

Physics and Innovations



Particelle elementari ed interazioni fondamentali

Isabella Garzia

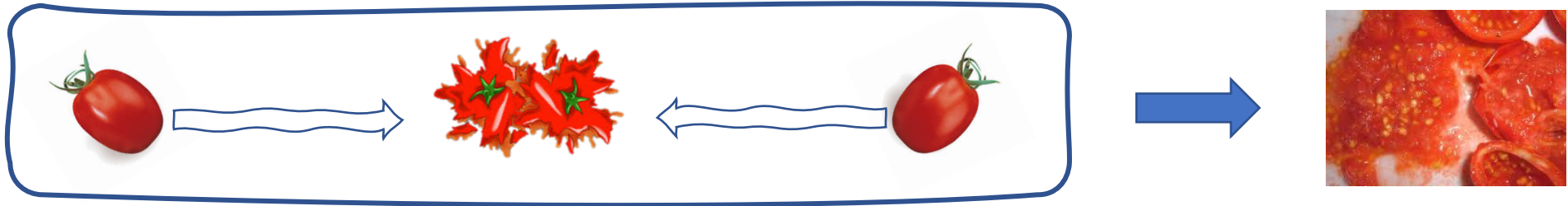
Stage Estivi @ UNIFE

19 Giugno 2020

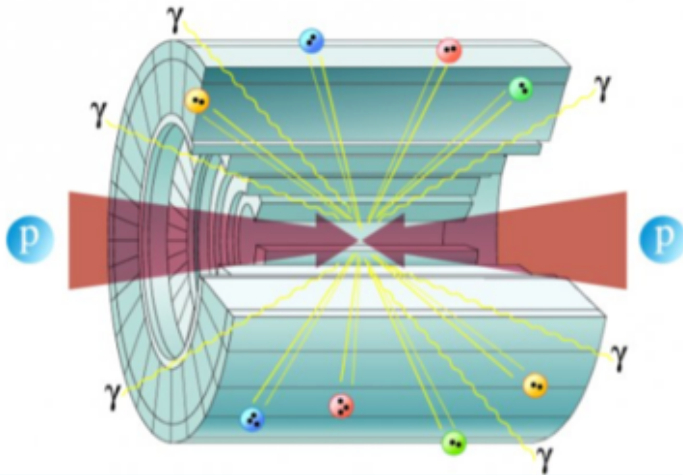


Dipartimento
di Fisica e
Scienze della Terra

Particelle in laboratorio



Particelle in laboratorio



Acceleratori di particelle:

Maggiore è l'energia del fascio di particelle e maggiore sarà la capacità di osservare oggetti sempre più piccoli!

Equivalenza massa-energia: $E=mc^2$: l'energia che si libera nelle collisioni si converte nella massa di nuove particelle

http://pdg.lbl.gov/2019/tables/contents_tables.html



- Troppe particelle per essere fondamentali
- Inizia una paziente catalogazione
- Trovare delle regolarità che diano qualche indizio sulla struttura interna



M. Gell-Mann e G. Zweig: Modello a Quark:
le particelle osservate sono costituite da
quark (oggetti elementari)

Citation: K.A. Olive et al. (Particle Data Group), Chin. Phys. C39, 090001 (2014) (URL: <http://pdg.lbl.gov>)

$\phi(500)$ or σ [s]
was $\phi(600)$

$$I^G(J^{PC}) = 0^+(0^{++})$$

Mass $m = (400-550)$ MeV
Full width $\Gamma = (400-700)$ MeV

$\phi(500)$ DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	p (MeV/c)
$\pi\pi$	dominant	—
$\gamma\gamma$	seen	—

$\rho(770)$ [s]

$$I^G(J^{PC}) = 1^+(1^{--})$$

Mass $m = 775.26 \pm 0.25$ MeV
Full width $\Gamma = 149.1 \pm 0.8$ MeV
 $\Gamma_{ee} = 7.04 \pm 0.06$ keV

$\rho(770)$ DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	Scale factor/ Confidence level	p (MeV/c)
$\pi\pi$	~ 100	%	363
$\rho(770)^\pm$ decays			
$\pi^\pm\gamma$	$(4.5 \pm 0.5) \times 10^{-4}$	$S=2.2$	375
$\pi^\pm\eta$	$< 6 \times 10^{-3}$	CL=84%	152
$\pi^\pm\pi^+\pi^-\pi^0$	$< 2.0 \times 10^{-3}$	CL=84%	254
$\rho(770)^0$ decays			
$\pi^+\pi^-\gamma$	$(9.9 \pm 1.6) \times 10^{-3}$		362
$\pi^0\gamma$	$(6.0 \pm 0.8) \times 10^{-4}$		376
$\eta\gamma$	$(3.00 \pm 0.20) \times 10^{-4}$		194
$\pi^0\pi^0\gamma$	$(4.5 \pm 0.8) \times 10^{-5}$		363
$\mu^+\mu^-$	$(4.55 \pm 0.28) \times 10^{-5}$		373
e^+e^-	$(4.72 \pm 0.05) \times 10^{-5}$		388
$\pi^+\pi^-\pi^0$	$(1.01^{+0.54}_{-0.36} \pm 0.34) \times 10^{-4}$		323
$\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$	$(1.8 \pm 0.9) \times 10^{-5}$		251
$\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	$(1.6 \pm 0.8) \times 10^{-5}$		257
$\pi^0e^+e^-$	$< 1.2 \times 10^{-5}$	CL=90%	376

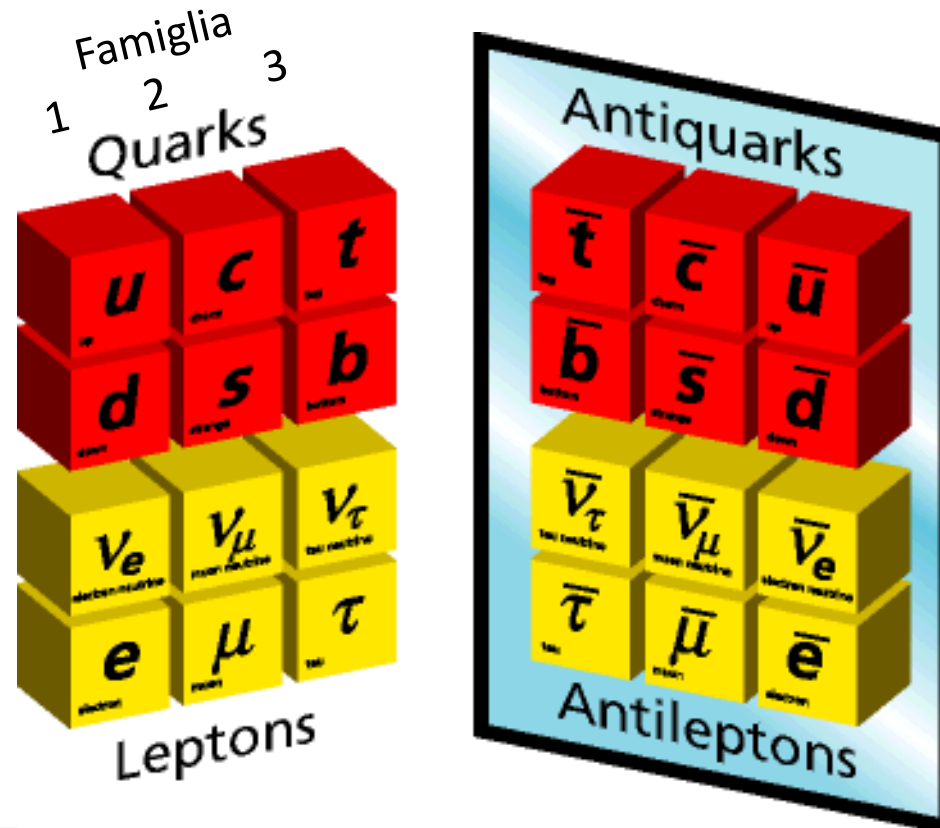
$\omega(782)$

$$I^G(J^{PC}) = 0^-(1^{--})$$

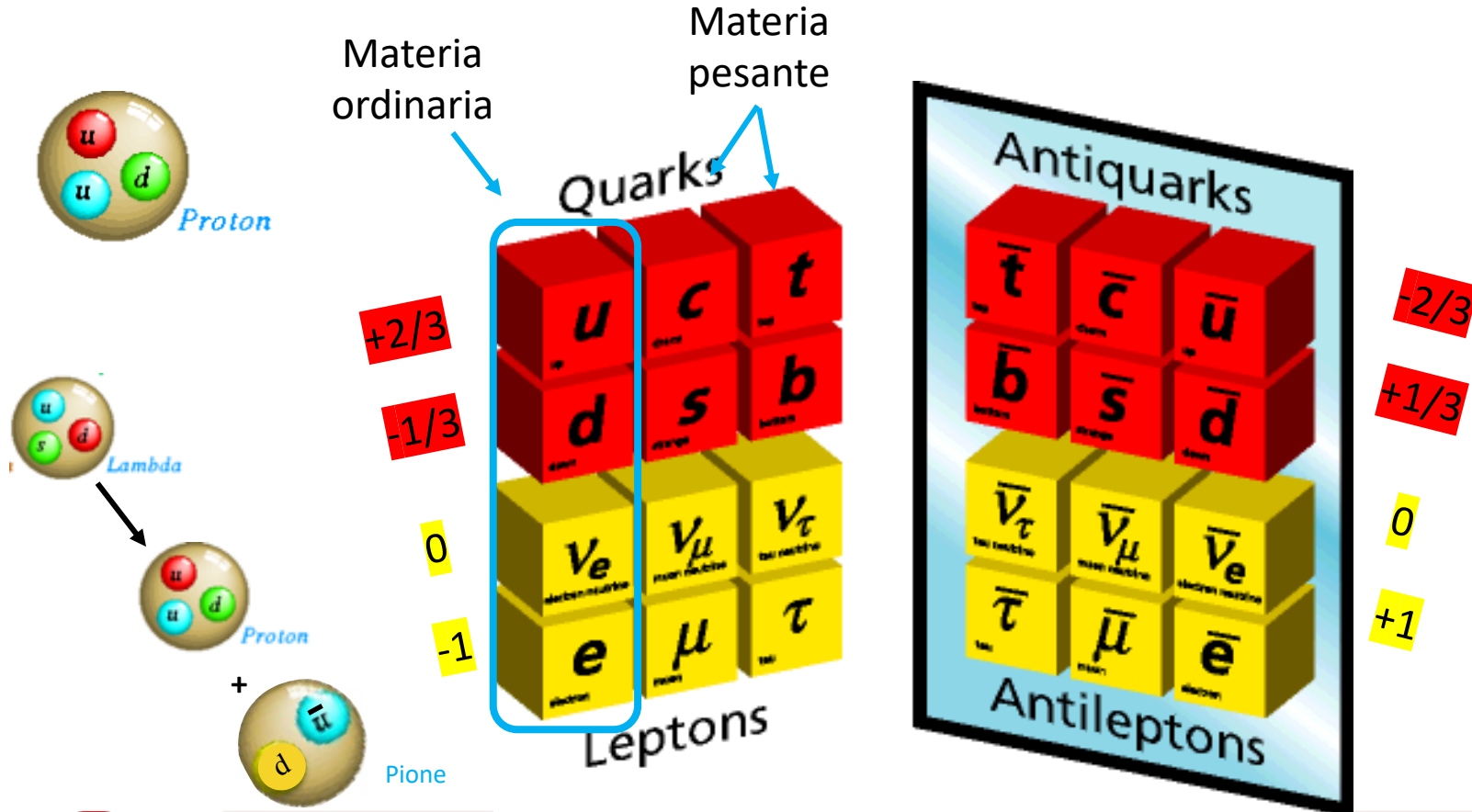
Mass $m = 782.65 \pm 0.12$ MeV ($S = 1.9$)
Full width $\Gamma = 8.49 \pm 0.08$ MeV
 $\Gamma_{ee} = 0.60 \pm 0.02$ keV

HTTP://PDG.LBL.GOV Page 4 Created: 8/25/2014 17:06

Le particelle elementari



Le particelle elementari

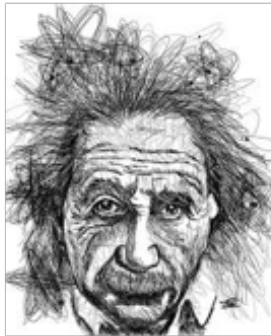


Le interazioni fondamentali

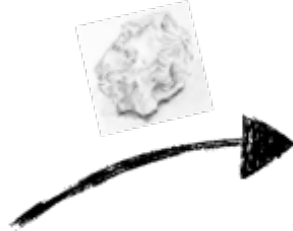
	Interazione	Teoria	Mediatori	Forza relativa	Agisce su:
 Strong	Forte	Cromodinamica quantistica (QCD)	Gluoni	1	$q (q\text{bar})$
 Electromagnetic	Elettromagnetica	Elettrodinamica quantistica (QED)	Fotoni	$\sim 10^{-3}$	$q (q\text{bar}), l^{\pm}$
 Weak	Debole	Teoria Elettrodebole	Bosoni $W^{\pm}$ e Z	$\sim 10^{-5}$	$q (q\text{bar}), l^{\pm}, \nu$
 Gravity	Gravitazionale	Relatività generale	Gravitoni (?)	$\sim 10^{-38}$	$q (q\text{bar}), l^{\pm}$

L'interazione tra due particelle
avviene mediante lo scambio di
mediatori, detti **bosoni**

A
studente bravo in fisica



Bosone



B
studente meno bravo in fisica

Mediatori

Gluoni

Fotoni

Bosoni $W^\pm$ e Z

Gravitoni (?)

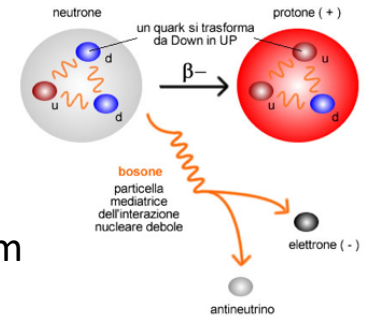
Le interazioni fondamentali

- La più antica, la meno nota
- Onde gravitazionali: 2015
- Gravitone?
- Trascurabile su scala atomica e sub-atomica



- Raggio azione infinito
- Carica elettrica
- Equazioni di Maxwell: unificazione processi Elettrici e Magnetici
- Coesione atomica e molecolare

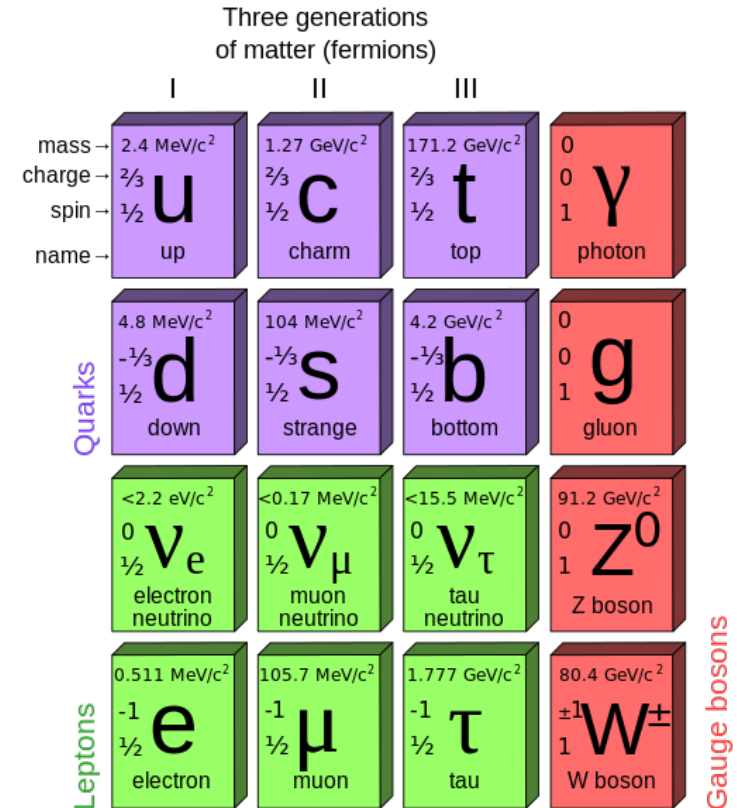
- Raggio azione $\sim 10^{-15}\text{m}$
- Stabilità del nucleo
- Carica forte di colore (8 colori $\rightarrow$ 8 gluoni)
- sono **“stabili” solo combinazioni neutre di colore**



- Raggio azione $\sim 10^{-18}\text{m}$
- Decadimento muone
- Fusione termonucleare nelle stelle
- Asimmetria materia-antimateria

IL MODELLO STANDARD

- Proposto nel 1967 da Glashow, Salam, Weinberg (contributi di Cabibbo, Kobayashi, Maskawa, t'Hooft, ...)
- Descrive le proprietà delle particelle osservate in termini di interazioni deboli, elettromagnetiche e forti
- Teoria elettrodebole



IL MODELLO STANDARD

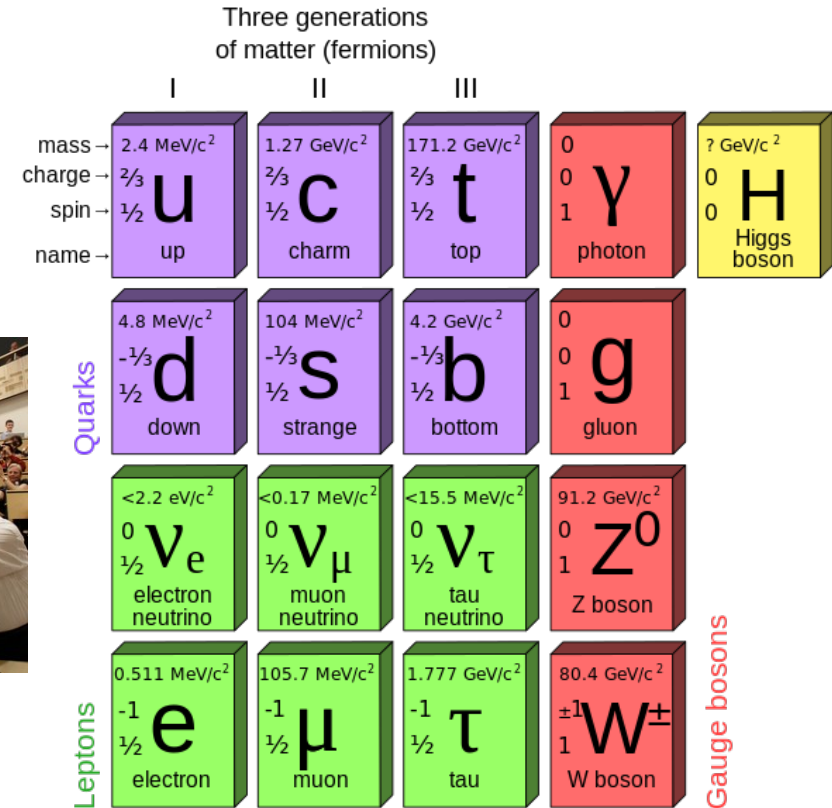
- Proposto nel 1967 da Glashow, Salaam, Weinberg (contributi di Cabibbo, Kobaiashi, Maskawa, t'Hoft, ...)
- Descrive le proprietà delle particelle osservate in termini di interazioni deboli, elettromagnetiche e forti
- Teoria elettrodebole

BOSONE DI HIGGS

Dopo 50 anni di ricerche è stata annunciata la scoperta dagli esperimenti ATLAS e CMS

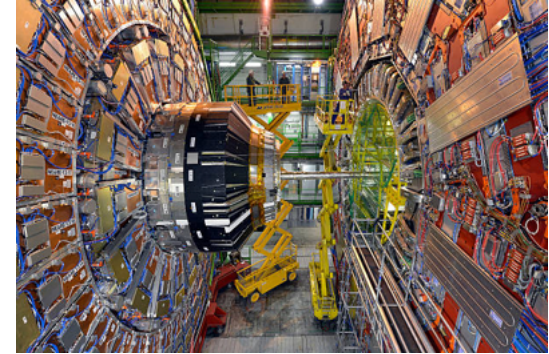


Ginevra, CERN
4 Luglio 2012



.... MA.... Tante le cose ancora da capire

- Bosone di Higgs
- Il MS non può essere una teoria ultima
 - Non spiega perché 3 famiglie
 - Masse molto diverse
 - Perché 4 interazioni?
 - e la gravità?
- Perché l'universo è fatto di materia? Che fine ha fatto l'antimateria?
- Materia Oscura: $\sim 70\%$ della massa dell'universo
- Energia Oscura: $\sim 95\%$ dell'energia dell'universo
- Inflazione dell'universo
-



Raggi Cosmici: un prezioso laboratorio ancora oggi

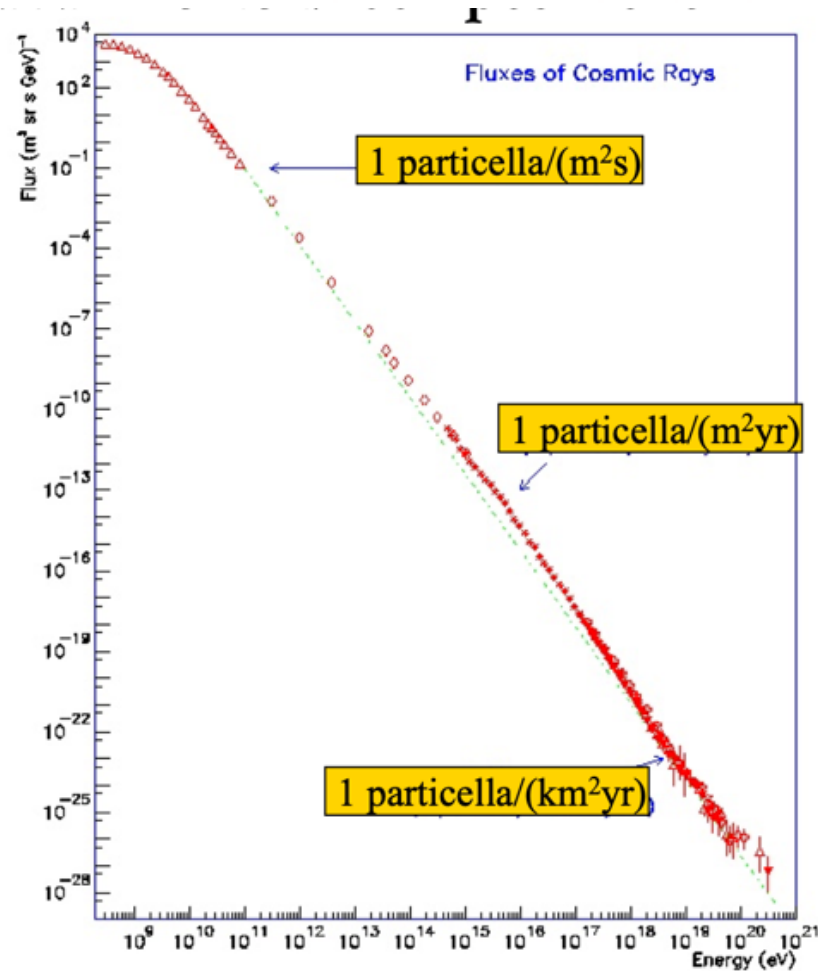
- Testare e studiare nuovi rivelatori
- Raggi Cosmici con energie molto elevate ($E > 10^{19}$ eV)
- Ma a volte sono anche di intralcio ...

Laboratori Nazionali del Gran Sasso
1400 m di profondità





Dipartimento
di Fisica e
Scienze della Terra



Il problema della massa: una proprietà apparente



Sperimentalmente, misuriamo l'accelerazione delle due palline e troviamo:

$a_1=1 \text{ m/s}^2$ e $a_2=0.5 \text{ m/s}^2$

Calcolando la massa:

 $m_1=1\text{kg}$

?

 $m_2=2\text{kg}$

*Assunzione sbagliata:
NO ATTRITO*

Lo stesso esempio deve essere trasportato alle particelle elementari:

 Elettrone

 Top (circa 300.000 volte m_e)

Campo di Higgs