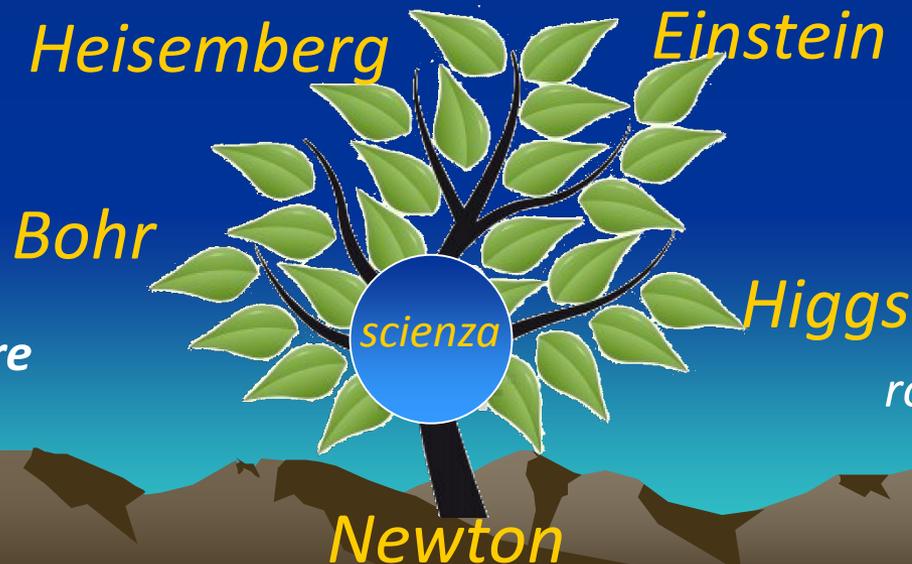




Un veloce viaggio nella fisica moderna

Ma è proprio così inutile?



*Istituto Superiore
Giotto Ulivi
26/3/2015*

*roberto spighi, INFN Bologna
spighi@bo.infn.it*

Sommario

- ❑ *Brevissima storia della fisica*
- ❑ *la fisica moderna (Cern)*
- ❑ *questioni ancora aperte*
- ❑ *utilizzi nella società di alcune scoperte fisiche*
- ❑ *cosa fare per provare a diventare ricercatore*

L'inizio

L'uomo da sempre ha avuto la curiosità di sapere, di capire come funziona il mondo, l'universo ...

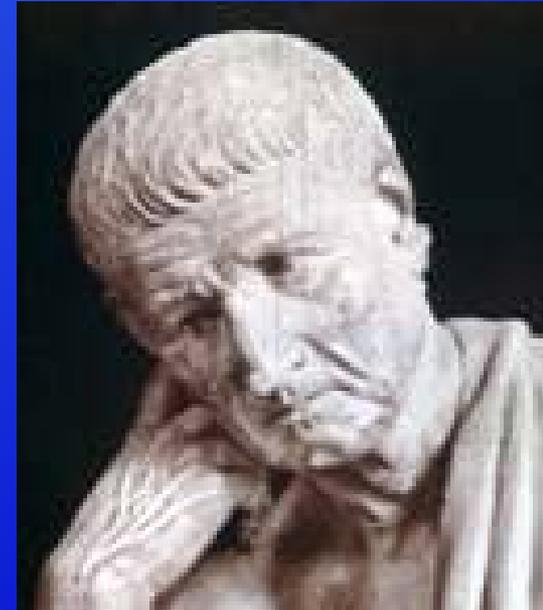
"fisica" deriva dal greco "physikè" → natura

fisica → studia le leggi della natura, dall'infinitamente piccolo (particelle) all'infinitamente grande (astrofisica)

Molte teorie si sono succedute nel corso dei secoli

Teoria aristotelica (300 A.C.) la più completa accettata per ~ 2000 anni

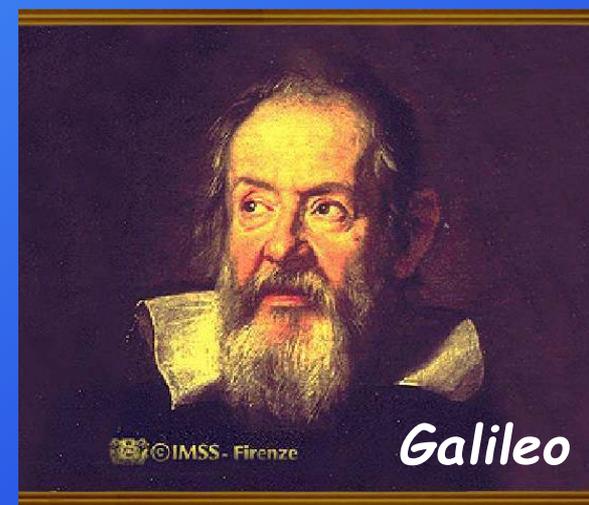
Simplicio rispose a Galileo: " ... non esiterei a crederti se Aristotele non avesse detto il contrario"



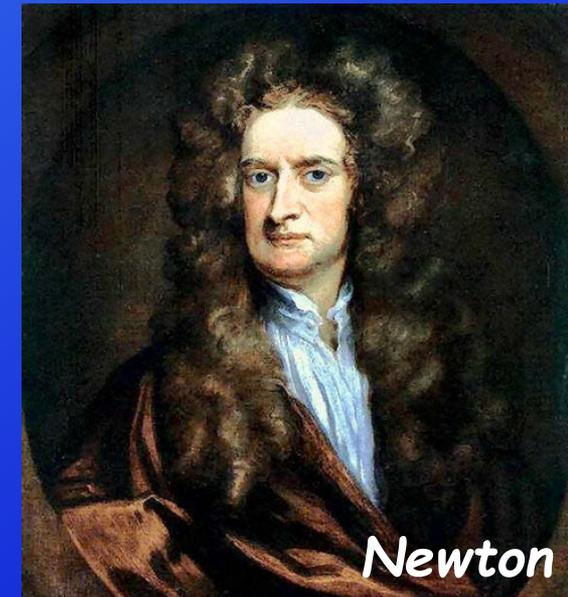
1600: La nascita della fisica

Alcuni padri

- N. Copernico (Polonia 1473-1543)
- G. Galilei (Pisa 1564-1642)
- Newton (Inghilterra 1642-1727)



Il metodo scientifico (Galileo)



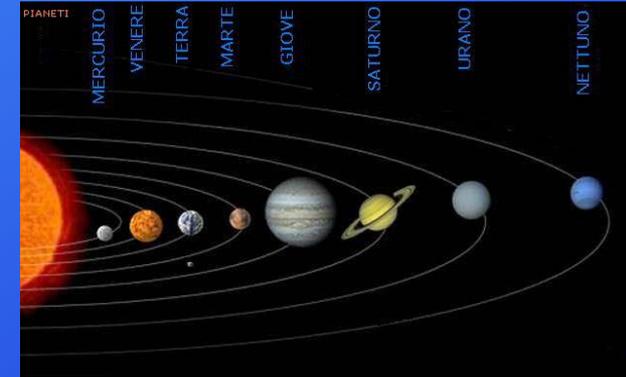
Aristotele osserva, la fisica in più misura → metodo cambia

Esperimenti → i corpi cadono con la stessa accelerazione

1600: la nascita della fisica, 2



1514 Copernico propose sistema eliocentrico



1687 Newton → legge di gravitazione universale

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

Forza → base della conoscenza

Rivoluzione scientifica e culturale

Comprensione della fisica "macroscopica"

uomo non è più il centro dell'Universo

1700-1800: le nuove missioni della fisica

elettricità



ambra strofinata attrae corpi
(600 AC)

magnetismo



Che forze sono?

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

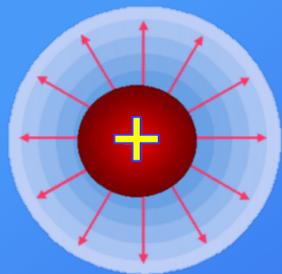
$$\vec{F} = i \vec{l} \times \vec{B}$$

Due forze completamente differenti ?

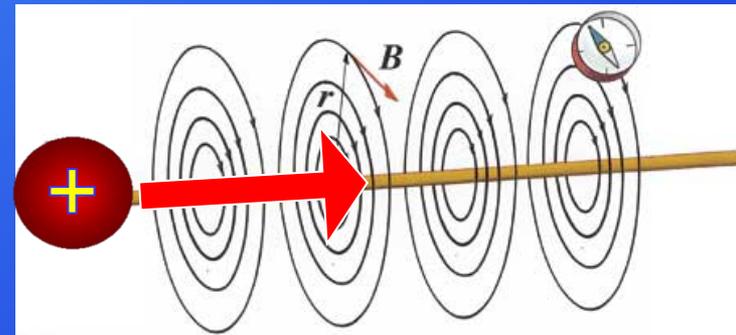


1700-1800: le nuove missioni della fisica, 2

Ørsted (1829): campo magnetico e elettrico sono connessi



Unica forza



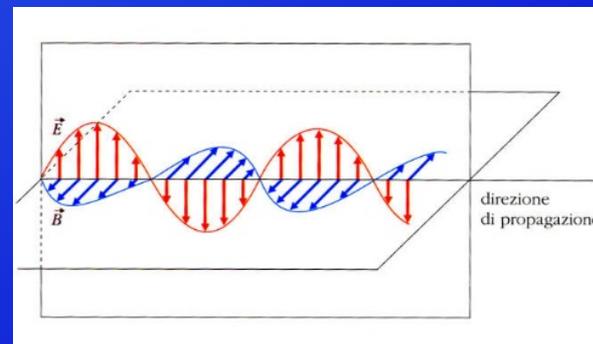
Forza elettromagnetica

Seconda
forza trovata

Maxwell (1865) capì che la luce è un campo elettromagnetico



LUCE



1700-1800: le nuove "missioni" della fisica

ELETTRICITA' MAGNETISMO, OTTICA, CALORE, TEMPERATURA ...



Necessario studiare la materia microscopica

1600 ↙ Inversione di studi: ↘ 1800

IMMENSAMENTE GRANDE
Capito (legge di gravitazione)

IMMENSAMENTE PICCOLO

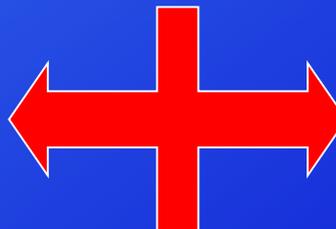


la meccanica newtoniana non funzionava

Corpi piccolissimi

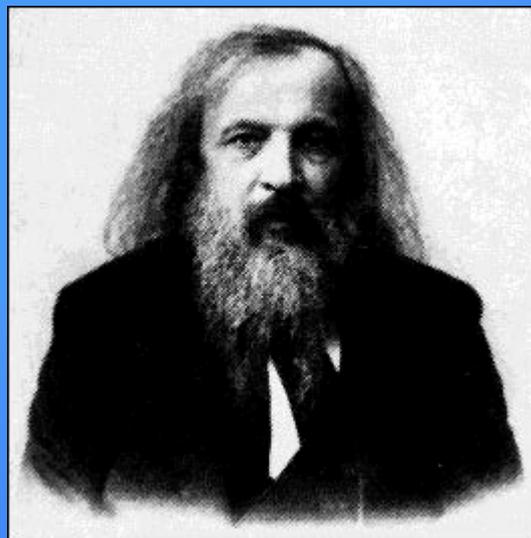
estremamente veloci

MECCANICA
QUANTISTICA



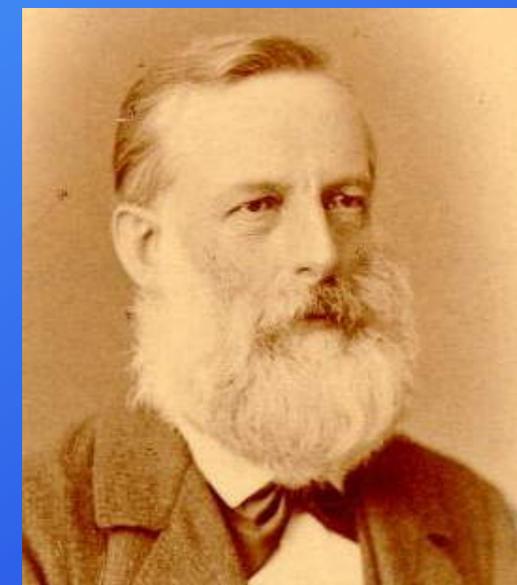
RELATIVITA'

Mendeleev-Meyer: la tavola periodica degli elementi (1870)



Catalogazione degli elementi noti in base al numero atomico

1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110								
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds								
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				



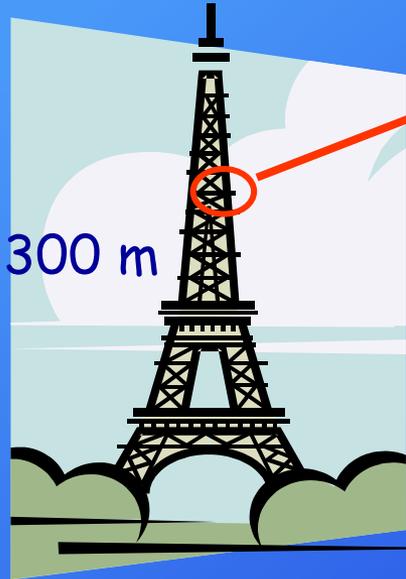
La regolarità della tabella fece capire che la natura è fatta da pochi costituenti fondamentali

LA MATERIA DI COSA E' FATTA?

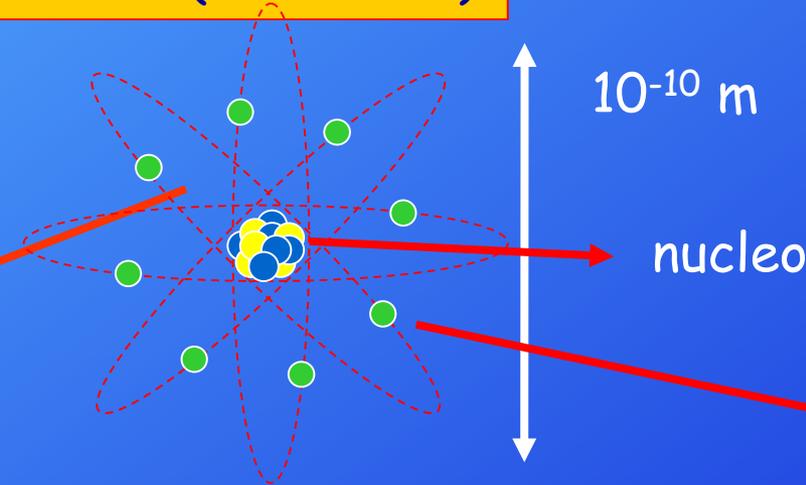
Atomo (Bohr 1913)

Filmato atomo

Torre Eiffel



300 m



10^{-10} m

nucleo

● protoni

10^{-14} m

● neutroni

● elettroni



Simile terra-sole



Sono i costituenti ultimi?

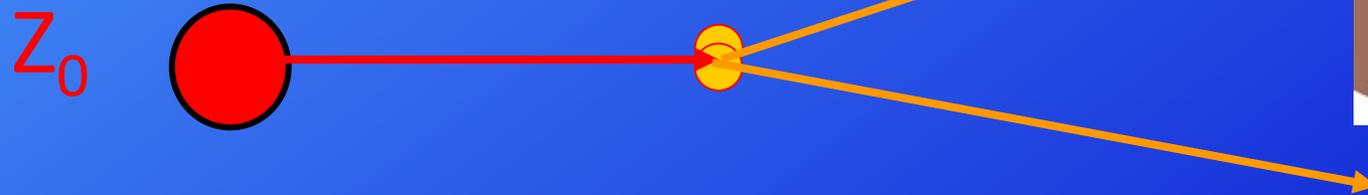
Ma come fa il nucleo $+$ a rimanere unito?

Deve esistere un' altra forza

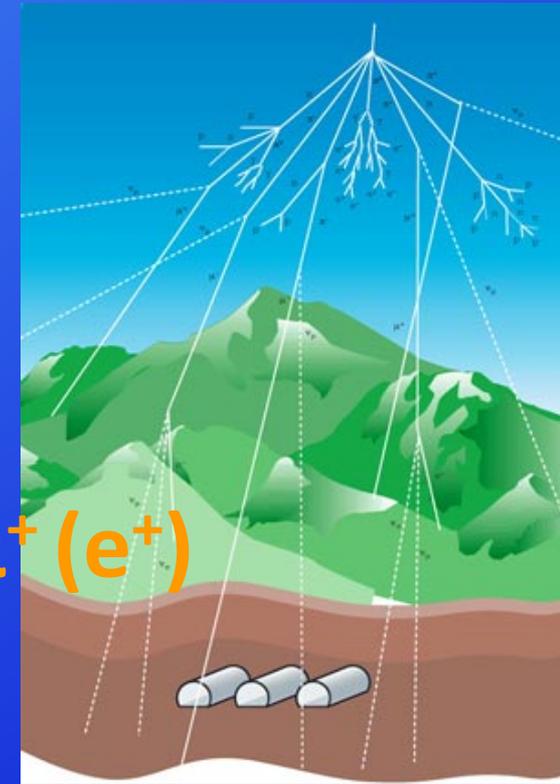
Primo studio sulle particelle: i raggi cosmici

*PARTICELLE URTANO L'ATMOSFERA →
ALTRE PARTICELLE*

*TANTE NUOVE PARTICELLE PRODOTTE (PIONI,
KAONI, MUONI, ...)
NON FORMANO LA MATERIA ORDINARIA*



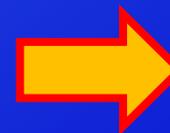
ANNI '50:



$\mu^+(e^+)$

$\mu^-(e^-)$

*STUDIARE LE PARTICELLE OCCORRE
PRODURLE IN LABORATORIO*



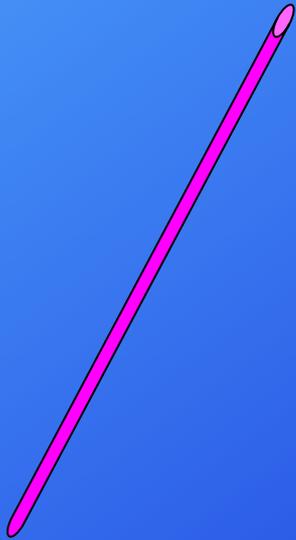
ACCELERATORI

studiare il mondo senza vederlo

Per vedere il mondo microscopico non possiamo usare gli occhi

Ci dobbiamo servire di altri strumenti

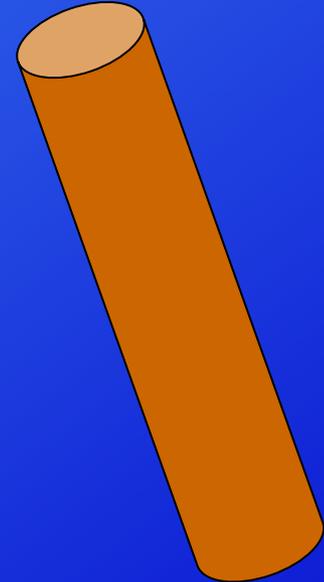
bacchetta
sottile



Testa, occhi,
naso ...



bastone
grosso

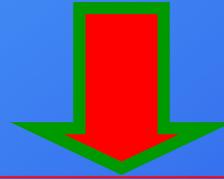


Corpo

riconosco parti con dimensioni ~ sezione della bacchetta

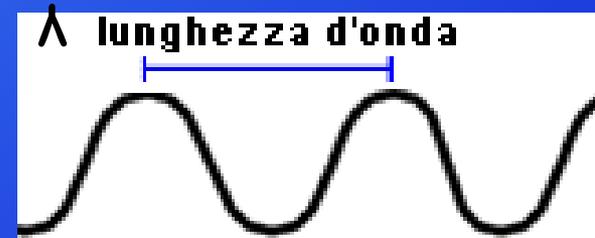
Perchè gli acceleratori?

Per vedere le particelle devo avere "bacchette" piccolissime



Particelle stesse

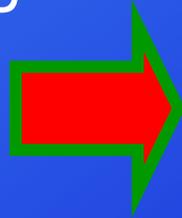
dualismo onda-corpuscolo: le particelle si comportano come onde e la loro dimensione è la lunghezza d'onda associata



$\lambda \sim 1/p$ p è la quantità di moto (proporzionale all'energia)

Se voglio vedere oggetti piccoli

λ PICCOLA

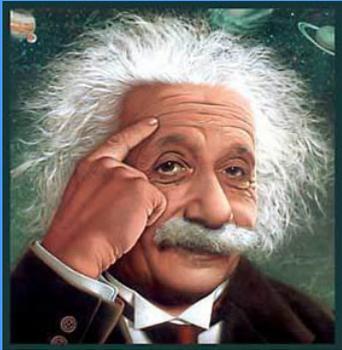


particelle con GRANDE ENERGIA

ACCELERATORI

PIU' POTENTI SONO → PIU' VEDONO IL PICCOLO

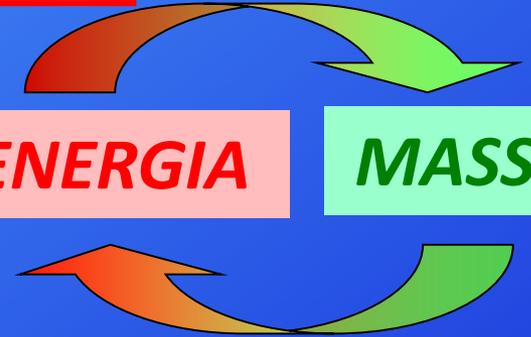
Perchè gli acceleratori? 2



$$E = Mc^2$$

ENERGIA

MASSA



KAONI



MUONI



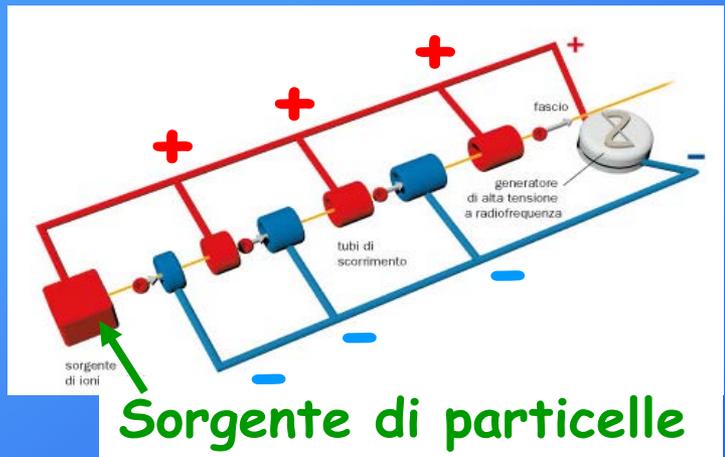
PIONI

PROTONI

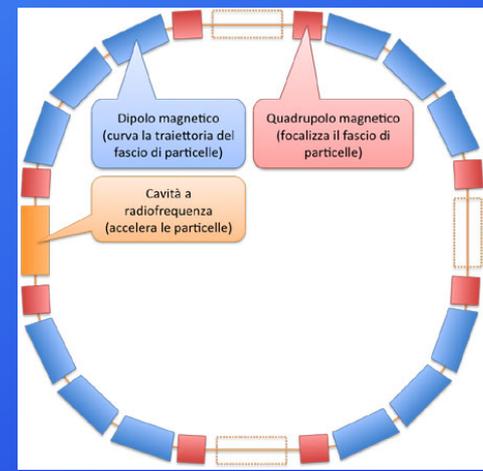
+ ACCELERATORE POTENTE → + PRODUCE PARTICELLE ALTA ENERGIA →
PRODUCONO ALTRE PARTICELLE → STUDIO INFINITAMENTE PICCOLO

I primi acceleratori

Acceleratore lineare



Acceleratore circolare



primo acceleratore



Acceleratori: a bersaglio fisso e collider

Acceleratore

bersaglio

Bersaglio
fisso

Collider



$$E = mc^2$$

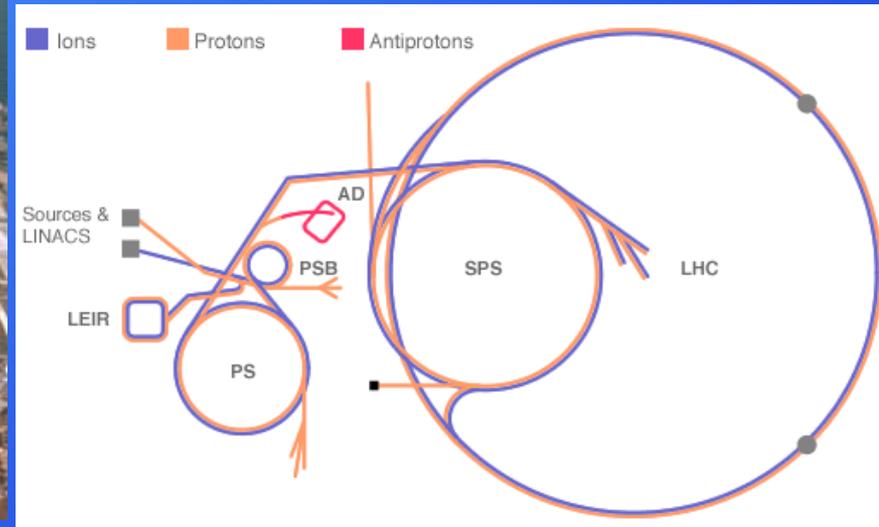


Energia \rightarrow materia (particelle)

CERN (GINEVRA) 27 KM CIRC.

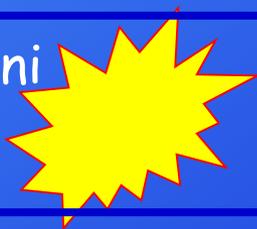


LHC



Beam pipe

Bunch 10^{11} protoni



Bunch 10^{11} protoni



2012: $\sim 40 \cdot 10^6$ urti/s

$E = 8 \text{ TeV}$ (> eurostar a 200 km/h)

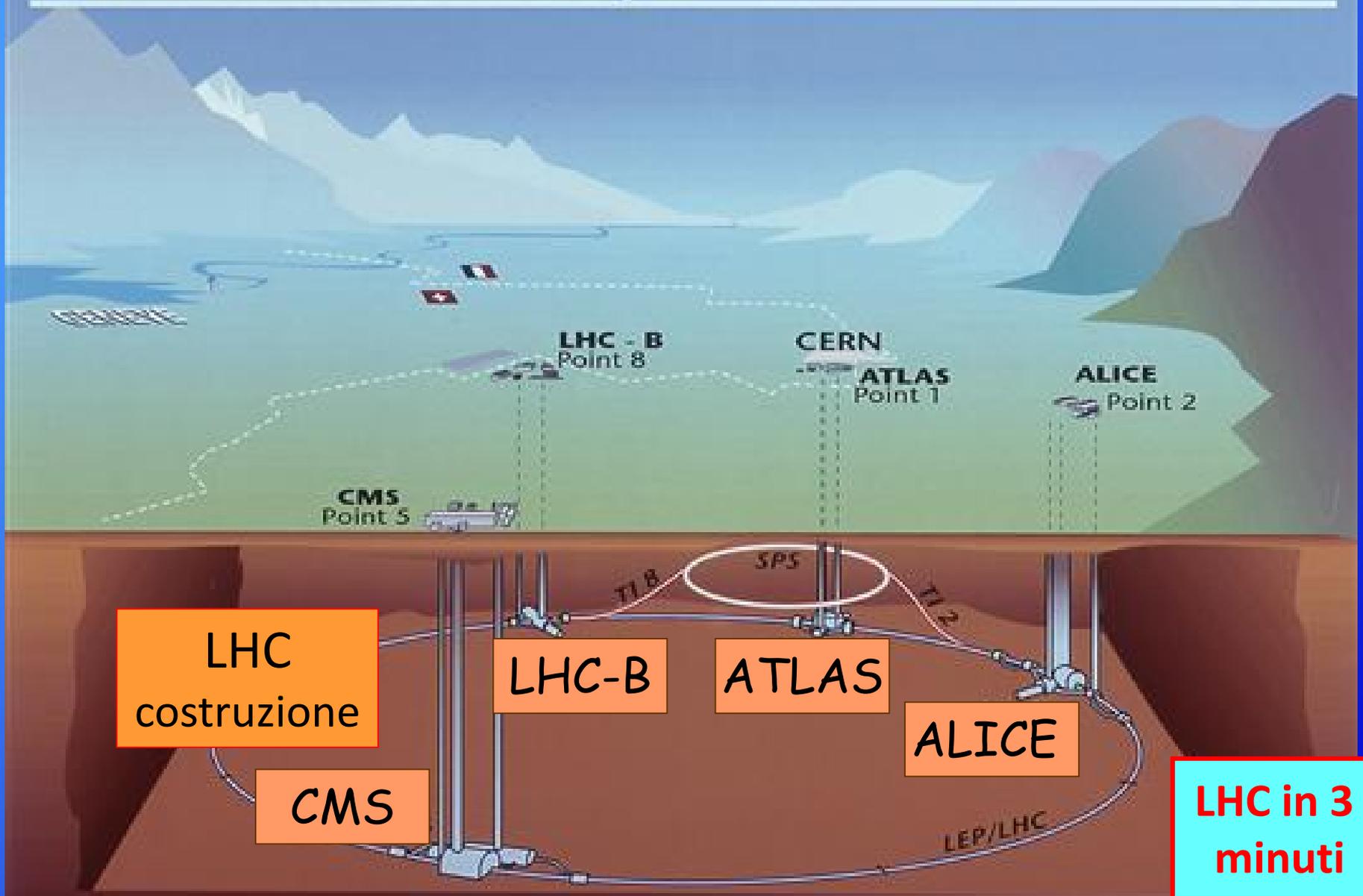
2015: $E = 13 \text{ TeV}$

acceleratori

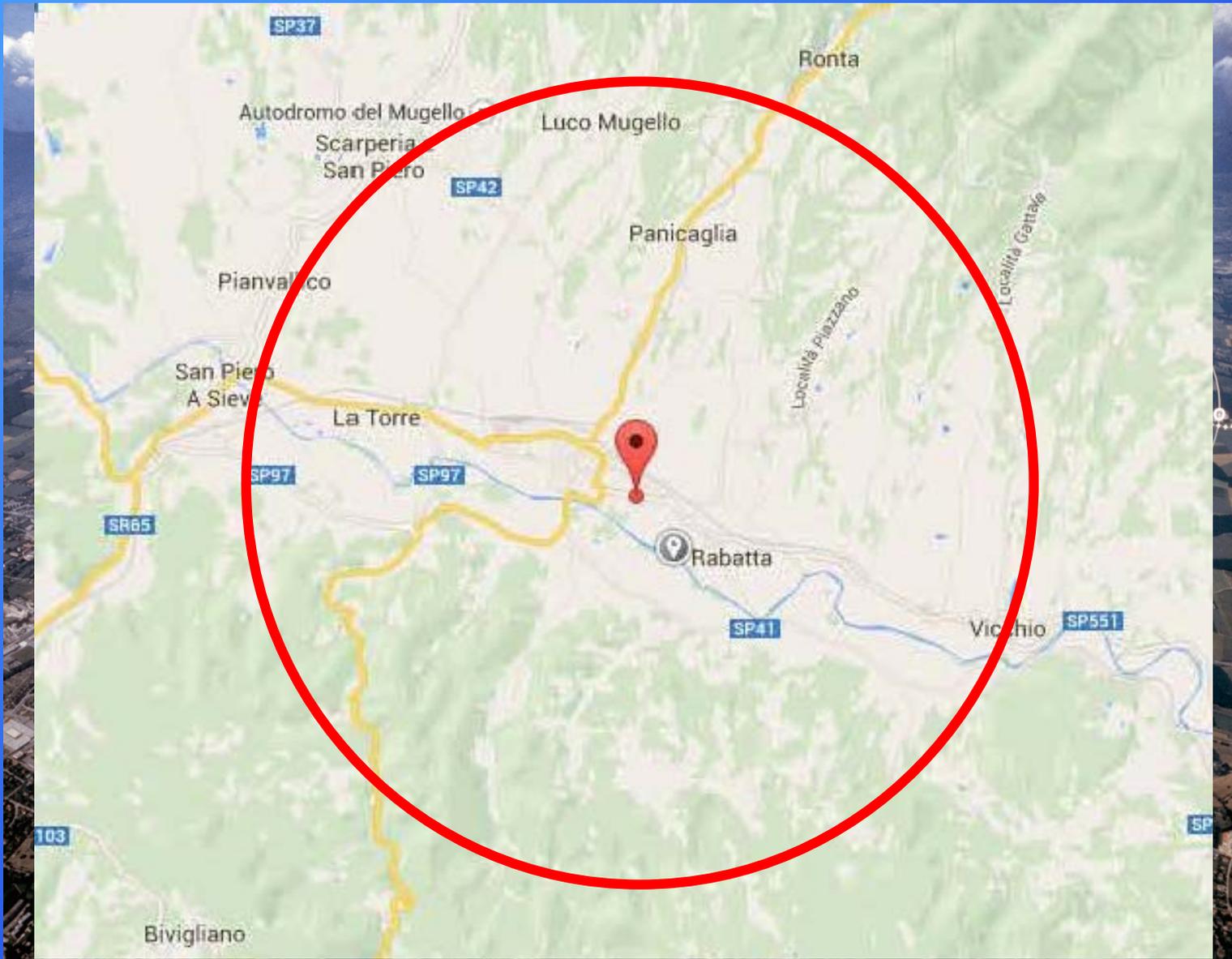


I 4 esperimenti di LHC

Overall view of the LHC experiments.

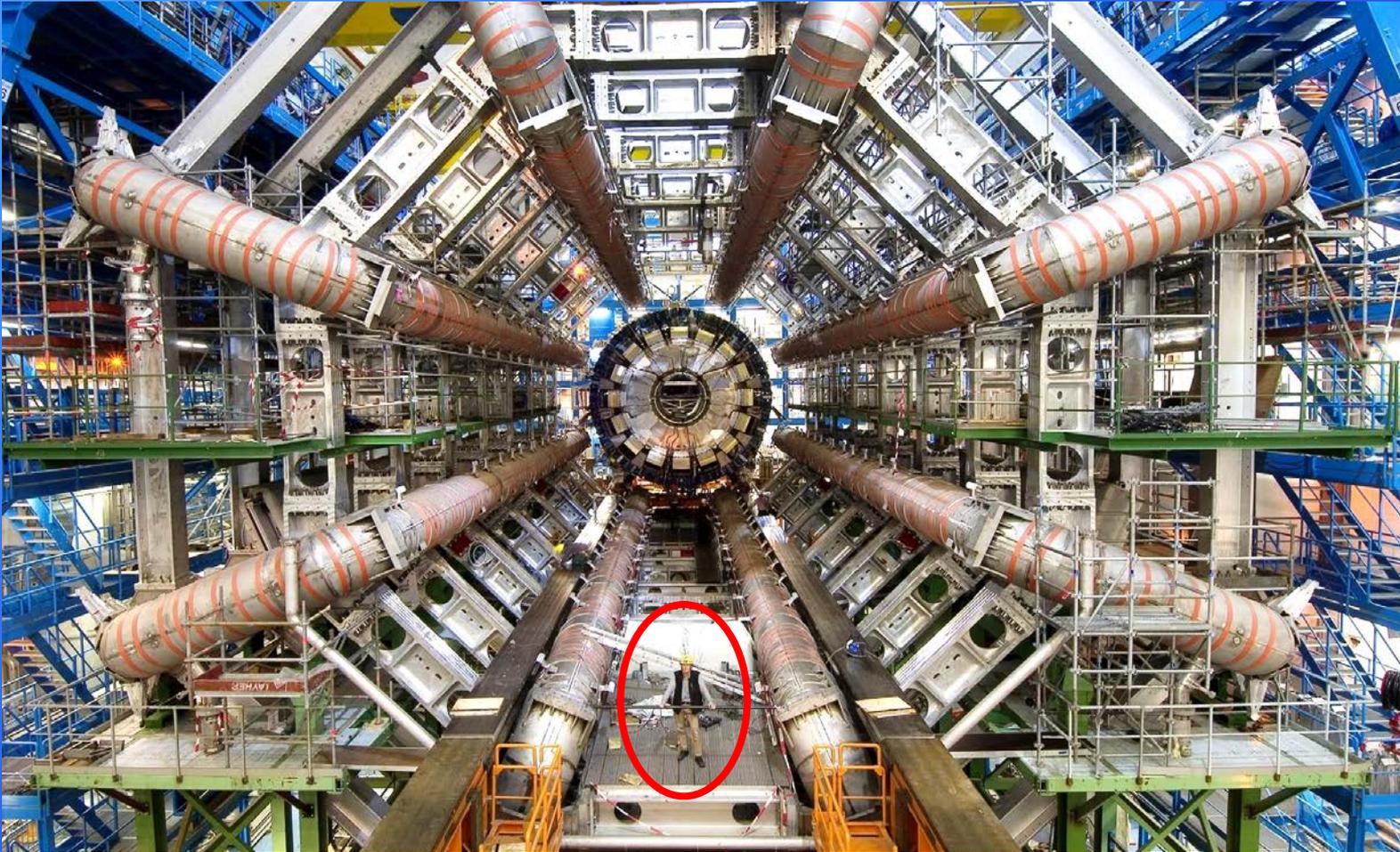


LHC



ESPERIMENTO ATLAS

Atlas



Tracciatori

magneti

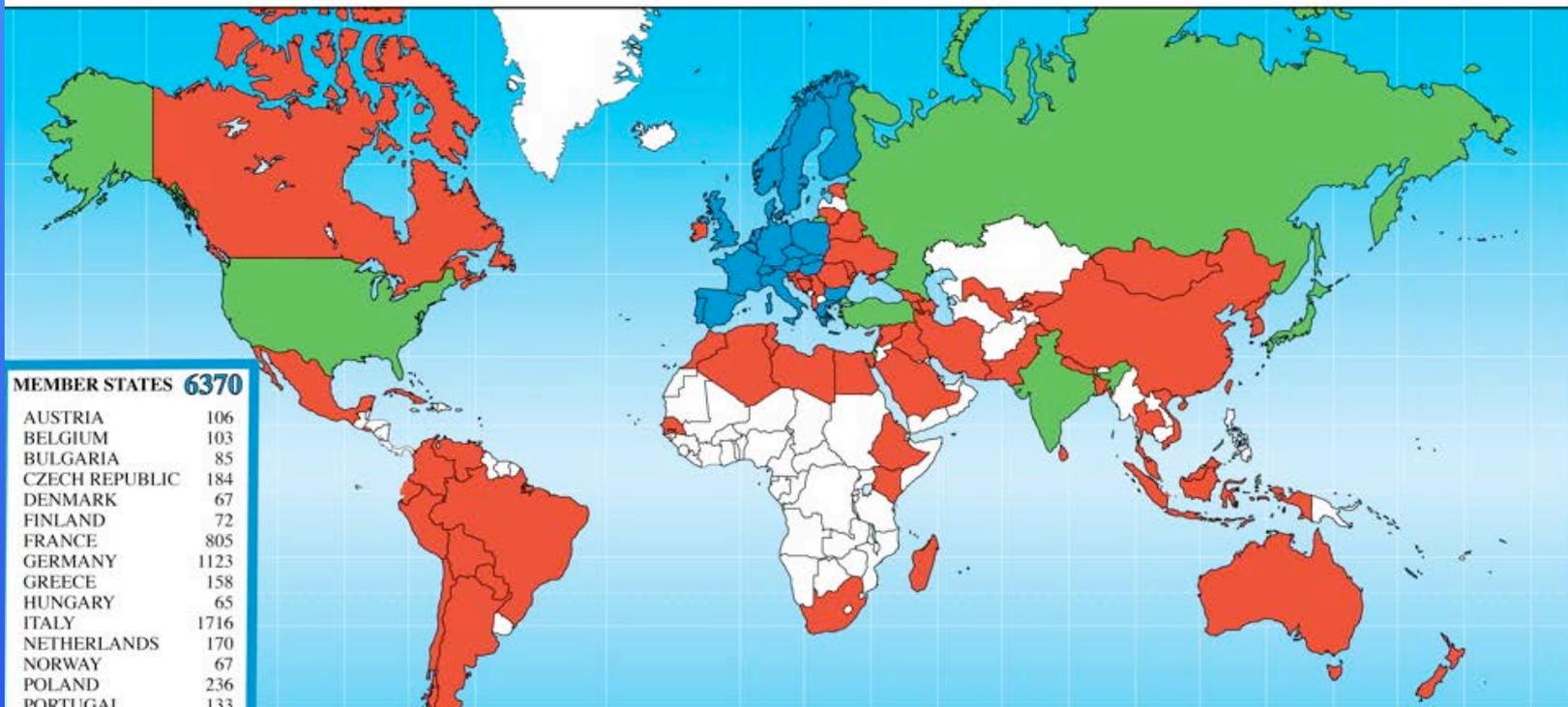
calorimetri

Rivelatore di
muoni

Le persone al CERN (1954)

- ❑ 2600 dipendenti
- ❑ 10000 ricercatori da piu' di 500 universita' in 80 paesi
- ❑ 700 ricercatori italiani coinvolti

Distribution of All CERN Users by Nationality on 20 January 2010

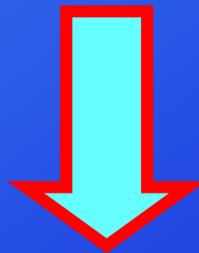


- ❑ *Macchina più grande al mondo*
 - ❑ *27 km (100 m profondità)*
 - ❑ *protone fa 11000 giri/s*
 - ❑ *40 milioni di collisioni al secondo*
 - ❑ *9300 magneti superconduttori*
 - ❑ *posto più freddo e più caldo dell'universo*
 - ❑ *magnet superconduttori $-271\text{ C} = 1.9\text{ K}$*
 - ❑ *nell'urto la "temperatura" è 1000 miliardi $> T_{\text{sole}}$*
 - ❑ *ogni anno 1 exp acquisisce dati = 100 milioni di dvd*

calcolo

I costi

- ❑ *tot 6 miliardi € (budget annuo: 600 milioni €)*
- ❑ *sovvenzionato da 20 stati membri*
 - ❑ *ITALIA ~700 milioni € → ritorno di ~1.5 volte*
 - ❑ *70 milioni € /anno (con un indotto di 1.5 volte)*



E' tanto? Sicuramente, però ...

confronti

Una settimana di guerra in Iraq

6 miliardi € = Quattro bombardieri B-2

*Un centesimo dei soldi per
salvare le banche USA*

ITALIA

Costo Parlamento italiano Montecitorio 940 M€/anno

1 km di alta velocità (60-65 M€) = budget CERN per 1 anno

COSTO PER OGNI ITALIANO

1 euro e 20 centesimi l'anno, per 10 anni.

Dunque, perché LHC?

Studiare le particelle per cercare di capire



L'evoluzione dell'Universo



l'infinitamente piccolo

STRETTAMENTE CONNESSI

Vediamo brevemente entrambi gli aspetti

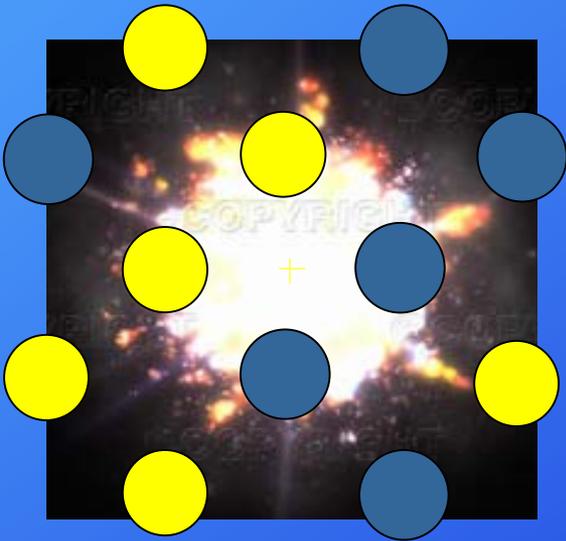
L'evoluzione dell'Universo

Big Bang → tanta energia in un piccolissimo volume

$E = 10^{19} \text{ GeV} (10^{32} \text{ C})$

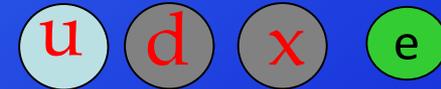
INIZIA ESPANSIONE E
RAFFREDDAMENTO

"BRODO PRIMORDIALE"



10^{-10} s

CREAZIONE DI TANTE
PARTICELLE (INSTABILI)



$E = 10^2 \text{ GeV} (10^{15} \text{ C})$

~ ACCELERATORI

DA ORA CIO' CHE E' SUCCESSO E' VERIFICATO SPERIMENTALMENTE

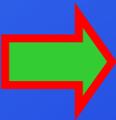
STUDIARE L'ORIGINE DELL'UNIVERSO → STUDIARE PARTICELLE CHE
INTERAGISCONO TRA LORO → ACCELERATORI SEMPRE PIU' POTENTI

Sappiamo tutto sull'Universo?

UNIVERSO APERTO O CHIUSO?

Se massa sufficiente ($> \sim 5 \text{ atomi / m}^3$) \rightarrow **UNIVERSO CHIUSO**
 \rightarrow espande fino ad una dimensione massima per poi
ricollassare con processo opposto al big bang (**BIG CRUNCH**)

Misure non chiare, ma sembra favorito **UNIVERSO APERTO**

studi su velocità di rotazione
galassie e esplosioni di stelle  **UNIVERSO** é costituito da:

MATERIA ORDINARIA (p, e, n) \rightarrow 4%

MATERIA OSCURA \rightarrow 23%

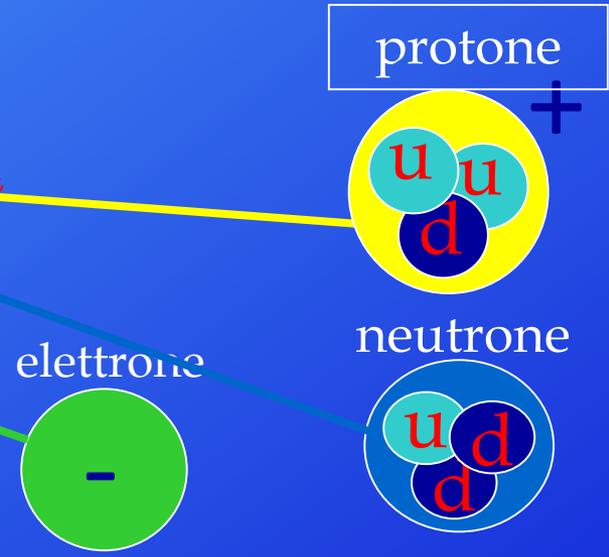
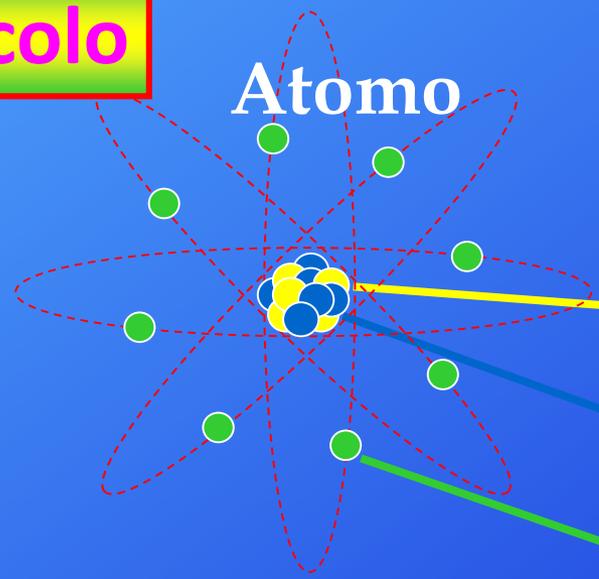
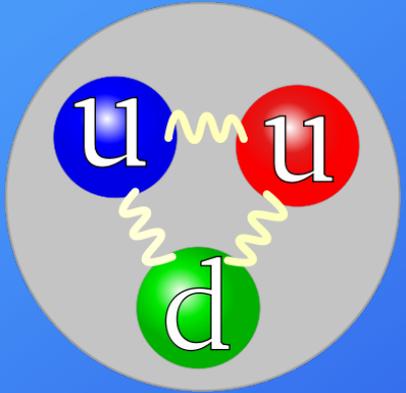
{ NEUTRALINI, WIMP
PARTICELLE SUPERSIMMETRICHE

ENERGIA OSCURA \rightarrow 73%

{ CAMBIARE RELATIVITA' GEN
CAMPO SCALARE

L'infinitamente piccolo

Fine anni '60
protone



Materia fatta solo da ELETTRONI, quark U e D

Ultimi costituenti della materia?

BOH !!

Quale forza tiene unito il nucleo?

Forza forte

Esistono altre particelle?

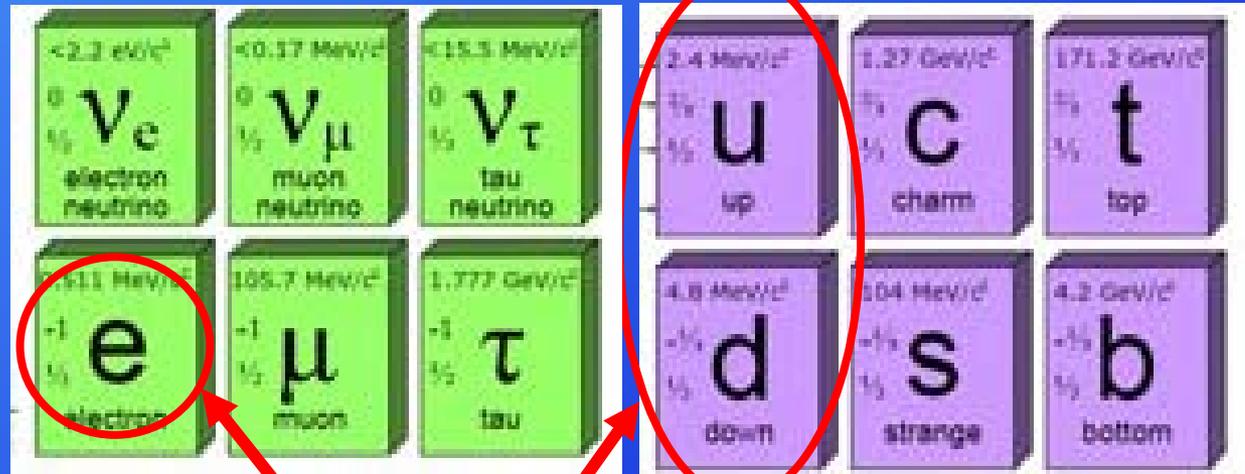
CENTINAIA

La conoscenza ad oggi

Modello Standard

Leptoni

Quark



Costituenti elementari

Materia ordinaria

12 particelle + 12 antiparticelle

Masse differenti \rightarrow top = 40000 elettroni

La conoscenza ad oggi, 2

Modello Standard

Gravitazionale

G

Elettromagnetica

γ

Debole

$W^+W^-Z^0$

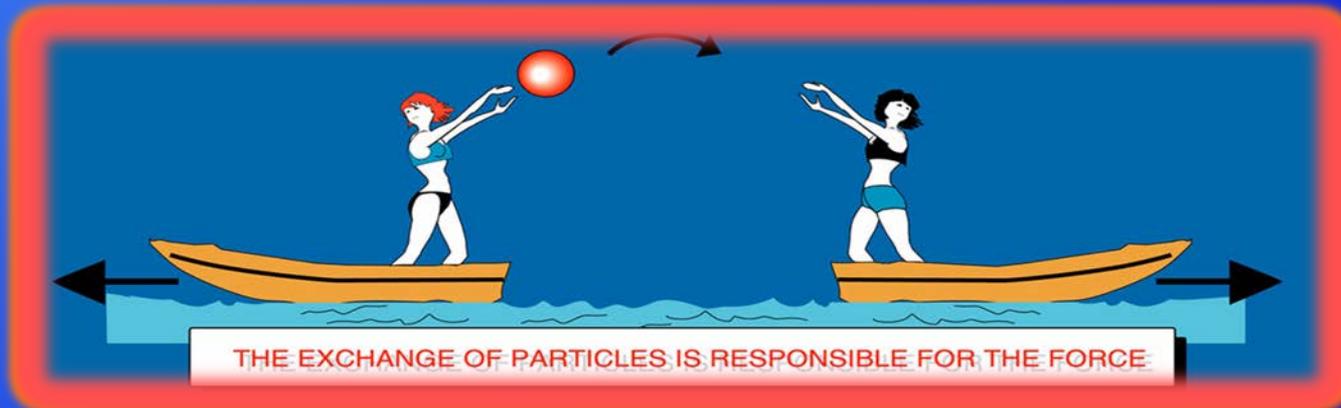
Forte

g^k

Masse differenti

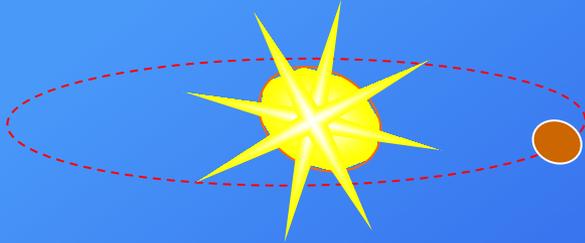
**4 FORZE
FONDAMENTALI**

FORZE TRA PARTICELLE = SCAMBI DI PARTICELLE → AZIONE A DISTANZA



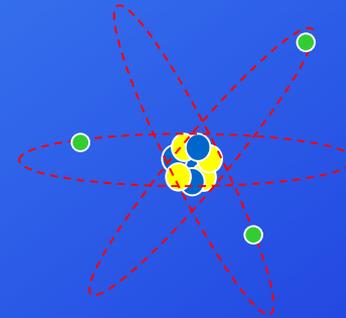
L'effetto delle 4 forze

GRAVITA' UNISCE CORPI



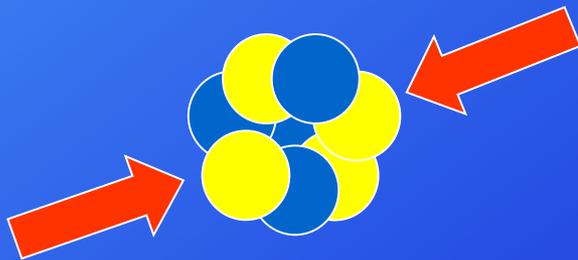
Gravitone G

E.M. UNISCE ATOMO



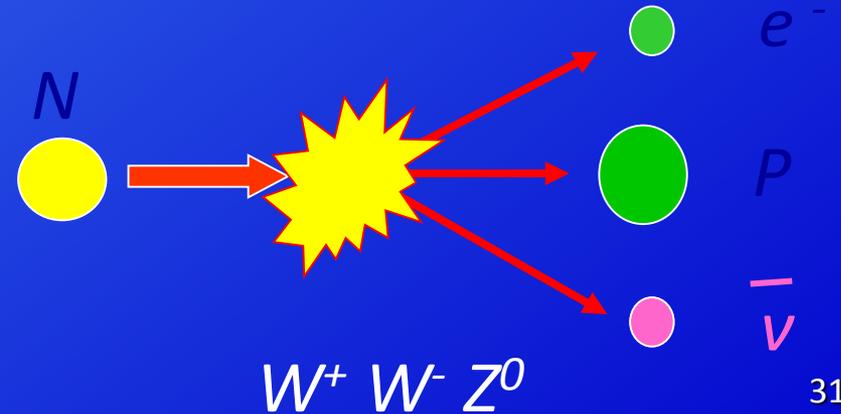
Fotone γ

FORTE: UNISCE NUCLEO



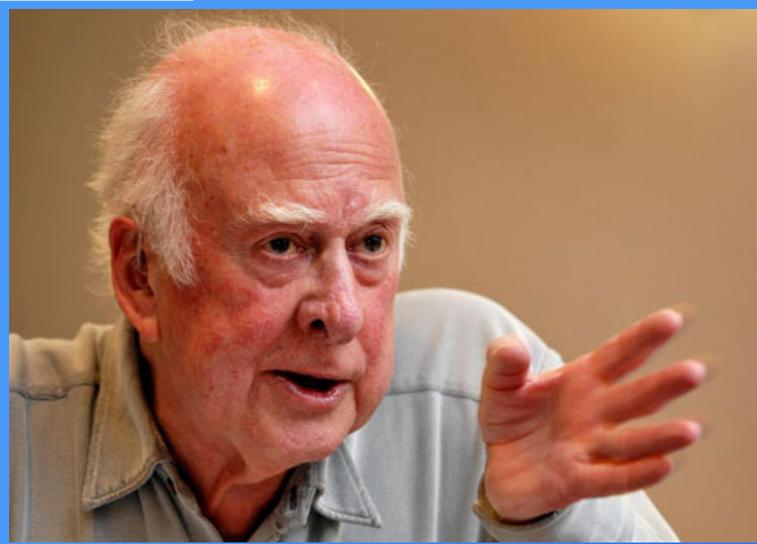
Gluoni g^k

DEBOLE \rightarrow DECADIMENTO



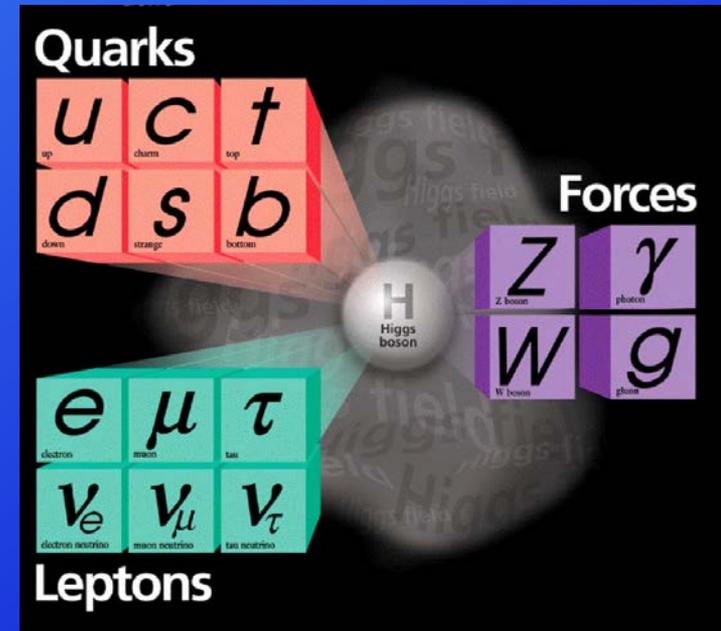
La conoscenza ad oggi, 3

l'ultima scoperta: il bosone di Higgs (4/7/2012)



Spiega la diversa massa delle particelle

Una «sostanza» (campo) che riempie tutto il **vuoto**



a seconda di come le particelle reagiscono a questo campo, acquistano una determinata massa

Filmato
bosone

NEXT

Il vuoto

Campo (ad es. gravitazionale)



Il vuoto è una sostanza



lo si può scuotere e le sue vibrazioni
sono particelle elementari



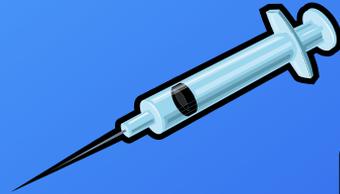
Il bosone di Higgs

**LA FISICA E' UTILE NEL
NOSTRO MONDO?**

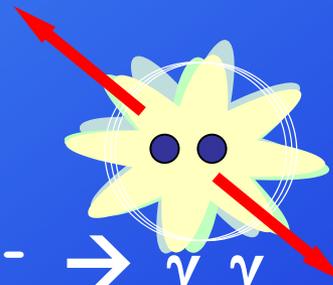
Ricadute tecnologiche, medicina

PET (POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY)

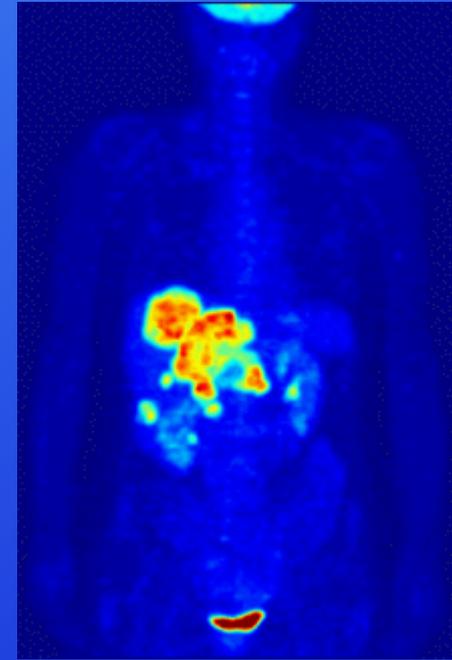
INIEZIONE DI UN ISOTOPO CHE DECADE



EMETTE UN e^+



RIVELATORI COME QUELLI USATI IN PARTICELLE



TAC (TOMOGRAFIA ASSIALE COMPUTERIZZATA)

RAGGI X CHE RUOTANO ATTORNO AL PAZIENTE

ADROTERAPIA

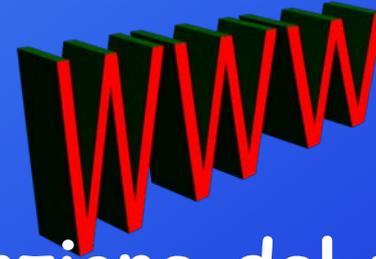
CNAO - PAVIA

CURA DEI TUMORI → IRRAGGIAMENTO CON PROTONI

Ricadute tecnologiche, informatica

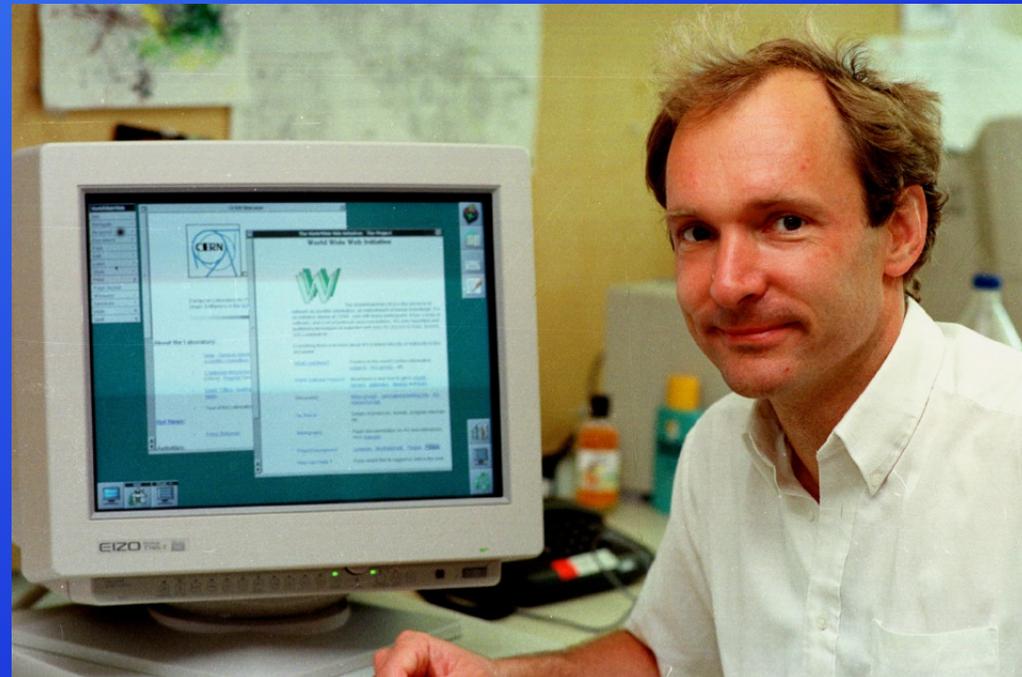
Condividere l'informazione

web



~1990 invenzione del web

Web ha radicalmente
cambiato la nostra vita

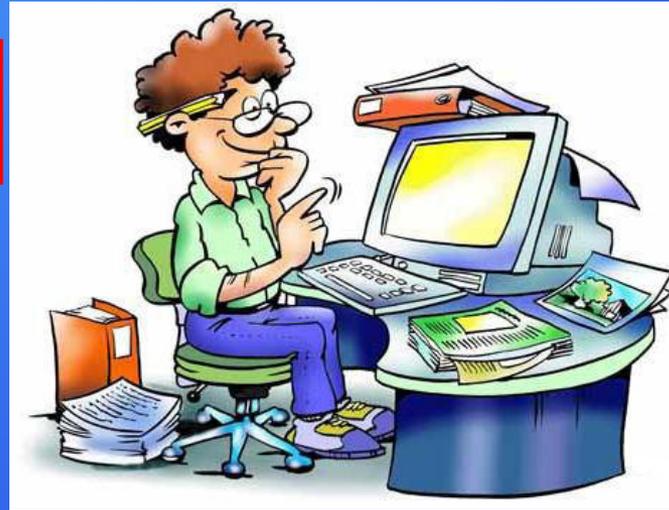


Sir Tim Berners Lee

Ricadute tecnologiche, tecnologia

nanotecnologie

telefonini



Navigatori satellitari

computer

< 40 anni



=



Ricadute tecnologiche, datazione

CARBONIO 14 (INSTABILE) → DATAZIONE MATERIALI ORGANICI



PRESENTE NELL'ATMOSFERA → NEGLI ORGANISMI VIVENTI
FINCHE' RESPIRANO POI CALA

MISURANDO LA QUANTITA' SI RISALE AL TEMPO PASSATO DALLA
MORTE (FINO 50000 ERRORE 2-5%)

Es. **SACRA SINDONE**

NEL 1988 FU DATATA INTORNO 1295-1360

PROBLEMI DI CONSERVAZIONE

INCENDIO DEL 3-4 DICEMBRE 1532

ALCUNE PARTI DEL TELO RAMMENDATE NEL 1300



alcune recenti invenzioni che hanno cambiato il mondo, figlie della ricerca

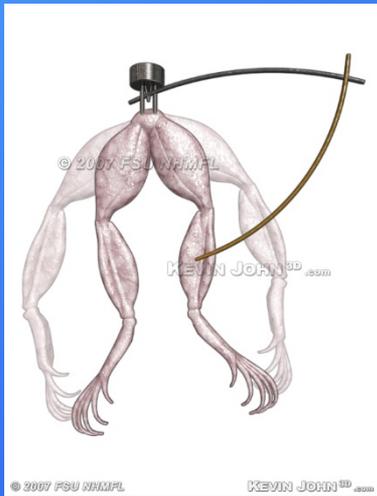
- transistor
- laser
- microelettronica
- computer
- energia nucleare (e rinnovabili)
- raggi X
- tecniche di diagnostica medica (RMN, PET, etc)
- WEB
- Adroterapia
- GPS
- airbag
- radar (fondamentale nella Seconda Guerra Mondiale)

.....

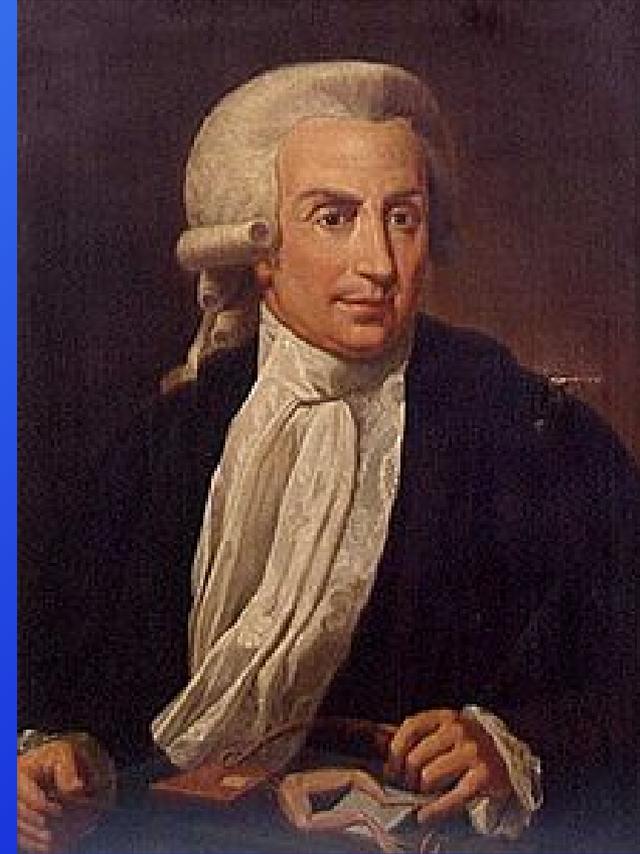
Ricadute tecnologiche, conoscenza

es: l'elettricità

Quando Galvani nel 1790 stimolò i nervi di una rana morta e vide che le zampe si muovevano



non pensava di essere all'inizio di una fondamentale scoperta



Conoscenza ... è sempre utile ...

**COME SI FA PER
PROVARE A
DIVENTARE FISICI?**

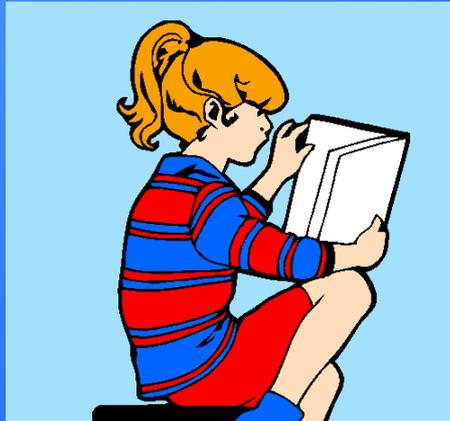
Un lungo cammino

- DIPLOMA IN UNA SCUOLA SUPERIORE
- LAUREA IN FISICA (POSSIBILMENTE CON UN BEL VOTO)
- DOTTORATO DI RICERCA (3 ANNI), ALMENO 6 MESI ALL'ESTERO
- CONTRATTI POST-DOTTORATO
 - ITALIA: ASSEGNO DI RICERCA (3+3 ANNI)
 - CERN: FELLOW (DURATA VARIABILE)
- ESPERIENZE CON UNIVERSITA'/LABORATORI STRANIERI
- CONCORSO PER RICERCATORE (~ 10 ANNI DOPO LA LAUREA)

Determinazione e studio

Un “particellaio” che fa

o Studia



o Programma

progetta/mette a punto apparati
Analisi dei dati



o Conferma o meno la teoria



CONCLUSIONE

FARE RICERCA (IN TUTTI I CAMPI) E' FONDAMENTALE

TECNOLOGIA AL MASSIMO LIVELLO

(ingegneristico, elettronico, informatico, fisico, ...)

TANTE QUESTIONI APERTE, MA TANTE COMPRESI

Grazie a tutti, spero vi sia stato utile

Backup slides

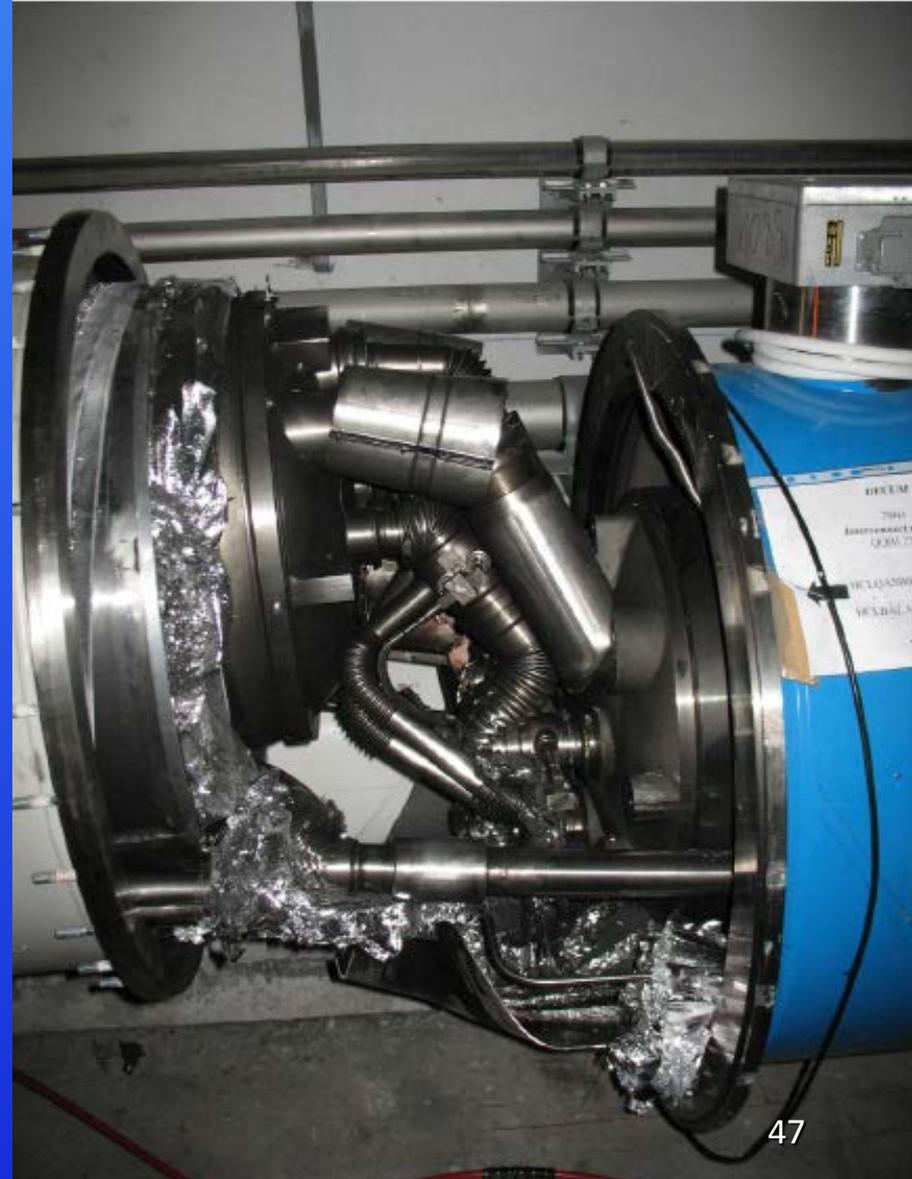
10 Settembre 2008: si parte

evento visto da ~ 1 Miliardo di persone !!!



... e dopo un "piccolo" incidente

19 settembre 2008



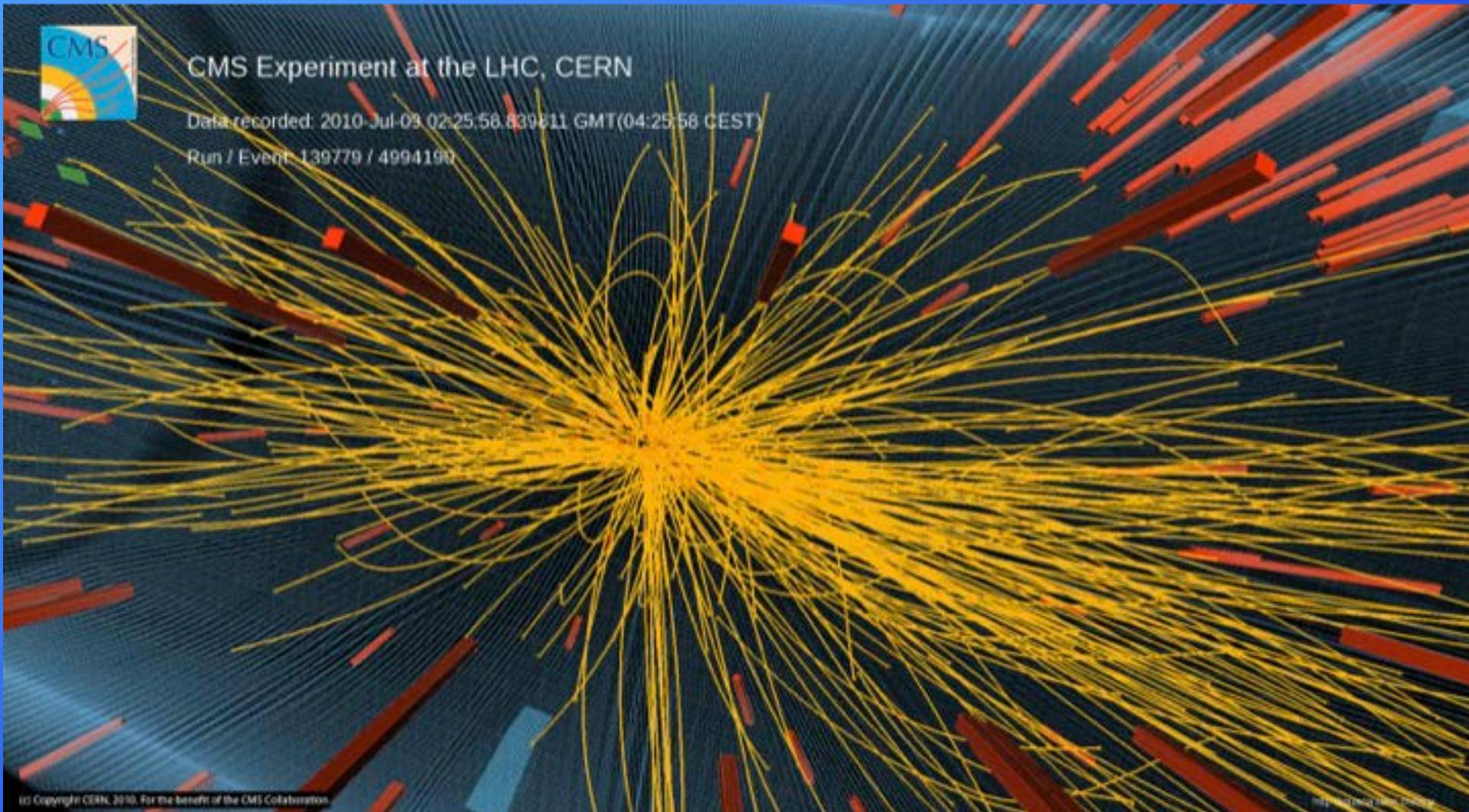
Evento tipico



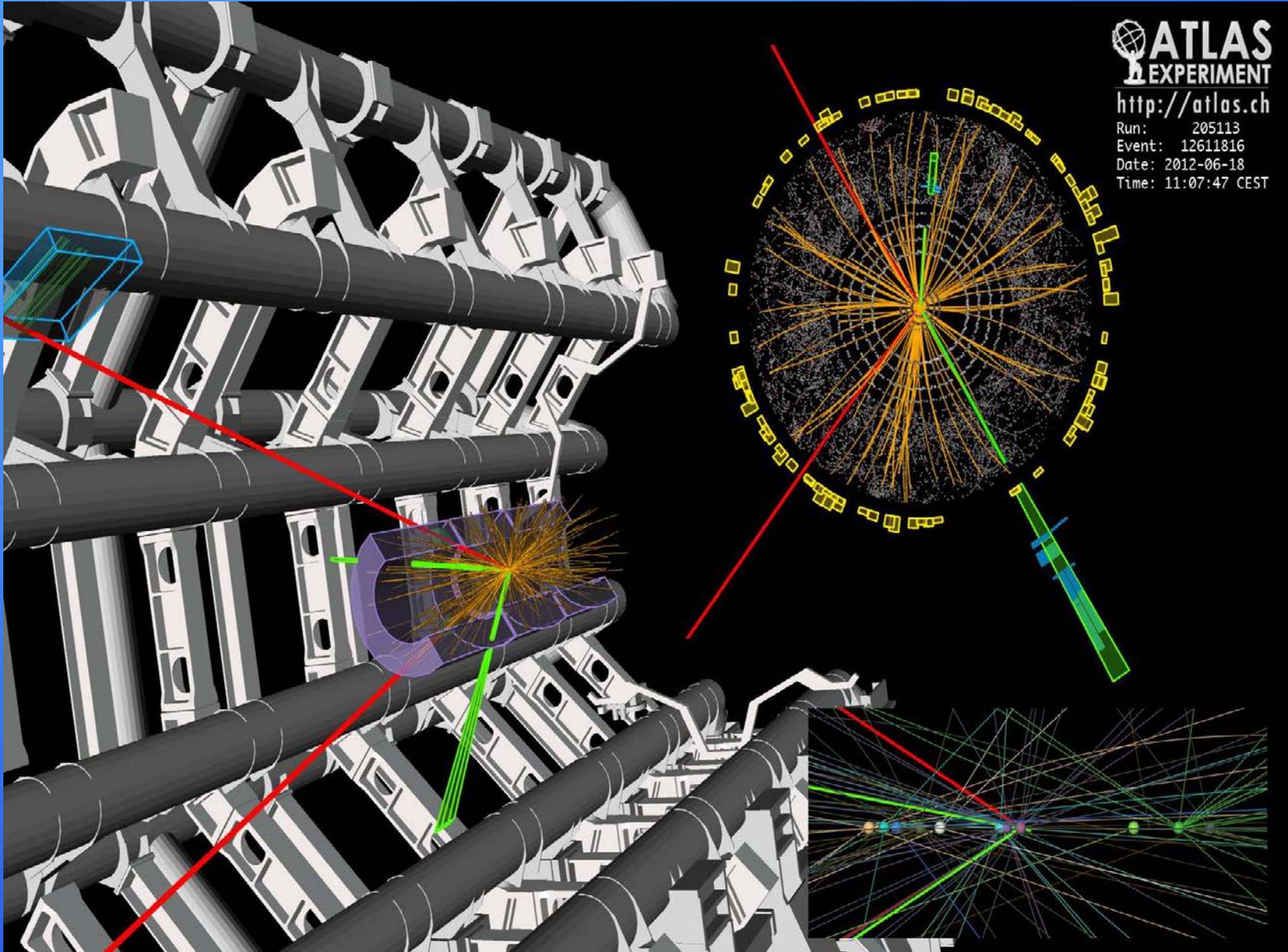
CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2010-Jul-09 02:25:58.839811 GMT(04:25:58 CEST)

Run / Event: 139779 / 4994190



Evento con bosone di Higgs



Come è stato scoperto il bosone di Higgs

