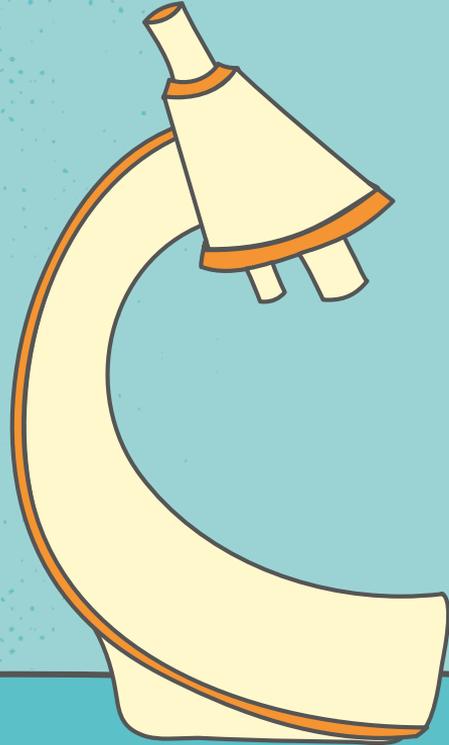




# Una scienziata alle prese con Le Sfide della Fisica Sotterranea

Claudia Tomei, Ricercatrice INFN





01



# Mi presento

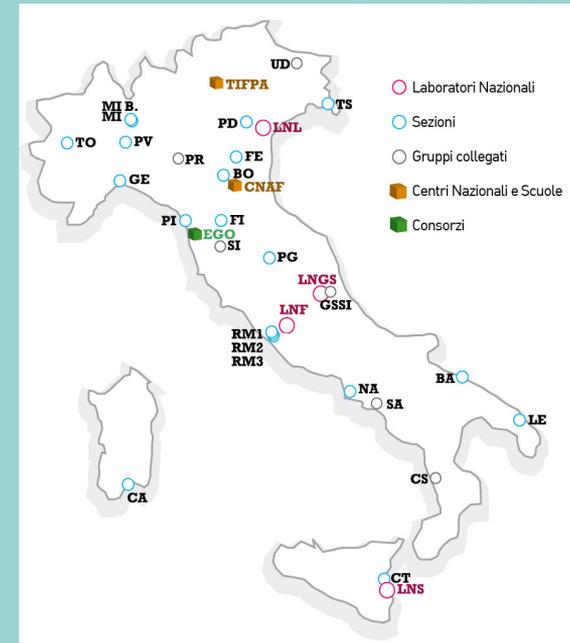
Claudia Tomei, Ricercatrice INFN

# Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)



L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è l'ente pubblico di ricerca (EPR) italiano dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia e delle leggi che li governano.

Svolge attività di ricerca teorica e sperimentale.



# Cos'è la Fisica Nucleare?



Nucleare non  
indica solo  
l'energia nucleare

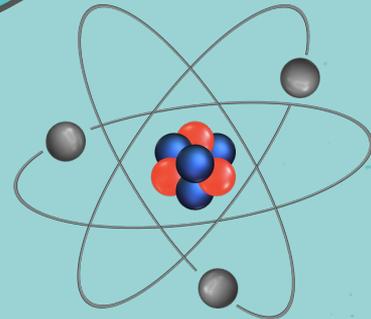
La Fisica Nucleare  
studia il **nucleo**  
atomico e i suoi  
costituenti (protoni,  
neutroni)

Quarks: costituenti di  
protoni e neutroni

La Fisica  
Subnucleare  
studia le particelle  
elementari



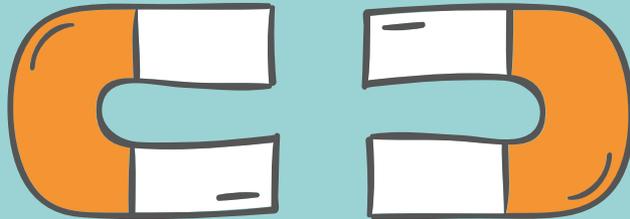
Elettroni,  
muoni,  
neutrini e  
molto altro



# Due approcci diversi e complementari

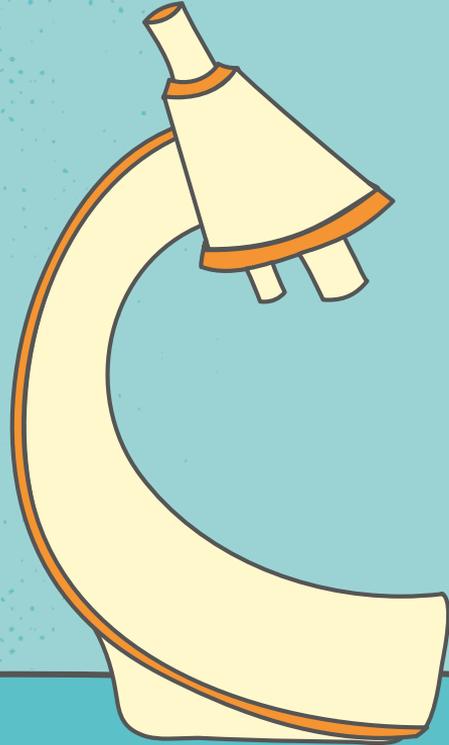
## Fisica con gli acceleratori

Accelerare particelle a velocità prossime a quella della luce e farle scontrare per produrre nuove particelle o studiare le loro interazioni.



## Fisica Astroparticellare

Costruire enormi esperimenti per rivelare le particelle elementari prodotte da sorgenti naturali e studiare le loro interazioni



02



In cosa consiste  
il mio lavoro

# ... in 4 punti ...



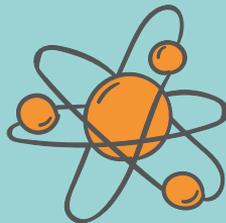
## Fisica sperimentale

Ideare e costruire esperimenti.  
Inventare nuovi rivelatori o  
nuove tecniche di analisi.



## Laboratori sotterranei

Molti dei rivelatori su cui lavoro si  
trovano in laboratori sotterranei



## Fisica astroparticellare

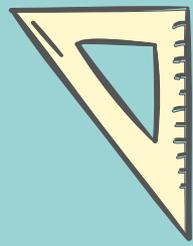
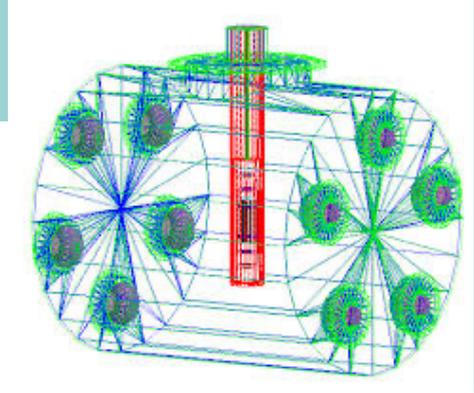
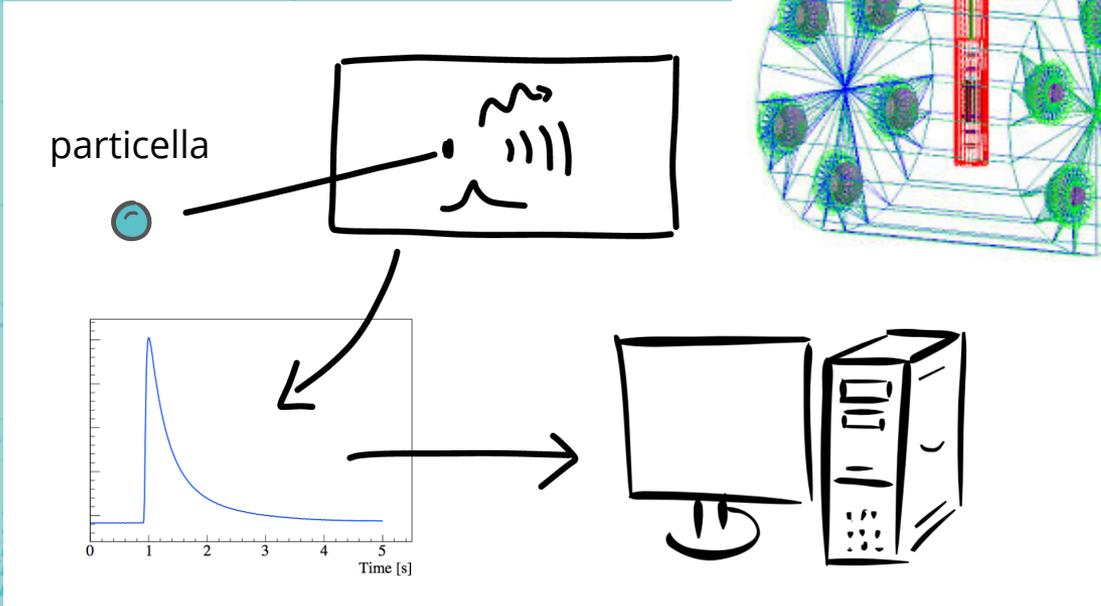
Rivelare e studiare particelle  
dal sole, dal cosmo, prodotte  
da decadimenti radioattivi.



## Collaborazioni internazionali

Gli esperimenti a cui partecipo sono  
condotti in collaborazione da diversi  
gruppi di ricerca in diversi paesi.

# Più in dettaglio



## Hardware

- ✓ Meccanica
- ✓ Elettronica

## Software



- ✓ Acquisizione dati
- ✓ Analisi dati
- ✓ Simulazioni

# Perché i Laboratori Sotterranei?



Avete mai osservato le stelle cadenti di giorno??



La Terra è soggetta a un flusso di particelle, i raggi cosmici, che entrando nell'atmosfera creano una pioggia di altre particelle, causando rumore in un rivelatore.

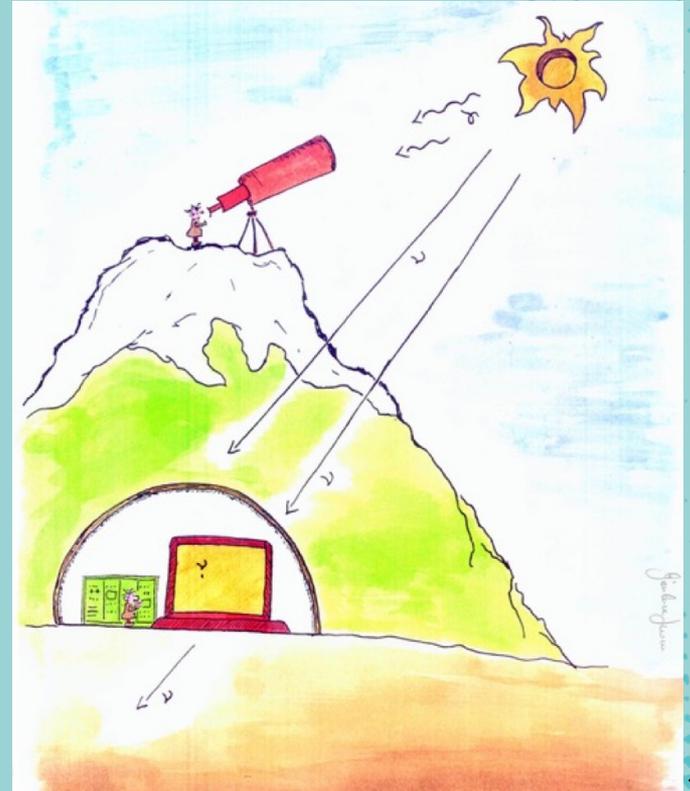


Immaginate di voler ascoltare il suono di un violino ... andreste in uno stadio durante una partita di calcio??

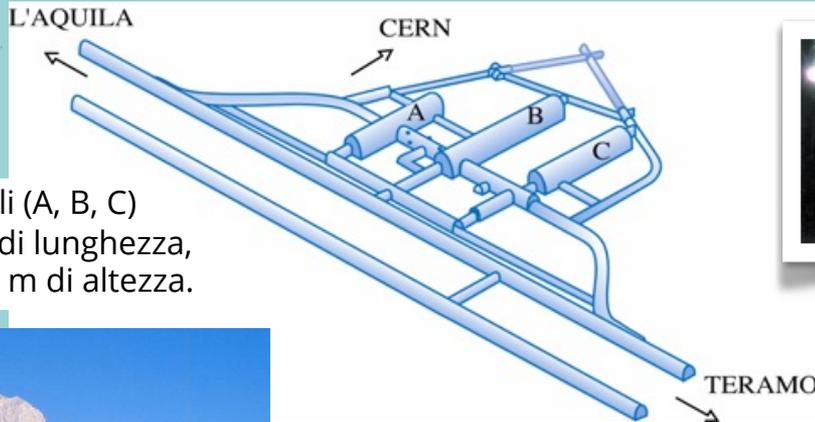
# Perché i Laboratori Sotterranei?

La roccia è in grado di ridurre il numero di particelle cosmiche ... in questo **Silenzio Cosmico** possiamo vedere le particelle che ci interessano senza interferenze.

Infatti le particelle debolmente interagenti possono attraversare grandissimi spessori di materia, persino l'intera Terra senza fermarsi o essere assorbite. Per questo riescono a penetrare lo schermo della montagna.



# I Laboratori Nazionali del Gran Sasso



Le tre sale sperimentali (A, B, C) misurano circa 100 m di lunghezza, 20 m di larghezza e 18 m di altezza.



Con 1400 m di roccia sovrastante, il flusso di particelle cosmiche è ridotto di 1 milione di volte.

**1979** → Viene proposto al Parlamento italiano il progetto di un grande laboratorio sotterraneo all'interno del tunnel autostradale del Gran Sasso (allora in costruzione).

**1982** → Il progetto è approvato da parte del Parlamento.

**1987** → la costruzione è completata.

**1989** → Entra in funzione MACRO, il 1° esperimento sotterraneo.



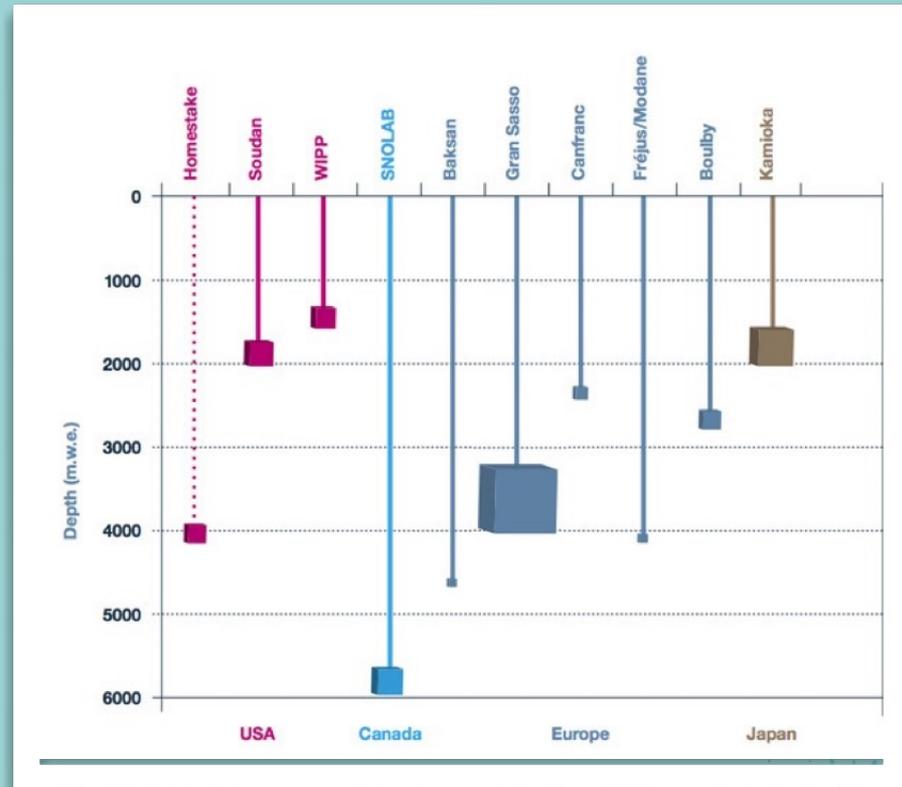
# I Laboratori Nazionali del Gran Sasso



GoogleStreetView LNGS

# I laboratori sotterranei nel mondo

- ✓ Il più vasto e avanzato laboratorio sotterraneo del pianeta
- ✓ Capace di ospitare numerosi esperimenti in contemporanea
- ✓ Di facile accesso con ingresso a livello autostradale, anche per mezzi di grandi dimensioni
- ✓ Distante solo 120 km dall'aeroporto di Roma.



DOMANDA!!!



# Perché i laboratori del Gran Sasso sono stati costruiti sotto una montagna?



- a. per proteggere gli esperimenti dai raggi cosmici
- b. per proteggere gli esperimenti dalla luce solare
- c. per proteggere gli esperimenti dalle interferenze elettromagnetiche



# Perché i laboratori del Gran Sasso sono stati costruiti sotto una montagna?



a. per proteggere gli esperimenti dai raggi cosmici

b. per proteggere gli esperimenti dalla luce solare

c. per proteggere gli esperimenti dalle interferenze elettromagnetiche





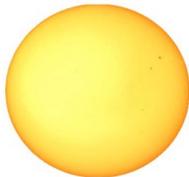
03



Cosa studia la  
fisica sotterranea

# I Neutrini

Sono tra le particelle più presenti in natura. Vengono prodotti da diverse sorgenti con energie che spaziano su parecchi ordini di grandezza.



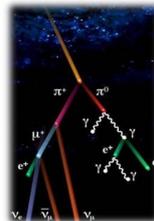
Neutrini Solari



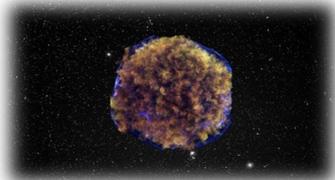
Neutrini Fossili dal Big Bang



Neutrini Artificiali da acceleratori



Neutrini da interazione di raggi cosmici in atmosfera



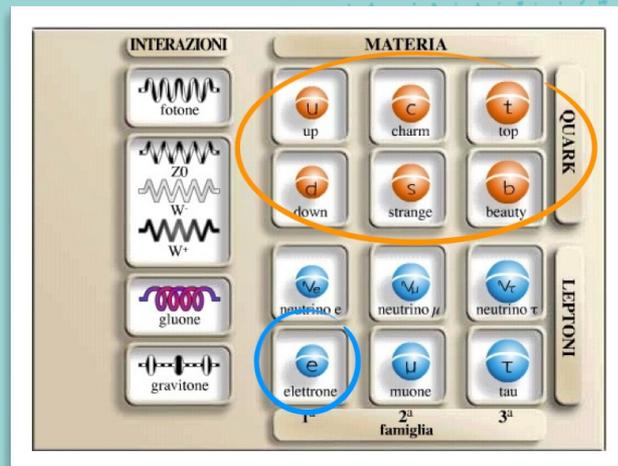
Neutrini da esplosioni di SuperNova



Neutrini Astrofisici (Active Galactic Nucleus, Gamma Ray Bursts, etc...)

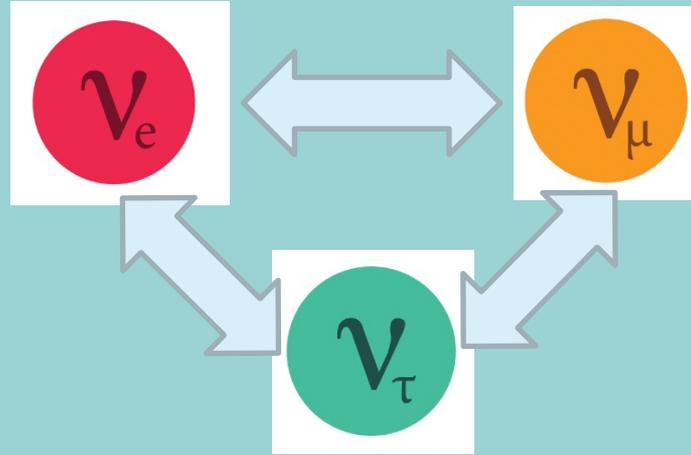


Neutrini prodotti dal nostro pianeta



Hanno carica elettrica nulla e una massa piccolissima. Riescono ad attraversare la materia senza interagire o essere assorbiti: la loro rivelazione è perciò estremamente difficile.

# Come li riveliamo: oscillazioni

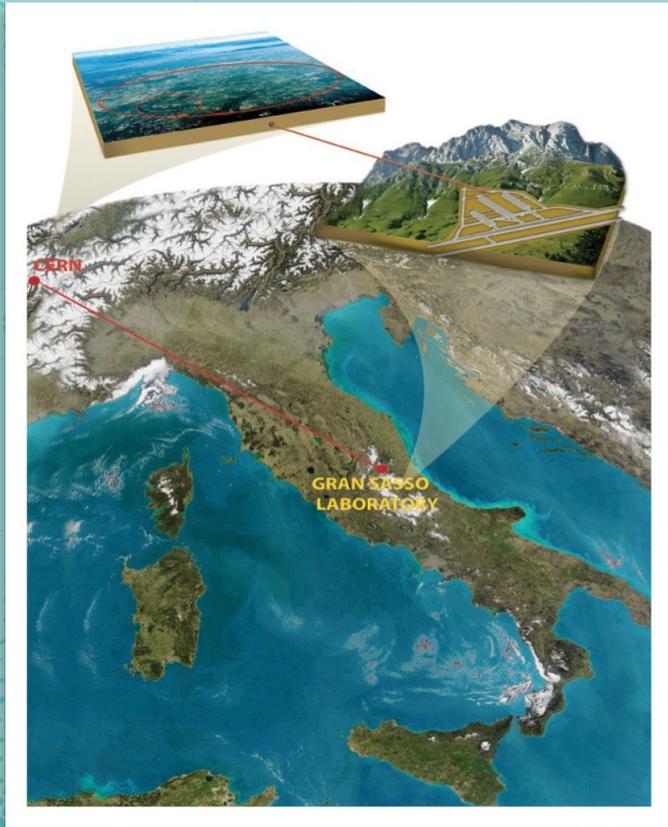


Esistono 3 **famiglie** o **sapori** di neutrini.

Ogni neutrino che viene prodotto nasce con un determinato sapore che è legato all'interazione.

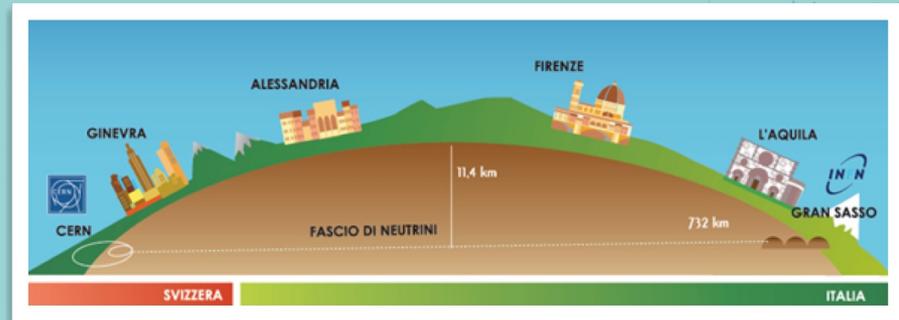
Nel tragitto tra il punto di creazione e il punto di interazione il sapore del neutrino può cambiare: i fisici chiamano questo cambiamento **oscillazione di sapore**.

# CNGS: Cern Neutrino to Gran Sasso



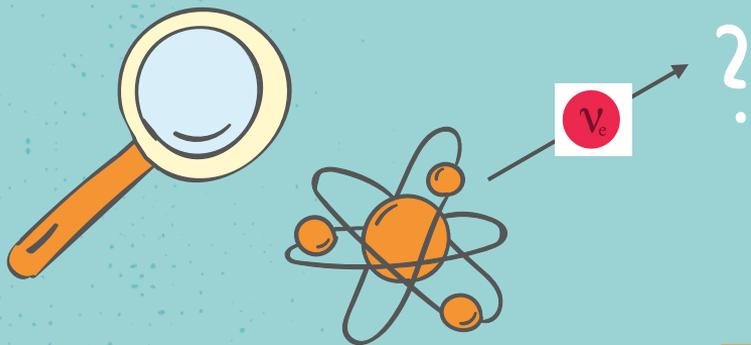
Scopo del Progetto: studiare le oscillazioni dei neutrini attraverso l'osservazione ai LNGS dell'apparizione dei neutrini tau in un fascio di neutrini mu prodotto da un acceleratore al CERN distante 732 km e inviato verso i LNGS.

Durante il loro percorso i neutrini mu possono oscillare e trasformarsi in neutrini di tipo tau.



# Come li riveliamo: decadimenti rari

La condizione di silenzio cosmico dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, permette di studiare fenomeni estremamente rari come il decadimento beta doppio.



Tra le particelle emesse nel decadimento beta doppio possono esserci i neutrini, o possono anche non esserci. Osservare questo decadimento raro senza emissione di neutrini, ci permetterebbe di affermare che il neutrino coincide con la sua antiparticella, l'antineutrino.

Decadimento: il nucleo di un atomo si trasforma e vengono emesse delle particelle, che possono essere rivelate.

Il decadimento doppio beta è un caso particolare ed estremamente raro: la probabilità che un tale processo si verifichi è così piccola che se osservassimo un solo nucleo atomico potremmo dover attendere molto più dell'età stessa dell'universo per vederlo decadere.

DOMANDA!!!



# Quale di queste caratteristiche NON appartiene al neutrino?



- a. esiste in 3 diversi "sapori"
- b. ha una carica elettrica positiva
- c. è capace di attraversare enormi spessori di materia senza interagire



# Quale di queste caratteristiche NON appartiene al neutrino?



a. esiste in 3 diversi "sapori"

b. ha una carica elettrica positiva

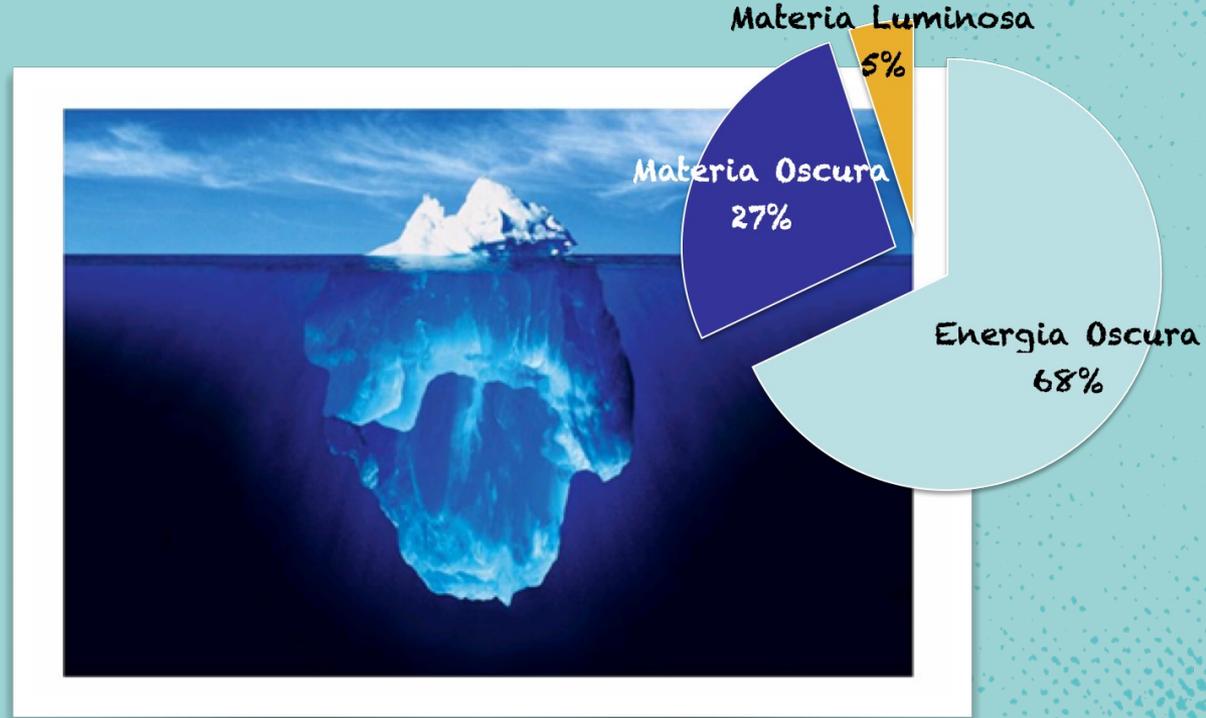
c. è capace di attraversare enormi spessori di materia senza interagire



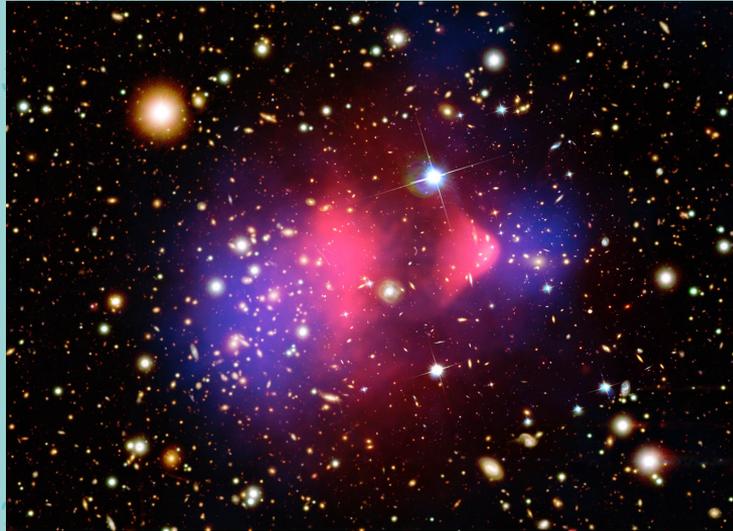
# Materia Oscura

Ormai da decenni sappiamo che la forza di attrazione dovuta alla sola materia visibile non è sufficiente a spiegare il modo in cui le stelle ruotano nelle galassie oppure il modo in cui le galassie stesse si muovono l'una rispetto all'altra.

Deve esserci da qualche parte una massa mancante, che non riusciamo a vedere perché non emette luce o altro segnale e che quindi chiamiamo **materia oscura**.



# Materia Oscura



I fisici pensano che la materia oscura possa essere sotto forma di particelle ancora sconosciute che orbitano nella nostra e in altre galassie.



Queste ipotetiche particelle sono molto difficili da rivelare ... non siamo nemmeno sicuri che esistano, ma se esistessero darebbero un segnale molto molto debole...

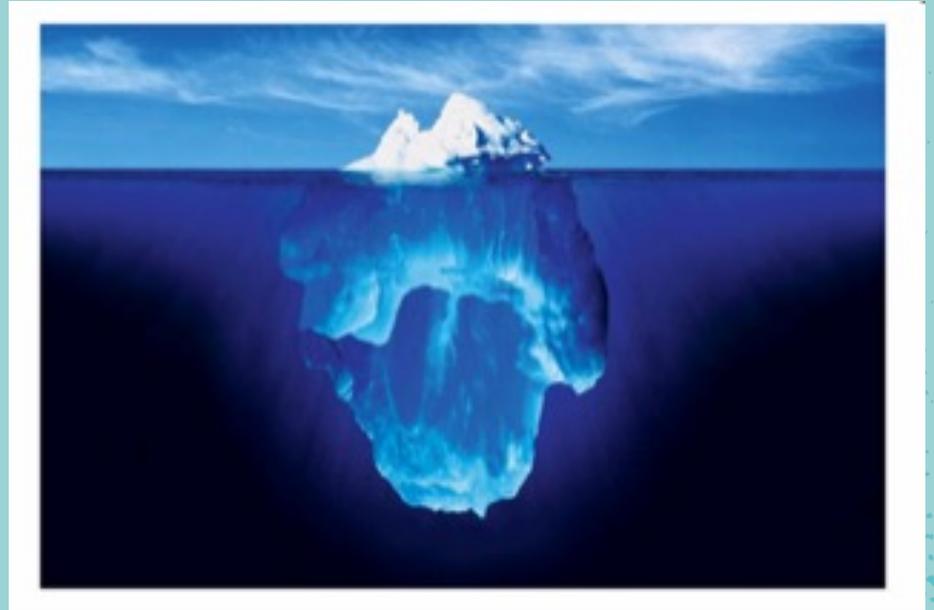
DOMANDA!!!



Di che cosa è costituita la maggior parte del nostro universo?



- a. Materia luminosa
- b. Energia oscura
- c. Materia oscura



Di che cosa è costituita la maggior parte del nostro universo?



a. Materia luminosa

b. Energia oscura

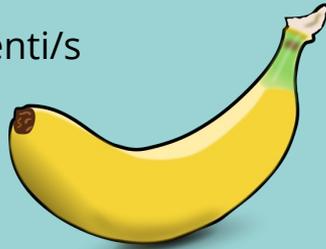
c. Materia oscura



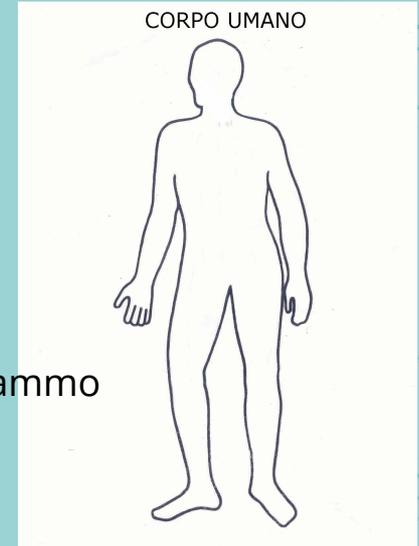
# La radioattività naturale

Oltre ai raggi cosmici c'è un'altra sorgente naturale di particelle che può disturbare una misura che vuole osservare un evento raro: è la radioattività naturale (alfa, beta, gamma).

15 decadimenti/s



1 decadimento/s per grammo



Moltissimi materiali contengono al loro interno una piccola quantità di elementi naturalmente radioattivi (uranio, torio, potassio, carbonio, etc...).

Gli esperimenti che studiano gli eventi rari selezionano solo materiali estremamente radiopuri o li purificano con tecniche speciali.



Silenzio  
cosmico e  
bassa  
radioattività



Radiobiologia

Effetti della bassa  
radioattività sugli  
organismi viventi



Qubits

Effetti della bassa  
radioattività sui  
computer quantistici



# FISICAST sui LNGS

## FISICAST

<https://www.radioscienza.it/fisicast/>

è un podcast dove i ricercatori parlano di fisica con il linguaggio di tutti i giorni.

[Ascolta QUI](#)



**FISICAST**  
RADIO SCIENZA

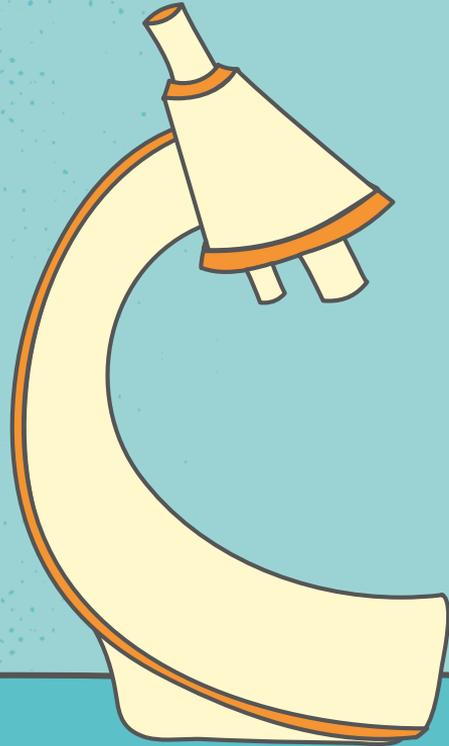
[www.radioscienza.it/fisicast/](http://www.radioscienza.it/fisicast/)

Settantesima puntata

**I Laboratori Nazionali del Gran Sasso**  
di Laura Cardani, Giulia D'Imperio e Claudia Tomei

0:00 / 25:16

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso - FISICAST #70



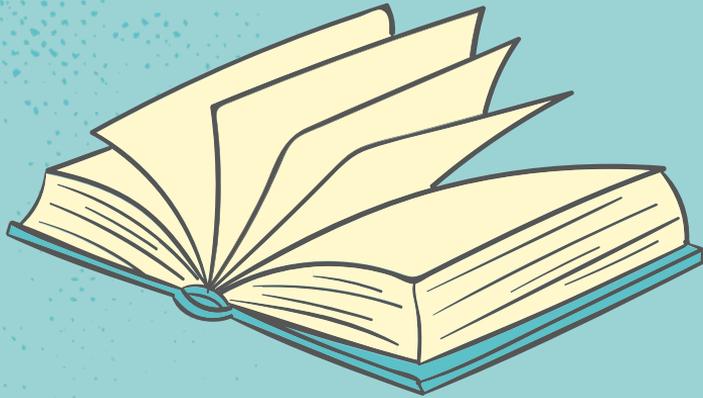
04



Cosa fa una  
scienziata

# Il lavoro della scienziata





|| Scegli il lavoro che ami e non  
lavorerai neanche un giorno  
in tutta la tua vita ||

- Confucio, filosofo cinese

*"È fantastico se riesci a trovare qualcosa che ti piace fare da giovane e che è talmente grande da mantenere vivo il tuo interesse per il resto della tua vita. Perché qualunque cosa sia, se la fai bene (e così sarà se ti piace davvero), verrai pagato per fare quello che avresti comunque voluto fare".*

- Richard Feynman, Premio Nobel per la Fisica 1965

# Grazie!

Se volete contattarmi:  
[claudia.tomei@roma1.infn.it](mailto:claudia.tomei@roma1.infn.it)



CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon**, infographics & images by **Freepik** and illustrations by **Stories**

Please keep this slide for attribution.