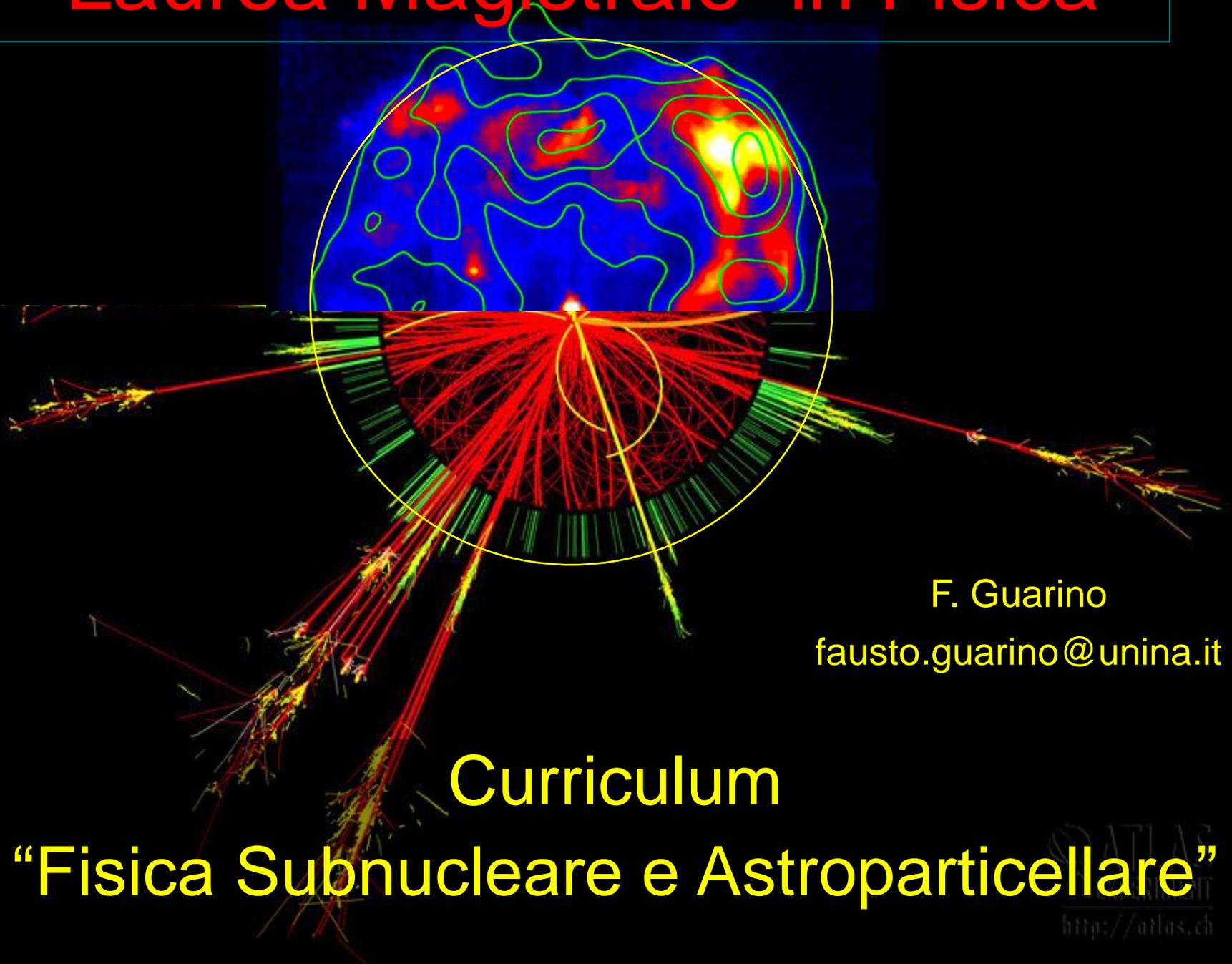


Laurea Magistrale in Fisica



F. Guarino

fausto.guarino@unina.it

Curriculum

“Fisica Subnucleare e Astroparticellare”

ATLAS
http://atlas.ch

Cosa viene affrontato in questo curriculum ?

Lo studio e la ricerca sperimentale dei costituenti elementari della materia

ATLAS
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>

Lo studio delle interazioni fondamentali tra queste particelle

Event: 1273922482
2015-09-29 15:32:53 CEST

I legami fra particelle elementari e l'origine dell'Universo

Lo studio della radiazione e delle particelle che dal cosmo arrivano fino a noi

La ricerca di Materia Oscura

La ricerca di Onde Gravitazionali

I legami l'origine e l'evoluzione dell'Universo e le particelle elementari

HANFORD
LIVINGSTON
LOUISIANA

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)

Le attività di ricerca in Subnucleare e Astroparticellare svolte all'interno del Dipartimento, sono in massima parte promosse e finanziate dall' INFN, un Ente Pubblico di Ricerca dotato di infrastrutture proprie (Laboratori Nazionali), personale Ricercatore, Tecnologo, Tecnico e Amministrativo proprio (dipendente) e associato (Professori, Ricercatori e Tecnici Universitari, Studenti e Borsisti), partner internazionale dei più prestigiosi enti di ricerca esteri

La sezione INFN di Napoli

E' una delle più grandi in Italia

Convive sinergicamente con il Dipartimento di Fisica

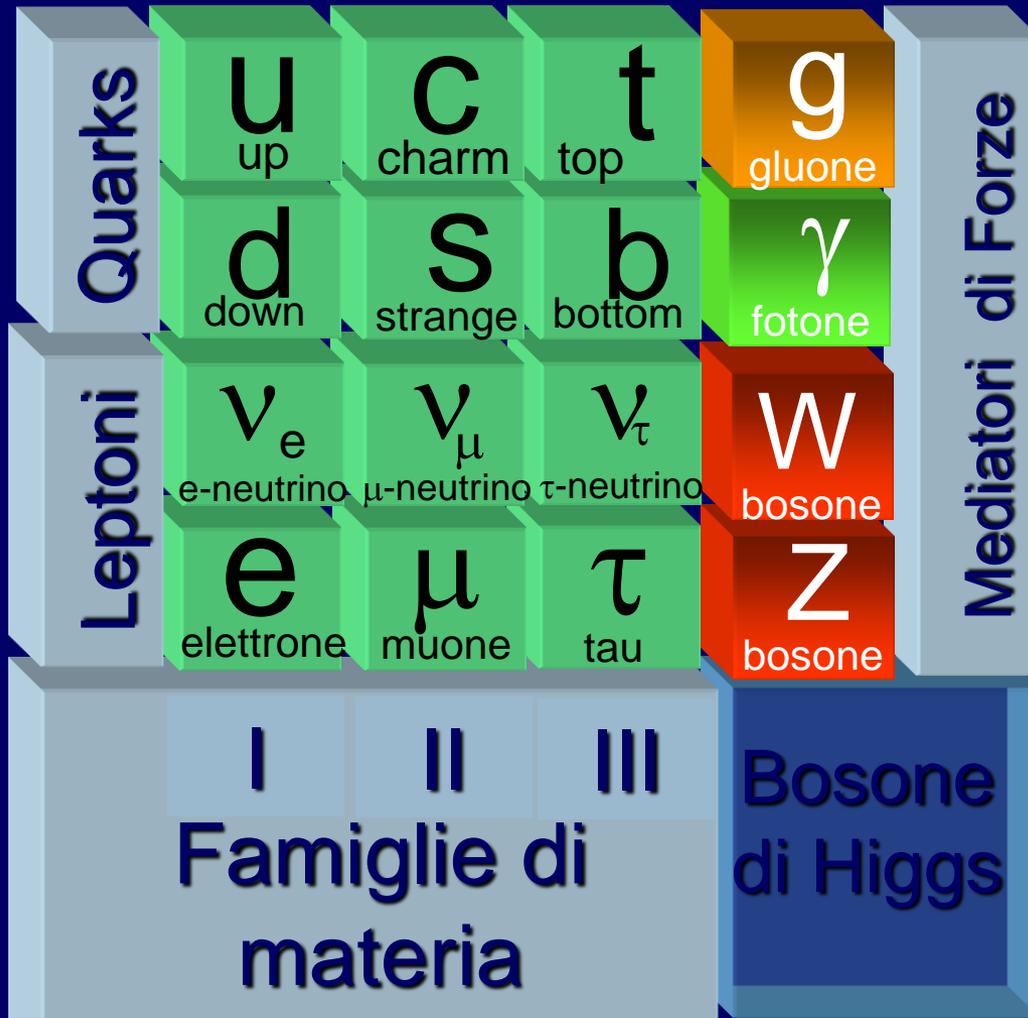
Partecipa attivamente a tutte le linee di ricerca Nazionali

In quasi tutti i gruppi di ricerca convivono una componente dipartimentale ed una INFN

Le interazioni fondamentali

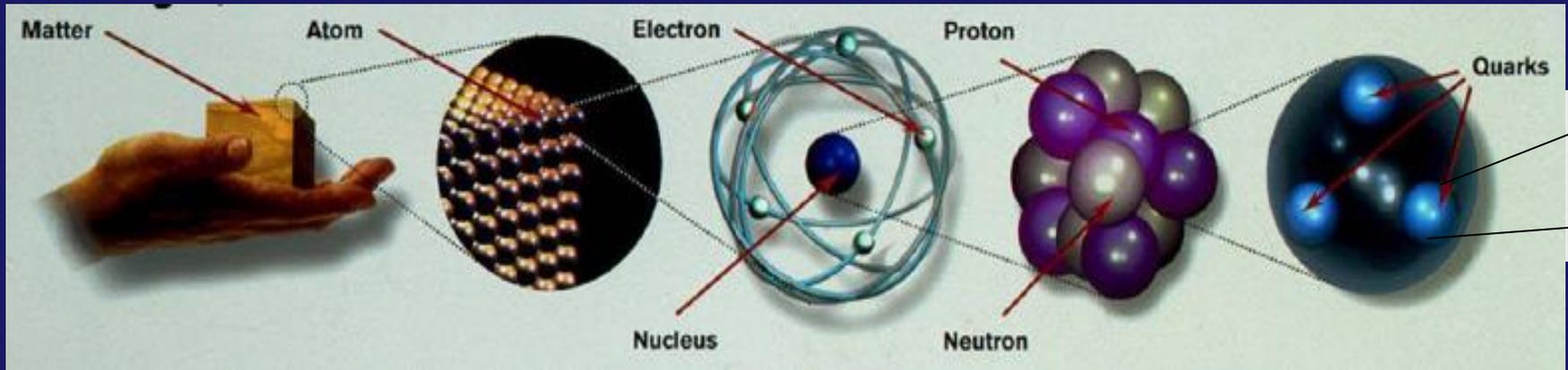
Costituenti materiali

Forze



- Il Modello Standard descrive con successo in un solo quadro teorico comune, le teorie di campo quantistico dell'elettromagnetismo, dell'interazione debole e dell'interazione forte.
- Il quadro attuale potrebbe però essere solo un aspetto di un disegno più ampio di cui cominciamo ad intravedere qualche segnale

Acceleratori = Microscopi



- Per osservare la Natura a scale di lunghezza molto piccole occorre una radiazione che abbia una lunghezza d'onda ancora più piccola.
- Ricordando De Broglie (per particelle che viaggiano a velocità prossime a c) :

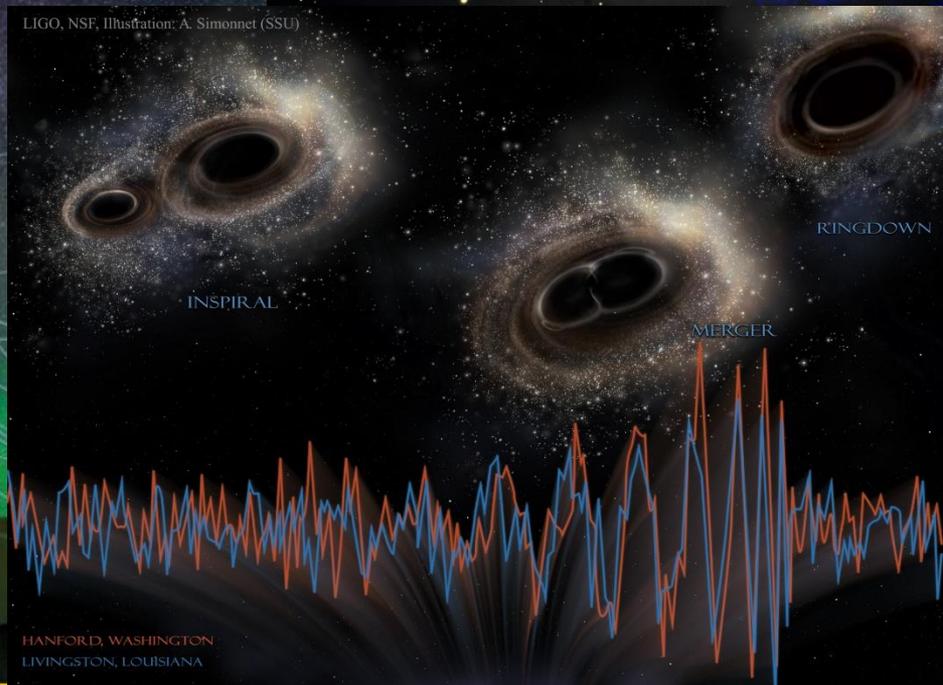
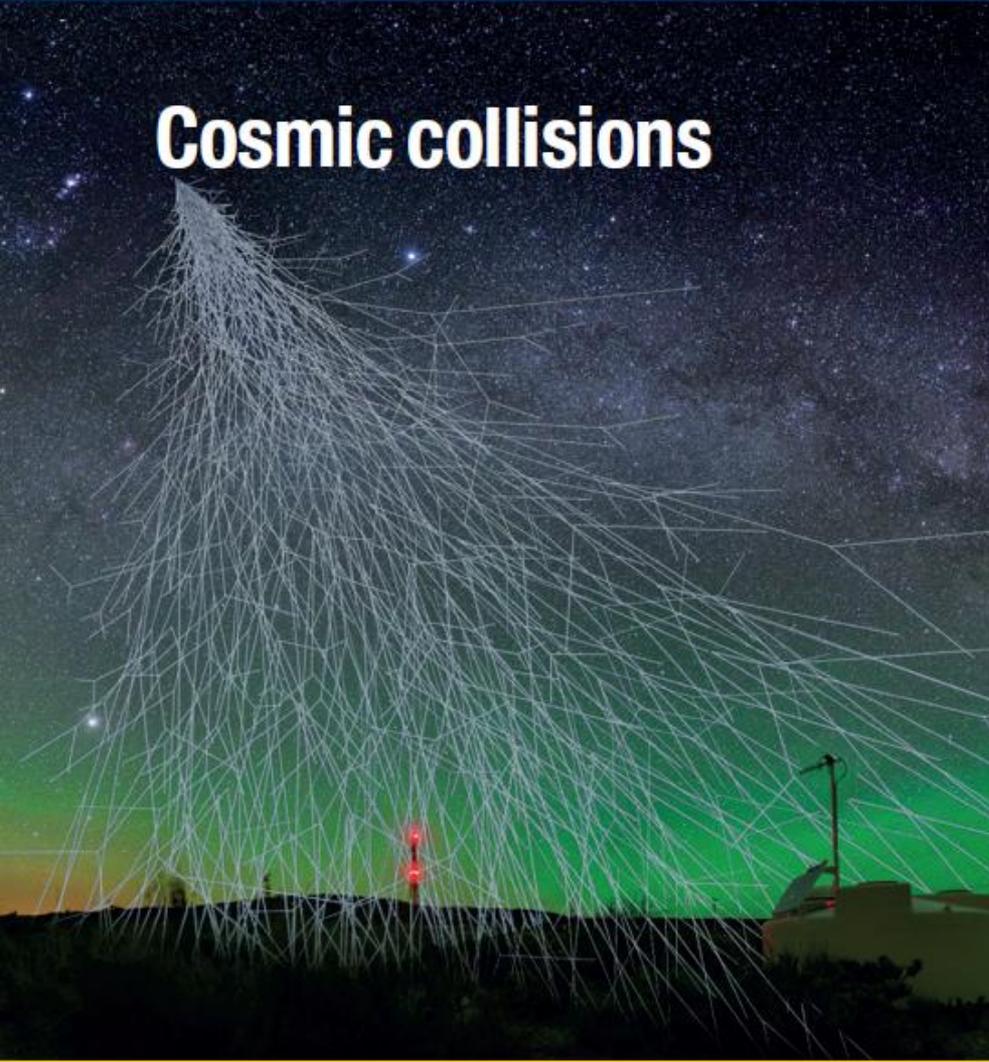
$$\lambda = \frac{0,2 \mu\text{m}}{E \text{ (eV)}}$$

- Alta energia \leftrightarrow Piccola lunghezza
- Si può ben dire che LHC sia il più potente microscopio mai costruito....

CERN COURIER

VOLUME 56 NUMBER 5 JUNE 2016

Cosmic collisions



Attività in Fisica Subnucleare

- A Napoli operano gruppi attivi in due rami:
1. Fisica di alta energia (LHC)
 2. Fisica di precisione (Studi di processi rari per verifiche del Modello Standard)

Due vie per la ricerca di nuova fisica

- **Fisica di alta energia (LHC)**
 - Esplorazione «diretta» delle scale di energia più alte mai raggiunte in laboratorio (collisioni pp @ 13 TeV al CERN!)
 - Esperimenti «general purpose» (ATLAS, CMS)



- **Fisica di precisione**
 - Esplorazione indiretta di scale di energia ancora più elevate, attraverso effetti virtuali e studio di processi rari o proibiti, o misure di elevatissima precisione
 - Esperimenti dedicati (NA62, g-2, SHIP)
 - Flavour factories (BELLE-2)



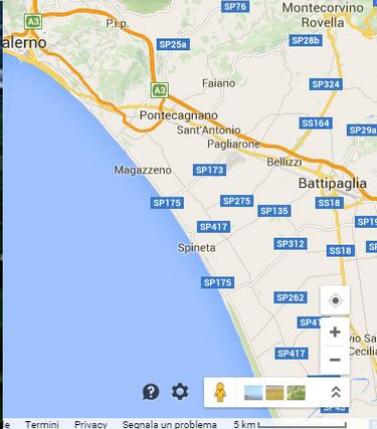
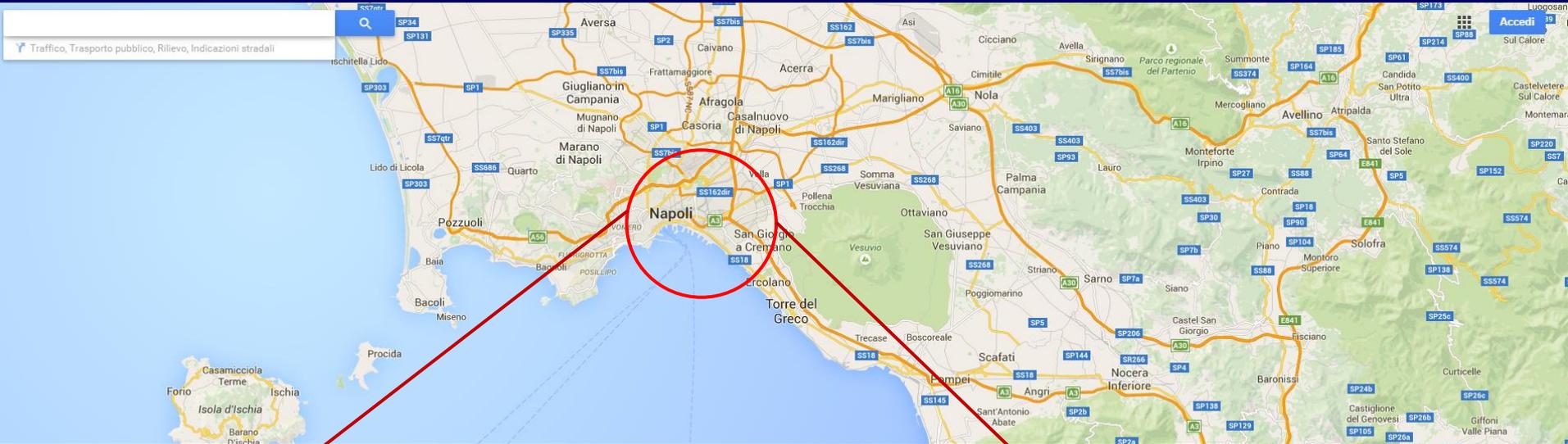
LHC

- Il più grande e potente acceleratore di particelle al mondo. [Video](#)
- Collisioni protone protone ad altissima energia
- Operativo almeno fino al 2035
- Nel 2012 ha permesso di scoprire l'Higgs....

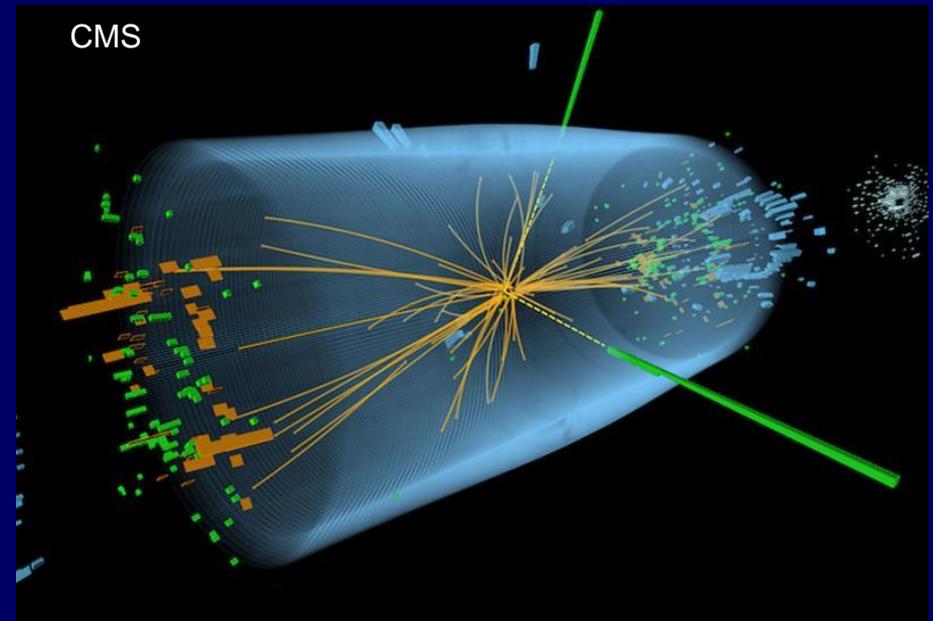
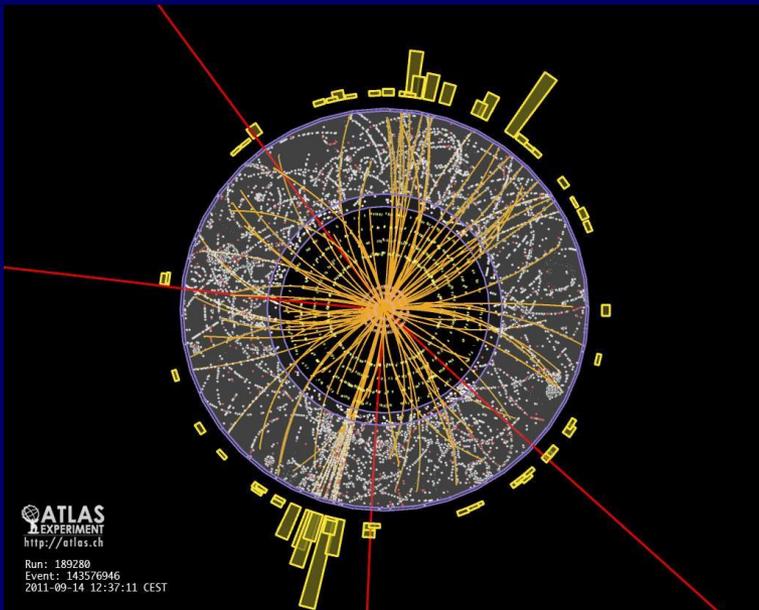
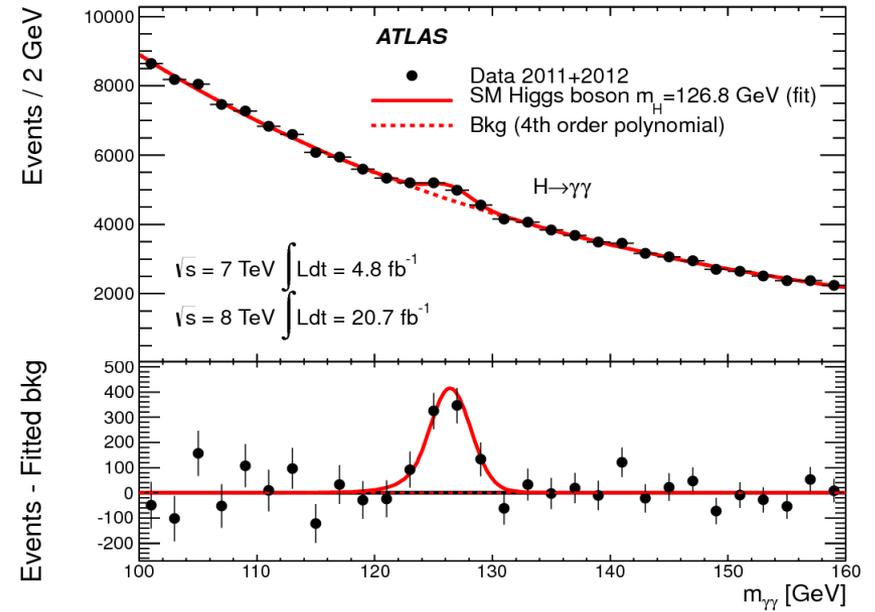
...e in futuro ?



Le dimensioni



Il Bosone di Higgs



Fisica di precisione: idea base

- Il principio di indeterminazione energia tempo ci insegna che la misura dell'energia di un sistema è legata all'intervallo di tempo durante il quale lo posso osservare.

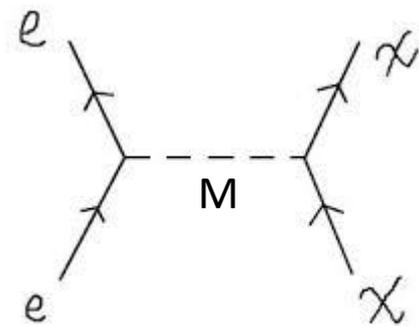
$$\Delta E \geq \frac{\hbar}{\Delta t}$$

- Se il sistema fisico è *stabile* Δt è infinito e l'energia è perfettamente definita.
- Se è *instabile* l'energia presenta delle fluttuazioni ...(larghezza naturale delle righe spettrali ...) finché

... se Δt tende a zero l'energia è **indeterminata**

Mediatori virtuali

- Grazie al principio di indeterminazione i mediatori virtuali che due particelle si scambiano possono avere energia molto più alta delle particelle che li hanno prodotti, perché «vivono» per un tempo molto breve...
- ...con gli effetti «virtuali» si possono raggiungere scale di energia potenzialmente illimitate!! Troppo bello per essere vero?



...Sì...la probabilità di scambiarsi un ipotetico mediatore (cioè una nuova particella non ancora osservata) di massa M tipicamente diminuisce come $1/M^4$. Per osservare effetti significativi occorre studiare **processi rari (o proibiti)**, proprio come per vedere le stelle bisogna osservarle di notte, quando non c'è la luce del sole....



Fisica Astroparticellare



L'Universo è un immenso laboratorio sede di fenomeni estremi

Onde Gravitazionali

Materia Oscura

Neutrini

Raggi Cosmici

La scoperta delle onde gravitazionali

LE ONDE GRAVITAZIONALI

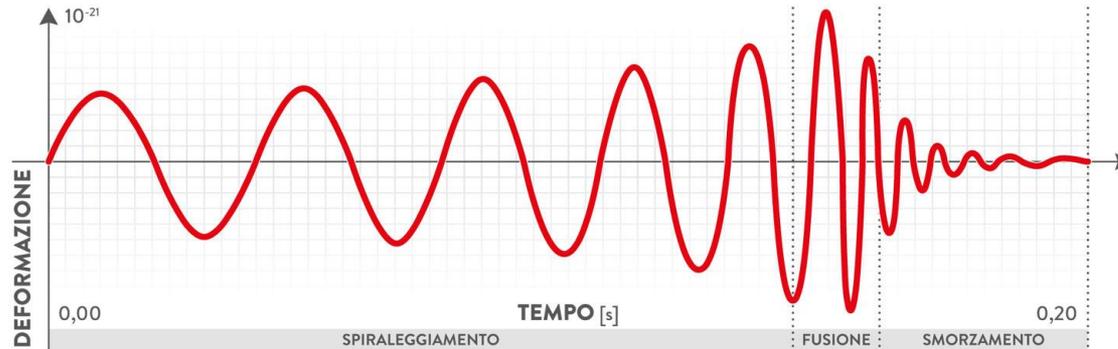
Secondo la Relatività Generale di Einstein cataclismi cosmici come scontri di buchi neri o stelle rotanti producono increspature dello spazio tempo che si propagano nel cosmo alla velocità della luce

IL SEGNALE

24 settembre 2015
Ore 09:50:45 UTC

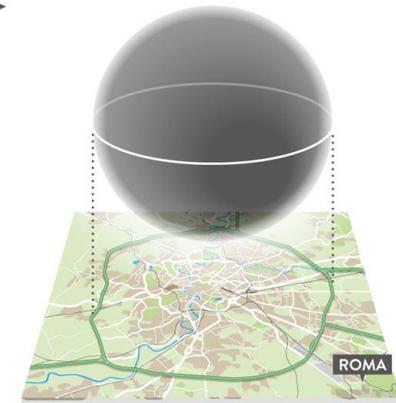
Prodotto dal passaggio di un'onda gravitazionale, è stato osservato simultaneamente dai due interferometri gravitazionali LIGO, distanti migliaia di km, in Louisiana e nello stato di Washington (USA)

Ha una durata di qualche frazione di secondo e una frequenza variabile: **da 30 a 250 Hz**



NUOVE FRONTIERE DELLA GRAVITÀ

Lo studio dei dati raccolti aiuterà a descrivere meglio come agisce la forza gravitazionale in condizioni estreme mai esplorate prima, in cui le leggi della gravitazione e quelle della meccanica quantistica devono essere unificate



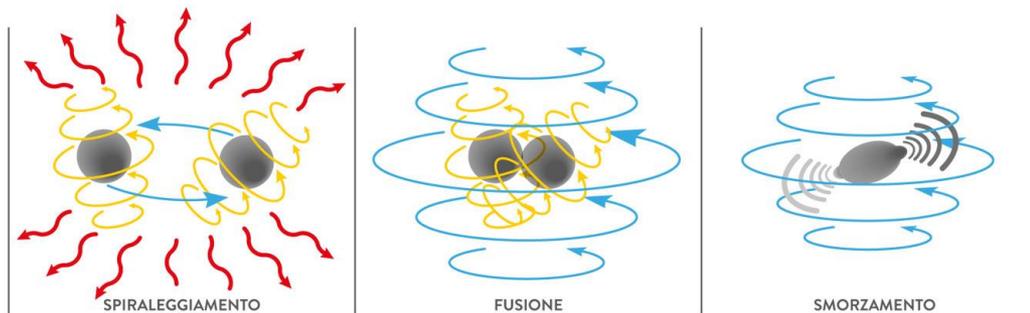
La materia è in una condizione estrema. È come se confinassimo una massa tre volte più grande del Sole in una sfera del diametro di 20 chilometri, come quello del grande raccordo anulare di Roma

UNO SCONTRO DI BUCHI NERI

L'onda è stata prodotta da un gigantesco scontro di due buchi neri distanti da noi **1,3 miliardi di anni luce** e quindi avvenuto più di un miliardo di anni fa

I due buchi neri di massa circa uguale (36 e 29 masse solari) si sono scontrati a una velocità di **150.000 km/s** (la metà della velocità della luce)

È la prima osservazione diretta mai realizzata di un fenomeno di questo tipo



LA SCOPERTA

I dati sono stati analizzati e studiati dalle collaborazioni di **LIGO** e **VIRGO**, che è il terzo interferometro della rete internazionale. VIRGO è stato costruito presso l'**European Gravitational Observatory (EGO)** a Cascina (Pi), dall'**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)** e dal **Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)**. L'analisi dei dati ha confermato la prima rivelazione diretta di onde gravitazionali, che è stata annunciata l'**11 Febbraio 2016** in modo congiunto a Washington e Cascina

Hanford
(Washington)
LIGO

Livingston
(Louisiana)
LIGO

Cascina
(Pisa, Italia)
VIRGO

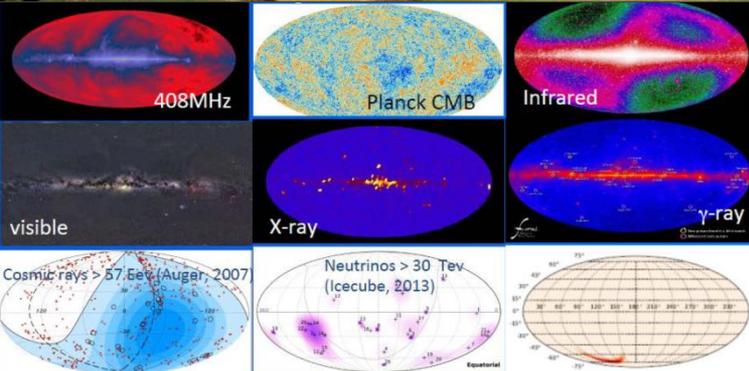
IL FUTURO

Si inaugura una nuova stagione di esplorazione del Cosmo, in cui potremo ascoltare i fenomeni più remoti e violenti dell'universo e i sussurri dell'universo primordiale

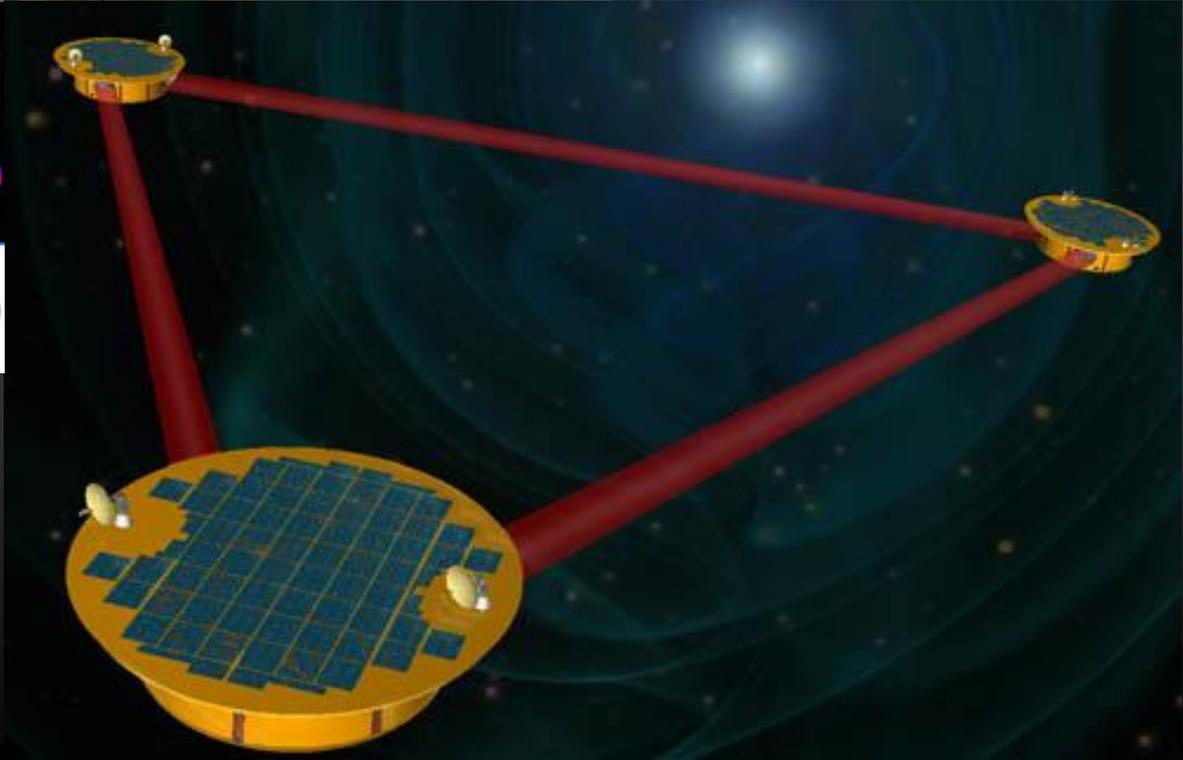


La caccia alle Onde Gravitazionali con interferometri è appena cominciata.

Un Path Finder per un interferometro nello spazio con bracci di 5 milioni di km è già stato lanciato



Astronomia con le onde gravitazionali ?



Ricerca di eventi rari nelle profondità della terra o dei mari

La ricerca di fenomeni difficilmente osservabili (Interazioni di neutrini, rivelazione di Dark Matter, decadimento del protone ...) richiede siti sperimentali ben schermati dalla radiazione cosmica

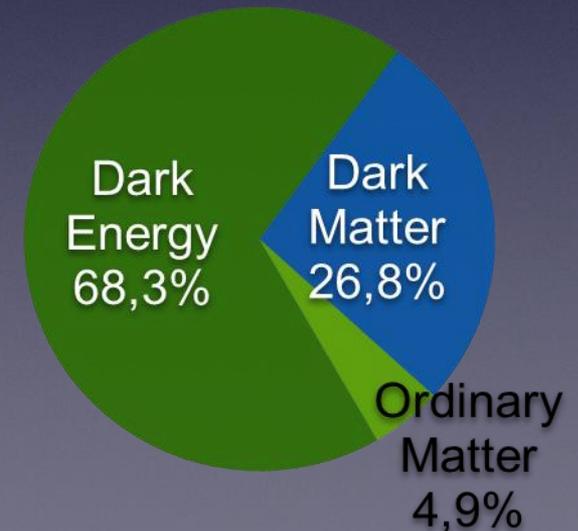
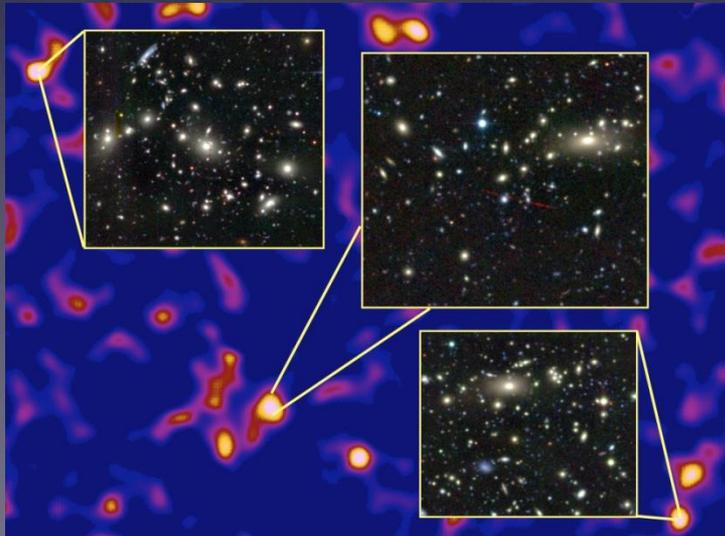


Dark Matter detection

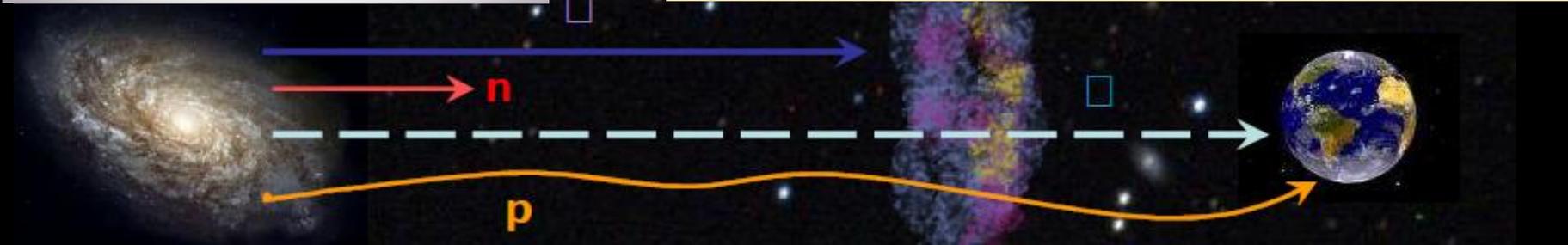
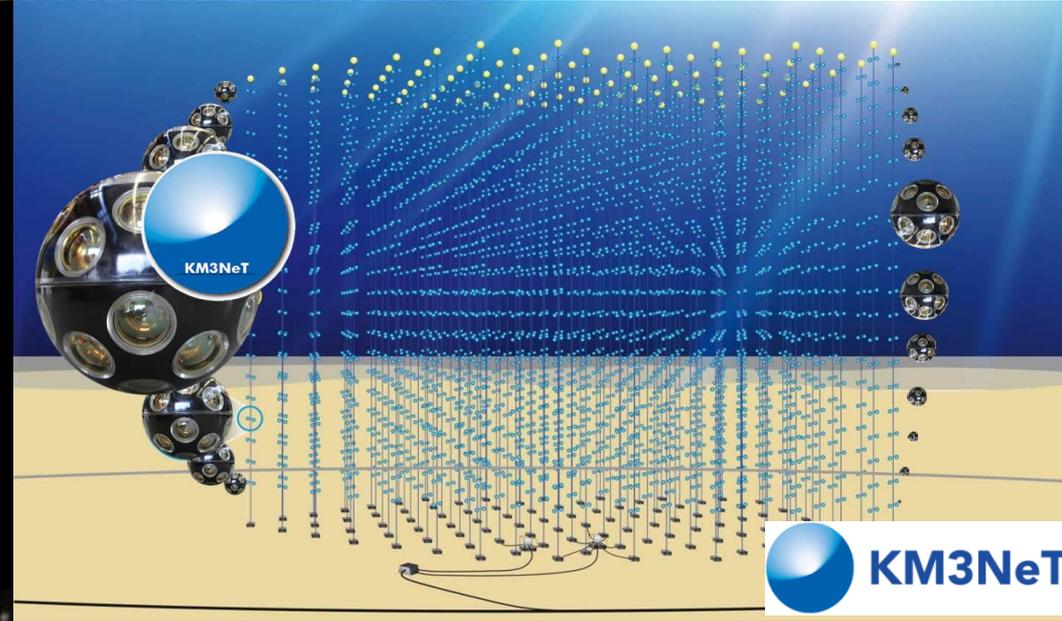
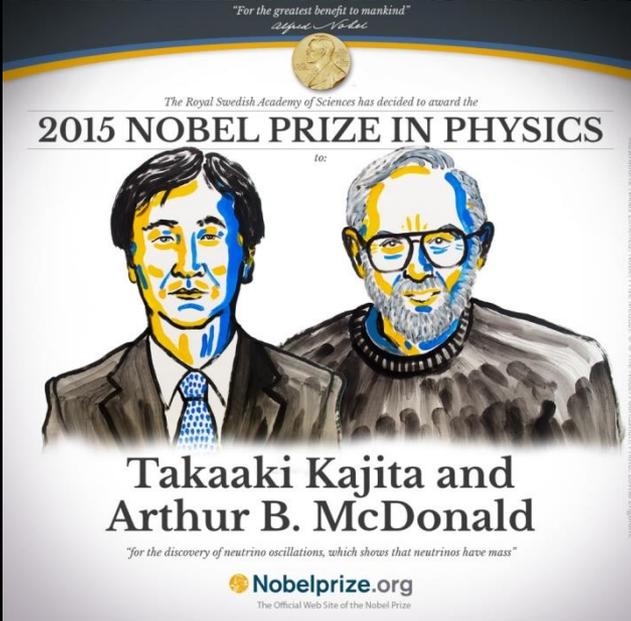
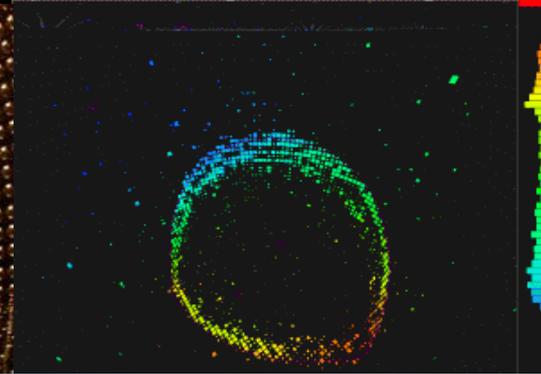
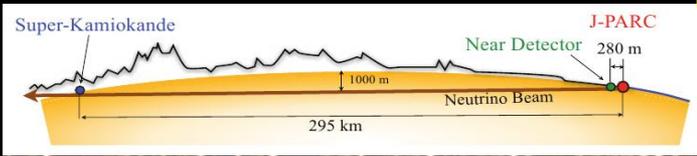
underground

in space

at accelerators



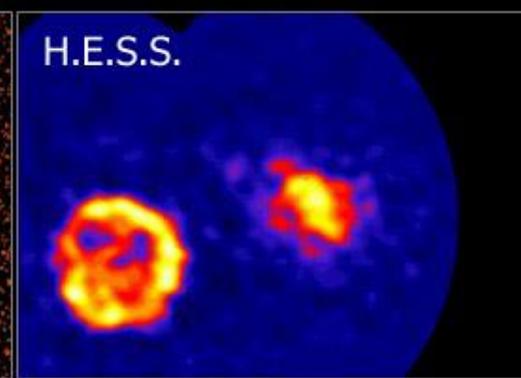
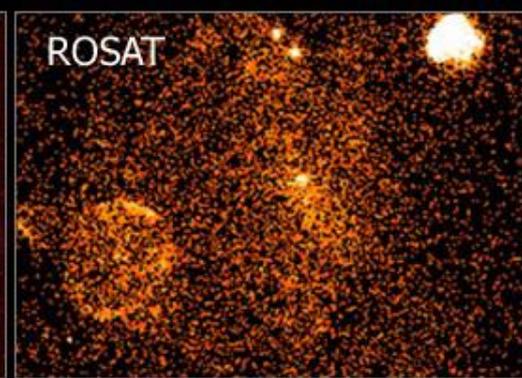
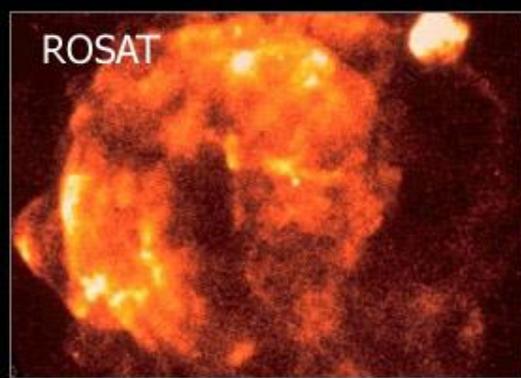
Studio delle proprietà dei neutrini





Science mysteries sometimes grow
the more we think the less we know
This picture we believe for
Cosmic-rays stand in the front row
other projects they fly too loud
and the progress would be too slow
Therefore into space we must go
great success to IBM-EUSO !
E. Parizot

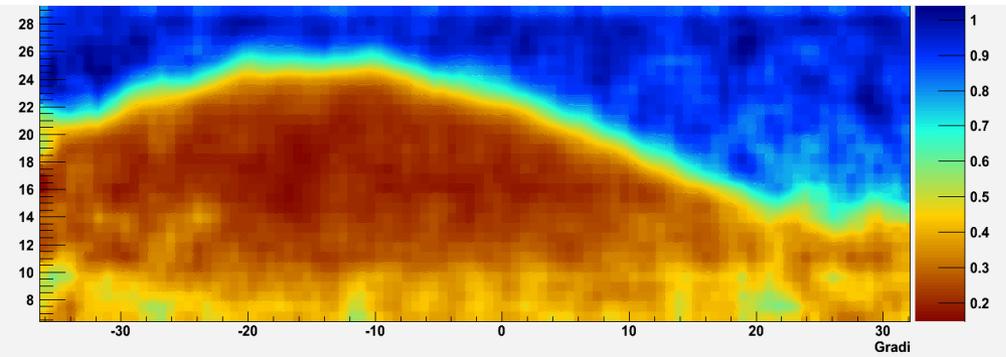
Raggi Cosmici e Astronomia Gamma



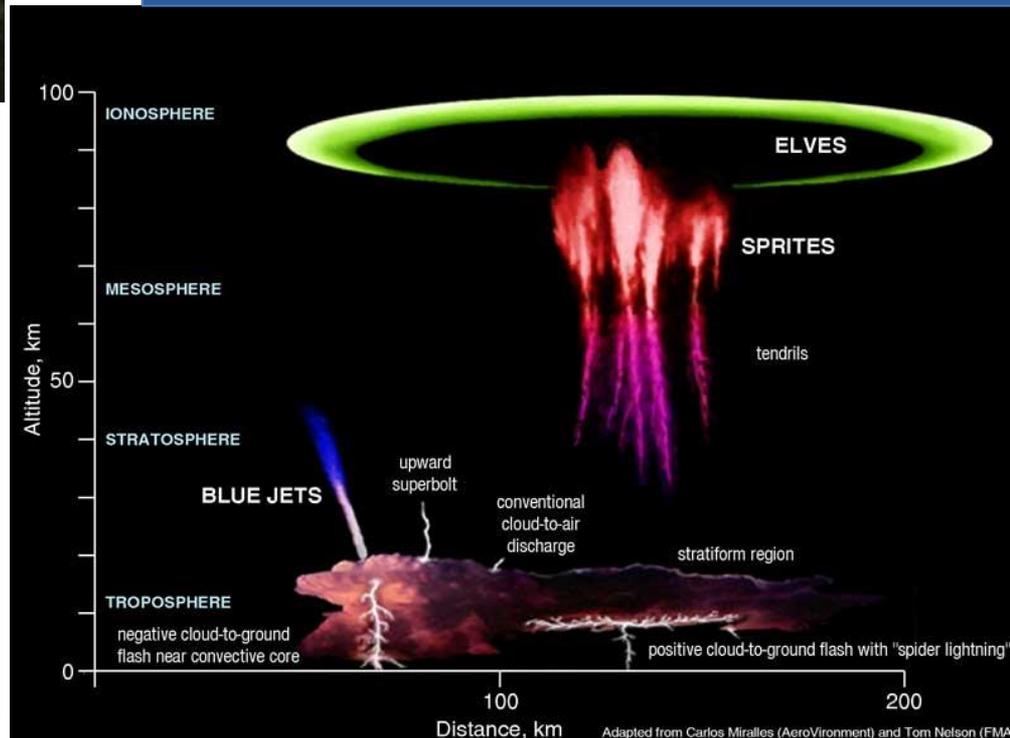
Offroad: applicazioni e contaminazioni

Calcolo ad alte prestazioni
Elettronica di frontiera
Sviluppo di nuovi rivelatori

Studio di fenomeni atmosferici
estremi nel campo di vista dei
grandi telescopi per RC



Radiografia muonica per studiare la struttura interna di strutture geologiche (ad es. un edificio vulcanico) misurando l'attenuazione del flusso di muoni da raggi cosmici di altissima energia, in analogia allo studio del corpo umano con i raggi X



Come si affronta tutto questo: La struttura del Curriculum

1. Elettrodinamica Classica
2. Meccanica Quantistica
3. Laboratorio di Fisica
4. **Fisica delle Particelle Elementari**
5. **Laboratorio di Fisica delle Particelle**
6. **Fisica Astroparticellare**

1. Affine o Integrativo
2. Affine o Integrativo
3. A scelta
4. Altre attività
5. Prova finale



1. Meccanica Statistica
2. Teoria Quantistica dei Campi
3. Elettronica Digitale
4. Sensori, Rivelatori ed elettronica associata
5. Analisi dati in fisica subnucleare
6. Complementi di Fisica delle Particelle Elementari
7. Fondamenti di elettronica
8. Laboratorio di sistemi digitali
9. Programmazione a oggetti per la Fisica
10. Tecniche di Accelerazione e Trasporto di Particelle
11. Fisica della Radiazione cosmica
12. Fisica Sperimentale della Gravitazione

Fisica delle particelle elementari

Il corso si propone di fornire conoscenza degli aspetti fondamentali della Fisica delle interazioni tra particelle elementari e del suo studio sperimentale. Il corso fornirà, altresì, gli strumenti per fare calcoli cinematici, di costanti di decadimento e sezioni d'urto in casi semplici.

Fisica astroparticellare

Si affrontano i grandi temi della fisica astroparticellare: Proprietà dei neutrini e il loro studio mediante esperimenti di oscillazione, stabilità della materia e gli esperimenti di proton decay. Il problema della dark matter e sue possibili soluzioni. Raggi Cosmici, astronomia gamma e con i neutrini. Onde Gravitazionali.

Laboratorio di Fisica delle particelle

Il corso avvia alla conoscenza ed all'uso di nozioni che lo mettano in grado di comprendere ed applicare le moderne tecniche sperimentali in Fisica delle ParticelleElementari. Lo studente valorizzerà le sue capacità in laboratorio, effettuando un esperimento di Fisica Subnucleare, approfondirà la sua conoscenza dell'elaborazione statistica dei dati raccolti.

Cosa offre il Curriculum

- Vasto ventaglio di tesi di laurea, anche con periodi di formazione all'estero
- Presenza in grandi e prestigiose collaborazioni.
- Ricerche di frontiera.
- Contatti in Italia e all'estero per PhD e borse Postdoc dopo la Laurea Magistrale



Tesi di laurea

- 1) Può essere svolta o in sede o presso Laboratori Internazionali di ricerca o i siti degli osservatori (tra cui CERN, Fermilab, Gran Sasso, Frascati, KEK (Giappone), Auger (Argentina), CTA ...)

- 2) Può riguardare :
 - A) **analisi dei dati** di un esperimento in corso;
 - B) **progetto e preparazione** di un nuovo esperimento:
 - * rivelatori
 - * acceleratori
 - * acquisizione dati
 - * simulazione Montecarlo



Tesi

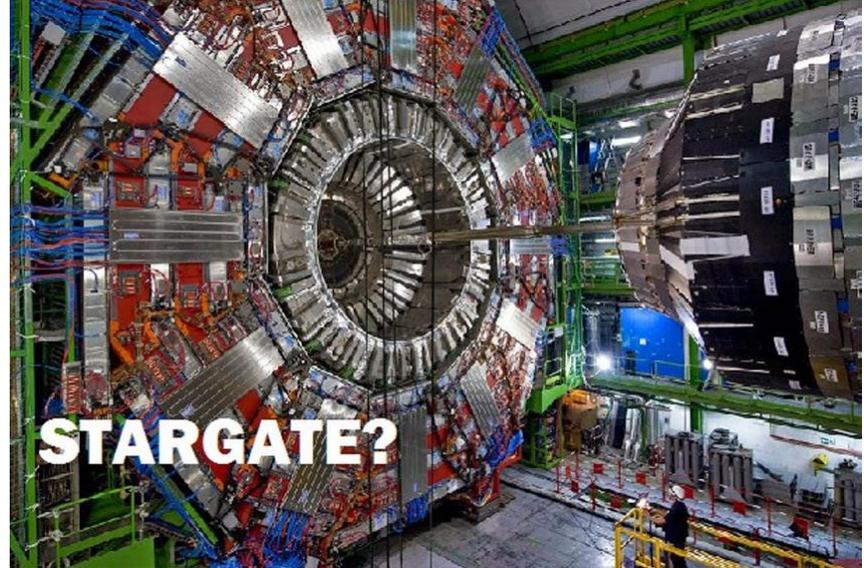
In fisica subnucleare e astroparticellare si fa uso di apparati di grandi dimensioni ed estrema complessità.

Svolgere una tesi in uno di questi esperimenti vuol dire potere lavorare sulle applicazioni delle tecnologie più moderne nel campo dei rivelatori, dell'elettronica, dei sistemi di acquisizione dati e di calcolo.

Adatto per gli studenti che amano le **attività in laboratorio** o direttamente **sul rivelatore**, che amano la **tecnologia avanzata**, fondamentale per la ricerca scientifica

Adatto per gli studenti che amano **elaborare** i dati registrati dall'apparato sperimentale, **analizzandoli** con sofisticati strumenti software e partecipare in prima persona alla produzione dei risultati di fisica.

Adatto per gli studenti che prediligono la parte **interpretativa** del processo di avanzamento della conoscenza scientifica.



Il numero di tesi disponibili nei vari gruppi e gli argomenti proposti possono variare a seconda del momento, **in funzione dell'interesse dello studente e delle sue competenze specifiche.**

In tutti i casi, lo studente ha la possibilità di apprendere tecnologie e/o tecniche avanzate utili anche in altri settori (ricerca applicata, industria, ecc.), di sviluppare senso critico e capacità di operare autonomamente e in gruppo.

Ha l'opportunità di interagire con un **ambiente internazionale di altissimo livello**, e la possibilità di collaborare con fisici e ingegneri provenienti da istituti e laboratori di tutto il mondo.

E' possibile **partecipare a stage estivi** nei maggiori laboratori internazionali



Sbocchi occupazionali

Oltre all'inserimento nel mondo della ricerca fondamentale ed applicata, la padronanza della metodologia scientifica e delle tecnologie connesse (ad es. informatiche, elettroniche, strumentali) consente l'inserimento nel mondo del lavoro con competenze in:

Fisica	Programmazione
Elettronica	Simulazioni
DAQ	Analisi dati
.....



Circa 1/3 dei laureati resta nel mondo della ricerca a Napoli o in Italia

Circa 1/3 dei laureati resta nel mondo della ricerca all'estero

Circa 1/3 dei laureati trova occupazione nell'industria

In conclusione

- La fisica è di frontiera e gli esperimenti al top della tecnologia
- L'ambiente è internazionale e stimolante
- C'è ampia scelta di tematiche di fisica e di approcci (Rivelatori, Elettronica, Analisi)
- Tutti i nostri laboratori sono visitabili
- Siate curiosi, visitate e chiedete



Non abbiate timore di confrontarvi con questo mondo.

Le grandi collaborazioni hanno anche un grande effetto di trascinamento in cui si impara dal vicino e offrono ampi spazi per ogni tipo di competenza

Contatti utili

Per visite ai laboratori e/o informazioni sul curriculum contattare

Fausto Guarino

guarino@na.infn.it,

fausto.guarino@unina.it

Tel : 081-676127

Fabio Ambrosino

ambrosino@na.infn.it

fabio.ambrosino@unina.it

Tel : 081-676115