

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

13 Settembre 2024

Paolo Valente, INFN Roma



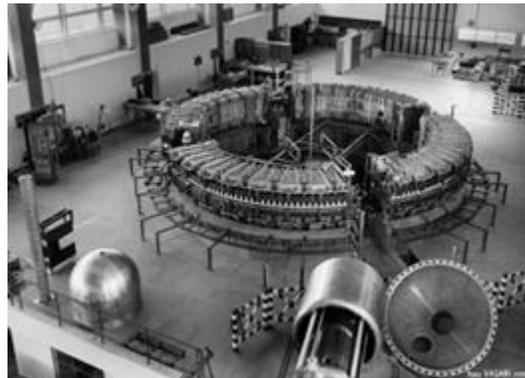
<https://www.roma1.infn.it>



<https://www.infn.it>



L'INFN, fondato **nel 1951**, ha una lunga e prestigiosa storia che discende da **Enrico Fermi e i ragazzi di via Panisperna**



La Storia dell'INFN



Il gruppo di studi noto come "I ragazzi di via Panisperna" a Roma negli anni '30, i "padri" della fisica nucleare.
Da sinistra: Oscar D'Agostini, Emilio Segrè, Edoardo Amaldi, Franco Rasetti ed Enrico Fermi. Credit: Archivio Amaldi, Dipartimento di Fisica, Università La Sapienza, Roma

Le origini e la nascita (Dal 1920 al 1951)

La storia di un Paese, della sua cultura sono il risultato del susseguirsi dei fatti con protagoniste le comunità che compongono la società civile di quella nazione. Nello stesso modo, alla nostra storia, quella dell'Italia e della sua cultura, sono indissolubilmente legate anche le storie della scienza, degli scienziati e scienziate e delle istituzioni di ricerca nazionali. Questa è quindi la storia della nascita e dei primi anni di vita dell'INFN, raccontata ripercorrendo le principali vicende non solo scientifiche, ma anche politiche, economiche e sociali, che hanno segnato la prima parte del '900 italiano.

<https://storia.infn.it>

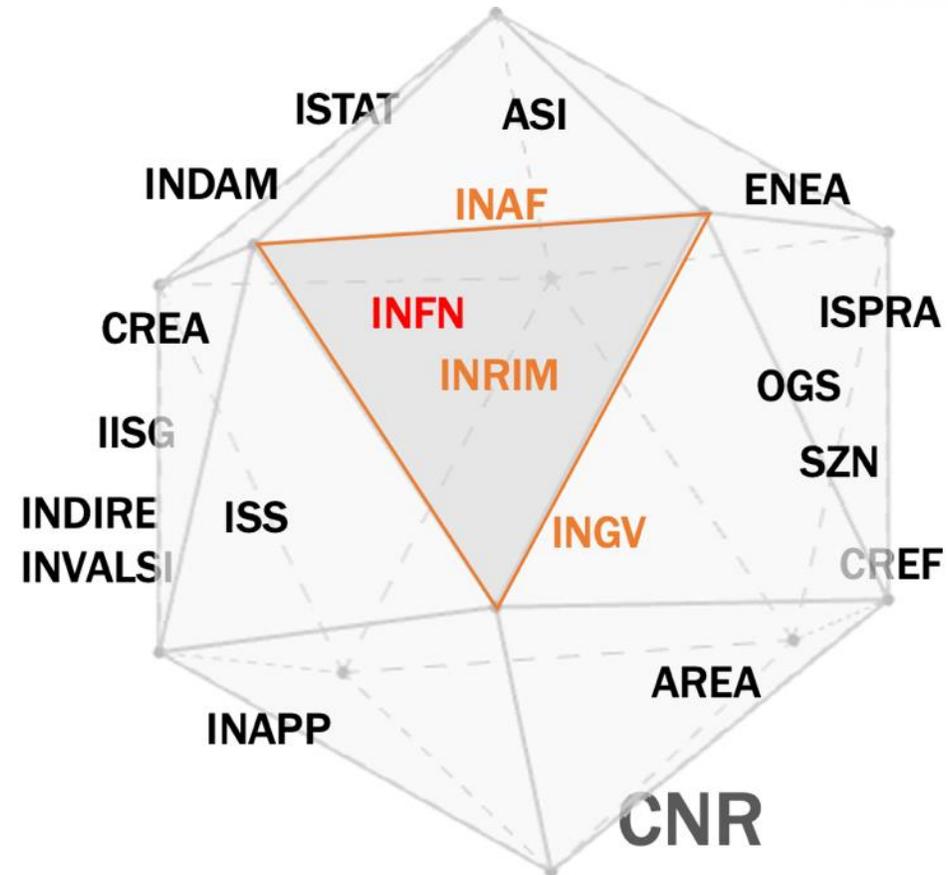
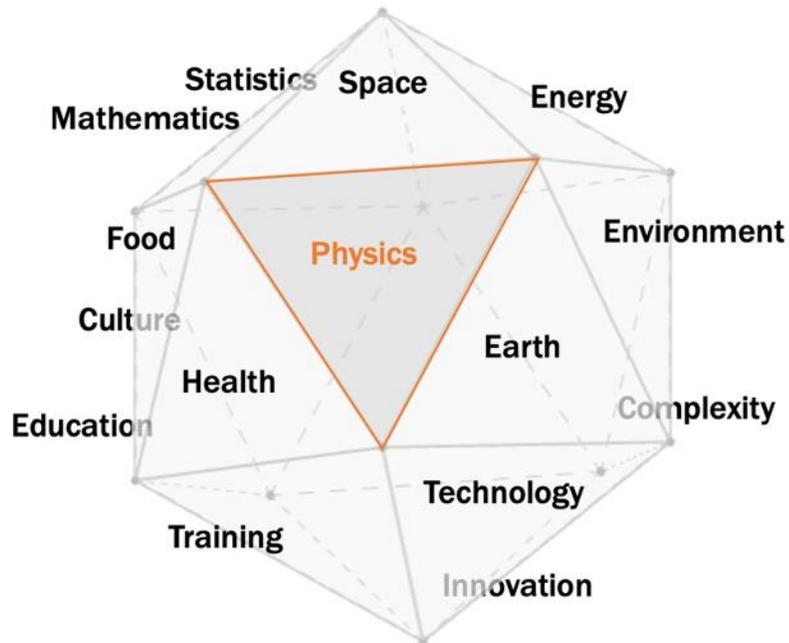
Inoltre **Amaldi** darà un contributo fondamentale alla nascita del **CERN** (1952) e dell'**ESA**.

Dopo la fuga all'estero di Fermi, Segrè, Rasetti e Pontecorvo, e la misteriosa scomparsa di Majorana, nel **1951** sarà **Edoardo Amaldi** a dar vita all'INFN, insieme a **Gilberto Bernardini**.



L'INFN oggi

è uno dei 20 enti pubblici nazionali di ricerca, è **vigilato dal Ministero dell'Università e della Ricerca**, ed è dedicato allo studio dei **costituenti fondamentali della materia** e delle leggi che li governano



**Spingersi oltre
le frontiere della
conoscenza**

I segreti della materia e del
Big Bang

La nostra
missione

Formare

scienziati e scienziate
e ingegneri di domani



**Sviluppare nuove
tecnologie
di frontiera**

Lavorare insieme

ai migliori ricercatori e ricercatrici
di tutto il mondo



L'INFN è
una comunità di
oltre **6000 persone**

di cui circa il **25%** di giovani
con **assegni di ricerca**, borse di studio
e **dottorandi**

Borse di studio anche
per laureandi
con **possibilità di esperienza**
in **strutture internazionali**



Sezione di Roma (Università: Sapienza)

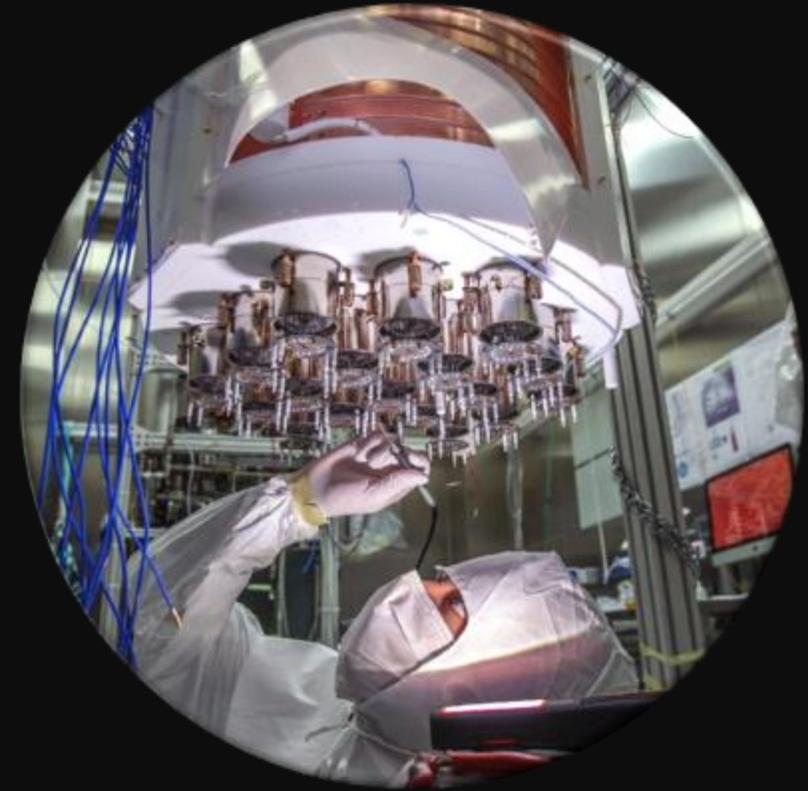


4 strutture nell'area Romana



L'INFN

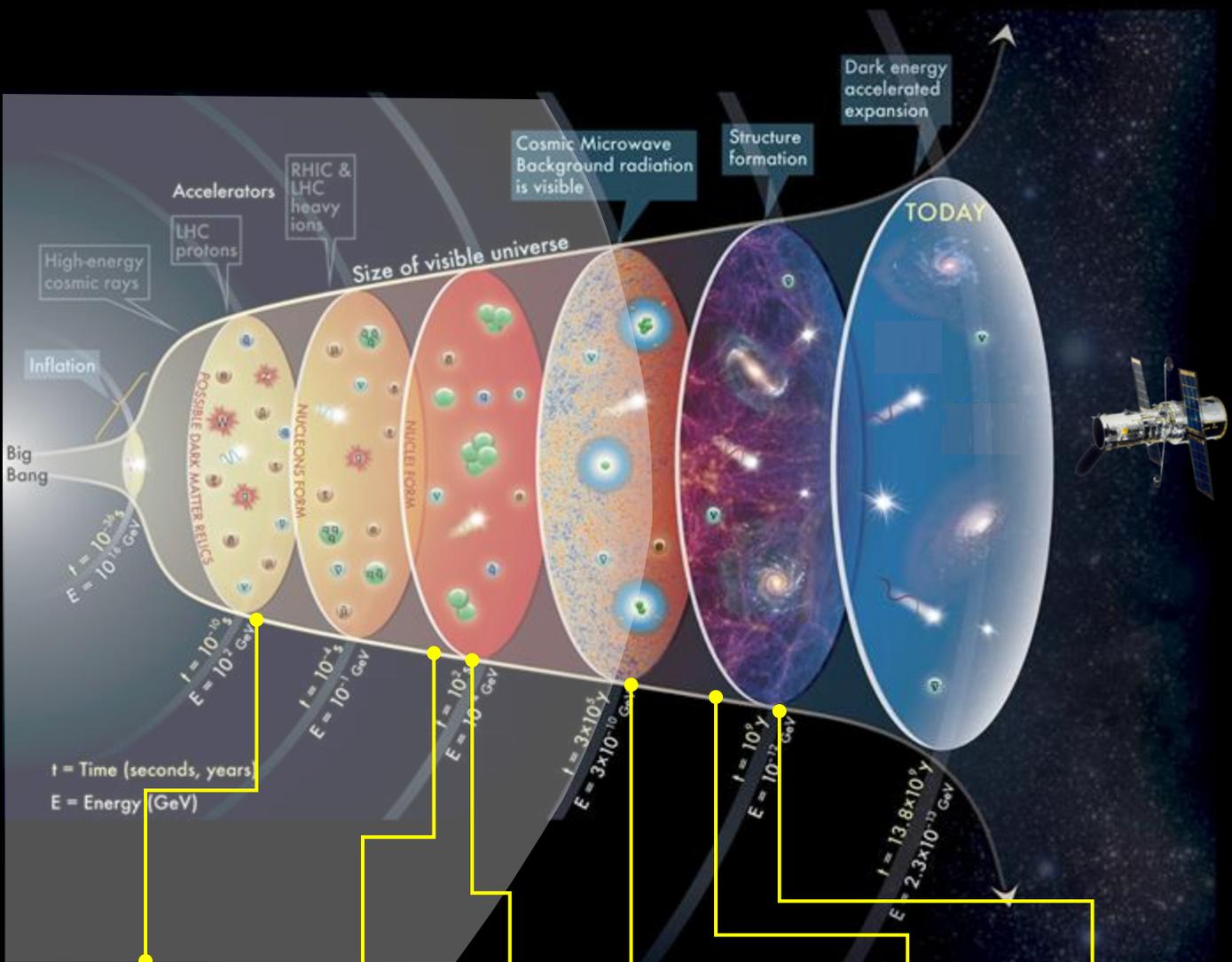
sul territorio nazionale



Cosa facciamo



La sfida: comprendere l'Universo nei primi istanti dopo il Big Bang



La materia oscura forma le strutture

I neutrini si disaccoppiano

La materia ordinaria si disaccoppia dalla radiazione e l'Universo diventa trasparente

La materia ordinaria si addensa sulle strutture formate dalla materia oscura

Si formano le stelle

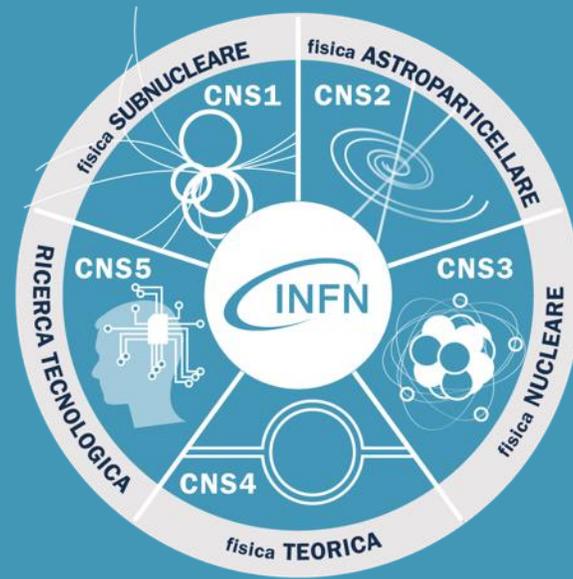
Si formano le galassie

Studiare i costituenti della materia a energia sempre più alta permette di osservare la storia del nostro Universo sempre più indietro nel tempo

Studiare la natura e le proprietà della materia oscura permette di chiarire come si sono formate le strutture

Le onde gravitazionali e i neutrini ci permettono di osservare l'Universo primordiale "dietro" (prima) il lampo della Radiazione di Fondo Cosmico

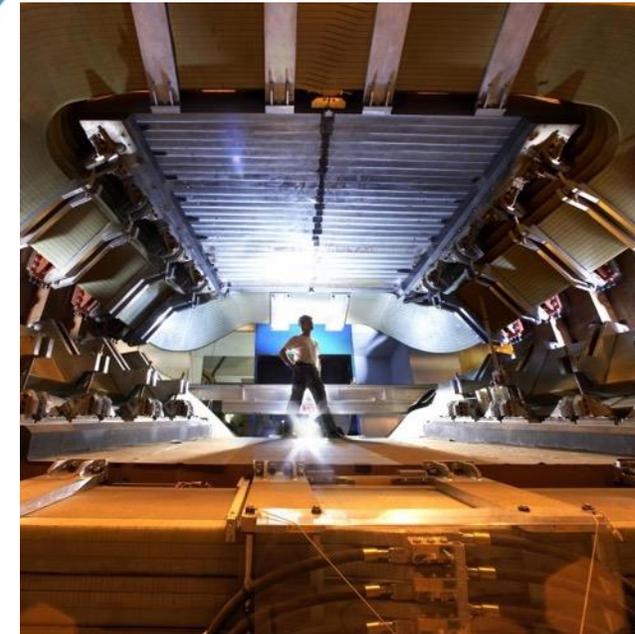
Le 5 linee di ricerca e le commissioni scientifiche nazionali



Coordina gli studi delle interazioni dei costituenti fondamentali della materia attraverso **esperimenti con gli acceleratori di particelle**.



Mediante acceleratori ad energie sempre più elevate possiamo ottenere nuove particelle non presenti in condizioni ordinarie di massa via via crescenti e studiare aspetti come il meccanismo di **generazione della massa** – a cominciare dal bosone di Higgs, scoperto nel 2012 – e l'individuazione di possibili scenari di Nuova Fisica che spieghino i problemi irrisolti e vadano oltre il Modello Standard.



Esploriamo **due frontiere complementari** dei nostri limiti sperimentali: quella dell'energia e quella della luminosità.

Utilizziamo cioè gli acceleratori di particelle sempre più potenti per raggiungere un'**energia delle collisioni sempre più elevate**, per consentire la formazione di nuove particelle (come avviene in LHC).

In alternativa (o nel caso di LHC nello stesso tempo) proviamo a favorire il verificarsi degli **eventi più rari** e così affinare in modo estremo le **misure di precisione** di questi eventi

Coordina le ricerche nel campo delle Astroparticelle.

Studia gli aspetti della fisica fondamentale che non possiamo indagare con gli acceleratori di particelle e sono condotte indirettamente, **sfruttando il Cosmo come acceleratore naturale** di tutti i tipi di radiazione, oppure studiando processi rarissimi in Laboratori come quello del Gran Sasso.

Si conducono esperimenti che studiano la radiazione cosmica di fondo, i raggi cosmici, i neutrini, le onde gravitazionali, i raggi gamma di altissima energia, e altri tipi di particelle rare che possono dare importanti indizi sull'asimmetria tra materia e antimateria nell'Universo, o che potrebbero costituire la materia oscura.



Una delle sfide attuali più affascinanti è lo studio della gravità e delle onde gravitazionali predette da Einstein e recentemente osservate dalla collaborazione Virgo-Ligo, con cui si apre una nuova e molto promettente finestra per l'osservazione dell'Universo e lo studio dei buchi neri.

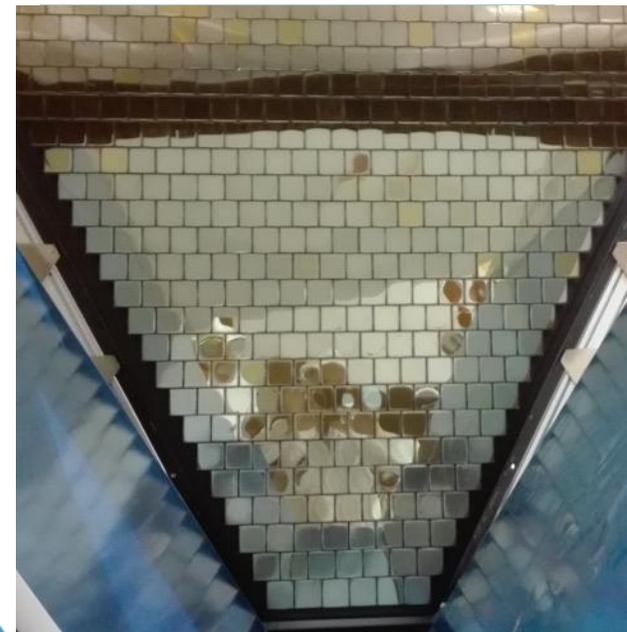
Studia come si aggregano i costituenti elementari della materia, i **quark**, quando si formano i nuclei atomici, sfruttando le collisioni tra particelle ad alta energia, per esempio al **Jefferson Lab** fra un elettrone e un nucleo.

Al CERN di Ginevra le collisioni tra nuclei di piombo possono dare vita, per pochi istanti, a una bolla di **plasma di quark e gluoni**, lo stato dell'Universo primordiale.

I meccanismi di formazione delle stelle sono studiati nei Laboratori Nazionali dell'INFN: al Gran Sasso, l'acceleratore LUNA è in grado di studiare la formazione dei nuclei a energie paragonabili a quelle che si trovano in una stella, molto più basse rispetto a quelle ottenute nei normali acceleratori di particelle.

Acceleratori e rivelatori tra i più sofisticati al mondo sono invece installati a Legnaro e ai Laboratori Nazionali del Sud per la produzione e lo studio delle caratteristiche dei nuclei instabili per comprendere i meccanismi di formazione dei nuclei pesanti, di massa superiore al ferro, in stelle di grandi dimensioni.

Continua inoltre ai Laboratori Nazionali di Frascati lo studio della forza nucleare in presenza dei quark "strani", importante tra l'altro per comprendere il comportamento delle stelle a neutroni.

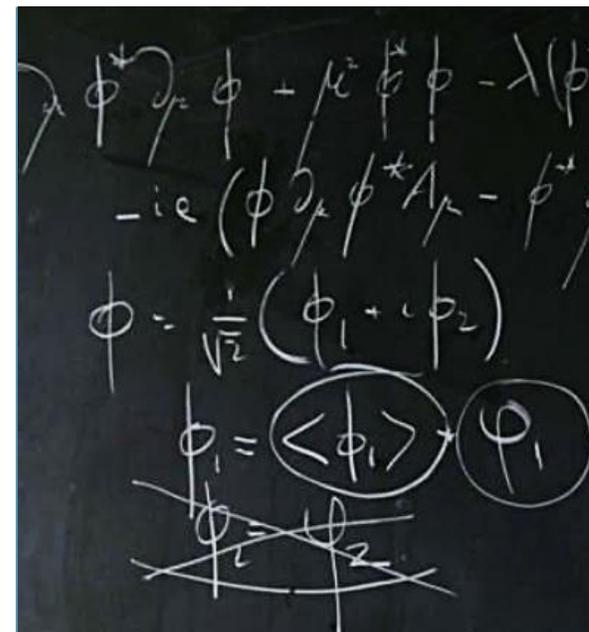


Coordina le ricerche in fisica teorica, che sviluppano **ipotesi, modelli e teorie fisiche** per spiegare i risultati sperimentali già acquisiti e aprire nuovi scenari per la fisica del futuro.

Tali studi si avvalgono, da un lato dei risultati sperimentali prodotti dagli acceleratori e dagli esperimenti di fisica astroparticellare, e dall'altro di metodi matematici e tecniche formali e numeriche.

Tra gli argomenti più significativi ci sono:
l'indagine sull'**origine della massa** delle particelle elementari, la natura e le proprietà della cosiddetta **materia oscura**, la spiegazione dell'**asimmetria** esistente fra **materia e antimateria** nell'Universo, l'**unificazione a livello quantistico di tutte le interazioni** fondamentali, inclusa la gravità.

Altre ricerche riguardano lo studio della natura e della struttura intrinseca dello spazio-tempo, la fisica del nucleo e delle particelle che lo costituiscono, inclusi i processi all'epoca del Big-Bang e la successiva evoluzione dell'Universo.



Coordina le **ricerche tecnologiche** e lo **sviluppo di applicazioni** e promuove l'**utilizzo in altri settori** di strumenti, metodi e tecnologie della fisica fondamentale.

L'INFN è un solido riferimento a livello nazionale e internazionale per lo sviluppo dei futuri prototipi e la realizzazione degli odierni acceleratori di particelle.

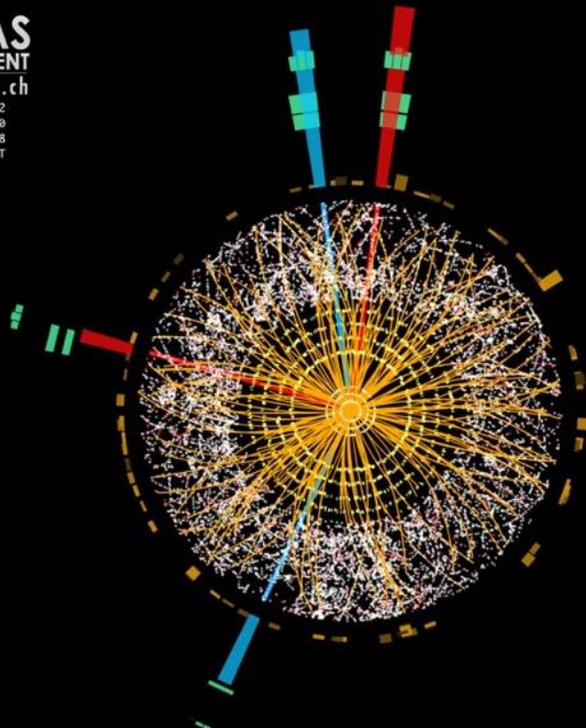
Questi sono utilizzati, oltre che nelle ricerche di fisica fondamentale, in altri campi di ricerca e della vita economica e sociale.



4 LUGLIO 2012

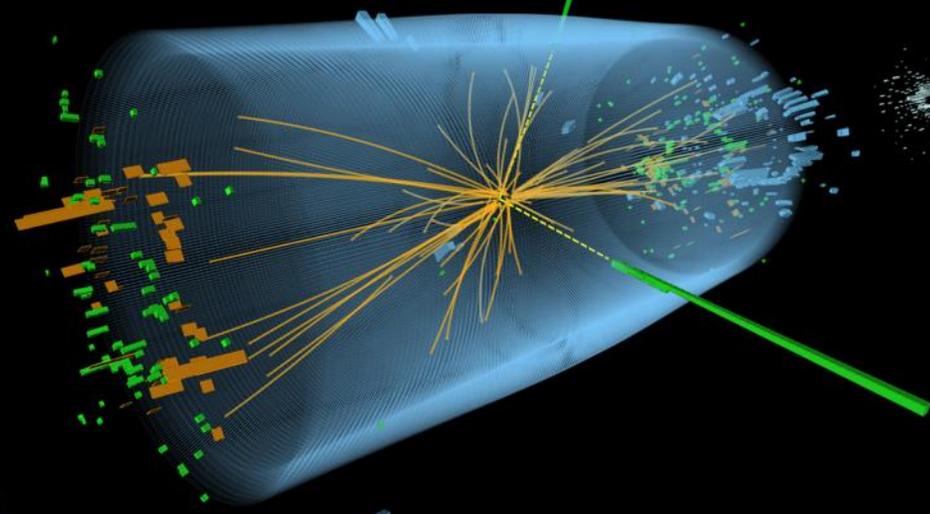
Le Collaborazioni **ATLAS** e **CMS** annunciano l'osservazione di una nuova particella prodotta in collisioni protone-protone al **Large Hadron Collider del CERN**, compatibile con il **BOSONE DI HIGGS** previsto dal Modello Standard.

Contributo fondamentale dalla Sezione di Roma all'ideazione e costruzione dei rivelatori, alle analisi dati e agli studi teorici



 CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT
Run/Event: 194108 / 564224000

CMS





11 FEBBRAIO 2016

La Collaborazione **LIGO-Virgo**
annuncia la prima osservazione diretta
delle **ONDE GRAVITAZIONALI**,
previste nel 1916 dalla Teoria
della Relatività Generale di Albert Einstein.

Contributo fondamentale dalla Sezione di Roma
alla ideazione e costruzione dell'interferometro
all'analisi dati e agli studi teorici.



Dove andiamo



INFN e PNRR



STRUMENTI sempre più complessi

TECNOLOGIE DI FRONTIERA

CONTESTO INTERNAZIONALE

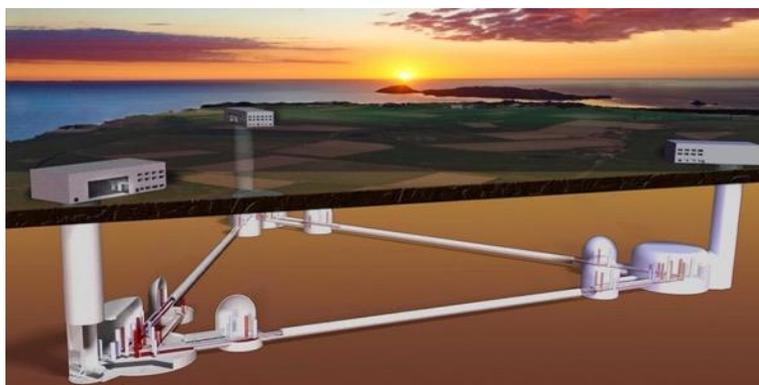
un grande stimolo per giovani
fisici e ingegneri



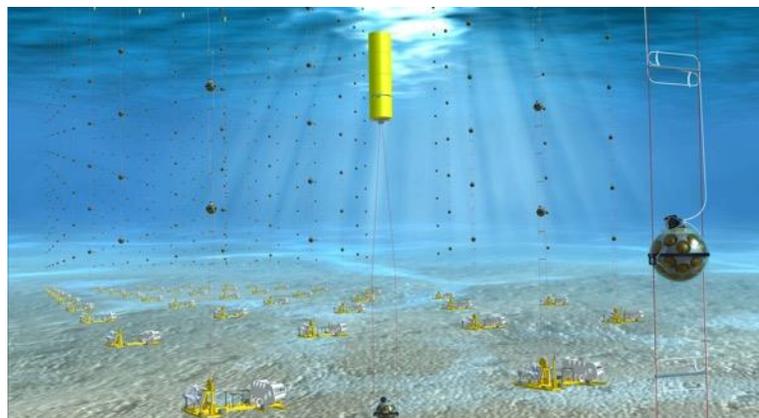
Centro nazionale per
«High-performance
Computing», Big Data,
Quantum Computing
(ICSC, Terabit)



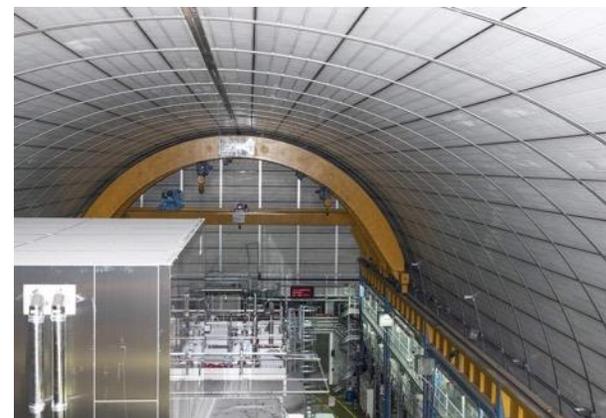
Infrastruttura di ricerca sulla
superconduttività **(IRIS)**



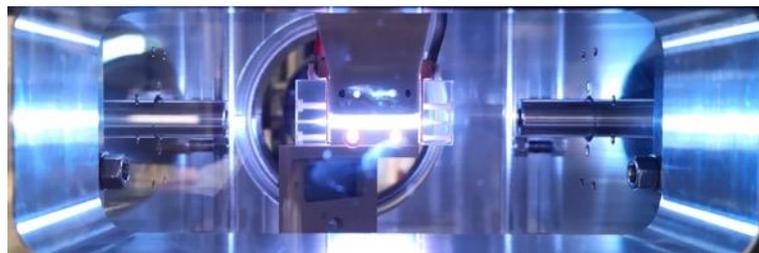
Infrastruttura per
Einstein Telescope,
ricerca di onde
gravitazionali **(ETIC)**



Rete di telescopi
sottomarini per
ricerca di
neutrini
(KM3NeT)

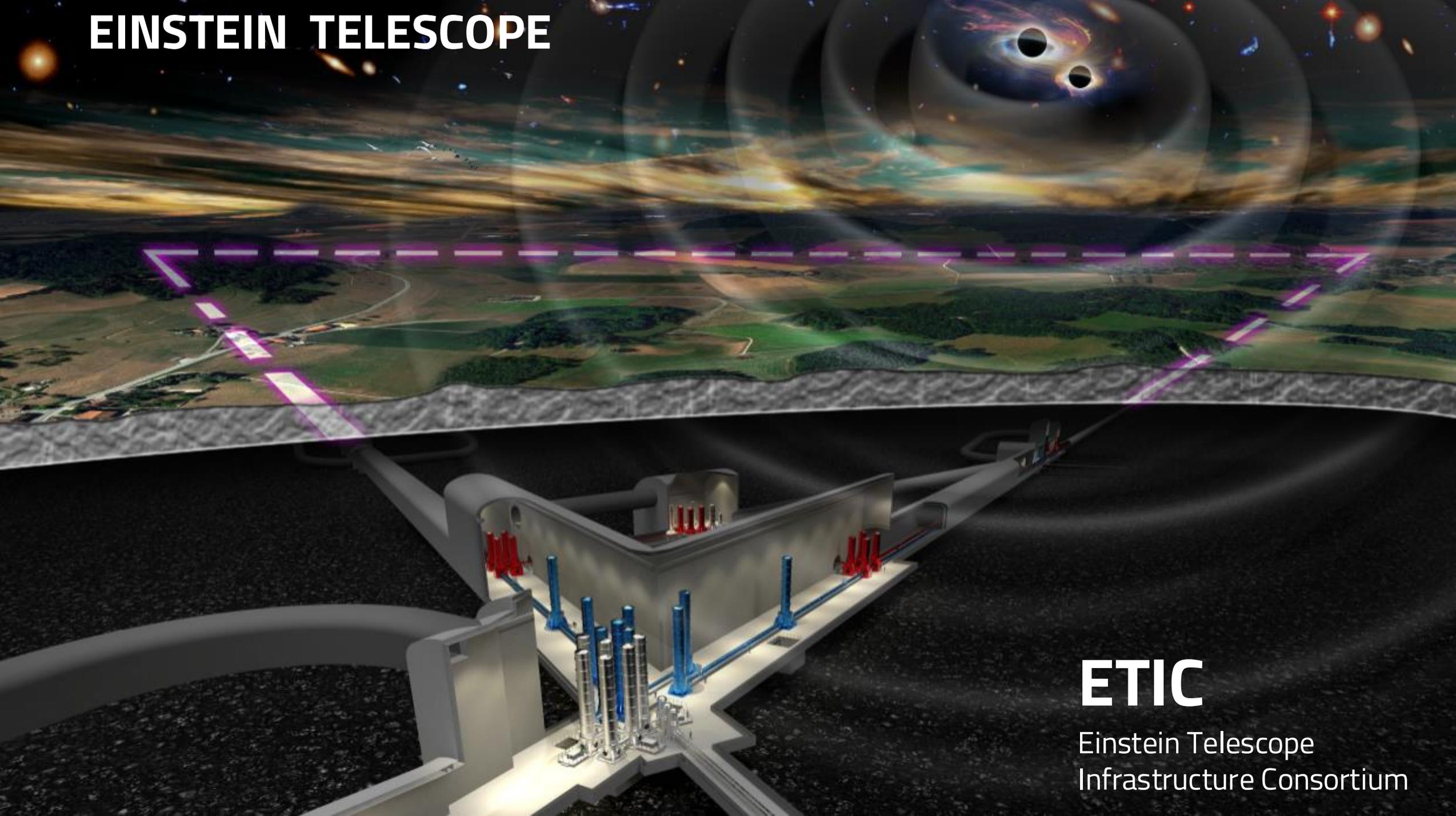


Potenziamento dei Laboratori
Nazionali del Gran Sasso
(LNGS)



Sviluppo di nuove
tecnologie per
acceleratori con
sorgenti al plasma,
EuAPS

EINSTEIN TELESCOPE

The image is a composite visualization. The top portion shows a 3D cutaway of the Einstein Telescope, a large underground observatory with a complex, multi-level structure. The middle portion shows a 3D cutaway of the Einstein Telescope Infrastructure Consortium (ETIC), a long, narrow underground tunnel with various equipment and support structures. The bottom portion shows a visualization of gravitational waves in the sky, with a large, glowing, multi-colored ring structure and a central black hole-like object. The background is a dark, starry sky with various celestial objects.

ETIC

Einstein Telescope
Infrastructure Consortium

Italia candidata ufficiale a ospitare l'osservatorio ET in Sardegna



<https://www.einstein-telescope.it>



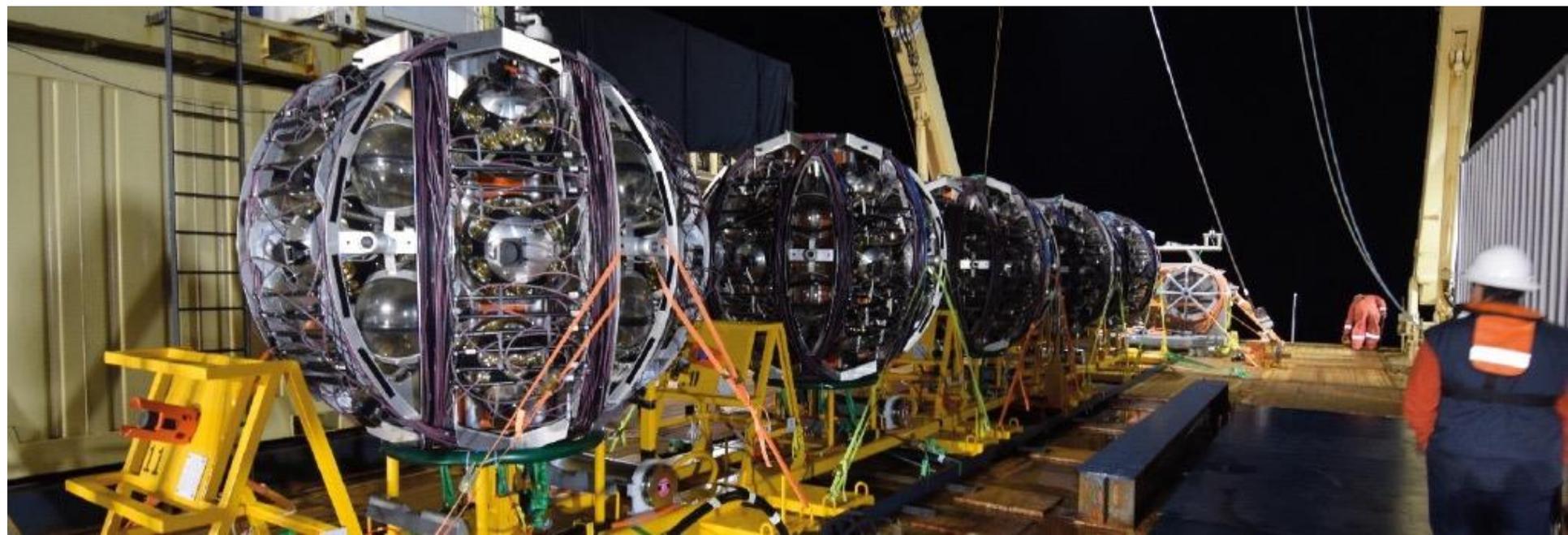
KM3NeT

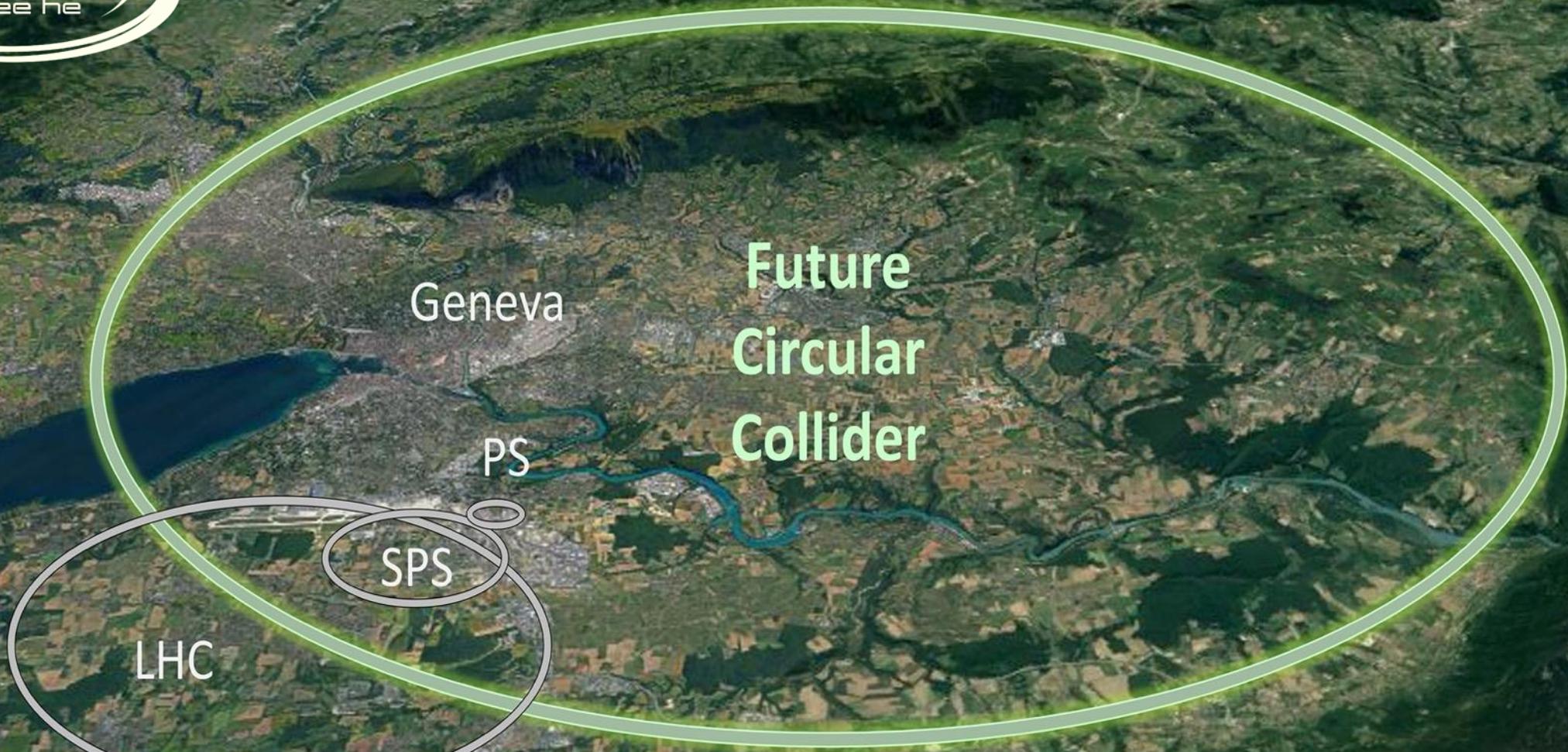


KM3NeT è la più grande infrastruttura **sottomarina** nell'emisfero Nord. Nelle profondità del Mar Mediterraneo, due telescopi per neutrini:

- **ARCA** al largo della Sicilia, in Italia
- **ORCA** al largo di Tolone, in Francia

Studiare i **neutrini** che ci arrivano dallo spazio profondo





Geneva

**Future
Circular
Collider**

PS

SPS

LHC

27 km

91 km



FCC Future Circular Collider

Circonferenza 91 km

Energia nel centro di massa:

e^+e^- : 90-365 GeV

pp: 100 TeV

LHC Large Hadron Collider

Circonferenza 27 Km

Energia nel centro di massa:

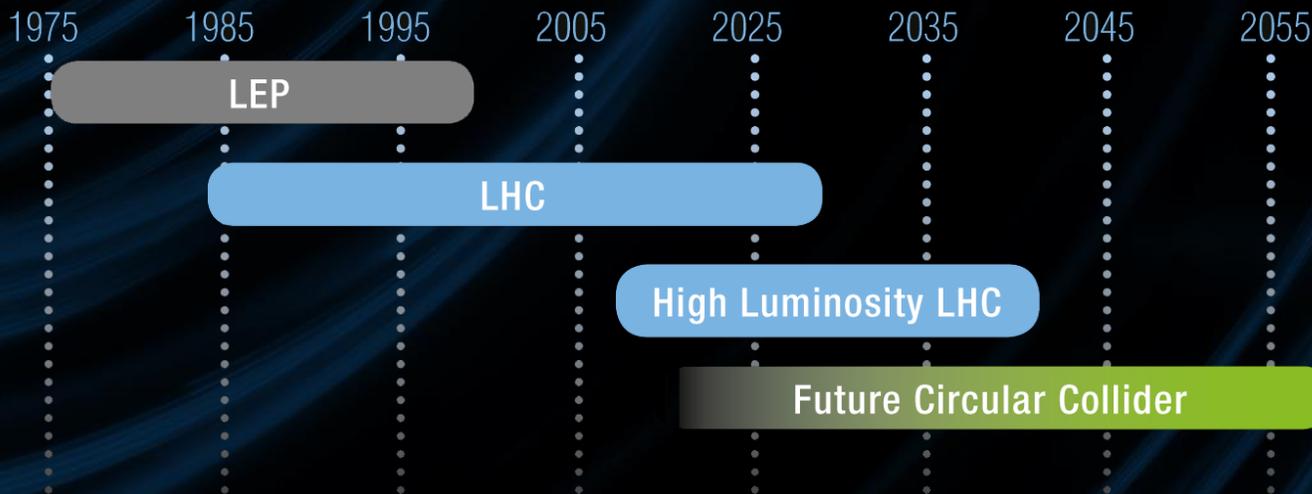
protone-protone: 14 TeV (nominale)

FCC Collaboration

147
Institutes

30
Companies

34
Countries



Computing, Machine Learning e Intelligenza artificiale



PETABYTE DI DATI
DEGLI ESPERIMENTI

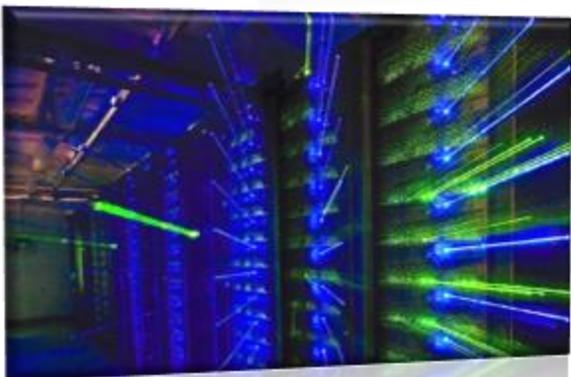


Calcolo distribuito
Centinaia di centri di calcolo
Accesso ai dati per gli scienziati

Centro di Calcolo INFN Roma



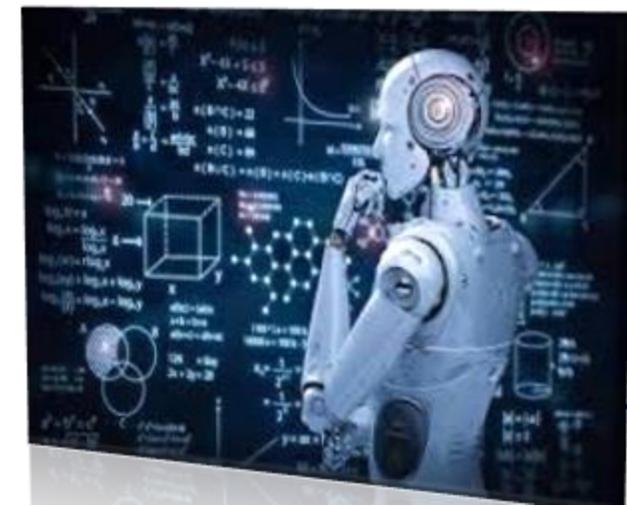
HPC: High Performance Computing



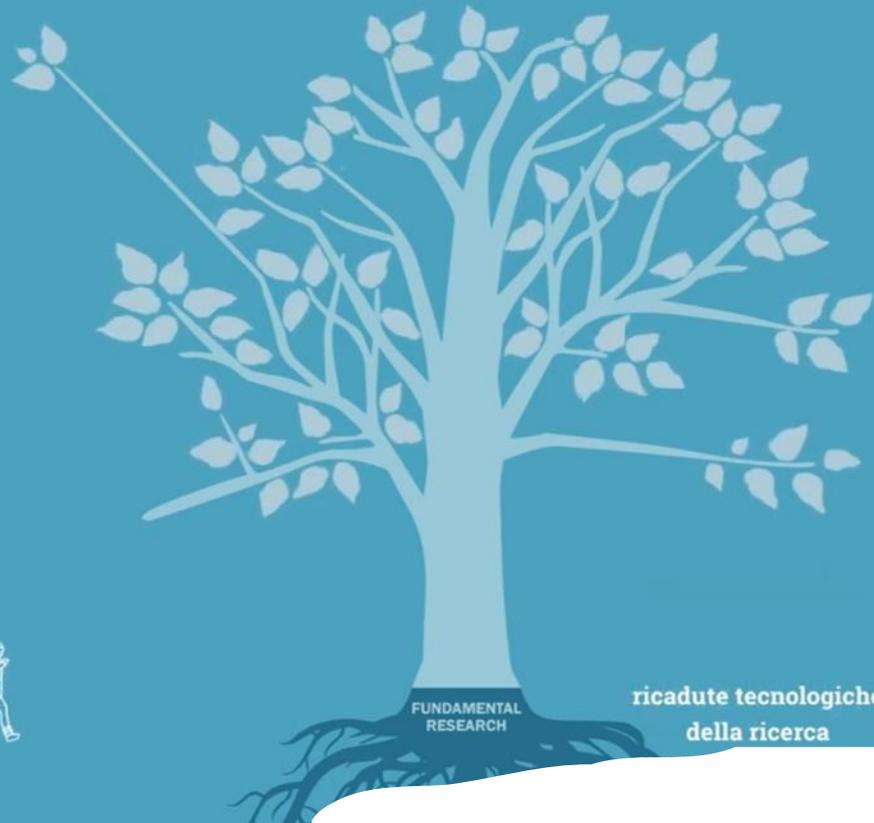
Archiviazione: 2 PB
Elaborazione: 2500 core

Machine Learning

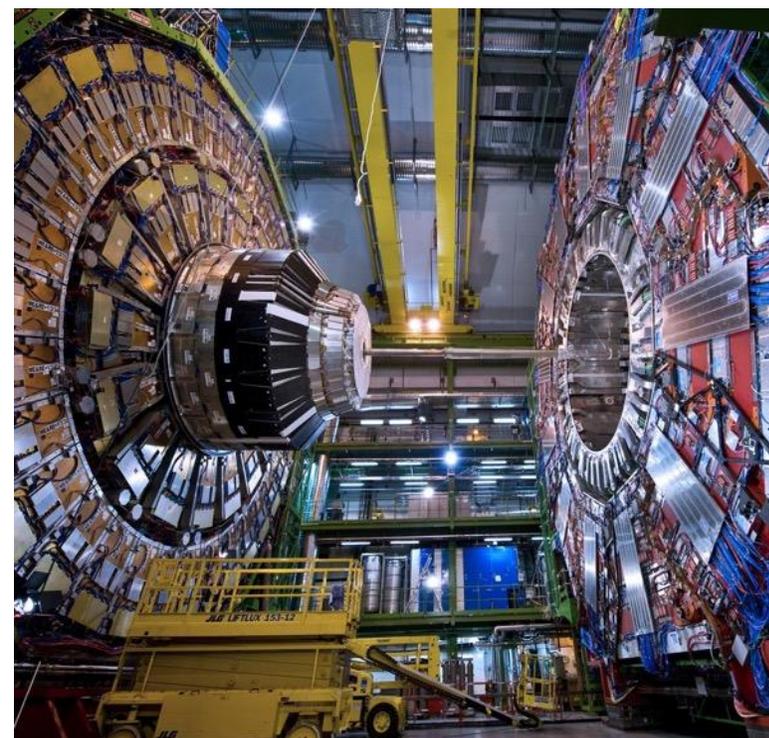
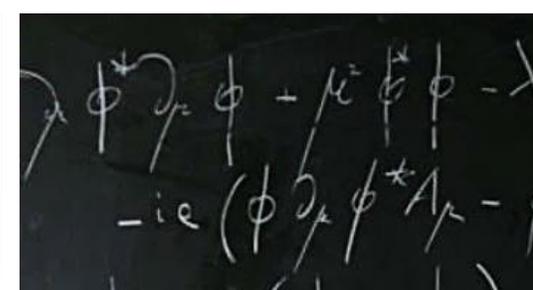
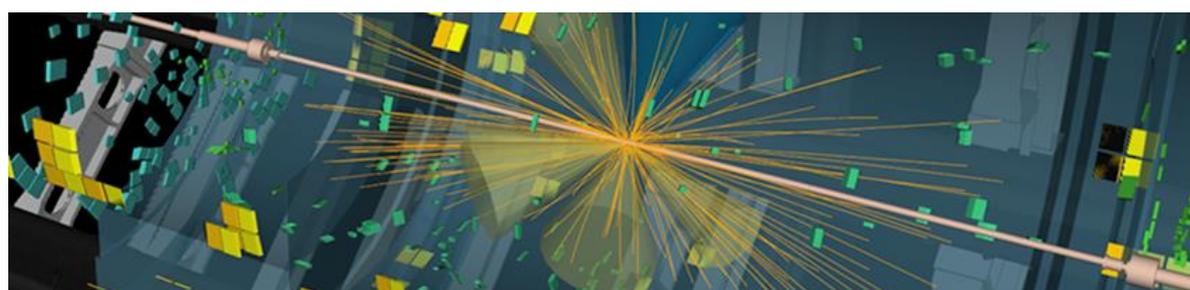
- Deep neural networks per classificazione di dati sperimentali
- Quantum Computing: comprendere quali ricerche potranno beneficiare dell'uso di algoritmi quantistici. In particolare, Quantum Machine Learning
- Fisica Applicata (imaging, medicina, beni culturali)




**Il Trasferimento
Tecnologico**
porta le tecnologie
dell'INFN
nell'industria
e nella società



L'INFN vuole continuare a svolgere un **ruolo primario** nelle **sfide** scientifiche e tecnologiche del futuro, in campo nazionale e internazionale



L'INFN vuole continuare a svolgere un **ruolo primario** nelle **sfide** scientifiche e tecnologiche del futuro, in campo nazionale e internazionale

Per fare questo

conta su di voi giovani

studenti di oggi – in particolare fisici e ingegneri – e

futuri scienziati

per scrivere i nuovi capitoli
sullo studio del nostro Universo

Il nostro futuro siete voi!

