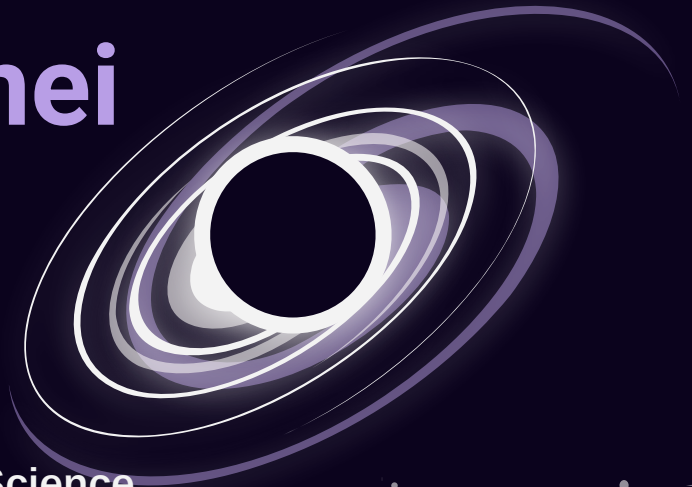


Indagare l'universo nei laboratori sotterranei

Giulia D'Imperio
INFN Roma



International Day of Women and Girls in Science
11/02/2025



Mi presento



Giulia D'Imperio

Ricercatrice INFN

Fisica delle particelle (sperimentale)
Campo di ricerca: **Materia Oscura in
laboratori sotterranei**

Il mio lavoro in 4 punti



Fisica sperimentale

Ideare e costruire
esperimenti, nuovi
rivelatori o nuove
tecniche di analisi

Materia Oscura

Detector per rivelare la
materia oscura, studio
dei fondi (radioattività
ambientale)



Laboratori sotterranei

I rivelatori su cui lavoro si
trovano in laboratori
sotterranei
(Laboratori del Gran Sasso)

Collaborazioni internazionali

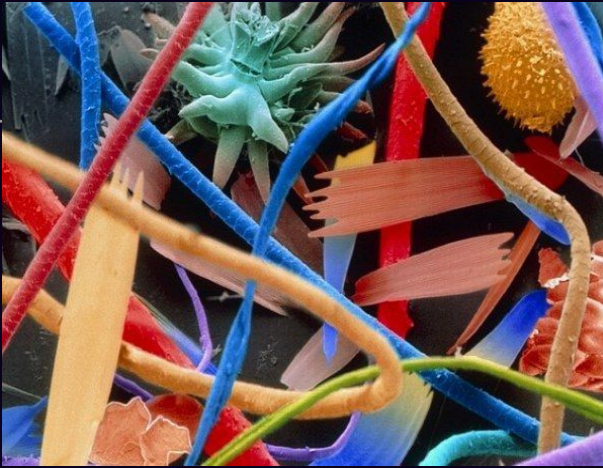
Esperimenti in
collaborazione con
gruppi di ricerca in
diversi paesi



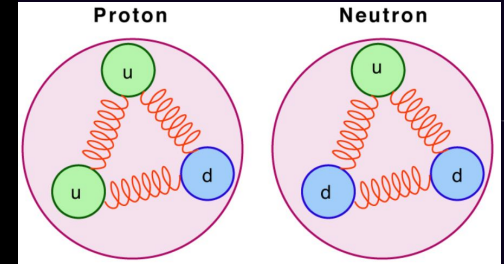
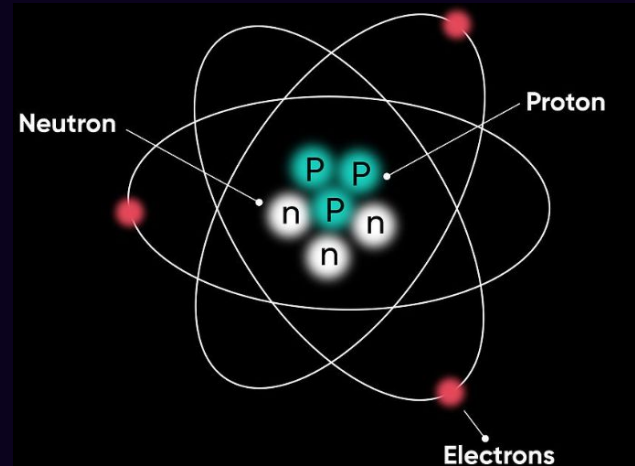
Costituenti della materia



La materia è fatta di **atomi**,
gli atomi di **nuclei (+)** e **elettroni (-)**
i nuclei di **protoni e neutroni**
protoni e neutroni di **quark**



Polvere al microscopio dall'account twitter
@microscopicture

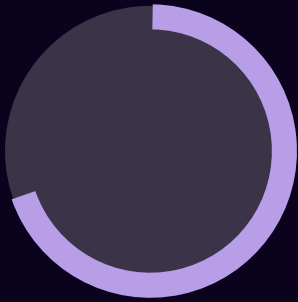


Particelle elementari

		three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)	
		I	II	III		
QUARKS		$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u up	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c charm	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t top	0 0 1 g gluon	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 H higgs
		$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ d down	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ s strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 γ photon	SCALAR BOSONS
		$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ e electron	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 Z Z boson	
LEPTONS	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	$\approx 80.360 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1 W W boson	GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS	

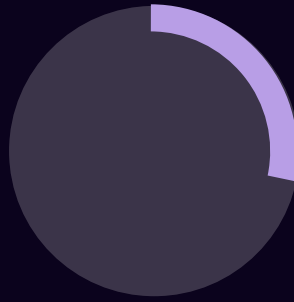


Di cosa è fatto l'universo



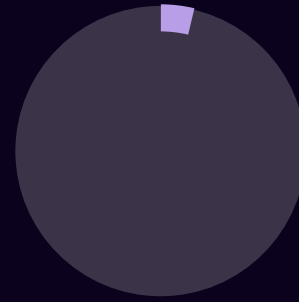
68%

**Energia
oscura**



27%

**Materia
oscura**



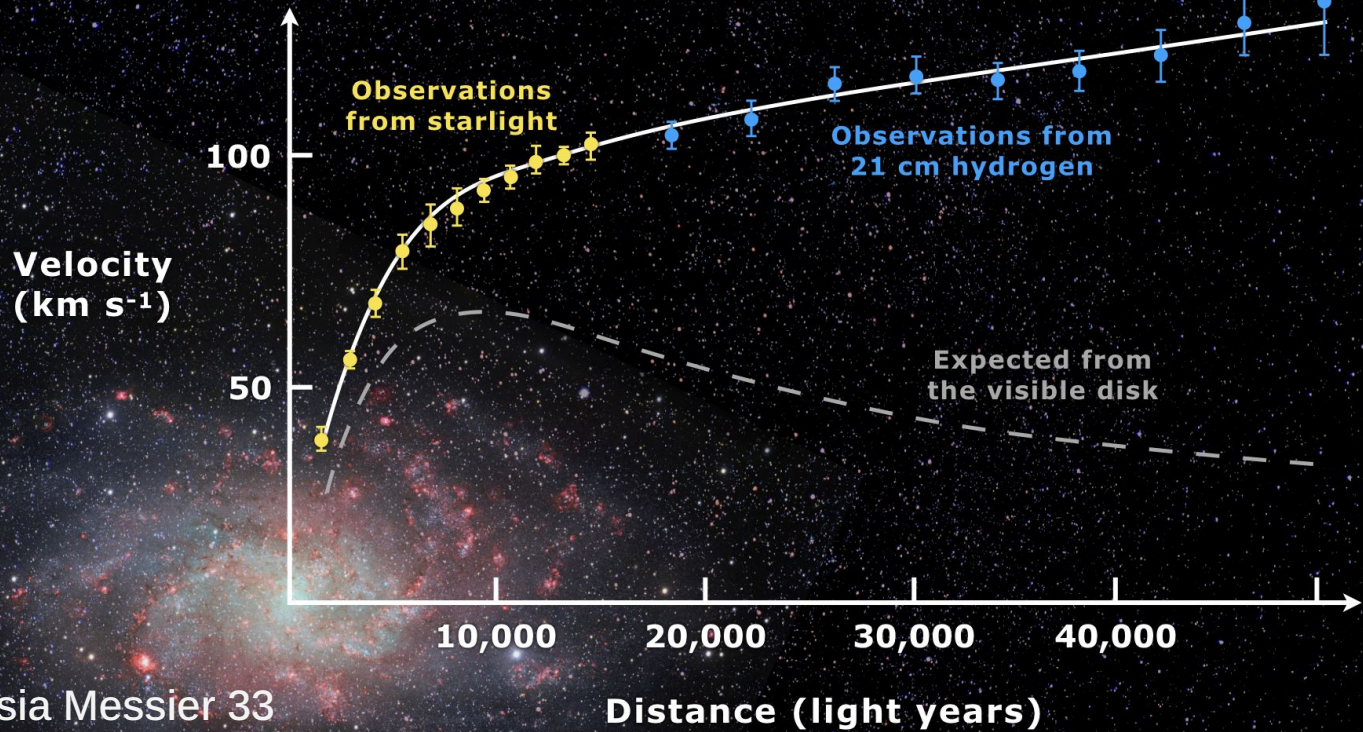
5%

**Materia
"ordinaria"**



Perché materia oscura?

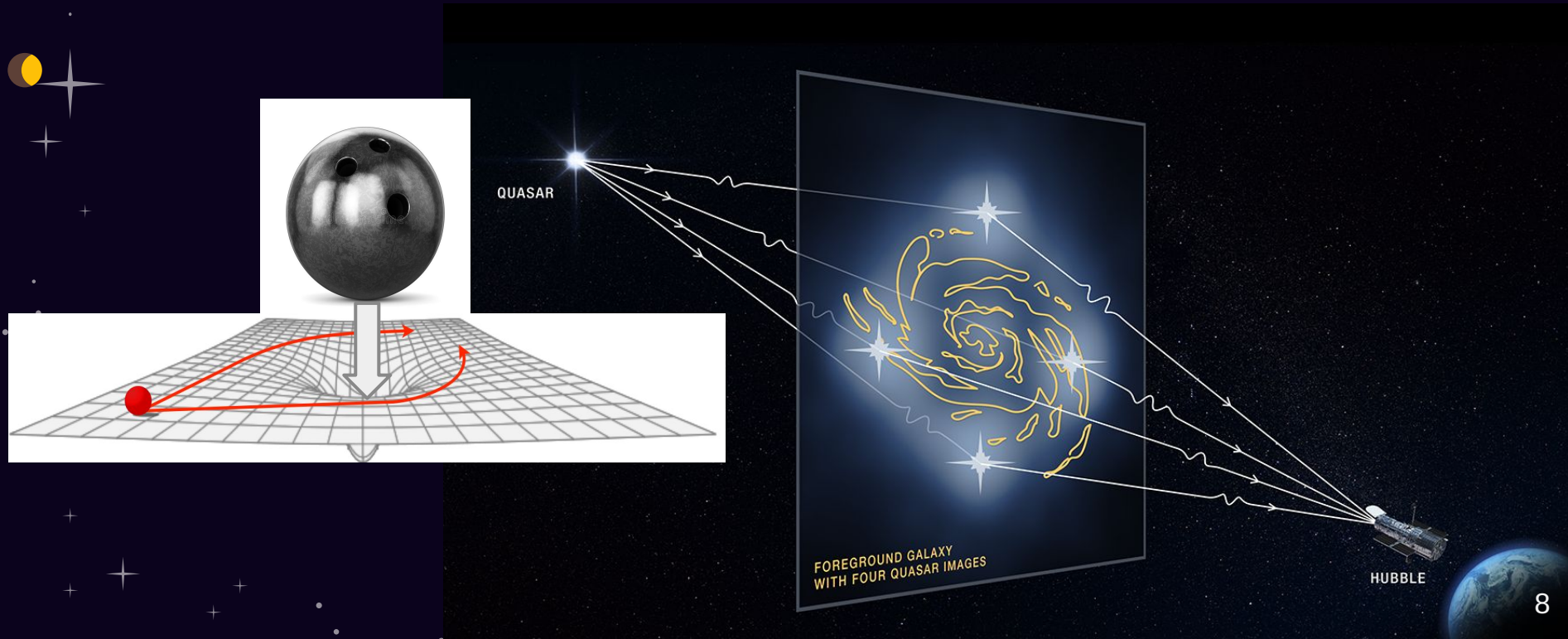
Curve rotazionali delle galassie



Galassia Messier 33

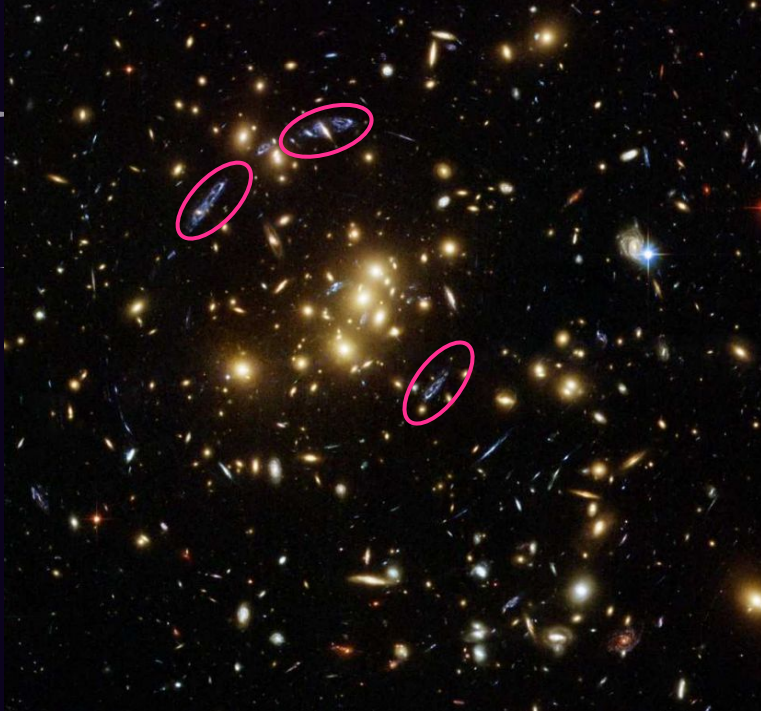
Perché materia oscura?

Lente gravitazionale → un effetto della Relatività Generale



Perché materia oscura?

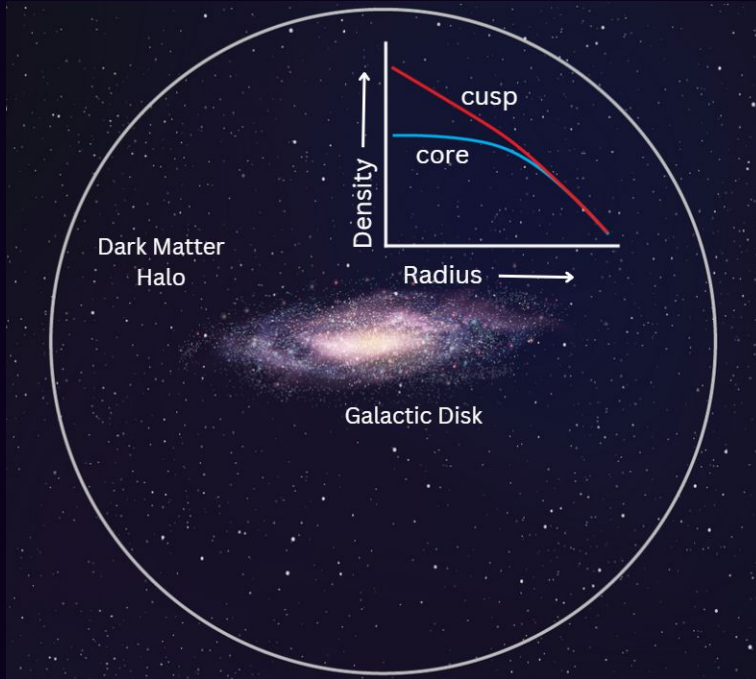
Lente gravitazionale → un effetto della Relatività Generale



quattro immagini
dello stesso quasar

due immagini (distorte)
della stessa galassia

Dove si trova?



Questi effetti si spiegano assumendo che un "alone" di **Materia Oscura** circonda le galassie

Di cosa è fatta?

Deve essere:

Neutra

Massiva

Debolmente
interagente

Stabile

		three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)	
		I	II	III		
QUARKS		$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u up	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c charm	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t top	0 0 1 g gluon	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 H higgs
		$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ d down	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ s strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 γ photon	SCALAR BOSONS
		$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ e electron	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 Z Z boson	
LEPTONS	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino	$\approx 80.360 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1 W W boson	GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS	

Di cosa è fatta?

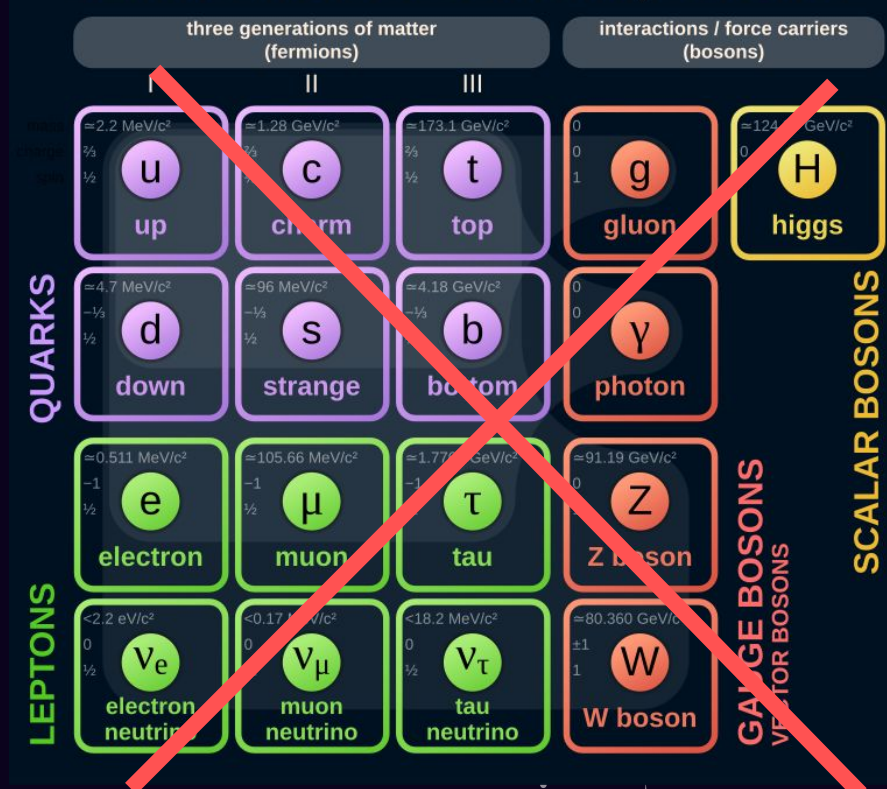
Deve essere:

Neutra

Massiva

Debolmente
interagente

Stabile

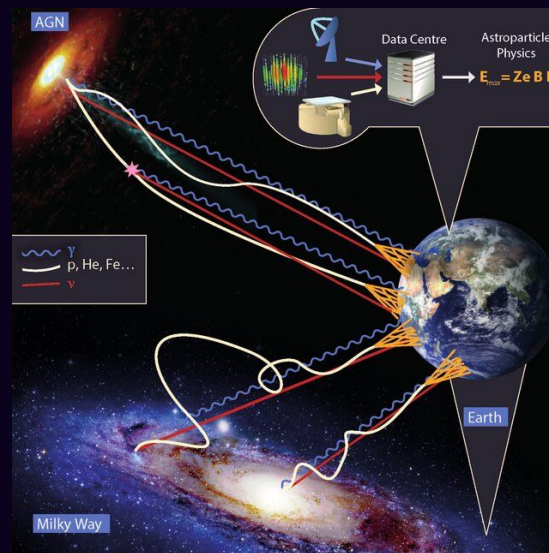
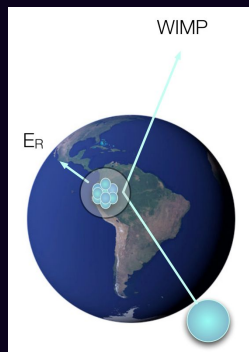
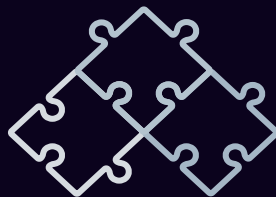
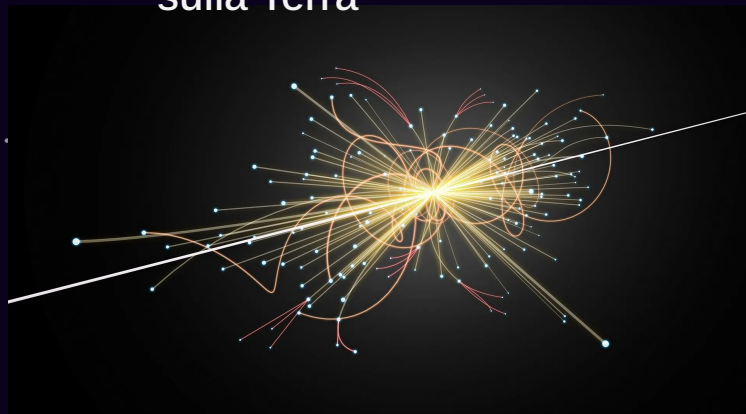


Escludiamo:

- Particelle cariche
- Particelle a massa nulla o troppo piccola
- Particelle instabili

Come la ricerchiamo

- Si possono usare approcci diversi e complementari:
 - Acceleratori di particelle (come LHC al CERN)
 - Ricerca “indiretta”: particelle prodotte da annichilazione di materia oscura nel cosmo
 - Ricerca “diretta”: materia oscura che interagisce direttamente in un rivelatore posto sulla Terra

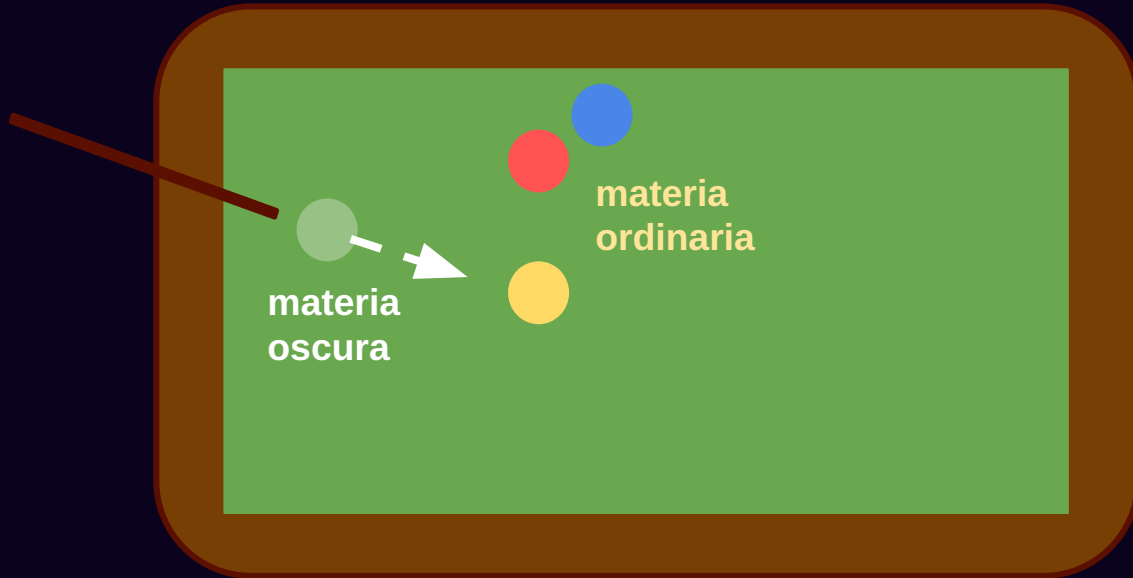


Ricerca diretta

- La materia oscura **interagisce molto debolmente** con la materia ordinaria
- Una particella di materia oscura può (molto raramente) **urtare un nucleo**

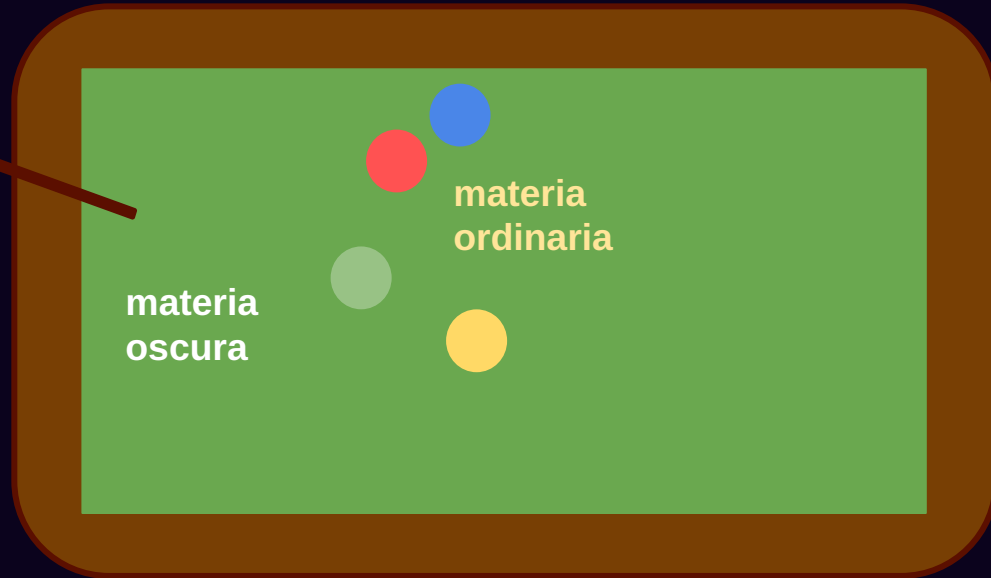
Ricerca diretta

- La materia oscura **interagisce molto debolmente** con la materia ordinaria
- Una particella di materia oscura può (molto raramente) **urtare un nucleo**
- Come in un tavolo da biliardo, supponiamo che ci sia una palla invisibile...



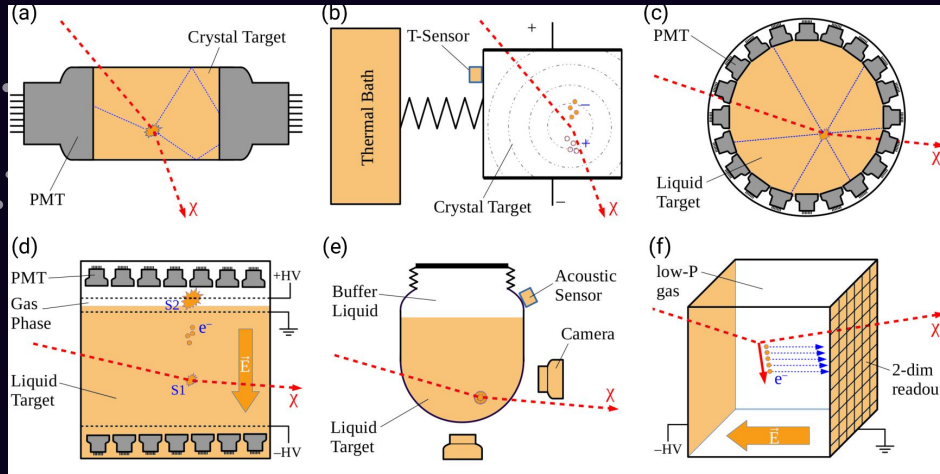
Ricerca diretta

- Non possiamo misurare direttamente la materia oscura (palla invisibile)
- Ma possiamo osservare lo spostamento del nucleo (palla gialla) in un rivelatore di particelle (tavolo da biliardo)

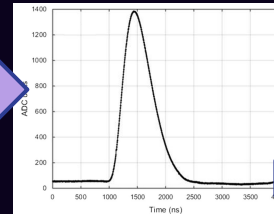


Rivelatori di particelle

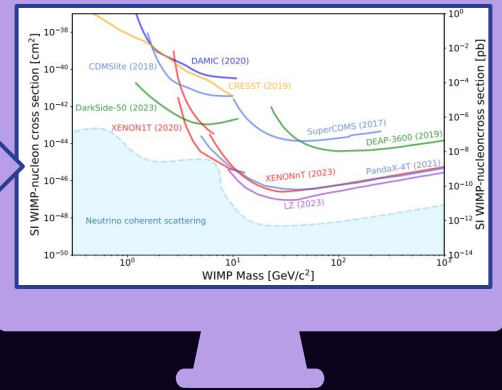
Diversi materiali “bersaglio”
Diverse tipologie di segnale (luce, calore, elettrico)



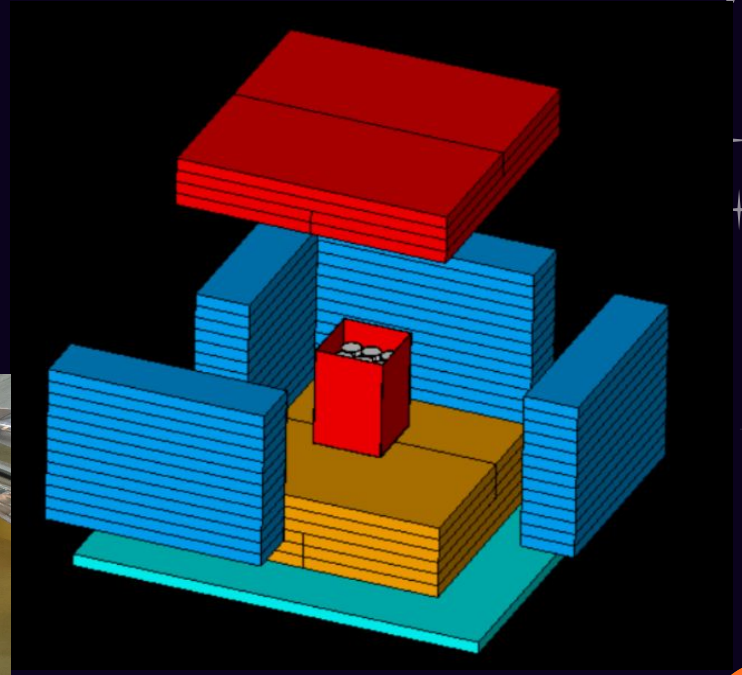
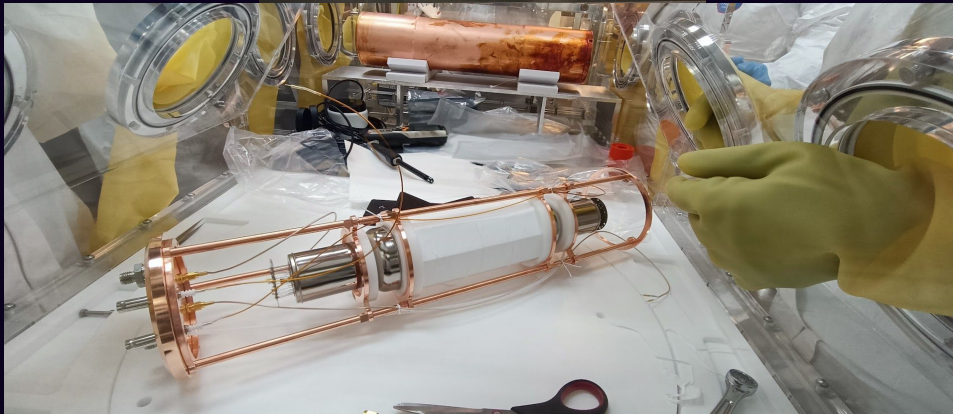
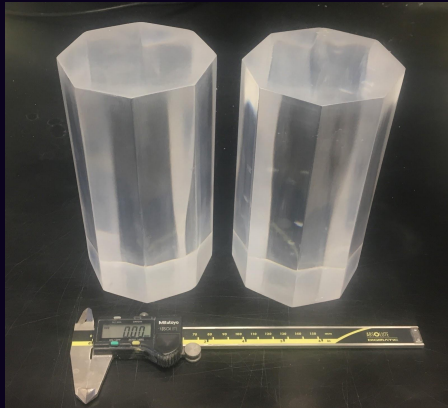
Acquisizione dei segnali



- Analisi dati
- Controllo del fondo sperimentale
- Risultati scientifici

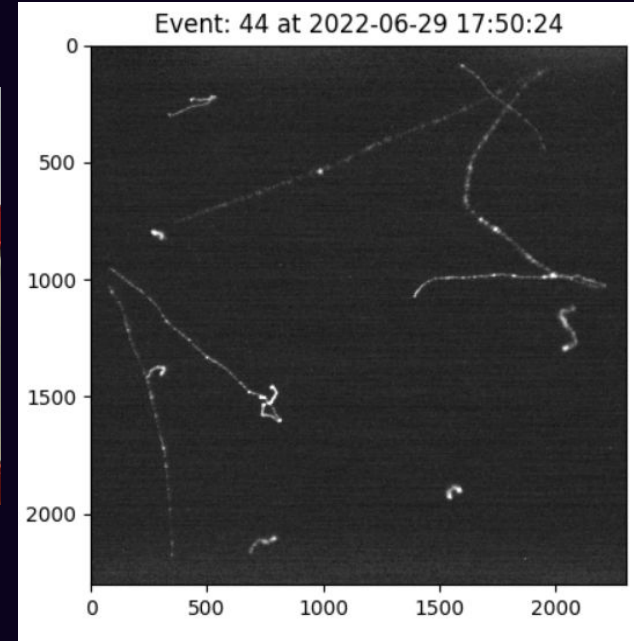


Esempio di rivelatore: cristalli NaI





Esempio di rivelatore: gas



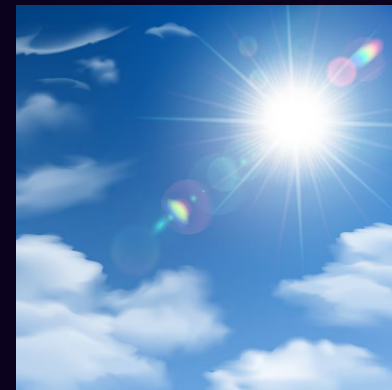


Perchè laboratori sotterranei

Avete mai osservato le stelle cadenti di giorno?

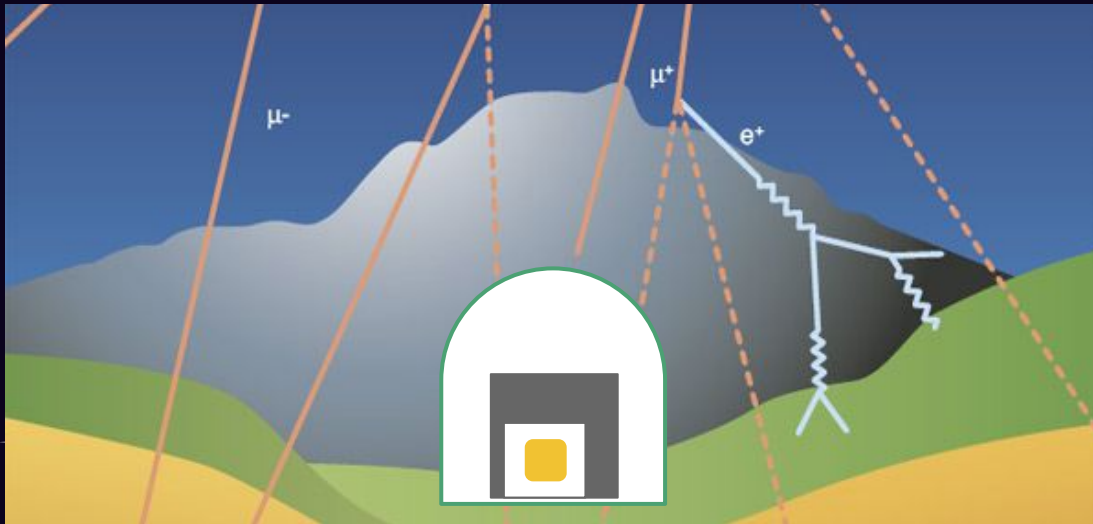
Immaginate di voler ascoltare il suono di un violino ... andreste in uno stadio durante una partita di calcio?

La Terra è soggetta a un flusso di particelle dette “raggi cosmici” che entrando nell’atmosfera creano una pioggia (“shower”) di altre particelle, causando rumore in un rivelatore in superficie in cerca di eventi rari.

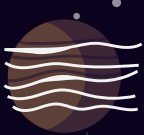


Perchè laboratori sotterranei

La roccia sopra ai Laboratori del Gran Sasso (1400 m)
è in grado di ridurre il numero di particelle cosmiche di
1 milione di volte...



... in questo **Silenzio
Cosmico** possiamo vedere
le particelle che ci
interessano senza
interferenze



Laboratori del Gran Sasso (LNGS)

Un po' di storia

1979

Progetto di un laboratorio sotterraneo nel tunnel autostradale

1982

Il progetto è approvato da parte del Parlamento

1987

La costruzione è completata

1989

Entra in funzione MACRO, il 1° esperimento





Laboratori esterni





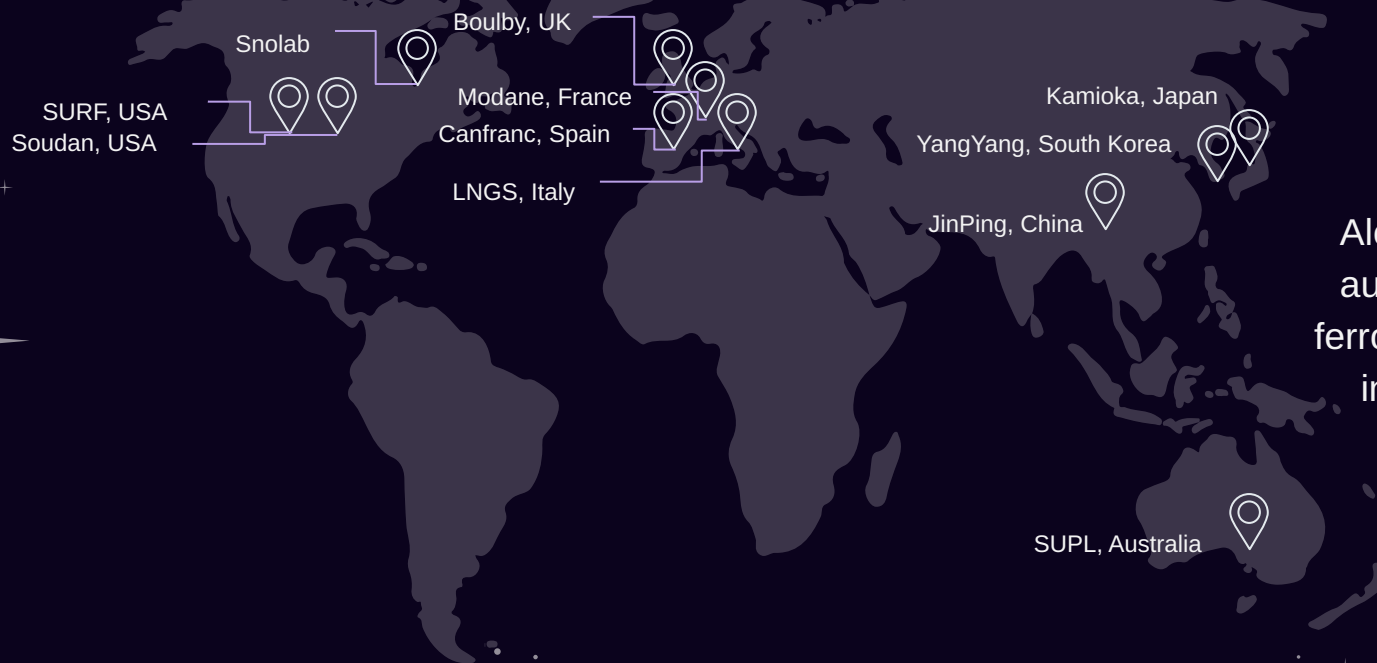
Laboratori sotterranei



Google Street View



Laboratori sotterranei nel mondo



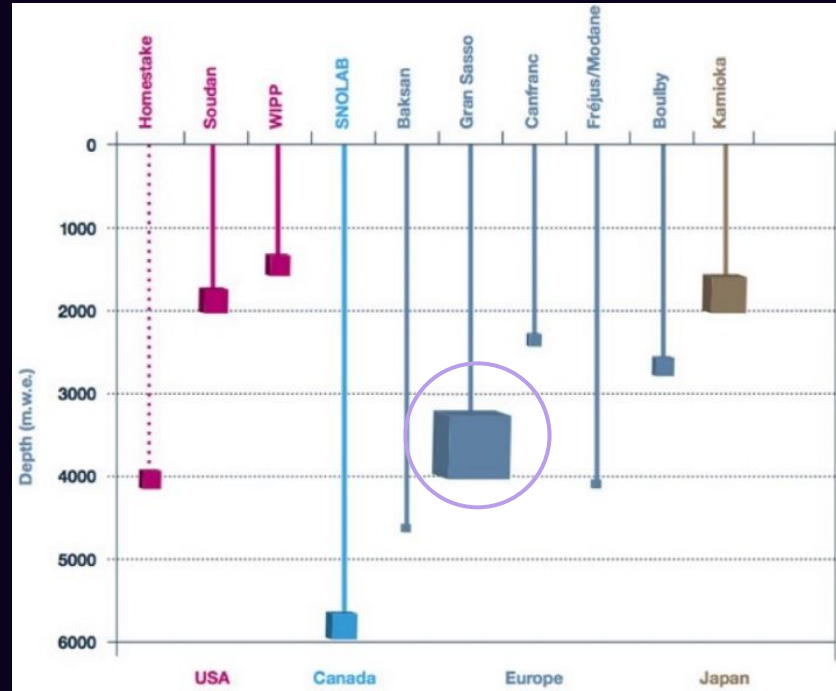
Alcuni situati in tunnel autostradali (LNGS) o ferroviari (Canfranc), altri in miniere in disuso

Laboratori sotterranei nel mondo



Laboratorio del Gran Sasso

- Il più vasto e avanzato laboratorio sotterraneo
- 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.



Esperimenti ai LNGS



BOREXINO



COBRA



COSINUS



COSMIC SILENCE



CRESST



CUORE



CUPID-0



CUPID



DAMA



DARKSIDE



ERMES



GERDA



GINGER



LUNA



LVD



NEWSdm



SABRE



VIP



XENON





Oltre alla materia oscura...

Neutrini solari

**Decadimento
doppio beta
senza neutrini**

**Neutrini da
supernova**

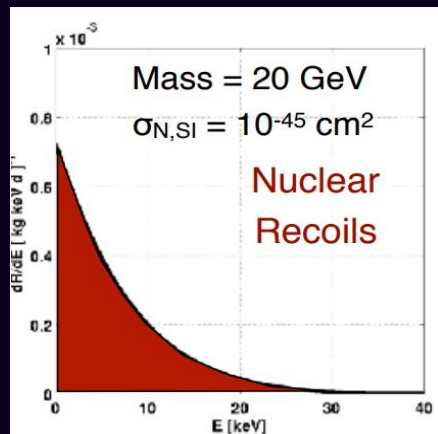
**Neutrini da
fascio**

**Astrofisica
nucleare**

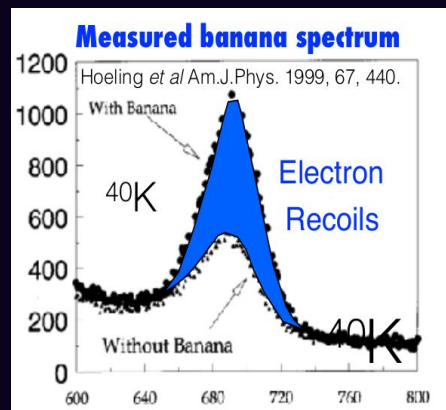
**Progetti
interdisciplinari**

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).



**Materia
oscura
~1 evento
/ kg / anno**



**~100 eventi /
kg / secondo**



Bisogna aggiungere agli esperimenti **schermature** (passive o attive), selezionare i materiali più **radiopuri**, sviluppare tecniche di **identificazione delle particelle**.

Il lavoro della ricercatrice

(o ricercatore)



**Attività
sperimentale**



**Meeting,
Conferenze**



**Insegnamento/
tutoraggio**



**Articoli/
progetti di ricerca**



Divulgazione



Gestione fondi

Podcast laboratori sotterranei



Fisicast è un podcast dove i ricercatori parlano di fisica con il linguaggio di tutti i giorni. [Ascolta qui](#) la puntata sui laboratori del Gran Sasso

Silenzio cosmico e
bassa radioattività



Computer
quantistici



Radiobiologia

FISICAST
RADIO SCIENZA
ON AIR

« Previous in category Previous in category »

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso

Published 01/02/2021

Settantesima puntata

Nelle viscere del massiccio più alto dell'Appennino, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono un luogo unico per condurre ricerche d'avanguardia sui segreti dell'Universo, e in molti altri campi della scienza. Ma perché sottoterra? E che tipo di esperimenti si fanno? Tre ricercatori dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ci accompagnano in un viaggio nel "silenzio cosmico" alla ricerca di eventi rari, mostrandoci che la presenza delle donne nella scienza non è più così rara... per fortuna!

- Autori: Laura Cardani, Giulia D'Imperio e Claudia Tomei
- Altre voci: Chiara Piselli
- Regia: Edoardo Massaro
- Musica: Ambient 4 di Ix Prospectum / Autumn Dawn di Embers Below Zero / Synapsebath di John McNally, tratte dalla compilation nx2016-01 (https://freemusicarchive.org/music/Miquel_Parera/nx2016-01)

Podcast: [Download](#) (Duration: 25:15 — 57.8MB)
Subscribe: [Apple Podcasts](#) | [Android](#) | [RSS](#)

📌 Save +

Posted in [Fisicast](#)

Come ascoltare Fisicast

Ascolta Fisicast su:

- [Spotify](#)
- [Google Podcast](#)
- [iTunes](#)
- [YouTube](#)
- [Amazon Music](#)
- [Blubrry](#)
- [TuneIn](#)
- [RadioItaliane.it](#)
- [AudioCasting](#)
- [PodTail](#)
- [Radio Unito](#): ogni Lunedì alle 17:00
- [Regional Radio 1584 e 1485 kHz AM](#) onde medie: ogni Martedì e Venerdì alle 09:20, con replica alle 16:09 di Martedì, Giovedì e Domenica

Segui Fisicast su:

- [Facebook](#)
- [Twitter](#)
- [Telegram](#)
- [ScienzaPerTutti](#) ogni Lunedì una puntata dal nostro archivio

Ricevi Fisicast via:

- [E-Mail](#)
- [Feed RSS](#)

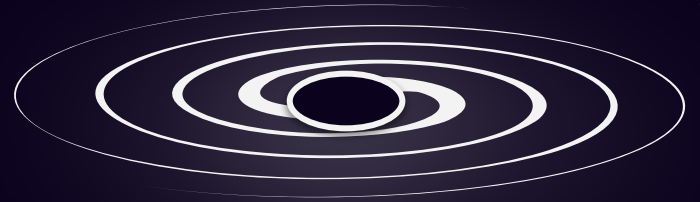
Clicka [qui](#) se non sai come procedere.

Grazie!

Contatti



giulia.dimperio@roma1.infn.it



CREDITS: This presentation template was created by [Slidesgo](#), and includes icons by [Flaticon](#), and infographics & images by [Freepik](#)