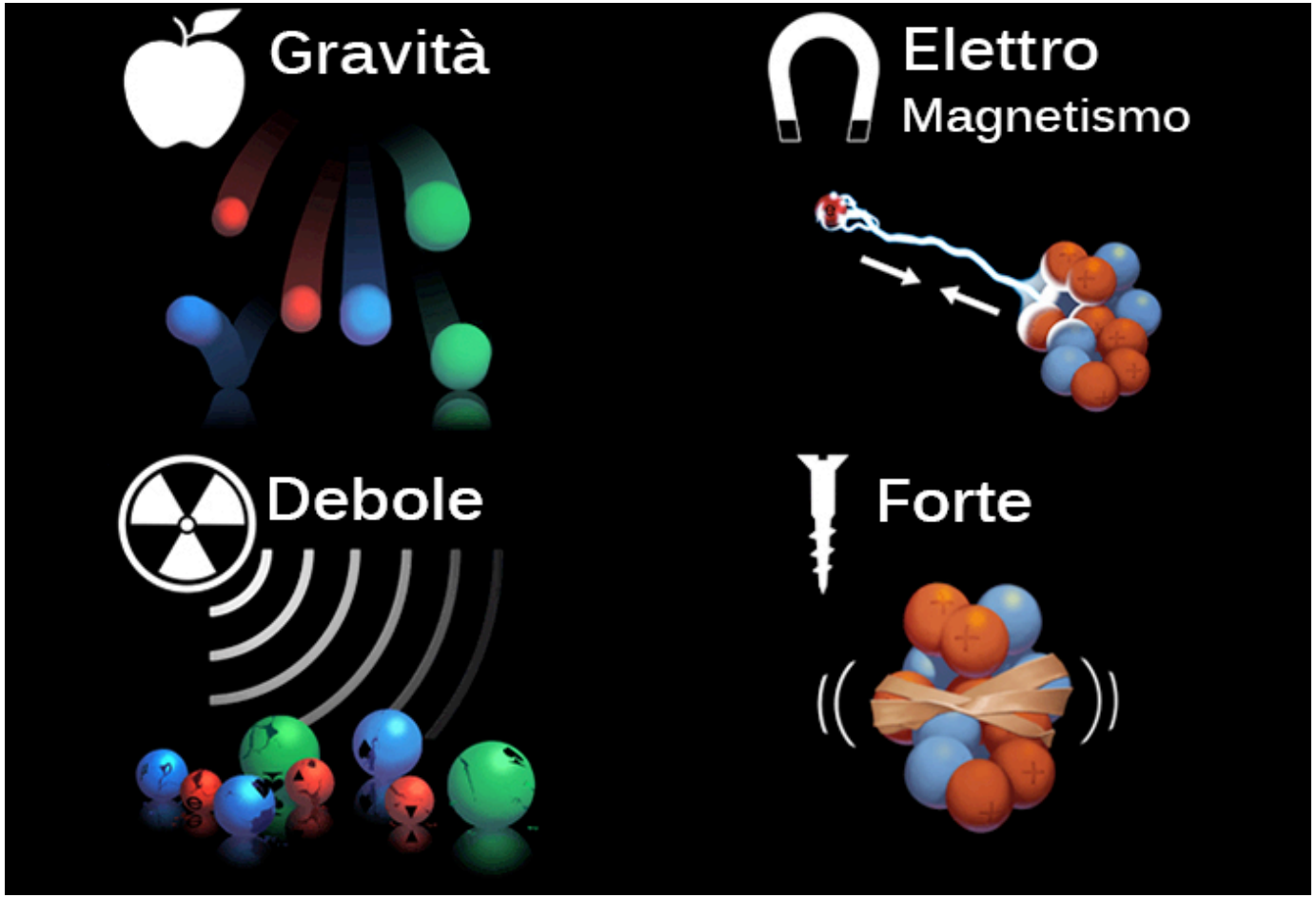
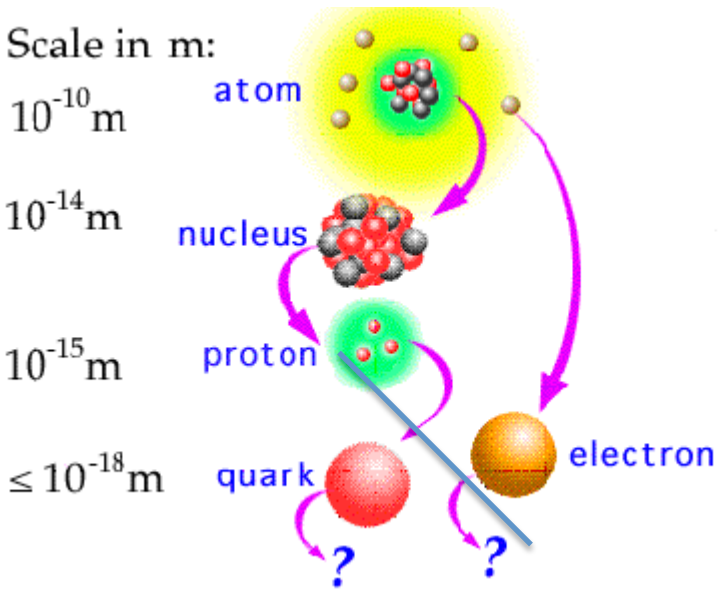
Il curriculum di

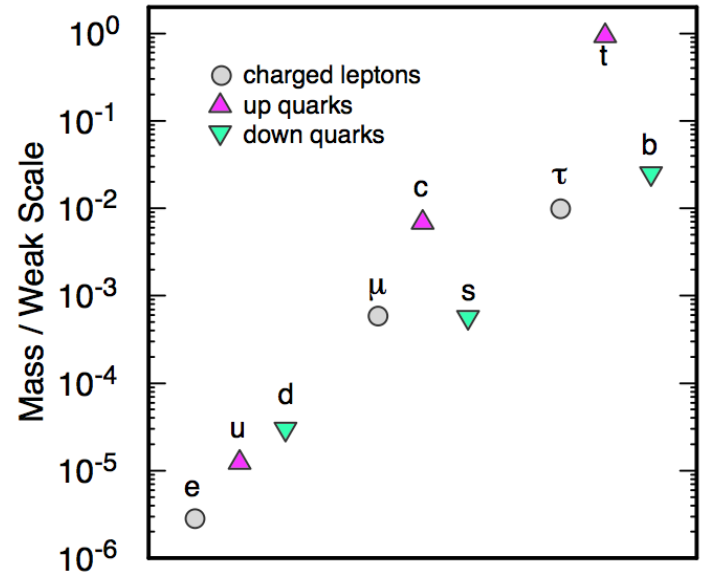
Fisica delle Interazioni Fondamentali

mira a fornire le basi fenomenologiche- sperimentali per lo studio delle particelle elementari e delle loro interazioni



Le particelle elementari di cui e' composto l'universo conosciuto





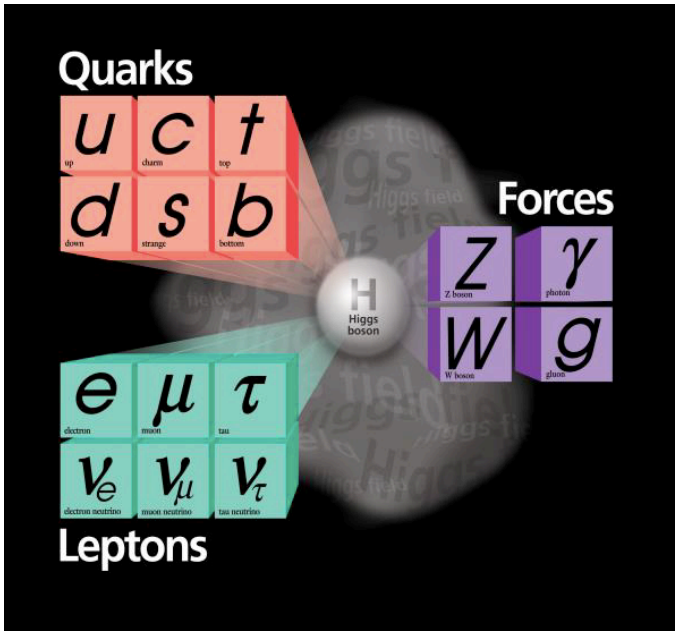
Interazione	Teoria attuale	Mediatori	Forza relativa(1)	Range(2) (m)
Forte	Cromodinamica quantistica (QCD)	Gluoni	10^{38}	10^{-15}
Elettromagnetica	Elettrodinamica quantistica (QED)	Fotoni	10^{36}	∞(3)
Debole	Teoria elettrodebole	Bosoni W e Z	10^{25}	10^{-18}
Gravitazionale	Relatività generale (GR)	Gravitoni (ipotetici)	1	∞(3)

Unificata a 10^{15} GeV?

Unificate A 10^{2} GeV

Unificata a 10^{19} GeV??

La teoria standard di unificazione elettrodebole

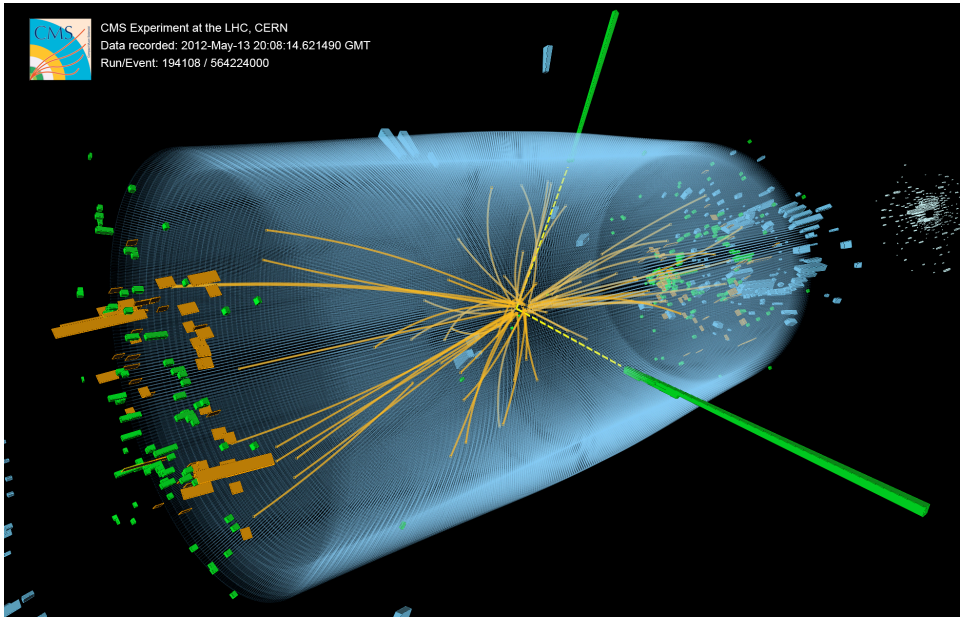


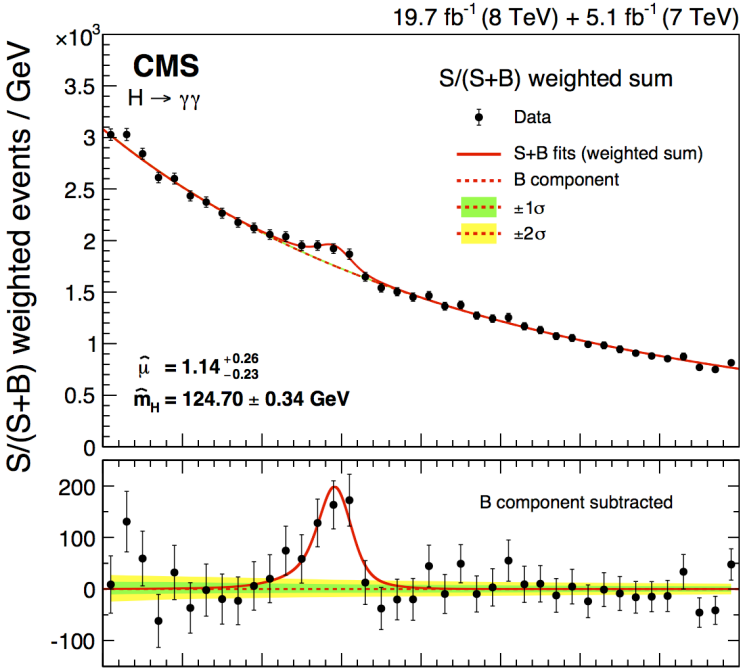
Le particelle elementari e i mediatori delle forze di interazione

+

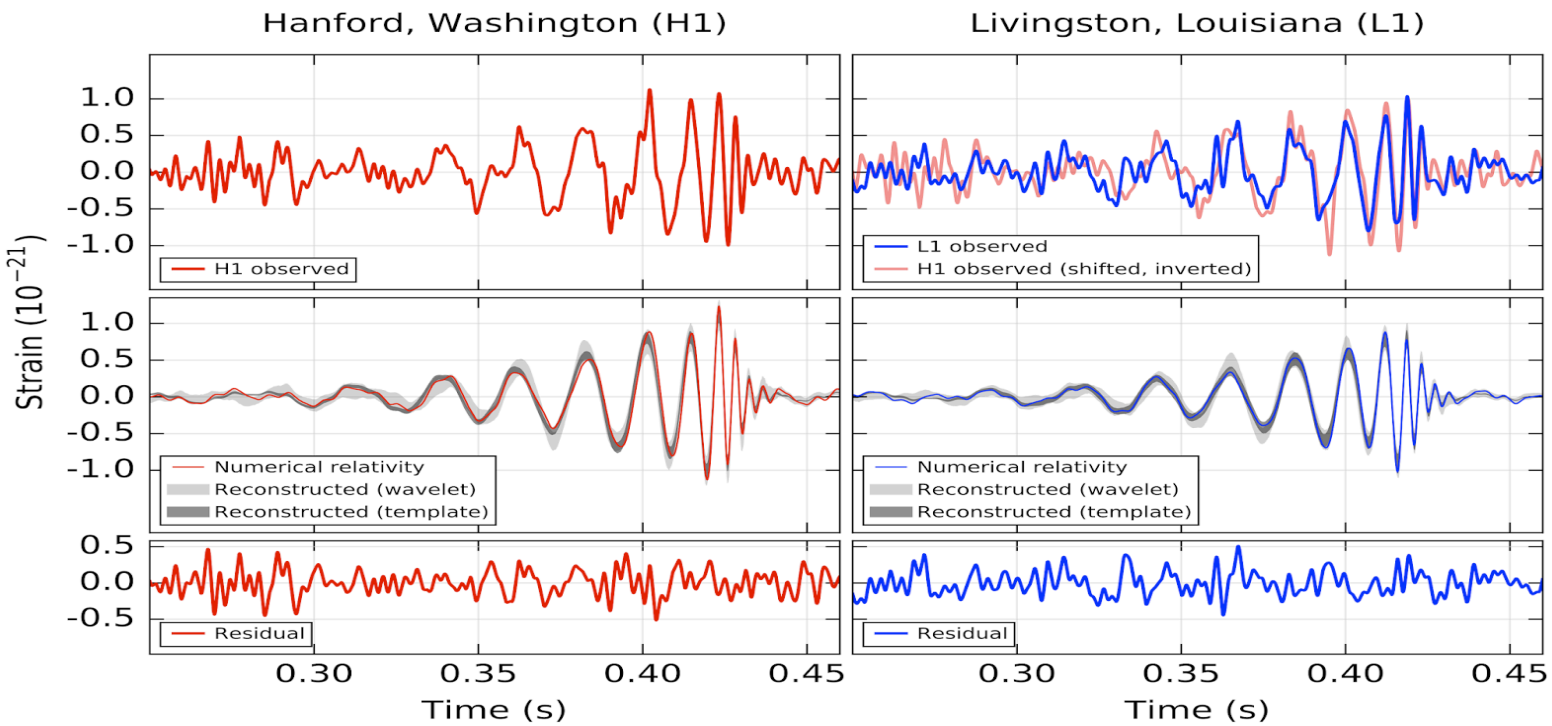
Il bosone di Higgs che genera le masse dei mediatori elettrodeboli W/Z e lascia il fotone senza massa

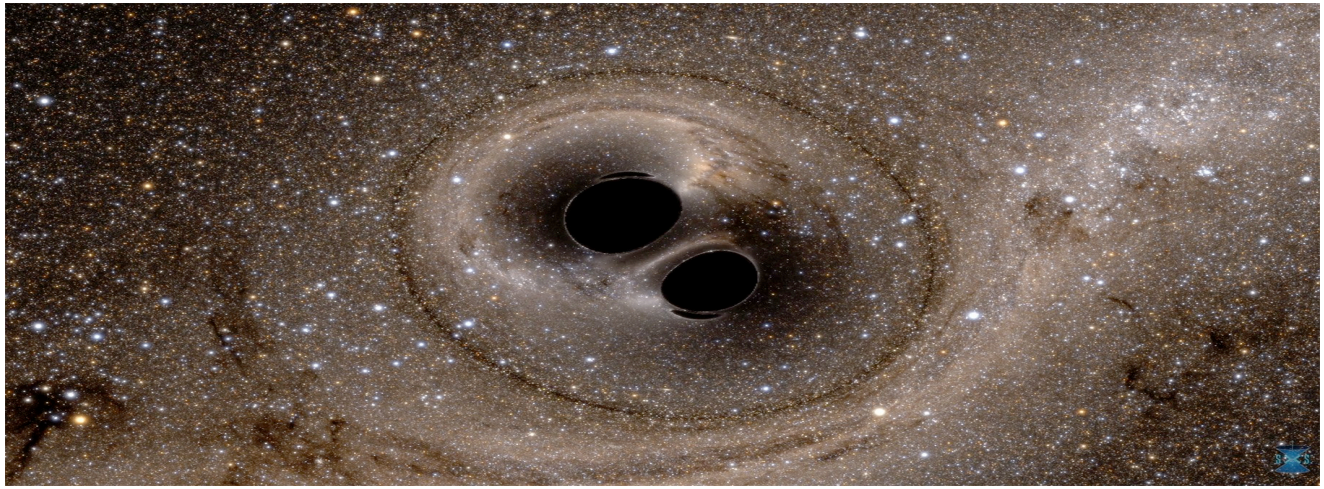
(ATLAS+ CMS 2012)





Le onde gravitazionali LIGO-Virgo 2015



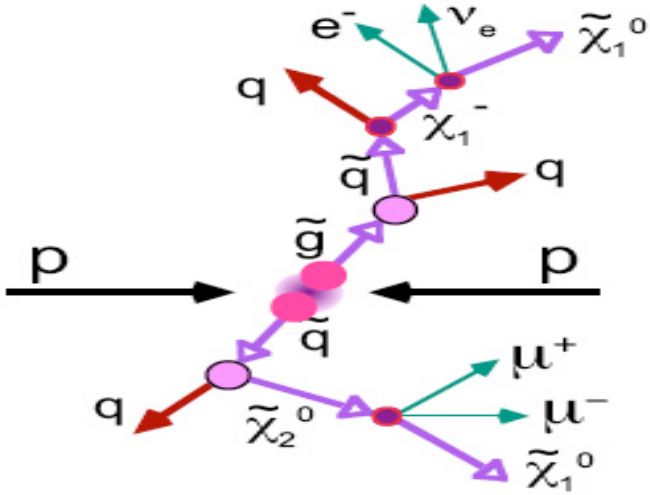


Due tipi di esperimenti per mettere alla prova la teoria standard:

- Produzione diretta di particelle:
  della teoria standard, es. il bosone di Higgs,
  o da nuova fisica che in genere prevede
  l'esistenza di particelle di alta massa con sezioni
  d'urto molto piccole.
  Necessari esperimenti ad acceleratori al massimo
  dell'energia e della intensita' (LHC).
- Misure dedicate di processi rari che non sono previsti dalla teoria standard. Richiedono misure di altissima selettivita' e precisione.

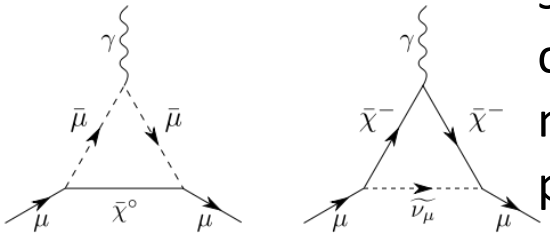
Due esempi

- La ricerca a LHC di particelle supersimmetriche



decadimenti a catena di quark o gluoni supersimmetrici con stati finali di particelle ordinarie: quark, leptoni+ neutralini $\tilde{\chi}_1^0$ candidati per materia oscura dell'universo

- La misura di precisione del momento magnetico del muone: "g-2" (contributi indiretti da stati virtuali con particelle supersimmetriche):

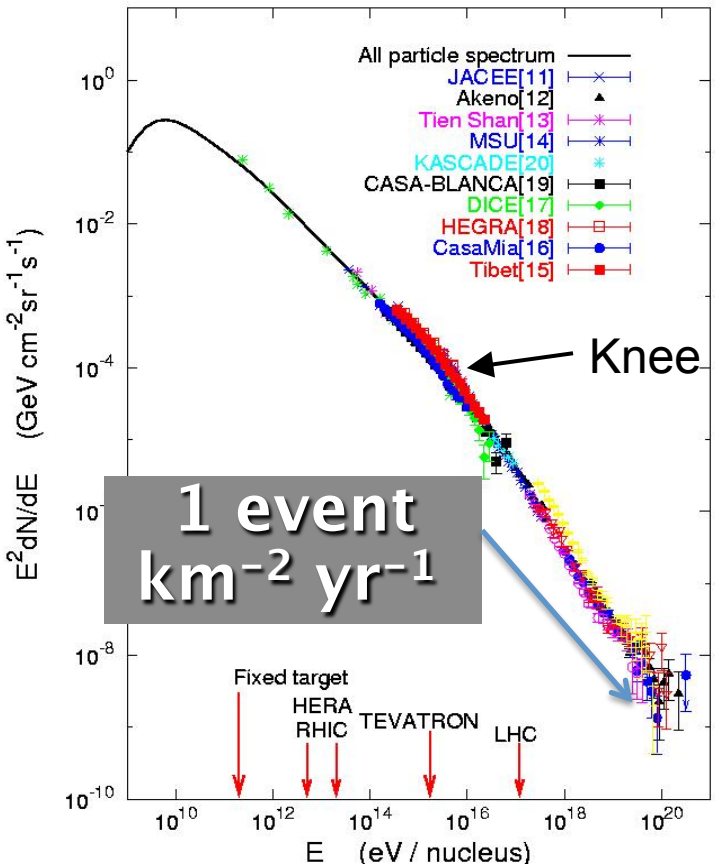


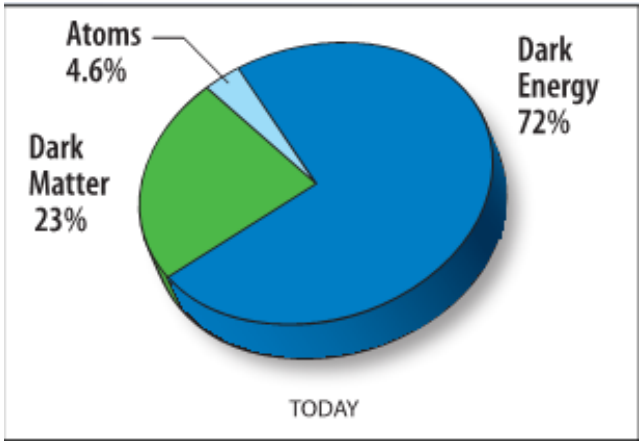
sono effetti molto piccoli che richiedono precisioni molto elevate (1 parte su 10^{11}) per poter essere misurati.

Altri esperimenti di "precisione": Muegamma, Mu2e, Belle2, NA62..

Le astroparticelle

(protoni,fotoni,neutrini, onde gravitazionali,…,
le particelle di materia oscura ??)





Le particelle che compongono la materia oscura potrebbero essere presenti nell'universo e essere misurabili attraverso le (deboli) interazioni con la materia ordinaria.

La teoria standard è (molto) incompleta

- Perche' il bosone di Higgs e' cosi' leggero?
- Origine dell'asimmetria materia/antimateria?
- Perche' ci sono 3 famiglie di fermioni e con masse cosi' diverse?
- Qual e' l'origine della massa dei neutrini e delle loro oscillazioni?
- Qual e' la composizione della materia oscura?
- Qual e' la causa dell'espansione accelerata dell'universo?
- Perche' la gravita', a livello elementare, e' cosi' debole?
- …

- **Sara' fondamentale nei prossimi anni di poter disporre di misure sperimentali precise dalla Fisica delle Particelle e delle Astroparticelle e dalle misure astronomiche e astrofisiche per poter orientare la costruzione di una teoria oltre quella standard.**

CURRICULUM INTERAZIONI FONDAMENTALI

CORSI OBBLIGATORI TOTALE 42 CFU

-FISICA TEORICA 1 9 CFU

-LABORATORIO INTERAZIONI FONDAMENTALI
MODULO A + MODULO B 15 CFU

- INTERAZIONI FONDAMENTALI 9 CFU

- FISICA DELLE PARTICELLE 9 CFU

CORSI IN ALTERNATIVA TOTALE 6 CFU
(UNO PER CIASCUNO DEI GRUPPI SEGUENTI)

ASTROFISICA A 6 CFU
ASTROPARTICELLE A 6/9 CFU

_CORSI A SCELTA TOTALE 27 CFU
(DI CUI ALMENO 18 CFU DEL GRUPPO *IF*)

GRUPPO IF:
ANALISI STATISTICA DEI DATI 9 CFU
SIMMETRIE DISCRETE 6 CFU
FISICA NUCLEARE 9 CFU
FISICA DELLE ONDE GRAVITAZIONALI 6/9 CFU
FISICA TEORICA 2 9 CFU
MACCHINE ACCELERATRICI 9 CFU
RELATIVITA` GENERALE 9 CFU
METODI MONTECARLO 6 CFU
FONDAMENTI DI INTERAZIONE RADIAZIONE MATERIA 9 CFU

Uno studente del curriculum di FdIF

- Dovrà acquisire solide basi sulle attuali conoscenze di fisica delle particelle, di fisica teorica e delle principali tecniche sperimentali (curriculum)
- Per il lavoro di tesi sara' tipicamente inserito in una collaborazione internazionale.
- Importante: **il suo lavoro sara' riconoscibile e riconosciuto** sia all'interno di grandi collaborazioni (come quelle a LHC) che in esperimenti piu' mirati e di dimensioni piu' contenute.
- Potra' acquisire competenze e esperienze in metodologie e tecnologie sperimentali che risulteranno utili anche in campi diversi dalla ricerca in FdIF.

ad esempio:

-nel campo nella elettronica e microelettronica digitale e analogica;

-nell'elettronica veloce;

-nella utilizzo di strumentazione avanzata;

-nella costruzione e utilizzo di rivelatori di radiazione innovativi anche criogenici;

-nella gestione di grandi quantita' di dati sia reali che simulati e nella loro selezione;

e analisi con le corrette tecniche statistiche;

-nei sistemi di controllo e di calibrazione di complessi apparati sperimentali..

Naturalmente noi speriamo che…

- Uno di voi possa inventare:

-nuovi rivelatori innovativi nel principi di misura, piu' efficienti, miniaturizzati o molto meno costosi! [**Anderson, Charpack, ….**]

-nuove tecniche di indagine sperimentale nella concezioni degli esperimenti e nell'analisi dei dati raccolti. [**Fermi, Rubbia, Ting, …**]

Qualche informazione sui corsi

Interazioni fondamentali (9 CFU) AA 2017/18

Prof. Flavio Costantini: Flavio.Costantini@pi.infn.it

Argomenti trattati.
Classificazione delle particelle elementari. Particelle ed antiparticelle. Cenno alle soluzioni ad energia negativa dell' eqz. di Dirac. Scoperta del positrone osservato da Anderson.

Simmetrie e leggi di conservazione.
Parità spaziale e parità per scambio. Fermioni e Bosoni. Principio di esclusione di Pauli. La simmetria di Isospin. Generalizzazione del principio di Pauli.

Particelle con Stranezza.
La violazione della parità P e della coniugazione di carica C. La violazione di CP. Definizione 'assoluta' del segno della carica elettrica.

Introduzione alle interazioni deboli.
Limiti sperimentali diretti sulle masse dei neutrini. Oscillazioni dei neutrini.

Processi adronici.
La scoperta della J/psi e dei suoi stati eccitati ad esperimenti e+e- ed a bersaglio. Il meccanismo di G.I.M. Dipendenza dall' energia del rapporto R tra processi adronici ed e.m. Evidenze sperimentali del colore e dei gluoni. Misure di alfa_s e dipendenza dall' energia. Positronio, struttura dei livelli, canali di decadimento. Quarkonio.

Obiettivo formativo:
Introduzione quantitativa alla fisica delle particelle elementari e delle loro interazioni, dal punto di vista fenomenologico e sperimentale, privilegiando l'effettivo sviluppo storico.

Propedeuticità consigliate: Meccanica Quantistica Relativistica, Fisica 3, Introduzione alla fisica subnucleare.

La frequenza alle lezioni e alle esercitazioni è fortemente consigliata.

Modalità di verifica finale: Prova d'esame scritta ed orale.

Laboratorio di Fisica delle Interazioni Fondamentali (primo semestre) **9CFU**

prof Marco Sozzi: Marco.Sozzi@pi.infn.it

Scopo del corso: fornire una solida base su principi e tecniche di rivelazione di particelle singole, porre di fronte alle problematiche di una vera misura fisica, con enfasi sulla valutazione dei problemi e degli errori sistematici, valorizzando iniziativa e sviluppo del senso critico.

Primo semestre (modulo A): lezioni su interazione radiazione-materia e rivelatori

Esperienza preliminare (1 settimana)

Una esperienza di laboratorio (1 mese)

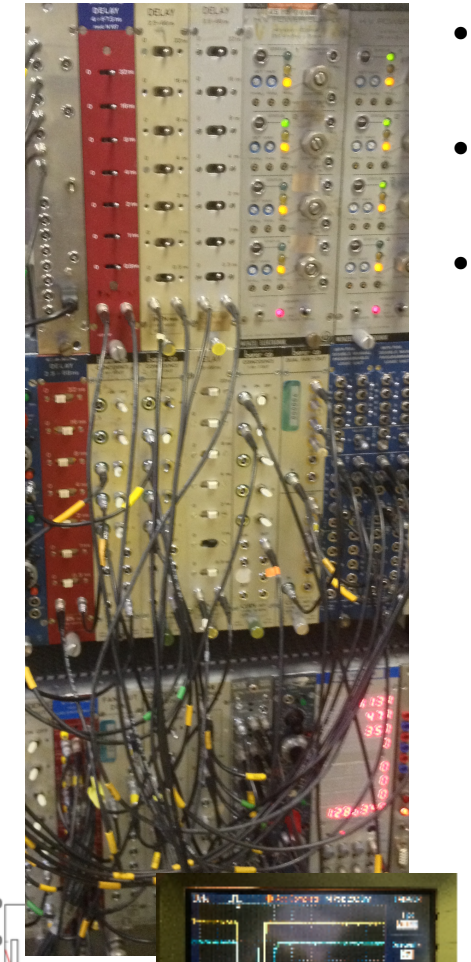
Relazioni scritte di gruppo consegnate poco dopo il termine di ogni esperienza

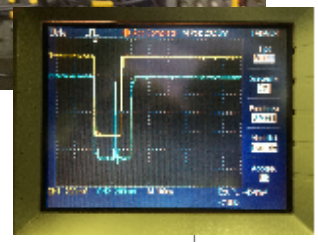
Esame orale e valutazione delle relazioni scritte sulle esperienze svolte in gruppi di 2-3 persone.

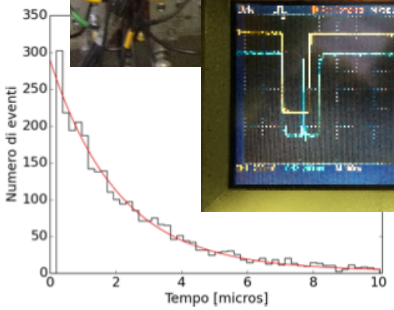
Pre-requisiti: STATISTICA DI BASE, SENSO CRITICO

Laboratorio di Fisica delle Interazioni Fondamentali

(secondo semestre) 6CFU prof Giovanni Punzi :Giovanni.Punzi@pi.infn.it







- Esperienze Libere: misure “classiche” in fisica delle particelle, in parte “ripensate” con strumentazione moderna.
- Sviluppare competenze tipiche del field, e la capacita' di autonomia e creativita' nell'esecuzione di misure non banali.
- Utilizzo di elettronica veloce, ADC, TDC, TAC, FPGA, nuclei radioattivi, fotomoltiplicatori, scintillatori.

- Flusso e composizione dei raggi cosmici
- Ricostruzione di tracce di particelle cariche
- Misura della vita media del μ
  - Misura massa dell’elettrone via effetto Compton
  - Misura della costante gravitazionale G
  - Misura sezione d’urto differenziale scattering Rutherford
  - Decadimento del positronio e applicazioni
- Violazione di Parita' in interazioni deboli

[Con ringraziamenti a INFN, CERN, FERMILAB]

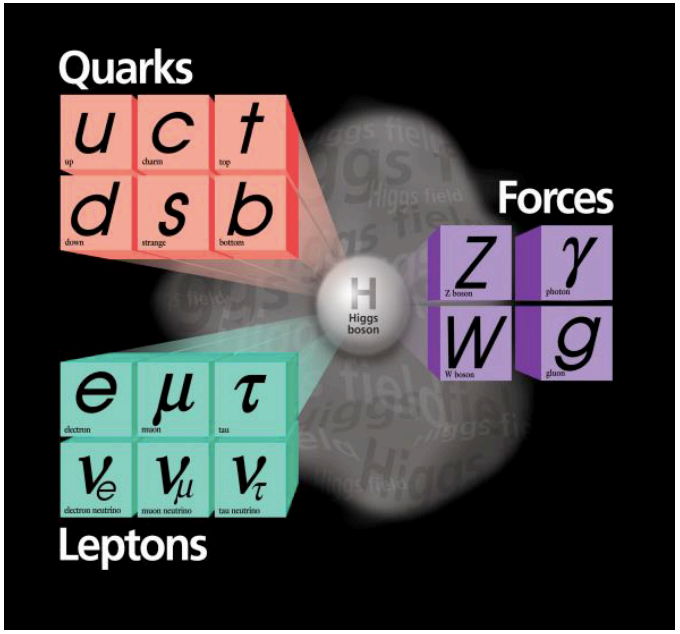
Fisica delle Particelle (9 CFU)

prof.VincenzCavasinni:Vincenzo.Cavasinni@pi.infn.it

FINALITA':

- Fornire le conoscenze di base, fenomenologiche e sperimentali, dei costituenti elementari della materia : I quark e I leptoni e delle loro interazioni
- approfondendo quanto appreso nel corso "Interazioni Fondamentali:

LA TEORIA STANDARD



- **Le interazioni elettrodeboli:**
- il modedello unificato:
- la fisica dei bosoni intermedi W e Z e del
- bosone di Higgs:
  fenomenologia e verifiche sperimentali

- **Le interazioni forti di quark e gluoni:**
  -le basi della cromodinamica quantistica e sue verifiche sperimentali.
  -Fisica dei jet.

Introduzione alla fisica dei neutrini e della violazione della simmetria CP

ASTROPARTICELLE (6+3 CFU) prof. Alessandro Baldini

http://www.pi.infn.it/~baldini/Astroparticelle/2017/

Fenomenologia dei raggi cosmici. Metodi di misura delle caratteristiche dei raggi cosmici di alta energia. Esperimenti terrestri e nello spazio. Moto di particelle cariche in campi magnetici. Meccanismi di accelerazione stocastici del secondo e primo ordine.

Le possibili sorgenti di accelerazione dei raggi cosmici. Reazioni di fusione stellare. Dipendenza dalla temperatura. Emissione di neutrini in stelle ordinarie. Rivelazione dei neutrini solari. Equilibrio stellare. Supernovae. Emissione e rivelazione di neutrini. Neutrini atmosferici e loro rivelazione. Masse ed oscillazioni dei neutrini.

Richiami di relativita' generale. Le equazioni per l'evoluzione dell'universo. Misura dei parametri cosmologici. Termodinamica delle fasi iniziali dell'universo. Formazione degli atomi di idrogeno ed equilibrio con la radiazione presente. Nucleo sintesi. Equazione per la descrizione dell'uscita dall'equilibrio dei vari costituenti fondamentali e descrizione delle soluzioni. Particelle candidate a costituenti della materia oscura. La ricerca sperimentale di tali particelle.

Onde gravitazionali. Teoria e tecniche di rivelazione sperimentale. Osservazioni

Macchine acceleratrici (9 cfu)

prof. Franco Cervelli: Franco.Cervelli@pi.infn.it

Why do we need high energy beams

- Resolution of "Matter" Microscopes
  - → Wavelength of Particles (γ, e, p, ...) (de Broglie, 1923)

$$\lambda = h/p = 1.2 \text{ fm}/p\,[\text{GeV}/c]$$

  - → Higher momentum => shorter wavelength => better the resolution

- Energy to Matter
  - → Higher energy produces heavier particles

$$E = mc^2 = \frac{m_o c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_o c^2$$

- Penetrate more deeply into matter

Accelerators and Their use I

Today: ~ **30'000 accelerators** operational world-wide*

The **large majority** is used in **industry** and **medicine**

- Industrial applications: ~ 20'000*
- Medical applications: ~ 10'000*

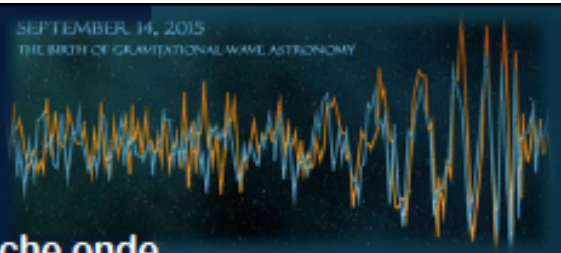
Les than a fraction of a percent is used for **research** and discovery science

- Cyclotrons
- FFAG
- Synchrotrons
- Synchrotron light
- Lin. & Circ. accelerators/ Colliders

Course Motivation

- physical mechanisms that determine the particle motion
- basic components of an accelerator
- how particles (more or less!) follow a specified path, even if our accelerator is not designed perfectly

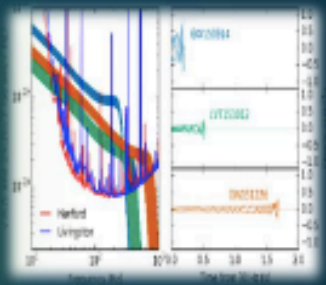
Fisica delle Onde Gravitazionali



Fondamenti e tematiche attuali

- Virgo è parte della rete mondiale di rivelatori terrestri di OG
- Il gruppo di Pisa partecipa allo studio di numerose tematiche
- Con le prime rivelazioni è iniziata l'era dell'astronomia gravitazionale
- Analisi di sorgenti con emissione em o di neutrini (multimessaggero): raggi gamma dal satellite Fermi, ...
- Interdisciplinare: relatività generale, astrofisica, fisica fondamentale, ottica, fisica dei materiali,.....

- Teoria e caratteristiche onde gravitazionali
- Sorgenti
  - Coalescenze binarie
  - Fondi stocastici
  - Sorgenti continue, Supernovae
  - Controparti elettromagnetiche e neutrini
  - Cosmologia fisica fondamentale



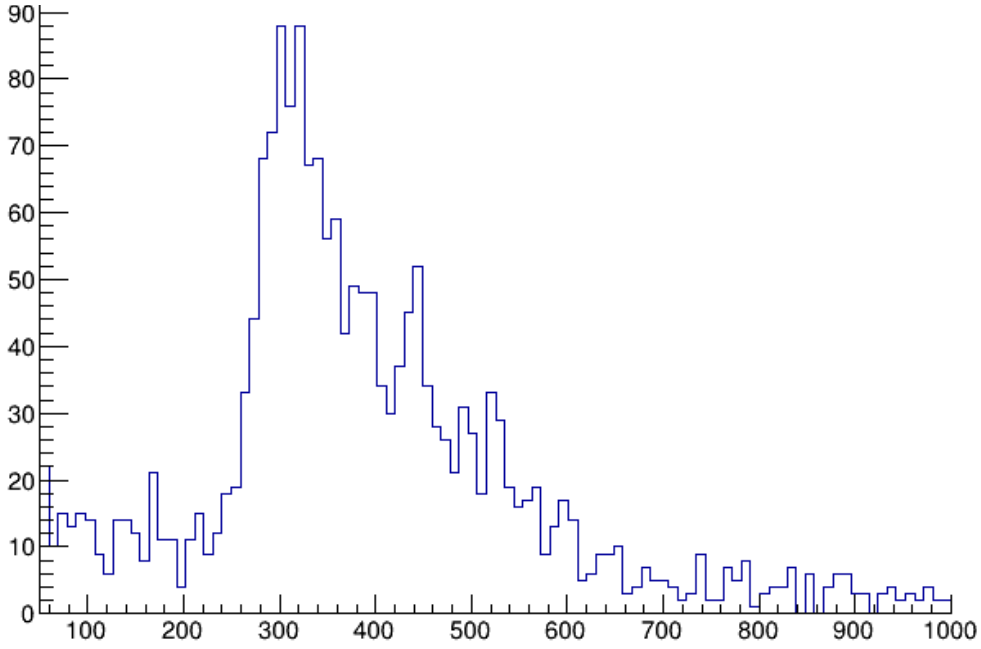
- Rivelatori interferometrici
  - Principi di funzionamento
  - Sorgenti di rumore e loro mitigazione

- Analisi dati
  - Stima parametri
  - Analisi Bayesiana
  - Tecniche MCMC

- Possibili diversi percorsi, in accordo col curriculum scelto: 6 o 9 crediti
- Esame finale basato su un seminario
- Comprende una parte pratica: calcoli particolarmente significativi, analisi di dati reali

Proff. Francesco Fidecaro: Francesco.Fidecaro@pi.infn.it, Massiminiano.Razzano@pi.infn.it

Analisi Statistica dei Dati prof.Giovanni Punzi: Giovanni Punzi@pi.infn.it



- Nuovo docente e nuovo programma nel AA 17/18
- Rivolto a tutte le discipline: contenuti per tutte le Scienze sperimentali
- Fornisce le indispensabili basi teoriche, ma senza trascurare applicazioni ed esercitazioni (esame scritto e orale).
- Obiettivo: mettere in grado di *analizzare correttamente* dati sperimentali in prima persona, ma anche *comprendere* significato articoli sperimentali.

Simmetrie discrete (6CFU)

prof. Marcello Giorgi: Marcello.Giorgi@pi.infn.it

Il corso si propone di discutere le simmetrie discrete nella fisica delle particelle elementari. Vengono esaminati i più importanti esperimenti relativi alla violazione delle simmetrie P, C, T, CP, CPT e quelli sulla conservazione del numero leptonico e di quello barionico. Le violazioni di P, C, T, CP sono inquadrate nell'ambito della teoria elettrodebole di cui vengono gli aspetti fenomenologici. A questo scopo sono esaminati anche i più recenti esperimenti di violazione di P da correnti neutre per la misura di $\sin^2\theta_W$ a $q^2 << m^2_z$.

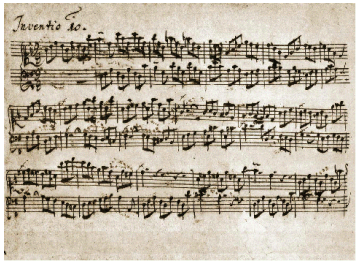
Una attenzione particolare viene dedicata al mescolamento di sapore adronico e ovviamente al mescolamento di sapore leptonico , discutendo i risultati delle misure di violazione del sapore leptonico nei neutrini e nei leptoni carichi.

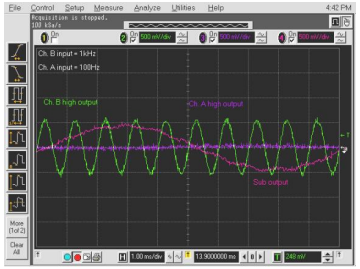
Fisica Musicale prof. Marco.Sozzi:Marco.Sozzi@pi.infn.it

Introduzione a fenomeni e processi fisici legati alla generazione, propagazione, percezione, registrazione, elaborazione e sintesi del suono. Enfasi sull'unità della fisica e sulle relazioni formali e sostanziali fisico-matematiche con altri fenomeni studiati in fisica classica e quantistica.
Il programma privilegia la descrizione di un ampio spettro di fenomeni, e viene **adattato** alla preparazione e agli interessi specifici degli studenti del corso, con approfondimenti sugli argomenti di maggiore interesse.

L'esame è un colloquio sugli argomenti discussi (con possibilità di approfondimento di un argomento a scelta). Pre-requisiti: fisica classica (meccanica ed elettromagnetismo)

- Vibrazioni, oscillatori lineari e non, equazioni d'onda per sistemi a 1, 2 e 3 dimensioni, cordofoni, membranofoni, strumenti a fiato, voce umana, propagazione del suono.
- Percezione del suono, cenni di psicoacustica.
- Cenni a scale musicali e temperamento.
- Introduzione alla sintesi del suono, al campionamento e alla compressione digitale.



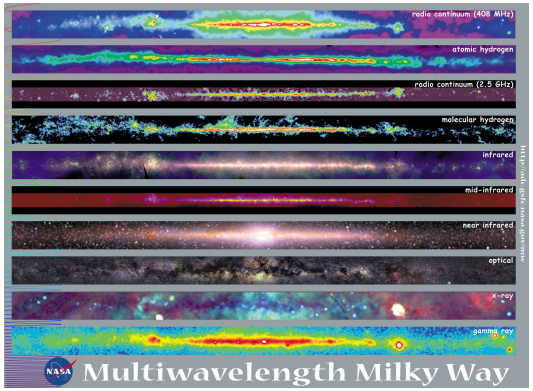


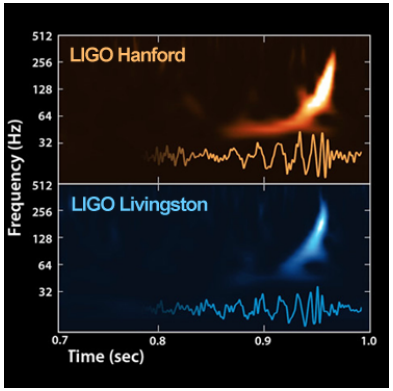
Metodologie sperimentali per la fisica delle astroparticelle

prof Rosa Poggiani: Rosa Poggiani@pi.infn.it

- **Descrizione**:
  - **Strumentazione e tecniche sperimentali per l'osservazione di sorgenti astrofisiche con un approccio multi-messaggero: astrofisica X, gamma, con raggi cosmici, con neutrini, con onde gravitazionali e ricerca di materia oscura**
  - **Tecniche di riduzione ed analisi dei dati**
  - **Follow up delle controparti elettromagnetiche di eventi ad alta energia**
  - **Esercitazioni in classe con "open data" degli archivi di esperimenti di astrofisica X, gamma, gravitazionale**

- **Obiettivi formativi**: **conoscenza di strumentazioni e tecniche per lavorare alla strumentazione, pianificare ed eseguire osservazioni di sorgenti astrofisiche ad alta energia; conoscenza delle tecniche di riduzione ed analisi dei dati**





Tesi magistrali disponibili nell’ambito della ricerca in
Fisica delle Interazioni Fondamentali

Esperimenti a LHC

ATLAS

Chiara.Roda@pi.infn.it

-”Study of the Higgs CP in tau-lepton pairs decays”
-”Measurement of the Higgs boson properties and couplings to quarks and vector bosons in final state with lepton(s) and b-jets in ATLAS”
-”Search of Dark Matter produced in association with the Higgs boson and use of the tracking information in the trigger for events with high missing transverse energy in ATLAS”
-”Search of double Higgs boson production in the bbtautau channel and improvement of the trigger system in ATLAS”
-”Study of W-pairs production in leptonic and hadronic decays in the ATLAS experiment at LHC”.

-“Higgs physics with real time trajectory reconstruction”
-"High performance tracking exploiting heterogenous processing with FPGA and ASICs”
-”Characterization of the photomultipliers of the hadronic calorimeter of the ATLAS experiment to be installed for the “Phase2” data-taking at LHC”

Sito Web: http://cms.pi.infn.it, Elenco Tesi: https://goo.gl/0nf0T8

CMS

Giuseppe.Bagliesi@pi.infn.it

Fisica del bosone di Higgs (contatti: Paolo Azzurri, Giuseppe Bagliesi, Agnese Ciocci, Andrea Rizzi)

- Studio del bosone di Higgs in stati finali b-bbar ad LHC con l'esperimento CMS
- Studio del bosone di Higgs in stati finali tau+tau- ad LHC con l'esperimento CMS
- Studio della produzione di coppie di bosoni di Higgs in stati finali con b e/o tau ad LHC con l'esperimento CMS
- Studio della produzione di coppie di bosoni di Higgs in stati finali con W e tau ad LHC con l'esperimento CMS
- Ricerca del bosone di Higgs in stati finali mu+mu- ad LHC con l'esperimento CMS
- Studio della fisica dell'Higgs negli scenari di upgrade dell'esperimento CMS ad LHC

Fisica Elettrodebole (contatti: Paolo Azzurri, Gigi Rolandi)

- Fusione elettrodebole di bosoni Z o W ad LHC con l'esperimento CMS
- Misura di precisione della massa del bosone W con l'esperimento CMS

Fisica delle interazioni forti (QCD) (contatti: Paolo Azzurri, Andrea Rizzi)

- Identificazione di quark e gluoni con l'esperimento CMS
- Identificazione di quark B con l'esperimento CMS

Fisica del quark-b (contatto: Fabrizio Palla)

- Misura della violazione di CP nel canale Bs->Jpsi Phi con il nuovo rivelatore di vertice di CMS
- Misura della vita media del Bs con l'esperimento CMS
- Misura della sezione d'urto del Bs con l'esperimento CMS

CMS cont.

Fisica del quark-top (contatto: Roberto Tenchini)

- Misura della produzione di quark top e loro decadimento in tau con l'esperimento CMS: test di universalita' leptonica.
- Misura di produzione di top singolo in canale s con l'esperimento CMS
- Misura di produzione associata di top singolo e bosone di Higgs con l'esperimento CMS

Rivelatori, Elettronica e Computing (contatti: Giuseppe Bagliesi, Tommaso Boccali, Alberto Messineo, Fabrizio Palla, Andrea Rizzi)

- Sviluppo di sensori innovativi per l'upgrade del rivelatore a Pixel dell'esperimento CMS ad LHC
- Sviluppo di un trigger di traccia di primo livello per CMS a HL-LHC
- Tecniche di deep-machine learning nelle analisi dati dell'esperimento CMS ad LHC
- Test del chip di readout per l'upgrade del rivelatore a pixel di CMS a HL-LHC
- Simulazione di dispositivi opto-elettronici radiation-hard per HL-LHC e collisori futuri

Indirizzi email dei contatti:

Paolo.Azzurri@cern.ch, Giuseppe.Bagliesi@cern.ch, Tommaso.Boccali@cern.ch, Mariaagnese.Ciocci@pi.infn.it, Alberto.Messineo@cern.ch, Fabrizio.Palla@cern.ch, Andrea.Rizzi@cern.ch, Gigi.Rolandi@cern.ch, Roberto.Tenchini@cern.ch

LHCb

Giovanni.Punzi@pi.infn.it

- A parallel computation methodology for real-time reconstruction of long-lived particle decays at the upgraded LHCb experiment
- A library of electromagnetic showers for fast event simulation at LHCb experiment
- A parallel processor for high-speed track reconstruction implemented on FPGA devices connected through optical links
- Measurement of CP-violating asymmetries in decays of charged charm mesons with photons in the final state at LHCb Run2
- High precision measurement of CP-violating asymmetries in the singly-Cabibbo suppressed D0->K+K- and D0->pi+pi- decays at LHCb
- Measurement of time-integrated CP-violating asymmetry in D0->KshortKshort decays at LHCb
- High precision measurement of D0-mixing parameters at LHCb
- Search for the B0->mumu decay and measurement of the Bs->mumu branching fraction using the Run2 dataset at LHCb

Esperimenti dedicati ad acceleratori

NA62 CERN

Marco.Sozzi@pi.infn.it

- Ricerca di decadimenti ultra-rari dei mesoni K per ricerca di Nuova Fisica
- Ricerca di particelle esotiche candidate per materia oscura
- Implementazione di trigger innovativi basati su processori grafici usati in tempo reale.

Belle II a SuperKEKB (Giappone)

Francesco.Forti@pi.infn.it

- vari argomenti di analisi dati, particolarmente in canali che aprono finestre su fisica oltre il modello standard

- prestazioni del rivelatore di vertice e misure di background di macchina
- sviluppo del software di tracciatura e valutazione delle sue prestazioni

Sviluppo di rivelatori innovativi (in collaborazione con Tredicucci)

- sviluppo e caratterizzazione di rivelatori per radiazione ionizzante basati su dispositivi a grafene

MEG Paul Scherres Institute Zurigo

Alessandro.Baldini@pi.infn.it

- Ricerca della violazione del sapore leptonico di famiglia nel decadimento $\mu \rightarrow e\gamma$
- Costruzione e installazione del tracciatore di positroni
- Sviluppo di algoritmi di selezione degli eventi in tempo reale e di acquisizione dei dati

- Possibilità si Summer Student al Paul Scherrer Institut nell'estate 2017

Mu2e FermiLab

Stefano.Difalco@pi.infn.i

"Analisi del test con fascio di elettroni del prototipo
del calorimetro di Mu2e e conseguente miglioramento della simulazione
e degli strumenti di analisi del calorimetro."

BABAR SLAC

Marcello.Giorgi@pi.infn.it

"Analisi di dati per la ricerca di Dark Photons"

Esperimenti con raggi e particelle cosmiche

DarkSide Laboratorio del G. Sasso Giovanni.Batignani@pi.infn.it

DS-1) Progetto del rivelatore DarkSide-20tonnellate (DS20k) per la ricerca di materia oscura e di neutrini da supernovae

DS-2) Il progetto ReD: calibrazione e ricerca di effetti di direzionalita' di rivelatori di radiazione ionizzante basati su Argon Liquido e SiPM.

DS-3) Sviluppo di nuovi rivelatori per radiazione ionizzante basati su SiPM per applicazioni di fisica fondamentale (esperimento DS20k) ed applicazioni di fisica medica (PET).

EEE-1) Misure di coincidenze in sciami cosmici estesi nell'esperimento EEE

Rivelatori bolometrici per assioni Paolo.Spagnolo@pi.infn.it.

"Sviluppo di un detector bolometrico ad ultra-freddo per la ricerca degli assioni di dark matter"

LSPE ricerca polarizzazione della radiazione cosmica

Giovanni.Signorelli@pi.infn.it

"L'esperimento LSPE per la ricerca dei modi B di polarizzazione della radiazione cosmica di fondo: alla ricerca delle tracce dell'inflazione."

KM3NeT: neutrini cosmici

Antonio.Marinelli@pi.infn.it

Per la parte fenomenologica di simulazione:
1) Studio sulla emissione Galattica diffusa di neutrini e possibile osservazione con l'esperimento KM3NeT.

Per la parte sperimentale:
1) Caratterizzazione del segnale nella fase 1 dell'esperimento KM3NeT e ottimizzazione della strategia di trigger.

Per la parte fenomenologica di analisi dati:
2) Analisi della emissione di neutrini nei BL-Lacs attraverso le osservazioni di ANTARES e KM3NeT.

Esperimenti onde gravitazionali e relativita' generale

Esperimento VIRGO Francesco.Fidecaro@pi.infn.it

Analisi dati su sorgenti transienti (coalescenze di sistemi binari), periodiche (pulsar) e fondo stocastico, e studi di relatività generale:

* Analisi di segnali da sistemi binari di stelle di neutroni e misure di deformabilità mareali ed equazioni di stato
* Sviluppo di modelli effettivi per il post-merger di stelle di neutroni supermassive
* Misura di parametri cosmologici da onde gravitazionali con e senza controparti elettromagnetiche
* Emissione radio da sistemi binari di pulsar: dinamica e test di relatività generale
* Ricerca di segnali di bassa frequenza provenienti da pulsar
* Studio di fondi stocastici di origine cosmologica, meccanismi di produzione e connessione con fisica delle interazioni fondamentali.
* Ricerca di fondi stocastici di onde gravitazionali: determinazione di limiti superiori, spettri, e pianificazione di metodi per la ricostruzione delle anisotropie e della polarizzazione.
* Fondi stocastici non Gaussiani: metodi di rivelazione e di determinazione dei parametri.
* Onde gravitazionali e astronomia multimessaggero: simulazione e analisi congiunte di onde gravitazionali e raggi gamma su dati raccolti da Virgo, LIGO e dal telescopio spaziale Fermi

Esperimento VIRGO , cont.

Sviluppo dello strumento

* Ricerca di sorgenti di rumore transiente nei dati raccolti, in connessione con l'analisi dati, mirata all'aumento della sensibilità del rivelatore Virgo
* Analisi del comportamento dei sottosistemi dell'interferometro Virgo, con particolare attenzione all'isolamento sismico e alla mitigazione del rumore Newtoniano.
* Sviluppo di tecniche di calcolo avanzate per analisi di dati gravitazionali, applicate alla ricerca di sorgenti o allo studio del rivelatore (es. GPU)

- Rumore quantistico in rivelatori interferometrici di onde gravitazionali: strategie per l'evasione dello standard quantum limit.

Sviluppo giroscopi ottici angela.divirgilio@pi.infn.it

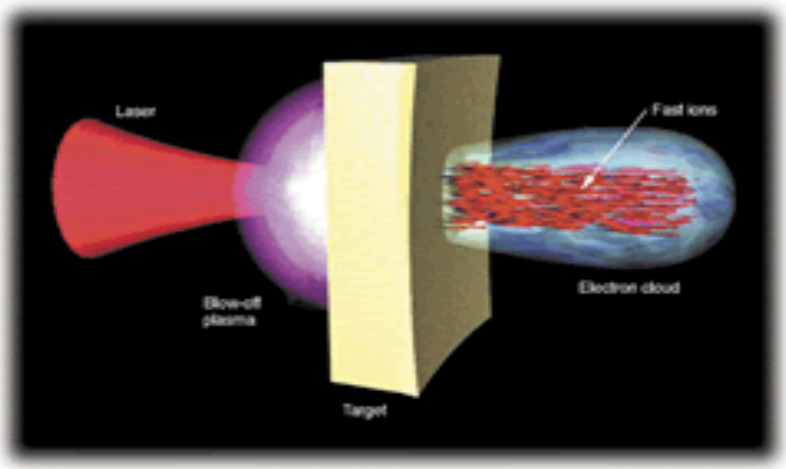
Giroscopi ottici per la fisica fondamentale: analisi dei dati dei grandi giroscopi esistenti.
Giroscopi ottici per la misura di effetti di relatività generale e le applicazioni in geofisica e geodesia.

R&D per nuovi acceleratori leonida.gizzi@pi.infn.it

L^{3}IA (CSN5)

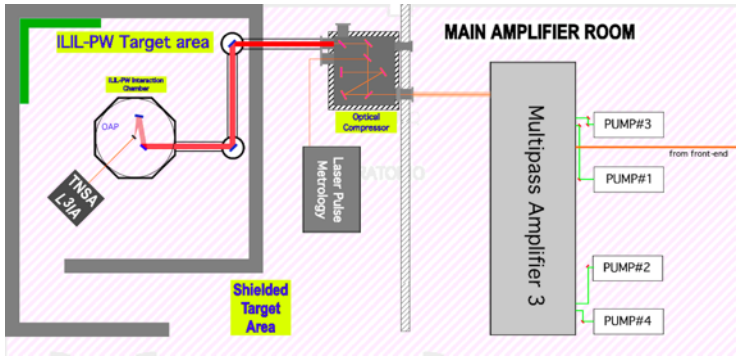
A MULTI-MEV ION BEAMLINE BASED ON LASER-DRIVEN ION ACCELERATION

Units: Pisa, Milano, Catania, Bologna, Firenze, Napoli



Project objectives:

- Develop ultra-relativistic laser-target interaction;
- Establish ion-acceleration at >10MeV/nucleon
- Build ion detection line
- Characterize ion beam;
- Run benchmarking applications

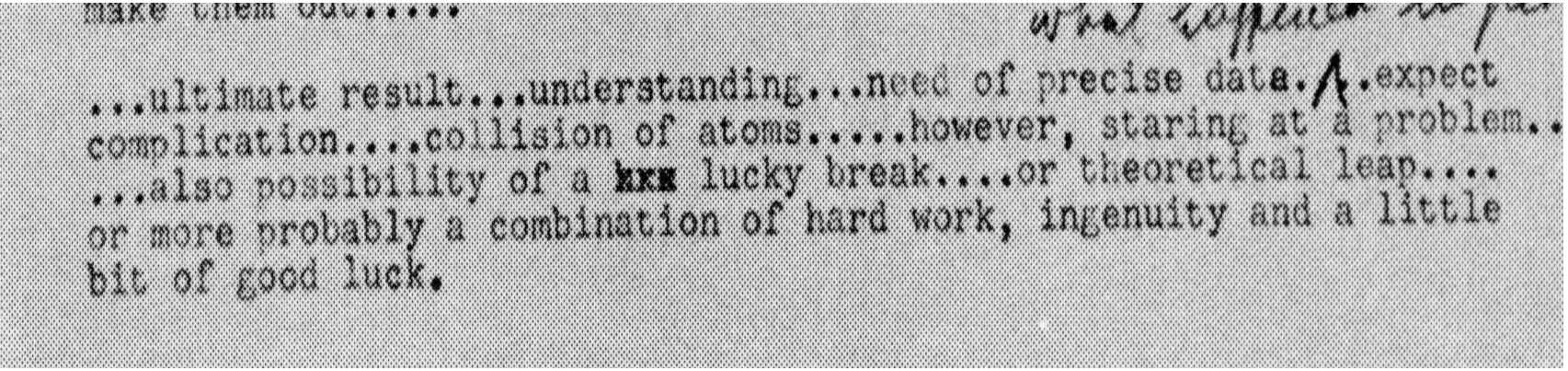


THESIS TOPICS

- Ultrafast optics: metrology and optimization;
- Dense plasma optical and X-ray diagnostics;
- Ion detection in high peak current mode;
- Nanostructured material for laser absorption;
- Numerical P.I.C. simulations of laser-plasmas;
- Studies on E.M.P. effects on electronics.

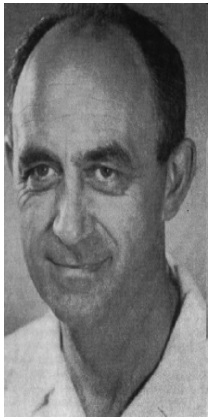
Installation @ INO-CNR - PISA
Commissioning tests <u>currently in progress</u>
<u>Contact:</u> **leonida.gizzi@pi.infn.it**

L.A. Gizzi et al., **NIM, A829**, 144–148 (2016); C. Altana et al., **A829**, 159–162 (2016); G. Cristoforetti e t al., Sci. Rep. 2017,



make them out.....

...ultimate result...understanding...need of precise data. A.expect complication....collision of atoms.....however, staring at a problem... ...also possibility of a lucky break....or theoretical leap.... or more probably a combination of hard work, ingenuity and a little bit of good luck.



Enrico Fermi, Chicago, 1953

Buona fortuna a tutti voi!