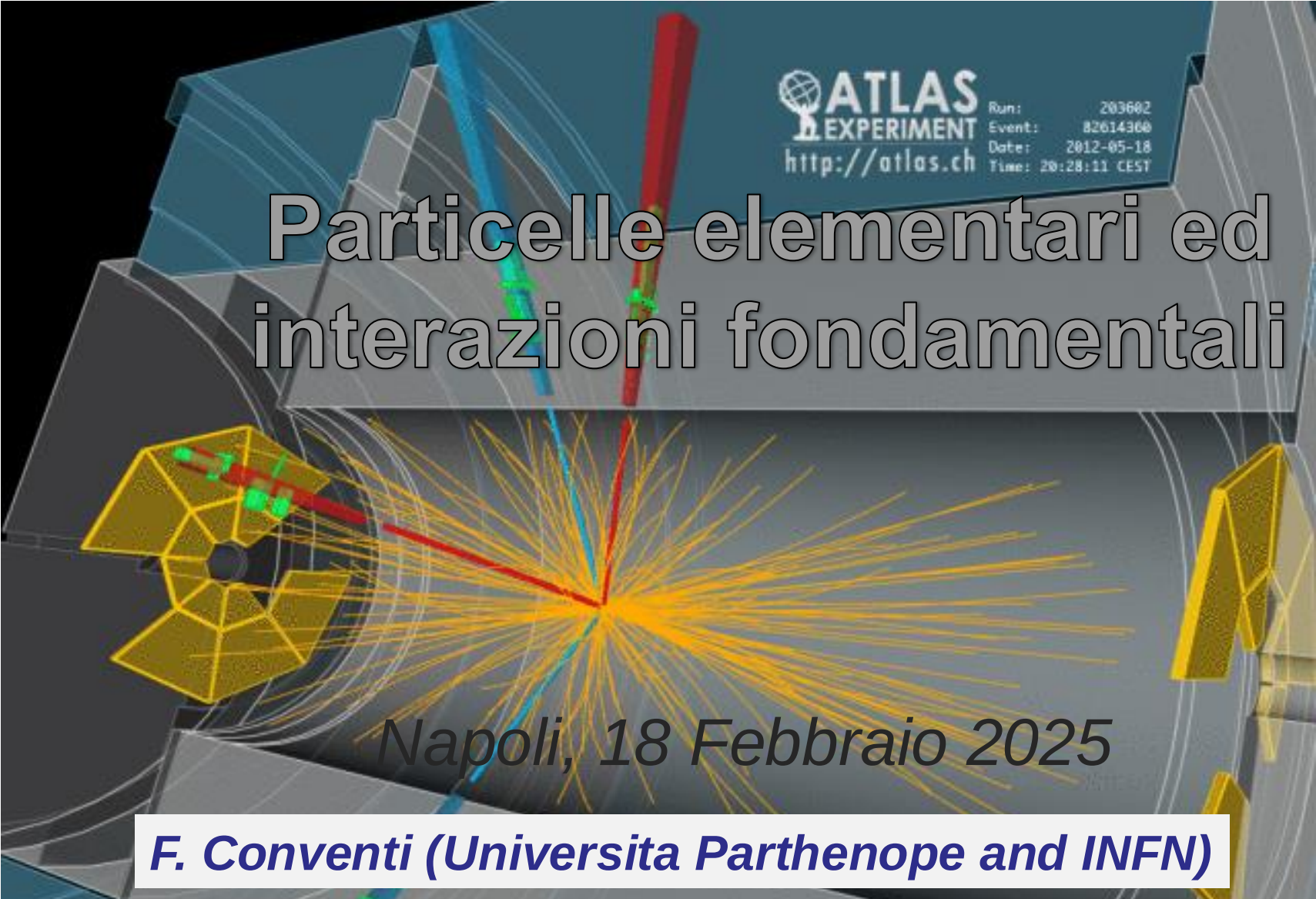




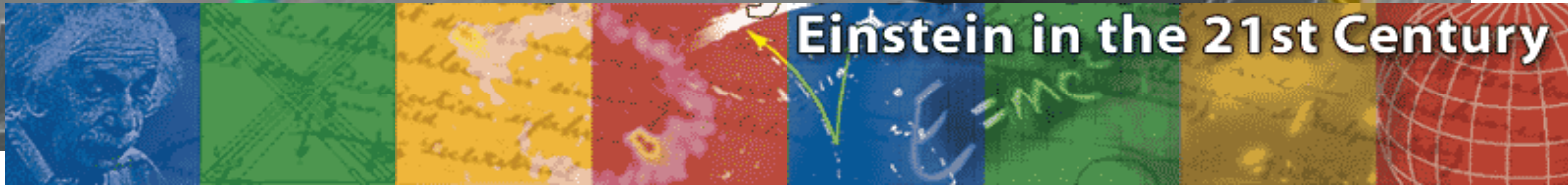
ATLAS
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>

Run: 203602
Event: 82614360
Date: 2012-05-18
Time: 20:28:11 CEST

Particelle elementari ed interazioni fondamentali

Napoli, 18 Febbraio 2025

F. Conventi (Universita Parthenope and INFN)



Einstein in the 21st Century

18/02/2025

EDIZIONI LOCALI: BARI - BOLOGNA - FIRENZE - GENOVA - MILANO - NAPOLI - PALERMO - PARMA - ROMA - TORINO

Inserisci il test

Home Pubblico Economia&Finanza Sport Spettacoli&Cultura Motori Viaggi D-Repubblica Casa Salute

Repubblica TV Reporter RSera Cronaca Esteri Scienze Tecnologia Ambiente Scuola Repubblica@Scuola Mo

Bianco

Giallo-Arancie

Rosso

Verde

Blu-Viola

Sequi la linea dei 5 colori



Ecco la "particella di Dio" diretta tv adesso l'universo è più stabile

Video Higgs, lacrime che sanno di Nobel

Scoperta del secolo al Cern di Ginevra. Trovato il Bosone di Higgs, che spiega come mai tutte le cose nell'universo abbiano una massa. Era stato teorizzato ben 48 anni fa dallo scienziato svizzero. L'annuncio è stato fatto in un momento di grande emozione, con il pianto della standing ovation e il riconoscimento scientifico.

► **LA SCHEDA** Perché
Bertolucci, del Cern
Video Per errore l'a
Ironia su Twitter pe

+ CONDIVIDI

Videogiochi

SPIDER-MAN
COLLECTION

DAL 5 LUGLIO IN EDICOLA

GINEVRA, L'ANNUNCIO UFFICIALE DEGLI SCIENZIATI

Il Cern: scoperta la «particella di Dio» Euforia a Ginevra, la diretta video



Da Ginevra la conferma:
«Scoperto il bosone di
Higgs». È la particella
all'origine dell'universo
«Si apre una nuova fisica»

CRONACHE | Fino a oggi era una
ipotesi, ora sappiamo che esiste.
La scoperta con gli esperimenti nei
27 km dell'acceleratore di particelle
di Giovanni Caprara

📺 A Ginevra lunghe code per assistere all'annuncio ■ Una caccia lunga mezzo secolo di G. Caprara

+ CONDIVIDI



49



1010



216



L'ANNUNCIO ALLE 16.30 A PISA

Scoperte le onde gravitazionali: Einstein aveva ragione

La conferma della teoria della relatività. Un nuovo modo di studiare l'universo, i buchi neri e il tessuto dello spazio-tempo. L'importante contributo italiano

di Paolo Virtuari



Le Scienze

EDIZIONE ITALIANA DI SCIENTIFIC AMERICAN



ZOOM SU

visione

emozioni

onde gravitazionali

Neanderthal

fisica



11 febbraio 2016

Onde gravitazionali, confermata la rilevazione diretta



(Cortesia LIGO Collaboration)

Nel corso di una conferenza stampa in contemporanea ai due lati dell'Atlantico, le collaborazioni LIGO e VIRGO hanno annunciato oggi la prima rilevazione diretta delle onde gravitazionali, previste da Einstein esattamente un secolo fa. Le onde rilevate sono state generate dalla fusione di due buchi neri, osservata contemporaneamente dai due interferometri di LIGO il 14 settembre scorso *di Giovanni Spataro*

CONTENUTI CORRELATI



18/02/2025

Esistono sicuramente domande che, da sempre, ci coinvolgono...

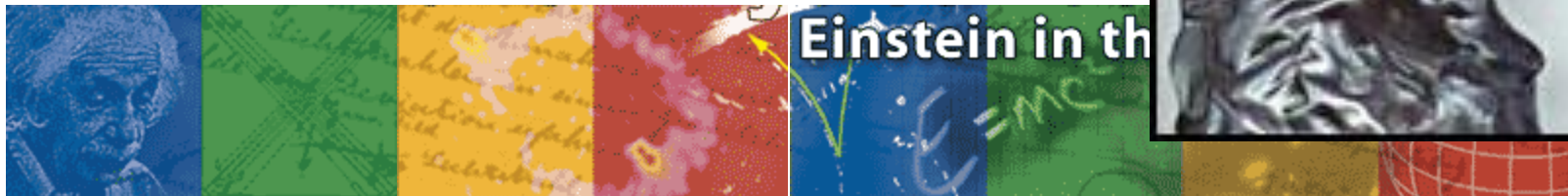
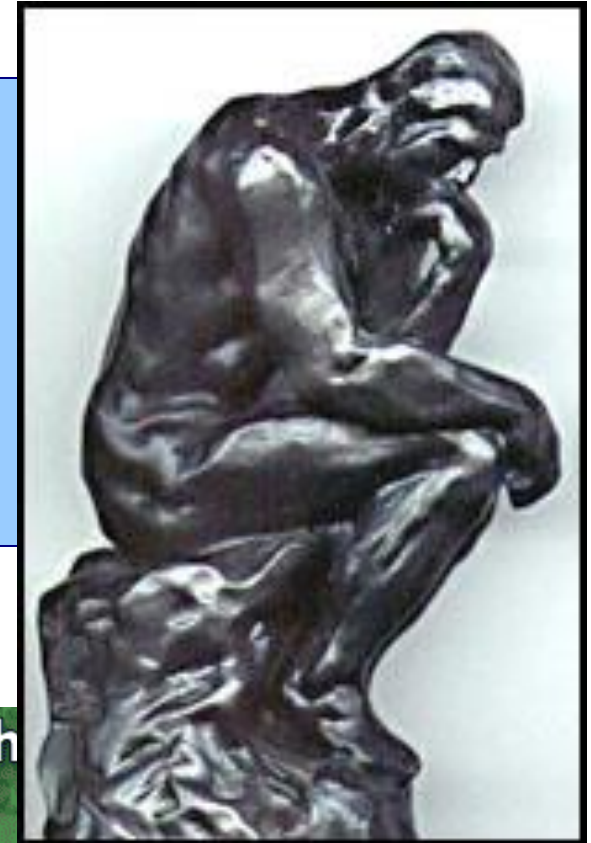
Come è fatto il mondo (la realtà) che ci circonda?

Possiamo comprenderla?

(o descriverla)?

Se sì, come?

(quale linguaggio usiamo)?

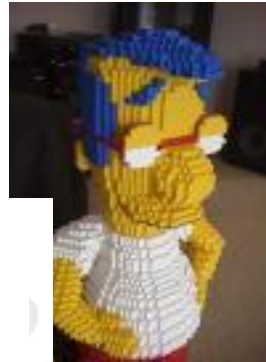


Una vecchia idea...

Esistono degli elementi fondamentali a partire dai quali possiamo costruire tutto il nostro mondo?



Empedocle



Il filosofo greco Empedocle fu il primo ad effettuare una classificazione degli elementi fondamentali: fuoco, acqua, aria e terra.

Democrito (~400 AC):

- Tutto costituito da particelle invisibili e indivisibili: **atomi**
- Hanno peso e forma diversa e si combinano a formare nuove sostanze

Parecchio tempo dopo...

Sviluppo della scienza moderna:

Dall' Alchimia alla Chimica (1780 - 1870)

– Classificazione degli atomi in base alle proprietà chimiche

Evidenza di una “periodicità”
(Mendeleyev, 1869)

Indicazioni di una struttura comune degli elementi

Dalton (1808)

ELEMENTS			
Hydrogen	1	Strontian	46
Azote	5	Barytes	68
Carbon	54	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90

La Tavola Periodica

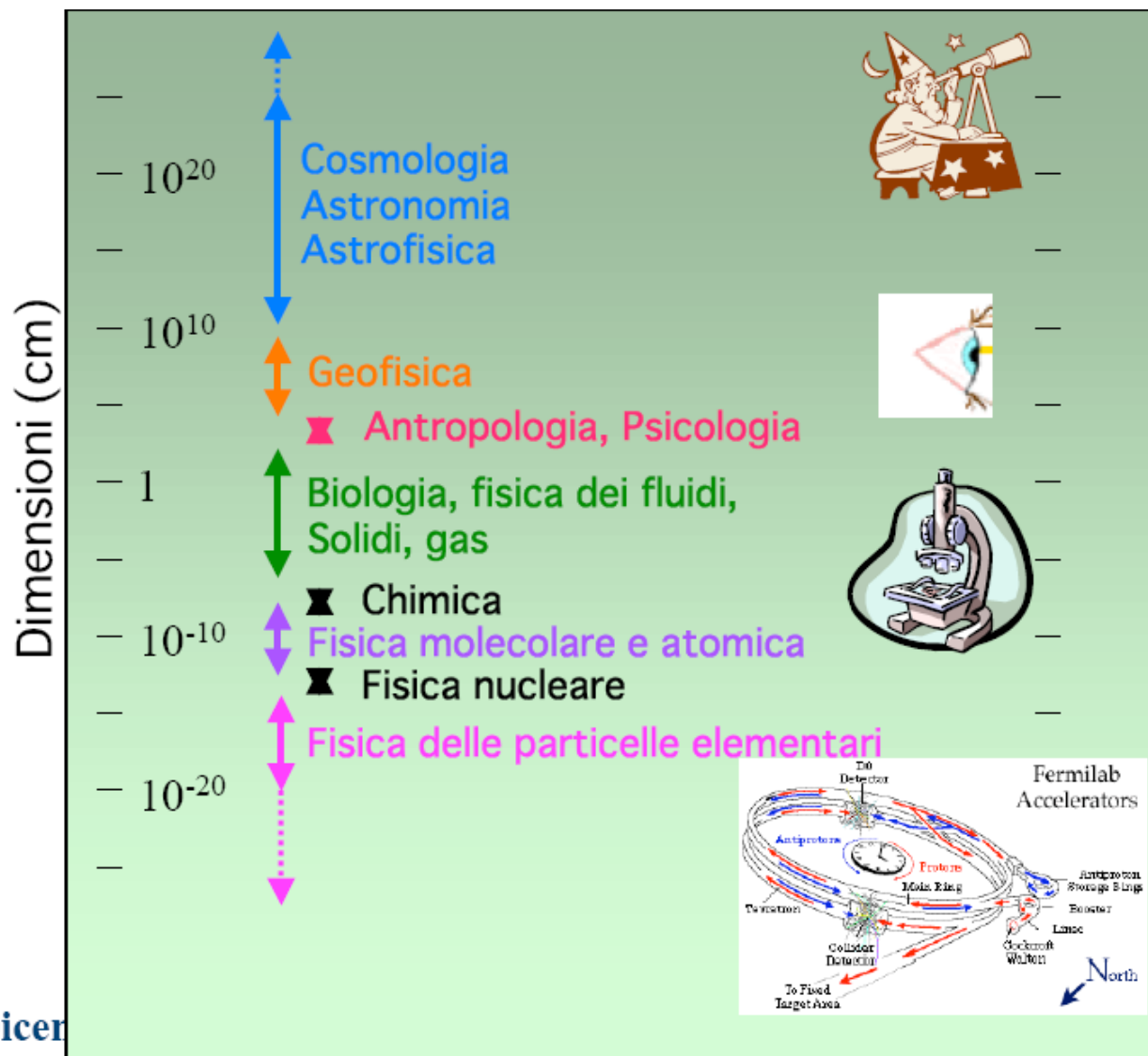
1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12	13	14	15	16	17	18										
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	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	111	112	113					
Fr	Ra	+Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hs	Mt	110	111	112	113					



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

Einstein in the 21st Century

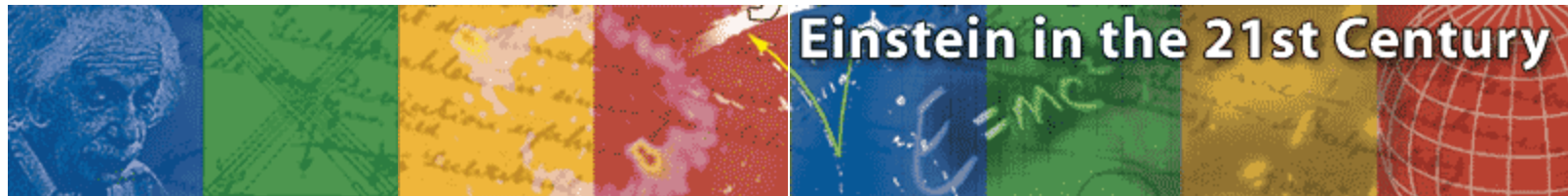
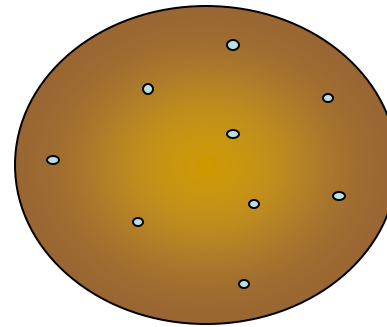
Un confronto dimensionale



Il mondo delle particelle:

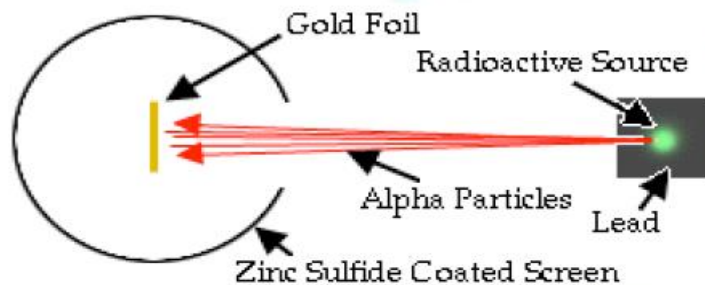


1900

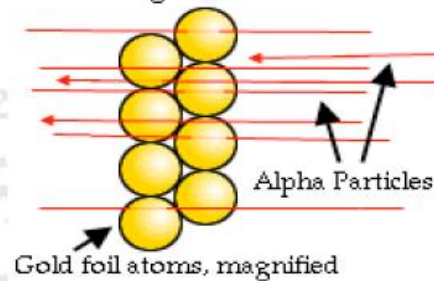


Einstein in the 21st Century

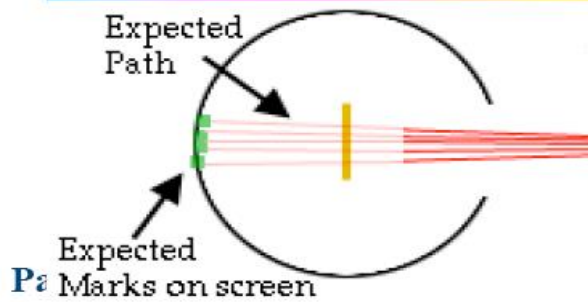
La struttura del nucleo:



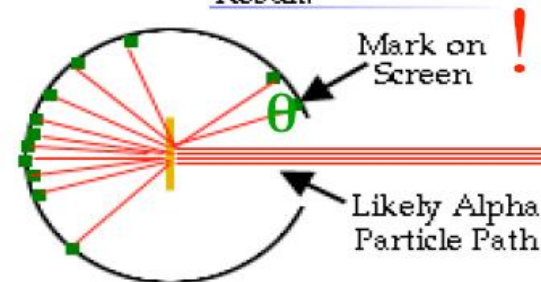
Detail of Gold Foil
According to old Atom Model



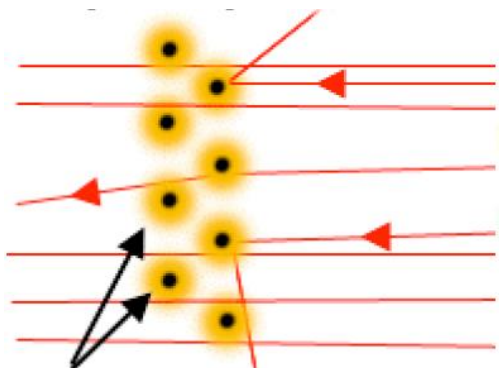
The Predicted Result:



Result:



Patrizia Azzi

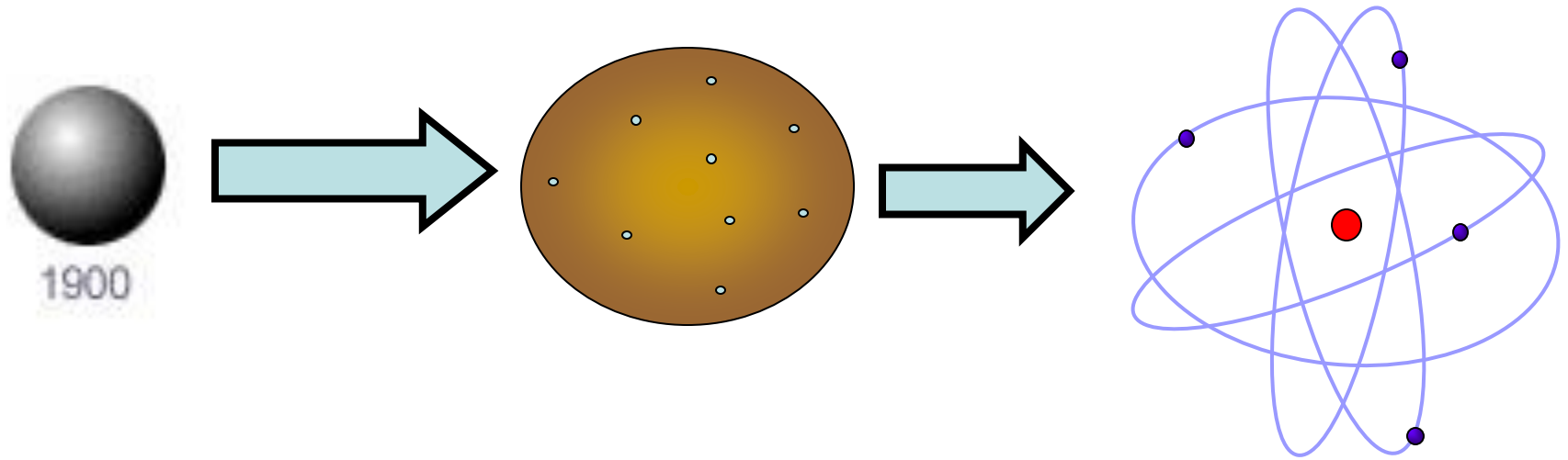


Gold Foil Atoms, magnified

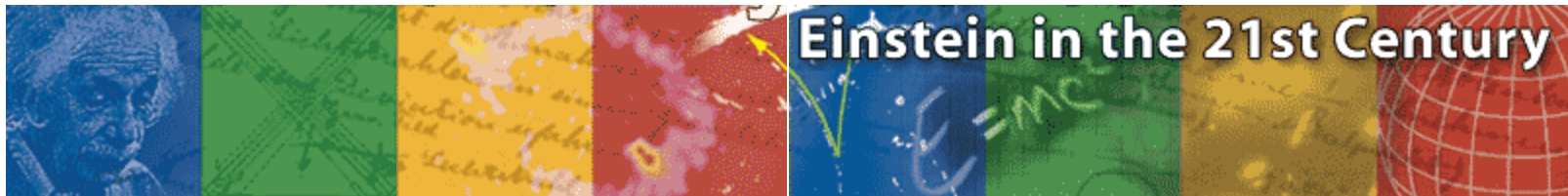
Conclusione

L'atomo contiene un nucleo di carica positiva di dimensione $<10 \text{ fm}$ [$1 \text{ fm} = 10^{-13} \text{ cm}$]!!!

Il mondo delle particelle (2° episodio):

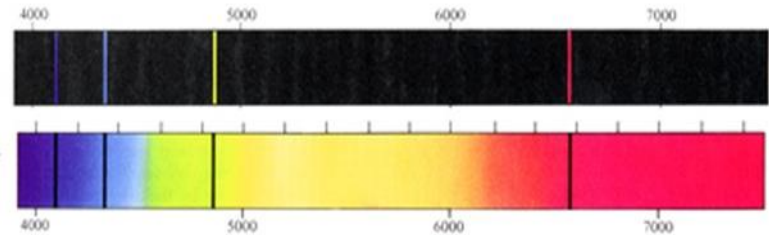


Modello planetario di Rutherford

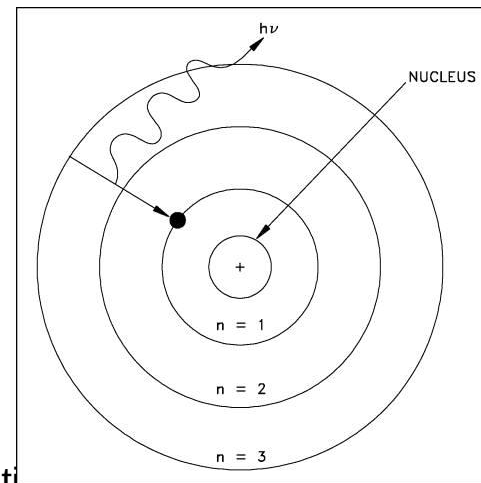


Il linguaggio della fisica sta cambiando:

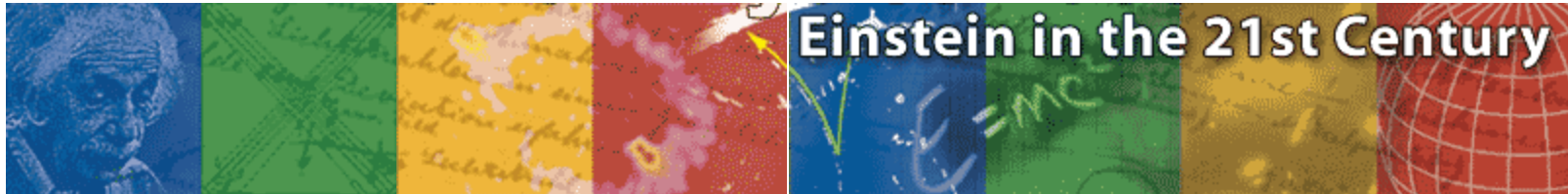
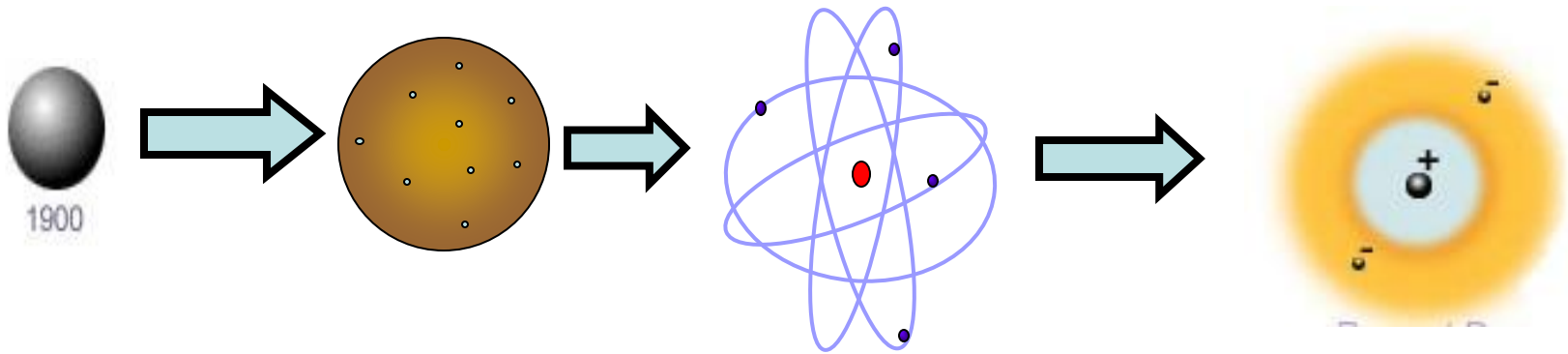
- Crisi del modello di Rutherford.
- (Stabilità degli atomi, spettro di emissione)
- Dalla fisica classica alla fisica quantistica..
- Cambia il modo in cui viene rappresentata la realtà!!



*Per spiegare le righe nello spettro dell'atomo di idrogeno, **Bohr** ipotizza che l'elettrone possa stare solo su orbite fisse, sulle quali non irradia. Quando passa da una traiettoria all'altra irradia un fotone con frequenza proporzionale alla sua energia.*

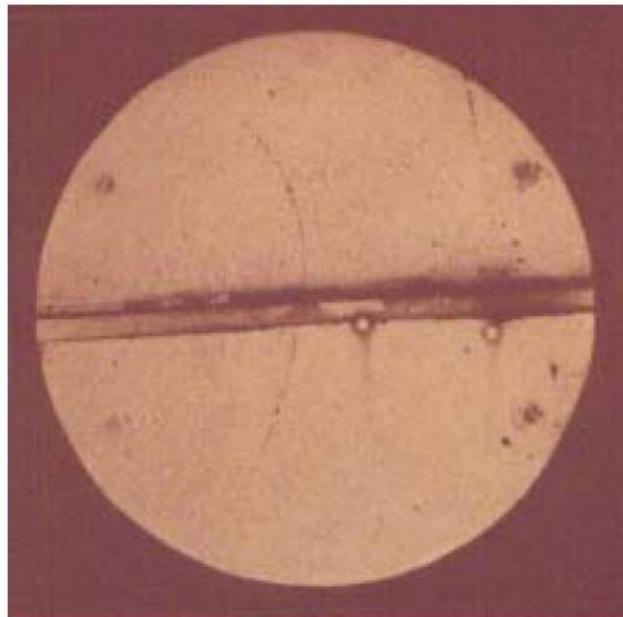


Il mondo delle particelle (3° episodio):



I raggi cosmici e la scoperta del positrone

...Il programma di ricerca negli anni '20 era raccogliere tutte le possibili informazioni sulla radiazione che giunge alla terra dal cosmo per studiarne la natura...



18/02/2025

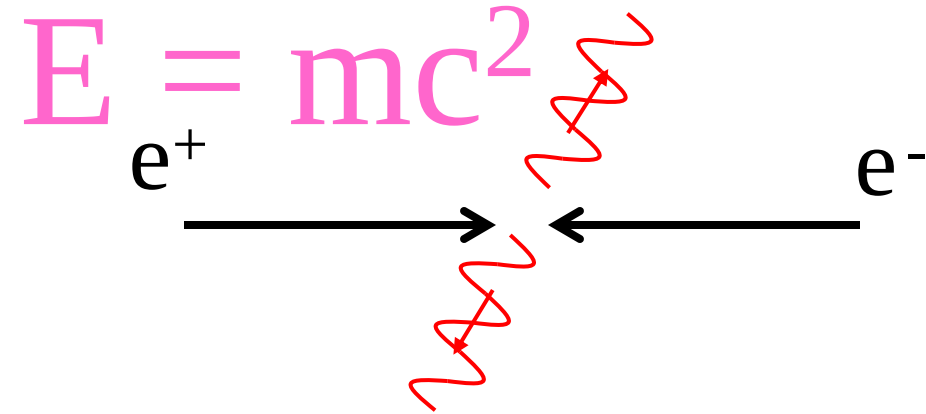
F. Conventi

(Meccanica quantistica + relatività)

Paul Dirac predisse l'esistenza del positrone già nel 1928

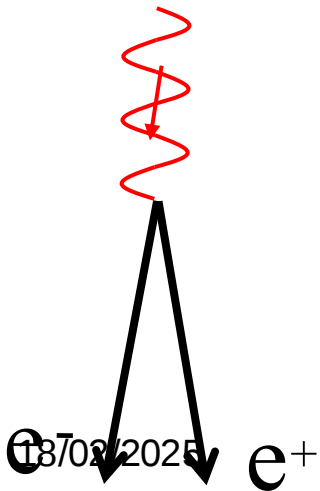
*La teoria di Dirac prevede :
positron mass = electron mass
positron charge = +e*

Cosa è l'antimateria?

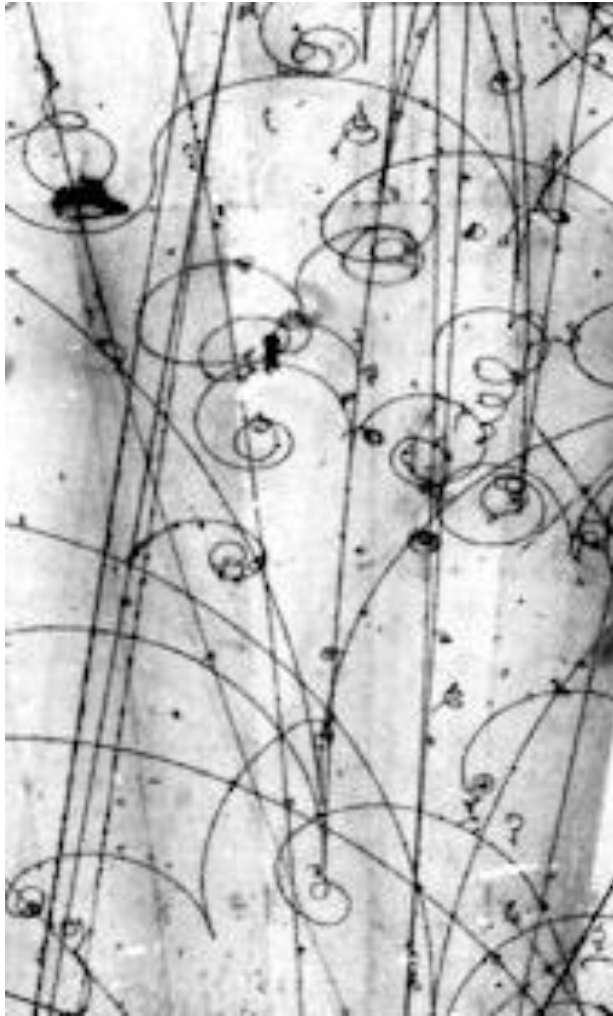


Quando una particella ed un'antiparticella interagiscono si annichilano producendo energia

Anche il processo inverso è possibile: Un fotone decade in una coppia elettrone-positrone!!



Cosa è l' antimateria?



L'idea dell'antimateria appare alquanto bizzarra. L'universo, per come lo conosciamo, appare composto da sola materia!

Tuttavia esistono da tempo prove sperimentali che mostrano l'esistenza di antimateria!

Se materia e antimateria sono esattamente uguali ma opposte nelle loro quantità fondamentali perché esiste questo disequilibrio tra materia ed antimateria in natura?

Bene, questo è uno dei quesiti ancora aperti...



Il neutrone James Chadwick (1932)

1930 Bothe e Becker bombardano il berillio con particelle alfa e scoprono che dal berillio esce una radiazione neutra e molto penetrante. Due anni dopo, Frédéric Joliot e Irène Curie ripetono l'esperimento e riescono a dimostrare che escono delle particelle neutre in grado di espellere i protoni dalla paraffina;

1932 **Chadwick** identifica come particelle simili ai protoni, ma senza carica elettrica, e le chiama "neutroni"!!

Il nucleo è formato da protoni e neutroni!!



Cosa tiene insieme i neutroni e i protoni presenti nel nucleo?

Qual è l'origine dei fenomeni di radioattività?



L'ipotesi dell'esistenza del *neutrino* (ν)

Il neutrone risulta essere instabile!

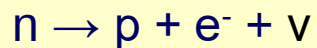


Quale forza provoca questo fenomeno?

La disintegrazione dei nuclei si pensò fosse dovuta a una interazione di cui **Fermi** aveva gettato le basi teoriche nel 1934.

Ma l'energia e il momento non sono conservati in questa reazione!!

Si pensò ad particella neutra e senza massa che avesse sottratto dopo la reazione le quantità mancanti.



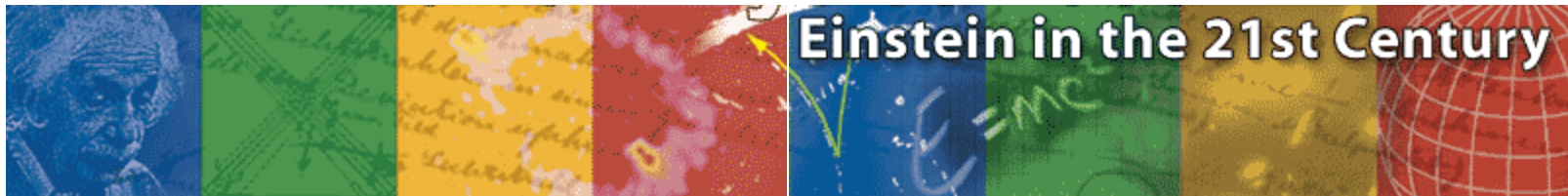
Fu scoperto solo 29 anni più tardi

Altre particelle!!

Lo studio delle interazioni dei raggi cosmici porto' alla scoperta di un grande numero di nuove particelle:

- 1931 - Il positrone (e^+)
- 1936 - il muone (μ)
- 1947 - Pioni, kaoni, iperoni

Nello stesso tempo la tecnologia necessaria per la costruzione di acceleratori di particelle in laboratori avanza rapidamente

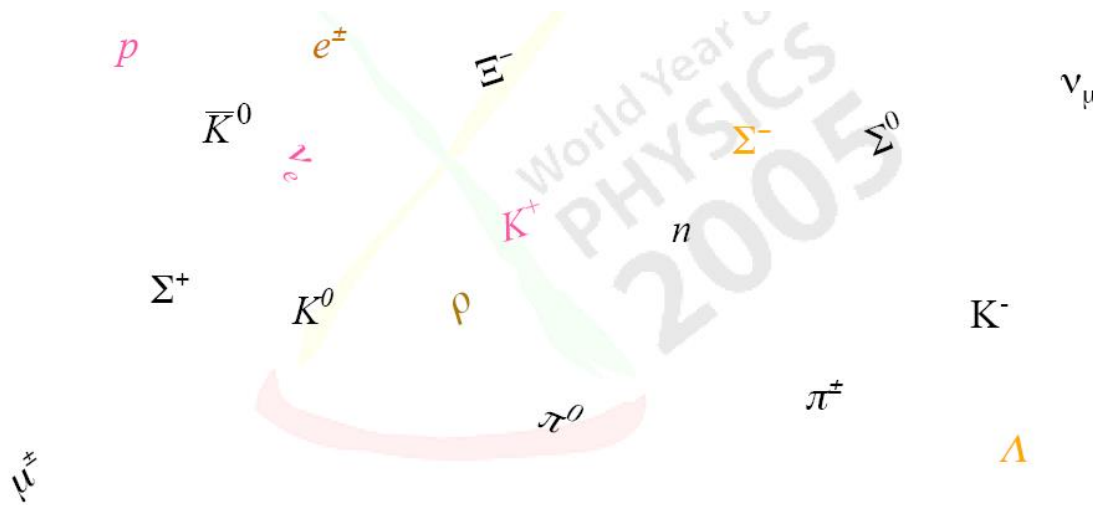


Troppe particelle!!

Gli esperimenti con acceleratori di particelle riveleranno che il mondo delle particelle è molto ricco!!

Nuove particelle simili ai protoni ed ai neutroni (chiamate barioni) e una famiglia di nuove particelle (mesoni) furono rivelate.

Nei primi anni '60 sono già identificate circa 100 particelle!!

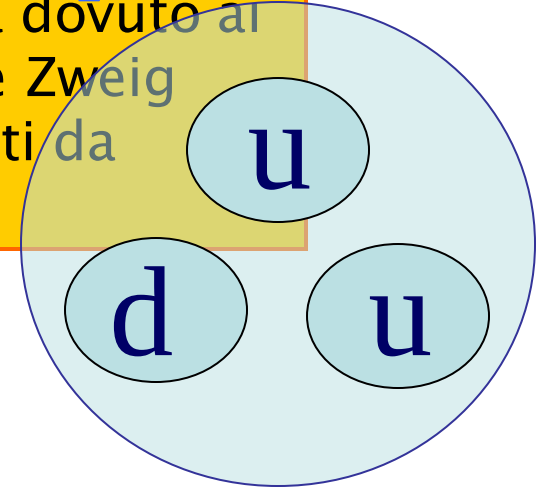


L'idea dei mattoni fondamentali sembra sfumare..

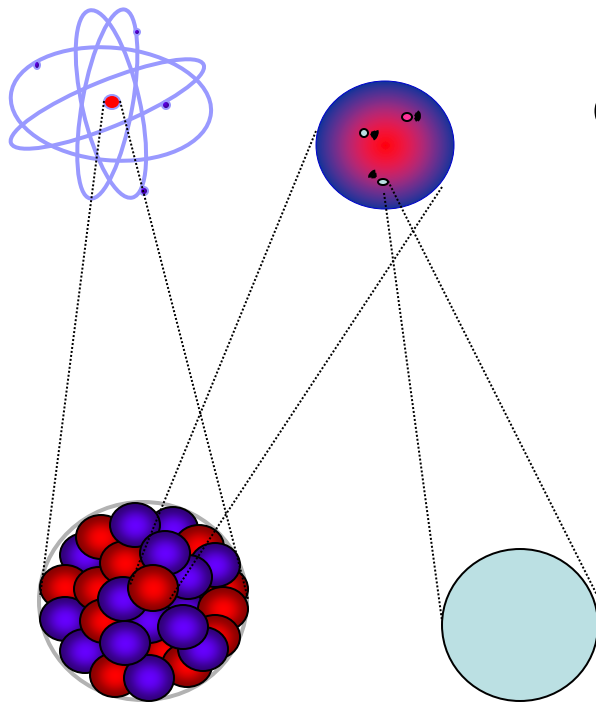
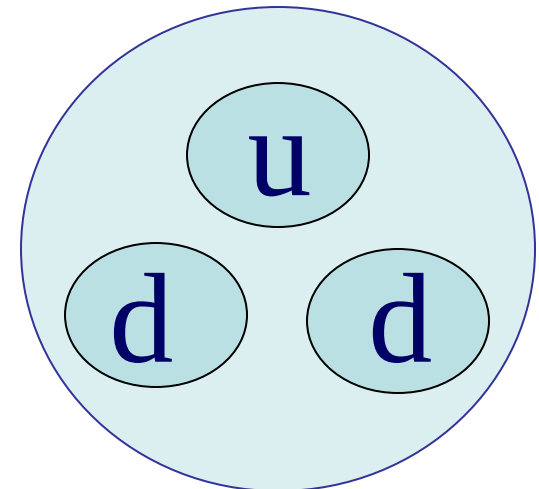
Mettiamo un po di ordine..

Proprio come l'ordine della tavola periodica era dovuto ai tre componenti fondamentali, così Gell-Mann e Zweig proposero che tutti gli "adroni" fossero costituiti da oggetti che vennero chiamati "quarks"!!

protone



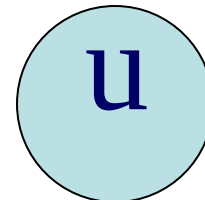
neutrone



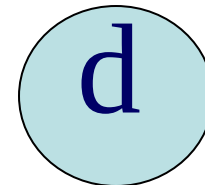
carica

$$+\frac{2}{3}e$$

quarks



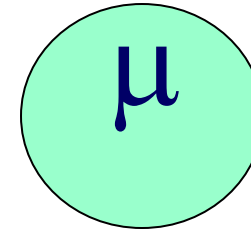
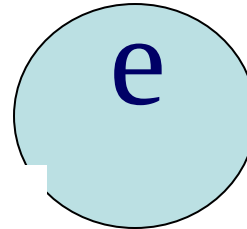
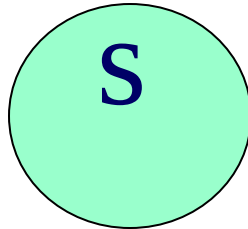
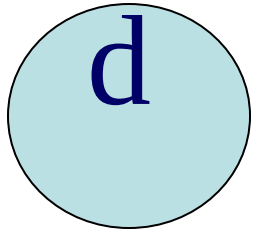
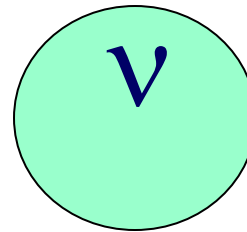
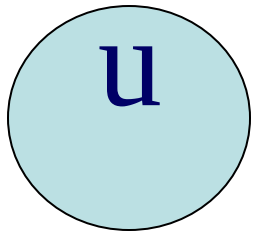
$$-\frac{1}{3}e$$



I quarks sono solo un trucco?

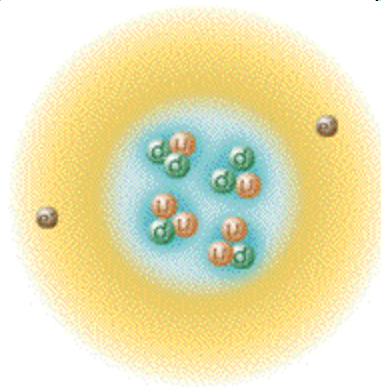
Questa descrizione e' molto interessante, ma i quarks così definiti sono solo entità matematiche (linguaggio) che facilitano la classificazione e lo studio delle particelle.

Le particelle elementari nel 1963



quarks

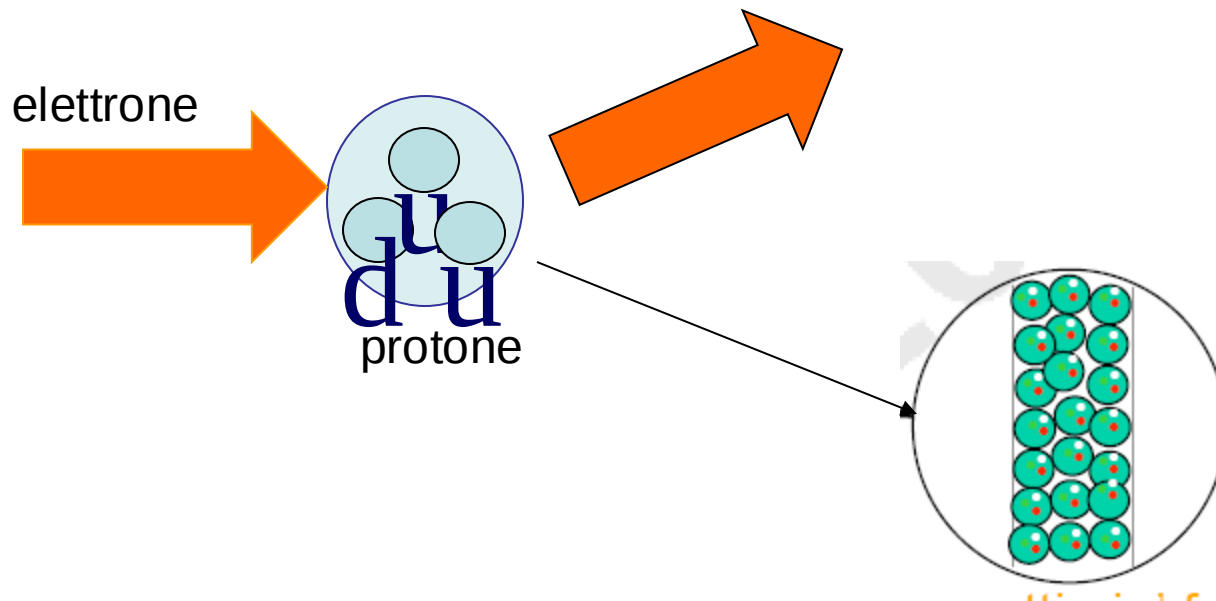
leptoni



I quarks sono solo un trucco?

**Un esperimento confermerà la loro
esistenza!!!**

Proviamo a ripetere l'esperimento di Rutherford ad energie MOLTO più alte..



**Questo esperimento mostrò la struttura interna del
protone. I suoi costituenti sono identificati con i quarks**

Foto di famiglia al completo..(?!)

u

c
1976

t
1995

d

s
1947

b
1978

6 quarks

ν_e
1956

ν_μ
1963

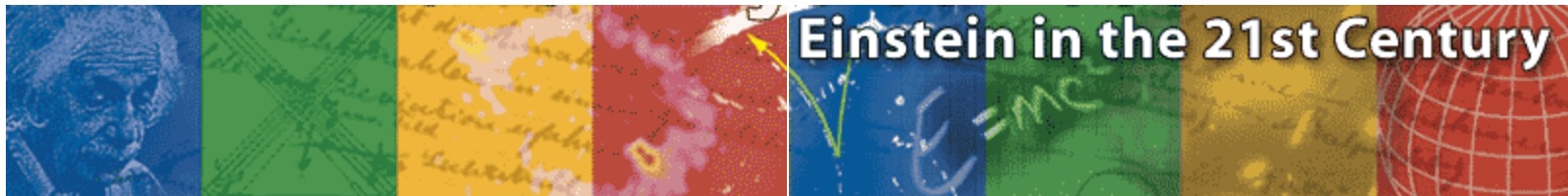
ν_τ
2000

e
1895

μ
1936

τ
1973

6 leptoni



E adesso che abbiamo i mattoni?

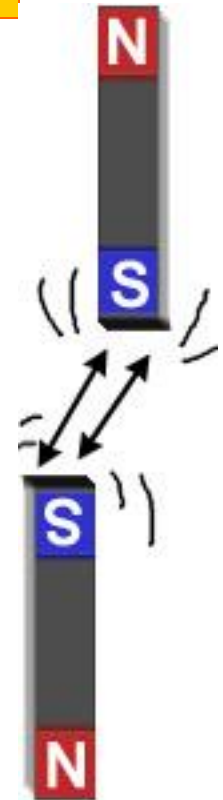
L'universo che conosciamo esiste perché le particelle fondamentali interagiscono!

Abbiamo un linguaggio che ci consente di descrivere il mondo delle particelle?

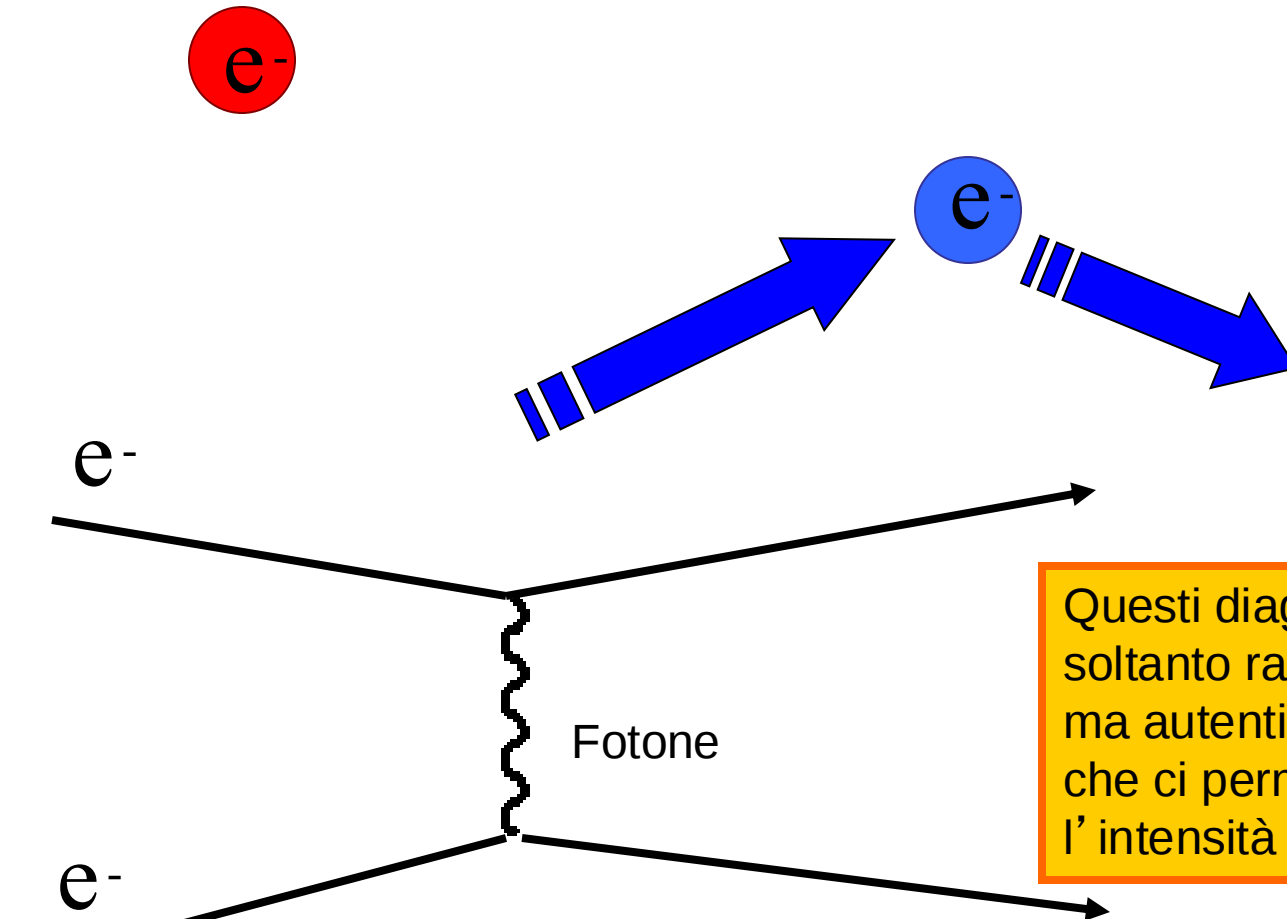
Meccanica quantistica + teoria della relatività
Meccanica quantistica relativistica.

Tutte le interazioni che riguardano le particelle materiali sono dovute ad uno scambio di **mediatori di forza** (interazione a distanza)

- Quelle che noi chiamiamo comunemente "forze" sono gli effetti dei mediatori di forza sulle particelle materiali.

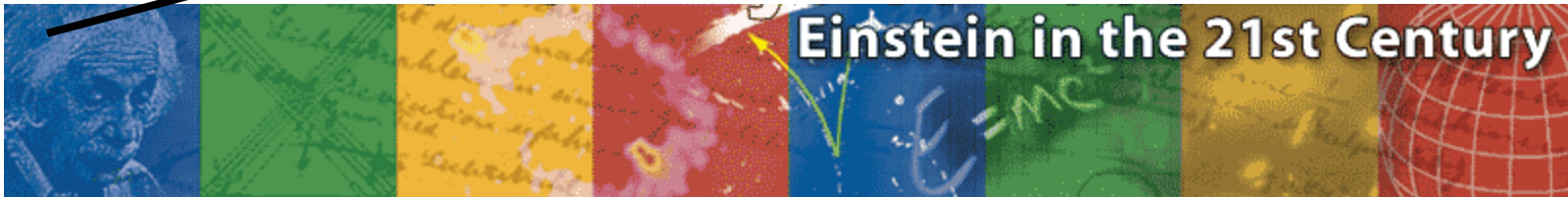


La descrizione delle interazioni



Questi diagrammi non sono soltanto rappresentazioni grafiche ma autentiche formule matematiche che ci permettono di calcolare l'intensità dell'interazione.

Einstein in the 21st Century



La forza elettromagnetica

- Molte delle forze che sperimentiamo ogni giorno sono dovute alle interazioni elettromagnetiche nella materia: tengono assieme gli atomi e i materiali solidi
 - la carica elettrica (positiva/negativa) e il magnetismo (nord/sud) sono diverse facce di una stessa interazione, l'elettromagnetismo.
 - cariche opposte, per esempio un protone e un elettrone, si attirano, mentre particelle con la stessa carica si respingono.



- La particella mediatrice dell'interazione elettromagnetica si chiama fotone.
 - In base alla loro energia, i fotoni sono distinti come: raggi gamma, luce (visibile), microonde, onde radio, etc.

La forza gravitazionale

E' probabilmente la forza che ci è più familiare!



- Anche se la gravità agisce su ogni cosa, è una forza molto debole qualora le masse in gioco siano piccole
- La particella mediatrice di forza per la gravità si chiama gravitone: la sua esistenza è prevista ma non è ancora stata osservata

La forza forte

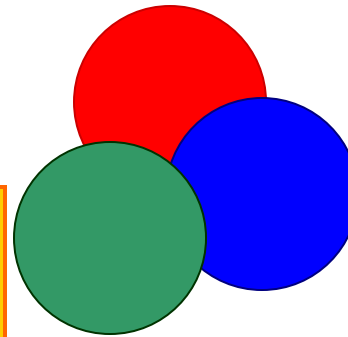
Perche' la repulsione elettromagnetica fra i protoni del nucleo non fa esplodere l'atomo?

Alcune particelle (i quarks) hanno una carica di un nuovo tipo: è stata chiamata **carica di colore**.

– Ogni quark puo' avere uno dei tre colori: **rosso**, **blu** o **verde**

• Tra particelle dotate di carica di colore l'interazione è molto forte, tanto da meritarsi il nome di **interazione forte**.

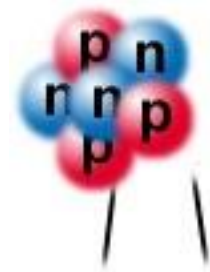
– La sua particella mediatrice è stata chiamata **gluone**: perche' “incolla” i quark fra di loro



Anti-rosso

Anti-blu

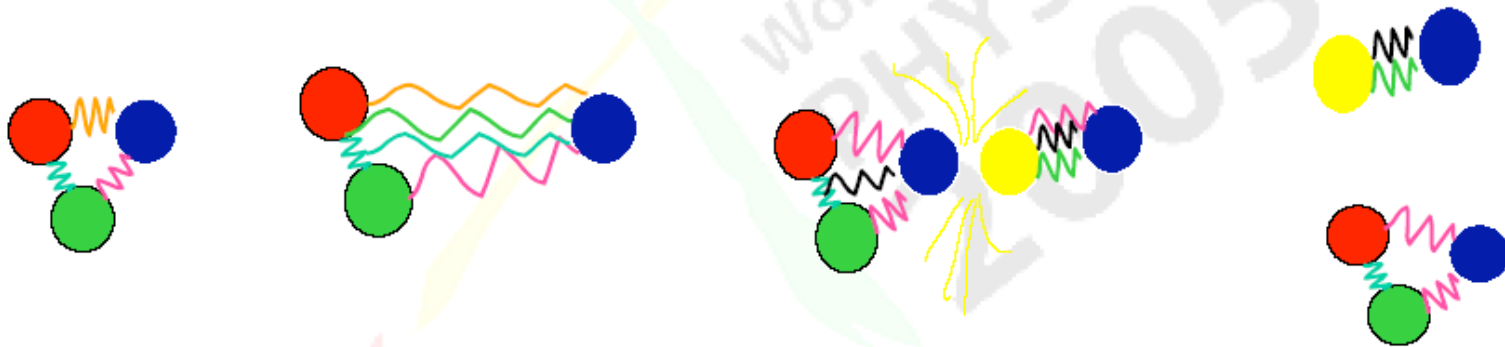
Anti-verde



Agli antiquark sono associati degli anticolori: Anti-rosso, anti-blu, ed anti-verde.

La forza forte

- La forza di colore diminuisce a piccole distanze e cresce al crescere delle distanze
- Cosa succede se si cerca di “spezzare” un adrone?
 - Se uno dei quark di un adrone viene allontanato dai suoi compagni, il campo di forza di colore "si allunga" per mantenere il legame.
 - In questa maniera cresce l'energia del campo di forza di colore, e cresce quanto più vengono allontanati i quark tra loro.



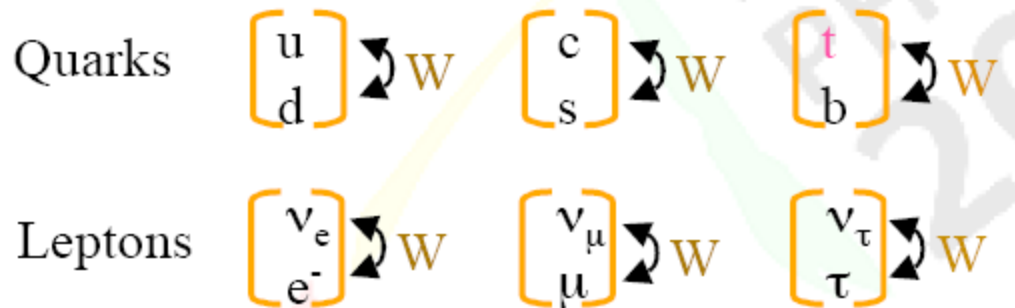
Energia del campo di colore cresce...

$E=mc^2$ sufficiente per creare un'altra coppia quark-antiquark

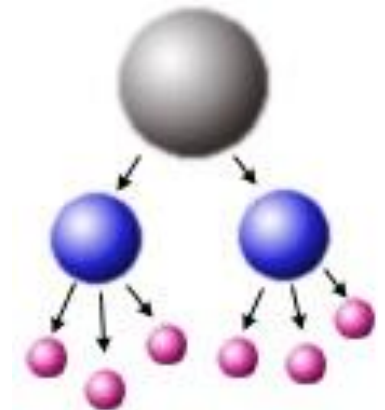
La forza debole

L'interazione debole e' responsabile del fatto che tutti i quark o leptoni decadono in particelle di massa minore

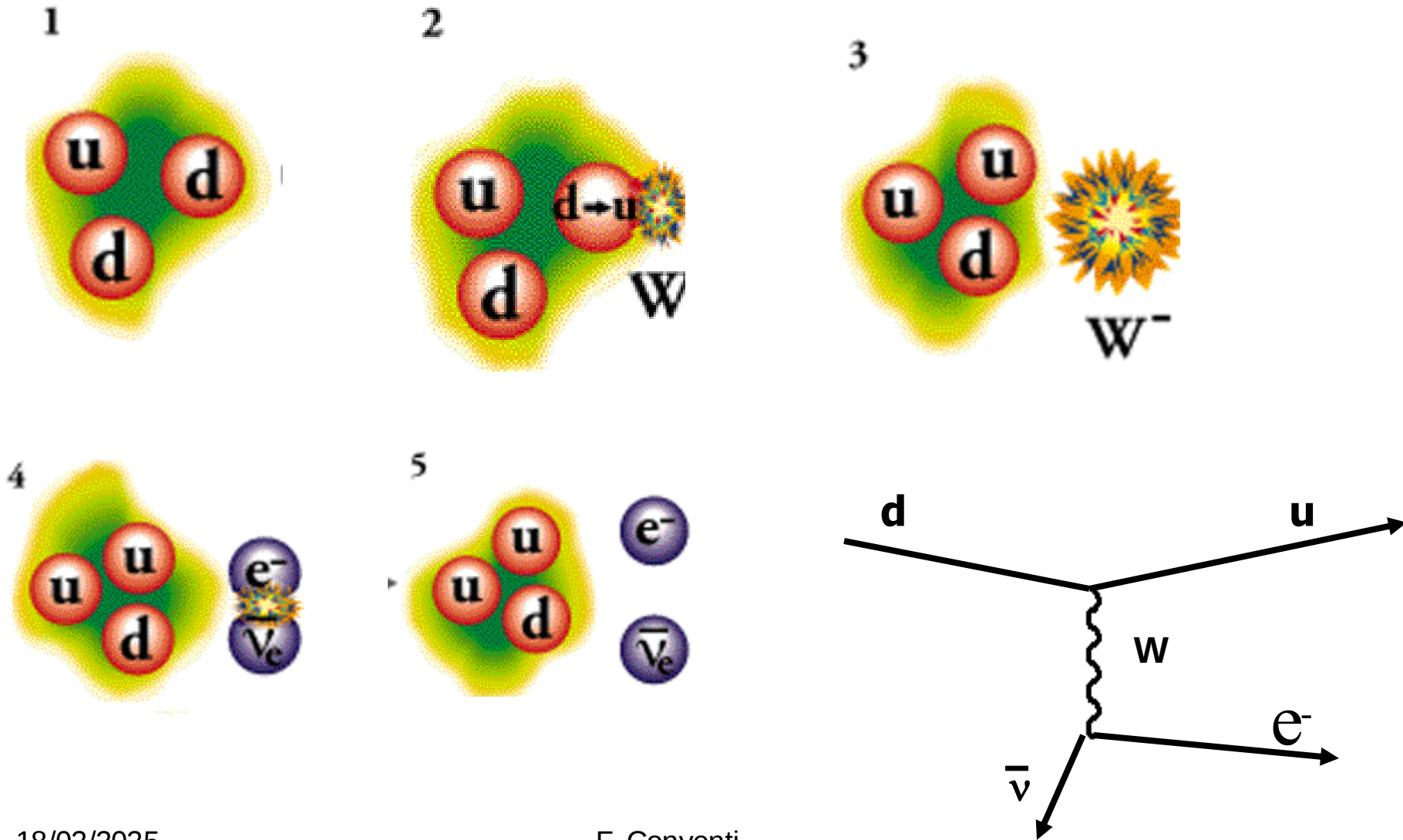
- I mediatori dell'interazione debole sono le particelle: W^+ , W^- e Z^0



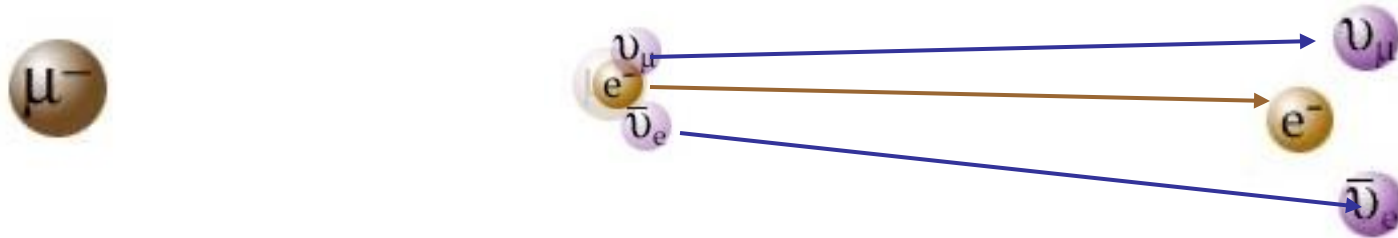
Cambiamenti di tipo (detto "sapore") governati dall'interazione debole



La forza debole: Decadimento del neutrone



La forza debole: Decadimento del muone



La radioattività BETA consiste in elettroni veloci!!

Yeeeeehaaaa!

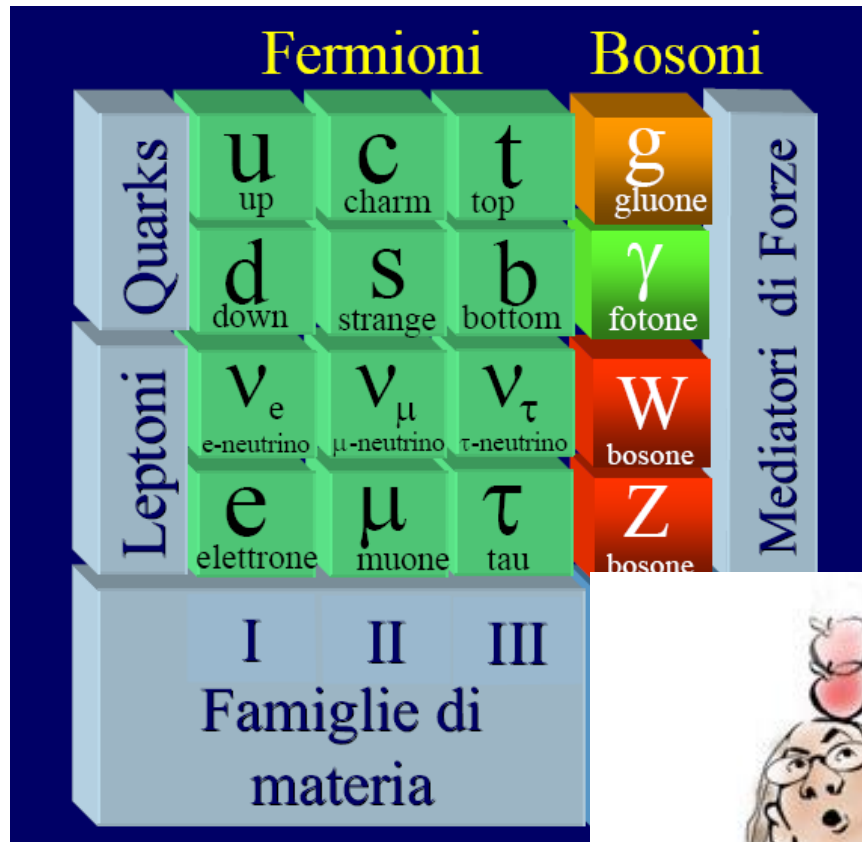


α

γ



Il Modello Standard



I fisici hanno elaborato una teoria, chiamata Modello Standard che vuole descrivere:

- tutta la materia
- tutte le forze dell'universo (escludendo per ora la gravità)

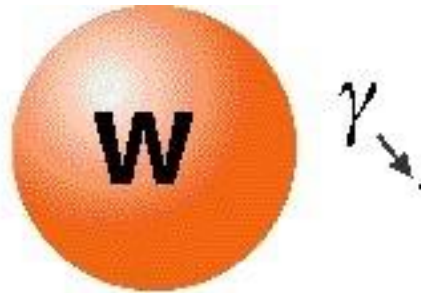
	Gravity	Weak	Electromagnetic	Strong
		(Electroweak)		
Carried By	Graviton (not yet observed)	$W^+ W^- Z^0$		Gluon
Acts on	All	Quarks and Leptons	Quarks and Charged Leptons and $W^+ W^-$	Quarks and Gluons

Il Modello Standard spiega tutto?

Circa 20 anni di ricerche sperimentali hanno mostrato la validità del Modello Standard con una precisione elevatissima!!

Molte questioni restano ancora aperte...

Ad esempio



Perché alcune particelle hanno una massa così grande ed altre hanno massa nulla?

Il Modello Standard spiega tutto?

Nel Modello Standard la massa delle particelle è dovuta all'esistenza della particella di Higgs!!

~~La massa di questa particella non è nota.
Non è stata ancora rivelata!!~~



<http://www.atlas.ch/news/2012/atlas-and-the-higgs.html>

18/02/2025

F. Conventi

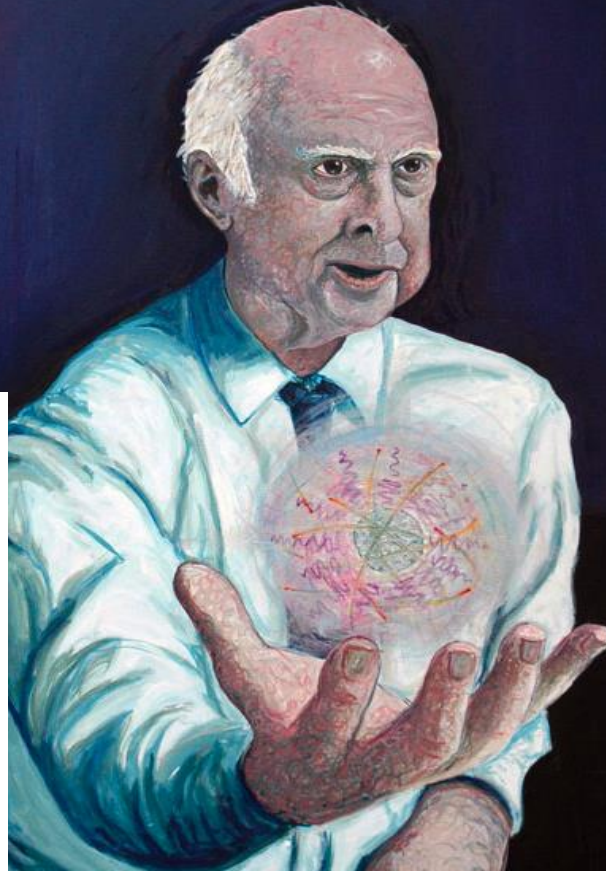
To understand the Higgs mechanism, imagine that a room full of physicists quietly chattering is like space filled only with the Higgs field...

... a well known scientist walks in, creating a disturbance as he moves across the room, and attracting a cluster of admirers with each step ...

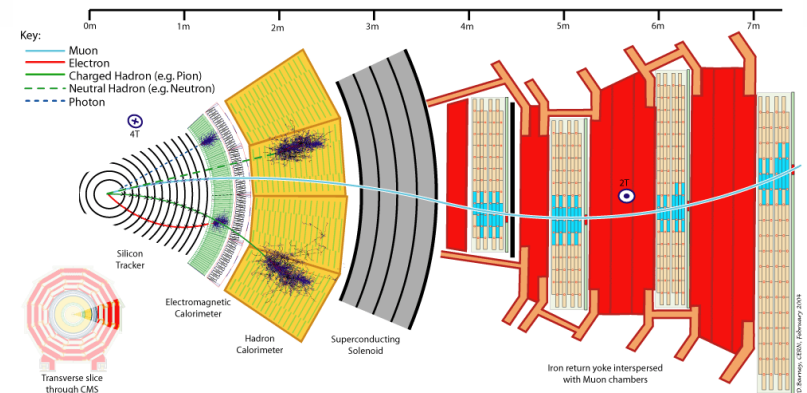
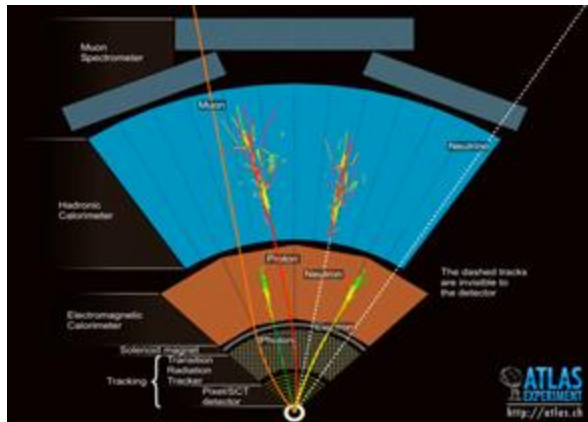
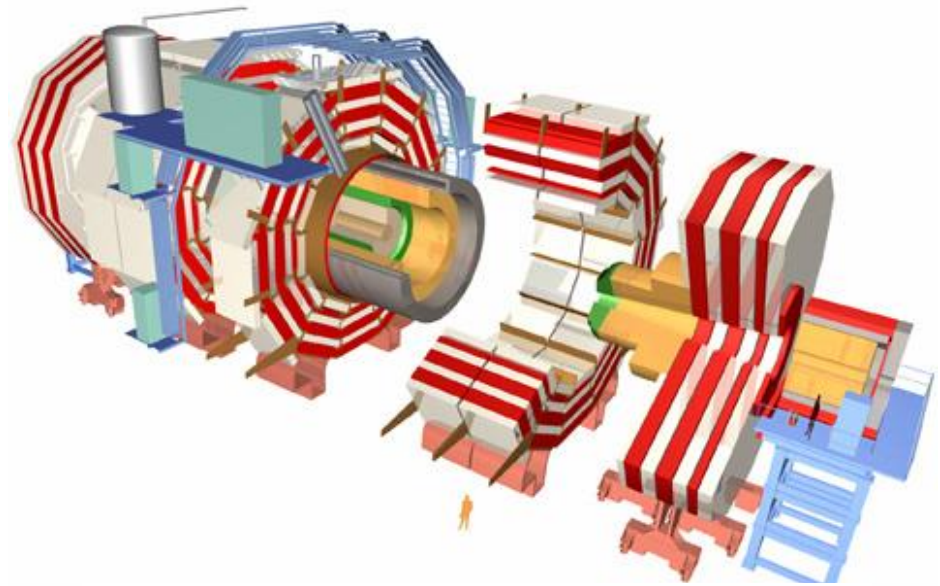
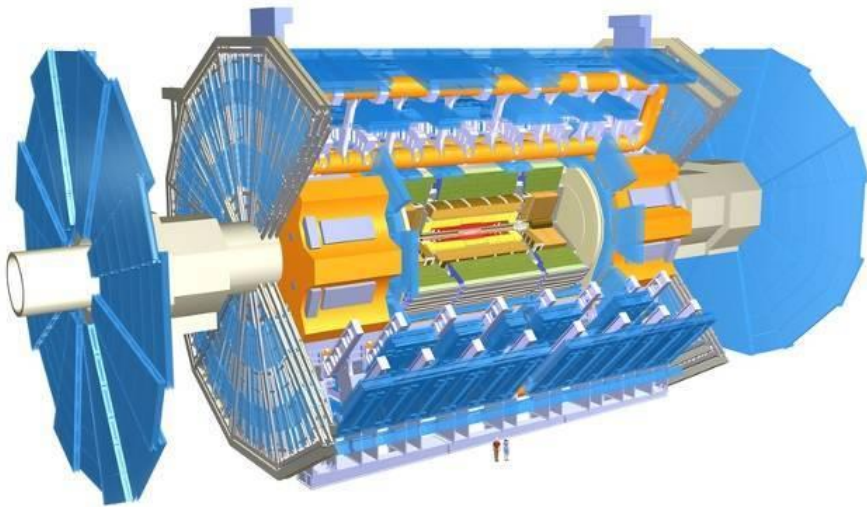
... this increases his resistance to movement, in other words, he acquires mass, just like a particle moving through the Higgs field ...

... If a rumour crosses the room ...

... it creates the same kind of clustering, but this time among the scientists themselves. In this analogy, these clusters are the Higgs particles.



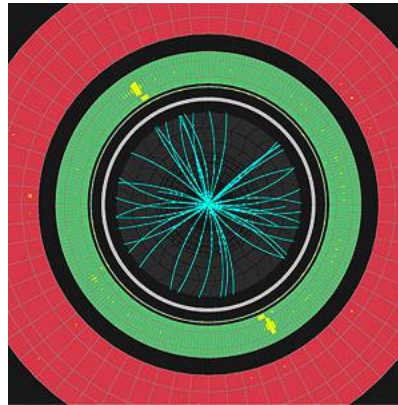
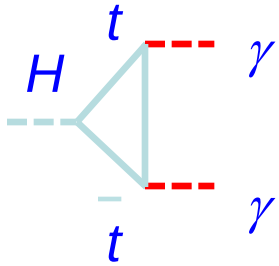
Atlas e CMS



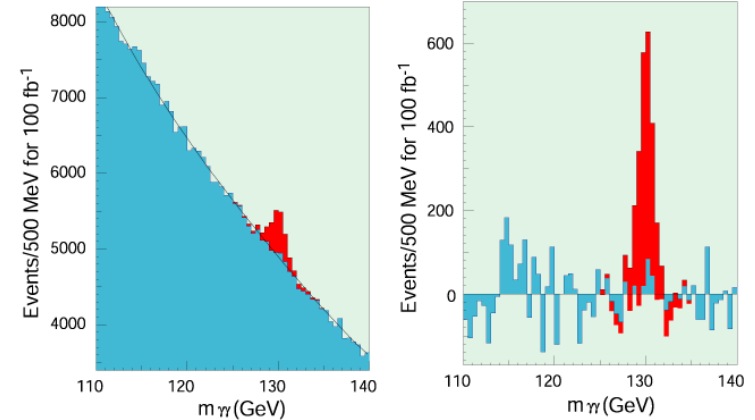
Higgs: stati finali $\gamma\gamma$ e $ZZ \rightarrow 4$ leptoni

Il processo fisico

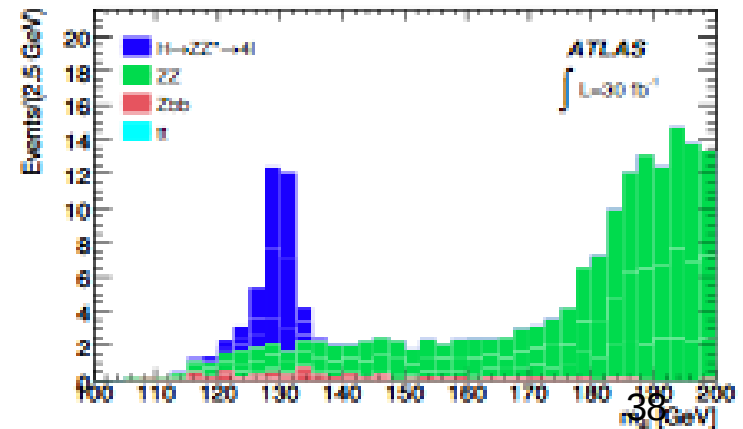
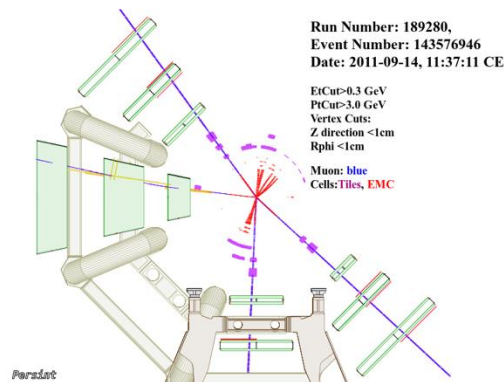
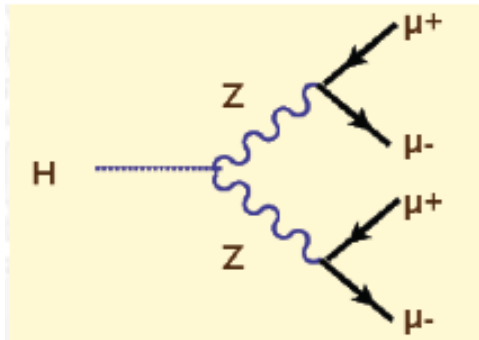
2 fotoni



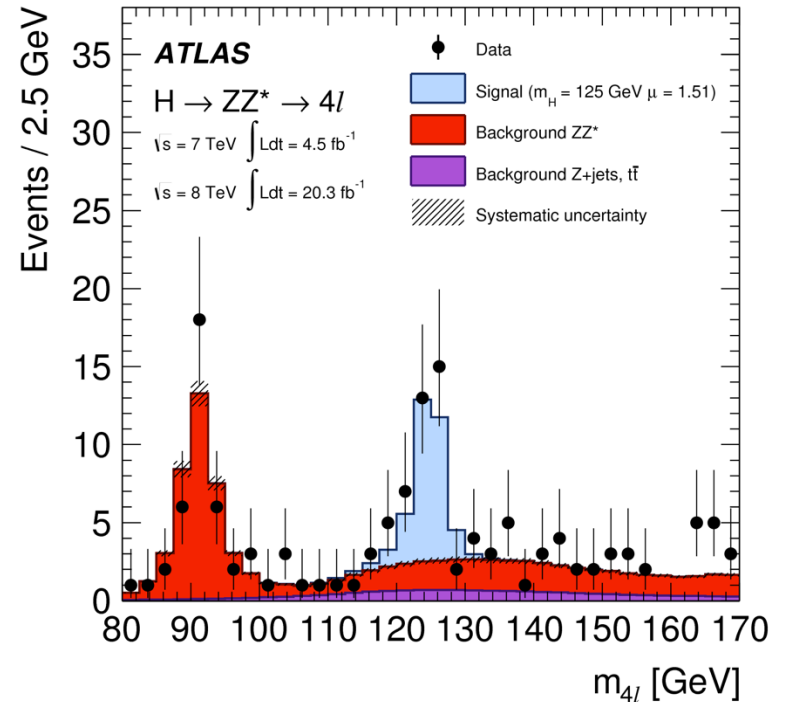
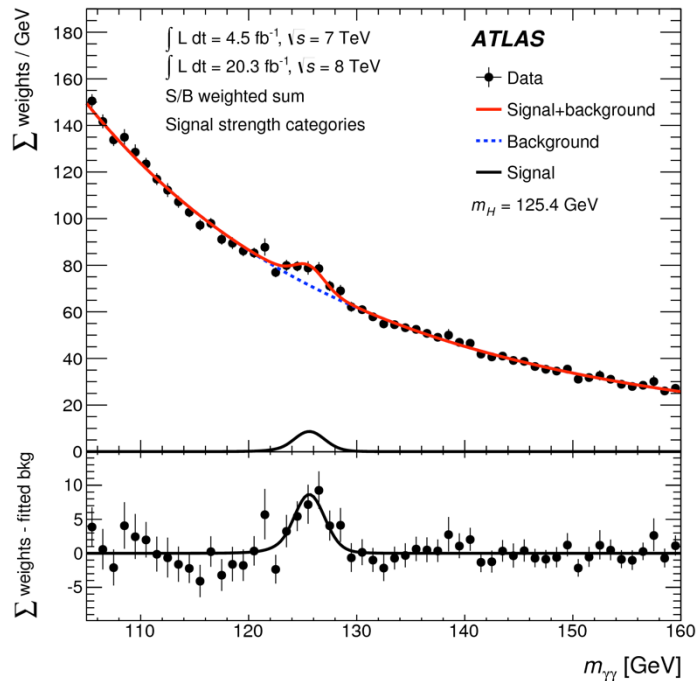
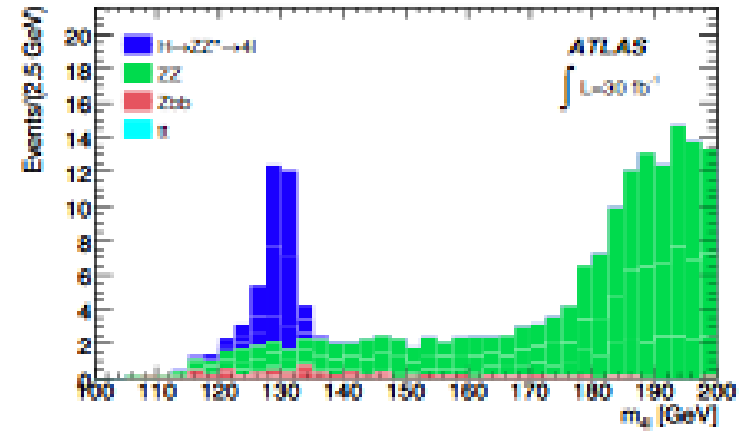
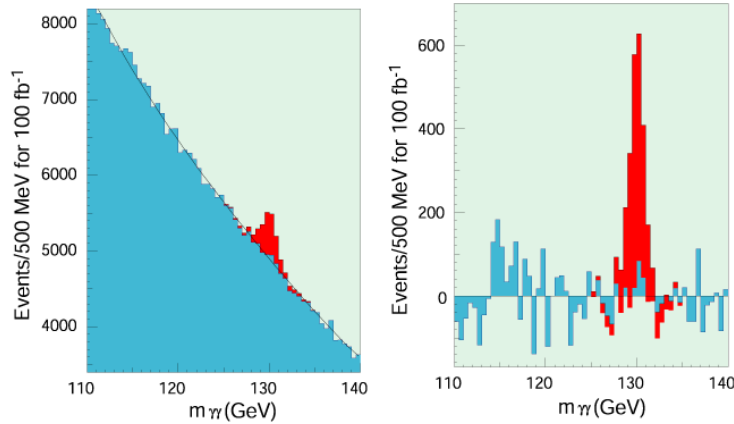
Cosa prevediamo di osservare



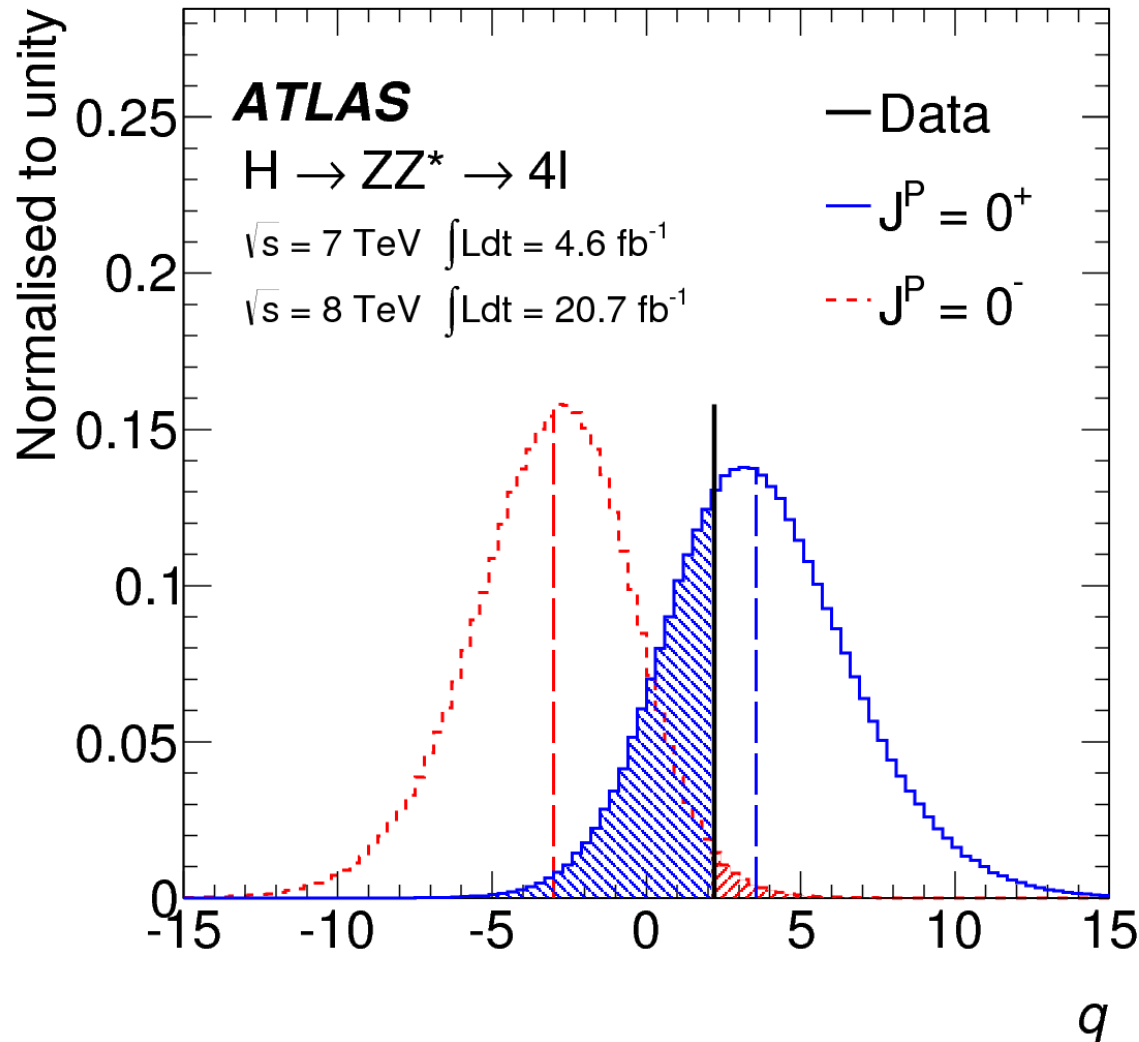
4 muoni



Osservazione di una nuova particella

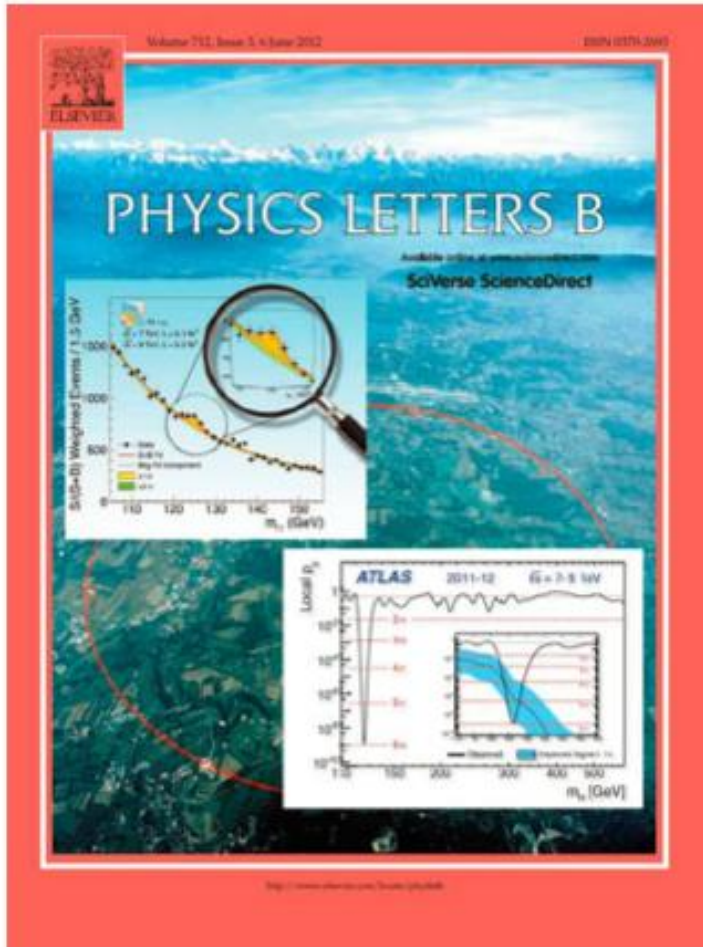


Lo spin della nuova particella



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

4/7/2012: *Osservazione di una nuova particella*



Phys. Lett. B 716 (2012) 1-29 (ATLAS)



Phys. Lett. B 716 (2012) 30-61 (CMS)

4/7/2012: *Osservazione di una nuova particella*

Esercizi:

- Perché ci sono **tre** famiglie di leptoni e di quarks?
- Perché **masse** così differenti?
- Esistono **altre particelle** fondamentali?
- I quarks e i leptoni sono **fondamentali** o sono oggetti composti ?
- Di che cosa è composta la **materia oscura** presente nell' universo?
- Come possiamo **unire la gravitazione** alle altre 3 forze fondamentali?

INFN su facebook

facebook

E-mail o telefono

Password

Accedi

Non ricordi più come accedere all'account?



INFN - Istituto
Nazionale di
Fisica Nucleare
@IstitutoFisicaNucleare

Home

Informazioni

Foto

Persone a cui piace

Video

Eventi

Post

Crea una Pagina



Mi piace

Condividi

Suggerisci modifiche

...

Invia messaggio

Foto



Organizzazione governativa



Piace a 15.655 persone

Informazioni

Mostra tutto

06 686 8162

www.infn.it/

Organizzazione governativa

Persone



Asimmetrie su facebook

facebook

E-mail o telefono

Password

Accedi

Non ricordi più come accedere all'account?



Asimmetrie -
rivista dell'Istituto
Nazionale di
Fisica Nucleare

@asimmetrieInfn

Home

Informazioni

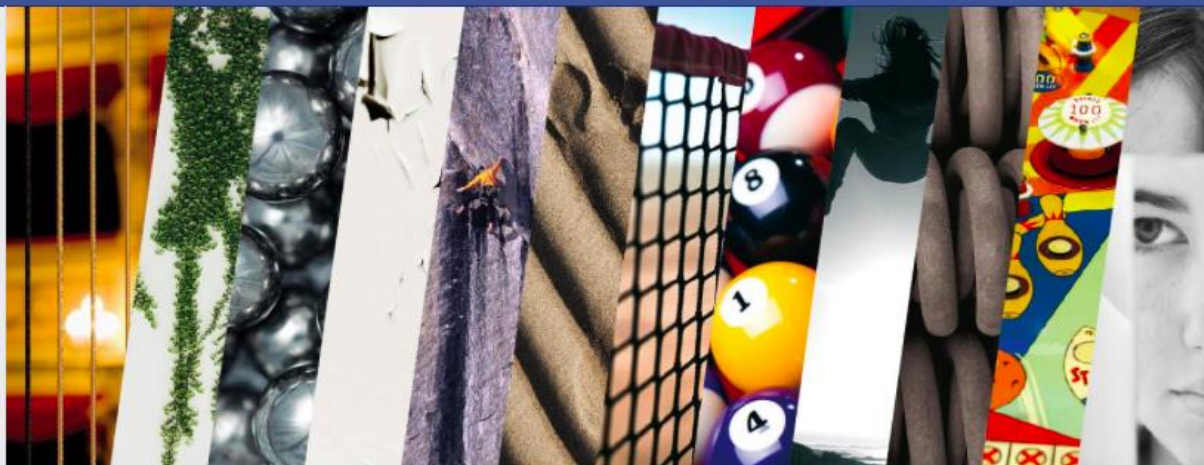
Foto

Persone a cui piace

Video

Post

Crea una Pagina



Mi piace

Condividi

Suggerisci modifiche

...

Iscriviti

Invia messaggio

Foto



Rivista

Cerca post in questa Pagina

Persone

>

2342 "Mi piace"

Informazioni

>

rivista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
(Infn)

Masterclasses su facebook

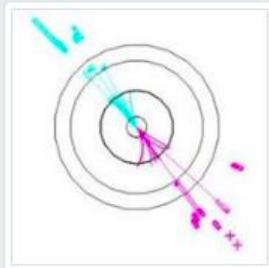
facebook

E-mail o telefono

Password

Accedi

Non ricordi più come accedere all'account?



International
Particle Physics
Masterclasses

@InternationalParticlePhysi
csMasterclasses

Home

Informazioni

Foto

Persone a cui piace

Post

Crea una Pagina



Mi piace

Condividi

Suggerisci modifiche



Invia messaggio

Foto

Little Things, Big Ideas

Henrico County Public Schools



Prodotto/servizio

Cerca post in questa Pagina

Persone



9621 "Mi piace"

Informazioni



This is the place where students, teachers, and physicists can meet to discuss particle physics events and event displays.

INFN su Tweeter

 Home Chi siamo

Cerca su Twitter 

[Hai un account? Accedi](#)





INFN Comunicazione
@UffComINFN
Ufficio Comunicazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Roma
infn.it
Iscritto a novembre 2009
121 foto e video

Tweet 1.101

FOLLOWING 333

FOLLOWER 4.599

MI PIACE 47

 Segui

Tweet Tweet e risposte Contenuti

 **INFN Comunicazione** @UffComINFN · 6 mar
ESPERIMENTI: Chimera è un multirivelatore dei Laboratori Nazionali del Sud, rivela le particelle...
[instagram.com/p/BRS02iABewt/](https://www.instagram.com/p/BRS02iABewt/)
  1  3

 **INFN Comunicazione** @UffComINFN · 3 mar
Un nuovo cuore per CMS e LHC si prepara a ripartire.

Nuovo su Twitter?
Iscriviti ora per ottenere la tua cronologia personalizzata!
[Iscriviti](#)

Potrebbero piacerti · [Aggiorna](#)

 **MEDIA INAF**
@mediainaf

 **Radio3 Scienza**
@Radio3scienza

INFN su Instagram



Instagram

Cerca

Scarica l'applicazione

Accedi



inf_n_insights

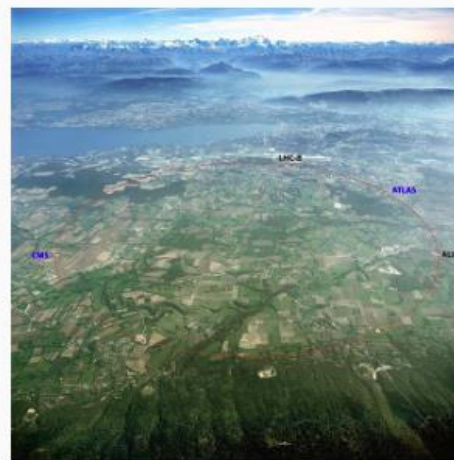
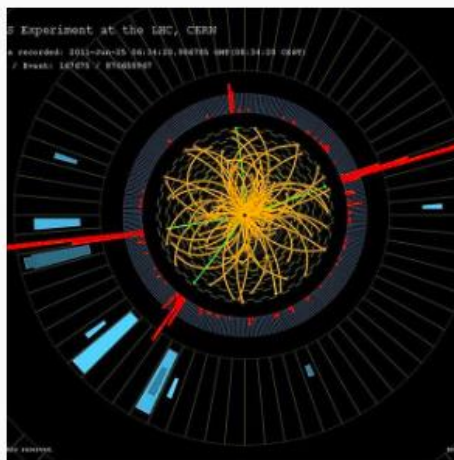
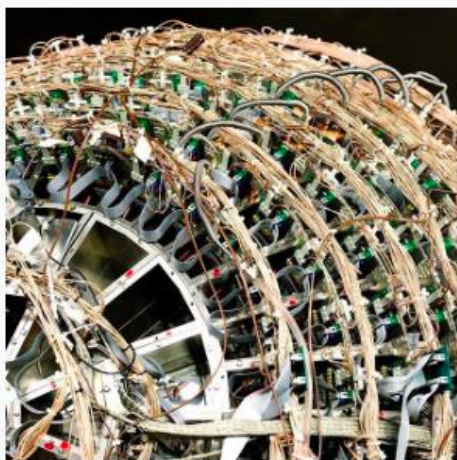
Segui

18 post

255 follower

48 persone seguite

INFN Con gli occhi puntati sull'infinitamente piccolo home.inf_n.it/it



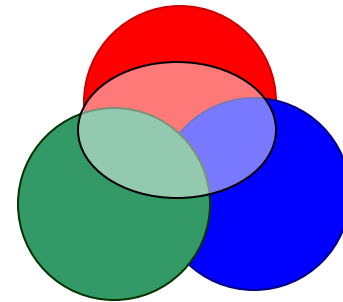
La strada verso la scoperta dell' elettrone

- 1795** Alessandro Volta realizza un dispositivo che produce energia elettrica da una comune reazione chimica.
- 1858** Geissler riuscì a costruire un tubo di vetro nel quale vennero introdotti gas a bassissime pressioni.
- 1860** Crookes effettuò esperienze con il tubo di Geissler inserendo nel tubo due lamine metalliche, collegandole ad un generatore di corrente continua ad elevato potenziale circa 30.000 V Scopri che si generava una luce con colori diversi in funzione del gas che usava.
Constatò la presenza di corpuscoli (raggi catodici) di materia capaci di muovere un mulinello posto sul loro cammino, la velocità è funzione del potenziale applicato agli elettrodi, hanno scarsa penetrazione, hanno carica negativa.
- 1895** Thomson lavorò sui raggi catodici e constatò come applicando un campo magnetico ed elettrico calcolò il rapporto tra la carica elettrica e la massa. Queste particelle vennero chiamate elettroni.

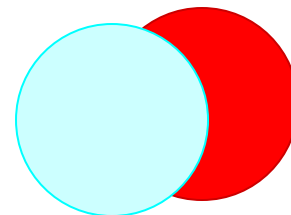
La forza forte

Le particelle con carica di colore (come i quark) non si possono trovare isolate ma solo in gruppi di colore “neutro” (adroni).

In un barione (3 quarks) una combinazione di rosso, verde e blu porta ad un colore neutro.



I mesoni sono neutri essendo una combinazione di quark-antiquark!



La forza forte

La carica di colore si conserva sempre.

- quando un quark emette o assorbe un gluone, il colore del quark deve cambiare, per conservare la carica di colore
- *Per esempio, consideriamo un quark rosso che diventa un quark blu ed emette un gluone rosso/anti-blu: il colore "netto" è sempre rosso.*

Un gluone porta una carica di colore ed una di anti-colore



Einstein in the 21st Century

