

Il laboratorio per lo studio dei raggi cosmici della Testa Grigia di Cervinia, costruito in collaborazione tra FIAT e CNR e inaugurato nel 1948 fu il punto di incontro dei fisici di varie sedi universitarie tra i quali si instaurarono forti legami personali, scientifici e di stima; da queste frequentazioni nacque, nel 1951 l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare con sede a Roma e con il compito di coordinare l'attività del Centro di Studio per la Fisica Nucleare di Roma, del Centro di studio degli ioni veloci di Padova e del centro sperimentale e teorico di fisica nucleare di Torino. L'anno successivo, un decreto ordinativo stabilì che l'INFN era costituito da Sezioni: alle tre costituenti si aggiunse la Sezione di Milano ed il Laboratorio dei raggi cosmici della Testa Grigia o Breuil (Cervinia).

La Sezione di Torino riveste per questo motivo una rilevante importanza storica per l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare: le brillanti idee dei fisici torinesi Gleb Wataghin, Carola Maria Garelli, Marcello Cini ed altri permisero da un lato la realizzazione del sogno di Enrico Fermi di vedere l'istituzione di un unico ente nazionale per portare avanti con dignità gli studi di fisica nucleare e per coordinare la costruzione di un grande acceleratore che permettesse di essere competitivi a livello internazionale; dall'altro, attraverso la collaborazione con realtà industriali come la FIAT e con il CNR, la costruzione del primo sincrotrone a 100 MeV che arrivò nei locali sotterranei dell'Istituto Torinese nel 1959, insieme al Betatrone a 31 MeV, costruito con un accordo con la ditta Brown-Boveri che si occupava di apparecchi medicali. Grande parte della sperimentazione sulla risonanza gigante nucleare fu realizzata con il betatrone.

Negli anni, la fisica è cambiata, la ricerca di base si è ampliata e la Sezione di Torino è riuscita a mantenere una centralità per quel che riguarda i progetti e gli esperimenti che coinvolgono le grandi collaborazioni internazionali: alcuni dei propri ricercatori rivestono ruoli primari nelle collaborazioni o nei laboratori di tutto il mondo; la competenza dei propri tecnici e tecnologi ha portato allo sviluppo e realizzazione di importanti segmenti meccanici ed elettronici dei progetti. Infine, ha sviluppato una *vision* che guarda al trasferimento tecnologico come a uno strumento complementare importante, senza perdere di vista la missione primaria dell'ente, lo studio dei costituenti fondamentali della materia e delle leggi che li governano.

Per avere un quadro completo della missione che la Sezione di Torino svolge all'interno della ricerca si deve partire dai servizi che coadiuvano il lavoro dei ricercatori.

Il laboratorio di elettronica della sezione INFN di Torino si occupa principalmente della progettazione, realizzazione e caratterizzazione dell'elettronica di lettura di rivelatori di particelle utilizzati negli esperimenti di fisica delle alte energie, astrofisica e fisica medica. Le sue competenze spaziano dall'amplificazione di segnali a basso rumore, alla conversione analogico/digitale fino alla trasmissione dati ad alta frequenza verso i sistemi di acquisizione. Una peculiarità comune a molti di questi progetti è la necessità di disegnare circuiti tolleranti alle radiazioni in modo da essere compatibili con le esigenze degli esperimenti di fisica delle alte energie.

L'attività di punta del laboratorio è la progettazione di circuiti integrati a larga scala di integrazione (VLSI). In questo campo il laboratorio vanta un'esperienza ventennale a partire dai circuiti in tecnologia CMOS 1.2 μm e 0.8 μm dei primi anni '90 fino alle moderne tecnologie CMOS 130 nm e 65 nm attualmente utilizzate. Nel corso degli anni sono stati sviluppati circuiti per la lettura e la conversione analogico-digitale di segnali provenienti da rivelatori in silicio (esperimenti ALICE, PANDA, NA62), per la misura del tempo di arrivo delle particelle con precisioni inferiori al nanosecondo (esperimento NA62, progetti TOFPET e WHIN), per la trasmissione dati a frequenze da 1 a 5 Gb/s (progetto GBT, upgrade dell'esperimento ALICE) e per la lettura di rivelatori a gas utilizzati come dosimetri in adroterapia (progetti TERA/CNAO). Il circuito integrato disegnato per il progetto CNAO è stato oggetto di un trasferimento tecnologico verso un'industria produttrice di dosimetri per radioterapia (IBA). Altri due progetti di trasferimento tecnologico sono attualmente in corso

relativamente a circuiti integrati originariamente disegnati per l'esperimento NA62 e per l'upgrade del progetto CNAO.

Un'altra componente importante delle attività del laboratorio è la progettazione di firmware per FPGA ed il progetto di circuiti stampati. Schede di acquisizione e trasmissione dati ad alta frequenza e firmware sono stati realizzati per i rivelatori di muoni dell'esperimento CMS e del suo upgrade, mentre un firmware per la gestione del trigger per rivelazione di raggi cosmici (esperimento JEMEUSO) è attualmente in fase di finalizzazione e verrà testato sulla stazione spaziale internazionale il prossimo anno. Circuiti stampati basati sul chip sviluppato per il progetto CNAO sono stati realizzati e sono attualmente utilizzati nel Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica di Pavia. Circuiti stampati basati sul chip TOFPET sono attualmente in fase di test a CNAO per provare una tecnica innovativa di tomografia ad emissione di positroni che sfrutta i fotoni emessi durante un trattamento di adroterapia.

Il laboratorio è equipaggiato con una probe station semiautomatica per il test di chip direttamente su wafer e per il bonding di chip su circuito stampato.

Il laboratorio ha inoltre prodotto una serie di dimostratori di rivelatori di particelle che sono stati esposti al pubblico in varie occasioni. In particolare, un rivelatore di raggi cosmici è attualmente esposto al Museo dell'Astronomia di Pino Torinese.

Il Servizio Calcolo, oltre alla gestione dei servizi informatici generali per la Sezione e il Dipartimento di Fisica dell'Università, fin dall'inizio ha partecipato attivamente ai progetti che hanno portato alla creazione di WLCG, il sistema di calcolo attualmente usato dagli esperimenti di LHC e molti altri, attraverso i vari progetti EU DataGrid, DataTAG e i loro successori EGEE. Il Centro di Calcolo gestito dal Servizio ospita un sito Tier-2 per gli esperimenti ALICE e BES-III, e negli ultimi anni si è evoluto con lo sviluppo, pionieristico per l'INFN, di un servizio di Scientific Cloud Computing usato per la gestione delle "computing farm" di esperimento e a disposizione dei gruppi di ricerca della Sezione; questa esperienza e le competenze acquisite hanno permesso una collaborazione con quindici dipartimenti dell'Università per la realizzazione e gestione di nuovo cluster interdipartimentale per il calcolo scientifico finanziato dalla Compagnia di San Paolo. Negli ultimi anni, attraverso sviluppi locali e la partecipazione al PRIN STOA-LHC e ai progetti INDIGO-DataCloud e OCP, è tra i protagonisti della migrazione dei modelli di calcolo scientifico verso il paradigma Cloud.

Il servizio di progettazione meccanica è parte attiva degli esperimenti che competono alla sezione di Torino. Generalmente fin dalle prime attività legate agli esperimenti, i tecnologi del servizio contribuiscono allo sviluppo delle apparecchiature necessarie per la realizzazione dei progetti. Oltre alla progettazione meccanica, al disegno meccanico su CAD 3D (CATIA V5 - DASSAULT SYSTEME), al calcolo strutturale e termico (PATRAN-NASTRAN), le competenze del servizio comprendono la metrologia e un laboratorio per prove termo-idrauliche. Nel recente passato sono stati sviluppati sistemi innovativi per l'allineamento dei rivelatori al silicio (Alice, Panda) così come sistemi di raffreddamento per l'elettronica (Alice, Panda, CTA, INSIDE). Non da ultimo l'attività del servizio abbraccia anche l'Energia con attività di progettazione per la fusione nucleare (IFMIF), in particolare attività rivolte allo sviluppo delle cavità acceleratrici a radio frequenza. Non da trascurare è l'interesse rivolto alle belle arti. Il servizio collabora con il Centro di Conservazione e Restauro di Venaria. Nell'ambito del progetto regionale NeuArt è stata realizzata una TAC di notevoli dimensioni. Infine particolare attenzione è rivolta alla ricostruzione di statue frammentate (alcune Tesi di Laurea) e alla ricostruzione di un telaio di una tela del 1600 di 40 m quadri (8mx5m).

Le linee di ricerca sono, da sempre, tutte ben rappresentate. Di seguito una breve presentazione dei gruppi, tenendo conto che la sezione è composta da: 31 Ricercatori, 13 Tecnologi, 27 Tecnici, 10 Amministrativi

Gruppo 1 Fisica Particellare

Le collaborazioni che partecipano alla costruzione di questi apparati sono composte da centinaia o anche migliaia di fisici provenienti da istituti e laboratori di tutto il mondo. Si tratta di esempi di cooperazione internazionale in cui lavorano i migliori fisici del pianeta e in cui gli studenti e i giovani possono acquisire esperienze e conoscenze fondamentali. In questo contesto i ricercatori INFN di Torino partecipano con contributi di eccellenza e con incarichi di responsabilità alla realizzazione ed alle ricerche che si effettuano nei più importanti esperimenti di fisica delle particelle ai diversi acceleratori internazionali (BESIII a IHEP in Cina, BELLE2 a KEK in Giappone, CMS, COMPASS e NA62 al CERN di Ginevra).

Gruppo 2 Fisica Astroparticellare

I gruppi torinesi sono attivi in tre delle linee di ricerca in fisica Astroparticellare dell'INFN. Il settore principale è lo studio della Radiazione dell'Universo, che a Torino è ricco di contributi e ruoli di responsabilità nei maggiori esperimenti del settore, dalla fisica dei raggi cosmici di alta e altissima energia con gli apparati per sciame estesi Argo-YBJ, Auger, JEM-EUSO all'astrofisica gamma, da terra con il telescopio Cerenkov CTA e da satellite con l'osservatorio Fermi. I fisici torinesi contribuiscono a mantenere attivo l'osservatorio LVD per la rivelazione dei neutrini astrofisici e partecipano alla ricerca diretta di materia oscura con l'esperimento Xenon e lo sviluppo di nuove tecniche sperimentali per la ricerca di assioni in Quax.

Gruppo 3 Fisica Nucleare

Nella Sezione di Torino, i gruppi di ricerca afferenti alla linea scientifica nazionale 3 dell'INFN sono impegnati nelle diverse attività sperimentali, condotte in laboratori italiani ed esteri, che fanno capo a tutte e quattro le linee di ricerca, classificate secondo lo schema raccomandato dal Comitato Internazionale di indirizzo per la Fisica Nucleare NuPECC: dinamica di quark ed adroni (JLAB12, MAMBO, PANDA, ULYSSES), transizioni di fase della materia nucleare ed adronica (ALICE), struttura del nucleo e dinamica delle reazioni nucleari (DREAMS, PRISMA-FIDES), astrofisica nucleare e ricerche interdisciplinari (LUNA3).

L'attività è dimostrata dai contributi e ruoli di responsabilità di una comunità che conta circa 70 persone tra ricercatori, tecnologi e dottorandi.

Gruppo 4 Fisica Teorica

Il gruppo di Fisica Teorica della Sezione INFN di Torino comprende una cinquantina fra docenti e ricercatori permanenti dell'Università di Torino, dell'Università del Piemonte Orientale ad Alessandria, del Politecnico di Torino e dell'INFN. E' coadiuvato da circa altrettanti membri temporanei suddivisi fra borsisti post dottorato e dottorandi.

La sua attività spazia su un ampio spettro di PROGETTI DI RICERCA legati ad Iniziative specifiche nazionali rappresentate dai seguenti gruppi:

FISICA AGLI ACCELERATORI(PPPP) lavora sulla fenomenologia degli acceleratori di particelle presenti e futuri.

FISICA ADRONICA E DELLO SPIN (NINPHA) studia la struttura interna dei nucleoni (protoni e neutroni) in termini dei loro costituenti elementari (quarks e gluoni) attraverso l'analisi di sezioni d'urto ed asimmetrie dello spin in processi di diffusione polarizzati.

FISICA ASTROPARTICELLARE E DEI NEUTRINI (TASP) studia aspetti teorici e fenomenologici della cosmologia particellare (materia oscura, radiazione oscura ed energia oscura), la generazione e la propagazione di raggi cosmici e la fisica ed astrofisica dei neutrini.

COSMOLOGIA (INDARK) porta avanti studi e strumenti convenzionali e non convenzionali per la cosmologia. In particolare il gruppo CAUSTIC esplora al momento due aspetti collegati della cosmologia moderna: strutture cosmiche su larga scala e modelli cosmologici alternativi e teorie della gravità.

FISICA NUCLEARE (MANYBODY e SIM) interessa diversi aspetti di fisica nucleare e delle alte energie: fisica dei sistemi a molti corpi, correnti ed interazioni elettromagnetiche e deboli, fisica degli ioni pesanti, diagramma delle fasi e termodinamica in QCD, simulazioni numeriche su reticolo, fisica degli ipernuclei, decadimenti deboli degli ipernuclei, potenziali immaginari per nuclei esotici, reazioni di multitransferimento, funzioni di eccitazione di fusione.

STRINGHE E SUPERGRAVITA' (GSS e ST&FI) studia schemi unificati per la descrizione della gravità quantistica e delle teorie quantistiche dei campi per le interazioni fondamentali. Il gruppo sviluppa vari aspetti delle teorie di stringa (teoria dei campi della stringa, ampiezze di diffusione per le stringhe, D-brane e brane euclidee, modelli di stringa per la fenomenologia e la cosmologia) e della Supergravita' , l'estensione della relativita' generale che realizza la supersimmetria locale (supergravita' estese, fisica dei buchi neri e cosmologia). Il gruppo si interessa anche di gravità quantistica in 2 dimensioni.

TEORIA DI CAMPO SU RETICOLO E MODELLI INTEGRABILI (FTECP)

Studia vari aspetti delle teorie di gauge su reticolo e della teoria di stringa effettiva usando metodi analitici e simulazioni numeriche. Sono anche studiati i legami tra i modelli integrabili e altri settori della fisica e della matematica quali la dualità AdS/CFT e i problemi spettrali di equazioni differenziali.

BIOFISICA (BIOPHYS)

Il principale obiettivo dell'iniziativa specifica BioPhys è lo studio di problemi e sistemi di interesse biologico con gli strumenti e le idee della Fisica Teorica.

Il principale ambito di interesse è la Biologia Molecolare, che ha visto negli ultimi anni uno sviluppo impressionante, con un gran numero di nuovi risultati sperimentali, nuove idee e importanti ricadute in ambito bio-medico.

TURBOLENZA E ONDE (FIELDTURB) a Torino (TWT) è specializzato in simulazioni numeriche dirette (DNS) di flussi turbolenti e sistemi d'onda non lineari. Vengono studiati sia le proprietà Euleriane (di campo) di questi sistemi sia quelle Lagrangiane (di trasporto di particelle).

Gruppo 5 Ricerca tecnologica

La Sezione svolge un'ampia attività di ricerca tecnologica finanziata dalla Commissione Scientifica 5. Si tratta di progetti dal forte contenuto tecnologico d'avanguardia e di spiccata interdisciplinarietà, volti allo sviluppo di nuove tecniche e strumenti per la ricerca, spesso svolti in collaborazione con altre organizzazioni e con industrie.

Gli ambiti nei quali la Sezione vanta una consolidata esperienza sono la microelettronica, la nano-fabbricazione di dispositivi al diamante, lo sviluppo di rivelatori innovativi a stato solido, le tecniche diagnostiche nel campo dei beni culturali, lo sviluppo e la caratterizzazione di sorgenti neutroniche e la fisica medica, in particolare lo sviluppo di tecniche e dispositivi innovativi per il trattamento dei tumori con fasci esterni e per la diagnostica PET (Positron Emission Tomography) e di modelli fisici e biologici per il calcolo della dose. La Sezione è anche impegnata in una attività di disseminazione del metodo scientifico nelle scuole secondarie tramite il coinvolgimento di studenti in misure di radioattività naturale negli edifici scolastici.

Tra i progetti più recenti sono da considerarsi il coordinamento delle attività del progetto CHIPIX65 per lo sviluppo di un prototipo di chip di front-end innovativo per rivelatori a pixel in tecnologia CMOS 65 nm e lo sviluppo di rivelatori al silicio innovativi di elevata risoluzione temporale (progetto UFSD), svolto in collaborazione attiva con la fondazione FBK di Trento.

Molte sono le ricadute tecnologico, economiche e sociali di queste attività, che hanno portato alla realizzazione di prodotti commerciali per la radioterapia convenzionale (MatriXX e Startrack, commercializzati dalla ditta belga IBA), alla realizzazione del sistema di controllo della distribuzione di dose per il centro di adroterapia CNAO, alla realizzazione di una facility, unica in Italia, per la radiografia e la tomografia di oggetti artistici di grandi dimensioni, installata presso il Centro di Conservazione e Restauro "[La Venaria Reale](#)".

La sezione vanta infine 4 ditte nate come spin-off dell'INFN e dell'Università di Torino che operano su queste tematiche.