

*LIBRETTO INFORMATIVO*

# ***Viaggio di Studio ai Laboratori Nazionali dell'INFN***

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

**10 – 11 dicembre 2010**



*Organizzato da:  
Silvia Dalla Torre, Gianrossano Giannini, Erica Novacco*

**Web: <http://viaggiolabinfn.ts.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. Le onde gravitazionali
- 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 10 dicembre 2010
  - ii. Sabato 11 dicembre 2010
- c. Quota di partecipazione

### 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. Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste
- c. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (I.N.F.N.)

### 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.

Questo viaggio di studio e formazione ai laboratori nazionali dell'INFN è stato pensato e voluto dalla dott.ssa Silvia Dalla Torre (direttore della Sezione di Trieste dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) che, oltre ad accompagnarvi in questa prima avventura, è stata ferma promotrice dell'iniziativa nella convinzione che esperienze come questa possano alimentare in voi entusiasmo e passione per la Fisica.

Hanno collaborato inoltre il prof. Gianrossano Giannini (Università degli Studi di Trieste) per l'accompagnamento; il sig. Bernardino Cresseri (Università degli Studi di Trieste) per gli aspetti amministrativi ed Erica Novacco (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Trieste) il cui contributo è stato rilevante in ogni fase dell'organizzazione.

Questa prima 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.

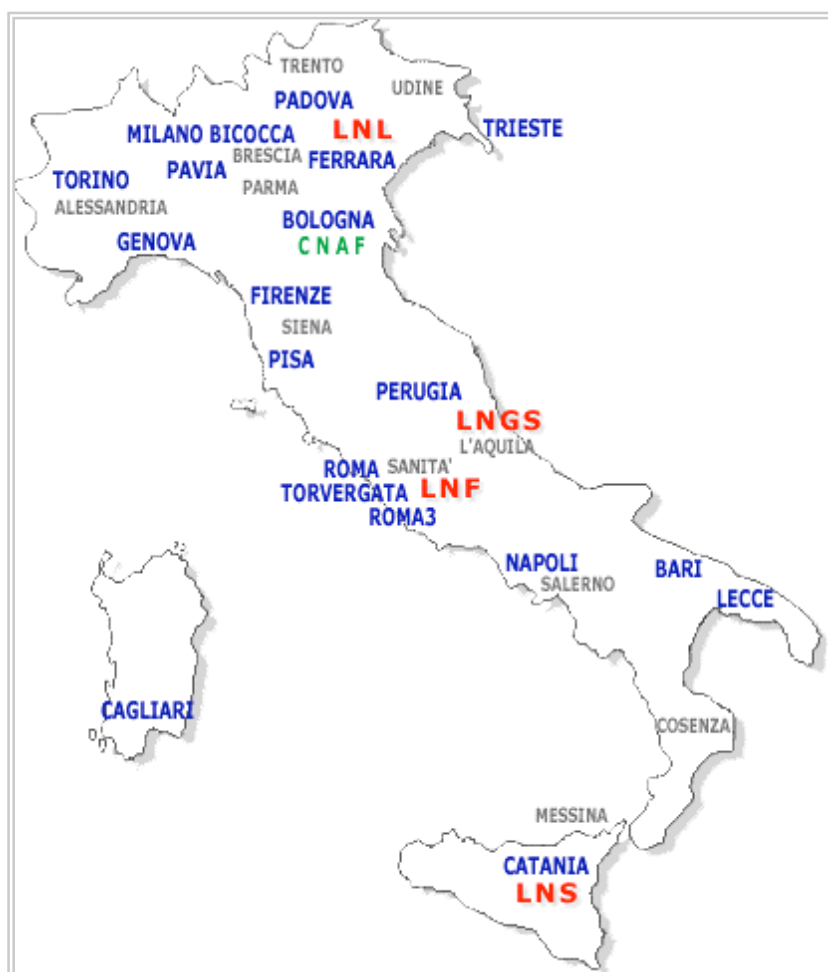
L'INFN cura altresì gli sviluppi tecnologici necessari alle proprie ricerche ed il trasferimento delle tecnologie sviluppate ad applicazioni in altri settori quali il medicale e i beni culturali, nonché il mondo produttivo.

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 ed il Centro Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo delle Tecnologie Informatiche e Telematiche (CNAF) a Bologna.



**Laboratori**  
**Sezioni**  
Gruppi Collegati  
**Centro di informatica**

## **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 atroparticelle 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 quattro macchine acceleratrici.

Qui, tra l'altro, si studia la **fusione nucleare**, cioè la possibilità di realizzare una nuova fonte di energia usando gli stessi meccanismi che fanno brillare le stelle. A Legnaro esiste un'antenna tenuta a bassissima temperatura per catturare le "onde gravitazionali", cioè le **increspature dello spazio-tempo** provocate da catastrofi stellari o buchi neri.

### 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 tuttora la macchina in grado di produrre fasci di particelle con **la più alta intensità del mondo**. 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.



## **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. Le onde gravitazionali**

Albert Einstein ipotizzò che il cosmo fosse pervaso da onde gravitazionali, cioè da perturbazioni generate dai corpi che si muovono accelerando. Einstein le immaginò simili alle increspature che si producono sulla superficie di uno stagno dopo il lancio di una pietra.

In base alla teoria, le onde gravitazionali sono sostanzialmente analoghe alle onde elettromagnetiche emesse da una particella carica in movimento accelerato. Tuttavia esse sono estremamente deboli e possiamo sperare di captarle, grazie a strumenti molto sofisticati, solo quando sono prodotte da oggetti di massa molto grande coinvolti in fenomeni cosmici catastrofici, come l'esplosione di una supernova, una stella che precipita in un buco nero o la fusione di due stelle.

Le onde gravitazionali distorcono lo spazio-tempo e producono forze tali che la distanza tra due masse altrimenti libere, aumenta e diminuisce alternativamente al passaggio dell'onda. Una delle principali caratteristiche è che a un allontanamento in una direzione corrisponde un avvicinamento nella direzione perpendicolare. Il

risultato è che, se le masse sono disposte su un cerchio, questo sarà alternativamente allungato e schiacciato in due direzioni perpendicolari.

L'ampiezza delle onde gravitazionali è la misura della variazione relativa delle distanze tra due masse libere. Questa variazione è minuscola e proporzionale alla distanza tra le due masse: sarebbe 'grande' quanto la dimensione di un atomo se uno potesse misurare distanze dalla Terra fino al Sole, ed è cento milioni di volte più piccola per due punti separati da una distanza di pochi chilometri.

### **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  $\beta$  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  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\nu_\tau$  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 Bequerel 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 Fermi (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  $^{14}\text{C}$ .

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 tre diversi tipi di decadimenti radioattivi, che si differenziano dal tipo di particella emessa a seguito del decadimento. Le particelle emesse vengono indicate col nome generico di radiazioni.

- **Decadimento alfa:** emissione di un nucleo di He (2 protoni e 2 neutroni)
- **Decadimento beta:** emissione di un elettrone o di un positrone (antiparticella dell'elettrone)
- **Decadimento gamma:** emissione di un fotone di alta energia

### 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 riesce ad "evaporare" diffondendosi nell'aria. In 1 m<sup>3</sup> 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) = 10<sup>3</sup> Bq, il Mega-becquerel (MBq) = 10<sup>6</sup> Bq e il Gigabecquerel (GBq) = 10<sup>9</sup> 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: da qui la definizione di radiazioni ionizzanti. 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 è in media di 2,4 mSv per anno.

Il limite massimo di dose stabilito dalla legge italiana per le persone è 1 mSv per anno al di sopra della dose naturale di radiazioni (20 mSv per lavoratori impegnati in attività che prevedono l'uso o la manipolazione di radioisotopi).

## 4. Il viaggio

In questo primo 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 10 ed 11 dicembre 2010 è composto da **40** studenti universitari iscritti al:

- Corso di Laurea in Fisica 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. L'elenco nominativo degli studenti componenti il gruppo ed 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 10 e 11 dicembre 2010:

**By Bus** Trieste di Fontanot Fabio & c. snc

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

tel/fax: 040 763415

autista: Roberto Fontanot cell.: 335 271717

#### ***i. Venerdì 10 dicembre 2010:***

06:00 Appuntamento in piazza Oberdan (TS)

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

09:30 Arrivo ai Laboratori Nazionali di Legnaro (PD) e **visita**

Pranzo presso la mensa dei LNL (offerto dal Direttore dei LNL)

Quindi partenza dai LNL per Assergi (AQ)

Lungo il tragitto seminario introduttivo sull'INFN (Silvia Dalla Torre)

Seminario introduttivo sui raggi cosmici (Gianrossano Giannini da confermare)

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

#### ***ii. Sabato 11 dicembre 2010:***

09:00 Trasferimento ai LNGS

09:30 **Visita** LNGS

Quindi partenza con pullman granturismo dai LNGS per Trieste

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

23:00 circa Arrivo a Trieste

Il gruppo sarà accompagnato dalla dott.ssa S. Dalla Torre e dal prof. G. Giannini

## c. Quota di partecipazione

Non è prevista una quota di partecipazione. **I partecipanti al viaggio di studio sono tuttavia tenuti a provvedere alle spese di vitto**, fatta eccezione per il pranzo e la cena sociale di venerdì 10 dicembre che verranno offerti. Per ulteriori informazioni sui pasti vedi il punto *b. Pasti* alla voce *Informazioni pratiche*.

## 5. Contatti

### a. Organizzatori - accompagnatori

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

- **Silvia Dalla Torre**  
I.N.F.N. - Sezione di Trieste  
Padriciano, 99  
34012 Trieste (Italia)  
e-mail: [silvia.dallatorre@trieste.infn.it](mailto:silvia.dallatorre@trieste.infn.it)  
Tel. n. 040 3756229, Fax n. 040 3756258
- **Gianrossano Giannini**  
Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trieste  
Via Alfonso Valerio, 2  
Trieste (Italia)  
e-mail: [gianrossano.giannini@ts.infn.it](mailto:gianrossano.giannini@ts.infn.it)  
Tel. n. 040 5583395, Fax n. 040 5583350
- **Erica Novacco**  
I.N.F.N. - Sezione di Trieste  
Via Alfonso Valerio, 2  
34127 Trieste (Italia)  
e-mail: [erica.novacco@trieste.infn.it](mailto:erica.novacco@trieste.infn.it)  
Tel. n. 040 5583367, Fax n. 040 5583350

### b. Guide e relatori

#### Ai Laboratori Nazionali di Legnaro:

**Giuseppe Ruoso**: ricercatore INFN presso i LNL, collabora all'esperimento PVLAS che studia le proprietà elettromagnetiche del vuoto.

**Luigi Vannucci**: ricercatore INFN presso i LNL, attivo nell'esperimento ALICE all' LHC del CERN.

#### Ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso:

**Ana Amelia Bergamini Machado**: che ha collaborato all'esperimento LVD presso i LNGS per la rivelazione di neutrini dal cosmo.

**Fabio Ricci**: borsista presso l'Università degli Studi dell'Acquila con obiettivo lo studio delle proprietà magneto-ottiche di multistrati magnetici per applicazioni di spintronica, l'elettronica basata sull'orientazione dello spin degli elettroni.

### **c. Referenti degli studenti**

- **Capitano Letizia**  
Laurea in Fisica, Università degli Studi di Trieste  
e-mail: [letizia\\_capitano@msn.com](mailto:letizia_capitano@msn.com)
- **de Felice Oscar**  
Laurea in Fisica, Università degli Studi di Trieste  
e-mail: [oscar.defelice@gmail.com](mailto:oscar.defelice@gmail.com)

## d. Indirizzi utili

### INFN - Laboratori Nazionali di Legnaro

Viale dell'Università 2  
35020 Legnaro (Padova)

Centralino +39 049 80 68 311  
Fax: +39 049 641925



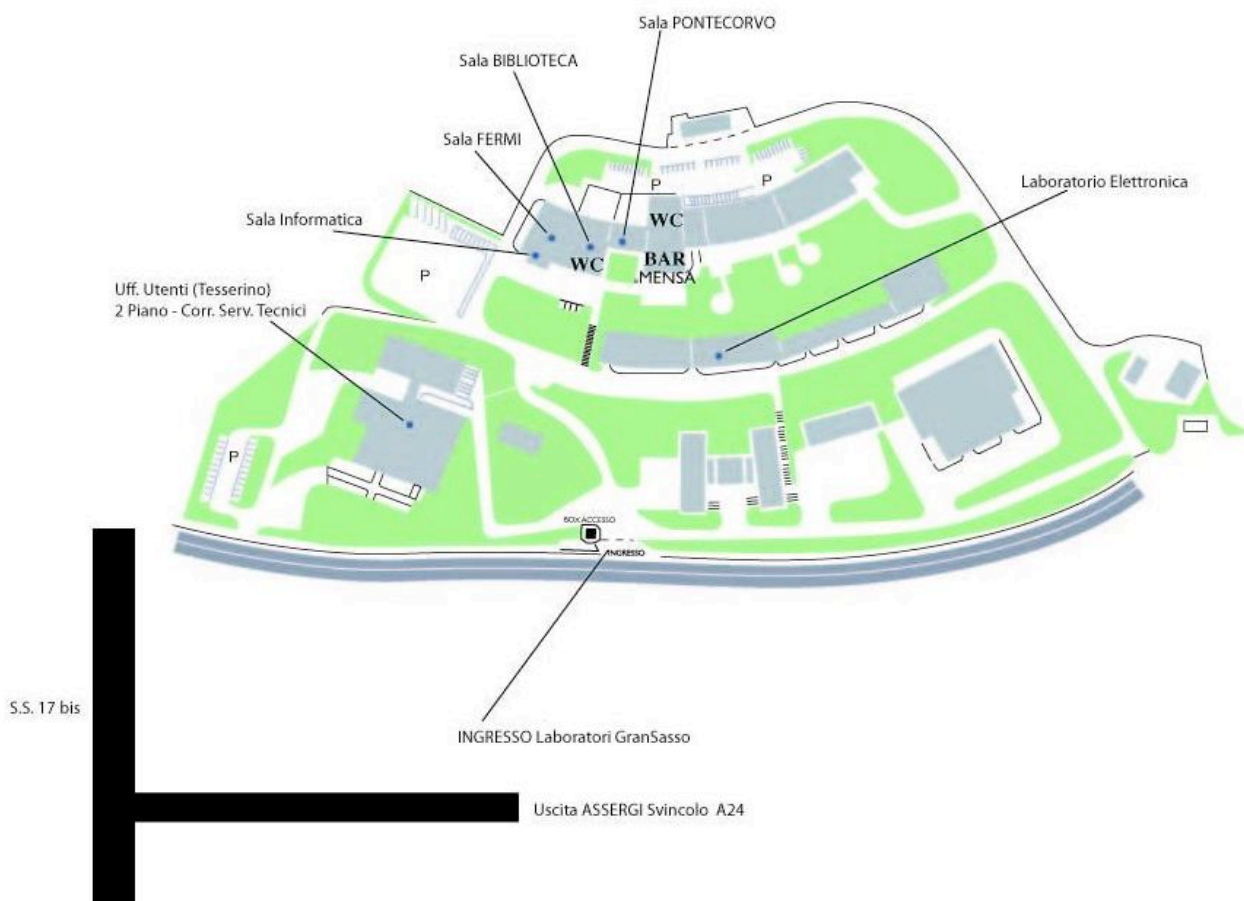
1. Guard building
2. User Reception
3. Library
4. Radioprotection Office
5. Radioactive Sources
6. General Store
7. Computing & Meetings Room
8. Electronics
9. Target Lab.
10. Alpi Lab.
11. Workshop
12. CN Accelerator
13. Environmental Physics Lab.
14. Ion Implantation Lab.
15. AN2000 Accelerator.
16. 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**, e' consigliabile indossare **una giacca a vento e scarpe comode**.

### b. Pasti

Il pranzo del primo giorno di viaggio, 10 dicembre, sarà offerto dal Direttore dei Laboratori Nazionali di Legnaro presso la mensa aziendale nel mentre la cena della sera di arrivo all'albergo Fiordigigli verrà offerta dall'organizzazione.

Presso la mensa dei Laboratori Nazionali di Legnaro un pasto completo è composto da:

- primo
- secondo
- contorno
- dolce o frutta
- pane
- una bibita

**Il caffè non è incluso.**

Lo si può prendere presso la caffetteria dei Laboratori al costo di € 0,45.

**I partecipanti al viaggio di studio sono tenuti a provvedere alle rimanenti spese per il vitto, ovvero, il pranzo e la cena di sabato 11 dicembre** per i quali saranno previste le soste lungo il percorso di rientro dai LNGS a Trieste.

### c. Pernottamento

La notte del 10 dicembre 2010 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](mailto: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 (Presidente: G. Ghirardi)**

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 l'Istituto Nazionale di Fisica della Materia (INFM), 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 ed eretto persona giuridica pubblica con DPR n. 4431/1965, 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). L'Ente consortile, dopo un trentennio di attività, è stato rinnovato con D. M. 15102/1996. 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 il Dipartimento 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'IACP, attrezzandola e arredandola, per quindi destinarla ad uso del Centro internazionale. Ha pure permesso la costruzione della sede centrale della Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), ponendo nel 1983 a disposizione della stessa il progetto già approvato.

Sin dagli anni '90 il Consorzio ha avviato le iniziative necessarie per l'ampliamento verso Città del comprensorio scientifico di Miramare-Grignano. Ottenuto tale ampliamento, ha finanziato il progetto per il piano regolatore di zona. Nel 2002 il Consorzio ha affidato all'ACEGAS la progettazione e direzione lavori dell'allacciamento del comprensorio alla rete gas metano e all'adeguamento delle caldaie degli edifici. 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 all'INFM. 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. Il Consorzio ha anche finanziato, per gli a.a. 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002, una borsa triennale di Dottorato di ricerca in Fisica presso l'università di Trieste. Per tale complessa attività il Consorzio ha usufruito, specie per le gravose spese in campo edilizio, di finanziamenti nazionali (Fondi FIO) e di interventi del Fondo Trieste e, in misura minore, di contributi regionali. I positivi risultati di tale complessa attività sono ben visibili e particolarmente rilevanti nel comprensorio scientifico di Miramare-Grignano, ma



anche all'Area di Ricerca. Recentemente, nel 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 di L. 10 milioni ciascuna per la Classe di Fisica. I concorsi, con esiti molto positivi, sono continuati negli anni successivi e, con l'a.a. 2001/2002, è stata aperta anche la Classe di Chimica e poste a concorso ulteriori tre borse. Per l'a.a. 2003/2004, oltre a 10 borse di Fisica e 2 di Chimica, sono state destinate 2 borse alla nuova Classe di Matematica.

## **b. Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – Sezione di Trieste (Direttore: A. Vacchi)**

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: L. Lanceri)**

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 nel campo della Fisica sperimentale, partecipando ad una grande varietà di esperimenti, 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.

I risultati scientifici si concretizzano mediamente in una settantina di pubblicazioni all'anno su riviste internazionali con referee.

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

- Fisica nucleare e delle particelle elementari sperimentale
- Fisica della materia
- Fisica generale / interdisciplinare
- Fisica medica e ricerche tecniche
- Storia e filosofia della fisica ed epistemologia

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.

## **8. Curatori del libretto**

**Erica Novacco**

**Gianrossano Giannini**

**Silvia Dalla Torre**

INFN, Sezione di Trieste

Università degli Studi di Trieste & INFN, Trieste

INFN, Sezione di Trieste

## ***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*