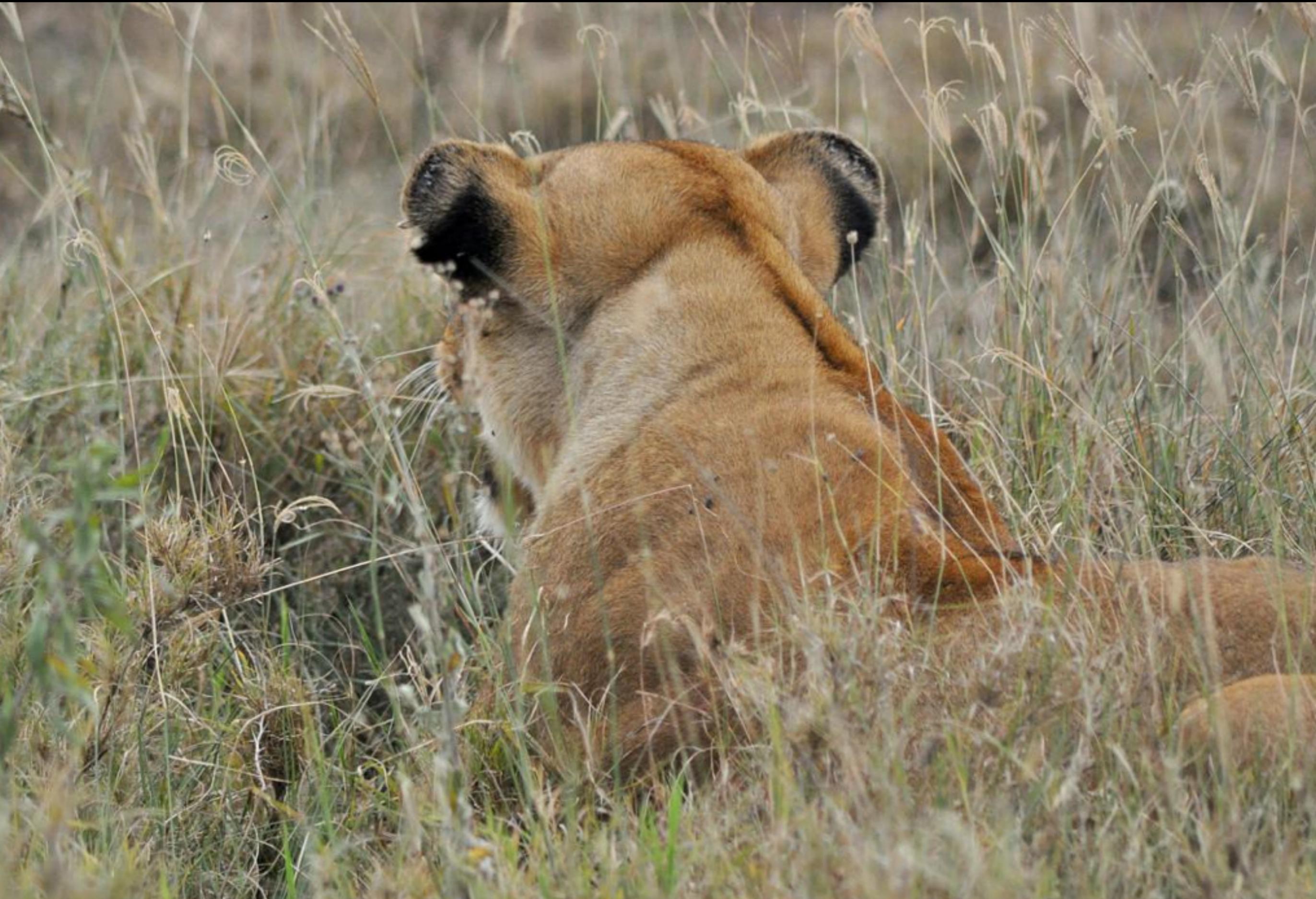
Queste oscillazioni cambiano la densita' di "energia virtuale" del vuoto e creano e distruggono bosoni di Higgs virtuali

Cose e' il Bosone di Higgs ?



Se iniettiamo nel campo abbastanza energia reale al momento giusto ed al posto giusto possiamo **materializzare** il Bosone di Higgs !

La caccia al bosone di Higgs e' aperta



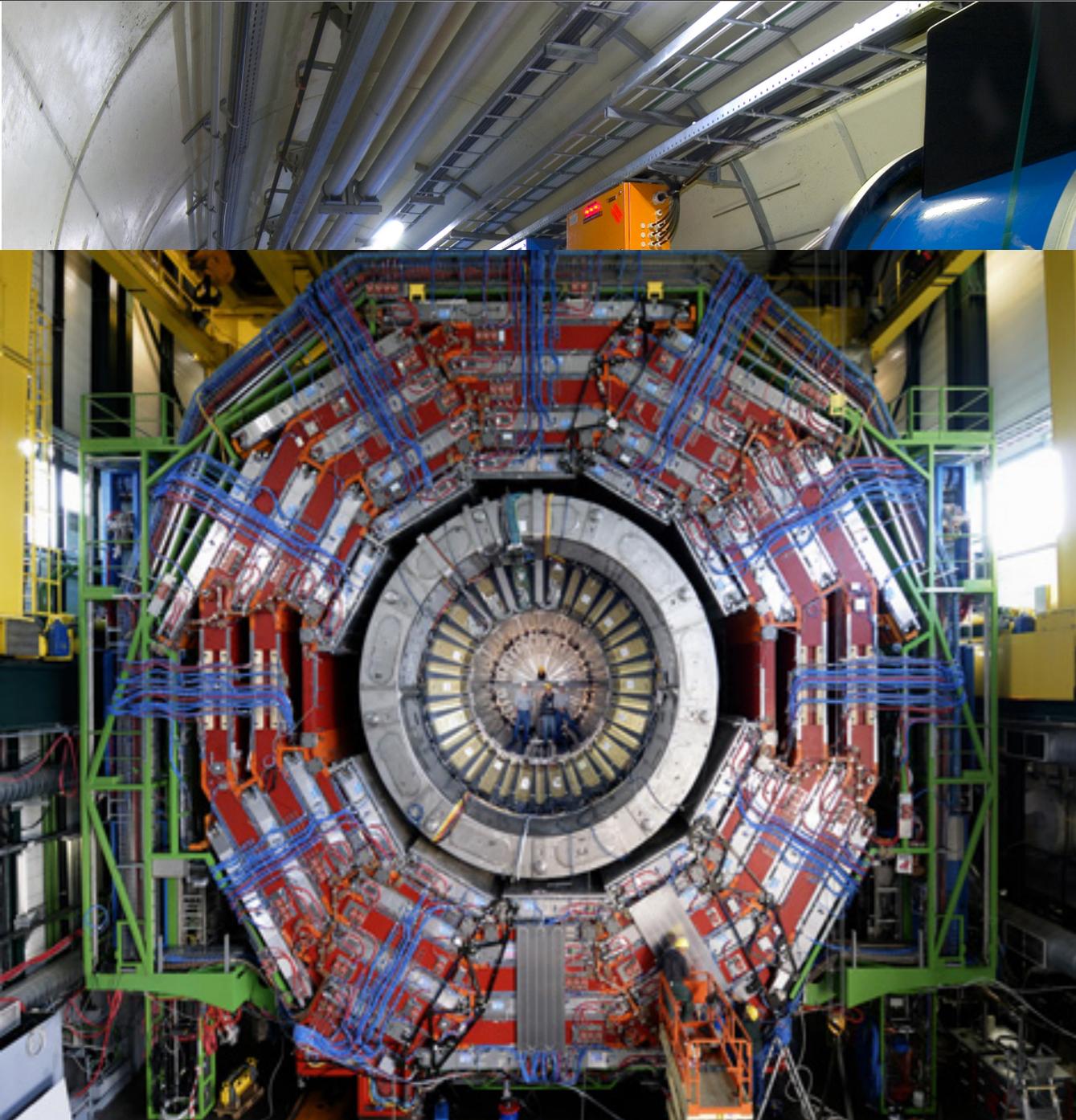
Per cacciare il Bosone di Higgs servono :

Per cacciare il Bosone di Higgs servono :



1. Acceleratore: una macchina potente per accelerare i protoni e farli scontrare

Per cacciare il Bosone di Higgs servono :



1. Acceleratore: una macchina potente per accelerare i protoni e farli scontrare

2. Rivelatori : strumenti giganteschi che registrano le particelle prodotte quando emergono dal punto della collisione

Per cacciare il Bosone di Higgs servono :



1. Acceleratore: una macchina potente per accelerare i protoni e farli scontrare

2. Rivelatori : strumenti giganteschi che registrano le particelle prodotte quando emergono dal punto della collisione

3. Supercomputing : per raccogliere, conservare, distribuire ed analizzare l'enorme quantità di dati prodotti dai rivelatori.



Per cacciare il Bosone di Higgs servono :



1. Acceleratore: una macchina potente per accelerare i protoni e farli scontrare

2. Rivelatori : strumenti giganteschi che registrano le particelle prodotte quando emergono dal punto della collisione

3. Supercomputing : per raccogliere, conservare, distribuire ed analizzare l'enorme quantità di dati prodotti dai rivelatori.

4. Scienza collaborativa su scala mondiale: migliaia di scienziati ed ingegneri per disegnare, costruire ed operare queste macchine molto complesse

Large Hadron Collider

I protoni sono accelerati da potenti campi elettrici a velocità vicine a quella della luce. E sono guidati lungo le loro traiettorie circolari da potenti magneti dipoli superconduttori.



Large Hadron Collider

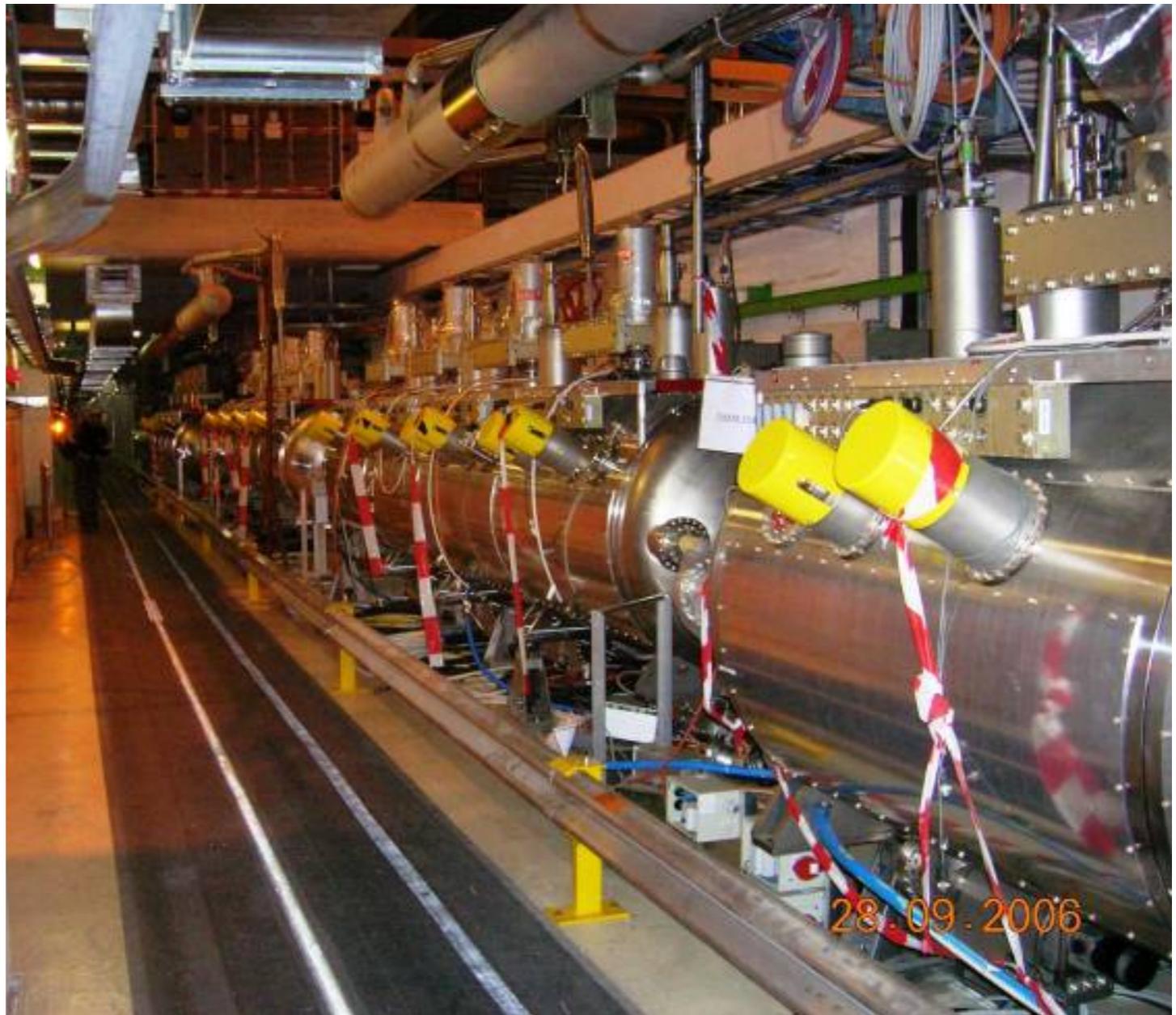
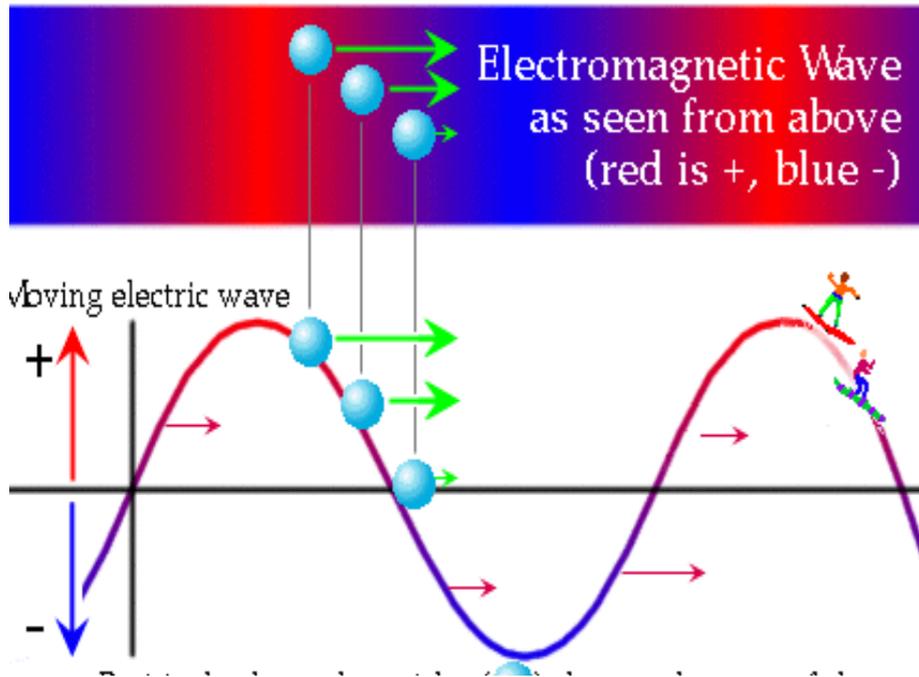
I protoni sono accelerati da potenti campi elettrici a velocità vicine a quella della luce. E sono guidati lungo le loro traiettorie circolari da potenti magneti dipoli superconduttori.

I magneti dipolari lavorano a 8.3 Tesla, (200.000 volte il campo magnetico terrestre) & 1.9 K (-271 °C) in elio superfluido.

I protoni viaggiano in un tubo che è a vuoto più spinto ed a temperatura più bassa che lo spazio interplanetario.

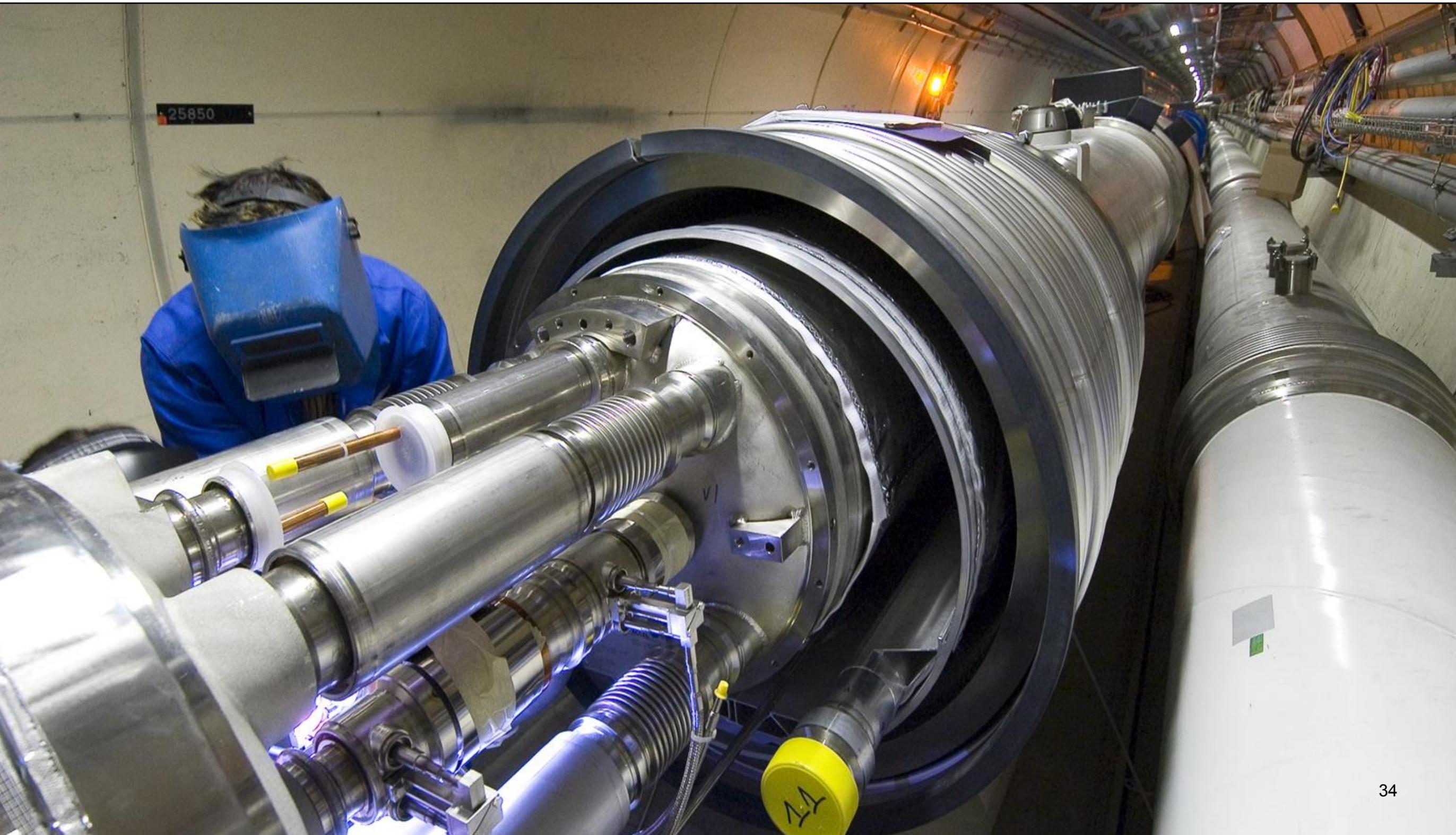
Accelerare i protoni

**Cavita' superconduttrici a radio frequenza.
I protoni cavalcano le onde elettromagnetiche!**



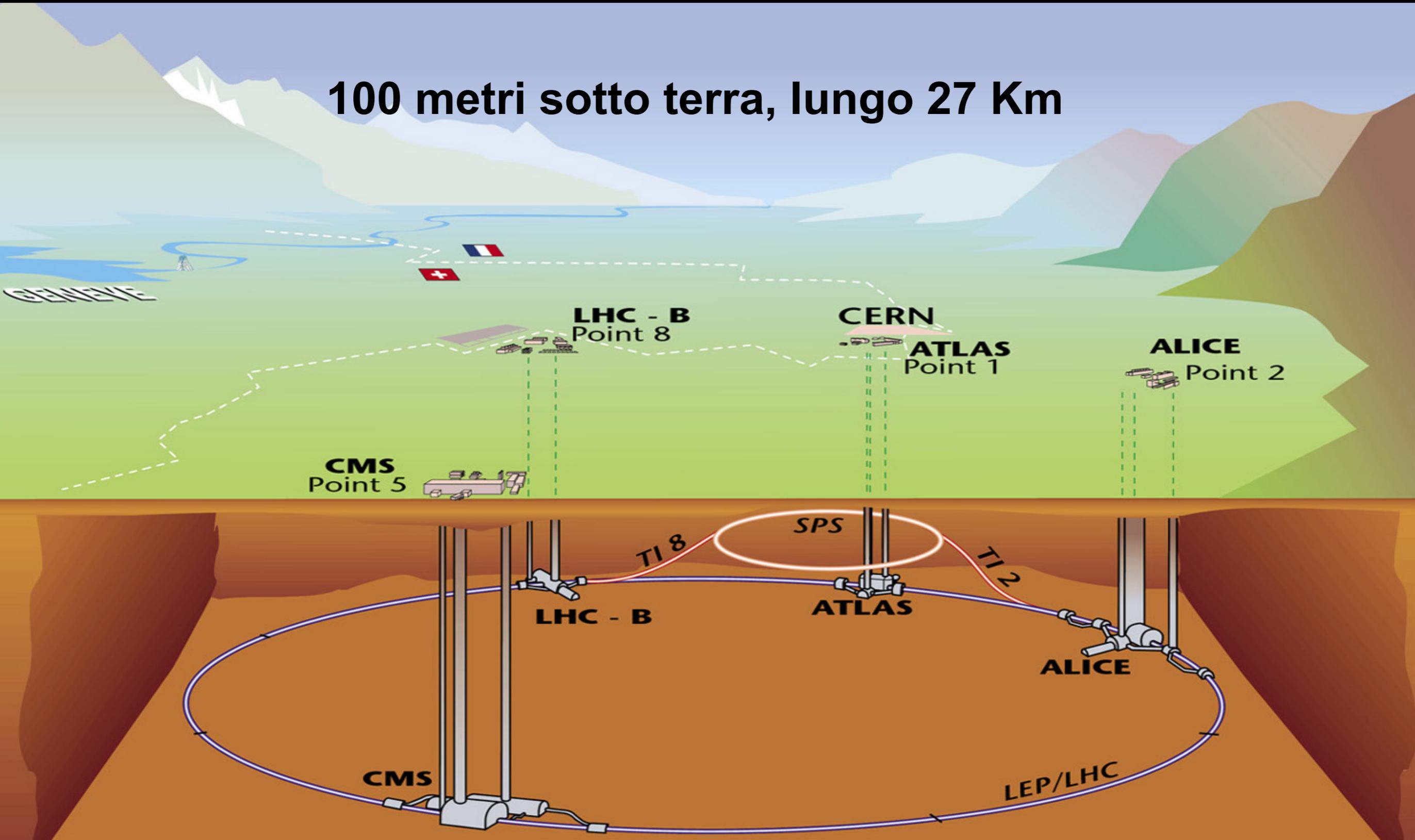
Girare i protoni

I magneti superconduttori mantengono i protoni energetici in traiettorie circolari !

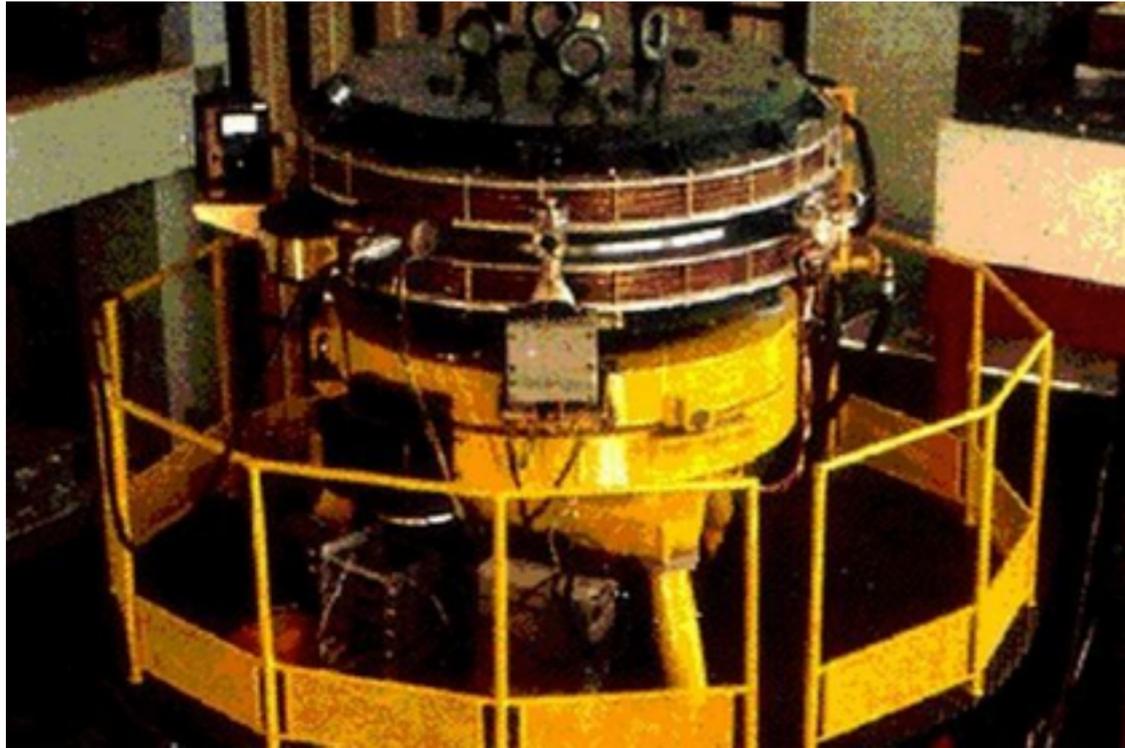


LHC Tunnel

100 metri sotto terra, lungo 27 Km



LHC e' il pronipote di ADA



**ADA il primo collisionatore
fascio-fascio**

**Intuizione geniale di Bruno Touschek e costruito
sotto la sua supervisione nei
Laboratori Nazionali di Frascati
nei primi anni 1960**

LHC e' il pronipote di ADA

Senza la tecnologia inventata da Touschek, per produrre il Bosone di Higgs si sarebbe dovuto costruire un acceleratore grande come 6 volte la terra !!



LHC : Il Signore degli Anelli

LHC : Il Signore degli Anelli

I rivelatori delle collisioni delle particelle

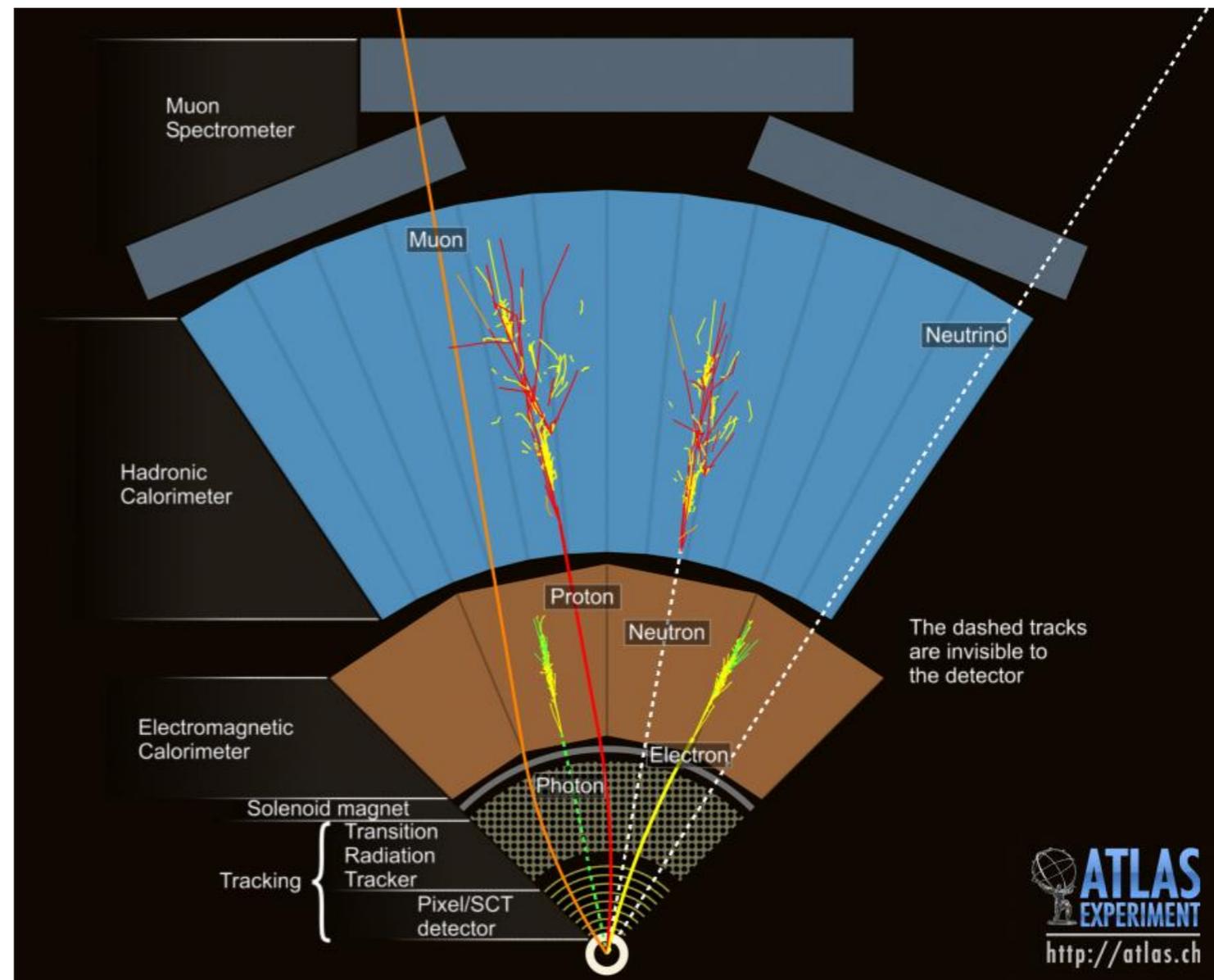
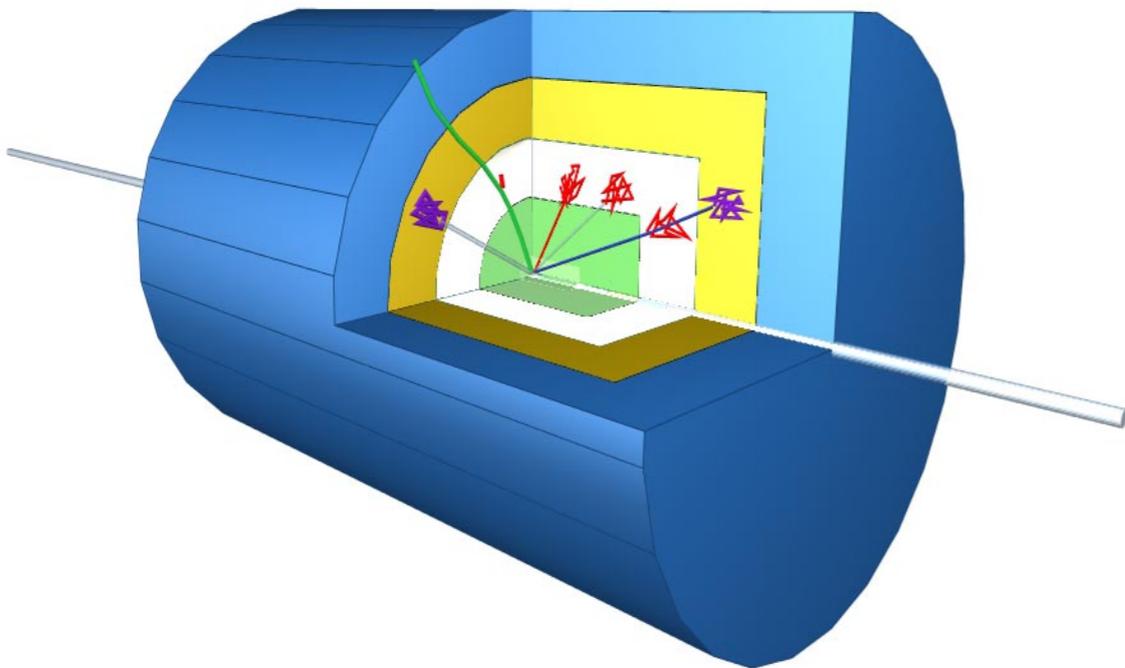
Apparecchi fotografici velocissimi.....



.....e molto piu' sofisticati di questo qui

I rivelatori delle collisioni delle particelle

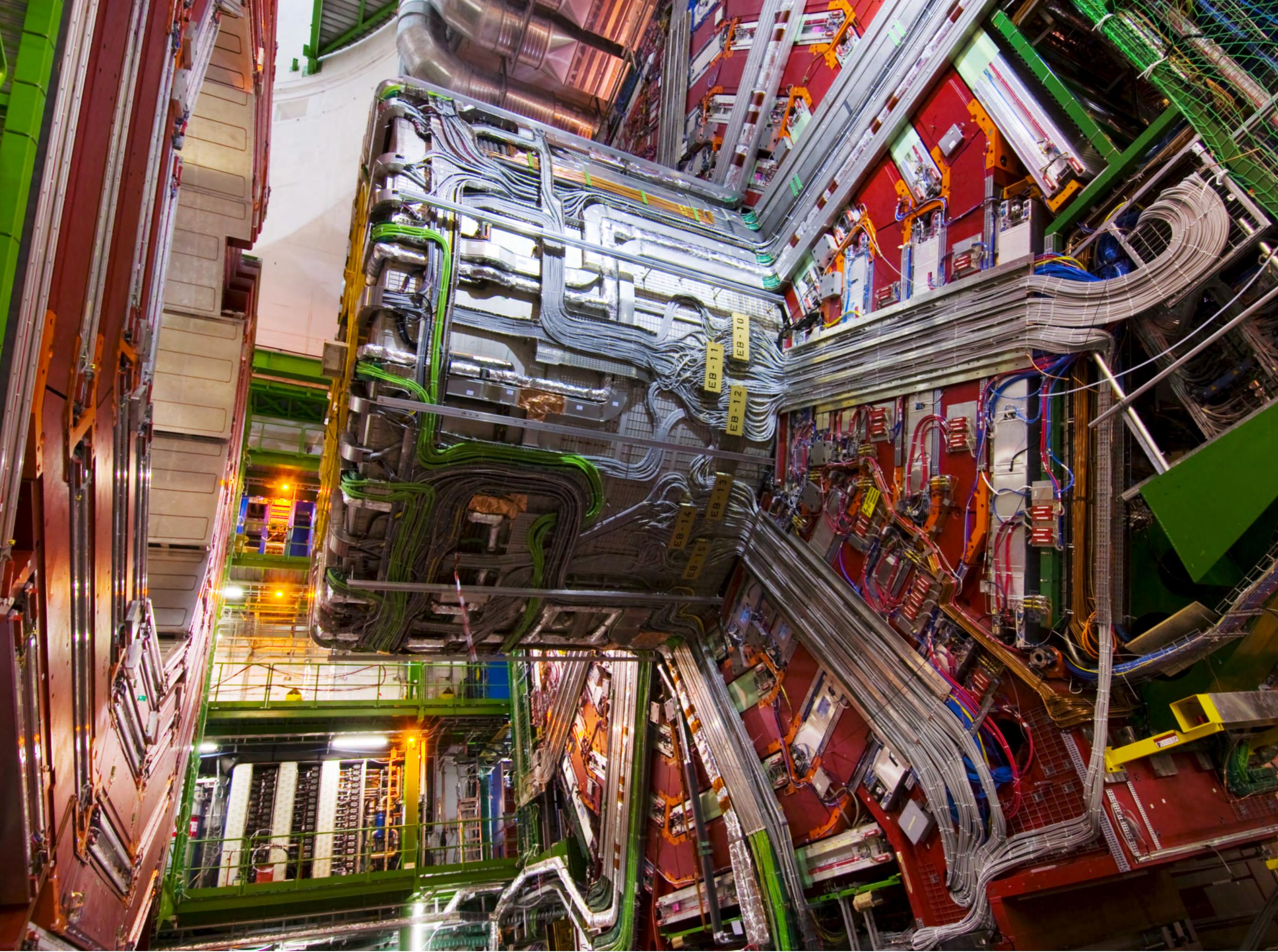
Strati concentrici di “macchine fotografiche”
Misurano la direzione e l'energia delle particelle prodotte
nella collisione



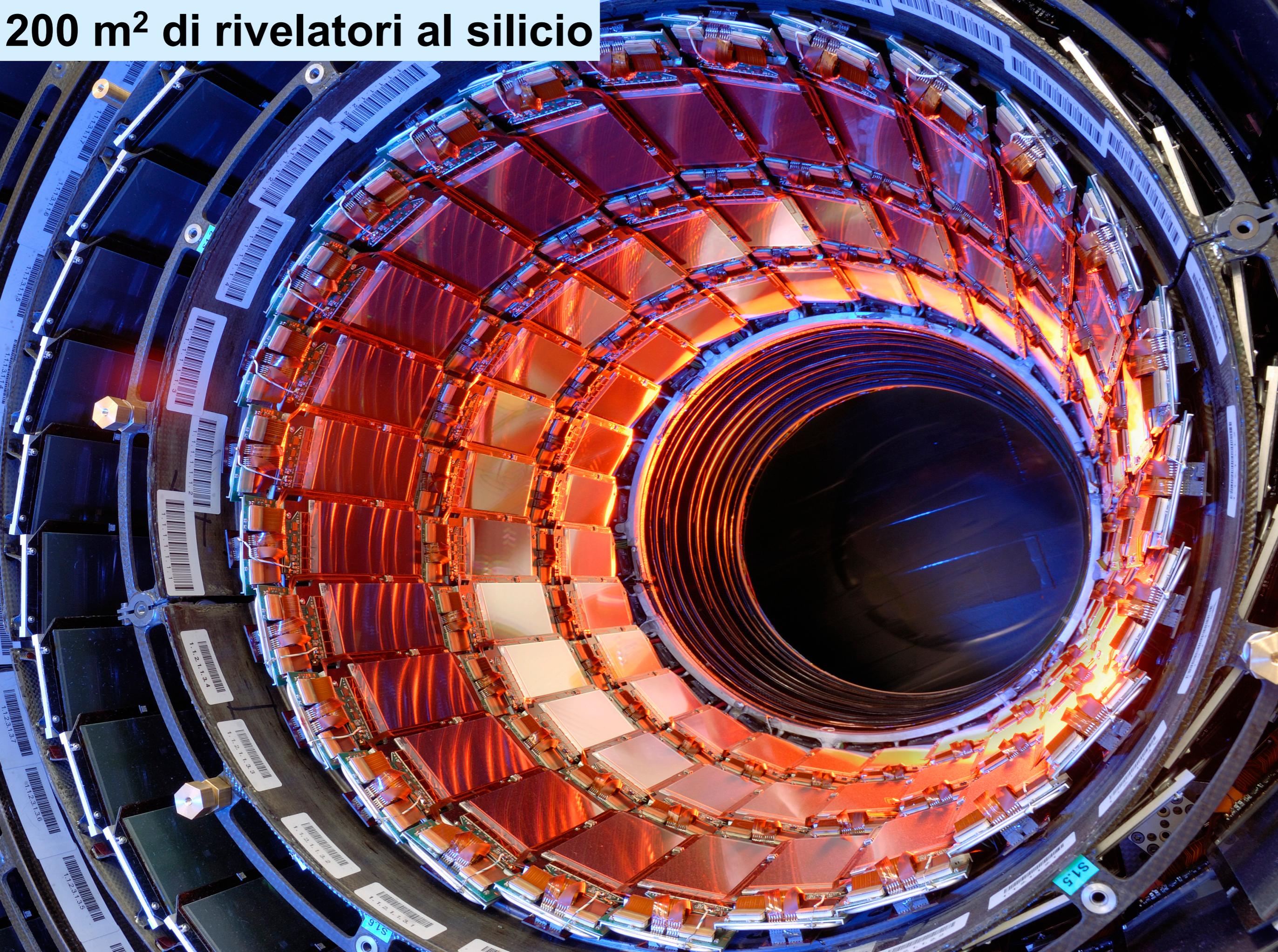
**Una macchina fotografica da
80 milioni di pixels
che prende 40 milioni di foto
al secondo**

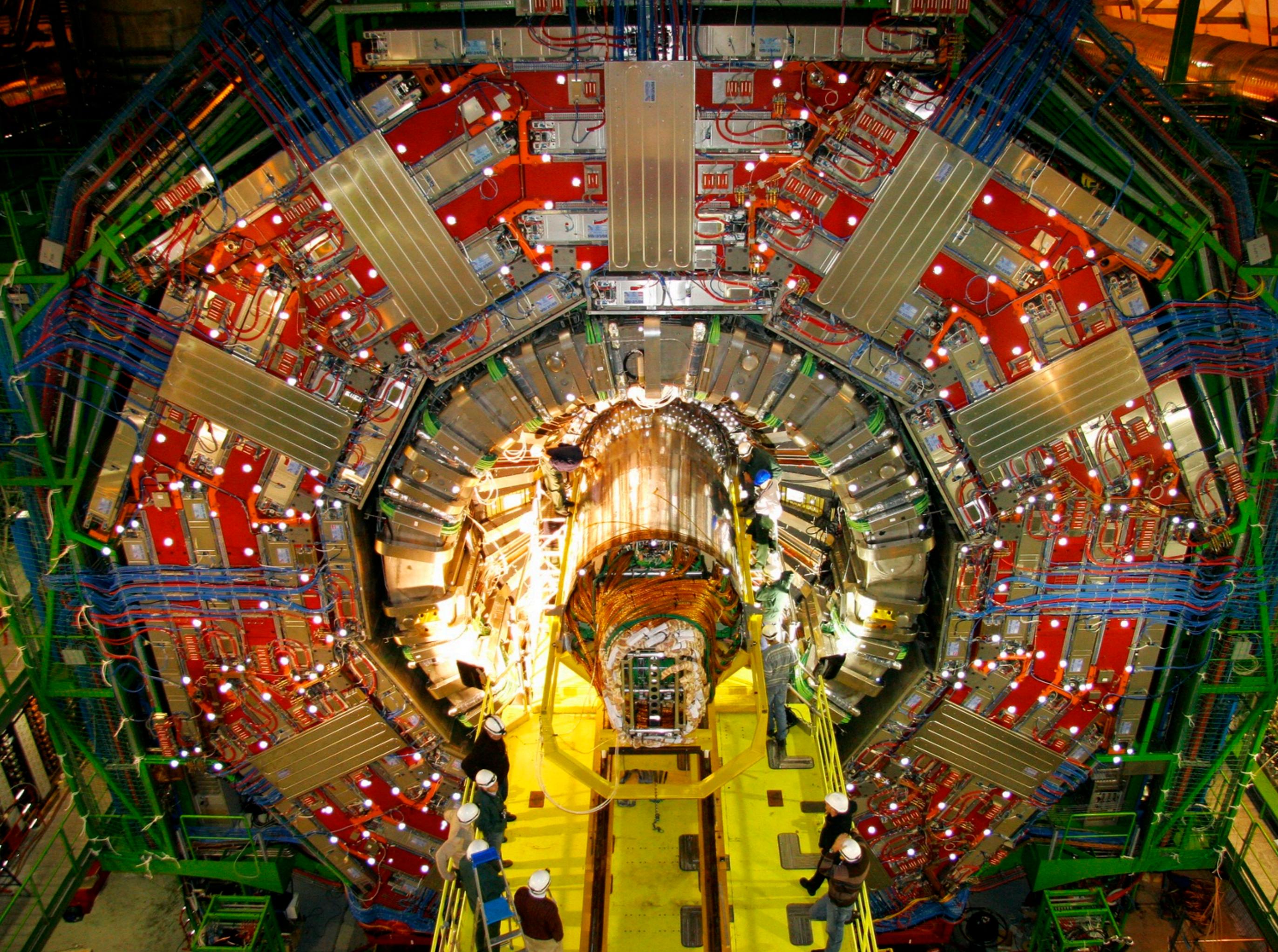
15 metri





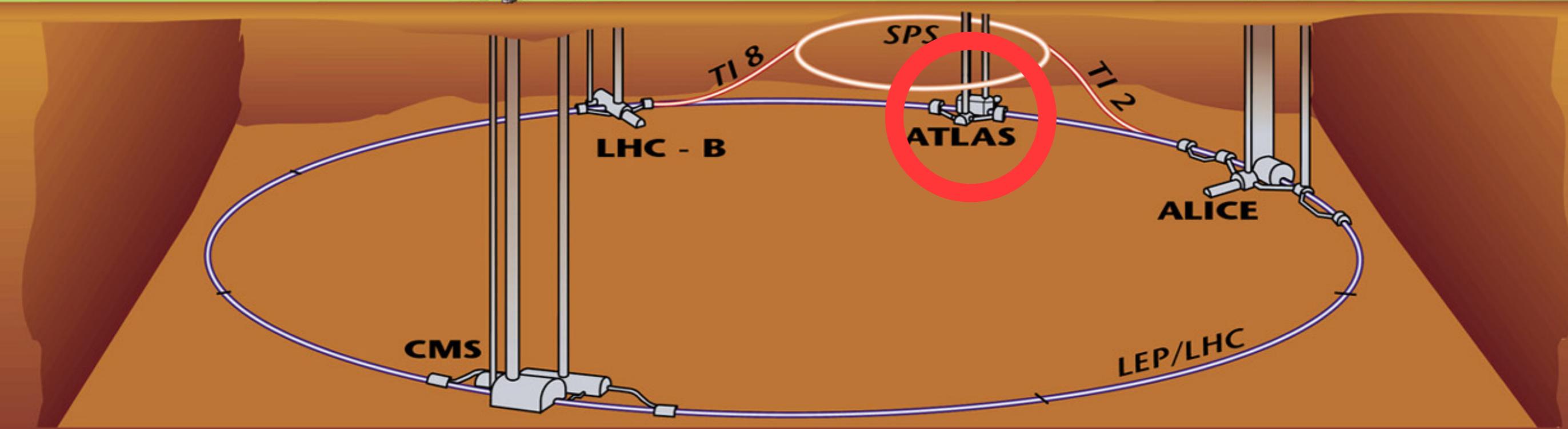
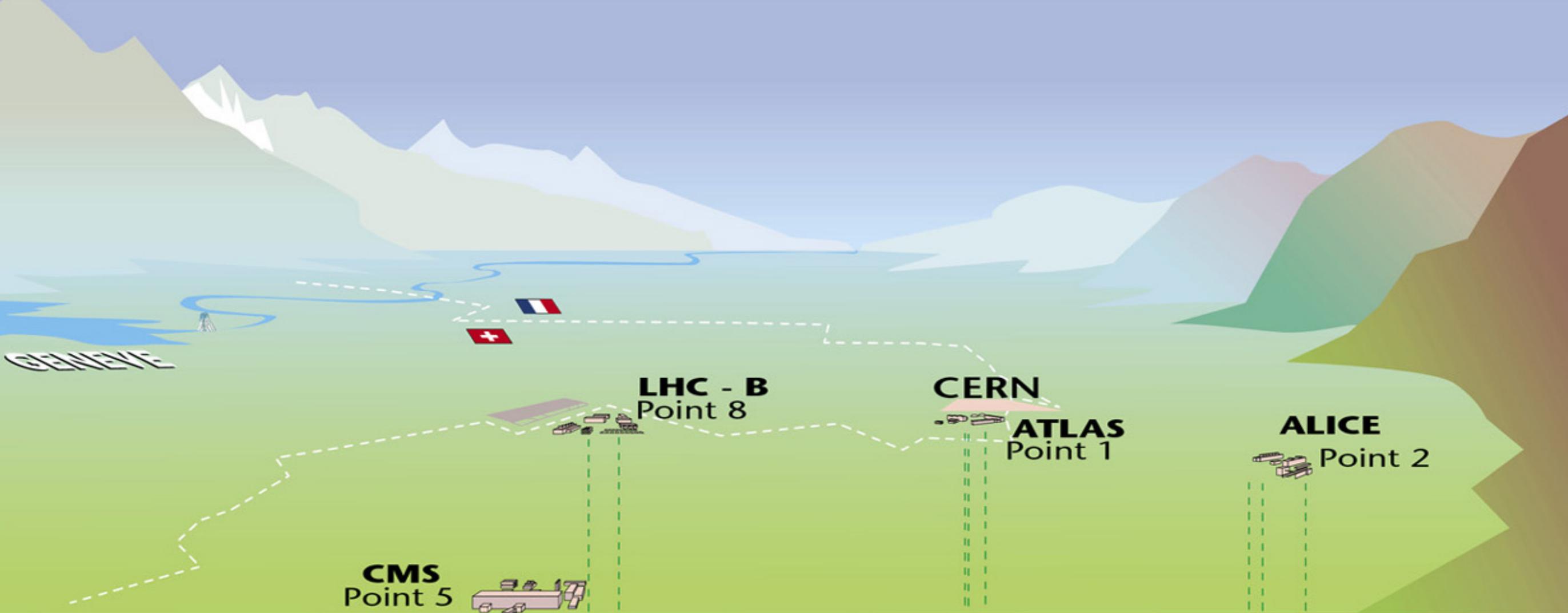
200 m² di rivelatori al silicio

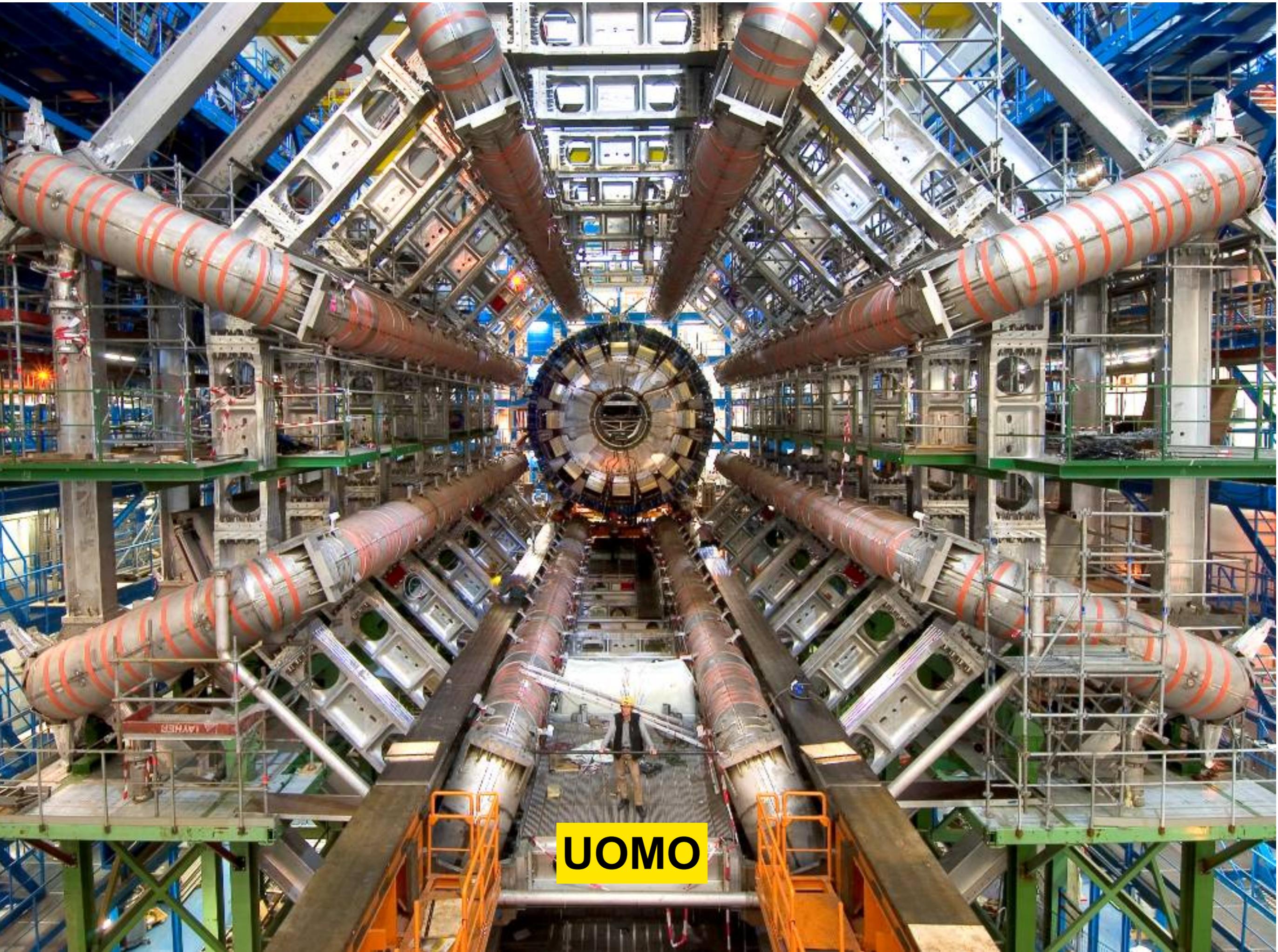




CMS pronto per la chiusura

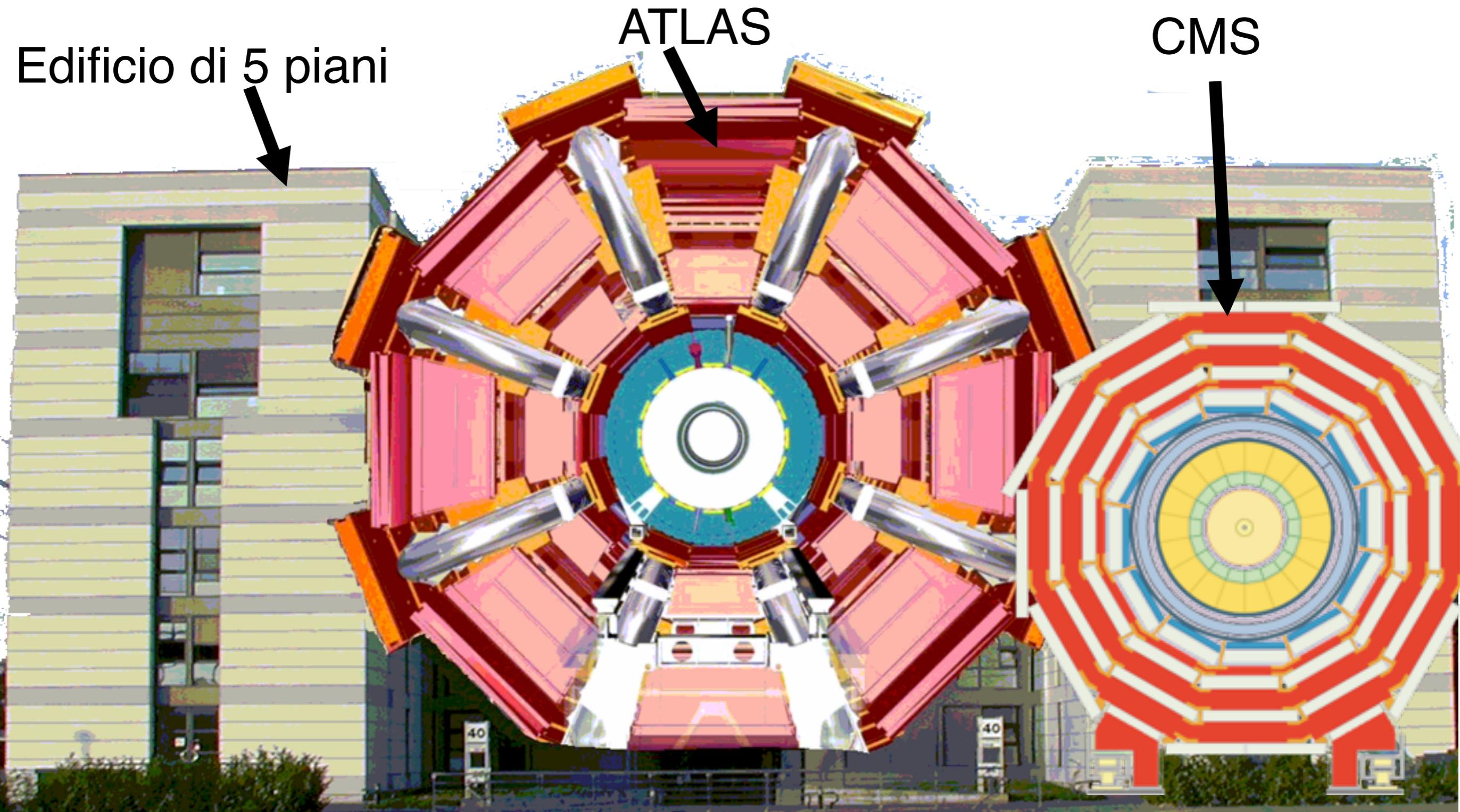






UOMO

Immensi rivelatori di particelle piu' precisi di un orologio svizzero



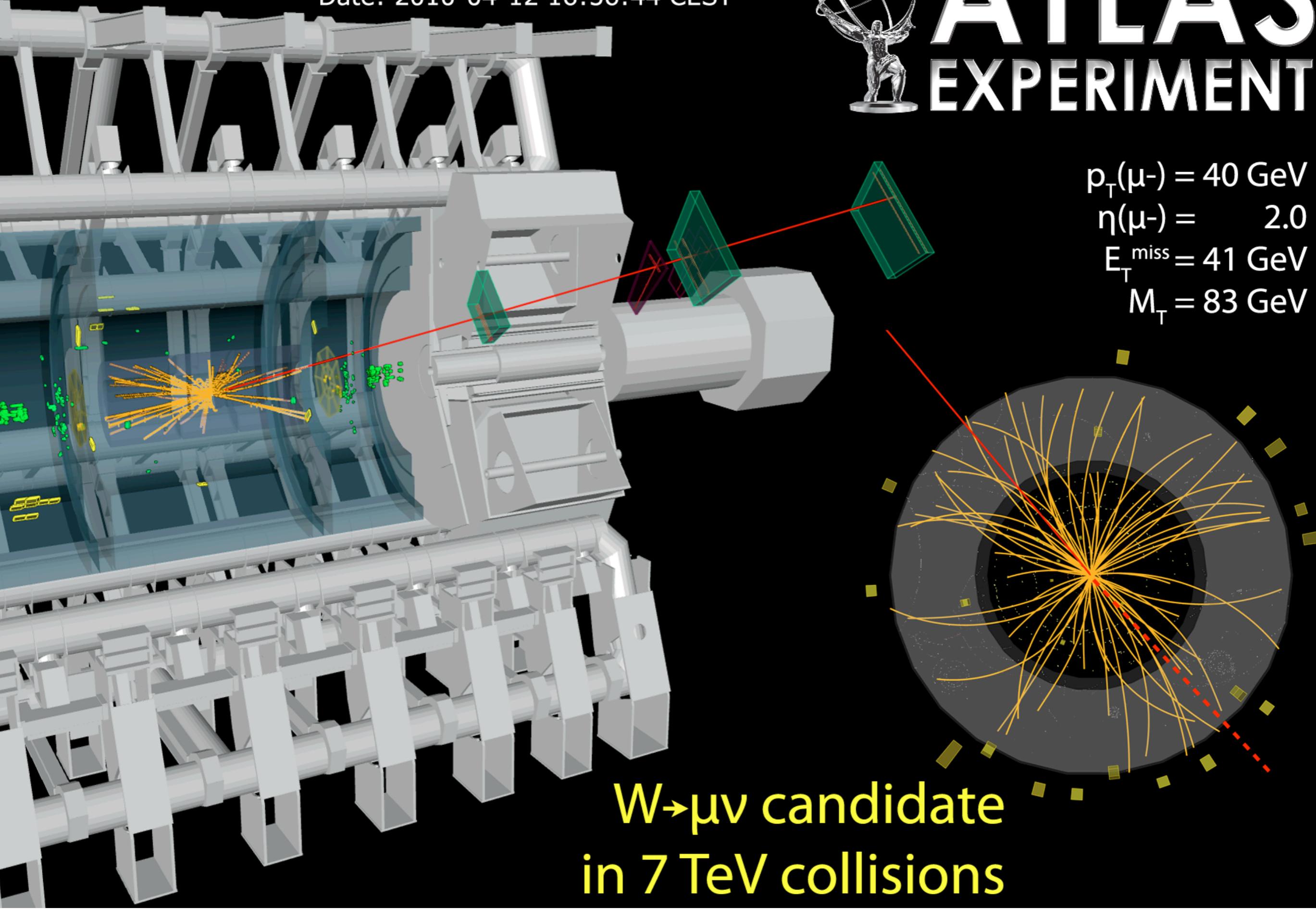
Una collisione fotografata da ATLAS

Run: 152845, Event: 3338173
Date: 2010-04-12 16:56:44 CEST



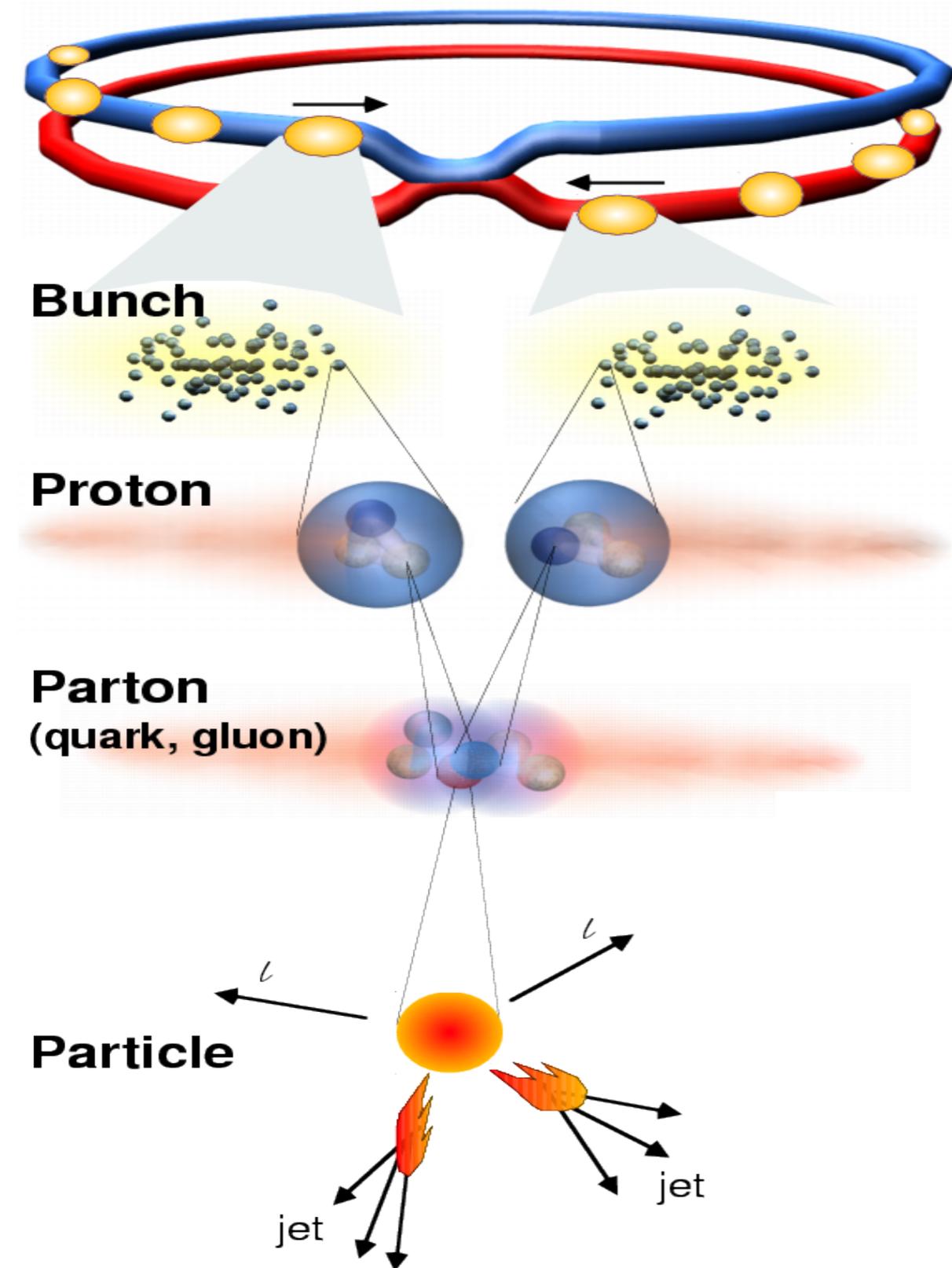
ATLAS EXPERIMENT

$p_T(\mu^-) = 40 \text{ GeV}$
 $\eta(\mu^-) = 2.0$
 $E_T^{\text{miss}} = 41 \text{ GeV}$
 $M_T = 83 \text{ GeV}$



**$W \rightarrow \mu\nu$ candidate
in 7 TeV collisions**

Selezione, distribuzione ed analisi dei dati



Rivelatore = macchina fotografica da 100 Megapixel : Prende 40 milioni di foto al secondo

Prima selezione delle fotografie: 100.000 al secondo ~ 1 Mbyte ognuna

Analizzate su una farm di processori Intel con 50,000 CPU cores

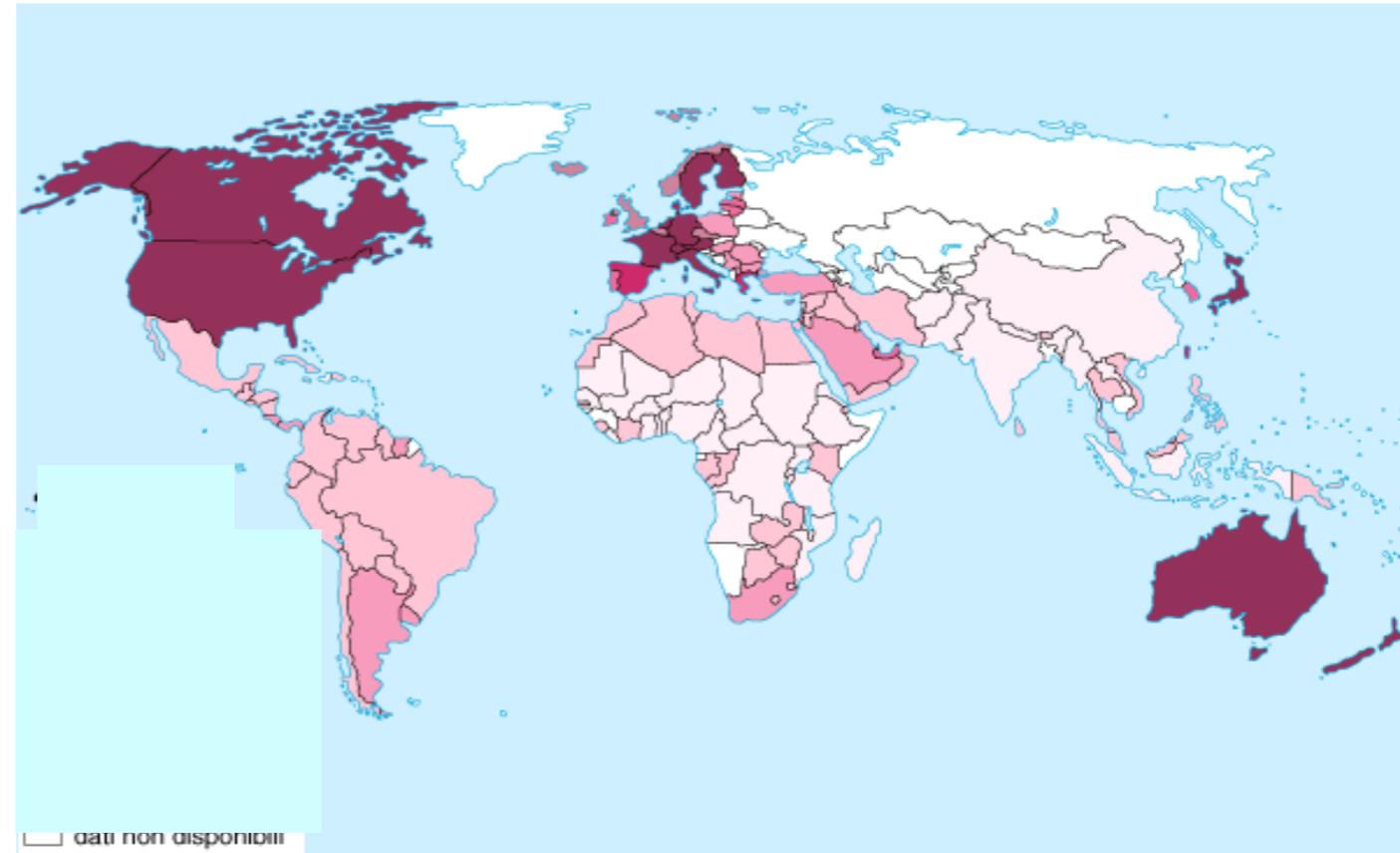
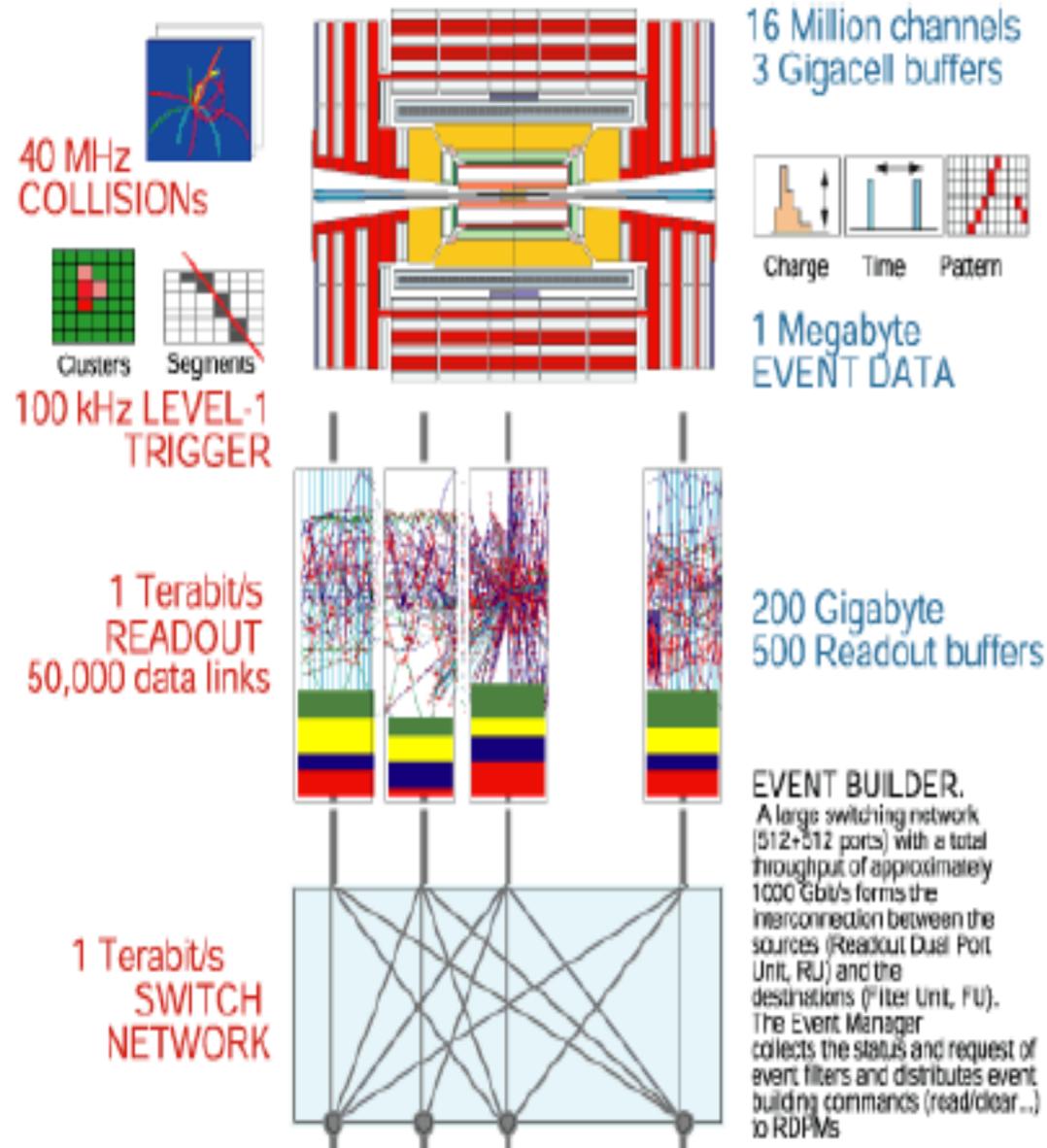
Ogni secondo le migliori 200-300 fotografie sono registrate ~ 10 milioni di Gigabyte/anno (3 milioni di DVD)

Distribuite in tutto il mondo

Raccogliere ed analizzare i dati



Il traffico di dati generato da CMS



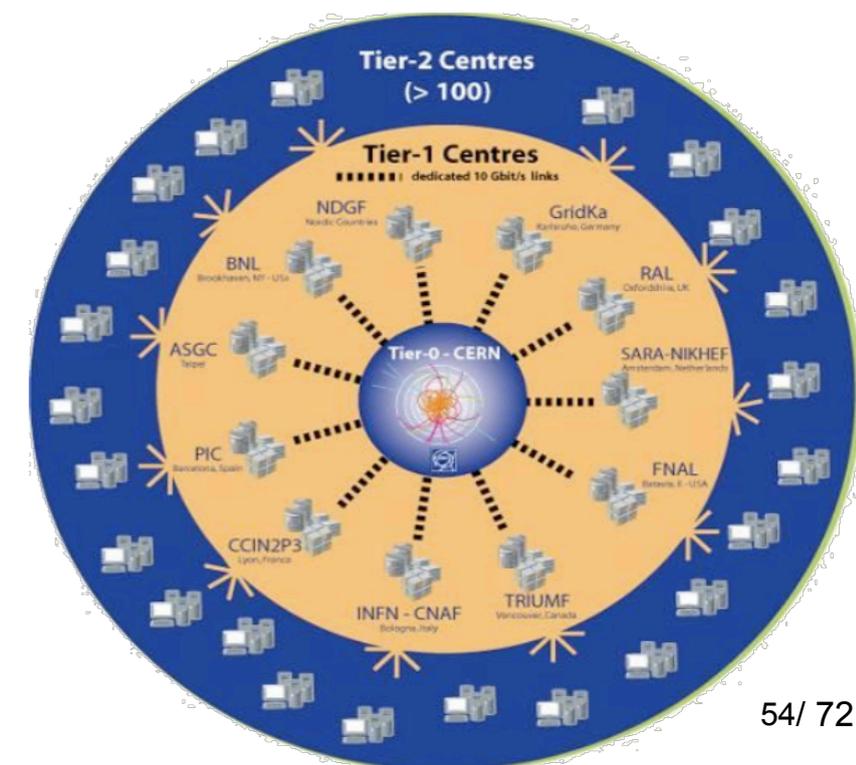
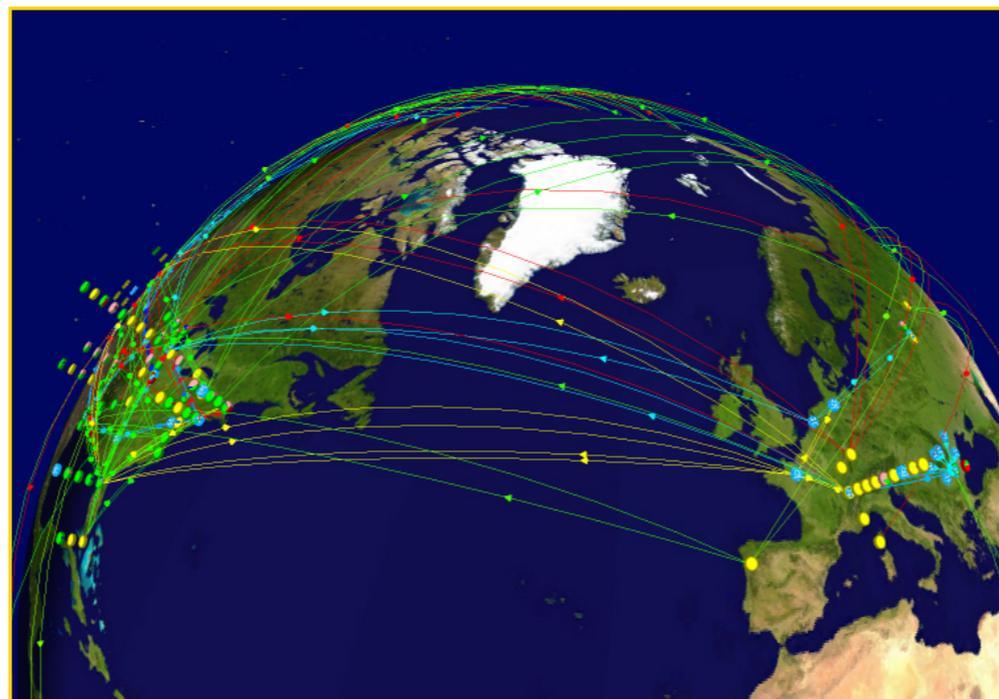
.....
 (~ 500 Gigabit/sec) e'
 equivalente a tutto il
 traffico mondiale
 istantaneo di telefonia

Worldwide Computing GRID

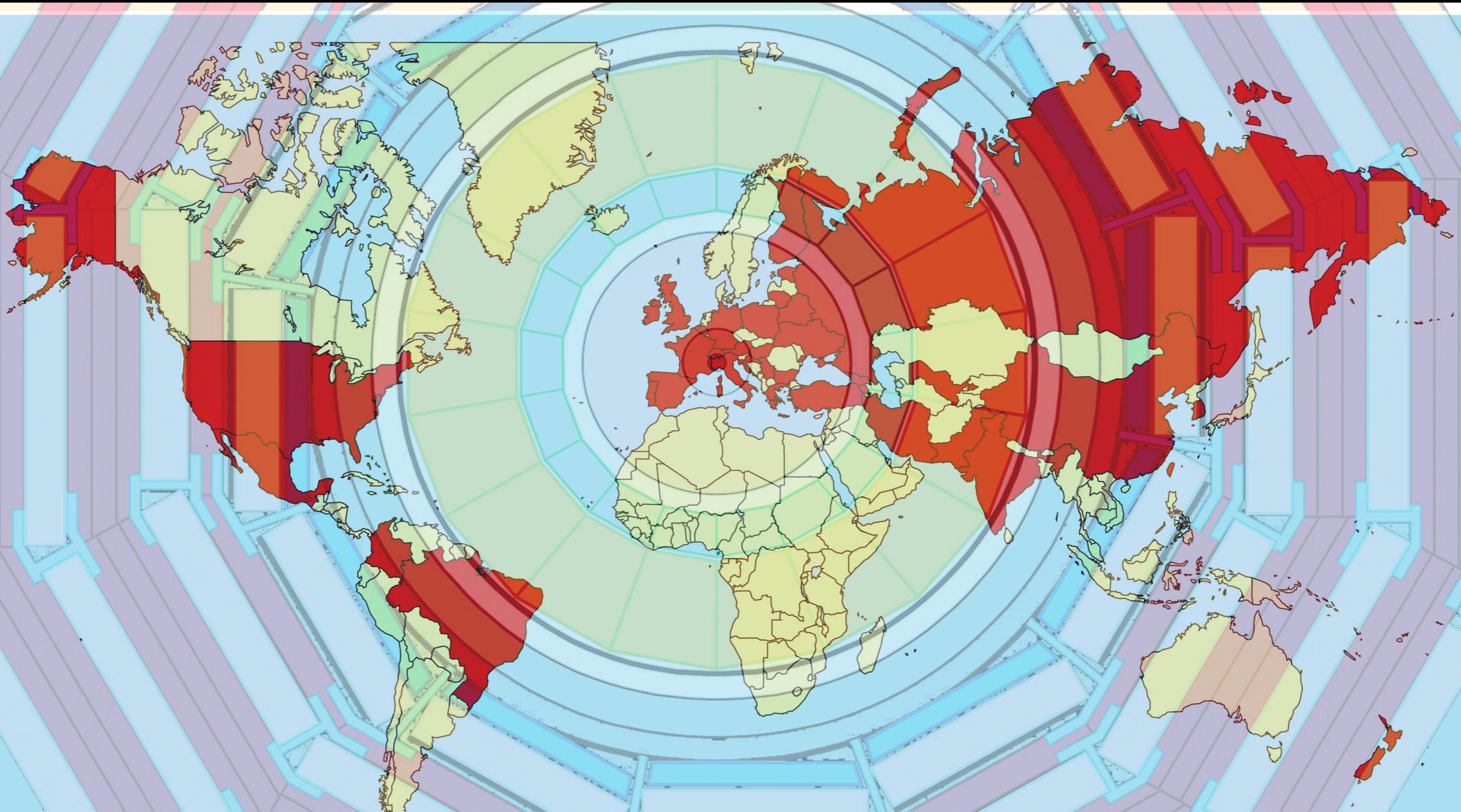
La Grid e' una infrastruttura che permette l'accesso trasparente alla potenza di calcolo ed allo storage dei dati distribuiti in tutto il mondo

Grid collega 100,000 computers in 34 paesi con linee di trasmissione dati ultraveloci

In un anno milioni di Gigabytes di dati viaggiano attorno al mondo

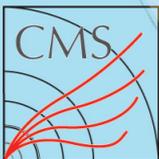


LHC: una collaborazione mondiale



CMS

**piu' di 2500 scienziati ed ingeneri
da 183 Universita' e Laboratori di 38 paesi**



Abbiamo ora tutto quello che serve....

Acceleratore

Rivelatori

Supercomputers

Scienziati

Abbiamo ora tutto quello che serve....

Acceleratore

Rivelatori

Supercomputers

Scienziati



...per iniziare la caccia al bosone di Higgs

Preparare la caccia: Cosa sappiamo di Higgs ?

E' prodotto molto raramente

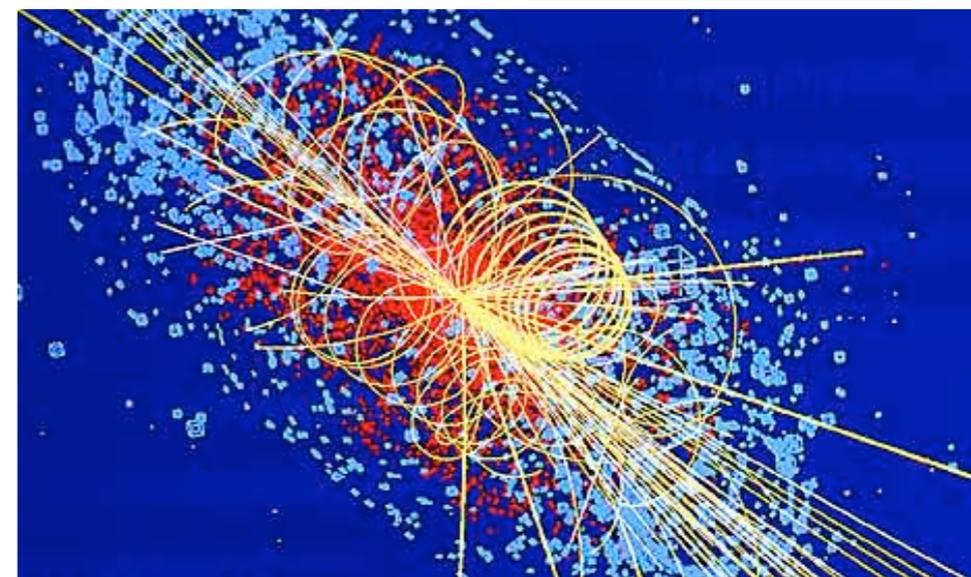
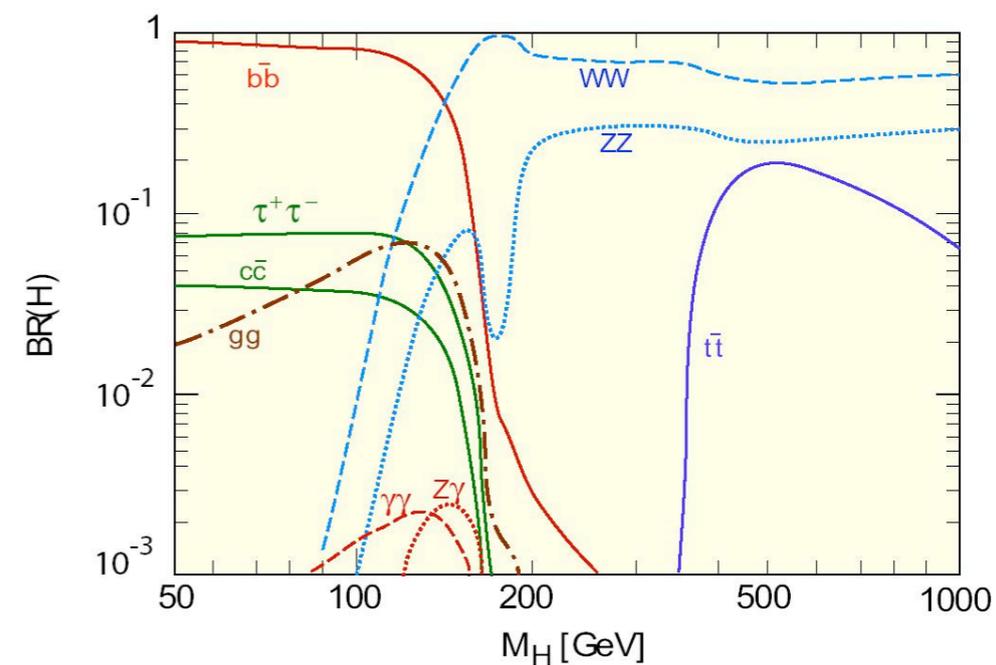
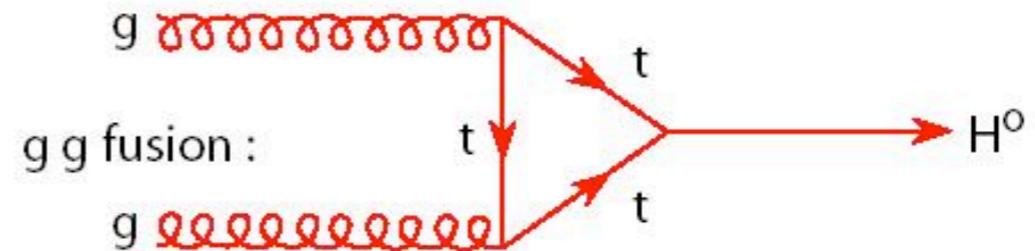
**Si disintegra immediatamente
in altre particelle**

**Dobbiamo fotografarle e
misurarle tutte se
vogliamo "ricostruire" Higgs**

**In cosa si disintegra dipende
dalla sua massa**

Non sappiamo la massa ...

**.....e quindi dobbiamo cercare
ovunque**



Preparare la Caccia: Cosa sappiamo di Higgs ?

Nel modello standard abbiamo un suo identikit buono e generico...ma non sappiamo una cosa fondamentale ... la sua massa

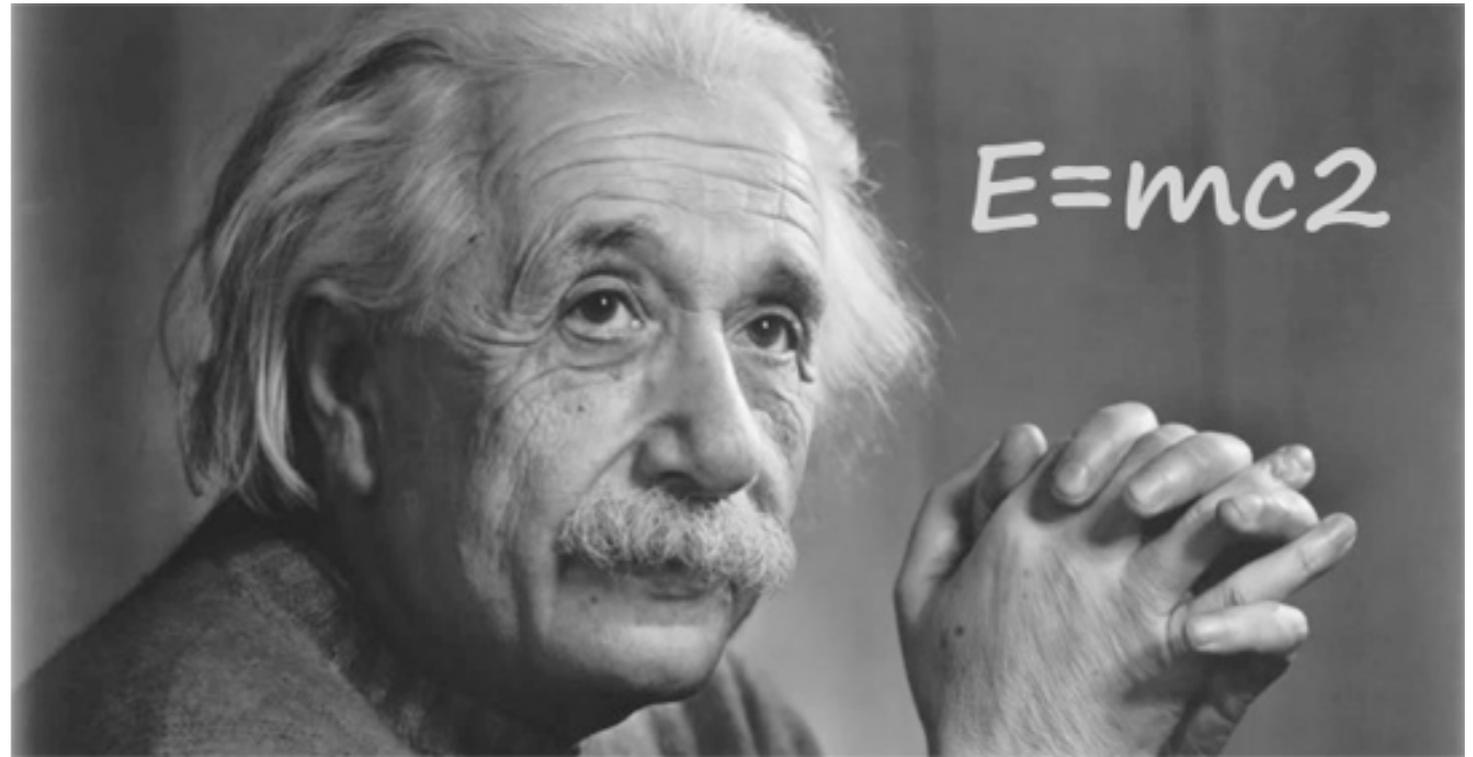
Ed il suo identikit e' simile a quello di altri fenomeni "standard"

Un po' come cercare in un folla molto grande un piccolo insieme di persone di altezza media, lineamenti tipici, capelli neri, occhi scuri...tutti con lo stesso peso identico a meglio di pochi grammi.

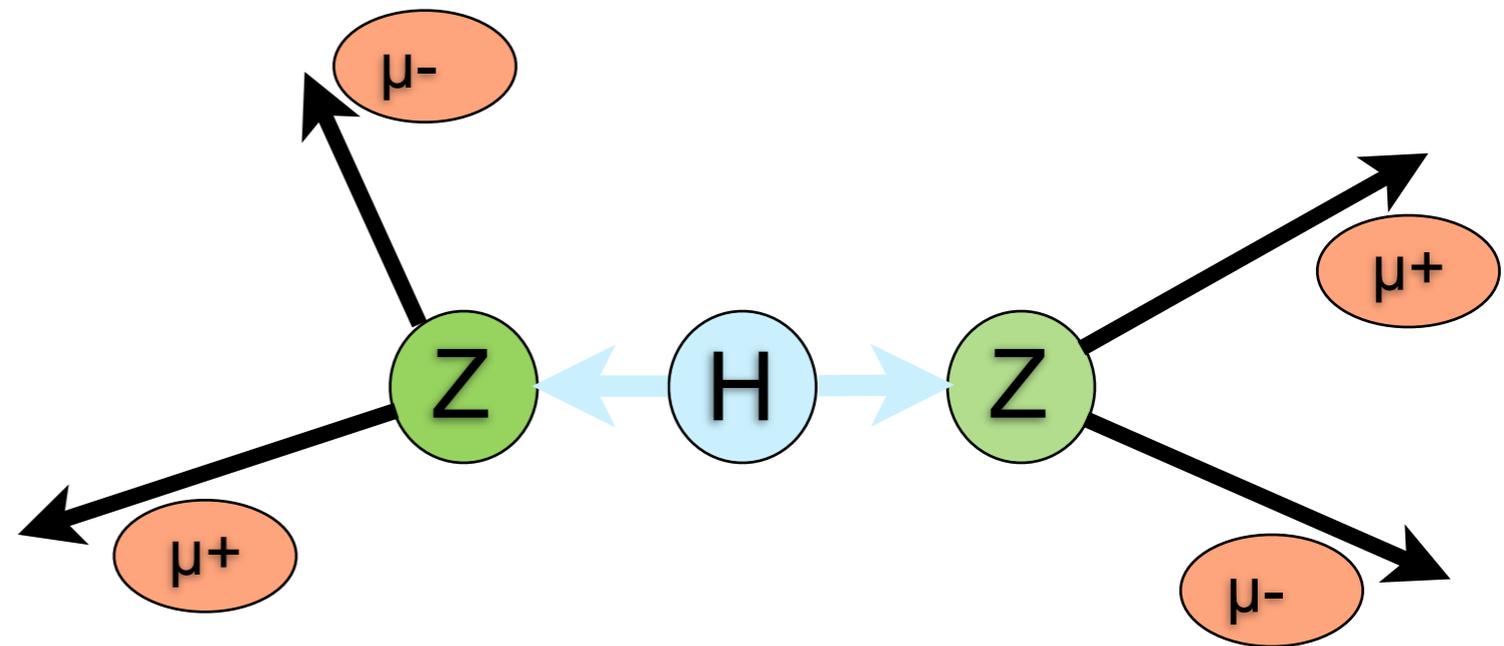


Come si “pesa” il bosone di Higgs ?

$$E = mc^2$$



La somma delle energie dei prodotti di decadimento del Bosone di Higgs , misurate nel baricentro, permette di calcolare la massa m del bosone.



Quali eventi cacciare ?

Nel 2012 l'LHC ha funzionato in maniera eccezionale ed ha prodotto circa 400.000 Bosoni di Higgs, pero' nascosti in una folla di 3.000.000.000 di eventi con caratteristiche simili.



Quali eventi cacciare ?

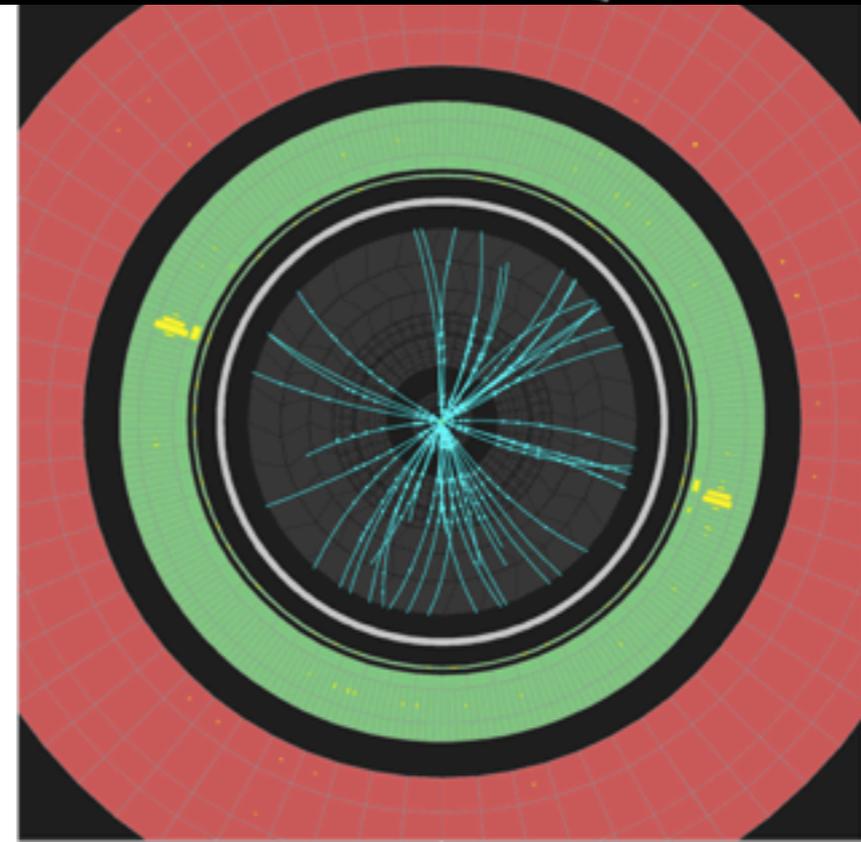
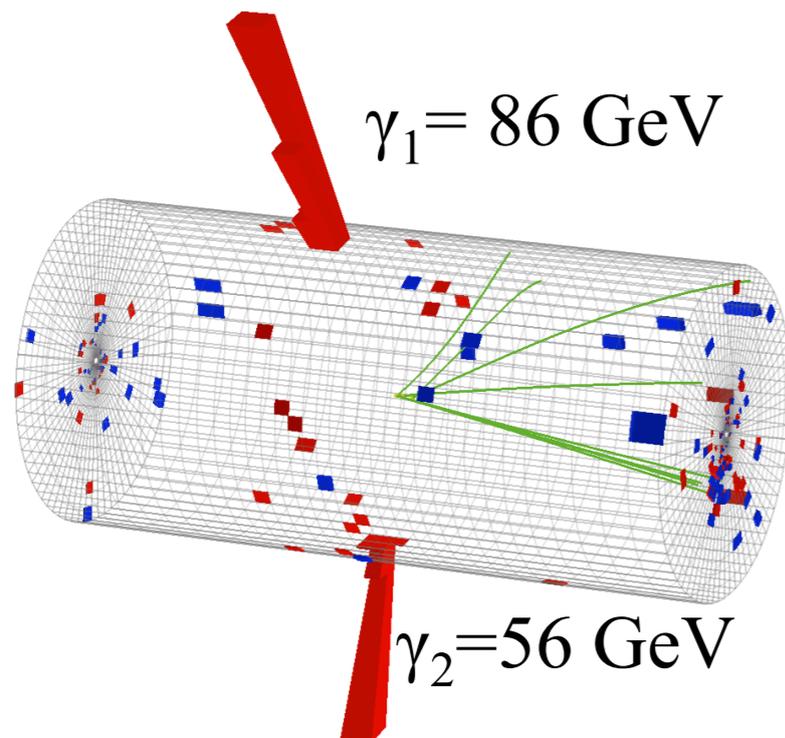
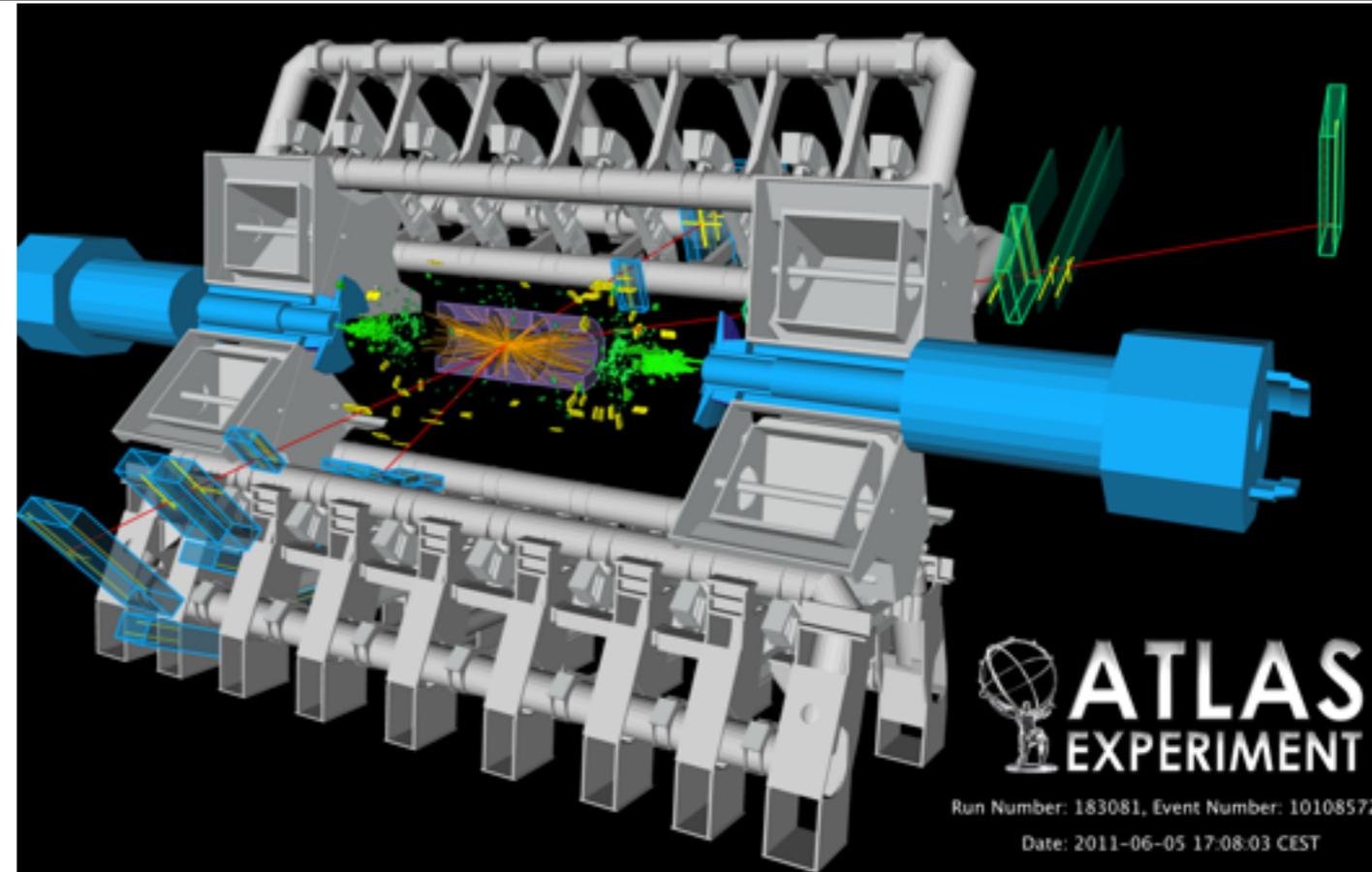
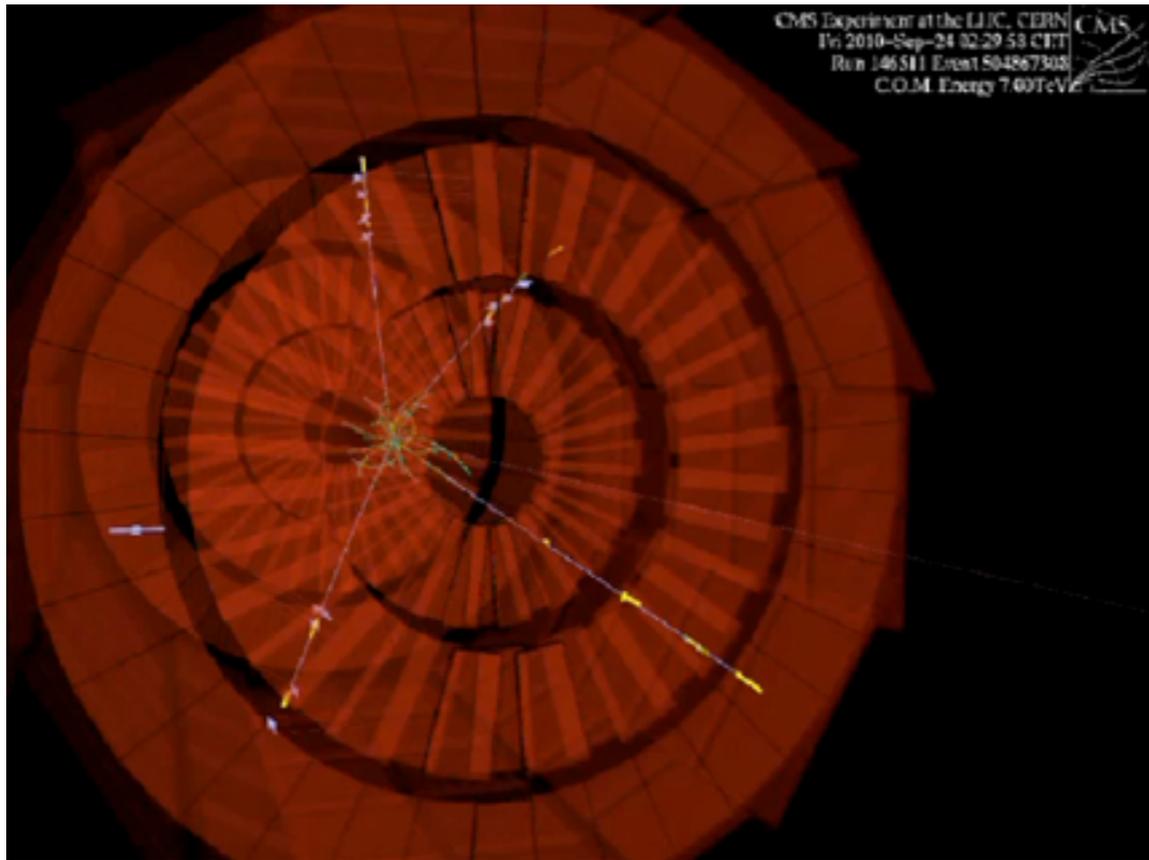
Nel 2012 l'LHC ha funzionato in maniera eccezionale ed ha prodotto circa 400.000 Bosoni di Higgs, pero' nascosti in una folla di 3.000.000.000 di eventi con caratteristiche simili.



Abbiamo deciso quindi di cacciare due famiglie di eventi di Higgs dove possiamo misurare la massa con precisione molto elevata, anche se queste famiglie sono molto rare, solo un Bosone su 10000 si disintegra in "4 leptoni" e solo 1 su 500 si disintegra in "2 fotoni"



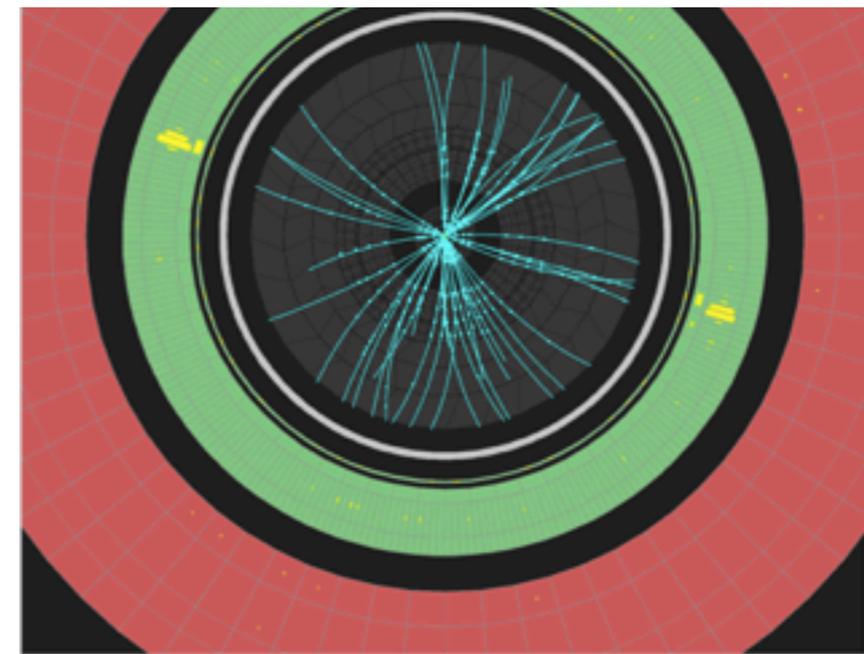
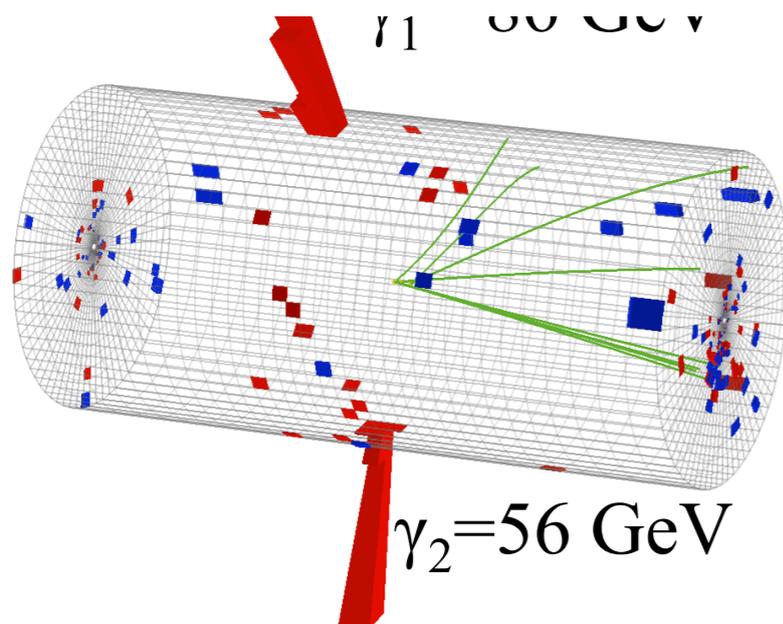
Eventi Fotografati da LHC, forse Higgs ?



Eventi Fotografati da LHC, forse Higgs ?



Queste fotografie sono di eventi “tipo” Higgs, pero’ potrebbero essere anche di eventi “tipo standard” che ci assomigliano. Ne abbiamo raccolti tanti ed e’ la loro **massa** che ci dira’ se sono davvero disintegrazioni del Bosone di Higgs !!



La massa degli eventi a 4 Leptoni

massa

La massa degli eventi a 4 Leptoni

Eventi “standard” con 4 Leptoni
con massa diversa tra loro



Accumulo di
eventi ad una
stessa massa:
Particella nota
Bosone Zeta



Bosone di Higgs: accumulo di eventi con la stessa massa

massa

La massa degli eventi a 2 fotoni

La massa degli eventi a 2 fotoni

Eventi “standard” con
2 fotoni con massa arbitraria



**Bosone di Higgs: accumulo
di eventi con la stessa massa**



Eventi “standard” con
2 fotoni con massa arbitraria

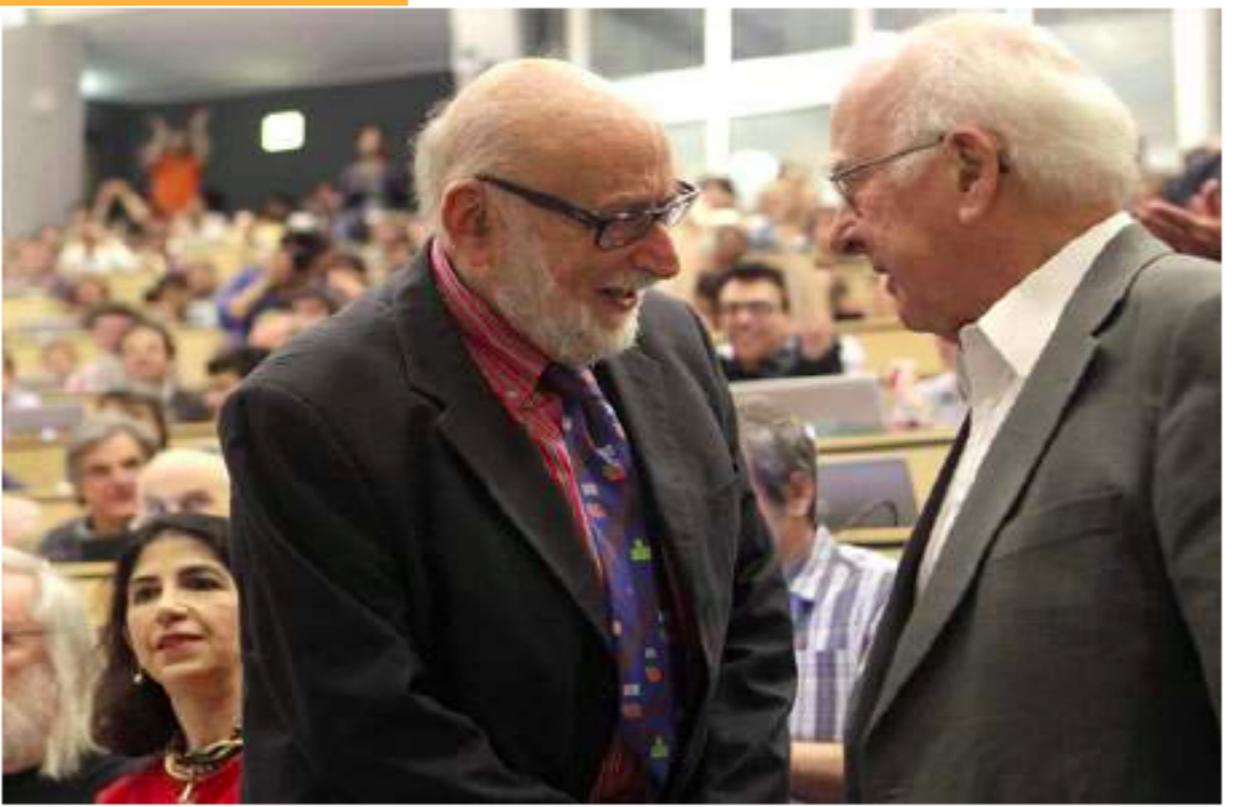


**Bosone di Higgs: accumulo
di eventi con la stessa massa**

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS
François Englert
Peter W. Higgs



4 Luglio 2012



Cosa abbiamo imparato dalla scoperta del bosone di Higgs

?

Evolved Thinker



L'universo instabile del Modello Standard !



La massa del bosone di Higgs (126 GeV) e' grande rispetto a quella del protone ma piccola rispetto alla massa di Plank 10^{19} GeV che e' la scala associata alla gravita'.

Perche' $M_{\text{Higgs}} \ll M_{\text{Planck}}$?

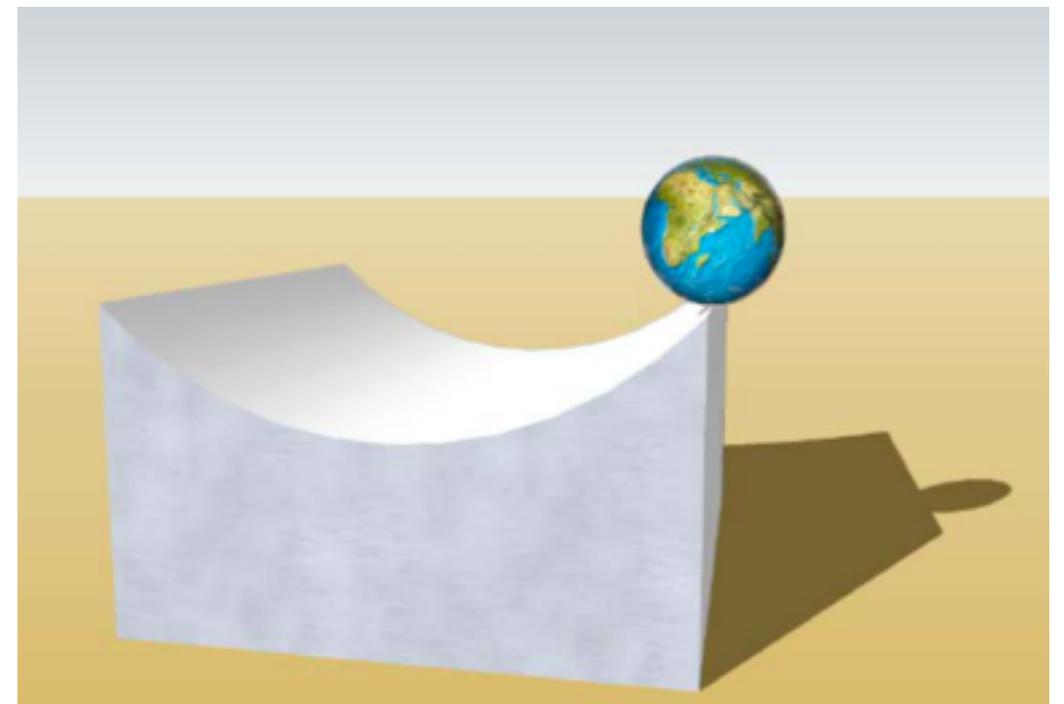
L'universo instabile del Modello Standard !



La massa del bosone di Higgs (126 GeV) e' grande rispetto a quella del protone ma piccola rispetto alla massa di Plank 10^{19} GeV che e' la scala associata alla gravita'.

Perche' $M_{\text{Higgs}} \ll M_{\text{Planck}}$?

Il modello standard puo' essere esteso sino alla scala di Plank, ma se non intervengono nuovi fenomeni ad energie piu elevate, l'universo e' instabile



L'universo instabile del Modello Standard !



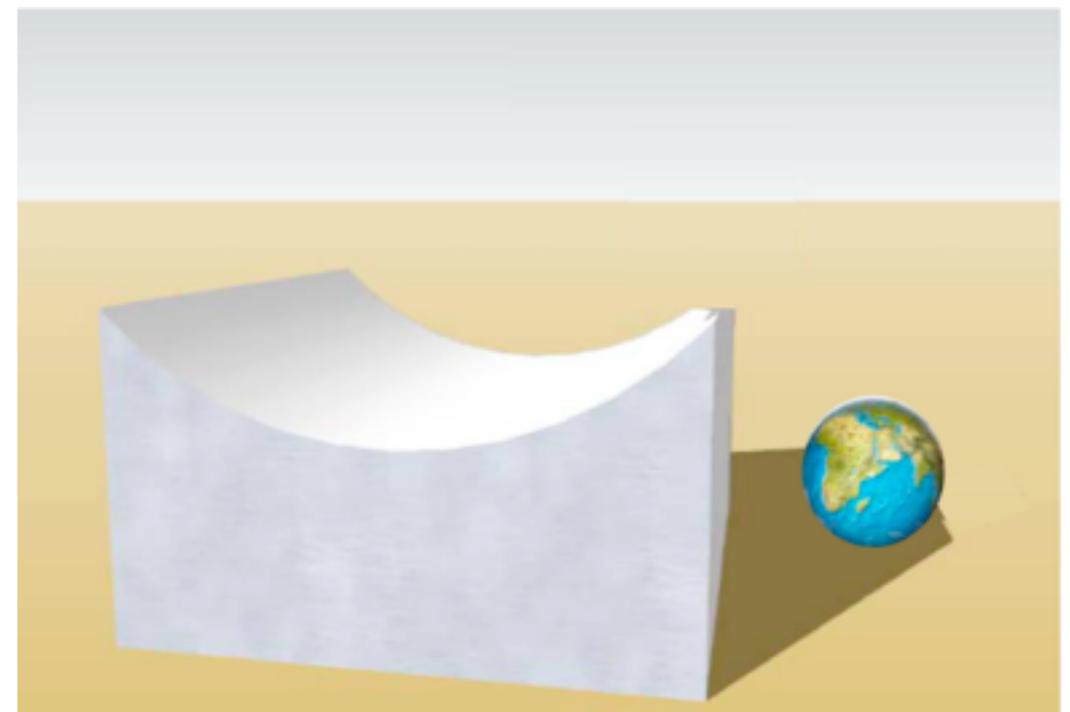
La massa del bosone di Higgs (126 GeV) e' grande rispetto a quella del protone ma piccola rispetto alla massa di Plank 10^{19} GeV che e' la scala associata alla gravita'.

Perche' $M_{\text{Higgs}} \ll M_{\text{Planck}}$?

.....e nei prossimi

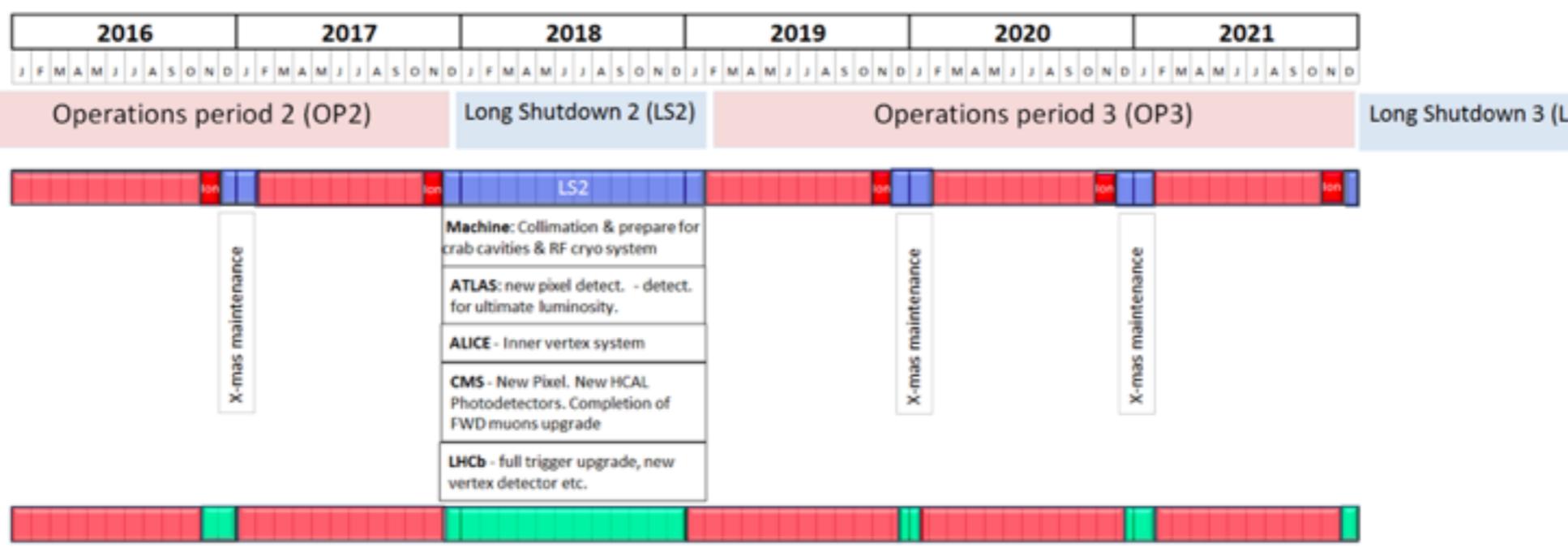
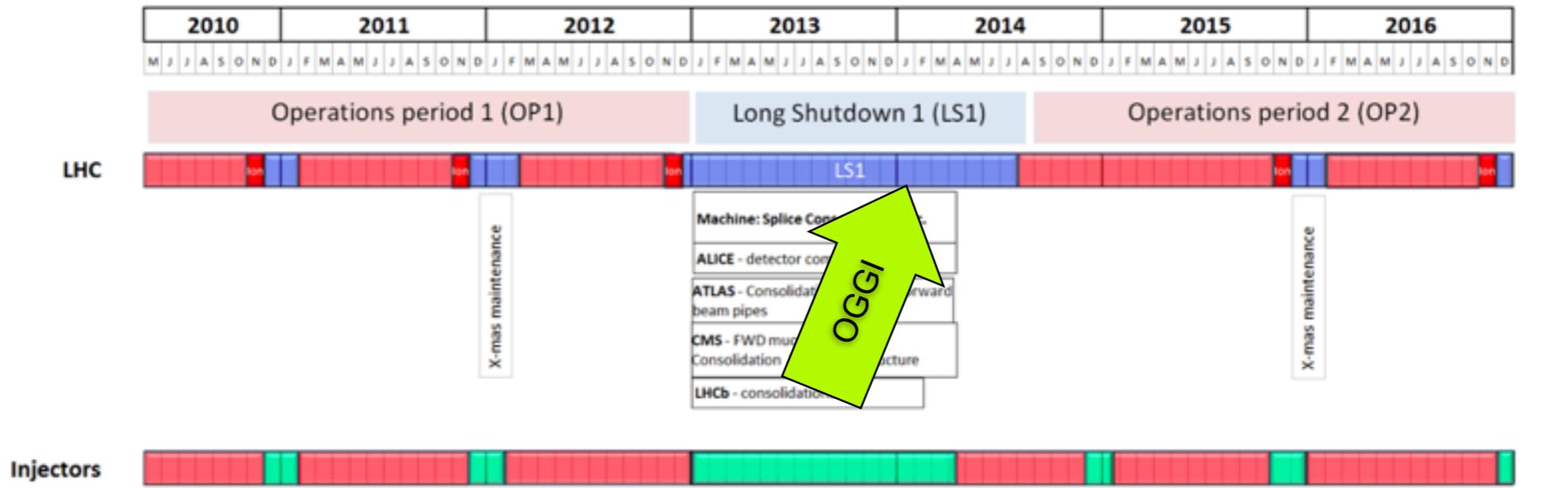
13.000.000.000 di anni

l'universo andra' attraverso una altra transizione di fase del campo di Higgs



LHC, il Bosone di Higgs e la nuova fisica

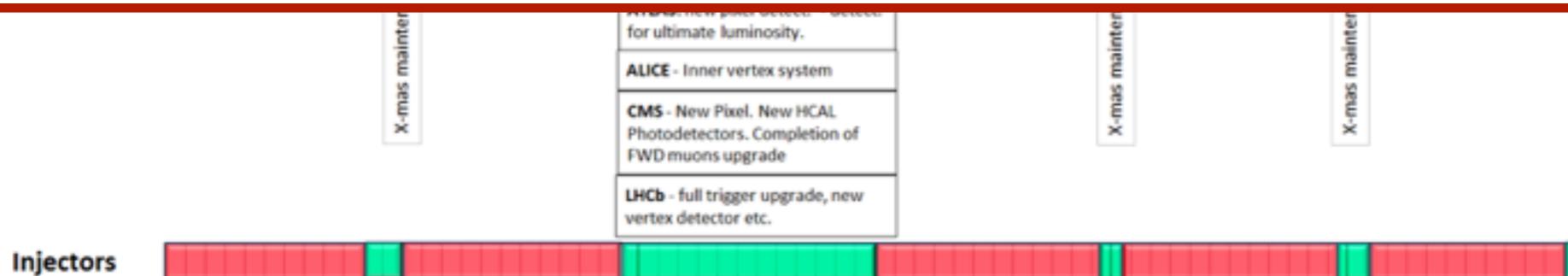
Draft 10 year plan (27/10/2011)



LHC, il Bosone di Higgs e la nuova fisica

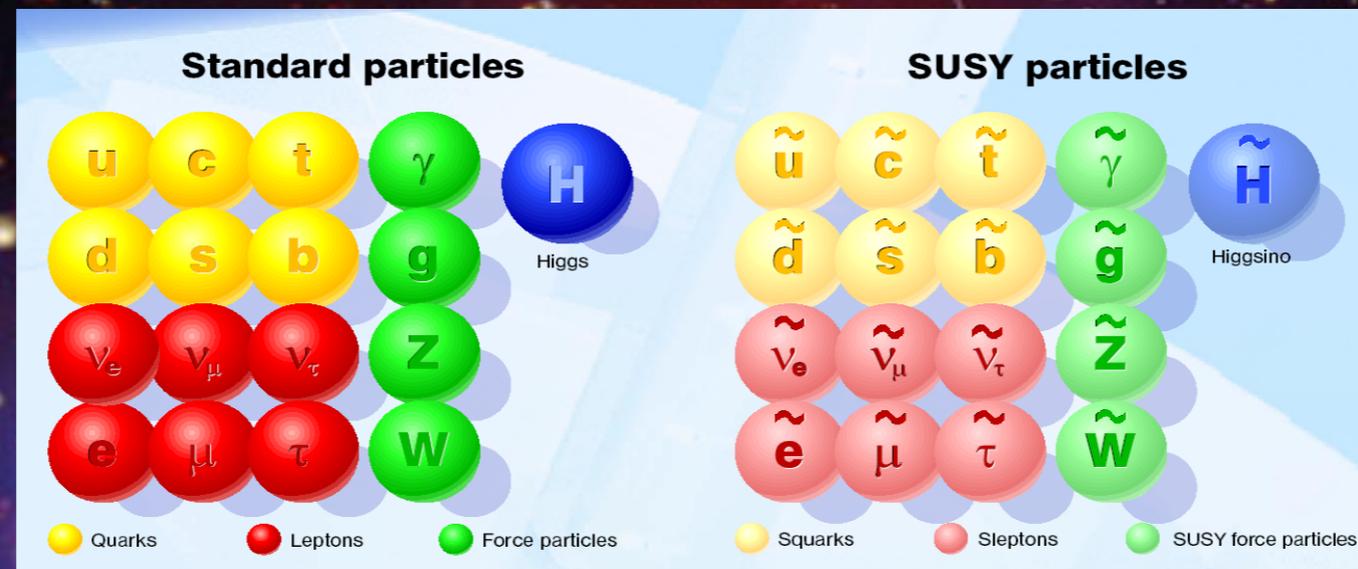


Tra una circa un anno LHC riprendera' a funzionare ad una energia piu' elevata e lo studio di nuovi fenomeni, inclusa la produzione di decine di milioni di bosoni di Higgs, ci permettera' di indagare con nuovi strumenti potenti la fisica oltre il Modello Standard



Oltre la particella di Higgs

Supersymmetry: una nuova simmetria della Natura



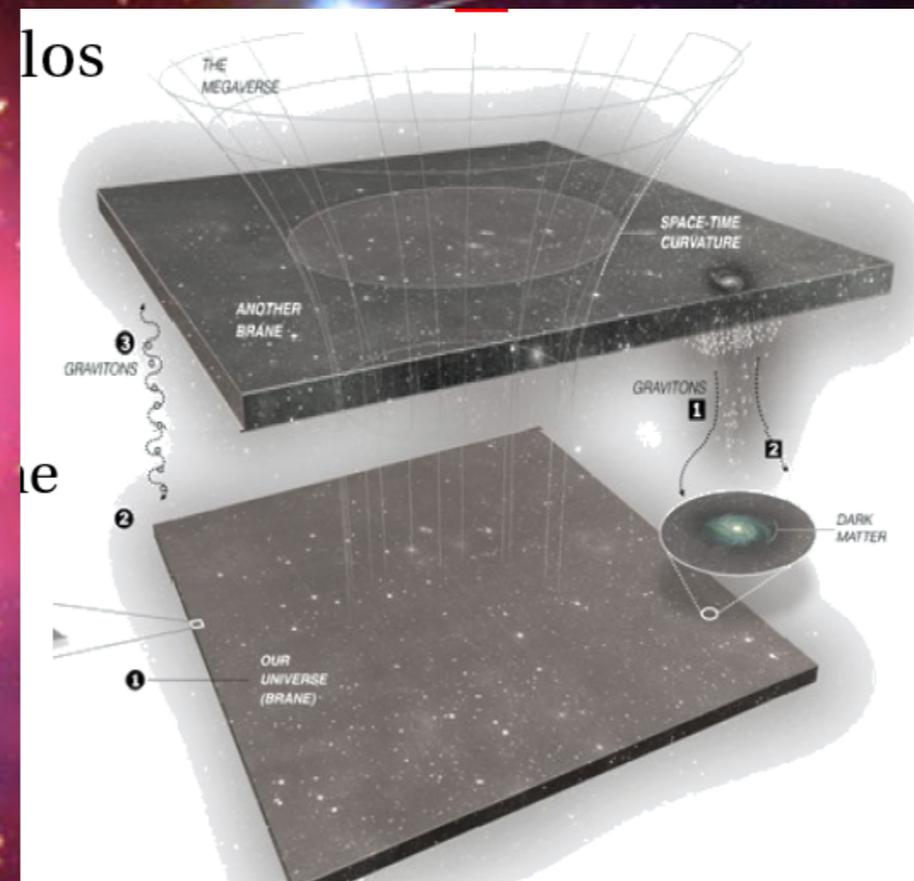
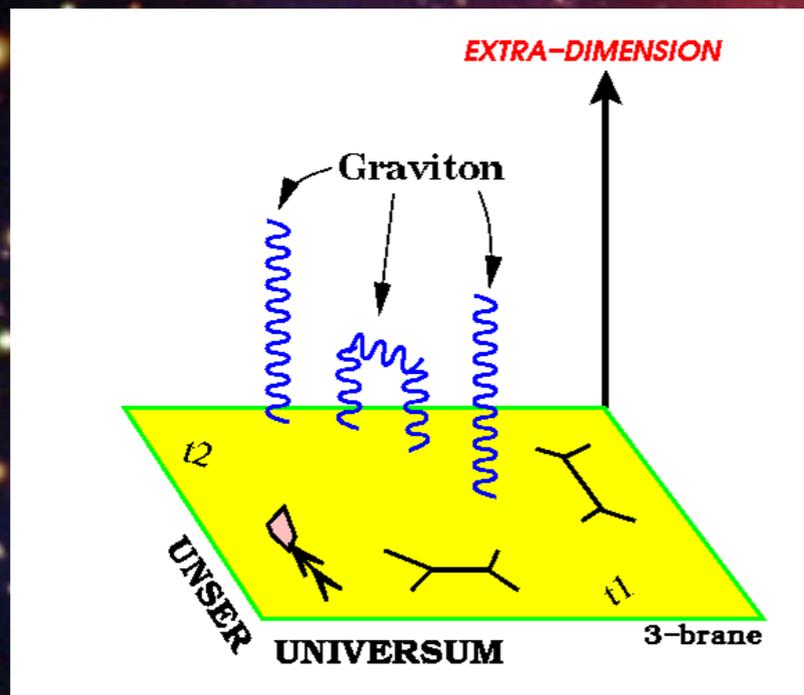
Oltre la particella di Higgs

Nuove dimensioni dello spazio



Oltre la particella di Higgs

Nuove dimensioni dello spazio



The Gravity force becomes strong!



O qualcosa di completamente inaspettato

LHC ha rivelato l'origine della massa

E' probabile che fara' molto di piu'

C'e' evidenza oggi che l'Universo ha degli aspetti non ancora scoperti:
materia oscura, masse dei neutrini....

Sara' la supersimmetria, extra dimensioni, altro...?

LHC funzionera' ad un energia e precisione che ci porteranno oltre la
conoscenza attuale , in un nuovo regime

L'acceleratore ed i rivelatori sono di una complessita' mai raggiunta.

**Stiamo vivendo una rivoluzione della nostra comprensione
dell'Universo e del nostro posto dentro di esso**

A cosa serve tutto questo.....

A soddisfare una delle piu' nobili esigenze dell'uomo: la sete di conoscenza. La ricerca fondamentale e' la chiave per convertire la curiosita' scientifica in conoscenza e progresso.



A cosa serve tutto questo.....

A soddisfare una delle piu' nobili esigenze dell'uomo: la sete di conoscenza. La ricerca fondamentale e' la chiave per convertire la curiosita' scientifica in conoscenza e progresso.

GRAZIE DELLA VOSTRA ATTENZIONE



Studenti della Scuola Normale al CERN

Qual è il motore della ricerca?

La curiosità umana...



Ma una più profonda comprensione della natura si traduce inevitabilmente in sviluppi pratici di grande utilità

Ricerca pura



Tecnologia





World Wide Web

Nel 1990 R. Caillaut e T. Berners Lee che lavoravano al CERN hanno inventato WWW: questo sistema è stato originalmente concepito per uno scambio istantaneo di informazioni tra ricercatori di differenti Laboratori e Università impegnati negli stessi progetti scientifici



**OGGI HA MILIONI DI UTILIZZATORI
SCIENTIFICI E COMMERCIALI IN TUTTO
IL MONDO**

Ha cambiato la vita a milioni di persone