

LIBRETTO INFORMATIVO

Viaggio di Studio ai Laboratori Nazionali dell'INFN

***Un'occasione per conoscere l'Istituto
Nazionale di Fisica Nucleare***

9 – 10 febbraio 2018



*Organizzato da:
Massimo Casarsa, Francesco Longo, Erica Novacco*

Web: <http://viaggiolabinfnt.s.infn.it/>

Indice

Introduzione

1. L'INFN – Storia, Struttura ed organizzazione

- a. INFN, Sezione di Trieste
- b. Laboratori Nazionali dell'INFN

2. Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL)

- a. Fisica del nucleo
- b. Radiofarmaci
- c. Radiobiologia
- d. Superconduttività

3. Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS)

- a. Raggi cosmici
- b. Materia oscura
- c. Neutrini
- d. Radioattività

4. Il Viaggio

- a. Composizione del Gruppo
- b. Programma di viaggio
 - i. Venerdì 9 febbraio 2018
 - ii. Sabato 10 febbraio 2018

5. Contatti

- a. Organizzatori – accompagnatori
- b. Guide e relatori
- c. Referenti degli studenti
- d. Indirizzi utili

6. Informazioni pratiche

- a. Notizie utili
- b. Pasti
- c. Pernottamento

7. I nostri Sponsor

- a. Consorzio per la Fisica di Trieste
- b. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (I.N.F.N.)
- c. Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste

8. Curatori del libretto

Introduzione

Questo viaggio di studio e formazione presso i laboratori nazionali dell'INFN è pensato per offrire agli studenti che stanno frequentando il secondo anno del corso di laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Trieste, un ampliamento delle loro prospettive culturali attraverso la visita a laboratori di frontiera. Ciò in armonia con una componente essenziale della missione dell'INFN e con un'istanza fondamentale per noi tutti: la diffusione della conoscenza nell'ambito delle scienze fisiche.

Questo libretto intende contribuire al successo del viaggio che abbiamo organizzato per voi, fornendovi il materiale informativo necessario: da un affresco dei Laboratori INFN, con uno sguardo ai relativi temi ed attività scientifica svolta, ad alcune informazioni pratiche.

Per il materiale scientifico di questo libretto si è fatto ampio uso del materiale illustrativo e divulgativo dei laboratori INFN di Legnaro e del Gran Sasso.

Hanno collaborato a questa ottava edizione del viaggio di studio il dott. Massimo Casarsa (INFN, Trieste) e il prof. Francesco Longo (Università degli Studi di Trieste) per l'accompagnamento; la signora Daniela Kovacich (Università degli Studi di Trieste) per gli aspetti amministrativi e la signora Erica Novacco (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Trieste) il cui contributo è stato rilevante in ogni fase dell'organizzazione.

Anche questa edizione è organizzata dalla Sezione INFN di Trieste in collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste e grazie al contributo finanziario del Consorzio per la Fisica di Trieste.

1. INFN

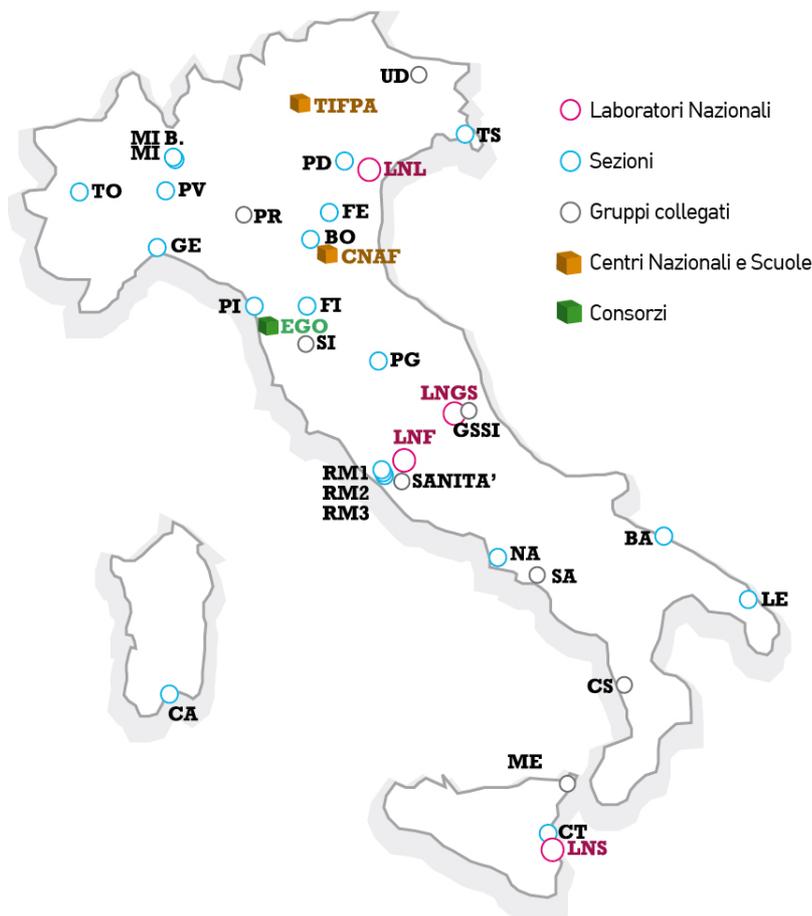
L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) è l'Ente pubblico che promuove, coordina ed effettua ricerche sperimentali e teoriche nella fisica dei nuclei atomici, delle particelle elementari, delle astroparticelle e delle loro interazioni fondamentali.

L'INFN cura altresì gli sviluppi tecnologici necessari alle proprie ricerche ed il trasferimento delle tecnologie sviluppate ad applicazioni in altri settori quali il medicale e i beni culturali, nonché il mondo produttivo.

Fondato nel 1951, per iniziativa di fisici delle Università di Milano, Padova, Roma e Torino, che ponevano così le basi per sviluppare la tradizione scientifica di Enrico Fermi e della sua scuola. Di fatto, l'INFN realizza idealmente il progetto di Istituto di radioattività artificiale che Fermi aveva tentato invano di lanciare in Italia, con lo scopo di costruire gli acceleratori di particelle, i nuovi promettenti strumenti per lo studio della struttura microscopica della materia. In questa direzione si mosse l'INFN nel 1953, affidando a Giorgio Salvini la realizzazione di un progetto d'avanguardia, un elettrosincrotrone, a Frascati, dove così nacque il primo Laboratorio nazionale dell'Istituto.

Oggi l'INFN è diffuso su tutto il Paese, con 20 Sezioni e 11 Gruppi collegati, che testimoniano il profondo legame dell'Istituto con l'Università e i suoi giovani.

Accanto alle Sezioni, l'INFN ha **quattro Laboratori nazionali** dove si compiono ricerche di avanguardia nella Fisica fondamentale Nucleare e Subnucleare.



A questi si affiancano il Laboratorio Europeo EGO, in Toscana, per lo studio delle onde gravitazionali; il Centro Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo delle Tecnologie Informatiche e Telematiche (CNAF), a Bologna e il nuovo centro di Trento TIFPA (Trento Institute for Fundamental Physics and Application) dedicato alla ricerca in fisica fondamentale e alle sue applicazioni.

a. INFN, Sezione di Trieste

La Sezione INFN di Trieste, con sede presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste e propri laboratori presso il campus di Padriciano dell' Area di Ricerca, è il punto di riferimento per la ricerca in fisica nucleare, delle particelle e delle astroparticelle di tutto il Friuli-Venezia Giulia.

Infatti, oltre al proprio personale di ricerca, tecnico ed amministrativo, sono associati alle sue attività di ricerca docenti e ricercatori delle Università di Trieste (dove si trova la sede) ed Udine (dove è presente il Gruppo Collegato), della SISSA e dell'ICTP.

Ciò che caratterizza l'attività scientifica della Sezione sono:

- la capacità di realizzare dispositivi sperimentali di avanguardia possibili per le competenze del personale ricercatore con supporto di un laboratorio di elettronica e rivelatori di prim'ordine e di una attrezzata officina meccanica;
- importanti capacità di calcolo scientifico che si avvale di una computer farm aperta al mondo esterno con l'adozione di tecnologie GRID;
- un nutrito gruppo di fisici teorici, grazie alla presenza, oltre all'Università, di SISSA e ICTP.

Grazie all'ampio ventaglio di studi effettuati nell'ambito della Sezione, sono molti i giovani che completano la loro formazione partecipando alle attività di ricerca presenti: si tratta di post-doc (giovani ricercatori che hanno conseguito il dottorato di ricerca), ma anche di tanti laureandi e dottorandi che svolgono le loro tesi nell'ambito INFN Trieste.

b. Laboratori Nazionali dell'INFN

I 4 Laboratori Nazionali dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) che costituiscono l'ambiente ideale per lo sviluppo e la realizzazione di grandi complessi strumentali, a disposizione della comunità scientifica, non solo nazionale, sono:

- **I Laboratori Nazionali di Frascati** (Roma)
- **I laboratori Nazionali del Gran Sasso** (L'Aquila)
- **I laboratori Nazionali di Legnaro** (Padova)
- **I laboratori Nazionali del Sud** (Catania)

I laboratori Nazionali di Legnaro

La missione dei laboratori è la fisica nucleare, esplorata anche con il supporto di cinque macchine acceleratrici.

Qui inoltre si studiano futuri dispositivi per i reattori a **fusione nucleare**, cioè la possibilità di realizzare una nuova fonte di energia usando gli stessi meccanismi che fanno brillare le stelle.

A Legnaro infine è stato recentemente installata una nuova macchina acceleratrice che avrà interessanti applicazioni tra l'altro anche in **Medicina Nucleare**.

I laboratori Nazionali del Gran Sasso

Tre grandi sale sotto oltre mille metri di roccia, al riparo dai raggi cosmici. **Laboratori sotterranei** dove arriva un milione di volte meno radiazione cosmica rispetto alla superficie, per poter osservare eventi rari, cercare la **materia oscura** del Cosmo, capire i misteri dell'Universo.

I laboratori Nazionali di Frascati

Dove sono nati alcuni fra i primi acceleratori di particelle moderni, ospitano oggi un collisionatore elettrone-protrone (Dafne) e un Free Electron Laser (FEL: SPARC). A Frascati si fanno anche i test per futuri grandi acceleratori costruiti dalla comunità internazionale.

I laboratori del Sud

Il laboratorio è dedicato alla fisica nucleare ed è la base di appoggio per **esperimenti sottomarini** a caccia di neutrini, particelle leggerissime che arrivano direttamente dal centro della galassia.

Qui gli strumenti della ricerca servono anche per **curare i tumori**.

2. Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL)

I LNL, nati nel 1968 in seguito ad una convenzione tra l'INFN e l'Università degli Studi di Padova, si trovano a circa 8,5 Km dal centro di Padova, hanno un organico di 120 unità di personale e forniscono servizi di ricerca a una media annuale di 700 scienziati provenienti da centri di ricerca ed università di tutto il mondo.

I Laboratori hanno oggi una posizione trainante per quanto riguarda gli studi del mondo microscopico noti come "struttura e dinamica del nucleo atomico". Per studiare la struttura della materia e i limiti della stabilità nucleare si sottopone il nucleo a sollecitazioni estreme, che si raggiungono attraverso processi d'urto con i fasci prodotti da acceleratori. Presso i LNL sono attualmente operativi cinque acceleratori.

Negli ultimi anni si è inoltre consolidata una proficua collaborazione con il mondo della scuola organizzando seminari, mostre di divulgazione scientifica, visite guidate e stage per studenti delle scuole superiori, per coinvolgere i giovani e i docenti in progetti scientifici di conoscenza, approfondimento e realizzazione di esperienze in fisica generale e nucleare. L'obiettivo è di favorire la più capillare diffusione di una solida e critica cultura tecnico-scientifica, provvedendo nel contempo alla valorizzazione del patrimonio culturale dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

Il nucleo degli attuali Laboratori sorse nel 1960 come "Centro di Ricerche Nucleari della Regione Veneta" dell'Università di Padova attorno ad un acceleratore elettrostatico Van de Graaff CN con una tensione di 5,5 milioni di Volt (MV). Tale acceleratore costituiva a suo tempo il maggior strumento di ricerca nel campo della fisica dei nuclei atomici disponibile in Italia e venne messo a disposizione di tutti i gruppi italiani del settore. Il ruolo nazionale del Laboratorio portò nel luglio 1968 al suo inserimento nell'INFN quale Laboratorio Nazionale, in seguito ad una convenzione fra l'INFN e l'Università di Padova.

Nel 1971 è entrato in funzione l'acceleratore elettrostatico Van de Graaff AN2000 da 2,5 MV, particolarmente adatto a ricerche di fisica applicata (biofisica, fisica medica, fisica dello stato solido, fisica dell'ambiente, ecc.) attuate con fasci di ioni leggeri. L'INFN decise poi di sviluppare le attività di fisica nucleare con ioni pesanti: venne installato un acceleratore TANDEM XTU da 16 MV, che è in piena attività dall'inizio del 1982. L'acceleratore fornisce fasci di ioni di molte specie nucleari, sino alle masse più pesanti (dal carbonio allo iodio) con un'energia di 3-4 MeV per nucleone, per studi riguardanti varie linee di ricerca sulle interazioni, sulle proprietà dei nuclei atomici e delle loro reazioni.

Un ulteriore passo avanti è dovuto all'entrata in funzione, nel 1994, dell'acceleratore lineare per ioni pesanti ALPI, a cavità risonanti superconduttive. ALPI è in grado di accelerare fasci di ioni fino alle masse più pesanti con energie comprese tra 5 e 20 milioni di elettronvolt (MeV) per nucleone. Dal 2005 ALPI è dotato di un iniettore superconduttivo di tipo RFQ, quadrupolo a radiofrequenza. Questo acceleratore, denominato PIAVE, è il primo acceleratore superconduttivo con queste caratteristiche.

Lo sviluppo dell'acceleratore PIAVE-ALPI ha permesso ai Laboratori di acquisire competenze avanzate nell'ambito delle tecnologie criogeniche, della superconduttività e della radiofrequenza applicata a strutture acceleranti. Queste competenze vengono applicate nei nuovi progetti che riguardano principalmente lo sviluppo e la costruzione di

nuovi acceleratori lineari ad alta intensità per applicazioni che vanno dalla fisica nucleare di base alle applicazioni nel campo della produzione dell'energia e delle nuove tecniche per la lotta ai tumori.

Nel 1996 è diventata operativa l'antenna supercriogenica AURIGA per lo studio delle onde gravitazionali e, nel 1998, l'esperimento PVLAS per ricerche sul vuoto quantistico, ampliando gli interessi scientifici dei Laboratori anche allo studio di importanti problemi della struttura fondamentale della materia, esperimenti entrambi ormai chiusi.

Il futuro dei laboratori è il progetto SPES. la sigla di "Selective Production of Exotic Species"(Produzione Selettiva di Specie Esotiche). Il progetto SPES, inaugurato nel 2016, è dedicato alla ricerca di base in fisica nucleare e alle applicazioni interdisciplinari, spaziando dalla produzione di radionuclidi di interesse medico alla generazione di neutroni per studi di materiali, tecnologie nucleari e medicina.

Analogamente al quadrifoglio, simbolo di SPES, si prevedono quattro fasi:

SPES-alpha: già approvato e finanziato dall'INFN, include l'acquisizione, l'installazione e la messa in opera di un ciclotrone con alta corrente in uscita (fino a 0.7 mA) ed alta energia (fino a 70 MeV), assieme alla relativa infrastruttura per il ciclotrone e alle stazioni sperimentali.

Il ciclotrone sarà dotato di due porte di uscita, una configurazione molto adatta per la doppia missione del laboratorio: ricerca di base e applicazioni tecnologiche. Uno dei due fasci sarà dedicato alla struttura ISOL; il secondo sarà dedicato alla fisica applicata. Dalla collisione di protoni su un bersaglio UCX, il ciclotrone produrrà ioni ricchi di neutroni radioattivi.

Il ciclotrone e' stato inaugurato nel 2016.

SPES-beta: nuclei ricchi di neutroni saranno accelerati contro bersagli adeguati. Nelle collisioni, saranno prodotti nuovi nuclei estremamente ricchi di neutroni, simili a quelli generati nelle fasi stellari avanzate e non presenti sulla Terra a causa della loro breve vita. L'indagine su tali sistemi è una nuova frontiera della fisica per estendere la nostra conoscenza dei nuclei in condizioni estreme e per fornire informazioni di base per lo studio dell'evoluzione stellare. SPES-beta è stato approvato e parzialmente finanziato dal Governo italiano come progetto premiale dei LNL.

SPES-gamma riguarda la produzione di radionuclidi di interesse medicale utilizzando il ciclotrone SPES-alfa. L'obiettivo è la produzione di radiofarmaci innovativi (ad esempio quelli basati su Sr-82/Rb-82 e Ga-68/Ge-68) così come la produzione di radionuclidi convenzionali con nuovi approcci basati sugli acceleratori. A questo riguardo lo stato metastabile del tecnezio-99 (Tc99-m) è di particolare interesse. Questa fase di SPES è stata finanziata dal governo come progetto premiale LARAMED.

SPES-delta: prevede lo sviluppo di un acceleratore lineare ad alta intensità basato sulla tecnologia di radiofrequenza a quadrupolo (RFQ). Seguendo tale strada, si possono raggiungere correnti di fascio fino a 30 mA all'energia di 5 MeV. Questo acceleratore può produrre una sorgente di neutroni estremamente intensa, utilizzabile per l'astrofisica nucleare, la caratterizzazione dei rifiuti nucleari, o il trattamento sperimentale dei tumori per mezzo della terapia basata sulla cattura neutronica da parte del boro (BNCT). Per lo sviluppo di questo approccio, è stato siglato un accordo fra SOGIN, Università degli Studi di Pavia e INFN e il progetto MUNES (MULTidisciplinary NEutron Source) è stato finanziato dal Governo italiano.

a. Fisica del nucleo

Nell'ultimo secolo la conoscenza della natura ha fatto enormi progressi. Penetrando sempre più profondamente nel cuore della materia si sono via via scoperti nuove strutture e nuovi mondi: i cristalli, le molecole, gli atomi, i loro nuclei, i nucleoni (neutroni e protoni), i quark.

L'universo dei nuclei atomici impressiona per l'incredibile ricchezza di forme e di fenomeni con cui si presenta, per la complessità che le strutture nucleari possono assumere e per l'inesauribile varietà di nuove proprietà che si incontrano studiando la materia nucleare in condizioni nuove.

La fisica del nucleo, oggi più che mai, si trova ad affrontare una grande quantità di problemi. Sono emersi nuovi e diversi modi di eccitazione dei nuclei, compaiono nuove simmetrie e da risultati sperimentali si presentano fenomeni nuovi ed inattesi. Nonostante i recenti rapidi progressi, le nostre ricerche sono ancora limitate a basse eccitazioni nucleari ed a densità normali e ci stiamo solo affacciando a situazioni caratterizzate da maggiori temperature ed alte densità che possono illuminare i punti ancora oscuri delle interazioni e delle strutture nucleari.

Un'altra sfida sperimentale della fisica del nucleo è diretta all'effettuazione di misure con altissima precisione per distinguere con sicurezza effetti e proprietà differenti e poter così discriminare tra modelli e teorie concorrenti.

b. Radiofarmaci

Un **radiofarmaco** è medicinale in uso in medicina nucleare che include uno o più radionuclidi (isotopi radioattivi) incorporati a scopo sanitario. Si tratta di sostanze chimiche che hanno la proprietà di interagire specificamente con il sistema biologico ma che, inoltre, una volta iniettati in vivo, possono essere costantemente seguiti dall'esterno, durante il loro specifico percorso biologico, per mezzo di strumentazioni costruite ad hoc. La strumentazione di rilevazione dell'attività consente di costruire una serie di immagini raccolte in tempi successivi che individuano la distribuzione del radiofarmaco nel corpo e ne evidenziano il progredire del metabolismo. In questo modo è possibile avere indicazioni, non solo morfologiche di organi ed apparati, ma soprattutto informazioni sulla loro funzionalità. I dati raccolti dall'osservazione dell'immagine sono utilizzati per eseguire una diagnosi clinica. Per tale motivo i radiofarmaci di questo tipo sono radiodiagnostici. È pertanto facilmente comprensibile che l'informazione clinica che si ottiene dall'analisi delle immagini scintigrafiche dipenda sostanzialmente dalle proprietà biologiche che il radiofarmaco possiede una volta iniettato in vivo. Se il radiofarmaco ha la proprietà di fissarsi specificatamente nelle cellule tumorali esso diventa anche radioterapeutico. Basta infatti utilizzare nella 'marcatura' un radionuclide che emetta radiazioni adatte alla distruzione delle cellule tumorali, perché il radiofarmaco affine ad esse, iniettato in vivo, trasporti l'agente terapeutico specificatamente nella zona di azione.

c. Radiobiologia

Presso i Laboratori Nazionali di Legnaro vengono svolti studi sugli effetti biologici di diversi tipi di radiazioni su organismi viventi. Cellule di mammifero coltivate "in vitro" vengono impiegate come modello sperimentale ed irradiate in aria con particelle cariche, neutroni, raggi gamma e raggi-X prodotti dagli acceleratori dei Laboratori.

Le radiazioni interagiscono con la materia vivente provocando la rottura delle macromolecole biologiche (DNA) e la conseguente perdita delle loro funzioni. I danni prodotti dalle radiazioni si possono manifestare come alterazione di una o più attività cellulari (mutazioni genetiche) oppure, se particolarmente estesi, possono portare alla morte della cellula.

Nel Laboratorio di radiobiologia di Legnaro si studiano, tra gli effetti biologici causati dalle radiazioni, l'induzione della morte (inattivazione) cellulare, le mutazioni genetiche, le rotture del DNA singole e doppie.

Tali studi permettono di ottenere informazioni dettagliate per la comprensione dei meccanismi biofisici responsabili dei danni molecolari e cellulari causati dall'interazione della radiazione ionizzante con la materia biologica.

Questi risultati sono estremamente utili per le applicazioni nella radioterapia (trattamento dei tumori con metodiche non convenzionali) e nella radioprotezione.

Ogni tipo di radiazione ionizzante ha degli effetti biologici specifici e nei Laboratori Nazionali di Legnaro si stanno studiando in modo sistematico, utilizzando il Tandem XTU, le interazioni di specie nucleari differenti con colture di cellule di mammiferi, in vista dell'impiego in radioterapia di fasci di particelle cariche.

La modalità di deposizione di energia nei sistemi biologici da parte di particelle ionizzanti dipende sia dal tipo di particella, sia dalla carica elettrica e dalla velocità: è pertanto fondamentale conoscere in dettaglio tutte le possibilità, in modo che si possano ottimizzare dei fasci di particelle a scopo terapeutico per renderli efficaci e selettivi.

d. Superconduttività

La ricerca in fisica del nucleo ha svolto un ruolo cruciale nello sviluppo delle applicazioni industriali della superconduttività, in quanto tale tecnologia è stata innanzitutto impiegata in grandi apparati di ricerca, che ne hanno dimostrato l'effettiva utilizzabilità.

La superconduttività è particolarmente attraente per strumentazione nucleare perché permette di concentrare enorme potenza elettromagnetica in impianti compatti, di ridurre drasticamente le dimensioni degli acceleratori e di risparmiare notevolmente sul loro costo di realizzazione e di esercizio.

Applicazioni specifiche sono i magneti per gli apparati di rivelazione e misura delle reazioni nucleari, i ciclotroni di concezione più avanzata gli anelli magnetici dei sincrotroni e le cavità risonanti superconduttrici per fornire energia ai fasci di particelle.

Quest'ultima applicazione trova ampio utilizzo in ALPI, che impiega appunto cavità risonanti superconduttrici di vario tipo, ottimizzate alla velocità degli ioni nelle varie zone dell'acceleratore. I Laboratori di Legnaro per progettare e realizzare le cavità di ALPI hanno creato dei laboratori di ricerca e sviluppo in superconduttività e in criogenia, acquisendo preziose competenze in questi settori di punta, anche per le applicazioni industriali.

3. Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS)

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), uno dei quattro laboratori dell' INFN, sono i più grandi laboratori sotterranei del mondo in cui si realizzano esperimenti di fisica delle particelle, astrofisica delle particelle e astrofisica nucleare.

Situati tra le città di L'Aquila e Teramo, a circa 120 km da Roma, i Laboratori sono utilizzati come struttura a livello mondiale da scienziati provenienti da 22 paesi diversi; attualmente ne sono presenti circa 750 impegnati in circa 15 esperimenti in diverse fasi di realizzazione.

Le strutture sotterranee sono collocate su un lato di un tunnel autostradale lungo 10 chilometri che attraversa il Gran Sasso, direzione Roma, e consistono di tre grandi sale sperimentali, ognuna delle quali misura circa 100 m. di lunghezza, 20 m. di larghezza e 18 m. di altezza e tunnel di servizio, per un volume totale di circa 180,000 metri cubi.

I 1400 m. di roccia che sovrastano i Laboratori costituiscono una copertura tale da ridurre il flusso dei raggi cosmici di un fattore un milione; inoltre, il flusso di neutroni è migliaia di volte inferiore rispetto alla superficie grazie alla minima percentuale di Uranio e Torio presente nella roccia di tipo dolomitico che costituisce la montagna.

Il centro Direzionale e le strutture di supporto, quali uffici, servizi vari, biblioteca e mensa, sono locati nei laboratori esterni.

Compito dei Laboratori del Gran Sasso è di ospitare esperimenti nel campo dell' astrofisica nucleare e fisica delle particelle che necessitano di un ambiente a bassa radioattività naturale nonché di altre discipline che possono trarre vantaggio dalle sue caratteristiche ed infrastrutture.

Principali argomenti di ricerca dell'attuale programma sono: la fisica dei neutrini naturalmente prodotti nel Sole e in esplosioni di Supernova, e lo studio delle oscillazioni del neutrino attraverso un fascio di neutrini provenienti dal CERN (programma CNGS), la ricerca della massa del neutrino in decadimenti doppio β senza emissione di neutrini, la ricerca sulla materia oscura e lo studio di reazioni nucleari di interesse astrofisico.

Sia la struttura esterna che quella sotterranea dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso rientrano nell'ambito del **Parco Nazionale del Gran Sasso e dei Monti della Laga** (<http://www.gransassolagapark.it/>)

a. Raggi cosmici

La Terra è continuamente bombardata da particelle provenienti da ogni direzione che si muovono a velocità vicine a quella della luce: i raggi cosmici.

I raggi che raggiungono lo strato esterno della nostra atmosfera sono chiamati **raggi cosmici primari**, e si tratta per lo più di protoni di alta energia (circa il 90%) e poi di elettroni, di nuclei di vari elementi e di fotoni.

Quando le particelle di alta energia provenienti dal cosmo urtano le molecole dell'atmosfera, vanno incontro a una serie di reazioni in seguito alle quali vengono prodotte altre particelle di alta energia chiamate raggi cosmici secondari. Questi a loro volta si propagano e interagendo di nuovo producono altri raggi cosmici in un processo a catena che genera un vero e proprio sciame di particelle che ci colpisce alla frequenza di circa 4000 particelle al minuto.

Ma da dove vengono con esattezza i raggi cosmici? In realtà non lo sappiamo, perché la quasi totalità di essi ha una carica elettrica e dunque il loro percorso è deviato dai campi magnetici galattici e dal campo magnetico terrestre. Di conseguenza è molto difficile risalire al punto che li ha originati. Le sorgenti più probabili dei raggi cosmici sono però le stelle e gli eventi più catastrofici dell'Universo, come le esplosioni di supernovae. Scoprire i segreti dei raggi cosmici ci permetterà di entrare in possesso di nuove e preziose informazioni su aspetti ancora sconosciuti della natura del nostro universo.

b. Materia oscura

Che cos'è la Materia Oscura ?

La Materia Oscura è profondamente legata ai grandi progressi fatti in Cosmologia, la branca della Fisica che studia la nascita e l'evoluzione del nostro Universo. Fino alla prima metà del 1900 si credeva che la quasi totalità della massa dell'Universo risiedesse nelle stelle; oggi invece sappiamo che queste costituiscono soltanto una percentuale irrisoria della materia cosmica (circa il 4%). La restante parte della massa dell'Universo non è visibile e a tale massa mancante si dà appunto il nome di Materia Oscura.

Gli scienziati, inoltre, pensano che accanto alla Materia Oscura esista una particolare forma di energia (nota come Energia Oscura), la quale, secondo il principio di equivalenza di Einstein fra energia e materia ($E = mc^2$), è in grado di dar conto della maggior parte della massa dell'Universo.

Quali sono le osservazioni sperimentali che hanno portato alla formulazione del problema della Materia Oscura?

Sono state le osservazioni di stelle, galassie e ammassi di galassie da parte di astronomi e astrofisici a far nascere l'idea che l'Universo avesse molta più massa di quella visibile.

Di cosa è fatta la Materia Oscura?

La natura della materia oscura è ancora sconosciuta. Essa può avere varie componenti: una di tipo barionico (materia "ordinaria", cioè fatta da atomi) e una, più "esotica", di tipo non barionico.

La componente barionica, costituita da oggetti massicci ma non luminosi, può essere costituita da pianeti, nane bianche (stelle che hanno finito di bruciare), nane brune (stelle che non hanno mai cominciato a bruciare), stelle di neutroni e buchi neri.

Questi oggetti vanno sotto il nome di MACHOs (Massive Astrophysical Compact Halo Objects = Oggetti astrofisici massicci e compatti di alone) ed emettono per loro natura una quantità di luce troppo scarsa per poter essere rivelati.

La Materia Oscura non barionica, che prima abbiamo chiamato "esotica", non è costituita da oggetti compatti ma da particelle. Queste particelle, note con il nome di WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles = particelle massive debolmente interagenti), sono molto massive (100 volte più pesanti di un protone o più), ma interagiscono pochissimo con la materia, ancor meno dei neutrini.

E l'Energia Oscura?

La cosiddetta "Energia Oscura" (Dark Energy, DE) rappresenta la componente più rilevante del nostro Universo. Secondo le più recenti osservazioni sperimentali, essa sembra costituire il 70% della densità dell'Universo.

La particolarità dell'energia oscura è che essa agisce come una gravità negativa, ovvero tende a far espandere l'Universo e si contrappone alla decelerazione dovuta all'attrazione gravitazionale della materia ordinaria e della materia oscura.

Quello dell'Energia Oscura è un campo ancora molto poco chiaro ma allo stesso tempo affascinante e studiato da un gran numero di cosmologi. Osservazioni sperimentali possono essere eseguite in maniera indiretta per determinare la concentrazione di Energia Oscura: la sua esistenza infatti, determinerebbe una accelerazione nell'espansione dell'Universo che può essere rivelata osservando sorgenti di luce molto intense e molto distanti dalla Terra, come le supernovae lontane.

Come si rivela la Materia Oscura?

La rivelazione della Materia Oscura non barionica, cioè sotto forma di particelle (WIMPs) è estremamente difficile a causa della loro debolissima interazione con la materia.

Per poter rivelare la presenza di una particella WIMP è necessario che essa interagisca in qualche modo con il nostro strumento di misura, dando un segnale. Purtroppo queste interazioni sono molto rare (ancora più rare delle interazioni dei neutrini). Per di più il segnale che otteniamo è difficilmente distinguibile da quello di altre particelle (elettroni, fotoni e soprattutto neutrini).

Esiste però un modo di rivelare le particelle WIMP basato sul cosiddetto effetto di "modulazione annuale". Le WIMPs che si trovano nell'alone galattico investono la Terra con un flusso maggiore in estate (quando la velocità di rivoluzione della Terra si somma a quella del sistema solare nella galassia) e minore in inverno (quando le due velocità sono in direzioni opposte). Ci aspettiamo, quindi, che il numero di segnali di WIMP che contiamo sia massimo in estate (giugno) e minimo in inverno (dicembre). Su questo metodo di rivelazione si basano gli esperimenti dei LNGS DAMA/LIBRA, unici al mondo in grado di osservare questa modulazione.

c. Neutrini

Cosa sono i neutrini?

I neutrini sono le particelle più elusive finora scoperte. Il loro studio ci dà importantissime informazioni in molti campi della fisica: dalla struttura della materia alla struttura stellare, alla cosmologia.

I neutrini sono particelle prive di carica elettrica e con una massa estremamente piccola (che non si è ancora riusciti a misurare). I neutrini interagiscono molto raramente con la materia; possono infatti attraversare praticamente indisturbati enormi spessori di materia.

Si conoscono tre (o "sapori" o "famiglie") di neutrini detti neutrino elettronico, neutrino muonico e neutrino tau e indicati coi simboli ν_e , ν_μ , ν_τ che tuttavia, oggi abbiamo forti evidenze di un fenomeno interessantissimo chiamato "oscillazioni di sapore" per cui in certe condizioni un neutrino inizialmente con un certo sapore lungo la sua propagazione.

Come nascono i neutrini?

In ogni secondo ogni oggetto sulla Terra (compresi noi stessi) è attraversato da molti miliardi di neutrini; tuttavia quasi nessuno di questi neutrini viene catturato: per dare un'idea in media soltanto un neutrino all'anno interagisce con il corpo di una persona!

Le sorgenti di neutrini sono molteplici. Muoviamoci dalle sorgenti più vicine a quelle più lontane:

- Neutrini terrestri dovuti alla radioattività naturale di minerali terrestri
- Neutrini atmosferici prodotti dai raggi cosmici che bombardano l'atmosfera
- Neutrini solari prodotti dalle reazioni di fusione sul sole
- Neutrini da esplosioni di supernovae
- Neutrini fossili prodotti durante il Big-Bang

I neutrini possono anche essere prodotti artificialmente dall'uomo; tra le sorgenti artificiali di neutrini citiamo:

- 1) Neutrini da acceleratori di particelle: ai LNGS si rivelano quelli prodotti al CERN.
- 2) Neutrini da reattori nucleari prodotti dalle reazioni di fissione nucleare che avvengono all'interno di un reattore nucleare.

Come si rivelano i neutrini?

Abbiamo detto che i neutrini sono particelle che interagiscono molto difficilmente con la materia, tanto che la stessa Terra è praticamente trasparente per un neutrino. Di conseguenza è facile capire che la rivelazione (o cattura) è estremamente difficile.

Data la rarità delle interazioni, occorre costruire rivelatori con una massa molto grande, dell'ordine di molte tonnellate e porsi in un ambiente in cui solo i neutrini possano giungere, i disturbi dovuti alla presenza di flussi di altre particelle possono essere limitati: i LNGS, sotterranei, sono l'ambiente ideale.

d. Radioattività

Cos'è la Radioattività?

La radioattività è il fenomeno per cui alcuni nuclei, non stabili, si trasformano in altri emettendo particelle. L'uomo è esposto alla radioattività fin dal momento della sua apparizione sulla Terra. La radioattività è antica quanto l'Universo ed è presente ovunque: nelle Stelle, nella Terra e nei nostri stessi corpi.

La scoperta della radioattività avvenne alla fine dell'800 ad opera di Henry Becquerel e dei coniugi Pierre e Marie Curie, che ricevettero il Premio Nobel per la Fisica per le loro ricerche. Essi scoprirono che alcuni minerali, contenenti uranio e radio, avevano la proprietà di impressionare delle lastre fotografiche poste nelle loro vicinanze. Le lastre fotografiche, una volta sviluppate, presentavano delle macchie scure.

Per questa loro proprietà, elementi come l'uranio, il radio e il polonio vennero denominati "attivi" e il fenomeno di emissione di particelle venne detto radioattività.

Atomi, elementi chimici e isotopi

La materia che ci circonda (aria, acqua, terra, oggetti ed esseri viventi) è costituita da atomi, che a loro volta sono fatti da un nucleo estremamente piccolo, delle dimensioni di un femto (1 fm = un milione di miliardi di volte più piccolo di un metro) e di carica positiva, circondato da una nuvola di elettroni di carica negativa (Figura 2).

Il nucleo dell'atomo è costituito dai protoni, carichi positivamente, e dai neutroni, che sono invece privi di carica elettrica e perciò neutri (come dice il loro stesso nome). Il numero di protoni è uguale al numero di elettroni, così che l'atomo è elettricamente neutro.

La struttura dell'atomo (nucleo di protoni e neutroni ed elettroni orbitanti intorno al nucleo) è la stessa per tutti gli elementi chimici che conosciamo. Quello che cambia da un elemento all'altro è il numero dei protoni (e quindi degli elettroni) e dei neutroni che l'atomo contiene. Il numero totale di protoni nel nucleo viene chiamato "numero atomico" e si indica con la lettera Z. Esso determina di quale elemento chimico si tratta: così ad esempio l'elemento chimico con 8 protoni è l'ossigeno, quello con 26 protoni è il ferro, quello con 79 protoni è l'oro, quello con 92 protoni è l'uranio e così via.

La somma del numero dei protoni più il numero dei neutroni viene chiamato "numero di massa" e si indica con la lettera A. Mentre il numero di protoni di un elemento chimico è fisso (infatti abbiamo detto che questo numero, Z, caratterizza l'elemento), il numero di neutroni può essere variabile. In questo caso parliamo di "isotopi" di un elemento chimico. Ad esempio: il ferro presente in natura è costituito da 4 isotopi, tutti con 26 protoni ma con 28, 30, 31 e 32 neutroni rispettivamente. Gli isotopi sono identificati dal nome dell'elemento e dal numero di massa, che viene di solito riportato in alto a sinistra del simbolo dell'elemento chimico, per esempio l'isotopo del Carbonio con numero di massa 14 si indica con ^{14}C .

In natura esistono circa 90 elementi (dall'idrogeno, il più leggero, all'uranio, il più pesante) e circa 270 isotopi. Oltre agli isotopi da sempre presenti in natura (isotopi naturali), esistono oggi un gran numero di isotopi artificiali, cioè prodotti dall'uomo.

Cos'è un decadimento radioattivo?

Gli isotopi presenti in natura sono quasi tutti stabili. Tuttavia, alcuni isotopi naturali, e quasi tutti gli isotopi artificiali, presentano nuclei instabili, a causa di un eccesso di protoni e/o di neutroni. Tale instabilità provoca la trasformazione spontanea in altri

isotopi, e questa trasformazione si accompagna con l'emissione di particelle. Questi isotopi sono detti isotopi radioattivi, o anche radioisotopi, o anche radionuclidi.

La trasformazione di un atomo radioattivo porta alla produzione di un altro atomo, che può essere anch'esso radioattivo oppure stabile. Essa è chiamata disintegrazione o decadimento radioattivo.

Il tempo medio che occorre aspettare per avere tale trasformazione può essere estremamente breve o estremamente lungo può variare da frazioni di secondo a miliardi di anni. Il tempo caratteristico di un radioisotopo è il "tempo di dimezzamento", ovvero il tempo necessario affinché la metà degli atomi radioattivi inizialmente presenti subisca una trasformazione spontanea.

Esistono due tipi di decadimenti radioattivi, che si differenziano dal tipo di particella emessa a seguito del decadimento:

- **Decadimento alfa:** emissione di un nucleo di He (2 protoni e 2 neutroni)
- **Decadimento beta:** emissione di un elettrone (beta meno) o di un positrone (beta più).

Spesso ai decadimenti sono associate **emissioni di raggi gamma** (fotoni di alta energia).

Le particelle ed i fotoni emessi a seguito dei decadimenti vengono indicate con il termine generico di radiazioni.

Qual è l'origine della radioattività?

Come abbiamo detto, gli isotopi radioattivi possono avere origine naturale o artificiale.

I radioisotopi naturali hanno avuto origine al centro delle stelle, tramite reazioni nucleari o durante le esplosioni di Supernovae.

Altri nuclei radioattivi si sono formati in seguito alle interazioni dei raggi cosmici con alcuni elementi. Si parla allora di nuclei di origine cosmogenica.

I nuclei radioattivi artificiali sono stati creati in laboratorio o nei reattori nucleari.

La radioattività in natura

La radioattività è un fenomeno naturale: per questo motivo qualsiasi cosa sulla Terra, inclusi i nostri corpi, contiene una certa percentuale di elementi radioattivi.

La radioattività nell'aria è dovuta alla presenza del Radon (Rn). Questo elemento viene prodotto dal decadimento dell'uranio e del torio, che si trovano in moltissimi materiali, soprattutto nelle rocce. Essendo gassoso, il radon si diffonde nell'aria. In 1 m³ di aria in un edificio chiuso avvengono in media 30 decadimenti di radon al secondo.

Un altro protagonista della radioattività naturale è il Potassio-40, che è presente nel nostro corpo e in generale nella materia biologica, nei cibi, nella crosta terrestre e nell'acqua di mare. Per esempio, in un corpo umano si hanno circa 5000 decadimenti di ⁴⁰K al secondo. La radioattività, inoltre, è responsabile del calore interno della Terra.

Come si misura la radioattività?

L'unità di misura della radioattività è il becquerel (Bq). 1 Bq corrisponde a 1 disintegrazione al secondo. Poiché questa unità di misura è assai piccola, la radioattività si esprime molto spesso in multipli di Bq: il kilo-becquerel (kBq) = 10³ Bq, il Mega-becquerel (MBq) = 10⁶ Bq e il Gigabecquerel (GBq) = 10⁹ Bq.

L'unità di misura usata in precedenza era il Curie (Ci) definita come la quantità di radioattività presente in un grammo di radio. Questa unità è immensamente più grande

del Bq, perché in un grammo di radio avvengono 37 miliardi di disintegrazioni al secondo. Perciò: $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq} = 37 \text{ miliardi di Bq}$.

Quali sono gli effetti della radioattività?

Le radiazioni prodotte dai radioisotopi interagiscono con la materia con cui vengono a contatto, trasferendovi energia. Tale apporto di energia, negli organismi viventi, produce una ionizzazione delle molecole. La dose di energia assorbita dalla materia caratterizza questo trasferimento di energia. Gli effetti possono essere irrilevanti o più o meno dannosi, a seconda della dose di radiazioni ricevuta e del tipo di radiazioni.

L'unità di misura della dose assorbita dalla materia a seguito dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti è il Gray (Gy). 1 Gy corrisponde a una quantità di energia di 1 Joule (J) assorbita da 1 kilogrammo di materia. Per la misura delle dosi di radiazioni assorbite dall'uomo, o più precisamente per una misura degli effetti biologici dovuti alla dose di radiazioni assorbita, è stato introdotto il concetto di equivalente di dose, che tiene conto della dannosità più o meno grande, a parità di dose, dei vari tipi di radiazioni ionizzanti.

In questo caso, l'unità di misura è il Sievert (Sv). Di uso più comune è il sottomultiplo millisievert (mSv), pari a un millesimo di Sv. Ad esempio, una radiografia al torace comporta l'assorbimento di una dose di circa 0,14 mSv. La dose annualmente assorbita da ogni individuo per effetto della radioattività naturale varia, a seconda dalle località, tra 1 e 4 mSv. Si può assumere un valore medio di 2,4 mSv per anno.

4. Il viaggio

In questo quinto viaggio di studio visitiamo i Laboratori Nazionali INFN di Legnaro e del Gran Sasso.

a. Composizione del gruppo

Il gruppo in visita ai laboratori nazionali dell'INFN con questo viaggio di studio del 9 e 10 febbraio 2018 è composto da **37** studenti universitari iscritti al:

- Corso di Laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Trieste
- Corso di Laurea in Ingegneria presso l'Università degli Studi di Trieste

Il viaggio di studio e formazione presso i laboratori nazionali dell'INFN è pensato per offrire agli studenti che stanno frequentando il secondo anno del corso di laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Trieste, un ampliamento delle loro prospettive culturali attraverso la visita a laboratori di frontiera. I nominativi dei referenti sono riportati di seguito alla voce *Contatti*.

b. Programma di viaggio

Viaggio con pullman gran turismo a nolo.

Vettore utilizzato per il viaggio del 9 e 10 febbraio 2018:

By Bus Trieste di Fontanot Fabio & c. snc

via D'Alviano, 90 - 34144 Trieste (Italy)

tel/fax: 040 763415

autista: Fontanot cell.: 335 8383363 – 335 271717

i. Venerdì 9 febbraio 2018:

06:00 Appuntamento in piazza Oberdan (TS)

06:10 Partenza con pullman gran turismo da Trieste, piazza Oberdan

09:00 Arrivo ai Laboratori Nazionali di Legnaro (PD), **visita**.

A metà mattinata ci sarà un coffe break offerto dai LNL

Pranzo presso la mensa dei LNL (a carico dei partecipanti)

Quindi partenza dai LNL per Assergi (AQ): indicativamente per le 13:30

Lungo il tragitto seminari introduttivi sull'INFN (Francesco Longo) e sulla fisica delle astroparticelle (Francesco Longo)

In serata arrivo ad Assergi: assegnazione stanze, cena in albergo e pernottamento.

ii. Sabato 10 febbraio 2018:

09:00 Trasferimento ai LNGS

09:30 **Visita** LNGS

Quindi partenza con pullman granturismo dai LNGS per Trieste: indicativamente alle 13:00

Pranzo e cena lungo il percorso (a carico dei partecipanti)

23:00 circa Arrivo a Trieste

Il gruppo partirà da Trieste accompagnato dal Prof. F. Longo e rientrerà a Trieste accompagnato dal dott. Massimo Casarsa e dal prof. Francesco Longo

5. Contatti

a. Organizzatori - accompagnatori

Accompagnano il gruppo di studio e sono i referenti, nonché promotori ed organizzatori dell'iniziativa:

- **Massimo Casarsa**
I.N.F.N. - Sezione di Trieste
Padriciano, 99
Trieste (Italia)
e-mail: massimo.casarsa@ts.infn.it
Tel. n. 040 3756234, Fax n. 040 3756258
- **Francesco Longo**
Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste
Via Alfonso Valerio, 2
Trieste (Italia)
e-mail: francesco.longo@ts.infn.it
Tel. n. 040 5583381 – 040 3756222, Fax n. 040 5583350 - 040 3756258
- **Erica Novacco**
I.N.F.N. - Sezione di Trieste
Via Alfonso Valerio, 2
34127 Trieste (Italia)
e-mail: erica.novacco@ts.infn.it
Tel. n. 040 5583367, Fax n. 040 5583350

Il numero telefonico di riferimento nelle giornate di viaggio è: 338 9099581.

Guide e relatori

Ai Laboratori Nazionali di Legnaro:

Tommaso Marchi: è da pochi mesi ricercatore INFN presso i Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL). Dopo aver ottenuto il dottorato in Fisica presso l'Università di Padova nel 2013 è stato Marie Curie Fellow presso l'Università KU Leuven in Belgio. La sua attività di ricerca si focalizza sulla Fisica Nucleare Sperimentale, in particolare sullo studio delle Reazioni Nucleari con Ioni Pesanti e le proprietà di struttura dei Nuclei lontano dalla valle di stabilità. Dopo aver lavorato allo sviluppo di rivelatori per neutroni e di array di rivelatori per particelle cariche, negli ultimi anni si è dedicato allo sviluppo di rivelatori a bersaglio attivo da utilizzare presso gli acceleratori per fasci di ioni radioattivi come SPES ai LNL.

e-mail: tommaso.marchi@lnl.infn.it

Marco Siciliano: Ho conseguito la laurea magistrale in Fisica Nucleare (curriculum sperimentale) a Padova a ottobre 2013 con una tesi devota allo studio del fenomeno della coesistenza di forma nel nucleo ^{194}Po ; tale studio è relativo a un esperimento di tenutosi a JYFL (Jyvaskyla, Finlandia), dove ho trascorso 6 mesi lavorando con il gruppo di struttura nucleare locale. In seguito, grazie a una borsa di studio post-lauream bandita dal dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova, ho lavorato con il gruppo GAMMA dei Laboratori Nazionali di Legnaro e; in questo periodo, ho studiato la struttura dei nuclei lontani dalla stabilità vicini al ^{208}Pb occupandomi dell'analisi dati di un esperimento che ha interessato il dimostratore di AGATA e lo spettrometro magnetico PRISMA. Successivamente ho continuato i miei studi di struttura nucleare durante il dottorato (novembre 2014 - ottobre 2017). In particolare il mio progetto di dottorato consisteva nell'investigazione delle correlazioni di quadrupolo nei nuclei esotici prossimi alla chiusura di shell $N=Z=50$, investigata a GANIL (Caen, Francia) con l'utilizzo dell'array di rivelatori gamma AGATA e lo spettrometro magnetico VAMOS++; in aggiunta, sono responsabile dei rivelatori al germanio e dei soppressori anti-Compton BGO di GALILEO, array di rivelatori gamma presente a Legnaro. Ora sono assegnista presso i Laboratori Nazionali di Legnaro e, oltre a proseguire il mio lavoro con GALILEO durante la sua proficua campagna sperimentale, mi sto occupando del fenomeno della coesistenza di forma negli isotopi esotici 188-190Hg.

e-mail: marco.siciliano@lnl.infn.it

Ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso:

Vincenzo Caracciolo: responsabile locale del gruppo sperimentale DAMA presso il LNGS. Svolge attività di ricerca nel campo della fisica astroparticellare dei fenomeni rari, occupandosi prevalentemente dell'investigazione della componente particellare di materia oscura nell'alone galattico e dello studio del doppio decadimento beta. Sviluppa e prototipizza, inoltre, rivelatori a basso fondo intrinseco, principalmente scintillatori, per lo studio di fenomeni rari.

e-mail: vincenzo.caracciolo@lngs.infn.it

Simone Copello: Da circa un anno sono assegnista di ricerca presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso e lavoro per l'esperimento SABRE che si prefigge di rivelare materia oscura mediante l'osservazione del segnale di modulazione annua indotta da WIMP. SABRE utilizzerà, come tecnica di rivelazione, la scintillazione prodotta da alcuni cristalli di ioduro di sodio eccezionalmente radiopuri. Precedentemente, durante il dottorato conseguito all'Università degli Studi di Genova, ho lavorato all'esperimento CUORE, attualmente in fase di presa dati presso i laboratori. CUORE è un esperimento concepito per la rivelazione dell'ipotetico doppio decadimento beta senza neutrini e per farlo utilizza una matrice di cristalli di ossido di tellurio mantenuti alla temperatura di 10 mK. In entrambi gli esperimenti ho svolto svariati compiti quali l'analisi dei dati, lo sviluppo dei sistemi di acquisizione e l'assemblaggio dei rivelatori stessi.

e-mail: simone.copello@lngs.infn.it

Da Trieste:

Massimo Casarsa: Ricercatore dell'INFN che lavora da quindici anni nel campo della fisica delle particelle elementari con acceleratori adronici. Fino al 2011 ha partecipato all'esperimento CDF presso il Tevatron del Fermi National Accelerator Laboratory, dove coordinava le operazioni sul rivelatore ed era attivo nella ricerca del bosone di Higgs. Attualmente collabora all'esperimento CMS presso il Large Hadron Collider del CERN, dove si occupa dello sviluppo di un nuovo sistema di trigger per l'upgrade del

rivelatore. Da settembre 2017 è referente del direttore per la comunicazione scientifica della Sezione INFN di Trieste.

e-mail: massimo.casarsa@ts.infn.it

Francesco Longo: È professore associato in Fisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Trieste. È incaricato di ricerca presso la sezione di Trieste dell'INFN. Si occupa principalmente di astrofisica gamma delle alte energie partecipando agli esperimenti su satellite AGILE e Fermi/LAT e all'esperimento gamma da Terra MAGIC. Attualmente svolge il ruolo di coordinatore del gruppo di ricerca internazionale dell'esperimento MAGIC per lo studio dei fenomeni transienti. Fa parte inoltre della collaborazione che sta sviluppando il futuro array di telescopi gamma da Terra denominato CTA. Da molti anni partecipa allo sviluppo del toolkit di simulazione Geant4 per la descrizione dell'interazione radiazione-materia. Dall'anno accademico 2015-2016 è titolare del corso di Astrofisica Nucleare e Subnucleare per la Laurea Magistrale in Fisica e dall'anno accademico 2017-2018 titolare del corso di Elettromagnetismo per la Laurea Triennale in Fisica.

e-mail: francesco.longo@ts.infn.it

b. Referenti degli studenti

Matteo Anese

Laurea in Fisica, Università degli Studi di Trieste

e-mail: anese.matteo@gmail.com

Andrea Mecchina

Laurea in Fisica, Università degli Studi di Trieste

e-mail: andrea.mecchina@gmail.com

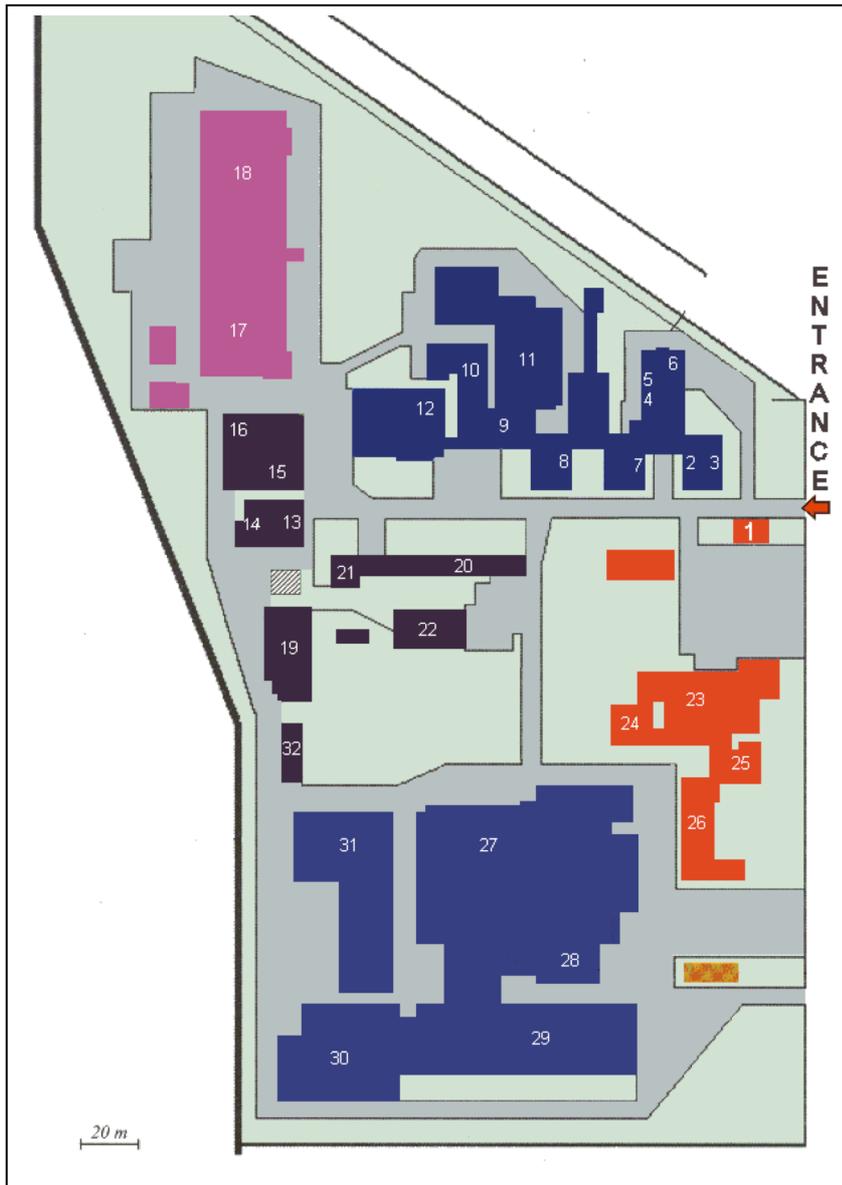
c. Indirizzi utili

INFN - Laboratori Nazionali di Legnaro

Viale dell'Università 2
35020 Legnaro (Padova)

Centralino +39 049 80 68 311

Fax: +39 049 641925



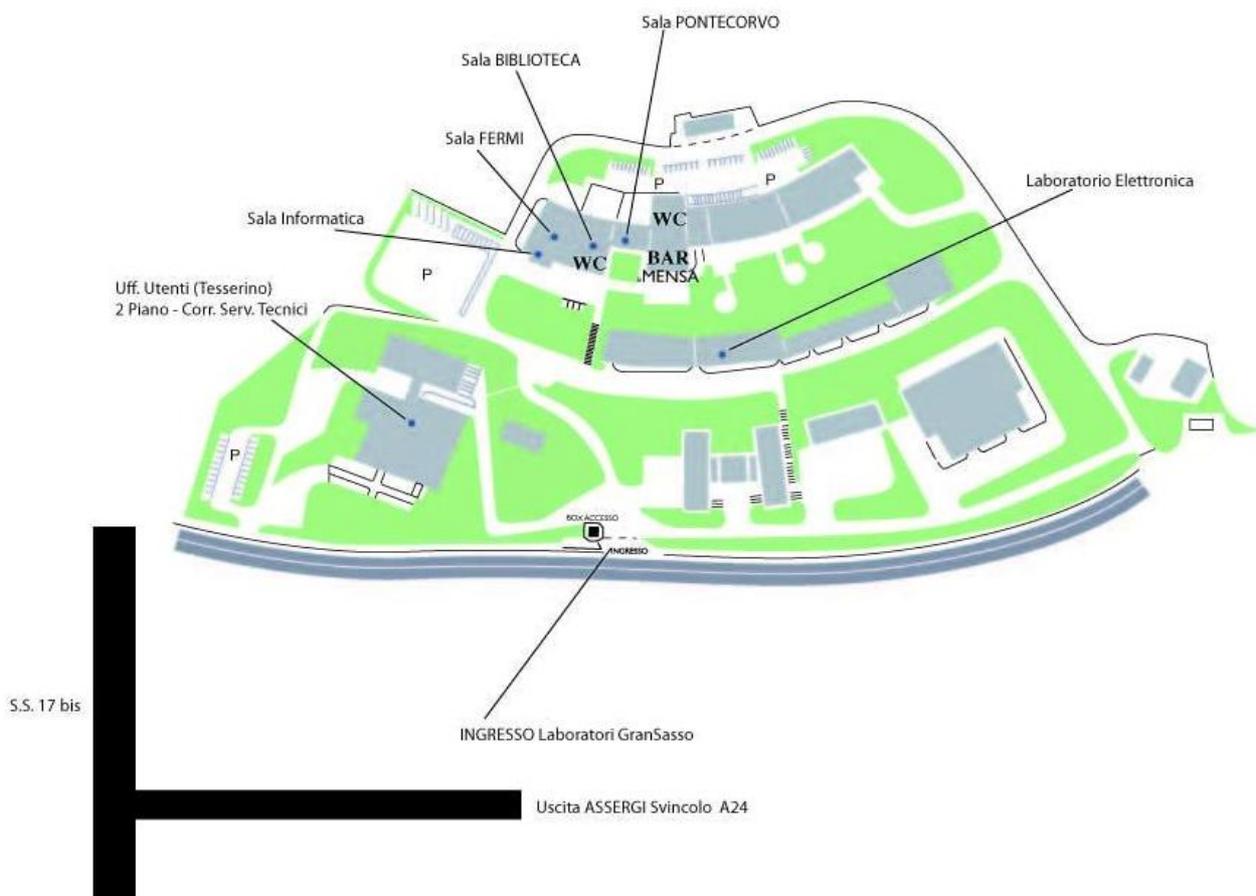
1. Guard building
2. User Reception
3. Library
4. Radioprotection Office
5. Radioactive Sources
6. General Store
7. Computing & Meetings Room
8. Electronics
9. Target Lab.
10. Alpi Lab.
11. Workshop
12. CN Accelerator
13. Environmental Physics Lab.
14. Ion Implantation Lab.
15. AN2000 Accelerator.
16. Material Physics Lab.
17. High Energy Building 1
18. High Energy Building 2
19. Gravitational Antenna
20. Technical Staff
- 21.
22. User building and +
- 23. Canteen**
- 24. Main Meeting room (Aula Villi)**
- 25. Cafeteria**
26. Guest House (II building)
27. Tandem (I and II Exp. Room)
28. Tandem (Laboratories)
29. Tandem (Accelerator Room)
30. III Experimental Room
31. Technical and Heating
32. Guest House(I building)

INFN - Laboratori Nazionali del Gran Sasso

S.S. 17 BIS km. 18.910
67010 Assergi (L'Aquila)

Tel.: +39 0862 4371
Fax: +39 0862 410795

LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO



6. Informazioni pratiche

a. Notizie utili

NOTA IMPORTANTE: Per le visite ai siti sperimentali indossare **scarpe chiuse e con tacco basso**

La **temperatura** nei laboratori sotterranei del Gran Sasso varia dai **7 °C ai 18 °C**, è consigliabile indossare **una giacca a vento e scarpe comode**.

b. Pasti

La cena della sera di arrivo all'albergo Fiordigigli verrà offerta dall'organizzazione.

I partecipanti al viaggio di studio sono tenuti a provvedere alle rimanenti spese per il vitto, ovvero, il pranzo di venerdì 9 febbraio presso la mensa aziendale dei Laboratori Nazionali di Legnaro, **il pranzo e la cena di sabato 10 febbraio** per i quali saranno previste alcune soste presso Autogrill durante il percorso di rientro dai LNGS a Trieste.

Il costo del pranzo completo presso la mensa aziendale dei Laboratori Nazionali di Legnaro è di € **8,13** (primo, secondo, contorno, dolce o frutta, pane, bevanda). È possibile anche scegliere una sola pietanza, o più, ai seguenti prezzi: primo piatto € 2,00; secondo piatto € 3,50; contorno € 1,00; frutta € 0,50; acqua € 1,00.

Si paga quello che si è preso direttamente alla cassa.

Il caffè non è incluso. Lo si può prendere presso la caffetteria dei Laboratori al costo di € 0,50 (macchiato o liscio) € 0,60 (decaffeinato).

c. Pernottamento

La notte del 9 febbraio 2018 pernosteremo presso:

Hotel Fiordigigli

Base Funivia del Gran Sasso
Loc. Fonte Cerreto,
67010 Assergi (AQ)

tel.: 0862 606171 / 2

fax: 0862 606674

e-mail: info@fiordigigli.com

La sistemazione prevista è in stanze triple o quaduple.

Il pernottamento presso l'albergo Fiordigigli è offerto dall'organizzazione.

7. I nostri sponsor

a. Consorzio per l'incremento degli studi e delle ricerche dei Dipartimenti di Fisica dell'Università di Trieste

Il Consorzio ha lo scopo di contribuire al potenziamento delle scienze fisiche dell'Università degli studi e delle altre istituzioni scientifiche di Trieste, con particolare riferimento ai programmi di attività svolti d'intesa con la scuola internazionale superiore di studi avanzati (SISSA), con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (I.N.F.N.), con il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), con il Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste dell'UNESCO/AIEA e con altri enti internazionali istituiti a Trieste.

Il Consorzio per la Fisica è stato costituito nel 1964 al fine di incrementare gli studi e le ricerche nei campi della fisica e di integrare i compiti del Governo italiano per la realizzazione del Centro Internazionale di Fisica Teorica (CIFT). In particolare il Consorzio negli oltre 35 anni di attività ha acquistato i terreni e realizzato per il CIFT gli edifici del comprensorio scientifico di Miramare-Grignano. Ha inaugurato nel 1968 l'Edificio centrale del Centro internazionale, poi raddoppiato nel 1990, ove ha anche sede la Sezione di Fisica teorica dell'Università. Ha quindi costruito per il CIFT l'Edificio polifunzionale "E. Fermi" destinato a uffici e depositi per il Centro stesso e consegnato nel 1997. Nel 1999 ha concluso i lavori di ristrutturazione della villetta adibita a Foresteria di Direzione del Centro Internazionale. In precedenza, nel 1981, il Consorzio era intervenuto nella Foresteria "Galilei", di proprietà dell'ATER, attrezzandola e arredandola, per destinarla ad uso del Centro internazionale. Ha pure permesso la costruzione della prima sede della Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), sede occupata fino al 2009.

Oltre alla intensa attività nel comprensorio di Miramare-Grignano, il Consorzio, quale socio fondatore, è intervenuto a favore dell'Area di Ricerca Scientifica e Tecnologica, assumendo nel 1981, e poi trasferendo all'AREA stessa, il primo contingente di personale, consentendo così l'avvio dell'istituzione. Inoltre ha finanziato nel 1983 il primo laboratorio di ricerca insediato nell'AREA stessa: il Laboratorio di Tecnologie Avanzate delle Superfici e Catalisi (TASC), poi passato al CNR. Il Consorzio si è anche fatto promotore e ha lanciato, nel 1980, un progetto di grande interesse nazionale e internazionale, poi inserito nel comprensorio dell'AREA, e precisamente la realizzazione a Trieste del Laboratorio di luce di Sincrotrone, iniziativa di altissima qualità scientifica. Numerosi sono stati gli interventi a favore dei Dipartimenti di fisica dell'Università, ponendo a loro disposizione apparecchiature speciali e di costo elevato; concedendo sovvenzioni ai laureati in attesa di sistemazione; organizzando simposi, congressi e collaborazioni scientifiche nazionali e internazionali, specie con i Paesi confinanti e dell'Est.

Dal 1999, il Consorzio ha promosso la nuova rilevante iniziativa del Collegio universitario per le Scienze Fisiche "L. Fonda", bandendo per l'a.a. 1999/2000 il primo concorso a n. 10 borse di studio per la Classe di Fisica. I concorsi, con esiti molto positivi, sono continuati negli anni successivi mettendo a concorso ulteriori borse per la Classe di Chimica e per la Classe di Matematica.

Nel 2009 si è concretizzato l'acquisto da parte del Consorzio, dell'immobile "ex Scuola Papa Giovanni XXIII" grazie al contributo della Fondazione CRTrieste e dell'ICTP e grazie alla generosa disponibilità del Comune di Trieste. Tale immobile, come tutti i beni del Consorzio è stato accatastato a nome dell'Università di Trieste. I contributi messi a disposizione serviranno inoltre a coprire i costi di messa a norma e di ristrutturazione.

b. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – Sezione di Trieste (Direttore: R. Rui)

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – INFN – conduce ricerche di Fisica fondamentale nell'arena internazionale avvalendosi di due tipi di strutture complementari: 4 Laboratori Nazionali e le Sezioni. Le 20 Sezioni, distribuite sul territorio nazionale, usualmente dividono la sede con i dipartimenti universitari realizzando un collegamento intimo e diretto tra l'Istituto e le Università.

La Sezione INFN di Trieste, assieme al Gruppo Collegato di Udine, partecipa a ricerche di frontiera in fisica nucleare, subnucleare e delle astroparticelle. Queste attività, di tipo sia sperimentale che teorico, sono realizzate in sinergia con numerose realtà scientifiche: vuoi locali, quali i Dipartimenti di Fisica, l'ICTP, Elettra e la SISSA, vuoi internazionali quali i laboratori del CERN (CH), DESY (D), FermiLab e SLAC (USA), MEFI e MSU (Russia).

A Trieste partecipano alle ricerche dell'INFN 200 ricercatori, fra dipendenti e associati, e 35 unità di personale tecnico e amministrativo.

La ricerca fondamentale richiede tecnologie e strumenti di frontiera che spesso sono inventati dai ricercatori stessi in funzione dei loro studi. L'INFN sviluppa e realizza queste tecnologie sia in proprio, in simbiosi con le Università, sia avvalendosi della collaborazione del mondo dell'industria.

A tal fine la Sezione di Trieste dell'INFN dispone di laboratori meccanici ed elettronici molto avanzati, di una importante struttura per il calcolo e l'elaborazione dei dati e di modernissimi laboratori per lo sviluppo di rivelatori a semiconduttore dove vengono sviluppati sensori unici al mondo. Oltre a ciò l'INFN mantiene attivi contatti di collaborazione con varie industrie .

L'INFN sostiene vigorosamente la ricaduta, in altri campi, della propria esperienza e delle tecniche sperimentali sviluppate. Prima fra tutte la medicina con la mammografia digitale sperimentale all'acceleratore Elettra da poco entrata in fase di applicazione clinica, la conservazione dei beni culturali, la protezione ambientale e, naturalmente, le applicazioni industriali.

c. Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Trieste (Direttore: F. Parmigiani)

Il Dipartimento di Fisica è stato costituito nel 1985, in sostituzione del precedente Istituto di Fisica fondato nel 1945. La struttura di circa 3000 mq si articola in 9 laboratori scientifici presso la sede, una biblioteca, un centro di calcolo, un ufficio di progettazione con officina meccanica, 24 studi, 5 uffici. Mette inoltre a disposizione per la didattica del Corso di Studi in Fisica aule, aule informatiche, laboratori didattici, sale studio, una biblioteca didattica, una sala calcolo per studenti e laureandi.

Il Dipartimento ospita la sede della Sezione di Trieste dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), che qui attua le sue ricerche con propri ricercatori e tecnici e anche con collaboratori universitari afferenti al Dipartimento stesso.

L'attività di ricerca si svolge su vari settori della Fisica in collaborazione con università, enti scientifici e centri di ricerca italiani e stranieri. L'aspetto internazionale è particolarmente sviluppato, essendo ben oltre cinquanta il numero di istituzioni straniere coinvolte.

Al Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste vengono svolte attività di ricerca in diversi importanti settori della fisica. I campi di ricerca possono essere raggruppati nelle seguenti linee:

- Fisica Teorica
- Nuclei e Particelle
- Astrofisica
- Materia condensata
- Fisica interdisciplinare e Applicata e Tecnologie

A tali attività di ricerca partecipano anche fisici con contratti a tempo determinato (come assegni di ricerca di durata biennale o quadriennale) ed dottorandi.

La maggior parte delle attività si avvale di strutture di ricerca e laboratori presenti nel Dipartimento o presso Enti situati all'Area di Ricerca, e viene svolta in collaborazione con organizzazioni, enti e istituzioni sia nazionali che internazionali.

L'alto livello delle ricerche svolte dagli afferenti al Dipartimento di Fisica, testimoniato tra l'altro dall'elevato numero di pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali, offre ottime opportunità di apprendimento di tecniche e metodologie di avanguardia e di inserimento in ambienti di ricerca anche internazionali per gli studenti del Corso di Studi e di Dottorato e per giovani ricercatori.

Curatori del libretto

Erica Novacco

INFN, Sezione di Trieste

Silvia Dalla Torre

INFN, Sezione di Trieste

Gianrossano Giannini

Università degli Studi di Trieste & INFN, Trieste

Francesco Longo

Università degli Studi di Trieste & INFN, Trieste

Rinaldo Rui

Università degli Studi di Trieste & INFN, Trieste

<http://viaggiolabinfn.ts.infn.it>



Sponsor dell'iniziativa



*Consorzio per l'incremento degli studi e delle ricerche
dei Dipartimenti di Fisica dell'Università di Trieste*



*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Trieste e Gruppo Collegato di Udine*



*Dipartimento di Fisica
dell'Università degli Studi di Trieste*