

Seminario divulgativo, LNF, 12 Marzo 2014

***L'UNIVERSO PRIMORDIALE
e LHC :
DUE ACCELERATORI
a confronto***

**Antonio Masiero
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
e
Universita' di Padova**

PROLOGO: *LA DOMANDA*

- **Complessita' degli oggetti:** e' possibile trovare qualcosa di **ELEMENTARE**, cioe' **NON COMPOSTO** da qualche altra cosa piu' piccola, da cui derivano gli oggetti che vediamo?
- **Complessita' delle forze** con cui interagiscono: e' possibile trovare una **UNIFICAZIONE** attraverso poche Forze Fondamentali, o addirittura un' **unica forza** da cui derivano tutte le varie interazioni tra gli oggetti che ci circondano

ATTO I

LA RISPOSTA DI DEMOCRITO

L' ATOMO DI DEMOCRITO

Democrito di Abdera (Tracia) 25 secoli fa:

Spezzettando la materia in frammenti sempre più piccoli si arriva ad una particella fondamentale, indistruttibile (**ATOMOS**: indivisibile in greco antico)

Gli atomi sono eterni e immutabili, esistono in varie forme e sono animati da un continuo movimento nello **SPAZIO VUOTO**

Gli atomi si incontrano **CASUALMENTE** vagando nel vuoto e costituiscono gli oggetti che vediamo



**Colui che
il mondo
A CASO pone
(Dante)**

ATTO II

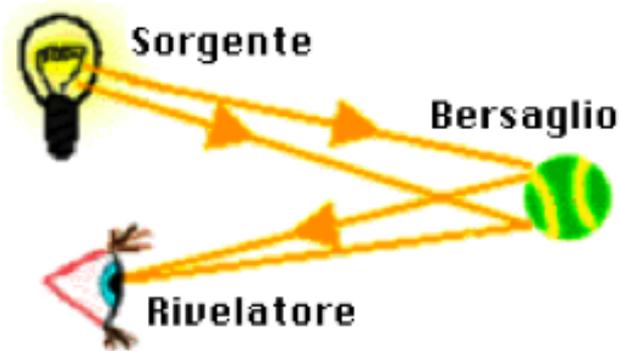
LE DOMANDE DI DEMOCRITO

- Esistono gli **ATOMI**, le particelle **ELEMENTARI** costituenti ultimi della materia? Se si', quali sono gli atomi nel 21° secolo?
- Gli atomi interagiscono tra loro attraverso **FORZE**: esistono alcune (poche) Forze Fondamentali ed esiste un principio che le **UNIFICHI**?
- Tra un atomo e l'altro ci deve essere l'assenza di atomi, il **VUOTO**. Cos' e' il vuoto del 21mo secolo, quello QUANTISTICO, cioè il vuoto descritto dalla Meccanica Quantistica?
- Tra CASO e NECESSITA': gli atomi di Democrito si scontrano e interagiscono **CASUALMENTE**: esiste una **teoria che "spieghi"** le interazioni degli atomi del 21° secolo?

PROVANDO E RIPROVANDO

- 2000 anni dopo i filosofi della natura greci che prediligevano il pensiero e la deduzione logica → **Bacone, Galileo, ...** fondano la scienza moderna basata sull' **ESPERIMENTO**: formulo una teoria e verifico la sua validità mediante degli esperimenti; oppure, raccolgo dei dati mediante opportune osservazioni e, grazie al ragionamento, pervengo ad inquadrare tali dati nel quadro di una teoria.
- **SCIENTIA EXPERIMENTALIS** contro l' autoritarismo culturale (e infatti Bacone, Giordano Bruno, Galileo pagano lo scotto per questo nuovo modo di cercare la verità)
- “**TELE-SCOPIO**” e “**MICRO-SCOPIO**” :
 - ↓
oggetti lontani
 - ↓
oggetti vicini (piccoli)

“**VEDERE**” PER
SCOPRIRE



Per vedere oggetti “piccoli”
occorrono onde “corte”.

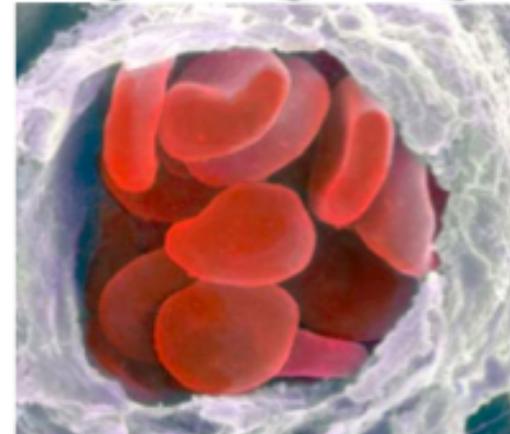
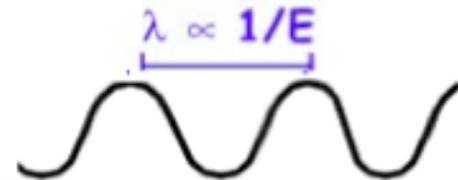
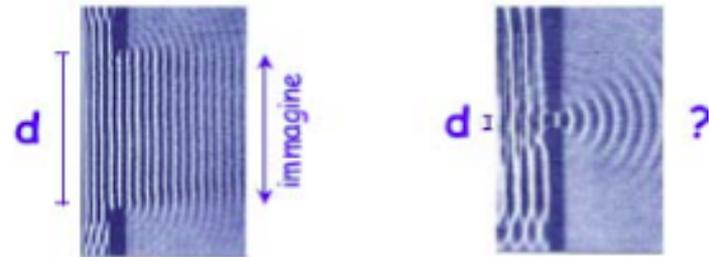


Più sono corte maggiore è la
“risoluzione” dell’immagine.

$$\lambda \ll d$$

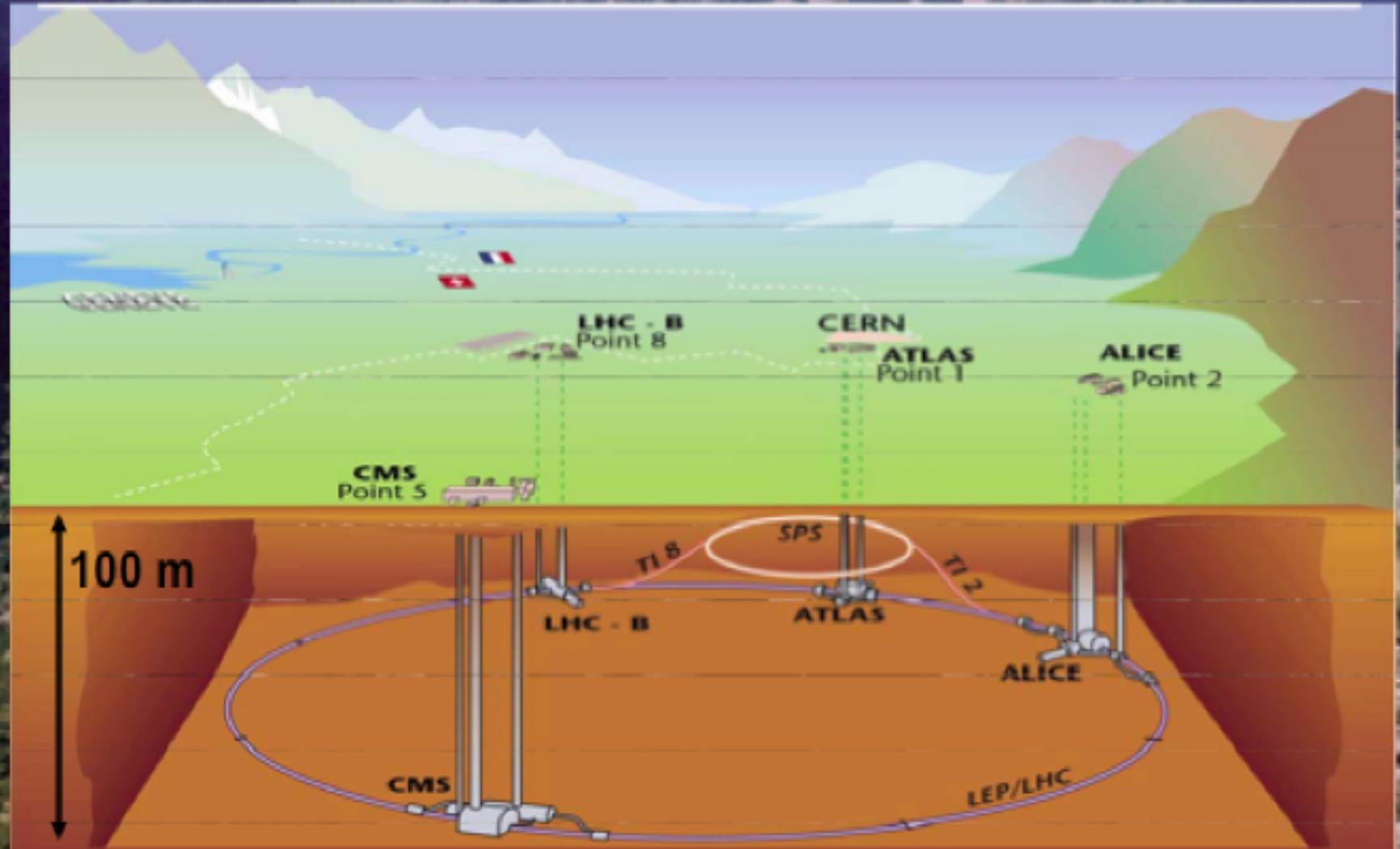
Le particelle si comportano come delle
onde con lunghezza d’onda inversamente
proporzionale alla quantità di moto

(dualismo onda-corpuscolo)



- Particelle con una grande quantità di moto possono "illuminare" oggetti piccoli
- Inoltre è possibile convertire l'energia liberata nell'urto fra particelle in nuove particelle più pesanti $E=mc^2$
- Lo studio delle collisioni ci aiuta a capire la natura della materia e delle forze

LHC at CERN



Collisioni a 14 TeV (milioni di milioni di eV)

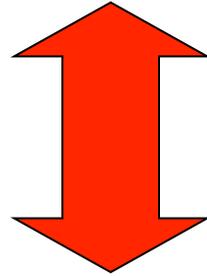


CMS

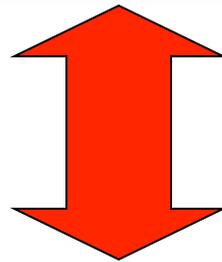
***La filosofia è scritta in questo
grandissimo libro che
continuamente ci sta aperto
innanzi a gli occhi (io dico
l'universo),... scritto in lingua
matematica, e i caratteri son
triangoli, cerchi, ed altre figure
geometriche...***

G. Galilei

SIMMETRIA (geometria)



LEGGI DI CONSERVAZIONE



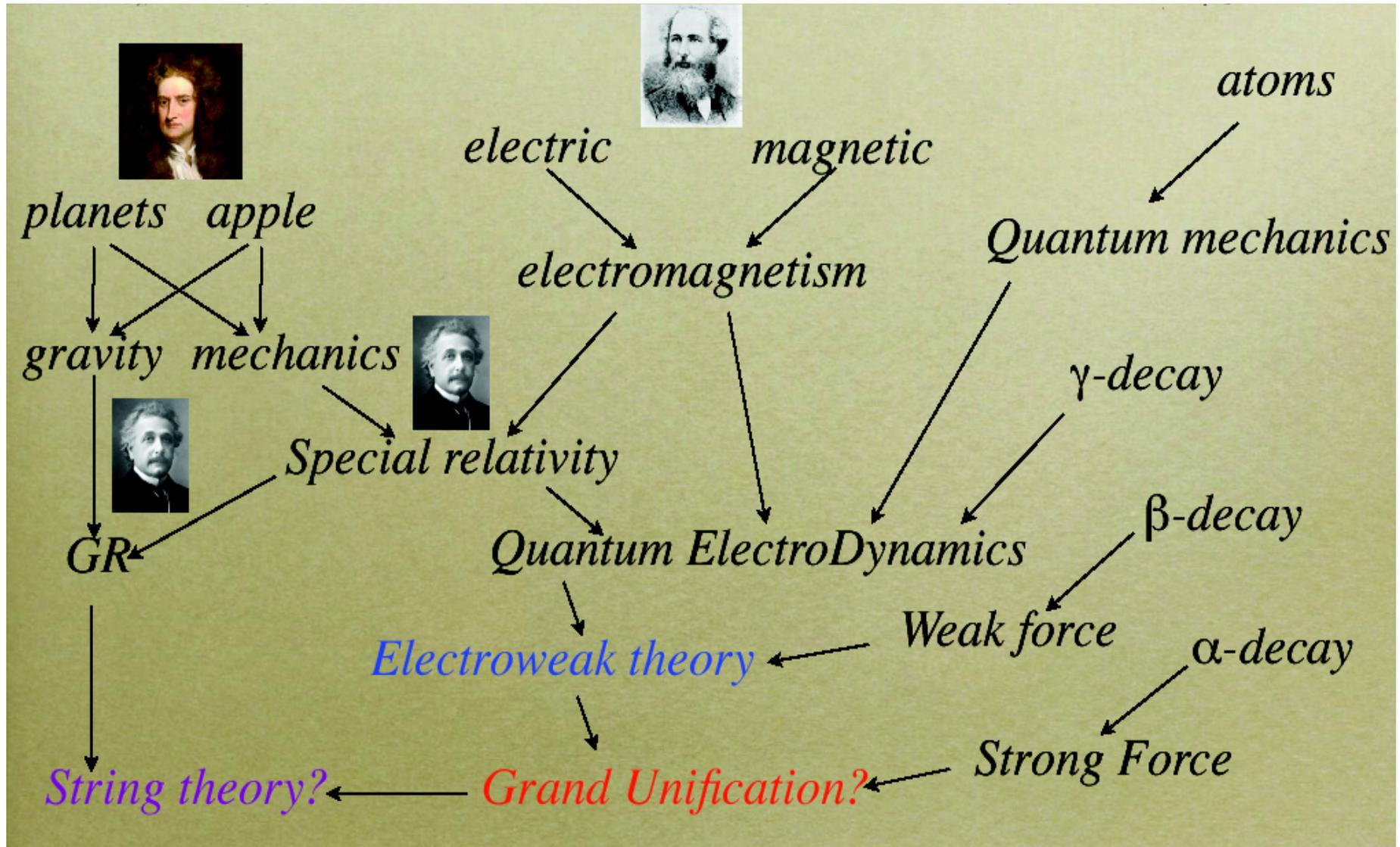
***INTERAZIONI FONDAMENTALI
dei COSTITUENTI ELEMENTARI***

ATTO III

LE NOSTRE RISPOSTE:

LE FORZE FONDAMENTALI

UNIFICAZIONE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

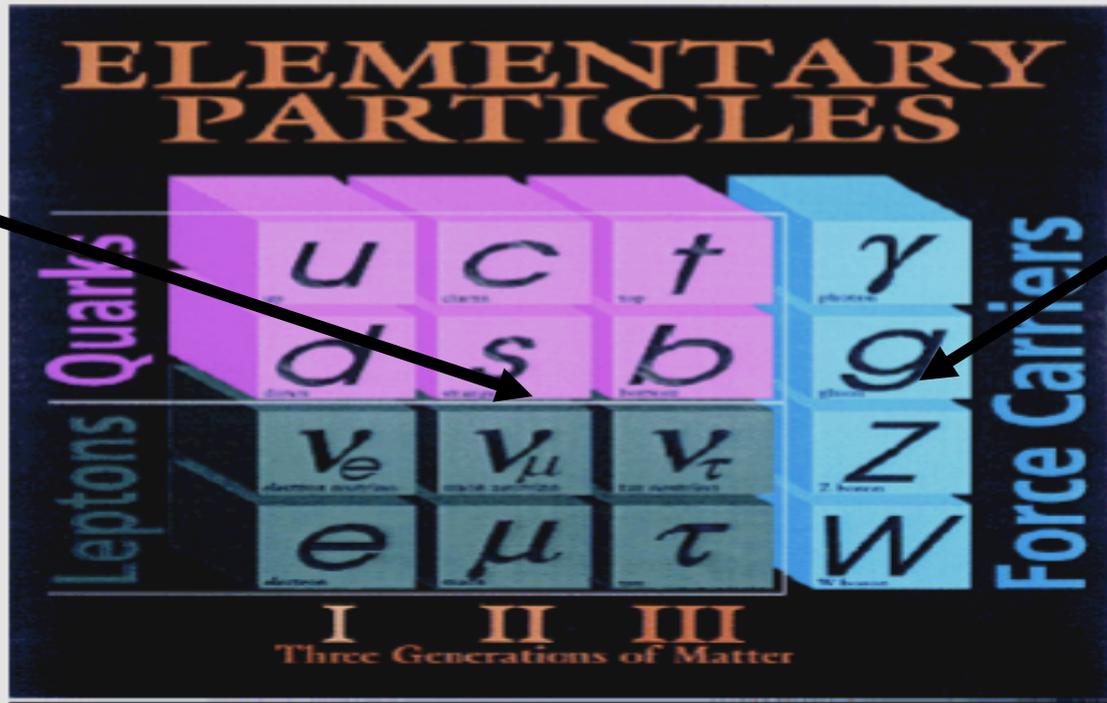


ATTO IV

LE NOSTRE RISPOSTE:

GLI ATOMI del 21° sec.

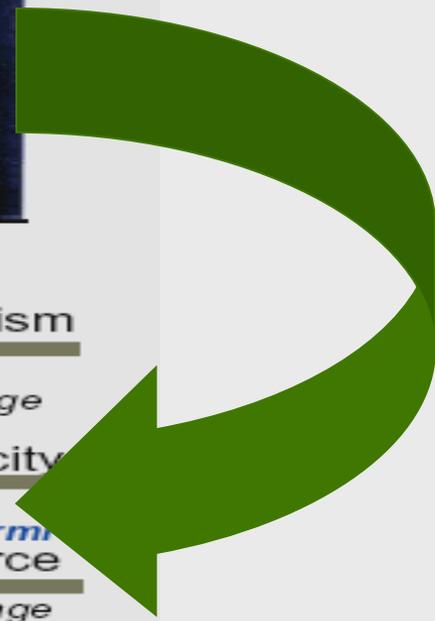
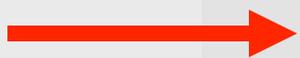
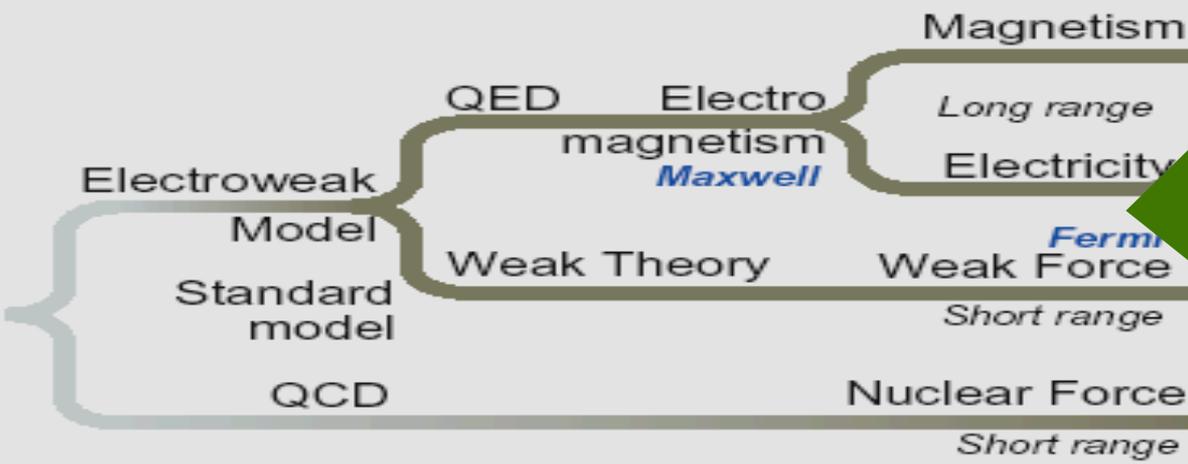
MODELLO STANDARD delle Interaz. Fondam.



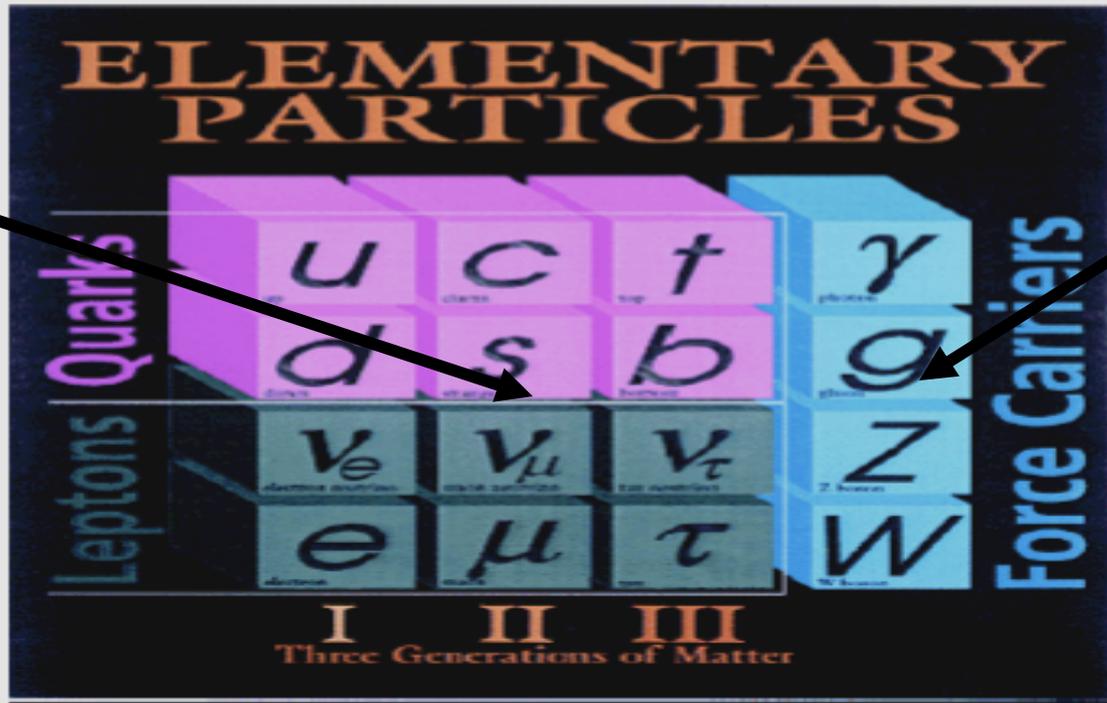
RADIAZIONE

MATERIA

Grand Unified Theory
GUT



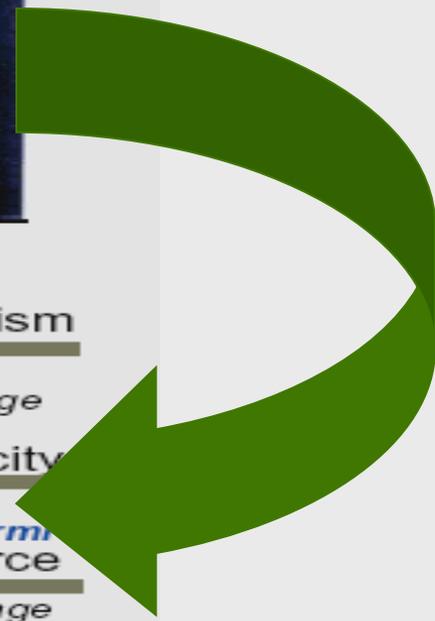
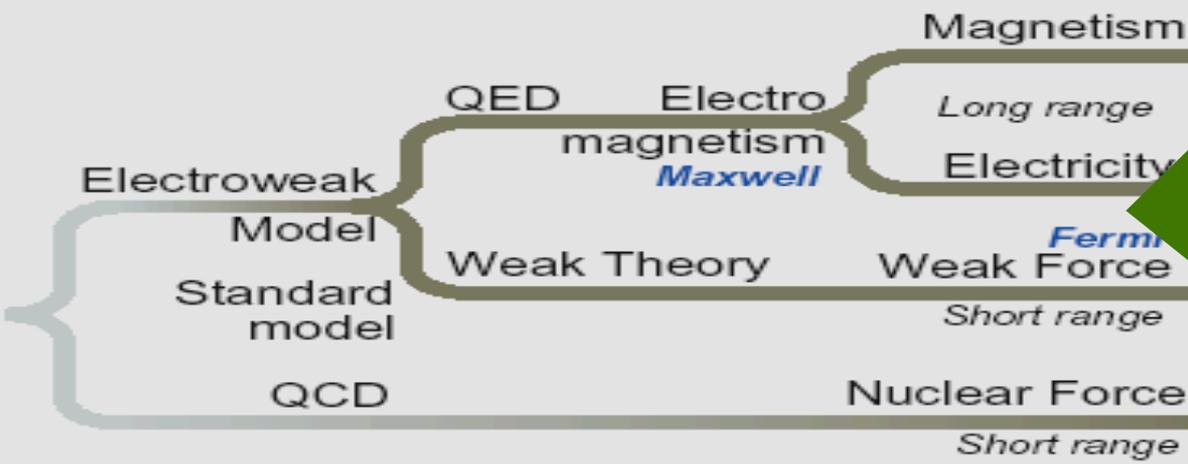
MODELLO STANDARD delle Interaz. Fondam.



RADIAZIONE

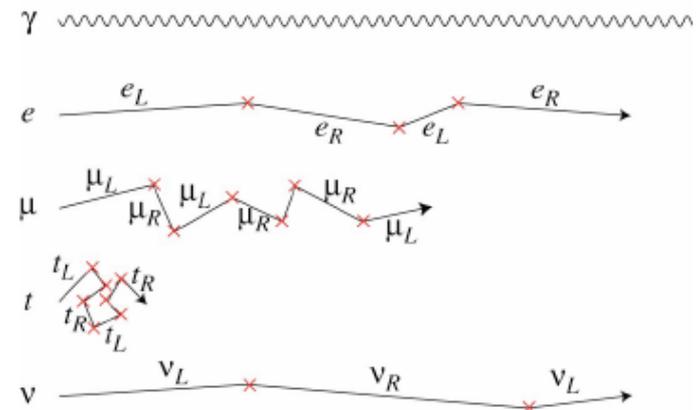
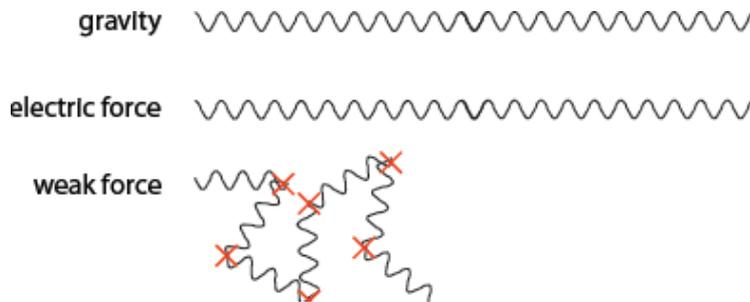
MATERIA

Grand Unified Theory
GUT



IL CAMPO DI HIGGS:

c' e' "qualcosa" che riempie l'intero Universo e che..



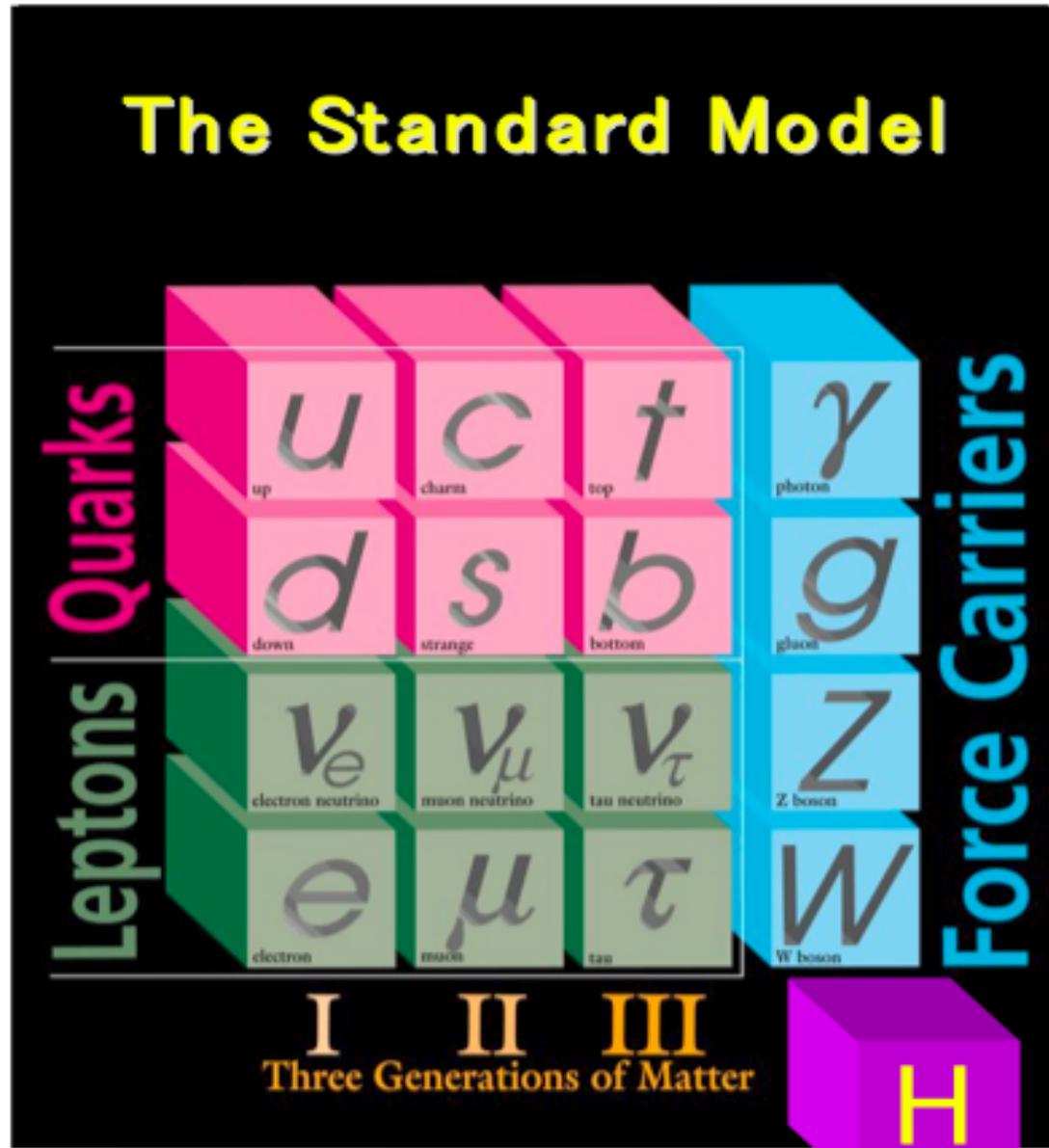
NON DISTURBA LA FORZA ELETTROMAGNETICA O QUELLA GRAVITAZIONALE, MA DISTURBA ("FA ATTRITO" CON) LA FORZA DEBOLE RENDENDOLA DI CORTA DISTANZA E DANDO MASSA AI SUOI MEDIATORI, I BOSONI W, Z

TUTTA LA MATERIA – QUARK E LEPTONI PRENDONO MASSA DALL' ATTRITO CON QUESTO "CAMPO DI HIGGS" ATTRITO PIU' GRANDE

MASSA PIU' GRANDE

The Standard Model

Gravity
?



?

ATTO V

LE NOSTRE RISPOSTE:

TRA CASO E NECESSITA'

La massa del bosone di Higgs e' determinante per la nostra esistenza:

CASO o NECESSITA' ?

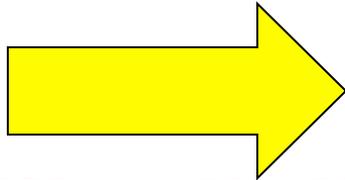
- Anche ammettendo di **fissare a mano**, cioe', di scegliere i parametri per avere la massa "corretta" del bosone di Higgs, poi questa e' soggetta a **correzioni quantistiche** che tendono a portarla a valori molto piu' grandi → necessita' di un **insopportabile aggiustamento** ("fine-tuning") **dei parametri** con una precisione di molte (troppe) cifre dopo la virgola... oppure

- $A \cdot 1000000000 + B \cdot 1000000000 = 1$

$$A - B = 0.000000001$$

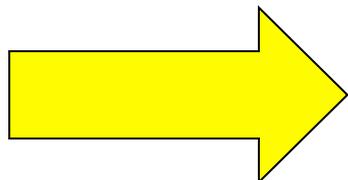
Aggiustamento (fine – tuning)?

o **teoria** che spiega perche' A e B hanno valori cosi' "speciali" ?



SIMMETRIA

o **miliardi di universi** in cui A e B hanno valori diversi per cui in uno succedera' che A e B hanno proprio questi valori "speciali" ?



MULTI VERSO

ATTO VI

NUOVI ATOMI del 21° sec. ?
(la rivincita di Democrito – 1)

NUOVA FISICA a LHC o in nuove macchine post-LHC ?

- **SUPERSIMMETRIA**: OGNI PARTICELLA “ORDINARIA” E’ ACCOMPAGNATA DA UNA PARTICELLA PARTNER SUPERSIMMETRICA.
- **TEORIE CON NUOVE DIMENSIONI SPAZIALI**: OLTRE ALLE USUALI 3 DIMENSIONI SPAZIALI , NE ESISTONO ALTRE . IN QUESTO CASO OGNI PARTICELLA ORDINARIA E’ ACCOMPAGNATA DA UNA “TORRE” DI PARTICELLE PARTNER, STATI DI KALUZA-KLEIN, KK, CON LE STESSO CARATTERISTICHE TRANNE CHE AVERE MASSA PIU’ GRANDE.

ATTO VII

I 2 ACCELERATORI

Big Bang

Quark-Gluon Plasma

Protoni e neutroni

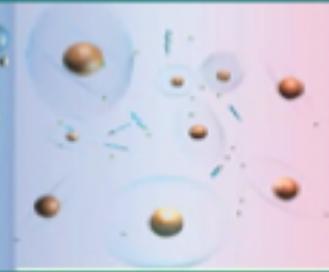
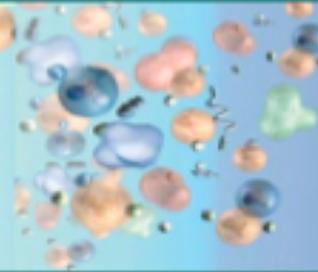
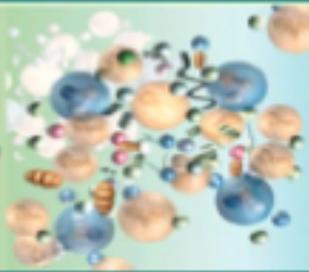
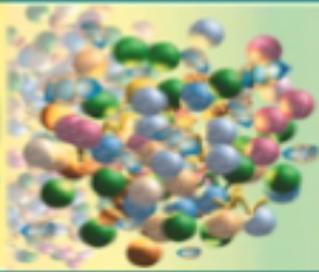
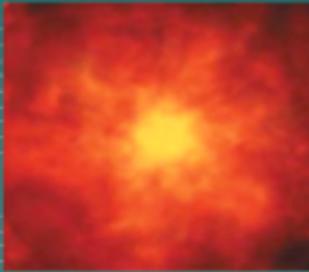
Protoni e Nuclei leggeri

Atomi
→Galassie
→Molecole→DNA

Gravità

Nucleare forte

Nucleare debole



10^{-43} sec
 10^{-35} m
 10^{19} GeV

10^{-32} sec
 10^{-32} m
 10^{16} GeV

10^{-10} sec
 10^{-18} m
 10^2 GeV

10^{-4} sec
 10^{-16} m
1 GeV

100 sec
 10^{-15} m
1 MeV

300KY → 15GY
 10^{-10} m
10 eV

???

LHC

LEP

As tronomia →



Theories:

STRINGS?

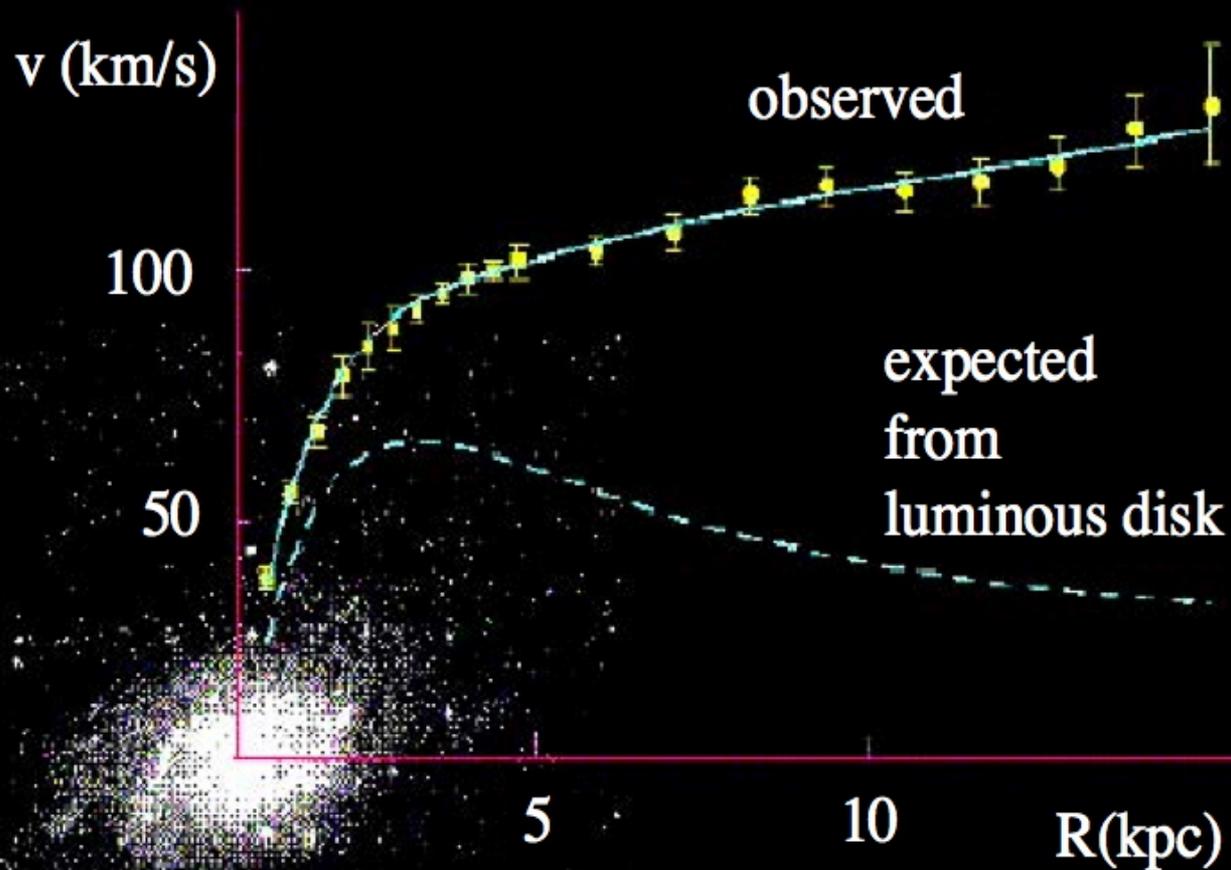
RELATIVISTIC/QUANTUM

CLASSICAL

ATTO IX

LA MATERIA OSCURA
(la rivincita di Democrito – 2)

Di cosa è fatto l'Universo?

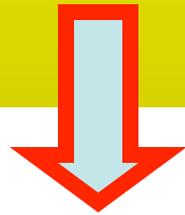


M33 rotation curve

L' AMMASSO DI GALASSIE ABELL 2218: il cluster ha una massa così grande da **piegare e focalizzare la luce proveniente da galassie che si trovano dietro ad esso**

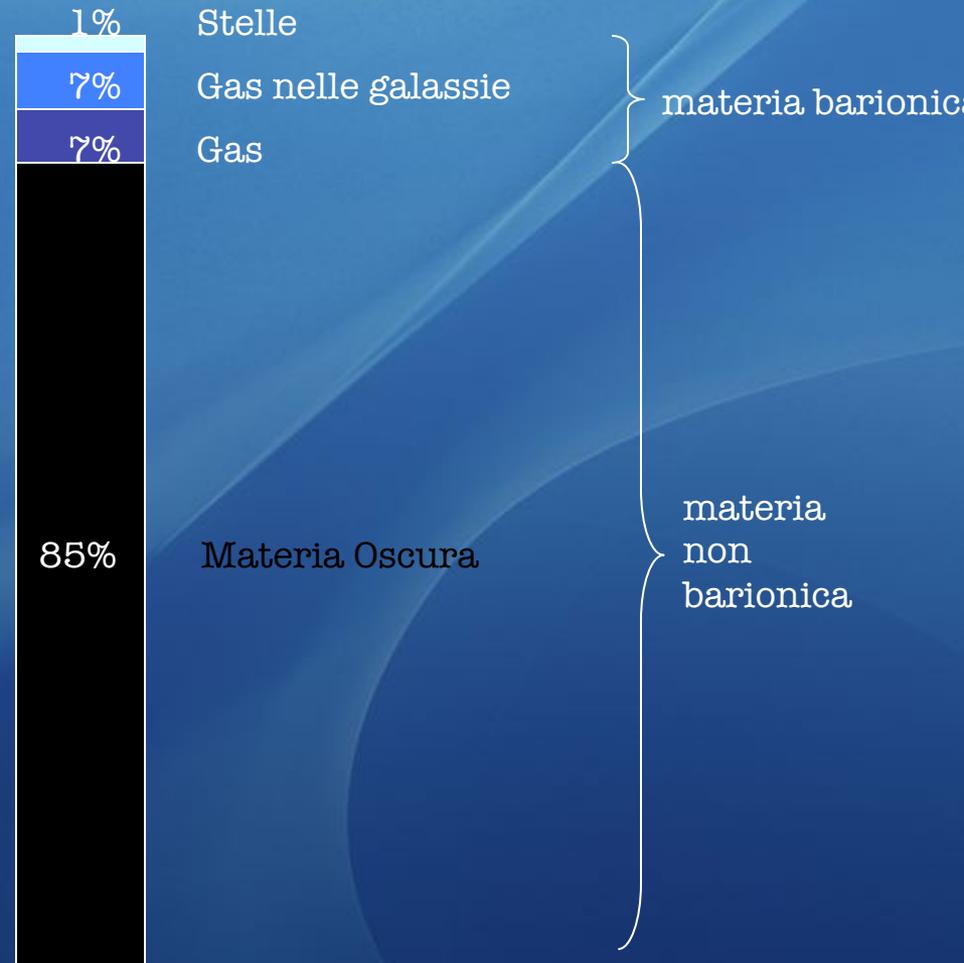
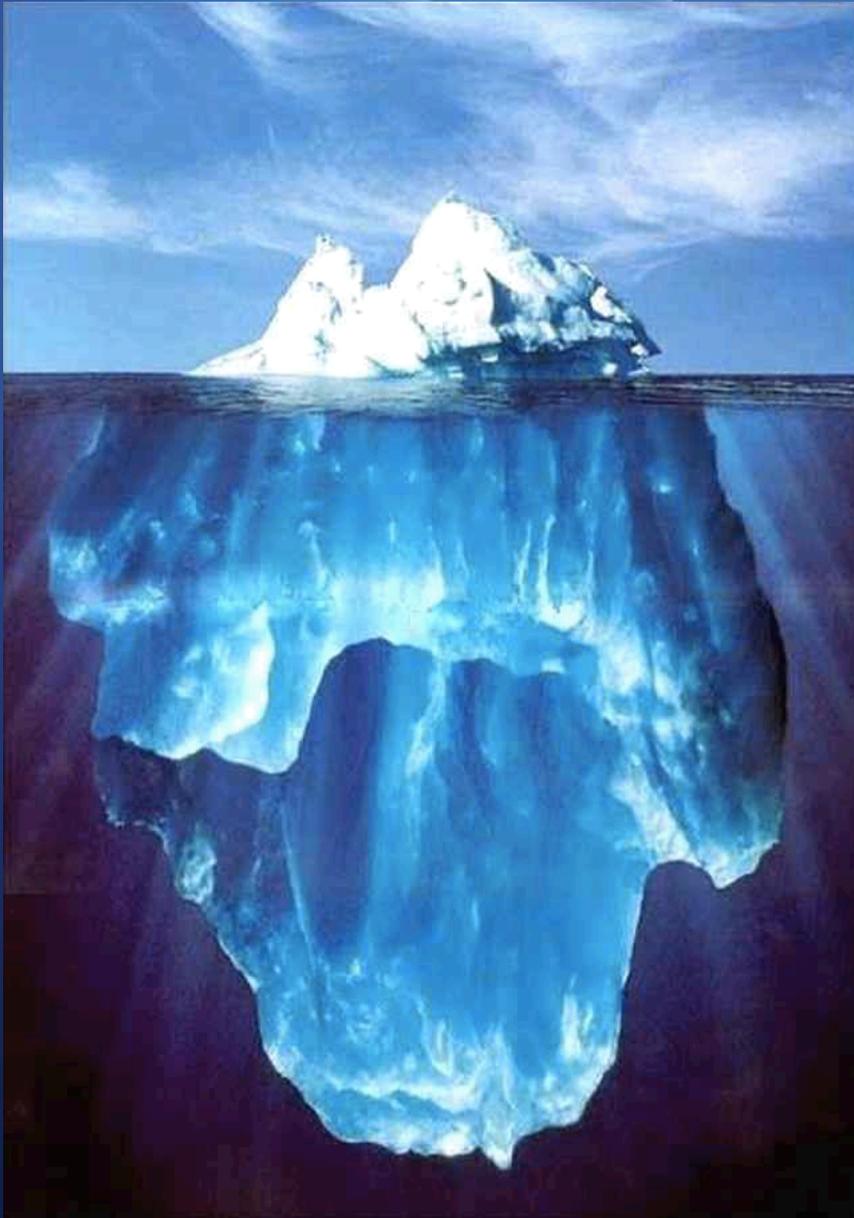


La materia oscura e' l' evidenza
piu' impressionante che abbiamo
dell' esistenza di nuova fisica oltre il
MODELLO STANDARD DELLE
PARTICELLE



**ESISTENZA DI UN NUOVO
TIPO DI MATERIA**

Inventario della materia nell' Universo



DI CHE COSA E' FATTA LA MATERIA OSCURA?

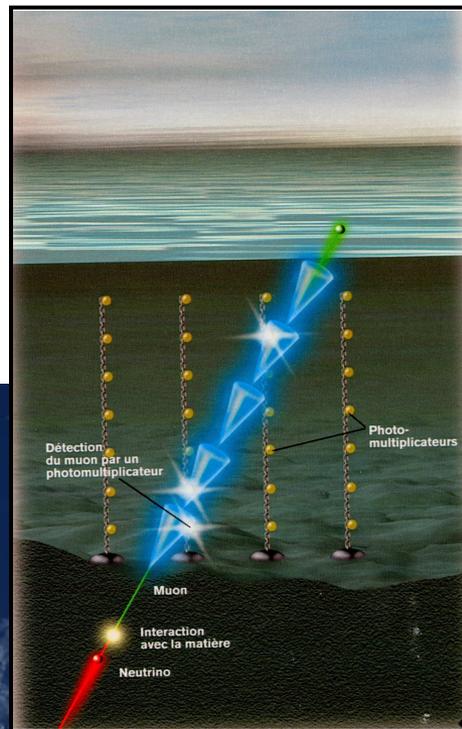
- Se il mondo e' ***SUPERSIMMETRICO*** → la particella supersimmetrica piu' leggera (il **NEUTRALINO**?) e' un buon candidato di materia oscura
- Se il mondo ha ***NUOVE DIMENSIONI*** spazio-temporali → la **particella di Kaluza-Klein** piu' leggera potrebbe costituire la materia oscura

TELESCOPI IN ORBITA, LABORATORI SOTTERRANEI E SOTTOMARINI

Telescopio HUBBLE



KM3 Sicilia



Lab. INFN: Gran Sasso





***FERMI
GAMMA-RAY
TELESCOPE***

***LA GRANDE AMBIZIONE:
POSSIAMO PRODURRE NOI STESSI
LA MATERIA OSCURA NEGLI URTI
AD ALTISSIMA ENERGIA DI LHC?***

I have a dream ...: in questa decade potremmo avere la possibilità di

produrre “artificialmente” la materia oscura a LHC

e trovare quella “primordiale” di 14 miliardi anni fa in esperimenti del tipo di quelli che si svolgono al laboratorio INFN del Gran Sasso

Universo chiuso o aperto?

Pensate all'Universo come ad una bomba che esplode

*Se esplosione è **debole** → frammenti si allontanano e poi si riavvicinano per la forza di gravità*

*Universo chiuso → si espande fino ad una dimensione massima per poi ricollassare con un processo opposto al big bang (**BIG CRUNCH**)*

contrazione

Big Crunch

*Se esplosione è **forte** → frammenti si allontanano indefinitamente*

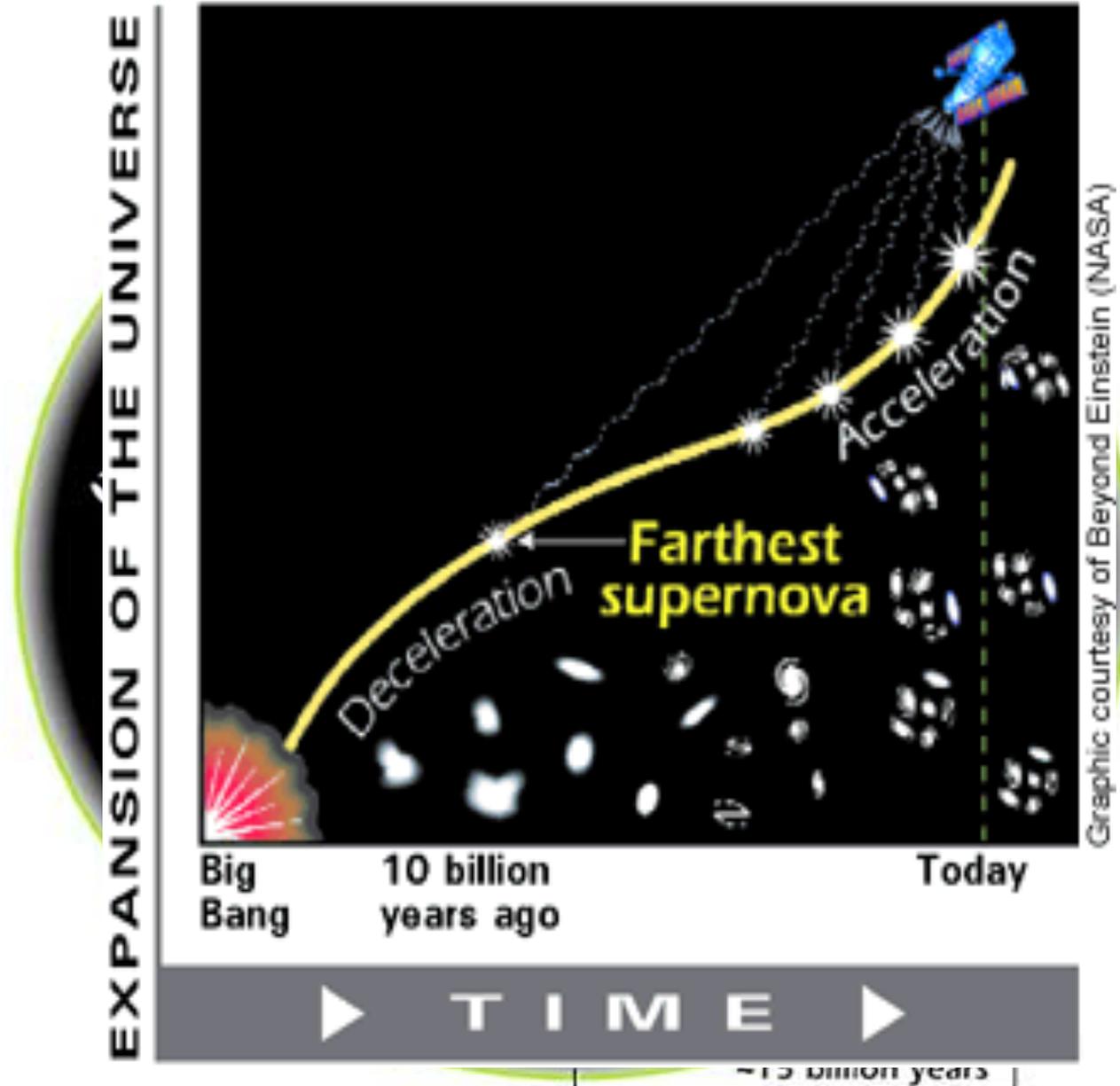
Universo aperto → si espande per sempre

**MA IN OGNI CASO CI ASPETTIAMO CHE
L'ESPANSIONE DELL'UNIVERSO NON POSSA
ACCELERARE!**

Atto X

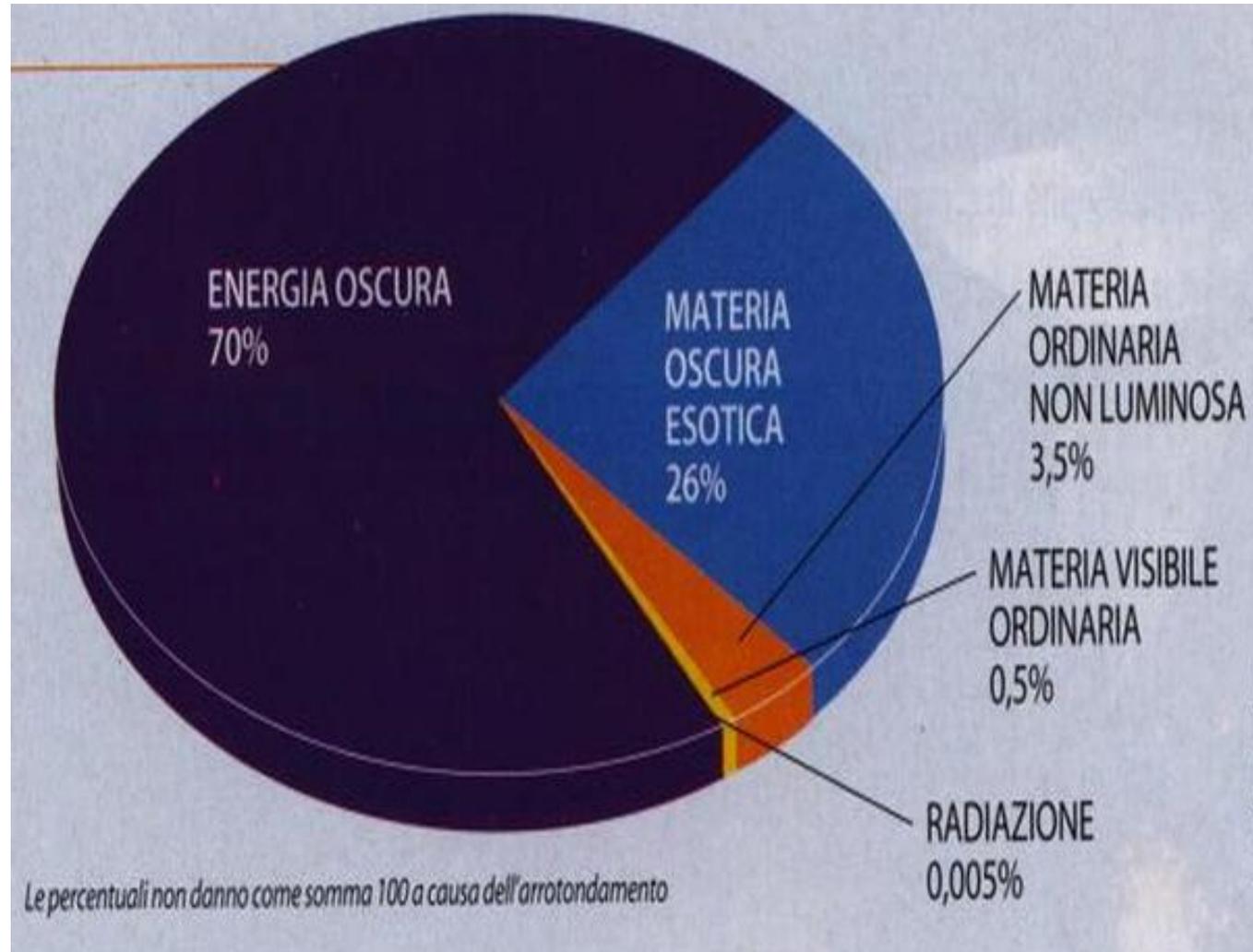
L'ENERGIA OSCURA
(la rivincita di Democrito – 3)

...E INVECE ...



Bilancio energetico dell' Universo

MATERIA
OSCURA:
NON E'
FATTA DI
PROTONI E
NEUTRONI
COME LA
MATERIA
ORDINARIA



NON SAPPIAMO
CHE COSA
COSTITUISCA IL
95%
DELL' UNIVERSO

UNI -- VERSO

O

MULTI -- VERSO

- Tutta l'evoluzione dell' Universo (asimmetria tra materia ed antimateria, nucleosintesi, formazione delle galassie, ammassi, etc., sistema solare, vita sulla Terra etc.) dipende in maniera molto stretta dal preciso valore assunto da alcuni parametri fondamentali (tra questi quello della costante cosmologica): e' possibile che quello in cui noi siamo sia solo uno dei moltissimi -versi (**MULTI - VERSO**) ?

**Com'è difficile riuscire a
dare uno sguardo alle carte
di Dio, ma**

**non credo per un solo
istante che**

Egli giochi a dadi.

A. EINSTEIN

MICRO

MODELLO STANDARD

PARTICELLARE: COSTITUENTI
E INTERAZIONI
FONDAMENTALI



MA ANCHE

MACRO

MODELLO STANDARD

COSMOLOGICO:

HOT BIG BANG



MATRIMONIO FELICE
ES: NUCLEOSINTESI

PUNTI DI
ATTRITO

MATERIA OSCURA ED ENERGIA OSCURA:

UNA FINESTRA TRA LA FISICA DEL CIELO E LA FISICA DI

LHC SU NUOVA FISICA AL DI LA' DEL MODELLO
STANDARD PARTICELLARE **E/O** MODELLO STANDARD
COSMOLOGICO

...qui sono stati rivelati,
riguardo a questa nuova ed
eccellente scienza, di cui il
mio lavoro e' solo l'inizio,
strade e strumenti dei quali
altre menti, piu' acute della
mia, esploreranno gli angoli
piu' remoti.

GALILEO GALILEI

BACKUP SLIDES

Large Hadron collider (LHC) al CERN di Ginevra



