



**RAPPORTO D'ATTIVITA' 2006  
E  
PIANO TRIENNALE  
2007-2009**

# INDICE

- **HIGHLIGHTS**
- **PREFAZIONE**
- **1. L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**
  - 1.1 LA MISSIONE ..... 9
  - 1.2 STRUTTURA E ORGANIZZAZIONE..... 10
  - 1.3 PERSONALE: TIPOLOGIA ..... 12
    - 1.3.1 IL PERSONALE DIPENDENTE
    - 1.3.2 IL PERSONALE ASSOCIATO
    - 1.3.3 IL PERSONALE INCARICATO
  - 1.4 ATTIVITA' SCIENTIFICA..... 13
    - 1.4.1 IL QUADRO DELLE RICERCHE DELLA FISICA SUBNUCLEARE,  
NUCLEARE E ASTROPARTICELLARE
    - 1.4.2 I LUOGHI DELLA RICERCA
- **2. RAPPORTO D'ATTIVITA' 2005-2006**
  - 2.1 FISICA SUBNUCLEARE ..... 25
  - 2.2 FISICA ASTROPARTICELLARE..... 41
  - 2.3 FISICA NUCLEARE ..... 48
  - 2.4 FISICA TEORICA..... 56
  - 2.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI..... 67
  - 2.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE..... 70
  - 2.7 RISORSE DI PERSONALE ..... 85
    - 2.7.1 IL PERSONALE DIPENDENTE
    - 2.7.2 IL PERSONALE ASSOCIATO
    - 2.7.3 IL PERSONALE INCARICATO
  - 2.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO..... 89
  - 2.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA..... 97
  - 2.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE..... 100
- **3. PIANO D'ATTIVITA' 2007-2009**
  - 3.1 FISICA SUBNUCLEARE ..... 102
  - 3.2 FISICA ASTROPARTICELLARE..... 112
  - 3.3 FISICA NUCLEARE ..... 118
  - 3.4 FISICA TEORICA..... 126
  - 3.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI..... 133
  - 3.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE..... 136
  - 3.7 RISORSE DI PERSONALE ..... 147
  - 3.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO..... 153
  - 3.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA..... 158
  - 3.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE..... 158

- **APPENDICE**
  - A.1 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO
  - A.2 RAPPORTO 2006 DEL COMITATO DI VALUTAZIONE INTERNO
  - A.3 ROADMAP INFN
  - A.4 PIANO DI AZIONI POSITIVE CPO

## HIGHLIGHTS

- La misura della frequenza di oscillazione della Bs da parte di CDF, un risultato di estremo interesse e da lungo tempo atteso
- L'invio del fascio di neutrini dal CERN (CNGS) ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso e la rivelazione dei primi eventi da parte dell'esperimento OPERA
- Il lancio dalla base di Bajkonur, in Kazakistan, dell'apparato dell'esperimento PAMELA (Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics) e l'inizio della raccolta dati
- L'inaugurazione dell'osservatorio ARGO per gamma astronomia di altissima energia, realizzato in collaborazione con la Cina a 4300m di quota in Tibet
- L'osservazione da parte del telescopio MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov) di una emissione periodica di raggi gamma ad altissima energia provenienti da microquasar
- Identificazione da parte dell'esperimento ATHENA di una reazione chimica tra materia e antimateria favorita dall'attrazione di antiprotoni con molecole d'idrogeno
- Osservazione della peculiarità dei moti collettivi nucleari quale sonda delle fluttuazioni termiche di forma e della transizione liquido-vapore in esperimenti condotti presso i LNL e LNS
- Inizio delle attività del supercomputer apeNEXT da 10Teraflops per il calcolo, da principi primi, di caratteristiche e parametri delle interazioni fondamentali
- Inizio attività del Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics di Arcetri
- Prima osservazione della riflessione totale all'interno di un cristallo di un fascio di protoni di alta energia al Cern
- Realizzata una simulazione (esperimento MAMBO) della sorgente Thompson di raggi X monocromatici, ottenibili dal primo stadio di accelerazione di SPARC, per imaging biomedico in vivo



## PREFAZIONE

Il Piano Triennale 2006-2008 dell'INFN contiene, dopo una presentazione dell'Istituto e dei contenuti dei suoi fini di ricerca istituzionali, il dettaglio delle attività svolte nell'ultimo anno e di quelle previste nei tre anni ai quali si riferisce, descritte nella "roadmap" dell'Istituto, allegata al presente Piano Triennale, alla quale sono state dedicate varie giornate di studio e di discussione.

In tutti i settori di ricerca l'anno trascorso ha segnato il termine delle fasi di preparazione di progetti importanti e ha gettato le basi per lo sviluppo delle ricerche future. Nel settore della fisica subnucleare, che indaga le interazioni e la natura dei costituenti ultimi della materia, sono stati effettuati i test cruciali di messa a punto degli strumenti di misura che vedranno, all'acceleratore LHC del CERN, le collisioni dei costituenti del nucleo alle più alte energie mai realizzate in laboratorio. Nel prossimo anno e mezzo assisteremo all'installazione definitiva di tali apparati e all'inizio della sperimentazione: ne verranno le risposte a domande di fondo della fisica, quali l'origine della massa dei costituenti della materia, la natura dei costituenti ignoti di cui indirettamente sappiamo è popolato l'universo, l'esistenza di un nuovo stato della materia nucleare. In casa, ai Laboratori di Frascati, l'acceleratore Dafne, dedicato principalmente allo studio della scarsità di antimateria nell'universo, ha raggiunto primati di efficienza a livello mondiale: lo studio incessante dei suoi miglioramenti ha prodotto una nuova idea sul sistema di collisione degli elettroni e positroni accelerati che verrà verificata nel corso del 2007, con potenziali applicazioni non solo alla macchina di Frascati, ma, e soprattutto, a macchine future e allo stesso acceleratore LHC di Ginevra. Nelle collaborazioni internazionali negli Stati Uniti e ad Amburgo in Germania si raccolgono i frutti finali di esperimenti di successo sulla simmetria materia antimateria, sulla produzione di nuovi tipi di quark con masse elevate e sulla distribuzione dei costituenti "molliti" di protoni e neutroni.

Lo studio di nuovi stati aggregati della materia nucleare sfrutterà sia le energie più elevate dell'esperimento dedicato all'LHC, sia i nuovi fasci radioattivi instabili generati nel 2006 ai laboratori del Sud di Catania e, in futuro, a intensità maggiori e con nuclei più pesanti, ai laboratori di Legnaro. Questo settore inoltre è il motore di importanti sviluppi di trasferimento tecnologico nel campo medicale, con la concezione di nuovi acceleratori per la terapia dei tumori con protoni e nuclei più pesanti e con gli studi di futuri trattamenti con neutroni di bassa energia, e nel campo dei beni culturali con lo sviluppo di analisi non invasive di materiali utilizzati in opere a carattere artistico. Si prospetta nei prossimi anni un contributo dell'Istituto alla macchina destinata allo studio della resistenza di materiali

innovativi alla pioggia di neutroni generata nei processi di fusione obiettivo del progetto ITER e, nel campo dell'energia, una collaborazione con Ansaldo Nucleare, sui temi del monitoraggio della radioattività e della formazione di personale con una cultura scientifica specifica.

Nel settore delle astroparticelle nei prossimi anni si raccoglieranno i frutti degli esperimenti che tra il 2006 e il 2007 entreranno in funzione. Alcuni misurano le variazioni del contenuto in neutrini del fascio inviato per la prima volta nella scorsa estate dal Cern di Ginevra ai laboratori del Gran Sasso, altri cercano di chiarire la natura della materia sconosciuta di cui è pervaso l'universo, altri ancora utilizzano distese di rivelatori che studiano l'origine degli sciame di fotoni, ovvero di luce, ad altissima energia che solcano gli spazi oppure enormi torri sottomarine che osservano i bagliori delle particelle cariche generate dai neutrini ad altissima energia che raggiungono il nostro pianeta. Sotto la roccia del Gran Sasso, dove il rumore dei raggi cosmici è un bisbiglio, vengono cercati i segnali impercettibili di decadimenti radioattivi anomali prodotti dallo scambio di nuovi tipi di neutrini che prendono il nome da Majorana, il fisico del mitico gruppo di via Panisperna di cui si è celebrato nel 2006 il centenario della nascita. Infine, nello spazio stanno già volando e voleranno satelliti con rivelatori avanzati per osservare i fotoni o l'antimateria di sorgenti ignote e nella piana di Cascina, in Toscana, si stendono i lunghissimi bracci dell'interferometro gravitazionale che nel corso del 2007 saranno pronti ad accogliere le onde dello spazio-tempo prodotte da cataclismi lontani e antichi.

Nel campo teorico è diventato operativo l'Istituto Galilei a Firenze, che sta richiamando teorici di fama mondiale per soggiorni estesi in occasione di *workshop* sui principali argomenti di fisica teorica delle particelle e degli ioni pesanti.

Infine, l'attenzione allo sviluppo di forme di trasferimento tecnologico rimarrà forte su temi tradizionali quali quello biomedicale, dei beni culturali, della microelettronica e quello informatico, quest'ultimo forte del successo del progetto di supercalcolatore APE e dello sviluppo della GRID, un sistema per il calcolo distribuito che sia trasparente all'utente. Si aggiungeranno nuove forme di trasferimento in collaborazione con le regioni per le piccole e medie industrie che potrebbero usufruire di infrastrutture ad alto contenuto tecnologico di cui l'Ente dispone in modo capillare sul territorio nazionale,

Gli *highlights* all'inizio del piano riassumono i punti in evidenza tra le attività dell'anno appena trascorso.

Il bilancio economico dell'Ente, dopo le tumultuose vicende della Legge Finanziaria, si annuncia in fase di previsione assai carente per soddisfare anche esigenze irrinunciabili, quali il noleggio della rete di comunicazione, il fabbisogno di energia elettrica dei laboratori o gli

impegni derivanti da accordi internazionali di collaborazione pluriennali. Questo è dovuto alla cifra preliminare su cui è stato possibile predisporre il bilancio pari a quella dell'anno precedente diminuita del 5%. A questo si aggiunge l'aggravio di spesa nel capitolo dedicato al personale derivante dall'assunzione degli oneri del contratto, il terzo concluso senza un rifinanziamento specifico, ivi inclusi gli accantonamenti di legge per il nuovo contratto. La somma delle voci è pari a un totale di 23,6 milioni di Euro, con una diminuzione di circa l'8% del finanziamento dell'anno scorso, che diventa circa il doppio se riferito alla quota destinata al funzionamento delle strutture e al finanziamento di nuove infrastrutture e strumenti di ricerca. Auspichiamo una comunicazione precoce del bilancio di assestamento che, ristabilendo i livelli economici globali almeno pari a quelli dello scorso anno, consenta il passaggio di un anno che segna i minimi delle potenzialità dell'Ente nell'ultima decina di anni. Una cifra è sufficiente a chiarire la perdita di terreno in termini di potenzialità di ricerca: dal 2001 ad oggi l'Ente ha perduto oltre 160 milioni di Euro rispetto ad un bilancio che avesse mantenuto intatto il potere di spesa in termini reali, ovvero corretti dall'inflazione. Quest'ultimo attesterebbe oggi il fondo di funzionamento ordinario intorno ai 321 milioni di Euro contro i 258 del bilancio di previsione corrente. Nei prossimi anni presentiamo un bilancio in netta ripresa, si spera preceduto da una ripresa dell'economia del Paese, che nel 2009 si avvicina alla cifra sopra citata dei 321 milioni di Euro.

Se le infrastrutture di ricerca, il loro completamento, sfruttamento e rinnovo costituiscono un bene da preservare, lo è ben più il patrimonio di personale altamente qualificato formato dall'Ente in questi anni e tenuto con contratti a tempo determinato per i noti blocchi sulle assunzioni. La Legge Finanziaria consente spazi di ripresa delle assunzioni con una diversificazione delle possibilità sulle quali l'Istituto intende basare la sua strategia di ripopolamento delle file di ricercatori, tecnologi, tecnici e amministrativi.

Esistono tre categorie di personale per le quali la legge attuale permette ingressi controllati. La prima, quella storica e maggiormente frustrata, è costituita dai vincitori di concorso, il cui destino è stato finora affidato a deroghe sporadiche e globalmente insufficienti. Per questi, la legge consente assunzioni nei limiti finanziari del *turn over* 2006 e/o nei limiti dei fondi aggiuntivi stanziati per il comparto ricerca per le assunzioni e le stabilizzazioni. Il *turn over* dovrebbe permettere di assumere i vecchi vincitori di concorso, mentre i nuovi fondi aggiuntivi potrebbero essere impegnati per assumere personale tecnico-amministrativo e ricercatore in possesso dei requisiti richiesti per la stabilizzazione. Questa seconda categoria di personale raggruppa principalmente gli amministrativi, ma verrà rinvigorita nel settore tecnico una volta espletate le procedure di selezione di tecnici durante il 2007. Ricercatori e tecnologi, ove non sussista la capienza economica sufficiente per una loro stabilizzazione, potranno accedere ai nuovi concorsi, in ambito Mur, previsti dalla Legge



Finanziaria. Questa è la terza categoria, quella che parteciperà ai nuovi concorsi di ricercatore e tecnologo.

In numeri: gli attuali 1783 dipendenti dell'Ente saranno affiancati dai circa 140 vincitori di concorso: di questi ultimi un centinaio sono già interni e le nuove assunzioni riguarderanno quindi una quarantina di posizioni. A loro volta questi 1820 saranno ulteriormente incrementati di 250 unità ripartite in circa 110 tecnici e amministrativi e 140 ricercatori e tecnologi, contando sulla nostra quota naturale dei finanziamenti *ad hoc* per stabilizzazioni e nuovi concorsi. L'assetto dell'Ente dovrebbe essere di circa 2070 unità in servizio alla fine del 2009, con una spesa parzialmente compensata dalla parallela riduzione di due terzi di quella per il tempo determinato attualmente al lavoro nell'Istituto. Ulteriori occasioni di ricambio del personale in corso vanno create tramite l'inserimento di ricercatori già formati nella carriera universitaria, riaprendo una tradizione di mobilità tra Enti di Ricerca e Università purtroppo inaridita negli ultimi anni. La possibilità di condurre al successo la strategia appena delineata è una condizione irrinunciabile per mantenere l'Istituto competitivo in tutti quei nuovi settori, da quelli scientifici a quelli con impatto sociale legati al trasferimento tecnologico, dei quali le forze e ancor più la rinnovata fiducia del personale amministrativo, tecnico, tecnologo e ricercatore sono il motore trainante.

# 1. L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

## 1.1 LA MISSIONE

Promuovere, coordinare ed effettuare la ricerca sui costituenti fondamentali della materia dell'Universo, ovvero la ricerca in fisica nucleare, subnucleare e astroparticellare, sviluppando le tecnologie necessarie, in stretta connessione con l'Università e nel contesto della collaborazione e del confronto internazionali.

- *Collaborare con le altre istituzioni di ricerca scientifica e tecnologica, italiane e straniere, contribuendo al processo di formazione dell'Europa.*
- *Operare con efficacia organizzativa nel rispetto della libertà di ricerca.*
- *Perseguire l'eccellenza scientifica sviluppando strumentazione avanzata, con il coinvolgimento dell'industria nazionale.*
- *Curare la diffusione della cultura scientifica, innanzitutto tra i giovani.*
- *Promuovere la formazione dei giovani nel campo della ricerca fondamentale e applicata.*
- *Intensificare l'interazione delle attività di ricerca con quelle di trasferimento di conoscenza per rendere più competitive le imprese italiane.*
- *Sviluppare l'applicazione delle tecniche nucleari e subnucleari alla medicina, ai beni culturali e all'ambiente.*
- *Promuovere l'immagine della scienza e della tecnologia italiana nel mondo.*

## 1.2 STRUTTURA E ORGANIZZAZIONE

L'attività dell'INFN si basa su due tipi di strutture di ricerca complementari: le Sezioni universitarie e i Laboratori nazionali.

Le prime hanno sede in dipartimenti universitari e realizzano la stretta connessione tra l'Istituto e l'Università; i secondi sono sedi di grandi infrastrutture a disposizione della comunità scientifica nazionale e internazionale.

Il quadro complessivo attuale è il seguente:

- 20 Sezioni, presso i dipartimenti di fisica d'altrettante università
- 4 Laboratori nazionali: a Catania, Frascati, Gran Sasso e Legnaro
- 11 Gruppi collegati a Sezioni o Laboratori, presso i dipartimenti di fisica di altrettante università
- Consorzio EGO, *European Gravitational Observatory*, a Cascina (Pi)
- Centro nazionale CNAF per il calcolo, a Bologna
- Amministrazione centrale, a Frascati
- Presidenza, a Roma.

Nella figura a pagina 8 sono rappresentate le connessioni tra i diversi organi dell'Ente.

Il massimo organo decisionale dell'Istituto è il Consiglio Direttivo, costituito dal Presidente e dalla Giunta esecutiva (5 membri, incluso il Presidente), dai Direttori dei Laboratori Nazionali e delle Sezioni, da rappresentanti del MIUR, del Ministero delle attività produttive, del CNR, dell'ENEA e del personale dell'Istituto.

Per lo svolgimento dell'attività scientifica, l'Istituto si avvale di cinque Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN), consultive del Consiglio direttivo. Esse coprono rispettivamente le seguenti linee scientifiche: fisica subnucleare, astroparticellare, nucleare, teorica, ricerche tecnologiche e interdisciplinari.

Le Commissioni sono formate da coordinatori eletti, in ciascuna Sezione e Laboratorio Nazionale, dai ricercatori dell'Ente; i coordinatori eleggono il Presidente di ciascuna di esse. Le Commissioni ricevono le proposte di nuovi esperimenti o le richieste di risorse da parte di quelli già approvati. Avvalendosi del lavoro di referee interni ed esterni alle CSN stesse, queste ultime discutono i meriti dei vari Progetti presentati e raccomandano al Consiglio Direttivo l'attribuzione delle necessarie risorse.

Il Consiglio direttivo si riunisce, di norma, mensilmente e prende le sue decisioni su tematiche proposte dal Presidente e dalla Giunta Esecutiva, elaborate a partire a loro volta dalle richieste degli stessi Direttori, nonché dalle raccomandazioni delle Commissioni

Scientifiche Nazionali e degli altri comitati consultivi di programmazione e valutazione dell'attività, il tutto con l'ausilio dei Dirigenti dell'Amministrazione centrale.

L'attuazione delle decisioni del Consiglio compete, secondo i casi, al Presidente, alla Giunta, ai Direttori di Laboratorio o Sezione per l'organizzazione e la gestione locale dell'attività, ai Dirigenti dell'Amministrazione Centrale.

Questa organizzazione si è gradualmente affermata nell'Istituto. La sua funzionalità è frutto anche di buone esperienze consolidate nel tempo, che ne hanno fissato dettagli operativi essenziali. Essa rappresenta un efficace equilibrio tra organizzazione centralizzata e decentrata, tra vertice e base, frutto dell'esperienza. Nel contempo è dotata della flessibilità necessaria per adattarsi alle nuove esigenze che emergono dall'evoluzione del mondo della ricerca e di quello esterno.



### **1.3 PERSONALE: TIPOLOGIA**

Per lo svolgimento dei propri compiti istituzionali l'INFN si avvale di personale dipendente e di personale associato alle attività dell'Istituto, in massima parte dipendente dalle Università, mediante associazione scientifica o tecnologica per collaborazione con coinvolgimenti non prevalenti e di incarico di ricerca o di collaborazione tecnica per collaborazioni con coinvolgimento preponderante. In tal modo si realizza quello stretto collegamento con l'Università che è caratteristica tradizionale dell'Istituto.

#### **1.3.1 IL PERSONALE DIPENDENTE**

Le posizioni di personale con contratto a tempo indeterminato sono suddivise tra vari profili professionali: personale ricercatore e tecnologo (livelli I-III) e personale tecnico-amministrativo (livelli IV-IX).

La distribuzione tra le diverse strutture dell'Istituto dei posti disponibili e di quelli che si rendono disponibili per cessazione dal servizio, è oggetto di attenta valutazione da parte del Consiglio Direttivo, con riferimento sia a un equilibrato sviluppo delle strutture stesse che ne assicuri il corretto funzionamento, sia alle esigenze dei programmi di ricerca che di volta in volta richiedono un maggiore impiego di risorse umane.

Accanto alle posizioni a tempo indeterminato, e a complemento di esse, i contratti a termine costituiscono uno strumento essenziale di flessibilità che consente, da un lato, di fronteggiare nella maniera più efficace l'evoluzione temporale dei programmi e, dall'altro, di avvalersi di personale, anche straniero, di alta qualificazione scientifica e tecnica.

#### **1.3.2 IL PERSONALE ASSOCIATO**

La formazione scientifica e tecnologica è uno degli obiettivi istituzionali dell'Istituto, che prepara in modo approfondito e rigoroso, attraverso l'inserimento nelle proprie attività di ricerca, un bacino di giovani dal quale attingere, per una parte, i ricercatori di domani dell'INFN e dell'Università, e per l'altra un nucleo di professionisti in grado di inserirsi in molteplici campi del mondo delle attività industriali di alta tecnologia. A tal fine l'Istituto associa i laureandi alle proprie attività.

Inoltre l'Istituto partecipa ai dottorati di ricerca delle varie sedi universitarie dove sono presenti attività nei campi di interesse dell'ente, finanziando borse di studio e collaborando con proprio personale allo svolgimento di corsi di alta qualificazione. Tale personale è altresì associato.

Uno strumento normativo ha consentito di attivare assegni per la collaborazione all'attività di ricerca per giovani ricercatori in possesso del dottorato di ricerca. È prevista infatti ogni anno la stipula, previa apposita selezione, di assegni di collaborazione biennali presso le strutture dell'INFN, e il cofinanziamento di analoghi contratti tramite apposite convenzioni con le Università. Gli assegnisti possono essere associati alle attività dell'Ente.

L'INFN cura anche un proprio programma annuale di borse di studio.

Tra gli associati vi sono, infine, professori e tecnici universitari associati che collaborano con l'Istituto solo per una frazione della loro attività di ricerca.

### 1.3.3 IL PERSONALE INCARICATO

Il personale associato con incarico svolge in modo prevalente e a pieno titolo la propria attività di ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito dei programmi dell'Istituto. Esso partecipa alla vita dell'Istituto senza alcuna sostanziale differenza rispetto al personale dipendente.

Il personale associato alle attività dell'INFN mediante incarico di ricerca è formato da professori e ricercatori universitari che svolgono la loro attività di ricerca nell'ambito dei programmi dell'Istituto.

Tecnici e amministrativi dell'Università, che collaborano a tempo pieno con l'INFN, sono associati mediante incarico di collaborazione tecnica.

## 1.4 ATTIVITA' SCIENTIFICA

### 1.4.1 IL QUADRO DELLE RICERCHE DELLA FISICA SUBNUCLEARE, NUCLEARE E ASTROPARTICELLARE

Il tema di ricerca dell'INFN – i costituenti elementari della materia e le loro interazioni – nasce, in senso moderno, alla fine dell'Ottocento, quando si affermò l'idea della materia fatta di atomi. Lo studio di fenomeni naturali (radioattività, raggi cosmici) portò, nella prima metà del Novecento, a svelare la struttura dell'atomo e dunque alla nascita della fisica del nucleo atomico.

La seconda metà del Novecento, corrispondente all'arco di vita dell'Istituto, ha visto il successivo incessante progresso – tuttora in atto – nella conoscenza dei costituenti fondamentali della materia e dell'origine dell'Universo, basato sul costante sviluppo degli acceleratori e degli apparati rivelatori di particelle. Il corpo di conoscenze così prodotto ha portato alla sintesi teorica del Modello Standard, che inquadra i costituenti della materia e le loro interazioni in uno schema coerente, semplice ed elegante.

Negli ultimi venti anni è nato un nuovo interesse per lo studio della radiazione naturale, inclusa quella gravitazionale, accompagnato da un rapporto più stretto tra fisica delle particelle, astrofisica e cosmologia.

I principali obiettivi delle attuali ricerche, sperimentali e teoriche, sulle interazioni fondamentali sono da una parte il completamento del Modello Standard, dall'altra la sua estensione e, infine, il suo inevitabile superamento. Particolare interesse rivestono gli esperimenti, non necessariamente alla frontiera dell'energia, capaci di offrire indicazioni di nuova fisica, oltre il quadro attuale.

## LA FISICA SUBNUCLEARE

I costituenti elementari della materia si dividono in due classi (si veda la relativa figura):

- I leptoni, che hanno solo interazioni elettromagnetiche e deboli, queste ultime identificate, negli anni '30 da Enrico Fermi, come responsabili dei decadimenti beta dei nuclei;
- I quark, che sono sensibili anche alle interazioni forti, le forze che legano i protoni e i neutroni nei nuclei atomici.

Gli elementi delle due categorie sono classificati in tre generazioni, ciascuna costituita da una coppia, con massa progressivamente crescente. I quark più leggeri (i quark u e d) sono i costituenti dei protoni e dei neutroni, a loro volta costituenti dei nuclei atomici. I quark delle famiglie più pesanti (s, c, b, t) sono i costituenti di particelle instabili che, oltre a essere presenti nella radiazione cosmica secondaria, sono normalmente generate nelle collisioni ad alta energia prodotte con macchine acceleratrici.



**Le particelle elementari secondo il Modello Standard.** Le particelle nucleari, protone e neutrone, costituenti base della materia ordinaria, sono composte di due tipi di particelle elementari, i quark u e d. Oltre a questi due tipi di quark, le particelle elementari della prima famiglia comprendono: l'elettrone (che risiede nelle parti esterne degli atomi) e il corrispondente neutrino (la particella neutra emessa nel decadimento beta che causa l'instabilità del neutrone). La prima famiglia di particelle è seguita da altre due, ciascuna delle quali è composta di un doppietto di quark e di un doppietto di leptoni, particelle con proprietà analoghe a quelle dell'elettrone e del corrispondente neutrino.

Ciascuna delle tre generazioni di leptoni è costituita da un leptone carico e da uno neutro, detto neutrino. Un ruolo particolare è riservato ai neutrini, particelle elettricamente neutre e sensibili esclusivamente alle interazioni deboli. In corrispondenza ai tre leptoni carichi – l'elettrone, il muone e il tau – si conoscono tre tipi di neutrini. Esperimenti recenti, inclusi GALLEX e MACRO nei Laboratori del Gran Sasso, hanno definitivamente confermato l'esistenza del fenomeno delle oscillazioni tra neutrini, ovvero la trasformazione



di un neutrino di un dato tipo in un neutrino di tipo diverso, con una probabilità che oscilla con la distanza percorsa. Tale fenomeno, ipotizzato da Bruno Pontecorvo negli anni '60, implica che i neutrini posseggano massa e possano mutare l'uno nell'altro per effetto delle interazioni deboli. La loro massa è così piccola da rendere difficile la sua misura diretta.

Lo studio approfondito del fenomeno delle oscillazioni di neutrino è uno dei grandi temi della ricerca contemporanea. Esso è effettuato mediante neutrini provenienti da sorgenti di natura molto diversa: i reattori nucleari, i fasci d'alta energia prodotti alle macchine acceleratrici, le reazioni di fusione all'interno del Sole, le collisioni dei raggi cosmici nell'atmosfera.

La questione della massa del neutrino riveste un particolare interesse cosmologico, dovuto alla massiccia presenza di queste particelle nell'Universo attuale, residuo del Big-Bang iniziale. Questi neutrini *fossili* non sono mai stati osservati direttamente, ma possiamo stimare che, possedendo una massa, essi renderebbero conto, seppure solo in piccola parte, della cosiddetta *materia oscura* dell'Universo. Tale materia è di natura per ora largamente ignota, ma la sua presenza è rivelata attraverso i suoi effetti gravitazionali. Studi recenti hanno individuato anche l'esistenza di un'*energia oscura* dell'Universo. In definitiva la materia a noi nota dovrebbe costituire non più del 5% della massa-energia totale presente oggi nell'Universo.

Il mondo microscopico è popolato, oltre che da quark e leptoni (che sono fermioni), dai quanti d'energia caratteristici dei diversi tipi d'interazione (che sono bosoni): il fotone per le interazioni elettromagnetiche, i bosoni  $Z^0$  e  $W$  per le interazioni deboli, i gluoni per le interazioni forti. A questi vanno aggiunti i gravitoni per le forze gravitazionali, anche se la gravità non è integrata nel Modello Standard.

Analoga ai quanti associati alle interazioni è la particella denominata bosone di Higgs, prevista dalla teoria riguardo al meccanismo di generazione della massa delle particelle fondamentali. Il valore della massa del bosone di Higgs non è prevedibile, ma potrebbe essere poco superiore a 100 volte la massa del protone, secondo le indicazioni risultanti dagli esperimenti attuali.

La consistenza della teoria ne richiede l'estensione a teorie che prevedono l'esistenza di nuovi fenomeni alla scala d'energia pari a circa 1000 volte la massa del protone. Il modello al momento più popolare, il *Minimal Supersymmetric Standard Model*, prevede che, per ciascuna particella conosciuta, esista una corrispondente particella con proprietà simili, ma con momento angolare intrinseco, lo spin, differente di mezza unità. In tali teorie lo spettro di particelle di Higgs è più ricco che nel Modello Standard. La ricerca dei bosoni di Higgs e

delle nuove particelle previste dalle teorie supersimmetriche – in breve, le particelle supersimmetriche – sono tra gli obiettivi primari dell'attuale fisica subnucleare.

Tema di paragonabile rilievo è lo studio della simmetria materia-antimateria, tecnicamente indicata con la sigla CP. Tale simmetria era data per scontata all'inizio della moderna fisica delle particelle, ma esperimenti di gran rilievo concettuale hanno invece mostrato l'esistenza di una piccola asimmetria nel comportamento delle particelle che noi classifichiamo come materia (elettroni, protoni, neutroni, etc.) rispetto a quello delle corrispondenti particelle classificate come antimateria (positroni, antiprotoni, antineutroni, etc.). Il Modello Standard permette una violazione della simmetria CP. Esperimenti recenti hanno esteso la conoscenza di tale violazione. La sperimentazione alle attuali intense sorgenti di mesoni K e B renderà disponibili ulteriori cruciali informazioni.

Collegata alla violazione della simmetria CP è la fondamentale questione legata all'osservazione che l'Universo visibile sembra essere costituito esclusivamente di materia e non, come ci si potrebbe aspettare dalla teoria del Big Bang, d'isole di materia e isole d'antimateria.

## LA FISICA NUCLEARE

Le ricerche in fisica nucleare oggi riguardano la struttura e la dinamica di sistemi a molti corpi, alla luce della teoria delle interazioni fondamentali. In quest'ottica, le tematiche tradizionali della fisica nucleare sono spesso estese a prospettive più vaste, che includono temi di fisica subnucleare. Esempi di estensioni di questo tipo sono lo studio delle funzioni di struttura dei nucleoni, le ricerche sulla spettroscopia degli iperoni o la ricerca di nuovi stati in cui può esistere la materia nucleare.

Le ricerche tradizionali della fisica nucleare hanno portato alla formulazione di modelli che descrivono con successo le proprietà dei nuclei atomici, come sistemi legati di protoni e neutroni. Questi modelli sono sottoposti a verifiche sempre più stringenti, grazie allo sviluppo di tecniche sperimentali che consentono lo studio di nuclei in condizioni estreme, prossime ai limiti di stabilità: nuclei notevolmente deformati con valori elevati del momento angolare, oppure nuclei con valori estremi del rapporto tra protoni e neutroni. Questi temi sono affrontati in esperimenti che utilizzano fasci di ioni accelerati fino a energie comprese nell'intervallo tra la barriera coulombiana e 100MeV/nucleone.

La descrizione del nucleo in termini di nucleoni (i protoni o i neutroni) che interagiscono attraverso lo scambio di mesoni è un'approssimazione, valida alle basse energie, per riassumere gli effetti dei costituenti elementari (i quark e i gluoni) che compongono i nucleoni stessi. Con il progredire delle conoscenze sul comportamento dei

costituenti subnucleari, sarà possibile spiegare i modelli nucleari a partire dalla teoria fondamentale delle interazioni forti, la cromo-dinamica quantistica (QCD).

A tal fine è interessante studiare, in collisioni a più alta energia, il modo in cui le distribuzioni dei costituenti elementari dei nucleoni sono alterate quando questi ultimi formano a loro volta la materia nucleare. Le ricerche in questo campo sono condotte con fasci incidenti d'elettroni d'alta energia, o di protoni o antiprotoni.

La teoria della QCD prevede che la materia nucleare, in condizioni estreme di densità e temperatura, subisca una transizione di fase, passando in un nuovo stato, il plasma di quark e gluoni, in cui i costituenti elementari non sono più confinati all'interno dei singoli nucleoni. Le prime indicazioni sperimentali di questa transizione di fase sono state ottenute nello studio delle collisioni tra nuclei di piombo.

## LA FISICA ASTROPARTICELLARE

Un metodo complementare alla ricerca di nuove particelle con le macchine acceleratrici è quello di ricercare ad esempio la particella supersimmetrica più leggera (il neutralino) nella radiazione cosmica. Secondo le teorie attuali, il neutralino potrebbe essere stabile, su tempi cosmologici, ed essere quindi presente nell'Universo attuale come residuo delle fasi iniziali del Big Bang (insieme ai neutrini fossili) e contribuire anch'esso alla materia oscura.

Gli esperimenti dedicati a questa ricerca sono basati sull'osservazione di eventi rari o segnali deboli e richiedono condizioni particolari, come quelle che si possono ottenere nelle sale sperimentali sotterranee dei Laboratori del Gran Sasso dell'INFN, al riparo del disturbo dei raggi cosmici, oppure nello spazio potendo misurare con estrema precisione il fondo dovuto alla radiazione cosmica primaria.

Nel Modello Standard, ivi compresa la sua estensione supersimmetrica, le interazioni elettrodeboli e forti sono indipendenti tra loro. Esistono teorie che prevedono una completa unificazione delle forze: le Teorie della Grande Unificazione. La verifica diretta di queste teorie richiederebbe lo studio di fenomeni a energie di gran lunga superiori a quelle disponibili, o anche solo ipotizzabili, con le macchine acceleratrici. Queste energie, tuttavia, corrispondono a quelle prevalenti nei primi istanti di vita dell'Universo, secondo la teoria del Big Bang. Un possibile metodo di verifica delle teorie di Grande Unificazione consiste nella ricerca dei residui di queste interazioni nella radiazione cosmica (le particelle fossili). Un altro metodo consiste nel cercare l'effetto in decadimenti rari della materia, quali il decadimento del nucleone, cui si è già accennato, o il decadimento nucleare doppio-beta senza emissione di neutrini.

La ricerca di fenomeni rari collegati alle Teorie di Grande Unificazione è stata, storicamente, la ragione dello sviluppo dei laboratori sotterranei, in particolare dei Laboratori del Gran Sasso, che costituiscono il più grande complesso di questo tipo oggi esistente al mondo. L'impiego d'apparati rivelatori di particelle nell'ambiente sotterraneo ha poi esteso il campo delle ricerche al settore astrofisico, con lo studio dei neutrini solari e dei neutrini da collasso gravitazionale. Una volta consolidata, la fisica astroparticellare ha poi trovato nuovi sbocchi in ambienti con caratteristiche complementari a quello sotterraneo, come lo spazio, dove la radiazione cosmica primaria è direttamente accessibile, i laboratori d'alta quota, per la gamma-astronomia d'alta energia, o i laboratori sottomarini, per la neutrino-astronomia d'alta energia.

Infine, un settore di ricerca che pure si colloca al confine tra lo studio delle interazioni fondamentali e l'astrofisica, nel quale i fisici italiani hanno svolto e svolgono un ruolo d'avanguardia, è la ricerca delle onde gravitazionali sia mediante antenne criogeniche a barra risonante, già ampiamente sviluppate, sia con lo sviluppo dei grandi rivelatori interferometrici, appena entrati in funzione, tra cui spiccano l'italo-francese VIRGO a Cascina (Pisa), e gli statunitensi LIGO, in Louisiana e a Seattle.

#### SVILUPPI FUTURI IN FISICA TEORICA

I prossimi anni saranno particolarmente importanti per la fisica teorica. Infatti i) stanno maturando nuovi sviluppi teorici; ii) vi è un grosso flusso di dati da DAFNE, BaBar e Belle, e di dati astrofisici e cosmologici; iii) LHC sta già stimolando gli sviluppi teorici; iv) macchine apNEXT aumenteranno molto la potenza di calcolo disponibile.

Alla base di molti di questi sviluppi vi è la teoria delle corde. Una delle caratteristiche principali di questa teoria è il suo potenziale interdisciplinare. Infatti, i suoi sviluppi (in particolare la comprensione del vuoto) saranno importanti non solo per la comprensione della teoria in senso stretto ma anche per ispirare molti settori cruciali quali: i) superamento della teoria quantistica dei campi verso una teoria quantistica di oggetti estesi; ii) maggiore comprensione del confinamento del colore (le teorie di stringa vengono usate come descrizione duale per la QCD in regime di accoppiamento forte); iii) fenomenologia delle dimensioni extra che sono alla base di molti sviluppi oltre il modello standard; iv) cosmologia dove modelli di compattificazione con flussi sono già stati usati. In questo ambito si sviluppano modelli cosmologici primordiali. La estensione del Modello Standard, a parte questioni di bellezza e semplicità, è richiesta dai dati sulle masse dei neutrini e la matrice di mixing dei leptoni. Questa estensione sarà cruciale anche per definire le aspettative per LHC. Settori cruciali saranno: i) differenza fra la massa del mesone di Higgs e la minima scala compatibile con il Modello Standard (come indicato dai test di precisione della fisica

elettrodebole); ii) modelli del sapore nel contesto delle teorie di Grande Unificazione e/o di simmetrie orizzontali (con extra dimensioni spaziali); iii) implicazioni fenomenologiche della rottura della supersimmetria nel contesto di teorie di supergravità in extra dimensioni e di supercorde.

La installazione di macchine a  $\mu$ eNEXT permetterà un grosso passo avanti nei seguenti settori: i) calcoli di precisione della matrice CKM e analisi dei dati a BaBar, Belle e DAFNE; ii) studi del vuoto della QCD (deconfinamento, rottura della simmetria chirale) rilevanti sia per una comprensione del confinamento sia per lo studio di urti di ioni pesanti a Rich e LHC-ALICE; iii) studi sulla QCD a alta densità barionica e sviluppi sulla comprensione della materia stellare.

Gli studi di QCD perturbativa saranno importanti per: i) fenomenologia di precisione a LHC per la produzione di mesoni di Higgs, quark pesanti; ii) analisi dati a Rich e, in futuro, a LHC-Alice per studio della materia adronica a alta temperatura e in regime di saturazione.

Il settore astro-particellare sarà in grande sviluppo. La presenza di recenti dati di fotoni e particelle cariche di altissima energia permetterà importanti sviluppi nello studio dei nuclei galattici, dei meccanismi di accelerazione cosmica di particelle e possibili modelli di nuova fisica (tra cui violazione della simmetria di Lorentz).

In cosmologia vi saranno importanti sviluppi nello studio delle i) componenti dominanti l'universo (materia ed energia oscure); ii) storia termica dell'universo; iii) teorie inflazionarie; iv) rilevazione del fondo di onde gravitazionali generato nella fase inflattiva. Onde gravitazionali emesse in regime altamente non lineare (nella cattura di stelle da parte di buchi neri o nel merging di sistemi binari) saranno studiate insieme all'emissione da parte di stelle di neutroni.

Vi saranno importanti sviluppi nella fisica dei fasci radioattivi per lo studio delle strutture nucleari di nuclei esotici. Questi sviluppi porteranno nuove conoscenze sia nel settore tradizionale della fisica nucleare sia nello studio delle reazioni di interesse per la astrofisica come quelle che governano la nucleosintesi primordiale.

#### 1.4.2 I LUOGHI DELLA RICERCA

L'attività di ricerca si svolge presso le Sezioni e i Laboratori nazionali, e presso i più importanti laboratori stranieri o internazionali sedi d'attività analoghe.

L'attività sperimentale nelle Sezioni normalmente riguarda la preparazione e la conduzione degli esperimenti presso i laboratori, nazionali o esteri, con particolare riguardo all'analisi dei dati. Le Sezioni possono essere sede di esperimenti, normalmente basati su apparati di piccola mole, con un'importante eccezione: il caso dell'interferometro

gravitazionale italo-francese VIRGO, inaugurato nell'estate 2003, a Cascina presso Pisa. Nel 2000 l'INFN e il CNRS francese hanno costituito il consorzio EGO – *European Gravitational Observatory* – con sede a Cascina, quale struttura per ospitare VIRGO e future attività nel campo della gravitazione.

## I LABORATORI NAZIONALI

I Laboratori Nazionali di Frascati, sin dalla loro istituzione nel 1959, sono dedicati principalmente alla fisica subnucleare, studiata in particolar modo mediante anelli d'annichilazione elettrone-positrone. AdA, la prima macchina al mondo di questo tipo, è stata concepita e sviluppata proprio a Frascati. Ad essa succedette ADONE, che per molti anni ha rappresentato la frontiera dell'energia per quel tipo di macchine, consentendo di ottenere le prime indicazioni dell'esistenza della carica di colore dei quark. ADONE è stata anche per diverso tempo l'unica sorgente di luce di sincrotrone in Italia. Il funzionamento di ADONE è terminato nel 1993. Nel 1997, al suo posto, è entrato in funzione l'anello d'annichilazione elettrone-positrone DAFNE, intensa sorgente di coppie di mesoni K, con energia totale di 1GeV. Gli apparati sperimentali KLOE, FINUDA e DEAR vi studiano rispettivamente la violazione della simmetria materia-antimateria, gli ipernuclei e gli atomi mesici. Dal 2000 DAFNE opera a una luminosità senza precedenti alla sua energia di collisione. La macchina è anche un'interessante sorgente di luce di sincrotrone, in particolare nell'infrarosso. La divisione acceleratori del laboratorio è impegnata in due progetti internazionali di sviluppo di nuovi collisori lineari elettrone-positrone: TESLA, basato al laboratorio DESY di Amburgo, e CLIC al CERN di Ginevra. In tale ambito di ricerche si situa il progetto SPARC, finanziato dal MIUR, che costituisce anche un importante passo verso lo sviluppo di tecniche innovative per la produzione di radiazione X, mediante *Free Electron Laser* (FEL). Il laboratorio ospita anche NAUTILUS, un rivelatore ultracriogenico di onde gravitazionali. Una consistente parte dei ricercatori del laboratorio conduce esperimenti in altri laboratori, in Italia e all'estero.

I Laboratori Nazionali di Legnaro, presso Padova, furono istituiti nel 1968 per lo studio della struttura e della dinamica dei nuclei atomici. Essi sono dotati di un acceleratore Tandem e, dal 1994, di un acceleratore lineare di ioni, ALPI, basato su tecnologie superconduttive. Tali acceleratori attraggono una vasta comunità nazionale ed europea di ricercatori che vi conducono studi sulle collisioni fra ioni. Nel corso dell'ultimo decennio, i Laboratori hanno registrato importanti sviluppi tecnologici, ad esempio nella costruzione di cavità superconduttive, nella radiobiologia, nella scienza dei materiali. Da alcuni anni il laboratorio, in collaborazione con altre istituzioni italiane e straniere, è impegnato nello sviluppo di tecniche di produzione di fasci intensi di protoni, mirati non solo alla realizzazione di una futura infrastruttura per esperimenti di fisica nucleare, ma anche d'applicazioni in altri campi.

Tali sviluppi hanno portato all'approvazione, da parte dell'Istituto nel 2003, del progetto SPES, un acceleratore di protoni ad alta intensità, con energia di 40MeV. Il laboratorio di Legnaro, assieme a quelli di Frascati e del Sud, parteciperà alla realizzazione del progetto CNAO, il Centro Nazionale d'Adroterapia Oncologica di Pavia. Il laboratorio è anche sede per la preparazione d'esperimenti di fisica subnucleare e nucleare, condotti da gruppi INFN presso altri centri. Inoltre, esso ospita AURIGA, un rivelatore ultracriogenico di onde gravitazionali, che opera in coincidenza con analoghi rivelatori.

I Laboratori Nazionali del Sud, istituiti a Catania nel 1975, sono dedicati alla fisica nucleare con fasci di ioni leggeri e pesanti. Essi sono dotati di un acceleratore Tandem e di un Ciclotrone superconduttore, in funzione dal 1994, in grado di accelerare ioni pesanti sino a energie di 100MeV per nucleone. Il funzionamento del Ciclotrone è stato potenziato con la recente entrata in funzione di una sorgente di ioni, SERSE, con caratteristiche avanzate. L'attività sperimentale è rivolta allo studio delle collisioni tra ioni pesanti e si avvale di strumentazione d'avanguardia a livello internazionale, come quella costruita per gli esperimenti OUVERTURE e CHIMERA. È notevole la presenza di ricercatori stranieri. Nel 2002, il primo centro italiano di proton-terapia per la cura dei tumori oculari, CATANA, basato sull'uso del fascio di protoni da 60MeV del ciclotrone superconduttore, ha iniziato con successo il trattamento di pazienti, in collaborazione con i medici dell'Università di Catania. L'esperienza di CATANA costituisce la base per la futura costruzione di un centro dedicato, promosso dalla Regione Sicilia, e per la collaborazione dei laboratori alla costruzione del CNAO di Pavia. I laboratori hanno anche dato vita a un'importante attività applicativa delle tecniche nucleari ai Beni Culturali. Infine, da alcuni anni, i laboratori sono impegnati nel progetto NEMO, in vista della possibile realizzazione dell'osservatorio sottomarino europeo di neutrino-astronomia d'alta energia, nel sito a sud-est di Capo Passero. Il progetto NEMO è d'interesse anche per altre discipline e vede in particolare la partecipazione dell'INGV.

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso (L'Aquila), costituiti da tre grandi sale sotterranee accessibili dall'omonimo tunnel autostradale, sono operativi dal 1988. L'assorbimento della radiazione cosmica dovuto alla spessa copertura di roccia, le grandi dimensioni e le notevoli infrastrutture di base ne fanno il più importante laboratorio al mondo per la rivelazione di segnali deboli o rari, d'interesse per la fisica astroparticellare, subnucleare e nucleare. Il tema scientifico di maggior rilievo nel futuro del laboratorio, frequentato da molte centinaia di ricercatori da tutto il mondo, è lo studio dei neutrini d'origine naturale o artificiale, in tutti i suoi aspetti: fisici, astrofisici e cosmologici. In tale ambito spicca il progetto CNGS (*Cern Neutrinos to Gran Sasso*), in fase avanzata di costruzione al CERN di Ginevra, il cui primo fascio di neutrini muonici è arrivato ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso nell'agosto 2006. Altri temi d'elevato interesse

riguardano lo studio di processi rari di trasformazione di particelle e la ricerca dei costituenti della materia oscura. È notevole anche l'interesse d'altre discipline per l'infrastruttura sotterranea.

## I PRINCIPALI CENTRI D'ATTIVITÀ ALL'ESTERO

La naturale e sistematica tendenza verso la concentrazione delle ricerche di fisica subnucleare e nucleare presso grandi centri internazionali, dotati d'acceleratori d'energia e intensità sempre più elevate, ha gradualmente intensificato l'attività dei ricercatori italiani all'estero, a fronte della quale va considerata la notevole presenza di ricercatori stranieri nei laboratori nazionali. Ambedue gli aspetti sono inquadrati nell'ambito d'iniziative multilaterali di collaborazione scientifica tra enti di ricerca di Paesi diversi.

Il CERN, l'Organizzazione europea di fisica subnucleare e nucleare di Ginevra, fondato nel 1954, è oggi il più importante laboratorio al mondo di fisica delle particelle con acceleratori. L'Italia è tra i suoi maggiori Paesi membri e i gruppi INFN sono tra i partecipanti di spicco all'attività scientifica. Il 2000 ha visto la conclusione dell'attività del LEP, il *Large Electron-Positron collider*, che ha operato, fino all'energia massima di 209GeV, quale sorgente di dati per i quattro esperimenti ALEPH, DELPHI, L3, OPAL. Sono in fase avanzata di costruzione LHC, il *Large Hadron Collider*, che prenderà il posto di LEP nel tunnel di 27Km, e i suoi esperimenti ALICE, ATLAS, CMS, LHCb. Proseguendo nella tendenza già manifestata nelle ricerche a LEP, il progetto LHC del CERN ha assunto caratteri marcatamente mondiali, in particolare per la forte presenza e il rimarchevole contributo di risorse di Stati Uniti e Giappone. Di gran rilievo è anche il progetto CNGS, il cui fascio di neutrini illuminerà, a partire dal 2006, le sale sotterranee dei laboratori del Gran Sasso. Infine, in una prospettiva di lungo termine, il laboratorio è impegnato nello sviluppo di una tecnica innovativa per la realizzazione di CLIC, il *Compact Linear Collider* di fasci d'elettroni e positroni d'altissima energia.

Il laboratorio DESY di Amburgo è tra i maggiori centri mondiali dotati di acceleratori di particelle. Da anni vi è in funzione il collisore positrone-protone HERA, cui l'INFN ha contribuito con la costruzione di magneti superconduttori realizzati dall'industria italiana. L'Istituto è impegnato su HERA in una rilevante partecipazione a esperimenti di fisica subnucleare e nucleare. Nel 2001, DESY ha terminato la progettazione di TESLA, un collisore lineare elettrone-positrone d'energia fino a 1000GeV, frutto del lavoro di una collaborazione internazionale, con il decisivo contributo dell'INFN. Lo sviluppo della tecnologia di TESLA ha portato a quello di una nuova tecnica FEL, *Free Electron Laser*, per la produzione di fasci di luce coerente caratterizzati da estrema brillantezza e definizione temporale.



Il FERMILAB di Chicago, il più importante laboratorio statunitense, è sede del TEVATRON, il collisore protone-antiprotone di 2000GeV. La collaborazione CDF, con un'importante partecipazione italiana, ha colto nel 1994 un successo di rilevanza mondiale con la scoperta del quark t, la particella necessaria per completare la terza generazione di quark e leptoni, come previsto dal Modello Standard. Il TEVATRON costituirà la frontiera dell'energia della fisica subnucleare fino all'entrata in funzione di LHC.

Presso il laboratorio SLAC in California è entrato in funzione il collisore elettrone-positrone PEP 2, copiosa sorgente di mesoni B, presso cui è entrato in funzione l'apparato dell'esperimento BABAR per lo studio della simmetria materia-antimateria nei decadimenti dei mesoni B°. Nel 2001, BABAR ha osservato per la prima volta la violazione di tale simmetria.

Il Laboratorio TJNAF in Virginia vede l'INFN impegnato in diversi esperimenti dedicati allo studio delle collisioni su nuclei, d'elettroni e fotoni di alta energia.

Il Laboratorio ESRF a Grenoble (*European Synchrotron Radiation Facility*) è dotato di un fascio sviluppato dall'INFN dove sono studiate reazioni fotone-nucleo di alta energia.

## **2. RAPPORTO D'ATTIVITA' 2005-2006**

L'attività di ricerca dell'INFN si sviluppa nei seguenti settori:

- Fisica subnucleare
- Fisica nucleare
- Fisica astroparticellare
- Fisica teorica
- Ricerche tecnologiche e interdisciplinari.

In tale campo complessivo di ricerca, caratterizzato da estese collaborazioni internazionali, l'Istituto ha conquistato una posizione d'assoluto rilievo, che pone l'Italia alla pari dei maggiori Paesi europei. All'impegno scientifico e tecnologico, in ciascun settore, s'unisce lo sforzo teso al trasferimento di conoscenza verso il mondo produttivo e la società in generale.

Il rapporto d'attività contenuto in questo capitolo è quello presentato al CVI, il Comitato di Valutazione Interno dell'Istituto. Il relativo rapporto di valutazione è allegato in Appendice.

### **2.1 FISICA SUBNUCLEARE**

Le ricerche degli esperimenti di fisica subnucleare hanno lo scopo di studiare le particelle elementari le loro interazioni, con particolare attenzione alle verifiche sperimentali delle predizioni del Modello Standard delle interazioni fondamentali e alla possibilità di cogliere segnali di fisica che vada oltre quanto sin qui conosciuto. La verifica di gran lunga più attesa è la scoperta del bosone di Higgs, particella prevista teoricamente la cui rivelazione significherebbe un enorme passo in avanti verso la comprensione della struttura del microcosmo.

Per spingere la frontiera della conoscenza verso limiti sempre più ambiziosi, la sperimentazione in fisica subnucleare moderna utilizza apparati di grande dimensione e estrema complessità dove trovano applicazione le tecnologie più moderne nel campo dei rivelatori, dell'elettronica, dei sistemi di acquisizione dati e dei sistemi di calcolo. Le collaborazioni che partecipano alla costruzione di questi apparati sono composte da centinaia (a volte migliaia) di fisici provenienti da istituti e laboratori di tutto il mondo e rappresentano

degli esempi molto importanti di vera cooperazione internazionale. Queste collaborazioni sono inoltre dei preziosi punti di accumulazione dove i migliori giovani fisici di tutto il mondo possono venire a contatto acquisendo fondamentali esperienze di lavoro in gruppo ad altissimi livelli. In questo contesto i gruppi INFN partecipano con contributi di eccellenza, spesso figurando nei livelli decisionali degli esperimenti, in tutte le fasi del lavoro, dallo sviluppo tecnologico tipico della fase di proposta, passando alle varie costruzioni sino all'analisi dei dati.

## INTERAZIONI ADRONICHE

Presso il laboratorio FNAL (USA) è in funzione il Tevatron che fornisce agli esperimenti CDF e D0 fasci di antiprotoni e protoni che collidono alle massime energie tuttora disponibili in attesa dell'inizio delle operazioni a LHC. E' in corso ormai dal 2001 una campagna di raccolta dati che si ripromette di fornire entro il 2008 una luminosità integrata di circa 8 femtobarn inversi. Questa statistica permetterà a CDF dove la componente italiana ricopre ruoli vitali di proseguire la sua ricerca del bosone di Higgs oltre che affinare gli studi circa il quark top, scoperto dall'esperimento qualche anno fa, e studiare i parametri della violazione di CP. Nel corso del 2006 il funzionamento dell'acceleratore è stato eccellente ed è stato raggiunto il valore massimo della luminosità. L'analisi dei dati raccolti, grazie anche all'uso di un particolare meccanismo (di responsabilità INFN) che permette l'identificazione in tempo reale, e quindi la successiva catalogazione, di eventi rari derivanti da produzione di quark pesanti, hanno permesso a CDF di pubblicare risultati interessanti. Tra gli altri la misura della frequenza di oscillazione della  $B_s$ , un risultato di estremo interesse e da lungo tempo atteso. L'INFN è da più di 20 anni uno dei maggiori partner dell'esperimento (con circa 1/6 dei 600 partecipanti) e, oltre alle rilevanti responsabilità su molti dei rivelatori (quali il rivelatore di vertici al silicio) i ricercatori dell'INFN ricoprono anche importanti responsabilità nell'analisi.

La sfida della fisica delle particelle del ventunesimo secolo è rappresentata dalla sperimentazione all'LHC, in preparazione al CERN di Ginevra. Le interazioni protone-protone ad un'energia nel centro di massa di 14000GeV (quasi 10 volte superiore alle più alte energie ora disponibili) assicureranno una messe di risultati che apriranno le porte a un avanzamento ulteriore delle nostre conoscenze.

I dettagli della sperimentazione all'LHC rappresentano in tutti gli aspetti una sfida di dimensioni che non ha sinora precedenti, sia come complessità e dimensioni che come ampiezza delle collaborazioni.

I due grandi esperimenti ATLAS e CMS nel corso del 2005 e 2006 hanno praticamente terminato la costruzione dei propri complessi apparati e stanno nel vivo della loro

installazione nelle aree sperimentali. L'esperimento ATLAS ha completato con successo l'installazione delle otto bobine superconduttrici dei toroidi centrali, lunghe 25 metri (costruite sotto responsabilità INFN presso l'ANSALDO di Genova) e in questo momento esse sono fredde e pronte a essere messe in funzione. Altre parti di responsabilità INFN sono già completate, come nel caso del calorimetro adronico a tiles o quello ad Argon Liquido e sono anche esse state installate. Il rivelatore di muoni in cui i gruppi italiani hanno grande peso e responsabilità procede nella sua installazione sostanzialmente nei tempi previsti. CMS ha iniziato i test con il suo magnete centrale (anche esso costruito dall'ANSALDO) e il solenoide ha raggiunto con successo il campo di 4Tesla. Le attività di costruzione dei rivelatori di CMS sono anch'esse praticamente terminate ed è in corso la loro installazione. I fisici INFN rappresentano circa il 10–15% delle due grandi collaborazioni e ricoprono importanti incarichi di responsabilità.

Oltre ad ATLAS e CMS è in corso di costruzione anche l'esperimento LHCb che ha un set-up specializzato alla misura della violazione di CP nella fisica del B. La componente INFN è pienamente coinvolta nella costruzione dei rivelatori di muoni, un parte fondamentale di responsabilità italiana, così come importante è il contributo nella preparazione dell'architettura dell'elettronica che dovrà selezionare in modo veloce gli eventi di interesse.

Nel corso del 2005 è anche iniziata e ora continua la costruzione dell'esperimento TOTEM che si prefigge la misura della probabilità di interazione tra i due protoni all'energia del LHC e continua una tradizione che da sempre ha visto i fisici INFN in prima linea.

L'attività di costruzione è accompagnata da una intensa preparazione al computing che sarà necessario per fare fronte alla mole di dati che LHC fornirà; si stanno sviluppando tecnologie basate sulle griglie computazionali (GRID) che permetteranno di distribuire il carico su una rete mondiale di computer, anche tramite il progetto LCG ed anche in questo campo i laboratori INFN, primo tra tutti il CNAF di Bologna che sta costruendo un Tier1, stanno collaborando ai vari passi che vengono via via compiuti per mettere a punto e rodare le strategie di computing. E' in corso il processo di definizione dei centri locali (Tier2) che permetterà il compimento del progetto.

## VIOLAZIONE DI CP E DECADIMENTI RARI

Presso i Laboratori Nazionali INFN di Frascati è in funzione DAFNE, una macchina elettrone-positrone funzionante ad una energia nel centro di massa pari alla massa del mesone  $\Phi$ . Questa macchina si inquadra nel solco della tradizione INFN per questo genere di acceleratori: è infatti a Frascati che nacque la prima macchina elettrone-positrone al mondo, Ada (Anello di Accumulazione), antesignana di tutte le altre macchine di questo tipo (quali il LEP al CERN, PETRA e DORIS a Desy, DCI a Orsay, SPEAR e PEP a Stanford, TRISTAN

in Giappone e BEBPC a Pechino) che tanto hanno portato nel campo della fisica delle particelle. A Dafne è terminata quest'anno la presa dati dell'apparato KLOE che ha come obiettivo lo studio dei decadimenti rari della  $\Phi$  e dei mesoni K, lo studio della rottura di CP e il test della simmetria CPT. L'esperimento è il più complesso fra quanti operano in questo range di energia ed è di completa responsabilità INFN. Nel corso del 2005 la luminosità istantanea dell'acceleratore DAFNE ha frantumato ogni precedente risultato e ha quindi permesso il raggiungimento degli obiettivi dell'esperimento in termine di eventi raccolti. I risultati più importanti ottenuti sono nel decadimento  $K_{\mu 2}$ , nella slope del fattore di forma del  $K_{e 3}$ , la probabilità di decadimento del K lungo in due pioni con estrema precisione, la stessa per il K corto. Importanti risultati sono stati anche ottenuti nello studio della relazione di Bell-Steinberger e in generale nei test di meccanica quantistica.

E' in corso di completamento l'analisi dei dati raccolti dall'esperimento NA48 al CERN per lo studio dei decadimenti rari dei mesoni K e della violazione di CP. L'esperimento, con larga partecipazione INFN sia nella progettazione che nella realizzazione ed analisi, ha terminato con la presa dati e molte delle analisi più importanti. Tra i risultati più recenti c'è la misura della asimmetria nel decadimento del K in tre pioni carichi e del fattore di forma nel decadimento semileptonico con un muone del K.

Un collisore elettrone-positrone, PEP-II, simile ma ad energia più elevata di Dafne a Frascati, è in funzione presso i laboratori SLAC (USA). L'acceleratore PEP-II, funzionante alla energia nel centro di massa della particella  $\Psi(4S)$  e che ha raggiunto una luminosità istantanea pari a quattro volte quella di progetto, è una sorgente copiosa di coppie di particella-antiparticella B-antiB. Presso tale macchina è attivo l'esperimento BaBar che ha come oggetto di studio l'analisi dettagliata dei decadimenti dei mesoni contenenti quark b. L'esperimento, la cui componente INFN (pari a circa il 20% del totale) è responsabile di alcuni rivelatori fondamentali e che annovera anche il responsabile dell'esperimento, ha presentato risultati basati su circa 400 milioni di coppie B-antiB prodotte ed analizzate. Questo esperimento è stato in grado di portare a livelli di buona precisione la violazione di CP nel decadimento di queste particelle. Ricordiamo che queste asimmetrie nei decadimenti di particella-antiparticella sono di fondamentale importanza nella nostra comprensione della dinamica di evoluzione dell'universo in quanto potrebbero essere alla origine di quella piccola "anomalia" che, generando una prevalenza della materia sull'antimateria ha garantito la nascita dell'universo quale noi conosciamo oggi.

Nel corso del 2006 inoltre BaBar ha proseguito nel programma di misurare sebbene con diversa precisione tutti gli angoli del triangolo unitario, superando le più ottimistiche previsioni di inizio esperimento. Anche nel settore della misura dei lati del triangolo sono state fatte misure importanti tra le quali il decadimento radiativo indotto dall'elemento di

matrice  $V_{td}$  e il decadimento puramente leptonic del B. Inoltre BaBar scopre e studia sempre nuove risonanze adroniche non previste in alcun modello esistente contribuendo alla crescita di interesse per questo settore. BaBar anche nel corso del 2006 è stato l'esperimento più produttivo in termini di pubblicazioni scientifiche.

Nel settore dedicato ai decadimenti rari i ricercatori INFN stanno completando la costruzione dell'esperimento MEG. Questo esperimento, il cui inizio della campagna di presa dati è previsto per il 2007, ha come obiettivo l'identificazione del decadimento di un muone in un elettrone ed un fotone. L'identificazione senza ambiguità di questo decadimento, che violerebbe la conservazione del numero leptonic, sarebbe un segnale certo di esistenza di nuova fisica al di là Modello Standard.

#### DIFFUSIONE PROFONDAMENTE ANELASTICA

L'uso di leptoni quali sonde puntiformi tramite le quali indagare i dettagli della materia adronica si è sempre dimostrato uno strumento potente di analisi.

Presso i laboratori DESY di Amburgo la macchina HERA accelera e porta a collisione elettroni (o positroni) di circa 30Gev con protoni di circa 1000Gev. Il rivelatore ZEUS studia tali interazioni che possono arrivare ad elevatissimi quadrimpulsi trasferiti, corrispondenti ad indagare l'interno dei quark bersaglio con una risoluzione di circa  $10^{-18}$ cm. Al livello di tale risoluzione spaziale i quark appaiono puntiformi quanto gli elettroni, non evidenziando cioè alcuna struttura interna. Inoltre, in tali estreme condizioni l'intensità delle interazioni elettromagnetiche e deboli si equivalgono, seguendo esattamente l'andamento previsto dal modello standard. Nel corso del 2006 la campagna di presa dati è stata di grande successo. Il rivelatore migliorato con il microvertice al silicio di responsabilità italiana funziona in modo eccellente e importanti risultati di fisica, tra cui la misura delle sezioni d'urto di corrente carica polarizzate, lo studio della corrente neutra ad alto quadrimpulso trasferito e la produzione di leptoni isolati, sono stati ottenuti. Molte posizioni di responsabilità tra cui quella più alta di portavoce dell'esperimento sono affidate a fisici dell'INFN.

I muoni polarizzati sono invece impiegati dall'esperimento COMPASS, nella zona nord dell'SPS del CERN, per sondare, tramite urti su un bersaglio anch'esso polarizzato, la struttura di spin del protone. COMPASS ha terminato con successo l'installazione del nuovo sistema di lettura del contatore di Cerenkov che ha già dimostrato il suo eccellente funzionamento. Sono in via di pubblicazione i risultati sulla trasversità e sono disponibili i risultati aggiornati sulla polarizzazione del gluone nel protone.

### *Progetto strategico NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE (NTA)*

NTA riunisce in un unico progetto le principali attività innovative dell'Istituto nel campo della fisica e della tecnologia degli acceleratori.

Per i futuri collisori elettrone-positrone ad altissima energia questa attività si esplica nella partecipazione ai grandi progetti internazionali CLIC\_CTF3 e ILC (International Linear Collider), come pure nello studio e nello sviluppo di schemi innovativi per la realizzazione di flavour factories ad altissima luminosità.

Nel campo delle macchine adroniche, è proseguito lo studio e lo sviluppo di prototipi per acceleratori di protoni ad alta intensità. (HPPA), di sistemi innovativi di rimozione dell'alone ad LHC mediante cristalli (HCCC), e di dipoli rapidamente pulsanti (DISCORAP).

Infine la combinazione di un fascio ad alta brillantezza prodotto dall'iniettore SPARC e di un laser ad altissima potenza, hanno determinato la nascita di un progetto (PLASMONX), teso a realizzare una sorgente tunabile di raggi X tra 20 e 1000keV e per esperimenti di accelerazione di elettroni, mediante onde di plasma eccitate da impulsi laser.

Nel seguito è esposto il consuntivo per il 2006.

**CLIC Test Facility – CTF3** – Il progetto CTF3 consiste nella costruzione al CERN della test facility per dimostrare la fattibilità del collisore CLIC “Compact Linear Collider” ad elettroni e positroni di energia 3TeV nel centro di massa.

La collaborazione dell'INFN nel progetto prevede la realizzazione del sistema dei due anelli in cui avviene la moltiplicazione di frequenza della struttura temporale del fascio per la produzione del fascio pilota, detto Drive Beam. Nel biennio 2005–2006 è stato installato e messo in funzione sotto completa responsabilità dell'INFN il primo anello di ricombinazione, detto Delay Loop. E' stata ottenuta la ricombinazione di un treno di impulsi di elettroni, lungo 1.5ns e con una corrente di 3.5A proveniente dal Linac in 5 treni di impulsi lunghi 140ns con corrente e frequenza di pacchetti raddoppiata.

La caratterizzazione del fascio, iniettato ed estratto dall'anello con un deflettore a radiofrequenza, sono state realizzate sotto la direzione del gruppo INFN. E' stata verificata la struttura magnetica. La messa a punto della lunghezza di traiettoria per ottenere i treni di impulsi equispaziati alla frequenza di 3GHz è stata ottenuta con il magnete wiggler appositamente introdotto.

Nel 2006 sono state inoltre realizzate e installate dall'INFN le camere e i componenti da vuoto, inclusi i monitor di posizione del fascio della linea di trasferimento fra i due anelli

di ricombinazione. La linea di trasporto, inclusa la sezione dritta di iniezione in anello, è stata provata con il fascio di elettroni ed è in fase di caratterizzazione. L'attività è condotta dal gruppo di LNF.

**International Linear Collider (ILC):** Dopo la decisione unanime di scegliere la tecnologia superconduttiva per l'International Linear Collider, l'INFN, attraverso una partecipazione qualificata al GDE (Global Design Effort) di ILC, contribuisce alla definizione del progetto e della R&D necessaria per la sua realizzazione.

Inoltre, nel 2005-2006, l'attività tradizionalmente legata a TESLA\_TTF è stata focalizzata principalmente allo sviluppo delle tematiche di maggiore interesse per ILC: tecnologia dell'acceleratore e damping rings.

L'attività vede collaborare gruppi di LNF, LNL, Milano (LASA), Pisa, Roma Tor Vergata.

I gruppi INFN partecipano anche attivamente alla preparazione del "Reference Design Report" (RDR) di ILC, che verrà presentato alla comunità internazionale nel prossimo GDE meeting (IHEP, Pechino 4-7 Febbraio 2007).

*Tecnologia dell'acceleratore.* Con TTF, l'INFN ha sviluppato e realizzato con l'industria italiana alcuni componenti centrali della tecnologia che sono diventati parte integrante del disegno di riferimento di ILC, quali i criomoduli e i sistemi coassiali di accordo delle cavità. In questo periodo si è quindi proceduto all'ulteriore sviluppo e qualificazione di detti componenti e alla creazione di nuovi rapporti di collaborazione internazionale per la loro integrazione in ILC. Al sistema di accordo, detto Blade Tuner, è stata integrata la funzione veloce per compensare il disaccordo creato dagli alti campi pulsati mediante l'utilizzo di attuatori piezoelettrici operanti a 2K. Il gruppo si è anche fatto carico di seguire la realizzazione di due nuovi criomoduli, per DESY e Fermilab, realizzati su progetto INFN presso l'industria italiana. Questo ha permesso di completare la documentazione di riferimento in suo possesso e di consolidare la posizione dell'Istituto. L'elettronica del sistema dei WPM (Wire Position Monitor), sviluppato dall'INFN per misurare con precisione micrometrica i movimenti della massa fredda durante il raffreddamento, il riscaldamento e l'operazione, è stata implementata per la misura delle vibrazioni. I risultati hanno suggerito di applicare questa diagnostica a tutti i prototipi da costruire per ILC. Si è inoltre proceduto alla stesura di accordi con Fermilab, KEK, Cornell per sancire la proprietà intellettuale dell'INFN sui principali componenti di ILC da esso sviluppati e per rafforzare le competenze acquisite dall'industria italiana utilizzando risorse fornite dai laboratori stessi.

Pur avendo concentrato le risorse sui temi strettamente connessi a ILC, l'INFN ha anche mantenuto l'attività connessa alla produzione dei fotocatodi indispensabili al



funzionamento degli acceleratori sviluppati dalla collaborazione TESLA per DESY e Fermilab (TTF/FLASH, PITZ e A0). Questa riconosciuta competenza dell'INFN, unica a livello internazionale, darà frutti nei prossimi anni per la realizzazione dei cannoni RF necessari alle ILC Test Facilities di Fermilab e KEK, nonché per il Progetto XFEL che DESY sta promuovendo come progetto Europeo.

*Damping Rings (DR).* Il programma consiste in studi e simulazioni dei DR e nella realizzazione di prototipi di alcuni elementi critici per il progetto. La possibilità di effettuare misure sperimentali su DAFNE, offre una formidabile opportunità di validazione del lavoro di studio e di prototipizzazione. Tutta l'attività sui DR è pienamente integrata sia a livello europeo, con il coordinamento del work package di EUROTEV sui DR, sia a livello internazionale, con la partecipazione al "Global Design Effort" (GDE) come "Area System Leader" per il Damping Ring.

*Kickers.* Gli elementi più critici dei damping rings sono i magneti pulsati (kickers) d'iniezione ed estrazione. Infatti il tempo di salita e discesa dell'impulso dei kickers determina la distanza minima tra i pacchetti nei DR. Nella "Baseline Configuration" che è stata adottata per l'RDR, la lunghezza dei DR è di 6.7km e quindi per accumulare negli anelli da 2800 fino a 5600 pacchetti, necessari per ottenere la luminosità di progetto, la distanza tra i pacchetti deve essere di 3-6ns. La realizzazione di kickers rapidi con tempi di salita/discesa dell'impulso minore di 3ns costituisce uno dei principali temi di ricerca per i damping rings. La S3 Task Force, costituita dal GDE, che deve formulare un piano coordinato a livello internazionale per la R&D dei damping rings, definendo obiettivi e priorità, ha attribuito ai kickers rapidi la massima priorità.

Nel 2006 è stato realizzato nei LNF un progetto elettromagnetico per striplines con tempi di salita estremamente rapidi che soddisfa alle richieste di alta intensità, buona uniformità di campo e bassa impedenza per il fascio.

E' stato acquistato un impulsatore rapido e sono stati eseguite prove ad alta tensione su un prototipo di stripline. Questi test hanno dato risultati positivi per la geometria della strip che non dà origine a scariche fino alla massima tensione richiesta (50KV) ma hanno dimostrato l'inadeguatezza del passante da vuoto commerciale utilizzato.

E' stato perciò sviluppato nei LNF il progetto per un passante da vuoto adeguato. Il progetto meccanico dei kickers è stato realizzato e si sta espletando l'ordine per la costruzione.

*Wigglers.* L'effetto dei wigglers sulla dinamica dei fasci è uno dei temi fondamentali di ricerca per i damping rings di ILC perché hanno bisogno di una sezione di magneti wigglers lunga circa duecento metri per aumentare l'irraggiamento. Nel 2006 si è studiata, in

collaborazione con il CERN, la possibilità di modificare i poli dei wigglers di DAFNE, per ridurre le componenti non lineari del campo magnetico sulla traiettoria del fascio e migliorare l'apertura dinamica della macchina.

*Studi sull'instabilità e-cloud.* L'instabilità e-cloud potrebbe causare limitazioni sulla corrente massima o deterioramento dell'emittanza verticale del damping ring dei positroni. Sono in corso studi sull'instabilità e-cloud nell'anello positroni di DAFNE e in particolare nei wigglers.

*Preparazione Reference Design Report.* Sono state definite le specifiche del sistema RF dei damping ring, che deve avere prestazioni spinte, per rifornire il fascio della grande quantità di energia persa per irraggiamento, al fine di diminuire l'emittanza verticale. Il sistema RF è costituito da 20 cavità superconduttrici a 650Mhz e dai relativi sistemi di alimentazione, distribuzione e controllo. Per l'RDR è stato preparato uno schema del sistema con associata stima dei costi.

Sono state anche prodotte le specifiche del sistema di feedback rapido necessario per smorzare le oscillazioni coerenti del fascio nel piano trasverso (orizzontale e verticale) e longitudinale. Si prevede di usare un sistema di feedback digitale programmabile che sfrutta le tecnologie più moderne usate in anelli di accumulazione ad alta corrente come DAFNE e le B-factories.

*Sorgente di positroni Compton.* Per la produzione di positroni polarizzati per ILC è stato proposto da una collaborazione internazionale uno schema basato sui fotoni prodotti nell'interazione Compton tra una cavità laser e gli elettroni circolanti in un anello di accumulazione. Ai LNF è stata calcolata una struttura magnetica per questo anello che richiede un'alta densità dei pacchetti di elettroni ed è stato sviluppato un codice di simulazione per studiare la dinamica longitudinale in presenza dell'interazione tra il fascio e la cavità laser.

**PLASMONX** – Il Progetto Strategico PLASMONX ha avuto nell'arco del 2006 un forte impulso. E' stato commissionato alla Amplitude Technologies il laser FLAME (200TW) ed è stata avviata la costruzione del laboratorio HILL@LNF. Il laser si troverà così ad operare accanto al LINAC di SPARC, rendendo possibili esperimenti unici al mondo in cui l'interazione di pacchetti di elettroni e impulsi laser di alta brillantezza consentirà di studiare nuovi meccanismi di accelerazione ad altissimo gradiente di campo e di mettere a punto innovative sorgenti di radiazione X-gamma monocromatica e accordabile in frequenza. L'iniziativa si basa sulla collaborazione di gruppi INFN di Pisa, Milano e LNF.

Alle attività sperimentali sulle tematiche del progetto svolte nelle principali facilities europee dedicate ai laser super-intensi (LOA, CEA, RAL, IOQ-Jena) si sono affiancate quelle

condotte presso l'IPCF-CNR di Pisa, dove è da poco entrato in funzione un laser Ti:Sapphire a due fasci (2TW e 0.1TW) appositamente concepito per esperimenti su schemi innovativi di accelerazione a plasma.

I risultati sperimentali, pubblicati sulle principali riviste internazionali del settore e comunicati in numerosi convegni internazionali con relazioni su invito, riguardano principalmente la produzione di elettroni e protoni energetici in condizioni progressivamente più controllate e ripetibili.

Nella facility SLIC del CEA di Saclay si è impiegato un laser Ti:Sapphire da 10TW per studiare l'accelerazione a plasma degli elettroni utilizzando un gas-jet come bersaglio.

La facility dispone anche di uno specchio al plasma, che consente di portare il contrasto (impulso principale)/(pre-impulso) a valori elevatissimi (fino a  $10^{10}$ ). Alla fine si è riusciti a produrre pacchetti di elettroni (circa 0.1nC) molto collimati, da oltre 50MeV e assai spesso anche abbastanza monocromatici (a parte una componente a bassa energia 100-200KeV, facilmente separabile da quella a più alta energia).

Presso l'IOQ dell'Università di Jena (Febbraio 2006) è stato invece utilizzato un laser Ti:Sapphire i cui impulsi sono simili (per durata ed energia) a quelli del Ti:Sapphire da 2TW (FLAME probe) da poco installato a Pisa presso ILIL-CNR. Per questo motivo i risultati ottenuti sull'accelerazione degli elettroni e dei protoni sono particolarmente importanti, in quanto suscettibili di essere ulteriormente migliorati nel laboratorio ILIL di Pisa.

Si è ulteriormente sviluppata la collaborazione fra PLASMONX e altri progetti INFN (MAMBO2 e QFEL) a esso correlati, mentre è cresciuto il contributo di PLASMONX in FP7, aderendo alle iniziative europee CARE (Coordinated Accelerator Research in Europe), ELI (Extreme Light Infrastructure) e HiPER (High Power Experimental Research facility), con incarichi di coordinamento di Working Groups ("laser plasma accelerators" per ELI e "Science Infrastructure" per HiPER).

**DISCORAP** – L'esperimento DISCORAP è mirato alla costruzione entro il 2009 di un prototipo di dipolo superconduttore per il sincrotrone SIS300 della costruenda facility FAIR del GSI. Inizialmente il prototipo da costruire era quello presente nel baseline design ovvero un magnete per un campo magnetico di 6T lungo 2.9m e rampabile a 1T/s. Successivamente, in seguito agli studi effettuati nel corso del 2006 in INFN con DISCORAP, l'obiettivo indicato dal GSI è stato modificato in un dipolo curvo da 4.5T e lungo circa 7.8m (molto più performante per la macchina). Per questo magnete è stato effettuato uno studio di fattibilità insieme all'industria (ASG Superconductors), da cui è emerso che il dipolo curvo è ritenuto fattibile con una tecnica innovativa che potrebbe avere applicazioni in altre macchine. Lo sviluppo riveste un carattere di criticità (alte dissipazioni in regime variabile, geometria

curva), per cui è necessario costruire un modello di avvolgimento nel 2007. Nel corso del 2006 è stato anche sviluppato con il supporto della LUVATA di Fornaci di Barga un filo prototipo con filamenti di Niobio Titanio da 2.5 micron e matrice in rame manganese con buone proprietà di trasporto elettrico ( $2500\text{A}/\text{mm}^2$  alla temperatura di 4.2K e a un campo di 5T). All'attività partecipano gruppi di Genova, Milano e LNF.

**HCCC** – Si è inizialmente provveduto al dimensionamento ottimale dei cristalli di silicio utili alla pulizia dell'alone di fascio di LHC. L'attività sperimentale è stata finalizzata sia alla ottimizzazione e costruzione di cristalli di silicio per ottenere un channeling efficiente per particelle di alta energia, che alla preparazione dell'apparato sperimentale per i test sul fascio. Nel corso del 2006, una campagna di test condotta sul fascio dello SPS al CERN ha non solo verificato sperimentalmente l'effetto di channeling, con angoli di deflessione importanti ( $\sim 216\mu\text{rad}$ ), ma ha anche per la prima volta osservato la riflessione del fascio sul cristallo con una deflessione più modesta ( $10\mu\text{rad}$ ), ma con una grande accettazione angolare. Questo risultato è estremamente importante, perché promette un utilizzo efficace di questa tecnica nella rimozione dell'alone in LHC, senza di cui sarebbe impossibile raggiungere le performance di progetto della macchina.

Il lavoro è stato effettuato con la collaborazione di gruppi INFN di Ferrara, LNL, Perugia e Roma, assieme al CERN e gruppi russi.

**HPPA** – Il programma HPPA rappresenta un contenitore per lo svolgimento di alcune attività tecnologiche relative ad acceleratori di protoni ad alta intensità che sono state avviate nell'INFN con i programmi TRASCO/ADS del MIUR, proseguite nel corso di programmi del V e VI Programma Quadro (PDS-XADS, EUROTRANS ed EURISOL), e che hanno inoltre portato allo sviluppo di componenti utilizzati per programmi di valenza nazionale (esempio, sorgente e RFQ di SPES). Al programma partecipano gruppi di LNL, LNS, Milano e Napoli

Nel corso del 2006 il programma HPPA ha consentito ulteriori miglioramenti sulle sorgenti TRIPS/PM-TRIPS per aumentarne l'affidabilità e stabilità; la prosecuzione della progettazione e l'avvio della produzione di un tuner coassiale per le cavità TRASCO ellittiche a basso beta (con parziale supporto del programma CARE/HIPPI).

Inoltre, nell'ambito del programma quadriennale EURATOM/EUROTRANS del VI Programma Quadro, è iniziata l'attività di studio del layout del LINAC e la progettazione e realizzazione di un criomodulo per cavità di protoni ad alta intensità.

### *Progetto speciale SPARC*

L'INFN ha avviato, presso i Laboratori Nazionali di Frascati, la costruzione di una sorgente di radiazione coerente basata sul meccanismo FEL-SASE (*Free Electron Laser, Self Amplified Spontaneous Emission*).

Il progetto, denominato SPARC, (Sorgente Pulsata Autoamplificata di Radiazione Coerente) è stato approvato nel Giugno 2003 ed è stato parzialmente finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca sulla base di una collaborazione nazionale tra università ed enti ricerca: INFN, ENEA, CNR, INFN, Sincrotrone Trieste e l'Università di Roma "Tor Vergata".

L'INFN è responsabile della costruzione della sorgente di elettroni (foto-iniettore) in grado di produrre un fascio di elettroni da 150MeV, alta corrente di picco 100-200A e bassa emittanza: 1-2  $\mu\text{m}$ . Il fascio di elettroni ultrabrillanti sarà iniettato in un onduttore di 12m di lunghezza tale da consentire la saturazione del processo SASE.

Oltre ad essere il soggetto responsabile della costruzione dell'acceleratore, l'INFN ospita l'intero complesso Linac e Onduttore e linee presso i Laboratori Nazionali di Frascati.

Il gruppo SPARC-Acceleratore è costituito da ricercatori dell'INFN presso i LNF, Roma, Roma Tor Vergata, Milano, Lecce, e ha stabilito accordi di collaborazione con gli istituti di ricerca internazionali UCLA (Los Angeles, USA), SLAC (Stanford, USA), Desy (Germania) e nell'ambito del progetto EUROFEL approvato dall'UE con CEA (Francia).

Dalla data del finanziamento del progetto al 4 giugno 2004, l'attività sull'acceleratore ha completato il progetto dettagliato dell'acceleratore, la definizione dei costi, il programma temporale, milestones, l'avvio delle gare per l'acquisto dei maggiori componenti, lo sviluppo e i test di sottosistemi, la preparazione degli edifici, il progetto degli impianti tecnici ausiliari.

Il progetto del Linac è stato documentato con il rapporto "SPARC photo-injector, Technical Design Report" sottoposto alla valutazione del comitato dei Reviewers, e pubblicato sul sito web: <http://www.lnf.infn.it/acceleratori/sparc/>.

Nel 2005 sono stati realizzati gli impianti di potenza RF, l'intero sistema Laser per il foto-catodo, il cannone RF con relativo solenoide di focheggiamento, il sistema di sicurezza con controllo accessi in sala, e sono stati effettuati i primi test con il fascio di elettroni. Inoltre, è stata completata la costruzione del dispositivo "emittanzometro", disegnato e sviluppato interamente dal gruppo SPARC, e collaudato con successo presso la test facility PITZ a Berlino.

Nel corso del 2006 è stata portata a termine la caratterizzazione sperimentale del fascio di elettroni a bassa energia mediante l'emittanzometro, uno spettrometro etc. A partire da

dicembre 2006 è stata avviata l'operazione d'installazione della macchina che durerà fino ad aprile 2007.

### *Progetto speciale GRID*

L'INFN sta sviluppando le tecnologie GRID e le relative infrastrutture dalla seconda metà del 1999 (Progetto INFN GRID), il primo progetto di GRID Nazionale approvato in Europa. La GRID permette d'integrare e condividere al meglio risorse distribuite: Computers, Archivi di Dati e Applicazioni. Questo è ottenuto grazie a un insieme di servizi software (GRID Middleware) che si pensa possano essere utilizzati in futuro da tutte le applicazioni per e-Science, e-Industry, e-Business and e-Government nello stesso modo in cui il protocollo TCP/IP fornisce a scienza, industria, commercio e amministrazione un comune accesso a Internet.

Nel 2005-2006 INFN GRID ha continuato lo sviluppo di tutti le componenti dell'infrastruttura GRID in particolare:

- lo sviluppo del Middleware GRID e l'integrazione internazionale all'interno di vari progetti Europei che hanno realizzato un primo insieme di servizi GRID che già permette un'efficace condivisione di risorse distribuite; In Marzo 2006 è stato completato il progetto EGEE (Enabling Grids for E-science) di FP6 ha completato con pieno successo, come previsto, la prima fase di re-ingegnerizzazione e deployment del middleware (gLite) di seconda generazione basata sullo standard emergente dei Web Services. In Aprile 2006 è partito il nuovo progetto EGEE II in cui gLite è stato installato nell'e-Infrastruttura di produzione europea che attualmente include circa 200 centri di calcolo Europei, che rendono disponibili più di 30.000 processori e parecchi Petabyte di storage. E' un'e-Infrastruttura ormai usata quotidianamente con successo da numerose applicazioni, dalla Fisica delle Alte Energie alla biologia, dalle Chimica Computazionale all'Osservazione della Terra che regge ormai più di 50.000 jobs contemporanei che girano sui 200 siti e che è operata con un controllo suddiviso tra alcune Istituzioni una delle quali è l'INFN. In EGEE II l'INFN ha assunto la responsabilità del coordinamento di tutto lo sviluppo del middleware oltre a quelle tradizionali che riguardavano il Workload Management System, il tool per la gestione delle Organizzazioni Virtuali (VOMS), il sistema di accounting (DGAS) e la nuova interfaccia a Web Service del Computing Element CREAM. Tutte queste componenti sono ormai disponibili per l'uso quotidiano. L'INFN ha continuato a sviluppare e a mantenere la responsabilità della gestione Training Infrastructure GILDA sviluppata originariamente in Italia ed ora divenuta di uso comune per tutta l'Europa;

- la creazione di Standard Internazionali tramite le collaborazioni con vari progetti USA (Globus, Condor, GGF) per permettere un'interoperabilità delle GRID a livello mondiale;
- lo sviluppo nazionale del Middleware nelle aree non sufficientemente coperte dai progetti Europei con la continuazione dello sviluppo del Portale Genius, del sistema di Monitoraggio delle attività della GRID (GRIDICE), di uno Storage Element su file system parallelo (Storm) e di un sistema per la definizione di politiche generali per l'uso della grid G-PBOX. Tutte queste componenti sono ora pronte da usare;
- lo sviluppo dell'infrastruttura GRID INFN per partecipare prima di tutto alle attività del nuovo progetto del CERN per il calcolo a LHC (World-wide LHC Computing GRID) ma anche a quelle di analisi degli esperimenti in corso come Babar a SLAC, CDF etc. In questo periodo sono continuati i Data e Service Challenger del progetto WLCG in collaborazione con gli esperimenti a LHC che hanno permesso di dimostrare la sostenibilità per lunghi periodi di attività di trasferimento di dati dal CERN agli altri centri ad una velocità aggregata superiore a 1200Mbytes/s, valore che è vicino a quanto richiesto nelle prime fasi di produzione di LHC.

L'INFN ha continuato lo sviluppo del nuovo progetto GRIDCC, che mira a costruire una GRID per il controllo in real time di apparati remoti e contribuito con successo al progetto EU Core GRID che ha come obiettivo la R&D per una nuova generazione di servizi di middleware di più alto livello.

L'INFN ha inoltre promosso e sviluppato 8 nuovi progetti Europei approvati nel 2005/2006:

- OMII Europe che ha il compito di promuovere lo sviluppo di una release di middleware Open Source rispondente a stretti criteri di qualità e agli standard internazionali dell'Open Grid Forum.
- EU-Med, EU-China Grid e EU-India Grid coordinati dall'INFN che prevedono l'estensione dell'infrastruttura di EGEE rispettivamente ai paesi del Nord Africa e alla Cina
- Bio-infogrid, coordinato dal CNR in cui l'INFN ha la responsabilità tecnica del supporto per la costruzione di un framework per lo sfruttamento di EGEE da parte di applicazioni di bio-informatica
- ETICS, coordinato dal CERN che ha lo scopo di investigare e risolvere i problemi tecnici relativi all'integrazione delle repositories del software di EGEE in Europa e della New Middleware Iniziative ( NMI) in US

- EELA, coordinato dalla Spagna che prevede una collaborazione con alcuni paesi dell'America Latina per la realizzazione di attività congiunte sulla tematica delle Grid e a livello nazionale
- Cyclops coordinato dalla Protezione Civile Italiana che ha il compito di promuovere l'uso di gLite e dell'eInfrastruttura di EGEE all'interno della piattaforma per il 'Global Monitoring for Environment and Security' (GMES) che rappresenta lo sforzo coordinato a livello per portare i dati relative all'ambiente e alla sua protezione disponibili gli utenti.

E' stata sviluppata l'attività del progetto FIRB LIBI che ha l'obiettivo di costruire un laboratorio di bio-informatica nazionale basato sullo sfruttamento via grid di risorse di calcolo distribuite. L'INFN in questo periodo ha contribuito allo sviluppo di vari frameworks utili per lo sfruttamento dell'infrastruttura Grid per numerose applicazioni di Bio-informatica oltre a fornire tutti i servizi grid di supporto necessari.

E' stato fatto uno sforzo a livello nazionale per consolidare lo sviluppo, il supporto e lo sfruttamento del middleware di grid, reso disponibile come Open Source da numerosi progetti di sviluppo, in e-Infrastrutture per la ricerca e a livello Industriale e Commerciale. A questo fine l'INFN ha promosso nel 2005 a livello nazionale la creazione del Consorzio Omega (Open Middleware Enabling Grid Application) assieme ai maggiori Enti di Ricerca Italiani e a numerose Industrie.

La GRID nazionale è oggi una realtà in continua espansione grazie al progetto FIRB GRID.it che finisce nel Novembre 2006 ed altri progetti come S-PACI finanziati dal MIUR a partire dalla fine del 2002 . Nel progetto Grid.it come responsabile di Unità di Ricerca, l'INFN ha completato lo studio, la realizzazione e la messa in opera dei servizi necessari per dare supporto a diverse applicazioni scientifiche e per garantire il funzionamento di una infrastruttura GRID italiana che vede coinvolte: Astrofisica, Biologia, Chimica computazionale, Geofisica, Osservazione della Terra.

Attualmente l'INFN gestisce e opera con il contributo di altri Enti 24 ore al giorno per 7 giorni alla settimana questa grid di produzione nazionale per l'eScience (<http://grid-it.cnaf.infn.it>). Ad oggi questa conta 39 sedi e permette a 23 Organizzazione Virtuali di svolgere quotidianamente le propria attività di computing ed è integrata nell'e-Infrastruttura Europea di EGEE .Di fatto 25 delle 39 sedi sono anche sedi ufficiali di EGEE/EGEE II a livello Europeo. Per dare una stima quantitativa delle attività degli ultimi mesi si può notare che quasi mezzo milioni di jobs sono stati completati con successo nella grid di produzione INFN cioè circa 9000 jobs al giorno. L'INFN non solo gestisce i Servizi della Grid di produzione, ma anche la Certification Authority Italiana dell'INFN riconosciuta da 30 paesi e il



servizio di Certificazione e Pre-produzione dedicato al test e alla messa in funzione delle nuove componenti di EGEE o nazionali.

Recentemente la Grid italiana si è allargata includendo le risorse di calcolo rese disponibili dai nuovi progetti PON per le aree di obiettivo 1: COMETA in Sicilia, SCOPE in Campania, CYBERSAR in Sardegna e C@MPUS per l'ENEA.

### *Progetto speciale ELN*

Il Progetto ELN è un progetto speciale dedicato da molti anni allo studio di fattibilità di una nuova macchina adronica, del tipo protosincrotrone superconduttore, con parametri di energia e luminosità superiori a quelli di LHC di almeno un ordine di grandezza. Il Progetto ELN studia inoltre le molteplici implicazioni fisiche e tecnologiche di tale impresa. Le attività del Progetto ELN, che si articola su una vasta collaborazione internazionale, sono proseguite nel periodo 2005-2006 secondo le sue quattro linee guida: 1) studi teorici e fenomenologici sulla fisica a molte centinaia di TeV, a partire dai livelli di energia accessibili adesso o nel prossimo futuro (LHC); 2) studi teorici sul collider adronico, sui massimi livelli di energia ( $\sqrt{s} = 200 \text{ TeV} - 1 \text{ PeV}$ ) e luminosità ( $10^{34} - 10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); 3) R&D su cavità rf e magneti superconduttori di nuova generazione; 4) R&D su rivelatori di particelle innovativi, capaci di operare in condizioni estreme.

Di grande interesse sono stati i workshop tematici del Progetto ELN, svolti presso la Fondazione e Centro di Cultura Scientifica "Ettore Majorana" di Erice, su: "*Frontier Problems in Extreme-Energy Physics*" (2005), "*Physics and Applications of High Brightness Electron beams*" (2005), "*Physics of Hadronic Interactions at LHC with Nucleons and Nuclei*" (2005, ), "*An Upgraded LHC Scenario*" (2006). Tali workshop hanno messo in evidenza lo stato delle attività del Progetto in termini di problemi e obiettivi di fisica (interazioni p-p, p-nucleo e nucleo-nucleo ad altissima energia, fisica in avanti a LHC, dinamica di QCD a piccolo x, raccordo tra fisica dei supercollider, fisica dei raggi cosmici e fisica con fasci elettronici), di tecniche sperimentali di rivelazione e accelerazione di particelle.

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*[http://www.infn.it/csn1/esperimenti/esperimenti\\_2005\\_1.html](http://www.infn.it/csn1/esperimenti/esperimenti_2005_1.html)*

## 2.2 FISICA ASTROPARTICELLARE

La comprensione delle proprietà dei neutrini, la rivelazione diretta delle onde gravitazionali, l'identificazione dei costituenti della materia oscura e la spiegazione dell'assenza dell'antimateria nell'universo costituiscono obiettivi fondamentali alla frontiera della fisica e dell'astrofisica.

La scoperta delle oscillazioni dei neutrini implica che le loro masse siano diverse da zero. Questa scoperta ha dato notevole impulso a questo tipo di attività. Le oscillazioni sono state rivelate nei neutrini provenienti dal Sole (neutrini-elettronici), nei neutrini prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera (neutrini-muonici) e con neutrini artificiali prodotti in reattori o acceleratori di particelle. Tale fenomeno, previsto da Bruno Pontecorvo, è stato l'obiettivo di molti esperimenti INFN, come CHORUS, NOMAD, MACRO, GALLEX-GNO. Lo studio delle proprietà dei neutrini è tuttora una delle principali attività dell'Istituto. Ad Agosto 2006 è iniziata la sperimentazione con il fascio di neutrini artificiali prodotti al CERN di Ginevra e rivelati nel laboratorio del Gran Sasso (CNGS).

Un altro campo di attività in continuo sviluppo concerne lo studio dei raggi cosmici (origine, composizione, meccanismi di accelerazione) sia nello spazio che a terra. A Giugno del 2006 è avvenuto il lancio nello spazio dell'esperimento PAMELA per la ricerca di antimateria nei raggi cosmici. Questo è stato il primo esempio di apparato spaziale complesso con responsabilità diretta INFN. Nell'ultimo decennio sono state trovate molte sorgenti localizzate di fotoni di energia dell'ordine del TeV. Questa scoperta è all'origine del notevole sviluppo dell'astronomia delle altissime energie con l'utilizzo sia di fotoni che di neutrini.

La rivelazione diretta delle onde gravitazionali, previste dalla relatività generale, è una delle grandi sfide della fisica sperimentale contemporanea. L'INFN ha oggi la maggiore copertura al mondo di possibili segnali, avendo tre barre risonanti e l'interferometro VIRGO, in fase di messa a punto. Lo sviluppo di tali tipi di astronomia permetterà lo studio dell'universo nella sua interezza ed aprirà nuove frontiere nell'astrofisica.

Molti esperimenti astroparticellari prevedono tempi di misura molto lunghi: si tratta di veri e propri osservatori che ricercano fenomeni rari, che hanno origine al di fuori della terra: neutrini dal sole, particelle di origine cosmologica, esplosioni di supernovae, eventi rari nella radiazione cosmica ordinaria, impulsi di onde gravitazionali. In questi casi quindi la programmazione e l'effettuazione degli esperimenti procede in modi diversi da quelli tipici degli esperimenti agli acceleratori e richiede una grande flessibilità.

Le misure di eventi molto rari implicano sensibilità non ottenibili in presenza del rumore di fondo causato nei rivelatori da eventi indotti dai raggi cosmici: i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, che forniscono uno schermo adeguato ai raggi cosmici ordinari, sono la sede ideale per essi. L'elevato numero di fisici italiani e stranieri che operano nei LNGS dimostra il ruolo di punta di questi laboratori nelle ricerche in corso.

## FISICA DEI NEUTRINI

Gli esperimenti sulla natura dei neutrini sono concentrati principalmente nel Laboratorio Nazionale del Gran Sasso. Negli ultimi anni, alcune attività del Laboratorio sono state rallentate o fermate a causa di problemi relativi allo smaltimento delle acque. I lavori per la completa messa in sicurezza dei laboratori sono oramai quasi terminati.

Per meglio studiare le oscillazioni dei neutrini muonici è entrato in funzione, secondo i tempi stabiliti, il fascio di neutrini dal CERN di Ginevra al Laboratorio del Gran Sasso (CNGS). La messa a punto del fascio, che viaggia per 732Km, è iniziata nel giugno del 2006. La prima sperimentazione con gli esperimenti al Gran Sasso è iniziata a fine Agosto.

L'esperimento che ha sofferto di più dal rallentamento delle attività del Gran Sasso è BOREXINO dedicato ai neutrini solari. C'è grande attesa per i risultati di questo esperimento che può fornire importanti informazioni sulle oscillazioni dei neutrini solari. Lo scopo di BOREXINO è la rivelazione dei neutrini solari provenienti dal decadimento del Berillio. Tale esperimento può fornire informazioni molto importanti sulla natura delle oscillazioni dei neutrini essendo i neutrini del Berillio di energia nota. Nel 2006 è continuata l'attività di costruzione ed è stato completato il riempimento del rivelatore con acqua purificata. BOREXINO è stato in grado di identificare eventi originati dai neutrini prodotti a Ginevra.

Gli esperimenti previsti al Gran Sasso per rivelare i neutrini provenienti dal CERN sono due: ICARUS e OPERA. ICARUS è un rivelatore da 600 tonnellate di Argon liquido, è stato messo in funzione a Pavia ed attualmente è in fase di installazione al Gran Sasso. I problemi di sicurezza connessi alla sua installazione al Gran Sasso sono stati studiati accuratamente. Gli interventi necessari sono stati realizzati ed ora è ripreso l'assemblaggio del rivelatore. ICARUS 600 è il primo passo verso la costruzione di un rivelatore più grande che permetterà di avere informazioni molto importanti anche su molti altri problemi di fisica come ad esempio sul decadimento del protone.

L'altro rivelatore denominato OPERA è dedicato alla ricerca dei neutrini tau prodotti attraverso il fenomeno delle oscillazioni nel fascio di neutrini muonici dal CERN. Tale rivelazione costituisce un passo importante per capire completamente il fenomeno delle oscillazioni. Nel 2006 Opera ha completato l'installazione del rivelatore elettronico, entro i

tempi programmati, ed ha iniziato l'assemblaggio dei pacchetti emulsione -piombo. Sono iniziate le prime prese dati con il fascio di neutrini CNGS.

Dallo studio del fenomeno delle oscillazioni si misurano solo le differenze di massa al quadrato tra i diversi tipi di neutrino. Altri metodi sperimentali devono essere usati per la misura diretta della massa del neutrino. In Italia è stata sviluppata una nuova tecnica basata su calorimetri a bassissima temperatura per la misura dei decadimenti beta del Renio-187. Due esperimenti, MANU2 a Genova e MIBETA a Milano sono dedicati a questa attività. Uno sforzo notevole è stato fatto per portare le sensibilità di questi esperimenti nella regione di interesse per la misura delle masse dei neutrini studiando i problemi connessi con l'aumento della massa del Renio-187. Nel 2006 è iniziata la presa dati dell'apparato MANU2 che avrà una sensibilità per la misura della massa del neutrino dell'ordine di 2eV usando metodi calorimetrici.

#### RICERCA DI FENOMENI RARI

Un altro metodo per la misura della massa del neutrino è collegato alla ricerca del decadimento beta doppio senza neutrini, permesso se il neutrino e l'antineutrino coincidono.

Nel Laboratorio del Gran Sasso nel 2003 è entrato in funzione CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di ossido di tellurio, con massa totale di 40Kg. L'obiettivo principale dell'esperimento è la misura del decadimento beta doppio senza neutrini del tellurio, ma l'apparato si presta anche ad altre misure di fisica, in particolare allo studio della materia oscura. CUORICINO è il prototipo di CUORE, un grande rivelatore di 1000 cristalli di ossido di tellurio con massa totale di 770kg. L'obiettivo primario è la misura del decadimento beta doppio, con una sensibilità per la massa del neutrino dell'ordine del centesimo di eV. Nel 2006 CUORICINO ha continuato a prendere dati raggiungendo sensibilità significative a livello mondiale ed esplorando la regione di un possibile segnale osservato da un esperimento concorrente. L'esperimento CUORE è stato approvato dall'INFN, iniziando nel 2006 la costruzione dell'apparato criogenico.

Nel 2006, sempre al Gran Sasso e in collaborazione con gruppi tedeschi, è continuata la costruzione dell'apparato GERDA, per la ricerca dei decadimenti beta doppio senza neutrini in cristalli di germanio.

Il tema della materia oscura dell'universo è uno dei più affascinanti della fisica e l'astrofisica, ma anche uno dei più difficili da studiare. Al Gran Sasso l'esperimento DAMA ha evidenziato una modulazione stagionale di segnali di bassissima energia indotti su un rivelatore ultrasensibile costituito da 100Kg di cristalli ultrapuri di ioduro di sodio. L'osservazione è in linea con quanto atteso dal moto della terra intorno al sole, trascinata con

tutto il sistema solare attraverso il supposto mare di materia oscura presente nella nostra galassia. Un nuovo apparato con una massa di 250Kg, chiamato LIBRA, è entrato in funzione nel 2003 ed ha continuato a prendere dati nel 2006. I risultati di LIBRA saranno resi pubblici nel 2007 quando si avrà una statistica paragonabile a quella di DAMA

Nel 2006 è continuata inoltre la costruzione dell'apparato WARP per la ricerca della materia oscura usando come rivelatore argon liquido e utilizzando tecniche sviluppate per l'esperimento ICARUS. Dati molto interessanti sono stati raccolti da un prototipo di WARP da 2.5 litri, che ha raggiunto una sensibilità significativa anche a livello mondiale

Da ricordare infine l'esperimento LVD, sempre al Gran Sasso, per la ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi di supernove. LVD ha continuato regolarmente a prendere dati. LVD è inserito in una rete mondiale di rivelatori di collassi gravitazionali.

#### LA RADIAZIONE COSMICA IN SUPERFICIE E NELLE PROFONDITA' MARINE

I raggi cosmici sono stati scoperti più di un secolo fa, ma ancora molto si ignora sulla loro origine e composizione soprattutto ad altissime energie. A energie estremamente elevate sono necessari rivelatori di ampie dimensioni per avere un numero di eventi significativo. Un campo nuovo si è aperto lo scorso decennio con la scoperta di sorgenti localizzate di fotoni di energia dell'ordine del TeV e con la scoperta di inattesi fiotti di fotoni, associati a fenomeni di energia estremamente elevata: i cosiddetti "*gamma ray bursts*" la cui origine è ancora sconosciuta.

E' praticamente terminata la costruzione dell'osservatorio ARGO realizzato in collaborazione con la Cina a 4300m di quota nel Tibet. ARGO occupa una superficie di 6500m<sup>2</sup> coperti con i rivelatori RPC di costruzione italiana. ARGO è attualmente in presa dati e si occupa soprattutto dell'individuazione delle sorgenti di radiazione gamma e dei *gamma ray bursts*.

L'INFN ha partecipato alla costruzione di MAGIC, un grande telescopio Cerenkov alle Canarie, per il quale ha sviluppato e ha fornito le componenti del grande specchio da 17 m di diametro ed ha sviluppato il *trigger*. Questo telescopio, inaugurato nel mese di Ottobre 2004, nel 2006 ha preso una grande quantità di dati studiando in dettaglio molte sorgenti e puntando nella direzione di alcuni gamma-ray burst. L'analisi dei dati raccolti ha prodotto risultati molto interessanti sulle sorgenti di raggi gamma di energia superiore ai 100GeV.

Lo studio dei grandi sciami prodotti da raggi cosmici di altissima energia ( $>10^{19}$ eV) è continuato con l'apparato dell'esperimento AUGER, inaugurato nel mese di novembre 2005. AUGER si trova in Argentina e la costruzione è avvenuta da parte di una grande

collaborazione internazionale. L'INFN ha partecipato alla costruzione dei Cerenkov e dei rivelatori di fluorescenza.

Nello studio della radiazione cosmica di alta energia i neutrini hanno un ruolo particolare: sono molto meno assorbiti dei raggi gamma e derivano principalmente da fenomeni adronici. Per essere rivelati richiedono la costruzione di apparati di grandi dimensioni. Nel 2006 è iniziata l'attività di KM3NET: un progetto europeo per arrivare a un disegno di un rivelatore da 1 Km<sup>3</sup> nel Mediterraneo. In quest'ambito il progetto NEMO si propone lo studio dettagliato di un sito alla profondità di 3500 metri nel mare al largo della costa sud-orientale della Sicilia (Capo Passero). NEMO prevede la realizzazione e l'installazione di prototipi di rivelatori a Capo Passero. L'INFN sta procedendo alla stesura di un cavo per la trasmissione dei dati e la potenza elettrica.

Nel frattempo continua l'attività di una stazione di misura a 25km al largo di Catania ad oltre 2000 metri di profondità, inaugurata nel maggio 2005 usata, in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, anche per ricerche di fisica terrestre e di biologia.

L'INFN partecipa anche alla costruzione di ANTARES, un rivelatore analogo a NEMO ma di dimensioni ridotte al largo di Tolone in Francia.

## LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Lo studio dei raggi cosmici primari è ostacolato dall'atmosfera terrestre. Pertanto gli esperimenti per i raggi cosmici sono condotti nello spazio con palloni o satelliti, a parte le altissime energie che richiedono apparati molto estesi. Questi esperimenti sono condotti in collaborazione con le agenzie spaziali, in particolare con l'ASI.

Nel Giugno 2006 è stato lanciato dalla base di Baikonur (Kazakistan) ed ha iniziato la raccolta dati l'apparato PAMELA. PAMELA è un grosso spettrometro magnetico ad alta risoluzione che permetterà di individuare il tipo di particelle che lo attraversano, determinandone anche la carica e l'energia. L'INFN ricopre un ruolo guida in PAMELA, che vede la partecipazione di gruppi europei e statunitensi. PAMELA studierà il problema della scomparsa dell'antimateria nell'universo dopo il Big Bang, la composizione dei raggi cosmici di bassa energia e la materia oscura.

Le stesse tematiche scientifiche saranno affrontate anche da AMS, il primo spettrometro magnetico superconduttore nello spazio, caratterizzato dalla grande accettazione angolare e dalla accuratezza nella identificazione dei raggi cosmici primari. Una versione di AMS basata su un magnete permanente ha già volato sullo Shuttle nel 1998 in una missione che ha raccolto dati di grande interesse sulla radiazione cosmica primaria. AMS sarà installato

sulla stazione spaziale internazionale. La costruzione di AMS, nella quale sono fortemente coinvolti gruppi italiani per la realizzazione del tracciatore al silicio, del calorimetro elettromagnetico e del sistema di misura del tempo di volo delle particelle, è continuata regolarmente nel 2006.

L'INFN partecipa con le collaborazioni AGILE, prevalentemente italiana, e GLAST, a carattere internazionale, a due esperimenti su satelliti dedicati all'astronomia gamma. In entrambi i casi si fa un uso esteso delle tecnologie sviluppate entro l'INFN nel campo dei rivelatori al silicio. C'è complementarità nei due esperimenti perché AGILE sarà lanciato dall'India prima di GLAST e sarà dotato anche di un rivelatore di raggi X. AGILE ha subito dei ritardi a causa di problemi nell'espletamento delle operazioni doganali.

A dicembre 2005 - gennaio 2006 è avvenuto il secondo volo di CREAM, un esperimento su un pallone con voli di durata dell'ordine del mese con partenza dal Polo Sud, per la misura della composizione dei raggi cosmici nella regione di energie attorno a  $10^{15}$ eV.

#### LA RICERCA SULLE ONDE GRAVITAZIONALI

La rivelazione diretta delle onde gravitazionali è una delle grandi sfide della fisica sperimentale contemporanea. È opinione generale che la rivelazione delle onde gravitazionali da sorgenti cosmiche darà luogo alla nascita di una nuova astronomia. L'INFN ha oggi la maggiore copertura al mondo di possibili segnali, avendo tre barre risonanti e l'interferometro VIRGO.

Le barre, di cui due ultracriogeniche, operano in coincidenza tra loro e con le altre barre esistenti per ridurre la presenza di segnali spuri. In questo momento AURIGA EXPLORER e NAUTILUS hanno sensibilità, banda passante e stabilità mai raggiunte prima e sono in grado di garantire una presa dati continua, a differenza degli interferometri. La continuità della presa dati è necessaria per poter osservare fenomeni molto rari come l'esplosione di *supernovae* galattiche.

VIRGO, frutto di una collaborazione italo-francese, è un esperimento innovativo basato sulla rivelazione di spostamenti relativi di masse sospese distanti 3km, dovuti al passaggio di onde gravitazionali ed osservati tramite sofisticate tecniche interferometriche di raggi laser. L'apparato ha due grandi tunnel ortogonali che ospitano i bracci di un interferometro di Michelson. Dopo anni di sviluppo, esso costituisce, con i suoi due simili di LIGO negli Stati Uniti, lo strumento più avanzato per la ricerca di onde su una banda di frequenza che spazia da qualche Hertz a migliaia di Hertz.

Virgo è attualmente completato e sono state fatte le prime campagne di raccolta dati per usi scientifici, in coincidenza con gli interferometri LIGO e GEO (Germania). Per aggiungere

la sensibilità di progetto di VIRGO è necessario un attento lavoro di messa a punto dell'apparato. Tale lavoro sta avvenendo regolarmente secondo quanto programmato. È in atto un continuo programma di ricerca e sviluppo per migliorare le prestazioni dello strumento. Dall'inizio della fase di messa a punto la sensibilità è già migliorata di quasi sei ordini di grandezza nella banda centrale di frequenze.

Nuovi progetti sono allo studio per futuri rivelatori di onde gravitazionali. Essi per l'Europa dovrebbero fare capo a EGO, il consorzio costituito dall'INFN e dal CNRS francese per lo sviluppo della ricerca gravitazionale in Europa, che attualmente si occupa del completamento, del funzionamento e della manutenzione di VIRGO e della promozione della ricerca collegata allo sviluppo di nuovi rivelatori.

Nel 2006, infine, è continuata l'attività di ricerca e sviluppo per LISA, un rivelatore interferometrico spaziale costituito da tre satelliti disposti su un triangolo equilatero con lato di 5 milioni di chilometri. LISA sarà sensibile particolarmente alle bassissime frequenze (10-4 – 10-1Hz) ove vi sono migliaia di possibili sorgenti note (binarie galattiche), ma le sorgenti di maggiore interesse saranno quelle più esotiche come i buchi neri. L'attività attuale, in collaborazione con ASI, ESA e NASA è rivolta al lancio di un satellite dimostratore delle tecnologie usate in LISA, che dovrebbe avvenire nel 2009.

#### *Progetto speciale CNGS*

Il progetto CNGS, in collaborazione tra l'INFN e il CERN, consiste nella costruzione di una sorgente di neutrini agli acceleratori del CERN. Il fascio prodotto è indirizzato in direzione del Gran Sasso e raggiunge il laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 732 km. Nel 2006, rispettando la programmazione originale, è stata completata la costruzione del fascio ed è iniziata la messa a punto, ora in fase molto avanzata. Sono inoltre iniziate le prime campagne di raccolta dei dati rivelando i neutrini con gli apparati del Gran Sasso.

#### EGO

Il consorzio italo-francese EGO, tra INFN e CNRS, è volto a promuovere la cooperazione e lo sviluppo in Europa della ricerca sperimentale e teorica nel campo delle onde gravitazionali e della gravitazione in generale.

Il primo obiettivo del consorzio è il raggiungimento della sensibilità di progetto dell'interferometro VIRGO per l'osservazione delle onde gravitazionali.

Questa fase, praticamente completata per le alte frequenze, avrà una durata di qualche anno durante i quali è previsto che continuino i cicli di presa-dati scientifici.



## RICERCHE IN FISICA GENERALE FONDAMENTALE

Alcune attività sono relative ad esperimenti di fisica generale fondamentale. L'esperimento MAGIA si propone di fare una misura precisa della costante di gravitazione usando atomi singoli. La misura si basa sulle tecniche di raffreddamento atomico recentemente sviluppate. E' stata realizzata la fontana atomica necessaria per l'esperimento con cui sono state fatte delle prime misure di G, la costante dell'accelerazione gravitazionale, e sono state acquisite le masse campione di precisione su cui effettuare la misura.

L'esperimento PVLAS usa luce laser in un campo magnetico per la ricerca degli assioni, possibili particelle candidate per la materia oscura e per lo studio delle proprietà del vuoto quantistico. PVLAS ha trovato un interessante segnale di grande risonanza internazionale oggetto di studio accurato sia sperimentale che teorico.

Un altro esperimento per lo studio delle proprietà del vuoto è MIR, che si propone lo studio dell'effetto Casimir su specchi in moto. La costruzione di MIR è continuata nel 2006.

Infine l'esperimento GGG si propone una misura precisa dell'equivalenza della massa inerziale e di quella gravitazionale, per il momento con prototipi a terra e nel futuro con un esperimento dedicato su satellite.

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*[http://www.infn.it/comm2/schede\\_2006/index.htm](http://www.infn.it/comm2/schede_2006/index.htm)*

### **2.3 FISICA NUCLEARE**

Il programma sperimentale della Fisica Nucleare, nell'ambito dell'INFN, si concentra sullo studio delle problematiche attualmente di maggiore interesse a livello mondiale. Il lavoro svolto permette non solo di mantenere, ma anche di sviluppare ulteriormente la cultura nucleare ai più alti livelli, alimentando una formazione di altissima qualità. Progressi di rilievo sono stati ottenuti in tutti i settori di indagine: la struttura a quark dei nucleoni, la ricerca del quark-gluon plasma, la struttura dei nuclei e degli ipernuclei, la dinamica delle reazioni e l'astrofisica nucleare e interdisciplinare. L'attività sperimentale richiede sonde sia di tipo elettromagnetico, che adroniche, con energie che coprono un ampio intervallo di valori.

Lo studio dell'origine dello spin del nucleone in termini dei quark e dei gluoni costituenti si avvale di misure con bersagli e fasci di elettroni polarizzati. La sperimentazione con fasci di fotoni polarizzati sta fornendo dati per la verifica delle previsioni della QCD non perturbativa, attraverso misure di alta precisione che riguardano le proprietà delle diverse risonanze barioniche.

Le proprietà della materia nucleare in presenza di quark con sapore di stranezza, sono studiate con misure di produzione e decadimento di ipernuclei  $\Lambda$  che utilizzano fasci di K o il meccanismo di elettroproduzione.

L'impiego di ioni pesanti consente di affrontare, al variare della loro energia e della regione di massa, molteplici tematiche e frontiere della moderna fisica nucleare.

Le collisioni di ioni pesanti a energie ultrarelativistiche, danno accesso ad una importante transizione di fase della materia nucleare, che permette di passare da materia costituita da barioni e mesoni a quella costituita da plasma di quark e gluoni. Lo stato di "quark-gluon plasma", si ipotizza essere esistito al momento del big-bang e l'obiettivo è quello di riprodurlo in laboratorio.

Con ioni di energia intorno alle decine di MeV per nucleone, si produce, in laboratorio, la transizione di fase della materia nucleare da liquido a vapore e si studiano le sue proprietà al variare dell'isospin. Il notevole progresso nella comprensione delle proprietà di struttura del nucleo in condizioni estreme di isospin, energia e momento angolare è stato possibile grazie alla disponibilità di una grande varietà di ioni accelerati con energie attorno alla barriera Coulombiana. L'insieme delle molteplici informazioni ottenute sui diversi gradi di libertà del nucleo, consente di fornire una verifica molto stringente delle teorie a multiorbita del nucleo atomico.

Infine la disponibilità di fasci molto intensi, nella regione dei keV, permette l'esplorazione di reazioni nucleari di grande interesse nel campo dell'astrofisica, reazioni che permettono di verificare le previsioni di modelli che riguardano sia il sole che altre galassie.

L'attività sperimentale di cui sopra è in una fase di grande dinamismo produttivo, soprattutto perché può avvalersi di strumentazione molto sofisticata, sviluppata nell'ambito di collaborazioni internazionali e di una pluralità di acceleratori di ioni, con caratteristiche complementari, presenti nei Laboratori Nazionali dell'INFN e in Laboratori internazionali.

La qualità scientifica dell'intensa attività svolta, colloca il nostro Paese ai vertici nella competizione internazionale in Fisica Nucleare.

## IL PLASMA DI QUARK E GLUONI

L'attività di ricerca al laboratorio CERN nell'ambito dello studio delle interazioni di ioni pesanti ultrarelativistici, è proseguita con successo. Per quanto riguarda l'analisi delle misure a bersaglio fisso realizzate dalla collaborazione NA50, si sono ottenuti risultati interessanti sulla produzione dei mesoni "charmati" D e dei mesoni più leggeri  $\rho$ ,  $\omega$  e  $\phi$  che forniscono informazioni utili alla comprensione del fenomeno del ripristino della simmetria chirale. È stato analizzato con tutti i dati a disposizione dalle collisioni Pb-Pb, In-In e pA il

problema della soppressione anomala del mesone vettore  $J/\Psi$  e della sovrapproduzione di particelle con stranezza. Alla luce del confronto con i nuovi risultati teorici di Luciano Maiani et al, i risultati ottenuti danno indicazione sulla possibile transizione di fase al plasma di quark e gluoni.

Il principale impegno strumentale di questi anni in questo settore di ricerca è costituito dalla costruzione del rivelatore ALICE. L'obiettivo è lo studio dei prodotti delle interazioni tra nuclei pesanti al nuovo collisore LHC del CERN. L'apparato, alla cui costruzione lavorano più di 1000 ricercatori di 70 Paesi, dovrà essere pronto per la prima presa dati attesa per la fine 2007. L'Italia è fortemente impegnata nella realizzazione di molti sottomoduli la cui realizzazione ha portato a innovazioni tecnologiche di rilievo. Partecipano a questo esperimento risorse umane per circa 135 FTE, con importanti responsabilità nei comitati di gestione dell'esperimento. La costruzione del rivelatore di tempo di volo (TOF) per l'identificazione delle particelle cariche, è affidata ai gruppi di Bologna e Salerno che hanno realizzato un innovativo sistema basato sull'uso di camere RPC a multigap. Grazie agli sviluppi meccanici ed elettronici realizzati, i moduli sinora prodotti hanno tutti confermato prestazioni eccezionali in efficienza e risoluzione temporale già riscontrate nei prototipi.

Il sistema di tracciamento centrale (ITS), costituito da diversi tipi di rivelatori al Silicio, quelli di tipo PIXEL, Drift e Strip, ha raggiunto gli obiettivi di progetto stabiliti per questo rivelatore dell'apparato ALICE. Dopo aver completato con successo la fase di test e integrazione dei rivelatori a PIXEL, sono stati messi in opera i centri di montaggio e costruzione a responsabilità italiana. I rivelatori al Silicio a deriva e a strip sono in fase avanzata di costruzione e saranno installati insieme all'elettronica di Front End. Tutti i moduli del rivelatore Cerenkov per l'identificazione delle particelle di alto momento (HMPID), sono assemblati e montati così come i calorimetri elettromagnetici a zero gradi (ZDC), per la misura della centralità della collisione tra gli ioni ultrarelativistici.

È cresciuto notevolmente il coinvolgimento dei ricercatori italiani nello sviluppo del calcolo di ALICE che è basato sulle tecnologie GRID. In particolare è stato sviluppato un ambiente di analisi e produzione dei dati trasparente per gli utilizzatori in grado di elaborare e selezionare dati associati a eventi di alta molteplicità prodotti dalle collisioni tra ioni pesanti.

## LA STRUTTURA DEL NUCLEONE E DEGLI IPERNUCLEI

La sperimentazione con sonde elettromagnetiche presso i diversi laboratori europei (Francia e Germania) e americani, ha portato a progressi di rilievo nell'ambito dello studio degli adroni e della loro struttura a quark.

Informazioni sulla componente trasversa dello spin del nucleone sono state ottenute dalla collaborazione HERMES a DESY con misure indirette, che utilizzano fasci di elettroni polarizzati su bersagli di nuclei. Questi risultati rappresentano un punto di partenza importante per l'indagine futura che ha l'obiettivo di misurare direttamente la funzione di struttura trasversità. Lo studio di collisioni profondamente inelastiche di elettroni sulla materia nucleare alle energie di DESY (27GeV) ha portato a risultati d'interesse per la comprensione dell'adronizzazione e per le sue implicazioni nelle collisioni tra ioni pesanti.

La collaborazione AIACE al TJNAF (USA), dopo aver montato e messo a punto un nuovo contatore Cerenkov, ha realizzato una misura di alta precisione a piccoli momenti trasferiti con lo scopo di fornire una verifica stringente della regola GDH. Ha proseguito anche l'analisi di dati volti a studiare la possibile produzione di risonanze a multi-quarks.

Sempre al TJNAF la collaborazione italiana LEDA, che è stata responsabile della costruzione dei rivelatori Cerenkov e dei septi magnetici dello spettrometro ad alta risoluzione, ha realizzato una serie di misure di elettroproduzione di ipernuclei su bersaglio di nuclei leggeri, con lo scopo di ottenere informazioni sull'interazione N- $\Lambda$ .

L'attività dell'esperimento CTT, al nuovo acceleratore di Mainz, ha dato i primi risultati interessanti sul momento magnetico della risonanza delta attraverso il suo decadimento gamma e pione.

Le misure riguardanti la produzione di ipernuclei, attraverso la cattura a riposo di un kaone negativo con formazione dell'iperone  $\Lambda$ , fatte dalla collaborazione FINUDA ai LNF, hanno dato numerosi interessanti risultati. La spettroscopia ipernucleare dei nuclei leggeri studiati, ha raggiunto un livello di dettaglio e di precisione senza precedenti e si basa su misure accurate di produzione e di decadimento. È stato anche approfondito lo studio degli stati profondamente legati K-pp con lo scopo di capire l'origine del recente segnale trovato nello spettro di massa invariante. Il problema sull'origine di questo stato profondamente legato rimane attualmente aperto in quanto, la statistica ottenuta fino ad ora, non consente una risposta chiara a questo interessante fenomeno.

Sempre ai LNF, la collaborazione SIDDHARTA, ha portato avanti, secondo i piani stabiliti, la costruzione di un nuovo rivelatore al Silicio per misure di raggi X emessi da atomi kaonici. Il progetto ha come obiettivo una misura con una fortissima riduzione del fondo, al fine di determinare, con alta precisione larghezza e centroide dei raggi X d'interesse. Tale misura porterà informazioni di precisione sul potenziale kaone-nucleone.

Infine, continua con successo l'attività di R&D della partecipazione italiana alla costruzione del rivelatore PANDA che presso la nuova macchina di antiprotoni del GSI (FAIR) intende studiare, tra gli altri, problemi riguardanti la struttura di ibridi, la spettroscopia

del charmonio e degli ipernuclei con doppio lambda. È proseguita da parte della collaborazione PAX l'attività di R&D riguardante la possibilità di polarizzare gli antiprotoni.

## ASTROFISICA NUCLEARE

Negli ultimi anni i gruppi italiani hanno portato a termine numerose misure di sezioni d'urto nucleari fino ad energie tipiche dei processi stellari. I risultati, di assoluto valore internazionale, hanno un impatto importante sulla comprensione di diversi processi astrofisici. In particolare, le nuove informazioni permettono di migliorare i modelli interpretativi di fenomeni legati al Big Bang e alla nucleosintesi primordiale. Ciò è stato possibile grazie all'impiego di acceleratori elettrostatici dedicati (LUNA) e utilizzando l'apparato n-TOF per neutroni presso il CERN. Grazie allo sviluppo di nuove tecniche sperimentali (esperimento ASFIN2), è stato evidenziato l'effetto di "electron screening" nella misura della sezione d'urto a bassissime energie.

L'esperimento LUNA, installato nei laboratori del Gran Sasso, ha beneficiato della forte riduzione della componente di fondo generata dai raggi cosmici, che rende tale Laboratorio unico per le misure di sezioni d'urto nella regione fino al picobarn. È stata misurata la sezione d'urto della reazione  $d(p,\gamma)^3\text{He}$  nella regione del picco di Gamow del Sole ed è stata effettuata la prima misura diretta della reazione  $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$ , fino all'energia di 135keV.

Presso i LNGS, è attualmente installata la strumentazione per l'esperimento VIP, che si prefigge di fornire un test di alta precisione al principio di esclusione di Pauli, ricercando una transizione X anomala negli atomi di rame. Le misure realizzate ai LNF con questo apparato hanno già permesso di migliorare il limite attuale.

ERNA, presso il Laboratorio di Bochum, ha realizzato e messo a punto un separatore di massa che ha permesso di ottenere la prima misura diretta ( $E_{\text{cm}}=1.9-4.9\text{MeV}$ ), della sezione d'urto totale della  $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ , utilizzando la cinematica inversa. La reazione è di fondamentale importanza in quanto determina il rapporto C/O nella nucleosintesi. Infine, ASFIN ha misurato le reazioni  $^7\text{Li}(d,\alpha)n$  e  $^6\text{Li}(d,^3\text{He})n$  e ha iniziato una serie di misure con fasci radioattivi. Il metodo usato è quello indiretto (trojan horse), che permette di ottenere il fattore spettroscopico della reazione elementare e di stimare il potenziale schermante degli elettroni.

Lo studio di sezioni d'urto di cattura neutronica, in nuclei di interesse astrofisica, è stato condotto dalla collaborazione n-TOF al CERN che ha usato la facility per produrre fasci di neutroni di alta risoluzione energetica, per misure di precisione delle risonanze di bassa energia. Tra le ultime e numerose misure realizzate ci sono quelle relative ai nuclei  $^{139}\text{La}$  e

$^{90}\text{Zr}$  che hanno un numero magico di neutroni e svolgono la funzione di collo di bottiglia per il processo “s”. Le misure sull’isotopo radioattivo  $^{151}\text{Sm}$  sono invece cruciali per la comprensione della competizione tra i processi astrofisici “s” ed “r”.

## NUCLEI IN CONDIZIONI ESTREME: STRUTTURA E REAZIONI NUCLEARI

Il problema di comprendere come le proprietà di struttura dei nuclei evolvono o cambiano, quando questi ultimi sono prodotti in condizioni estreme di isospin, massa, spin e temperatura, è l’obiettivo della sperimentazione nel campo della spettroscopia nucleare e dello studio dei meccanismi di reazioni. La disponibilità di ioni pesanti in un grande intervallo di masse, ad energia attorno alla barriera coulombiana, consente di produrre nuclei con numero di protoni e neutroni anomalo rispetto ai nuclei stabili e di fornire loro, alti valori del momento angolare e di temperatura. I meccanismi più rilevanti e di interesse, che agiscono in queste circostanze di condizioni estreme, riguardano l’insorgere di una diversa struttura a shell, l’indebolimento della forza di pairing, il rafforzamento degli effetti di isospin e la transizione della materia nucleare da una fase di tipo liquido ad una di tipo gassoso. La sperimentazione in questo campo è condotta prevalentemente presso i Laboratori Nazionali di Legnaro e del Sud e, per aspetti complementari, presso laboratori europei e americani. I progressi delle tecniche sperimentali in spettroscopia gamma e per la misura dei prodotti di reazione, hanno permesso di ottenere una notevole mole di dati esclusivi, ad alta risoluzione. L’insieme di queste informazioni sperimentali, ha lo scopo di fornire una precisa verifica delle previsioni di modello sui diversi gradi di libertà del sistema nucleare a multicorpi.

Con lo spettrometro magnetico PRISMA ai LNL, accoppiato al sistema CLARA di rivelatori al Germanio, la collaborazione GAMMA ha proseguito la linea di ricerca recentemente delineata, che riguarda lo studio della struttura nucleare e delle reazioni di tipo profondamente inelastico. Le misure di alta precisione del decadimento gamma, con i rivelatori al Ge dell’apparato CLARA, e l’identificazione dei prodotti finali, con lo spettrometro magnetico ad alta accettazione angolare PRISMA, ha permesso di raggiungere nuclei ricchi di protoni o di neutroni, che si collocano in una regione prossima o sovrapponibile con quella raggiungibile con i fasci radioattivi. Risultati interessanti sono stati ottenuti sulla simmetria di isospin in nuclei speculari con  $N \approx Z$ , sulle simmetrie dinamiche in nuclei ricchi di neutroni, e sullo studio delle regole di selezione dei numeri quantici, nella regione di transizione ordine-caos. Al GSI, nell’ambito del progetto RISING, sono state condotte misure di spettroscopia gamma con fasci di ioni radioattivi di alta energia, prodotti per frammentazione, con l’obiettivo di studiare le proprietà di stati collettivi di interesse astrofisico. Inoltre, numerose misure hanno riguardato i fattori giromagnetici e la ricerca di stati isomerici in nuclei radioattivi.

EXOTIC, dopo aver portato a termine presso i LNL la costruzione della linea per la produzione di fasci esotici, ha misurato prodotti di reazione elastica di break-up del nucleo  $^{17}\text{F}$ , interessante in quanto ha la proprietà di avere un alone di protone.

Presso i LNS, dopo aver prodotto il primo fascio di  $^8\text{Li}$ , ad intensità prossime a quelle stimate, è in atto la messa a punto delle parti critiche della facility EXCYT, per migliorare la trasmissione e quindi l'intensità del fascio, nei vari punti di misura. Lo spettrometro MAGNEX, superata positivamente la fase di collaudo, ha permesso di condurre le prime misure di spettroscopia ad alta risoluzione relativamente a nuclei leggeri prodotti con i fasci stabili del Tandem. Questi esperimenti precedono la campagna sperimentale con fasci radioattivi.

Per quanto riguarda lo sviluppo di nuova strumentazione per la spettroscopia gamma con fasci radioattivi, è continuata l'attività di R&D sul prototipo del rivelatore al Ge, in vista della realizzazione di AGATA. Quest'attività si svolge nell'ambito di una vasta collaborazione europea e porterà alla costruzione di un dimostratore entro il 2007.

I campi di indagine nell'ambito della dinamica delle reazioni nucleari, riguardano diversi problemi di attualità. In particolare si concentrano sul problema dell'evoluzione del meccanismo della fissione, l'influenza dell'isospin nella diseccitazione di nuclei lontani dalla valle di stabilità, la transizione di fase nella formazione di sistemi nucleari caldi e i meccanismi di reazione in collisioni periferiche e semiperiferiche (dove si osserva una abbondante e veloce emissione di frammenti complessi). Il programma di ricerca, che richiede misure con molteplici combinazioni di fasci e bersagli a diverse energie, è portato avanti dalle collaborazioni ISOSPIN, FRIBS, NUCL-EX, FIESTA e N2P. Alcuni problemi di carattere tecnico agli acceleratori dei LNL, peraltro superati, hanno rallentato il programma scientifico previsto e la messa a punto dei rivelatori di trigger che consentono misure più esclusive. Le analisi che riguardano il decadimento della risonanza gigante di dipolo, a temperatura finita, hanno consentito una migliore comprensione dei meccanismi di smorzamento di questo modo collettivo e delle fluttuazioni termiche di forma associate.

Presso i LNS, la collaborazione ISOSPIN ha svolto una campagna di misure con l'apparato CHIMERA, ottenendo precise informazioni sui tempi di emissione di frammenti di massa intermedia, in collisioni periferiche. Le misure con l'apparato MEDEA hanno portato ad evidenziare, nella scomparsa del moto collettivo in nuclei caldi, un possibile segnale della transizione di fase liquido-gas. FRIBS ha prodotto, presso i LNS, fasci di frammentazione in volo alle energie intermedie, utilizzati poi per studi di frammentazione secondaria. Tra gli obiettivi dell'esperimento, si menziona lo studio del decadimento per di-protoni di stati eccitati del nucleo  $^{18}\text{Ne}$ .

Per quanto riguarda la sperimentazione presso la TAMU, condotta da N2P, sono state fatte le prime misure di test del set up finale per la produzione di elementi super pesanti caldi.

#### *Progetto speciale SPES*

L'attività relativa alla realizzazione della fase iniziale del progetto SPES è proseguita intensamente nel 2006, e ha portato all'installazione presso LNL della sorgente di alta intensità per protoni TRIPS (costruita a LNS). In fase molto avanzata è inoltre la costruzione dell'RFQ. E' stata completata la costruzione del prototipo di cavità superconduttiva di tipo Ladder. E' proseguita la progettazione della sorgente di neutroni per attività interdisciplinari (BNCT), sono stati individuati e commissionati i test necessari alla verifica del danneggiamento del bersaglio di produzione in berillio ad opera dei protoni. Sono inoltre in corso le opere di preparazione del sito, con la deviazione del canale di irrigazione che tagliava il territorio dei laboratori e la preparazione di strade ed infrastrutture. E' proseguita l'attività sperimentale in collaborazione con GANIL sul target massiccio per la produzione di neutroni per SPIRAL2.

Durante il 2006 la discussione sulla fisica e sull'articolazione del progetto ha condotto alla definizione di un sistema di accelerazione del fascio primario di protoni ottimizzato alla produzione di fasci di nuclei ricchi di neutroni conseguenti alla fissione dell'uranio. L'obiettivo è il raggiungimento di un tasso di  $10^{13}$  fissioni al secondo mediante l'utilizzo di un fascio di protoni di circa 40MeV, che colpisce direttamente un bersaglio di uranio impoverito. Il bersaglio consiste in una struttura composta da molti dischi di carburo di uranio (del diametro di circa 40mm) opportunamente spazati per facilitare lo smaltimento per irraggiamento della potenza di fascio e il rapido rilascio dei prodotti di reazione. Questo approccio consente la realizzazione a LNL di una "mid term facility", con prestazioni intermedie fra quanto attualmente disponibile ed EURISOL, con vantaggi in termini di efficacia economica, differenziazione e complementarietà con gli altri progetti europei.

E' in corso un esteso programma di ricerca e sviluppo per la caratterizzazione del bersaglio diretto, con la realizzazione di un prototipo in scala 1:5 per validare il principio di funzionamento, le caratteristiche termiche e le efficienze di estrazione degli isotopi prodotti.

E' stata messa a punto una tecnica per la misura dell'emissività ad alta temperatura, si sono prodotte diverse pastiglie in  $\text{LaC}_2$  e  $\text{ThO}$  di varie dimensioni ed è stata studiata la tecnica di carburizzazione, si sono definite le procedure di caratterizzazione delle pastiglie con metodi SEM e spettroscopia X, è stato studiato il contenitore del bersaglio e si sta procedendo all'emissione degli ordini per la realizzazione. Tutto questo lavoro è stato possibile grazie alla collaborazione con i Dipartimenti di Chimica e Ingegneria dell'Università di Padova, con il Laboratorio Materiali di Legnaro e Trento, con l'ENEA di Bologna. Dal punto di vista delle



collaborazioni internazionali è stata attivata una collaborazione con il Laboratorio di Oak Ridge per poter confrontare la tecnica proposta per il Bersaglio Diretto di SPES con le tecniche usuali in condizioni sperimentali tipiche per la produzione di fasci radioattivi ed una collaborazione con CERN-Isolde nell'ambito della Task3 di Eurisol-ds per lo studio e la caratterizzazione di bersagli diretti in UCx.

#### *Progetto speciale EXCYT*

Attualmente la facility EXCYT, che ha come obiettivo la produzione di fasci esotici leggeri ( $A < 60$ ) con il metodo ISOL, è completamente installata. È stato già prodotto un primo fascio di  ${}^8\text{Li}$ . Entro il 2006 è previsto il completamento del commissioning e il miglioramento della trasmissione per poter avviare la sperimentazione in fisica nucleare utilizzando come acceleratore il Tandem.

È in programma lo sviluppo di altri fasci da utilizzare per la sperimentazione di astrofisica e di reazioni nucleari.

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.infn.it/csn3/esperimenti2005.html>*

## **2.4 FISICA TEORICA**

La Commissione Scientifica Nazionale IV (CSN4) coordina l'attività di ricerca di oltre 700 ricercatori "full time equivalent" (FTE) che si svolge prevalentemente nell'ambito di circa 60 progetti di ricerca (Iniziative Specifiche) suddivisi nei seguenti settori:

- 1) Teoria di campo e teoria di corda;
- 2) Fenomenologia delle particelle;
- 3) Nuclei e materia nucleare;
- 4) Metodi matematici;
- 5) Astroparticelle;
- 6) Fisica statistica e teoria dei campi.

Gli FTE nel settore "Teoria di campo e teoria di corda" sono poco più di 200 mentre sono intorno a 100 quelli in ognuno degli altri settori.

Gli FTE sono costituiti da circa 100 dipendenti INFN, 350 professori o ricercatori universitari, 140 postdoc (80% italiani) e circa 250 dottorandi (conteggiati come 140 FTE). Si ha così che quasi il 40% dei ricercatori della CSN4 è costituita da giovani temporanei (dottorandi e postdoc). Il grande numero di postdoc e dottorandi (nel 2005 le tesi di dottorato

sono state oltre 80, quelle di laurea circa 200) mostra che l'attività di ricerca si svolge parallelamente a quella di formazione.

L'attività di ricerca è naturalmente svolta a livello internazionale. Il 50% delle risorse della CSN4 sono usate per collaborazioni internazionali (missioni, inviti e seminari di stranieri).

In particolare: i) ricercatori stranieri hanno visitato nel 2005 varie sezioni per un periodo di quasi 300 mesi; ii) il 60% degli articoli sono scritti con fisici stranieri; iii) accordi di collaborazione sono in atto con varie istituzioni (ITEP, JINR, IHEP-Dubna (Russia), MEC (Spagna), CPT-MIT (USA), ICTP, ECT\*...); iv) il progetto APE, concluso nel 2005, si è svolto in una collaborazione con varie istituzioni straniere: DESY-NIC (Zeuten), Università di Beaulieu (Rennes), Paris-Sud (Orsay) e Blaise Pascal (Clermond).

Ogni tre anni tutte le IS sono sottoposte a un giudizio internazionale e il risultato influenza la distribuzione delle risorse. La qualità scientifica delle ricerche è stata confermata dal rapporto al CVI e dalla valutazione triennale del CIVR (la CSN4 ha ottenuto il migliore risultato confrontato per la fisica con tutte le megastrutture e le grandi università).

#### PRINCIPALI SVILUPPI AVVENUTI NEL CORSO DEL 2005 E 2006

##### - RIORGANIZZAZIONE DELLE IS

Nel corso del 2005 e 2006 vi sono state le seguenti evoluzioni:

i) sono state spente 8 IS (su 64) al fine di creare maggiori collaborazioni in settori collegati;

ii) si sono formate 3 nuove IS su attività in forte sviluppo;

iii) è stato costituito il nuovo settore di "Fisica statistica e teoria dei campi", comprendente sia attività di ricerca fondamentale di interesse della CSN4 (anche se su aree al di fuori della fisica della particelle o nucleare), sia attività di tipo applicativo.

##### -apeNEXT

La disponibilità dei mezzi di calcolo, uno strumento essenziale per la ricerca teorica, è notevolmente aumentata grazie alle macchine apeNEXT. Esse sono state installate alla fine del 2005 in una unica sede, presso La Sapienza, in modo da concentrare la potenza di calcolo e da ottimizzare la gestione. Il progetto APE ha anche sviluppato connessioni veloci 3D per cluster di processori.

##### - ISTITUTO GALILEO GALILEI (GGI) PER LA FISICA TEORICA

Nell'autunno del 2005 si è tenuta la conferenza inaugurale e nel 2006 si sono svolti due programmi sulla fisica oltre il Modello Standard e sulla fisica di astroparticelle e cosmologia.

Per contribuire alla attività di formazione del GGI, la CSN4 ha fornito la possibilità ai dottorandi e borsisti di visitare il GGI e discutere o collaborare con i partecipanti ai workshop.

- LA SCUOLA DI PARMA PER DOTTORANDI DI FISICA TEORICA (SNFT)

La scuola è diventata internazionale nel 2006 e i corsi sono stati programmati in modo da sviluppare gli argomenti dei futuri programmi del GGI. Essa quindi contribuirà alla formazione di giovani INFN e stranieri che parteciperanno ai futuri programmi del GGI. Nel 2006 la scuola ha già contribuito alla preparazione di giovani ai programmi del 2007 del GGI.

- PREMIO SERGIO FUBINI

Premio Fubini per le tre migliori tesi di dottorato. La CSN4 ha istituito il Premio nel 2005 e nel 2006 si è svolta la seconda edizione. La grande maggioranza dei vincitori è attualmente impegnata in prestigiose università straniere.

-MONTECARLO WORKSHOP (MC@WS)

L'INFN è fortemente impegnato nella preparazione della nuova era di LHC. La complessità degli eventi a LHC sarà tale che, per poter fare scoperte, sarà necessario un ventaglio di conoscenze che comprendano:

- i) una serie di predizioni accurate nell'ambito del Modello Standard;
- ii) una serie di possibili scenari di fisica oltre il Modello Standard;
- iii) una comprensione dei vincoli e limitazioni dagli esperimenti.

E' chiaro che a questo panorama devono contribuire esperti di diversi ambiti, sia teorici sia sperimentali. Nel 2006 la CSN4 ha organizzato, insieme alla CSN1, un programma di workshop periodici dedicati alla preparazione degli strumenti (in particolare i programmi di Monte Carlo) necessari per la interpretazione dei dati a LHC.

Di questa attività di formazione di giovani teorici hanno beneficiato, per la maggior parte, istituzioni straniere, anche molto prestigiose, mentre pochi sono stati i posti disponibili in ambito INFN. Tra quelli disponibili nel 2005, solo il 12% è andato a teorici (a fronte di un rapporto del 26% in FTE). Tale anomalia è stata riconosciuta ma non riparata nel 2006.

SVILUPPO DELLE RICERCHE nel 2005 e 2006

TEORIA DI CORDA E DI CAMPI

Gli obbiettivi dei progetti di ricerca in questo settore sono mirati a:

- a) costruire di una teoria quantistica che comprenda anche le interazioni gravitazionali;

b) costruire una teoria delle interazioni fondamentali (deboli, elettromagnetiche e forti) che superi le limitazioni e inconsistenze Modello Standard;

c) capire il confinamento del colore in QCD, uno dei problemi più importanti per la comprensione delle interazioni forti.

In particolare vanno menzionati:

-dualità olografica tra teorie di corde e di gauge (AdS/CFT);

-modelli di teorie di campo quantistico ispirati da teorie di corde (D-brane, extradimensioni, compattificazioni di corde con flussi, spin elevati, spazi non commutativi...);

-applicazioni cosmologiche (cosmologia di pre big-bang, modelli inflattivi ispirate a teorie di corda);

-quantizzazione della relatività e buchi neri;

-dinamica non-perturbativa (istantoni, confinamento, rottura dinamica di simmetrie e supersimmetrie);

-aspetti non perturbativi in teoria di campo su reticolo tra cui vuoto di QCD e confinamento del colore, deconfinamento ad alta temperatura fermioni a densità finita, supersimmetria su reticolo.

In questo settore vi sono vari risvolti di interesse fenomenologico:

-fisica oltre il Modello Standard (CSN1 e LHC);

-cosmologia e evoluzione dell'universo (CSN2);

-dinamica di stelle ultradense (CSN2);

-urti di ioni pesanti (CSN3 e ALICE).

I massicci studi numerici sono fatti principalmente con computer APEmille e apeNEXT (installato dalla fine del 2005).

## FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE

Il quadro della fisica delle particelle si sta fortemente arricchendo. Alla base di ciò vi sono tre sviluppi: la prossima entrata in funzione di LHC; la serie di molto ricca di dati di fisica dei neutrini e di fisica dei quark pesanti a Babar, Bell, Daphne, Tevatron.

Le principali linee di ricerca teorica sono le seguenti:

- Modello Standard e oltre.

Fisica del bosone di Higgs, origine della scala elettrodebole, rottura della (super)simmetria, modelli con extra dimensioni, gravità alla scala del TeV.

- Fisica del sapore

Neutrini: massa, oscillazioni, mixing. Quarks: mixing, violazione di CP e di T, decadimenti rari dei mesoni, problema del sapore e di CP in modelli estesi;

- QCD perturbativa

Calcoli ad alti ordini perturbativi di processi a molti partoni e particelle elettrodeboli; risomministrazione di termini dominanti per distribuzioni di particelle pesanti (Higgs, W/Z, quark pesanti...), di multi-jet, correzioni non perturbative, limite di alta energia.

Programmi Monte Carlo per urti a corte distanza con la implementazione di risultati esatti ad alti ordini in QCD, di processi elettrodeboli e oltre il Modello Standard (modelli supersimmetrici, con dimensioni extra, buchi neri...);

- QCD e Modello Standard su reticolo

Calcolo delle masse di quark, di costanti di decadimento, di elementi di matrice della Hamiltoniana efficace debole per la fenomenologia del sapore.

QCD a temperatura finita (rilevante per urti di ioni pesanti a LHC-ALICE) e densità finite (rilevante per stelle ultradense). Studio di algoritmi per fermioni su reticolo (proprietà chirali, problema del doppio conteggio nei fermioni, algoritmi efficienti). I massicci studi numerici sono fatti principalmente con computer APEmille e apeNEXT.

-AdS/QCD

Questo è un nuovo sviluppo collegato con la teoria di campi e corde. Vari risultati si sono già ottenuti su proprietà di QCD a lunga distanza (spettro di massa, accoppiamenti e decadimenti per mesoni e barioni; potenziali tra quark pesanti; materia a temperatura finita, traiettorie di Regge e BFKL, urti ad angoli fissi...)

## NUCLEI E MATERIA NUCLEARE

Le ricerche teoriche di questo settore sono fortemente collegate con ricerche sperimentali della CSN3. Esse sono anche spesso collegate con ricerche in QCD nel settore di Fenomenologia.

Possono essere divise secondo le seguenti linee:

- Struttura nucleare

In particolare: nuclei leggeri e pesanti di tipo esotico, strutture con eccesso di protoni o neutroni. Eccitazioni collettive di sistemi a molti fermioni, pulsar superfluide e stelle di

neutroni, eccitazioni collettive di sistemi a molti fermioni, correlazioni di pairing in nuclei e materia nucleare con effetti di polarizzazione, applicazione allo studio del pairing nei nuclei ed in stelle di neutroni;

- Reazioni nucleari

In particolare: risonanze giganti in urti a energie alte e intermedie, spin isotopico nella transizione liquido-vapore, equazioni cinetiche relativistiche, Lagrangiana effettiva per sistemi lontani dalla regione di stabilità, equazioni del trasporto con quark, calcoli ab-initio per reazioni di sistemi a pochi fermioni, interazioni di nuclei con le sonde elettrodeboli;

- Collisioni tra ioni pesanti, plasma di quark e gluoni

Questo campo è attualmente in grande sviluppo soprattutto in vista della prossima entrata in funzione di LHC e l'esperimento ALICE dedicato alla fisica delle collisioni tra ioni pesanti ad altissima energia. In questa linea opera RM31, una IS istituita nel 2005 che ha riunito molti ricercatori attivi in diverse direzioni di fisica degli ioni pesanti. Le principali linee seguite sono: distribuzione di partoni in regime di saturazione, fisica dei jet (jet in collisioni pp and pA, jet quenching), produzione di particelle con stranezza, di quark pesanti e quarkonio, modelli di adronizzazione, idrodinamici e di trasporto, transizioni di fase della materia adronica a alta temperatura e densità. I massicci studi numerici necessari sono fatti con computer APEmille e apeNEXT.

#### METODI MATEMATICI.

Le ricerche di questo settore possono essere divise secondo le seguenti linee.

- Fondamenti della meccanica quantistica. Applicazioni per stati "entanglement" e possibilità di sviluppi in informazione quantistica;

- Geometrie non commutative con caratteristiche globali non banali (questo sviluppo è collegato alla teoria della corda), equazioni differenziali non-lineari in teorie di campo, modelli integrabili;

- Sistemi vincolati in teorie di gauge e relatività generale.

#### ASTROPARTICELLE

Le ricerche teoriche di questo settore sono fortemente collegate con ricerche sperimentali della CSN2. Esse sono anche spesso collegate con ricerche nel settore di Campi e corde e di Fenomenologia. Possono essere divise secondo le seguenti linee:

- Fisica dei neutrini: neutrini solari ed atmosferici, mixing ed oscillazioni, neutrini in modelli supersimmetrici e in cosmologia, doppio decadimento beta senza emissione di neutrini;

- Massa e energia oscura e problema della coincidenza cosmica;

- Universo primordiale: scenario prima del big bang nella cosmologia con la corda, inflazione e parametri cosmologici;

- Astrofisica nucleare: pulsar superfluide e delle stelle di neutroni e nello sviluppo di nuovi modelli;

- Sorgenti cosmiche e astrofisiche di onde gravitazionali: modellizzazione di sorgenti cosmologiche che emettono onde gravitazionali. Questi studi richiedono calcolo numerico intenso.

#### FISICA STATISTICA E TEORIA DEI CAMPI

Le tecniche usate sono quelle tipiche della teoria dei campi e spesso comportano massicci calcoli numerici. Questo settore comprende sia ricerche su aspetti fondamentali di interesse della CSN4, anche se estranei alla fisica della particelle o nucleare, sia ricerche di tipo applicativo che usano metodi della teoria dei campi. I ricercatori in questo settore hanno spesso ottenuto cospicui finanziamenti anche attraverso collaborazioni con biologi, medici e chimici, fisici della materia. Le principali linee di sviluppo:

- Teorie di campo a bassa dimensionalità, sistemi integrabili, modelli di spin;

- Vetri di spin, fenomeni critici per sistemi complessi. Reti neurali per applicazioni allo studio di sistemi fisici.

- Termodinamica fuori dall'equilibrio (rilevante per l'evoluzione dell'universo primordiale) e sistemi con interazione non locale.

- Sistemi biologici (genoma) studiati con metodi di teoria dei campi e tecniche computazionali.

- Sistemi turbolenti. In particolare, studio di particelle e campi trasportati dal flusso senza influenzarlo.

- Radiazione di sincrotrone e sistemi di elettroni fortemente correlati.

#### *Progetto speciale APE*

Il progetto speciale APE iniziato nel 1984, ha prodotto finora 4 famiglie di calcolatori paralleli di altissime prestazioni per il calcolo scientifico: APE, APE100, APEmille e apeNEXT.

Limitandosi per ragioni di spazio alle due generazioni più recenti, le macchine APEmille sono state installate nel 2000 in varie sezioni INFN e da allora utilizzate ininterrottamente. Macchine di questo tipo sono state installate anche presso Laboratori ed Università europee.

Le macchine dell'ultima generazione (apeNEXT) sono installate in un'unica sede presso la sezione di Roma. Questa concentrazione di risorse di calcolo è resa possibile dalla velocità delle attuali reti di comunicazione e razionalizza la gestione per mezzo di un unico "pool" di tecnici messi a disposizione da La Sapienza. Vi sono 13 macchine o torri. Ogni torre ha una potenza di picco teorica di circa 0.8Tflops ed è connessa ad un sistema host costituito da 5 PC e da un sistema disco da 1Tbyte. Oltre a queste installazioni vanno considerate quelle che di DESY/Zeuthen, e Bielefeld in Germania. Entro fine anno le due torri di Orsay saranno installate insieme alle torri INFN.

Il progetto APE è sviluppato in stretta collaborazione con fisici teorici che intervengono a tutti i livelli, dalla definizione degli algoritmi di calcolo alla architettura VLSI. Grazie agli sviluppi e alla disponibilità dei processori APE, fin dal 1984 con la prima delle famiglie di computer, i fisici teorici italiani mantengono una posizione scientifica di grande rilievo internazionale nel settore delle ricerche in teorie di gauge su reticolo, nei sistemi complessi, nello studio della turbolenza e più recentemente nella simulazione di sistemi biologici.

I membri del progetto APE rappresentano un bagaglio di conoscenze unico nell'Ente che va dalla progettazione VLSI di altissimo livello all'integrazione di apparati elettronici di grande complessità, dallo studio di algoritmi computazionali alla parallelizzazione di tecniche di simulazione di sistemi fisici complessi. Al gruppo iniziale, esclusivamente INFN, si sono aggiunti due laboratori tedeschi, DESY e il NIC di Zeuthen e tre istituzioni francesi, l'Université de Beaulieu di Rennes, l'Université de Paris Sud di Orsay e l'Université Blaise Pascal di Clermont.

Negli ultimi anni è iniziata una stretta collaborazione con la Exadron (che fa parte del gruppo Eurotech) inizialmente per la produzione di massa degli elaboratori, poi anche per attività di sviluppo e progetto, in particolare in ambito apeNEXT e apeNET.

In parallelo all'attività APE basata su componenti custom, è continuata anche l'attività del progetto APENet per lo sviluppo di interconnessioni veloci per PC commerciali con una topologia 3D toroidale usando il protocollo di trasmissione PCI-X. È stato testato con successo un cluster di 16 PCs (dual INTEL Xeon) interconnessi via apeNET su cui è stata misurata una velocità di trasferimento di circa 720MB/s (bidirectional send-recv) con una latenza complessiva inferiore ai 6 $\mu$ S (per buffer da 1KB) parametri prossimi al picco teorico.



Questo progetto rappresenta un travaso veramente significativo di conoscenze da un ambiente di ricerca verso possibilità di utilizzazioni commerciali (nell' ambito dei cluster di PC) anche di notevole rilievo economico.

#### ISTITUTO GALILEO GALILEI PER LA FISICA TEORICA

Il GGI (Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics) di Arcetri è stato inaugurato con grande successo internazionale nel settembre del 2005. La attività dei "Workshop", è iniziata nel 2006.

Gli argomenti trattati nel GGI riguarderanno la Fisica teorica delle particelle (in senso lato): theory of quantum fields and strings; phenomenology of the standard model and beyond; astro/cosmo-particle physics; statistical field theory and complex systems. Argomenti di Fisica Nucleari saranno possibilmente coordinati con ETC\*.

La attività consiste in 2 o 3 WS ogni anno, ciascuno di 2 o 3 mesi.

I partecipanti a ogni WS sono scelti tra i massimi esperti nel settore e sono invitati al GGI per un periodo lungo (circa un mese) con circa 20 presenti simultaneamente. Ogni WS è condotto in sede da tre o quattro partecipanti scelti tra i proponenti del WS. I dottorandi INFN sono incoraggiati a visitare il GGI, anche se per periodi limitati. Per essi si potranno organizzare lezioni introduttive. Anche se la attività è di fisica teorica, fisici sperimentali saranno sistematicamente invitati al GGI.

I WS del 2006, 2007 e 2008 sono stati scelti, rispettivamente, in aprile 2005 tra 8 proposti, in novembre 2005 tra 9 proposti, in ottobre 2006 tra 7 proposti.

I temi dei due WS del 2006 sono stati:

- New Directions Beyond Standard Model in Field and String Theory e
- Astroparticle and Cosmology.

Vi sono stati oltre 60 partecipanti di diverse nazioni (20-25% dell'INFN) che sono stati al GGI per circa 3 settimane. L'interesse internazionale per questi WS è evidenziato dal grande numero di richieste di partecipazione (ben oltre la disponibilità). La iniziativa di incoraggiare i dottorandi a visitare il GGI per periodi di 1 o 2 settimane ha avuto molto successo (per questioni organizzative soprattutto nel secondo WS). Essa ha trovato molto interesse anche tra gli organizzatori e partecipanti che hanno preparato serie di lezioni generali.

In connessione con la attività di formazione del GGI, la scuola di Parma per dottorandi teorici nel 2006 ha organizzando corsi sugli argomenti di due programmi che si terranno al

GGI nel 2007: “String and M theory approaches to particle physics and cosmology” e “Advancing Collider Physics: from Twistors to Monte Carlos”

## SVILUPPO E USO DI CODICI DI MONTE CARLO PER LHC

I fisici che da decenni studiano il Modello Standard (MS) e sue estensioni si attendono risposte sulla natura della rottura della simmetria elettrodebole, e su quale sia l'ambito di nuova fisica che può risolvere, o perlomeno alleviare, il problema della gerarchia. La forma sotto cui si presenteranno tali risposte a LHC non sarà tuttavia di facile interpretazione. Le misure di LHC saranno confrontabili con predizioni teoriche solo grazie ad una lunga catena di simulazioni, effettuate con programmi Monte Carlo di vario genere. Tipicamente, un modello di estensione del MS potrà essere confrontato con i dati di LHC seguendo i seguenti quattro passi:

- Generazione, sulla base degli elementi di matrice, di eventi elementari con emissione di pochi partoni;

- Gli eventi vengono completati con l'inclusione della radiazione di QCD attraverso uno Shower Monte Carlo. Ad ogni particella colorata il Monte Carlo finirà per associare sciami di diverse decine di adroni, trasformando l'evento elementare in un evento ad alta molteplicità e complessità;

- le particelle instabili decadono secondo i branching ratio del Modello Standard e della nuova fisica;

- Infine, l'evento teorico, prima di essere confrontato con i dati, dovrà essere filtrato attraverso un Monte Carlo che simuli la risposta del rivelatore.

Per quanto detto, è naturale che il linguaggio che le comunità di fisici teorici e sperimentali parleranno a LHC sia principalmente quello dei Monte Carlo. Vari teorici della CSN4 hanno una consolidata esperienza con programmi di Monte Carlo dal momento che sono stati e sono protagonisti nella costruzione e sviluppo di questi. Si pensi a: COJET, HERWIG, MC@NLO, TOPAZO, CKKW, ALPGEN, POWHEG...

Attualmente i programmi di Monte Carlo sono diventati uno strumento standard per i gruppi sperimentali. Tra i teorici solo quelli che si occupano di fisica dei collider sono esperti in Monte Carlo. E' però recentemente nato un forte interesse nei Monte Carlo da parte di esperti di stringhe e di fisica oltre il Modello Standard. Sembra quindi il momento che la competenza dei teorici si allarghi e che questa possa essere messa a disposizione dei gruppi sperimentali. Così, sia i teorici sia gli sperimentali avranno evidenti vantaggi.

Per questo la CSN4, in collaborazione con la CSN1, ha promosso una serie di workshop ([www.le.infn.it/mcws/](http://www.le.infn.it/mcws/)) che, dopo una fase di consolidamento nel 2006, si prolungherà negli anni. Tale iniziativa ha riscosso notevole interesse, sia da parte di teorici si sperimentali di ATLAS e CMS.

Nel 2006 vi sono stati tre workshop (27-28 febbraio, 22-24 maggio; 23-25 ottobre) nei LNF (Frascati) con quasi 90 partecipanti per workshop. Gli argomenti dei tre workshop del 2006 sono stati:

- Shower Monte Carlo: interfacciamento con calcoli al "tree level" e con calcoli al Next-to-Leading order (NLO)
- Matrix elements: programmi per la generazione di processi complessi; automatizzazione dei calcoli NLO; calcoli NNLO.
- SM e BSM a LHC: jets, gamma, W, Z, WW, WZ, ZZ e coppie t anti-t; processi oltre il modello standard (in special modo per  $L \leq 1\text{fb}^{-1}$ ).
- Caratteristiche e potenzialità dei detector ai fini delle simulazioni; studio e calibrazione dei detector con fisica del Modello Standard.

Da essi sono emersi i seguenti settori su cui lavorare:

- Definizione dei processi più "urgenti" da implementare negli Shower Monte Carlo al NLO. E' anche necessario rendere i nuovi codici utilizzabili dai gruppi sperimentali fin dall'inizio di LHC.
- Matching tra Matrix-Element e parton shower.
- Minimum Bias, la struttura dell'underlying event e i fenomeni di scattering multiplo.
- Procedure di "jet correction".
- Ricerca e attenzione particolare alle segnature e relativi background in processi BSM (confronta LHC Olympics).
- Uso del PGS (Pretty Good Simulator) per consentire a fisici esterni alle collaborazioni sperimentali di acquistare familiarità con i principali concetti utilizzati nell'analisi dei dati.

La formazione iniziale di piccoli gruppi di lavoro su temi specifici potrà servire da catalizzatore per lo sviluppo di collaborazioni tra fisici sperimentali e teorici sui problemi che emergeranno quando gli esperimenti saranno effettivamente in funzione. Occorrerà individuare gli strumenti adeguati per promuovere lo sviluppo di tali collaborazioni, in funzione delle particolari problematiche che emergeranno.

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.pv.infn.it/~radici/com4/summaries/ixx.html>*

## 2.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI

L'INFN conserva e rafforza nel 2006 la sua capacità innovativa e l'ottimo livello realizzativo che sono alla base della sua forza tecnologica promuovendo ricerche tecnologiche di dispositivi, materiali, tecniche e processi nuovi dedicati alla sua attività sperimentale. Le nuove frontiere della ricerca in fisica si raggiungono con esperimenti che sviluppano una maggiore sensibilità e precisione, migliorando la capacità di generare e rivelare i fenomeni più rari e significativi. Lo sviluppo di tecnologie e rivelatori nuovi avanzano insieme ed alcune misure diverranno possibili solo grazie all'impiego di tecnologie totalmente nuove. Nello stesso modo alcuni sviluppi tecnologici traggono stimolo dall'obiettivo d'impiego in futuri apparati sperimentali e successivamente, in applicazioni interdisciplinari, dedicate a settori che fanno uso delle tecnologie sviluppate altrimenti per le attività di ricerca dell'INFN.

### RIVELATORI

Nel 2006 si sta realizzando (esperimento COMPTON) lo scatter detector, basato su camere a deriva controllata in silicio, allo scopo di realizzare, all'interno di una collaborazione internazionale (IT,D,UK,USA), una Compton camera per imaging medico con risoluzione submillimetrica, capace di una sostanziale riduzione di dose dell'esame.

Rispondendo alle pressanti richieste di resistenza alle radiazioni e di riduzione dei materiali l'esperimento TREDI sviluppa tecnologie di fabbricazione e soluzioni progettuali per la realizzazione di rivelatori al silicio a struttura tridimensionale, sia a singola che a doppia colonna, e di rivelatori privi di zona morta al bordo.

La realizzazione di una camera GEM direttamente su di un chip CMOS, assemblando quindi un MicroPattern Gas Detector integrato (esperimento PIXILA), permette da una parte, di avere un prototipo di una nuova classe di rivelatori a gas con risoluzione spaziale simile a quella dei rivelatori a stato solido e dall'altra, di progettare la costruzione di un polarimetro per raggi X.

A proposito di tecnologie per gli esperimenti alle nuove macchine, l'esperimento SLIM5 si propone di sviluppare rivelatori di vertice di silicio sottili per applicazione in futuri esperimenti ad alta luminosità. Il programma presentato prevede di costruire un prototipo di microvertice affrontando anche le tematiche inerenti il problemi di meccanica, cooling e capacità di trigger di primo livello.

### ACCELERATORI

Nel 2006, continuano le iniziative di R&D connesse con il progetto SPARC e le tecniche di accelerazione a plasmi (PLASMONX). Terminano (esperimento MAMBO) gli

studi sul trasporto di fasci di raggi X monocromatici, ottenibili dal primo stadio di accelerazione di SPARC, per imaging biomedico in vivo. Oltre all'attività sperimentale dell'esperimento MAMBO di produzione di radiazione spontanea, con l'obiettivo di aumentare di due ordini di grandezza il numero di fotoni emessi, sono iniziati studi teorici (esperimento QFEL) sulla possibilità di emissione di raggi X coerenti.

Utilizzando la sorgente di luce infrarossa (SINBAD) dei LNF, l'esperimento PRESS-MAG-O studia la realizzazione di un magnetometro ultrasensibile per la misura contemporanea delle proprietà di dinamica magnetica e di magneto-ottica nella regione infrarossa su materiali sottoposti ad altissime pressioni (fino a 20 GPa) ed a basse temperature (fino a 2°K).

Si sono concretizzate le ricerche sulle tecnologie legate alle strutture acceleranti per terapia oncologica nel versante dello studio e progettazione di nuove macchine (progetto SCENT) e continua il lavoro dell'INFN con il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica.

#### APPLICAZIONI INTERDISCIPLINARI

Nel 2006, nel campo del studio dell'interazione della radiazione con la materia vivente, continuano e si consolidano i trattamenti di routine dei tumori all'occhio (CATANA - LNS) e si realizzano sistemi per misure di radiobiologia sulla International Space Station (esperimento SI-RAD).

Sempre nel campo dell'adroterapia, cercando di utilizzare gli acceleratori per radioterapia presenti negli ospedali, continuano (esperimento PHONES) gli studi per la realizzazione di una sorgente di neutroni, per BNCT (Boron Neutron Capture Therapy).

Nel campo della dosimetria si stanno studiando gli effetti biologici della radiazione di fondo sull'attività di cellule staminali, cellule differenziate e micro-organismi osservando gli effetti biologici delle basse dosi e del basso rate (esperimento CRIORAD).

Gli esperimenti FLUKA2 e GEANT4 continuano il lavoro riguardante i nuovi progetti per la fisica delle interazioni fondamentali e contemporaneamente realizzano simulazioni degli effetti biologici della radiazione ionizzante sull'attività cellulare. Sono iniziati studi sui farmaci virtuali, sulla possibilità di realizzare una popolazione cellulare virtuale come modello per gli studi cellulari sulle neoplasie (esperimento VBL) ed infine sulla modellizzazione dell'attività nervosa (esperimento TIRESIA).

#### LABEC

L'acceleratore Tandetron da 3MV, principale attrezzatura del laboratorio, ha già raggiunto nel biennio 2005-2006 una buona operatività per entrambi i filoni di attività per i

quali è stato progettato e costruito, cioè 1) la spettroscopia di massa con acceleratore (AMS) per le datazioni col metodo del  $^{14}\text{C}$ , e 2) le analisi con fasci ionici (tecniche IBA) per la determinazione di composizione di materiali (sia in ambito beni culturali che per altri scopi, quali lo studio dell'inquinamento atmosferico o in problemi petrografici o vulcanologici).

Per quanto riguarda la AMS, nel biennio 2005-06 è stato innanzitutto fortemente potenziato il laboratorio di preparazione dei campioni (pretrattamenti dei reperti da datare, loro combustione e successiva grafitizzazione per poterli inserire nella sorgente dell'acceleratore allo scopo di misurarne la concentrazione del  $^{14}\text{C}$  usando il Tandem come spettrometro di massa). Attualmente quattro linee di grafitizzazione operano in parallelo.

Sono stati inoltre stabiliti stretti legami di collaborazione con gruppi di archeologi per datazioni di reperti preistorici, etruschi, egiziani, medioevali, collegate a numerose campagne di scavi. Il numero di date prodotte con AMS nel biennio (tutte a partire da campioni preparati presso lo stesso LABEC) è di oltre trecento (tendenza in aumento negli ultimi mesi).

Da segnalare la partecipazione ai test internazionali di interconfronto fra i laboratori di datazione con radiocarbonio (campagna denominata VIRI = V International Radiocarbon Intercomparison): i risultati del LABEC su tutti e quattro i campioni del test si sono collocati entro molto meglio di una standard deviation dal "consensus value" (definito dalla media dei risultati dei migliori laboratori mondiali). Si tratta di un risultato che colloca LABEC a un livello di riconosciuta eccellenza internazionale.

Per quanto riguarda le tecniche IBA, nel biennio è stato completato l'allestimento di cinque linee di fascio dell'acceleratore, con le quali si sono effettuate un gran numero di misure applicative. Nel settore dei beni culturali, sono stati rafforzati i legami operativi con l'Opificio delle Pietre Dure, che ci ha richiesto analisi di numerose opere: fra quelle di maggior rilievo, le misure sul ritratto Trivulzio, di Antonello da Messina, che hanno permesso di mettere in evidenza – nel corso di numerose sessioni di test presso il LABEC – sia i materiali impiegati dal Maestro che le sue particolari tecniche pittoriche; le misure su quattro tavole di Andrea di Bartolo, su un disegno di scuola di Leonardo e su uno del Mantegna; quelle sulle paste vitree di tessere musive dagli scavi di Villa Adriana. Tutte le misure sono state svolte in maniera totalmente non invasiva e senza prelievi, grazie alle metodologie innovative (messe a punto presso il LABEC nel biennio) quali la PIXE differenziale e le mappature composizionali tramite scansione di microfascio di protoni (entrambe effettuate col fascio esterno, cioè senza necessità di collocare l'opera in vuoto). In altri settori applicativi, grande importanza hanno avuto le estese campagne di misura sulla composizione delle polveri fini in atmosfera ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_1$ ), effettuate in collaborazione con la Regione Toscana e altri enti di tutela ambientale.

## MEMS

Questo progetto si basa su una convenzione tra l'INFN e la Provincia Autonoma di Trento che punta sulle potenzialità tecniche dell'ITC-IRST per lo sviluppo di tecnologie MEMS di interesse INFN. Nel 2006 sono stati raggiunti importanti risultati tecnico-scientifici, e in particolare sono stati sviluppati, per la prima volta con tecnologia puramente italiana, un nuovo tipo di rivelatori di luce, i Silicon Photomultipliers, in grado di rivelare bassissime intensità luminose.

Oltre a questo sviluppo l'attività del Progetto MEMS ha visto altri tre progetti pilota quali:

- Rivelatori di particelle 3D
- Rivelatori criogenici a silicio spesso (circa un cm)
- Microbolometri per esperimenti di fisica e cosmologia

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.infn.it/csn5/pagine/high.php>*

## 2.6 ATTIVITÀ DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE

### LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

Le attività dei Laboratori Nazionali di Frascati, sia in sede che presso i principali Laboratori esteri e nazionali, riguardano la progettazione e costruzione di acceleratori, la ricerca sperimentale e teorica nella fisica delle particelle elementari e della cosmologia, lo studio delle applicazioni tecnologiche, le applicazioni della luce di sincrotrone.

La macchina DAΦNE è un moderno collider ad elettroni e positroni ad altissima luminosità (fino a  $5 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) specificatamente ottimizzato per lavorare all'energia del mesone  $\Phi$  (1020MeV nel centro di massa), producendo in tal modo fasci estremamente puri di K carichi e neutri. Durante il 2005-6 la luminosità istantanea ha raggiunto  $1.4 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , l'esperimento KLOE ha superato i  $2.5 \text{ fb}^{-1}$  di luminosità integrata ed è stato rimosso dalla macchina e la sua fase di analisi dei dati continuerà per vari anni ancora.

Oltre alla sperimentazione su DAΦNE, l'attività di ricerca interna si sviluppa in fisica teorica, nella fisica delle onde gravitazionali (antenna ROG) e nelle tecniche di accelerazione per elettroni.

L'antenna gravitazionale "Nautilus" è stata ed è in presa dati continua. Si prevede di continuare la sperimentazione per i prossimi anni. Attualmente è in funzione in coincidenza con gli interferometri LIGO e VIRGO. L'analisi dati è continua.

Nel corso del 2006 è stato messo a punto e provato il foto iniettore dell'esperimento SPARC, un laser ad elettroni liberi di luce verde.

L'attività esterna si esplica nelle partecipazioni dei gruppi sperimentali dei Laboratori ad esperimenti al CERN (ATLAS, DIRAC, LHCB), negli USA a Fermilab (CDFII, E831), a SLAC (BABAR), a CEBAF (AIACE), in Germania a DESY (HERMES), in Francia a Grenoble (GRAAL). Altrettanto importante è il contributo presso altri Laboratori dell'INFN (OPERA, ICARUS e NEMO) e alla rivelazione dei raggi cosmici nello spazio (WIZARD, AMS).

Nel corso del 2006 è stato fatto un grande sforzo per il completamento e il montaggio dell'esperimento OPERA nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Altrettanto importante è stato l'impegno per il completamento della costruzione e il montaggio degli esperimenti LHC-b e ATLAS al CERN.

Continua l'attività di ricerca in fisica teorica, dalla fenomenologia all'astrofisica, alla fisica matematica. Ogni anno si organizza la scuola di fisica per gli studenti del dottorato e "L'istituto di Fisica" durante il quale si invitano ricercatori stranieri e italiani, a permanere nel laboratorio per un periodo di tempo adeguato a interagire proficuamente con i nostri ricercatori.

L'insieme di queste linee di ricerca è oggetto di analoghe relazioni delle Commissioni Nazionali I, II, III, IV, V.

E' continuata l'attività di divulgazione scientifica con iniziative rivolte alle scuole, agli insegnanti, agli studenti, in collaborazione con gli altri enti di ricerca dell'area di Frascati. Nel 2006 è stata organizzata "La notte della ricerca" una iniziativa europea di divulgazione scientifica, che ha avuto un grande successo.

#### LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO

Il 2006 ha rappresentato per i Laboratori il ritorno a standards internazionali di affidabilità delle macchine acceleratrici e al rispetto della programmazione scientifica secondo le linee tracciate dalla Commissione III e dall'Istituto. Il nuovo iniettore PIAVE ha fornito nuovi fasci all'utenza, ampliando le potenzialità del Linac superconduttivo ALPI. Per il TANDEM, che continua ad essere ancora la macchina più richiesta per la sperimentazione, è stata individuata una modalità di funzionamento stabile.



Si è così dato attuazione a un programma di fisica nucleare dedicato agli studi di struttura nucleare e dei meccanismi di reazione basata su fasci di ioni pesanti di massa medio-alta, come nella migliore tradizione di questi Laboratori. Per questi studi i Laboratori dispongono di strumentazione di ultima generazione, per certi aspetti unica, come la combinazione dello spettrometro PRISMA con il sistema di rivelazione gamma, denominato CLARA. Ai sistemi di rivelazione esistenti si è aggiunto EXOTIC, un apparato dedicato alla produzione, con reazioni a cinematica inversa, di fasci esotici leggeri, con il quale eseguire studi di struttura e di dinamica riguardanti nuclei instabili che manifestano alone di protoni.

Sempre nel campo della strumentazione è proseguita l'attività rivolta alla realizzazione del nuovo rivelatore gamma AGATA, di cui è prevista l'installazione del dimostratore, in sostituzione di CLARA.

È stato elaborato un programma di potenziamento del complesso degli acceleratori esistenti allo scopo di fornire le migliori condizioni sperimentali durante il periodo in cui il complesso PRISMA-CLARA (Dimostratore di AGATA) sarà operativo a LNL: è stata ordinata una nuova sorgente ECR e predisposto un intervento sulle cavità acceleranti a basso beta, per consentire una sperimentazione con fasci sufficientemente intensi di massa medio-pesante ed energie al disopra della barriera coulombiana.

L'anno 2006 si è rivelato di grande vitalità per le attività interdisciplinari ed applicative che fanno uso soprattutto dei due acceleratori elettrostatici CN ed AN2000.

Un importante risultato è stato ottenuto dal gruppo rivelatori nell'ambito di un progetto INTAS, con la realizzazione di un goniometro ad altissima risoluzione angolare per la focalizzazione e l'estrazione mediante channeling in trasmissione di fasci a sezione micrometrica. Questo risultato è di grande interesse per il controllo dei fasci nei grandi Collisori (LHC).

Molto attivo anche il laboratorio di superconduttività, nel quale continua con successo l'esperienza del Master sul "trattamento delle superfici per l'industria" in collaborazione con l'Università di Padova. Ottimi risultati sono stati ottenuti da questo laboratorio per la riduzione dei contaminanti radioattivi nelle strutture che ospiteranno i cristalli dell'esperimento CUORE

L'antenna gravitazionale AURIGA è stata costantemente in presa dati quale nodo di una rete globale che include altre antenne e i grandi interferometri. La Collaborazione PVLAS continua nella febbrile attività di comprensione degli interessantissimi dati sperimentali accumulati.

L'impegno dei Laboratori nel settore biomedico è stato rilevante per l'ormai consolidata partecipazione alla realizzazione del centro adroterapico del CNAO a Pavia, per l'attività di imaging con tecniche nucleari dell'esperimento SCITIRAD, per gli sviluppi della tecnica BNCT orientati alla dimostrazione dell'applicabilità di tale tecnica ad alcuni tumori radioresistenti. Le attività scientifiche di base di radiobiologia e microdosimetria hanno proseguito i loro programmi di respiro internazionale e di sostegno ai progetti CNAO e BNCT.

Per il progetto SPES si è pervenuti a una nuova proposta, a costi contenuti, per l'acceleratore primario di protoni, mentre molta attività è stata dedicata agli sviluppi del bersaglio diretto a multi-lamelle di  $^{238}\text{UCx}$  in collaborazione con vari istituti italiani e stranieri. Importanti risultati sono stati ottenuti nello sviluppo dei bersagli per la BNCT e del convertitore neutronico ad alta potenza per la produzione di fasci radioattivi, ricchi di neutroni, con il metodo convertitore/bersaglio. È stata installata la nuova sorgente di protoni ad alta intensità, sviluppata ai Laboratori del Sud.

Si sono conclusi i lavori per la deviazione del canale che occupava l'area destinata all'installazione dell'acceleratore per protoni di SPES e sono iniziati i lavori per l'urbanizzazione primaria delle nuove aree di proprietà (diritto di superficie) dei LNL.

Gli impegni assunti per i programmi europei sono stati regolarmente svolti in particolare per quanto riguarda EURISOL, GRIDCC, EURONS, CARE, CELION, ILIAS. Per il calcolo è stata rilevante l'attività di sviluppo del prototipo del TIER2 nell'ambito del progetto GRID.

Infine è proseguita la collaborazione con il consorzio RFX per la realizzazione di una parte importante della nuova macchina per la fusione ITER e del prototipo della macchina per lo studio dei materiali da impiegare nelle nuove macchine per la fusione, progetto IFMIF.

#### LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

L'alto livello di competitività dell'attività di ricerca di fisica nucleare che si svolge presso i Laboratori Nazionali del Sud (LNS) è reso possibile principalmente dalla presenza di un Tandem ed un Ciclotrone Superconduttore (CS), due acceleratori di fasci ionici operativi ormai da parecchi anni. Grazie alla varietà di fasci e di energie che sono in grado di offrire alla sperimentazione, i LNS si rappresentano una struttura di riferimento internazionale per lo studio delle collisioni e della struttura nucleare, nonché dei processi nucleari di interesse astrofisico. Il recente completamento della facility EXCYT che, utilizzando i fasci primari del CS, produce ioni radioattivi "a riposo" successivamente accelerati dal Tandem, permette oggi

di ampliare ulteriormente gli orizzonti delle attività di ricerca nucleare, estendendo la sperimentazione a processi indotti da fasci di isotopi non presenti in natura.

Parallelamente alle attività di sviluppo tecnologico svolte con lo scopo di ottimizzare le caratteristiche e l'affidabilità degli acceleratori, la necessità di eseguire esperimenti sempre più sofisticati ha portato alla progettazione ed alla conseguente realizzazione di una serie di complessi apparati di rivelazione ed identificazione delle particelle prodotte nei processi nucleari.

A completare il quadro delle ricerche di base che si svolgono nei LNS, negli ultimi anni si è sviluppata una intensa attività di R&D mirata alla progettazione e realizzazione di un laboratorio sottomarino per la rivelazione di neutrini cosmici di alta energia, da installare nelle vicinanze dell'estrema punta meridionale della Sicilia.

Ma, oltre alle ricerche di fisica fondamentale condotte nel contesto di collaborazioni di ricercatori italiani e stranieri, sono state anche sviluppate iniziative di ricerca tecnologica e multidisciplinare come quelle rivolte all'utilizzo dei fasci ionici quale strumento terapeutico in oncologia e all'analisi di elementi in traccia di interesse per la caratterizzazione di reperti archeologici.

I LNS inoltre contribuiscono alla diffusione della cultura scientifica nel territorio in cui operano, con la organizzazione di una serie di manifestazioni e mostre aperte al pubblico, e con incontri di informazione scientifica e di orientamento realizzati anche nell'ambito di una produttiva collaborazione con gli istituti scolastici superiori.

La sperimentazione nucleare è proseguita nel 2006 secondo il programma approvato dal Comitato Scientifico. In particolare è continuata la campagna di esperimenti che utilizzano i fasci del CS e il multirivelatore CHIMERA, apparato che permette la rivelazione e la identificazione delle particelle cariche prodotte nelle collisioni nucleari ad energia intermedia e che rappresenta uno dei punti di eccellenza dei LNS per lo studio dei processi di multiframmentazione. Informazioni complementari a quelle fornite da CHIMERA sul ruolo dell'isospin nella equazione di stato della materia nucleare sono state estratte grazie ad una serie di esperimenti di interferometria nucleone-nucleone eseguiti nel 2006 con il rivelatore per neutroni EDEN temporaneamente trasferito dalla Francia presso i LNS. Inoltre gli esperimenti eseguiti con i fasci di più bassa energia del Tandem hanno permesso di investigare su alcuni aspetti della struttura nucleare e degli effetti sui meccanismi di reazione, nonché di estrarre informazioni indirette sui processi nucleari di interesse astrofisico.

Entrambi gli acceleratori sono inoltre stati impiegati in attività sperimentali multidisciplinari che vanno dalla radiobiologia alla fisica dei materiali.

Dal punto di vista della strumentazione un importante traguardo è stato raggiunto con la installazione ed il collaudo della nuova e definitiva camera dello spettrometro magnetico a grande accettazione MAGNEX, progettato per la sperimentazione con fasci di bassa energia, sia stabili che radioattivi.

Per quanto riguarda lo sviluppo degli acceleratori, nel 2006 si è concluso il commissioning della facility EXCYT per la produzione di fasci radioattivi. Un fascio di  $^8\text{Li}$  è stato prodotto e trasmesso attraverso il Tandem fino all'apparato sperimentale BIG-BANG. Le intensità e le caratteristiche del fascio prodotto sono prossime alle specifiche di progetto; una attività di R&D mirata a migliorare le caratteristiche della facility è in programma.

Nel frattempo sono andati a buon fine i contatti avviati con una istituzione di ricerca tedesca per ottenere la fornitura di *pellets* arricchiti in  $^{14}\text{C}$  che, utilizzati nella sorgente di sputtering del Tandem, permetteranno di produrre fasci ionici di tale isotopo, fornendo così ai LNS una ulteriore originale sonda per lo studio della struttura dei nuclei leggeri ricchi di neutroni.

Un notevole successo hanno ottenuto poi le attività di R&D condotte presso i LNS nel campo degli acceleratori per ioni leggeri, che hanno permesso all'INFN di definire un accordo di collaborazione con la azienda IBA per la costruzione di un innovativo ciclotrone superconduttore da destinare a fini terapeutici. La responsabilità scientifica di tale macchina sarà a carico di ricercatori dei LNS.

Infine nel 2006 sono state effettuate diverse sessioni di protonterapia rivolte al trattamento di pazienti affetti da gravi patologie oculari mediante il fascio di protoni da 62MeV fornito dal CS, secondo la tecnica messa a punto nell'ambito della collaborazione CATANA cui partecipano, oltre ai LNS, il Dipartimento di Fisica ed Astronomia e il Dipartimento di Specialità Medico-Chirurgiche dell'Università degli Studi di Catania. Tale attività viene svolta nell'ambito di una recente convenzione stipulata tra l'INFN e l'Azienda Policlinico dell'Università di Catania.

Nell'ambito del progetto NEMO è continuato il programma di R&D avanzata, mirato alla realizzazione di un telescopio sottomarino per neutrini di alta energia e svolto nell'ambito di un'ampia collaborazione cui partecipano numerose sezioni dell'INFN.

Nel corso del 2006 è stata completata la costruzione dell'apparato NEMO Fase-1, la cui installazione è programmata entro la fine del 2006 presso il Test Site di Catania. Gli elementi principali del progetto Fase-1 sono una Junction Box e un prototipo della struttura di rivelazione costituito da una "torre" di quattro piani. Entrambi questi elementi sono stati integrati e testati con successo presso i LNS. Le operazioni di installazione prevedono il

deployment delle due strutture a 2100m di profondità e la loro connessione mediante un mezzo sottomarino controllato dalla superficie (ROV).

Anche la Fase-2 del progetto ha visto nel 2006 significativi avanzamenti. Sono state completate le procedure per l'acquisto del cavo elettro-ottico da 100km che consentirà il collegamento del sito sottomarino di Capo Passero con la stazione di terra a Portopalo di Capo Passero. Il cavo è in fase di costruzione da parte della Ditta Alcatel. Nel frattempo sono stati eseguiti i rilievi batimetrici per definire il canale di posa del cavo e la zona di installazione della terminazione a 3500m di profondità. In collaborazione con Alcatel è stata anche definita la struttura della terminazione del cavo che ospiterà un sistema di alimentazione in DC da 10kW equipaggiato con tre terminazioni elettro-ottiche per la connessione degli apparati di rivelazione. La posa del cavo è prevista intorno alla metà del 2007. Sono stati anche avviati i lavori di ristrutturazione di parte dell'edificio all'interno del porto di Portopalo destinato ad accogliere la stazione di terra dell'esperimento.

#### LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono i più grandi laboratori al mondo dedicati a esperimenti di fisica astroparticellare, subnucleare e nucleare e di altre discipline (geologia e biologia) che richiedano un ambiente a bassa radiazione.

I Laboratori hanno già prodotto un risultato di grande rilievo per la fisica delle particelle elementari, avendo fornito forte evidenza del fenomeno delle "oscillazioni dei neutrini", fenomeno che può avvenire solo se i neutrini hanno massa e si possono trasformare da un tipo all'altro. L'evidenza è venuta dall'esperimento GALLEX con lo studio dei neutrini elettronici prodotti dal Sole e dall'esperimento MACRO che, studiando i neutrini muonici prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera terrestre, ha confermato il risultato dell'esperimento SUPERKAMIOKANDE svolto in Giappone.

Nella prossima fase della ricerca si dovrà confermare definitivamente la scoperta della massa dei neutrini, stabilire tra quali specie avvengano i fenomeni di oscillazione, misurare accuratamente le masse e i parametri di mescolamento. Questi studi hanno potenzialmente conseguenze estremamente rilevanti sia sulla fisica fondamentale sia sulle nostre concezioni sull'evoluzione dell'Universo.

Le attività in corso sono le seguenti:

- Il progetto CNGS, in collaborazione tra l'INFN e il CERN, dove è stata ultimata la costruzione di una sorgente di neutrini. Il fascio indirizzato nella direzione del Gran Sasso è entrato in funzione il 18 agosto 2006. Ha raggiunto il Laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 732km. OPERA è l'esperimento

principale del progetto CNGS ed è nella fase di completamento del rivelatore con le emulsioni fotografiche. Un punto molto importante del programma svolto nel 2006 è stato l'installazione della BAM (Brick Assembly Machine) per la preparazione degli oltre 200.000 bricks, pacchetti di fogli alternati di emulsione e piombo. OPERA è stato in grado già ad agosto di vedere i primi eventi generati dal fascio di neutrini con i rivelatori elettronici e gli scintillatori. Un altro esperimento che sarà in grado di utilizzare il fascio di neutrini è ICARUS, un rivelatore ad argon liquido che utilizza tecnologie d'avanguardia, capace di portare avanti un vasto spettro di ricerche, principalmente sulla fisica del neutrino. Il modulo di 600 tonnellate di massa è in fase di installazione nella sala B.

Sono continuati i lavori di adeguamento delle strutture dei laboratori sotterranei necessari per il funzionamento di questi esperimenti e, ancora per questi, è stata portata a termine la realizzazione di un nuovo edificio nella sede esterna per uffici e laboratori.

- Esperimenti sui neutrini solari di maggior sensibilità e capaci di misurarne l'energia in tempo reale. Terminato nel 2004 anche l'esperimento successore di GALLEX, cioè GNO, è proseguita l'attività preparatoria per l'esperimento BOREXINO verso la fase di riempimento con acqua e liquido scintillatore.
- L'esperimento LVD con una massa sensibile di più di 1000 tonnellate attende l'esplosione di una supernova per rivelarne il fiotto di neutrini con alta statistica. La struttura modulare ha permesso di ottenere un tempo vivo del 99.3%. L'esperimento ha misurato immediatamente i primi eventi del fascio di neutrini.
- Un'altra linea importante è la ricerca della materia oscura di cui è costituito per la gran parte l'Universo. Concluso l'esperimento DAMA, che ha pubblicato l'analisi di sette anni di dati e ha fornito una indicazione di eccezionale interesse di un effetto di modulazione annuale possibilmente dovuto a interazioni con particelle di materia oscura, è in corso l'esperimento LIBRA. Questo utilizza la stessa tecnica di DAMA, ma è di maggiori dimensioni, ed ha preso dati con continuità per tutto il 2006.

Esperimenti che utilizzano diversi approcci complementari sono in fase avanzata di preparazione come CRESST2, o in fase di test di prototipi come WARP e XENON, con dati già di interesse per la comunità scientifica.

- Le nuove caratteristiche dei neutrini indicano la possibilità che essi coincidano con le loro antiparticelle. La ricerca è proseguita con l'esperimento CUORICINO e ha una prospettiva eccellente nei Laboratori con la preparazione dei nuovi esperimenti CUORE e GERDA.

- La misura delle sezioni d'urto delle reazioni termonucleari alle energie rilevanti per la fisica solare e stellare è divenuta possibile solo grazie alla disponibilità di un ambiente a bassa radioattività. L'acceleratore LUNA2 è in funzione e prosegue la sperimentazione con risultati di grande rilevanza.

E' proseguita una intensa attività per ottimizzare impianti e procedure per la sicurezza dei Laboratori. Nel 2006 sono stati portati a termine importanti lavori di messa in sicurezza da parte del Commissario governativo. Questi lavori hanno permesso di migliorare notevolmente il livello di sicurezza dell'attività nei Laboratori.

## CNAF-TIER1

IL CNAF è il Centro nazionale dell'INFN dedicato alla ricerca e allo sviluppo nel campo delle discipline informatiche e telematiche e alla gestione dei relativi servizi per le attività di ricerca dell'Istituto.

Il CNAF ha recentemente incrementato la sua attività nel settore del calcolo distribuito e partecipa a progetti nazionali, europei e internazionali di GRID (INFN-GRID, EGEE, OMII...). In tale ambito contribuisce sia allo sviluppo software sia alla realizzazione d'infrastrutture generali per l'uso della tecnologia GRID su rete geografica.

Dal 2003 il CNAF ospita il Centro regionale Tier1, nato per gli esperimenti a LHC, ma presto divenuto un punto di riferimento per il calcolo di tutti gli esperimenti dell'INFN ed in particolare per CDF, Babar, Virgo, Pamela, Argo etc.

Il Centro dispone ora di 1570 KSI2k, che sono stati costantemente occupati da job running con efficienza molto alta, 465TB di storage di tipo disco e 510TB di tipo nastro.

In questo periodo il CNAF ha partecipato con successo ai *Data Challenge* 3 e 4 degli esperimenti a LHC ed è diventato uno dei principali Tier1 a livello mondiale non solo per l'infrastruttura del progetto World-wide LHC Computing Grid (WLCG), ma per tutti i maggiori esperimenti HEP. Ha anche fornito capacità di calcolo fino al 10% del totale per la sperimentazione di altri settori applicativi attivi nella grid italiana e in quella del progetto Europeo EGEE, come la Bio-Informatica.

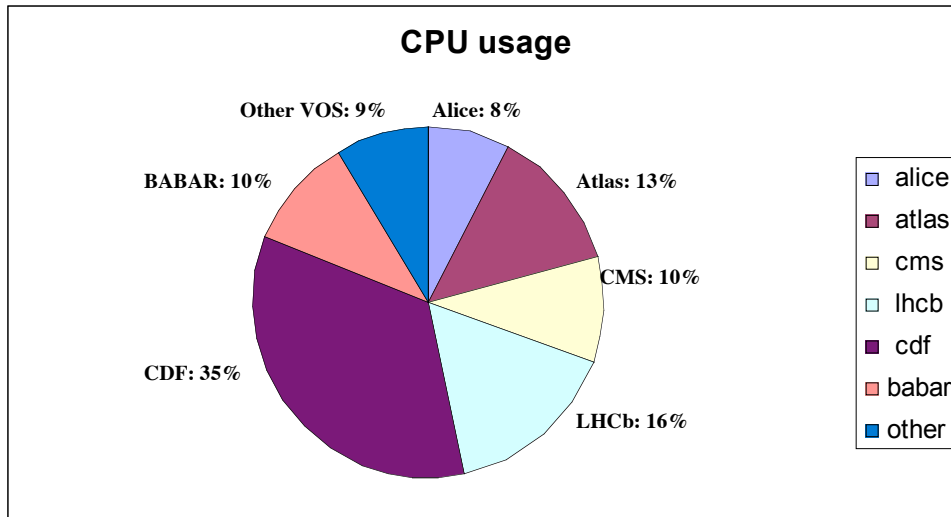
La tabella seguente mostra le risorse pianificate ed effettivamente disponibili nel 2005 e 2006 per i vari esperimenti. Il ritardo nell'acquisizione di nuove risorse nel 2006 rispetto a quanto pianificato è stato dovuto sia alla necessità di completare il piano di upgrade, vedi sotto, che al ritardo annunciato nella prima presa dati di LHC a energia nominale.

CNAF Resources

		2005			2006		
Experiment	%	CPU	DISK	TAPE	CPU	DISK	TAPE
		KSI2K	TB	TB	KSI2K	TB	TB
ALICE	22%	193	69	172	154	16	77
ATLAS	32%	280	101	251	224	40	112
CMS	35%	307	110	274	245	86	123
LHCb	11%	96	35	86	77	26	39
<b>Total LHC</b>		<b>876</b>	<b>315</b>	<b>784</b>	<b>700</b>	<b>168</b>	<b>350</b>
CDF		495	32	0	900	66	0
BaBar		375	120	0	585	149	0
Zeus		40	2	0	120	0	0
<b>TOTALE GRUPPO I</b>		<b>910</b>	<b>154</b>	<b>0</b>	<b>1605</b>	<b>214</b>	<b>0</b>
AMS		32	2	16	32	2	16
ARGO					22	12	
MAGIC						1	
Opera					0	0	
PAMELA						4	
Virgo		0	14	0	10	25	75
<b>TOTALE GRUPPO II</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>43</b>	<b>91</b>
GEANT4						1.6	
TEORICI						1.6	
<b>TOTALE RESTO</b>							
<b>Total NON LHC</b>		<b>942</b>	<b>170</b>	<b>16</b>	<b>1669</b>	<b>257</b>	<b>91</b>
<b>All experiments</b>		1818	485	800	2369	426	441
<b>All w/ overlap factor</b>		1818	485	800	1974	387	441
<b>CNAF TOTAL (PLAN)</b>		<b>1818</b>	<b>507</b>	<b>800</b>	<b>1974</b>	<b>387</b>	<b>441</b>
<b>CNAF ACTUAL</b>		<b>1570</b>	<b>465</b>	<b>510</b>	<b>1570</b>	<b>465</b>	<b>510</b>
<i>Italics correspond to ACTUAL</i>							

Nel grafico seguente è invece riportato l'uso effettivo delle risorse di calcolo da parte degli esperimenti da settembre 2005 a agosto 2006





Nei primi mesi del 2006 è stato completato e approvato dall'INFN uno studio di fattibilità per rendere il Centro capace di fornire le risorse di calcolo e storage necessarie per gli esperimenti a LHC, e tutti gli altri, e per superare i limiti dell'attuale impianto di refrigerazione incapace di sopportare i nuovi carichi durante l'estate. Lo studio ha dimostrato che è possibile ospitare nella sede attuale, opportunamente estesa con nuovi spazi resi disponibili grazie ad un nuovo accordo già concordato con l'Università di Bologna, tutti i servizi tecnici necessari per portare la potenza elettrica disponibile a 4MWatt e la potenza frigorifera a 1.5MWatt. Sono iniziate anche le gare per la progettazione definitiva ed esecutiva di questo upgrade e l'acquisizione delle principali componenti, come l'isola ad alta densità destinata ad ospitare in futuro tutte le CPU.

Il CNAF ha continuato a garantire l'operazione dell'infrastruttura GRID di produzione dell'INFN, Italiana ed Europea all'interno dei progetti EGEE II (VI PQ) e WLCG. Per questi il CNAF ha continuato a supportare il *Regional Operation Centre* della Federazione Italiana che è anche uno dei Grid Operation Centre che opereranno l'infrastruttura Europea.

E' continuato anche lo sforzo per rendere operativo l'aumento della banda disponibile al Centro che ora può effettivamente contare su una linea dedicata a 10Gbps con il CERN ed una linea fino a 10Gbps per i collegamenti con gli altri Tier1 WLCG e i Tier2 INFN.

Infine dal Servizio di Ricerca e Sviluppo ha garantito lo sviluppo e il consolidamento dei nuovi servizi e architetture Grid legate a: *web services*, definizione e gestione di *Virtual Organizations*, sistemi di sicurezza e autenticazione all'interno di vari progetti Europei.

Nei primi mesi del 2006 è stata attivata la nuova sede di Via Ranzani dove si è trasferito una parte del personale del Centro.

## COMMISSIONE CALCOLO E RETI

La Commissione Calcolo e Reti (CCR) si è riunita quattro volte fra luglio 2005 e giugno 2006. Gli argomenti posti all'attenzione della Commissione e dei suoi gruppi di lavoro sono descritti nel seguito, facendo riferimento ai seguenti ambiti di attività:

- sviluppo e potenziamento delle infrastrutture di calcolo e reti delle Sezioni e dei Laboratori dell'INFN ;
- analisi dell'utilizzo delle connessioni di rete geografica e proiezioni delle necessità di accesso future;
- coordinamento delle attività riguardanti la costituzione dei nuovi centri Tier per LHC;
- consolidamento dei servizi di Sezione;
- promozione di gruppi di lavoro su temi di interesse generale per gli utenti e il personale dei Servizi di calcolo.

Nel 2006, la CCR ha organizzato un workshop dal titolo "Verso la sfida di LHC", svoltosi ad Otranto nel mese di giugno, che ha incluso un giorno di presentazioni e discussioni dedicate specificatamente alle problematiche dei nuovi centri Tier2 dell'INFN.

Per la gestione del bilancio, la Commissione si è servita, a partire settembre 2005, del Database ormai di uso generale nelle Commissioni Scientifiche. Per la compilazione dei Preventivi 2007, si è provveduto a predisporre dei moduli specifici per le attività dei gruppi di lavoro, in modo simile a quanto già avviene per le attività finanziate dalle altre Commissioni.

### *Potenziamento infrastrutture di calcolo e reti*

Il potenziamento delle attrezzature di base per il calcolo e le reti locali delle sedi INFN ha assorbito la quasi totalità del capitolo relativo al Materiale Inventariabile. La CCR ha deciso di proporre complessivamente assegnazioni per un ammontare complessivo pari a circa il 50% delle richieste. Entro i vincoli imposti dalla propria disponibilità finanziaria, la Commissione ha deciso di limitare prioritariamente le proposte alle seguenti finalità:

- a) consolidamento dei sistemi di storage centrali delle sedi, attraverso il passaggio graduale, a configurazioni di Storage Area Network, che garantiscono ottimi livelli di affidabilità, flessibilità di gestione e prestazioni;
- b) aggiornamento dei server per i servizi di base, con particolare priorità per quei casi in cui si sostituivano macchine con sistema operativo proprietario;
- c) acquisizione di strumenti per l'accesso di console remoto;

- d) sostituzione o potenziamento di apparecchiature centrali (core switch) per la connessione delle dorsali Ethernet locali alla rete geografica e di switch periferici;
- e) estensione delle reti wireless.

Inoltre, sono stati destinati al finanziamento dei contratti di manutenzione e di licenza d'uso di rilevanza nazionale 233 kEuro, un ammontare molto inferiore a quanto richiesto in quanto ci si è giovati di residui dell'anno precedente e si sono assegnati per i contratti pluriennali solo le quote annuali di competenza. La gran parte dei contratti di manutenzione hardware sono ormai relativi alle sole apparecchiature di rete, dato che per il calcolo si è cercato di favorire l'eliminazione delle macchine con sistema operativo proprietario, in modo da azzerare i costi di manutenzione software e rimuovere i vincoli e i costi derivanti dall'adozione di specifiche architetture hardware.

#### *Connessioni di rete*

Sulla base dell'esame delle statistiche di utilizzo delle connessioni verso la rete geografica sono stati proposti i potenziamenti che si profilavano necessari per il 2006. Meritano di essere menzionati, in particolare le seguenti richieste che hanno necessitato di interventi sulle linee e sui dispositivi di accesso:

1. collegamento potenziato a 155Mbps per i Laboratori Nazionali del Gran Sasso
2. attivazione collegamento a 1Gbps ai Laboratori Nazionali di Frascati
3. collegamento potenziato a 155Mbps per la Sezione di Trieste
4. collegamento potenziato a 34Mbps per il Gruppo Collegato dell'Aquila
5. collegamento potenziato a 10Gbps per il CNAF di Bologna

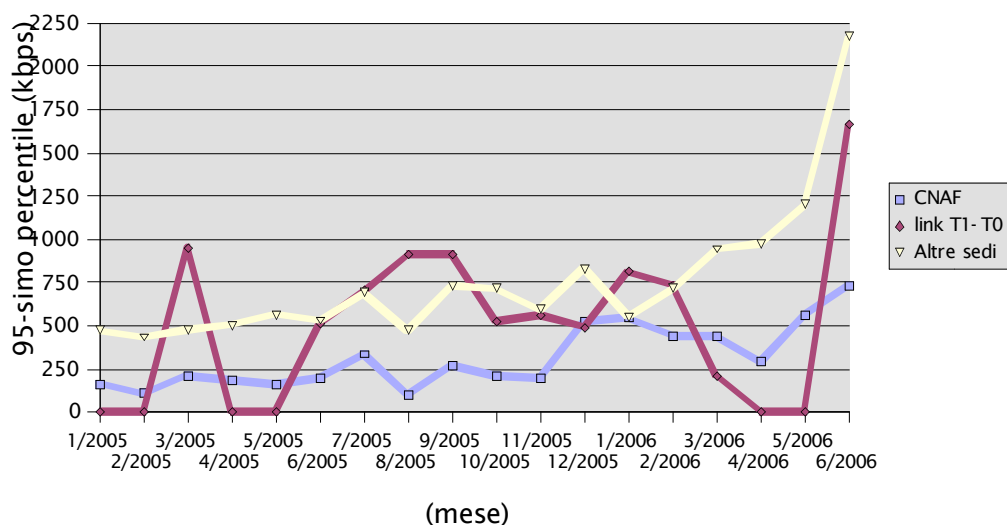
Tutti i potenziamenti richiesti sono stati poi realizzati a cura del GARR, tranne che per Trieste dove si è in attesa della definizione del progetto della nuova rete metropolitana.

Nel corso del 2006 è aumentato considerevolmente l'utilizzo della rete da parte dei centri che hanno partecipato alle attività di prova e validazione dei nuovi collegamenti predisposti per gli esperimenti al LHC (Service Challenge). Il grafico seguente mostra l'utilizzo massimo mensile<sup>1</sup> della banda di rete per il CNAF, per il link principale Tier0(CERN)-Tier1(CNAF) e per l'aggregato degli altri siti INFN.

---

<sup>1</sup> Il valore riportato nel grafico è quello fornito dal GARR come "95-simo percentile"; si tratta del valore massimo misurato nel mese, per i trasferimenti in ingresso e in uscita, che risulta dopo avere escluso il 5% dei campioni di valore più elevato.

## Utilizzo rete 2005- 2006



### *Nuovi centri Tier2 per LHC*

Nei primi mesi del 2006 sono stati approvati sei centri Tier2 per LHC, ospitati presso le sedi di Legnaro (LNL), Roma, Napoli, Catania e Torino. Altri due proposte hanno richiesto ulteriori approfondimenti tecnici (Pisa e Milano) e la loro eventuale approvazione è stata posticipata. La CCR ha organizzato alcune iniziative di coordinamento dedicate ai centri Tier2, fra le quali:

- a) un workshop su "Progettazione di centri di calcolo per l'era LHC" (Padova, 3-4 ottobre 2005);
- b) la formazione di un gruppo di esperti per consulenza e validazione dei progetti di potenziamento degli impianti tecnologici a servizio dei centri; il gruppo ha formulato linee guida descritte in apposite note tecniche e ha partecipato ad incontri per la discussione dei progetti preliminari che, iniziati in giugno '06, dovrebbero concludersi nel corso del 2006;
- c) un incontro sui Tier2 INFN, ospitato dalla Commissione durante il suo workshop annuale;
- d) l'approntamento di un sito Web per la raccolta di documentazione tecnica e commerciale a disposizione dei centri;
- e) la promozione dell'utilizzo del Mercato Elettronico Consip da parte dell'INFN, per ridurre i tempi di acquisizione delle nuove apparecchiature di calcolo;

### *Consolidamento dei Servizi di Sezione*

La Commissione ha mantenuto un alto grado di attenzione verso nuove tecnologie e iniziative di collaborazione fra le sedi che possono permettere ai Servizi di Sezione di operare

in modo più efficace e con minore impiego di mano d'opera qualificata. Questa appare infatti come l'unica strategia possibile per liberare risorse umane dai Servizi e impegnarle nella realizzazione dei centri di calcolo scientifico, in particolare di quelli dedicati agli esperimenti al LHC, visto il perdurare di vincoli esterni che limitano drasticamente la possibilità di nuove assunzioni.

I progetti più significativi promossi dalla CCR nell'ultimo anno sono stati:

- la diffusione in tutte le sedi di un sistema sicuro di accesso wireless basato su autenticazione criptata che permetta:
- al personale dipendente ed associato di poter accedere ovunque in modo trasparente e con le stesse modalità (protocollo 802.1x),
- ai visitatori di autenticarsi nella sede ospitante, attraverso un portale web dedicato.

Il progetto (TRIP) ha richiesto, oltre all'installazione dei relativi servizi, anche, in alcuni casi, l'aggiornamento delle apparecchiature di rete wireless. Il dispiegamento a livello nazionale del sistema dovrebbe essere completato per la fine del 2006;

- la sperimentazione della tecnologia iSCSI per la realizzazione di semplici ed economiche Storage Area Network da proporre come modello alternativo per l'organizzazione dei sistemi di storage, adatto soprattutto alle piccole sedi;
- l'automazione dell'aggiornamento e della messa in sicurezza dei sistemi Windows attraverso l'impiego della tecnologia WSUS;
- la gestione coordinata delle impostazioni relative alla sicurezza, alla configurazione di applicativi e servizi e alle preferenze di utente in ambiente Windows, per mezzo di opportune "Group Policy";

#### *Gruppi di lavoro*

Sotto l'egida della Commissione hanno operato vari gruppi di lavoro che nel corso dell'ultimo anno hanno proseguito la loro attività (Netgroup, Storage, Multimedia, Harmony, ecc.). Meritano di essere ricordati alcuni risultati ottenuti:

- attivazione presso il CNAF di una MCU per conferenze audio e video autogestite su protocollo H323 e di un servizio di conferenza telefonica basato su centralino implementato con tecnologia Voice-over-IP su una normale Linux box ;
- aggiornamento della "Carta della Sicurezza Informatica" e del "Regolamento di condotta".

A completamento delle attività già in essere, la CCR ha recentemente rivitalizzato il gruppo di lavoro dedicato al sistema Windows, i cui primi progetti sono stati citati nella

precedente sezione. Ha poi creato nuovi gruppi di lavoro su alcuni temi di importanza generale per i Servizi di Sezione e, più in generale, per tutto l'Ente. Tali gruppi hanno iniziato la loro attività nel corso del 2006 e i primi risultati concreti sono attesi a partire dai primi mesi del 2007:

- gruppo Mail, per facilitare la collaborazione fra i Servizi di calcolo riguardo le problematiche relative alla gestione della posta elettronica, con particolare riguardo agli strumenti e alle procedure che possono migliorarne la sicurezza e l'affidabilità;
- gruppo WebTools, nato dall'esigenza di dotare l'Ente di un insieme di strumenti collaborativi standard, accessibili via Web e scelti per essere utilizzabili da utenti generici che non hanno abbiamo già accesso a tecnologie analoghe in relazione alla loro attività ;
- gruppo X-Auth, per la definizione di un unico sistema di autenticazione a livello nazionale che permetta l'accesso a tutti i servizi informatici dell'INFN che richiedono credenziali per l'identificazione dell'utente;
- gruppo Server, che si è posto come primo obiettivo quello di mettere a disposizione dei gruppi e delle Commissioni Scientifiche informazioni e parametri per la valutazione tecnica delle macchine utilizzate come nodi di calcolo; tale gruppo rappresenta il naturale complemento degli altri due già esistenti che si occupano di sistemi di storage e di apparecchiature di rete.

## **2.7 RISORSE DI PERSONALE 2004-2006**

Le risorse di personale disponibili nel 2006 sono riportate a seguito, suddivise secondo la tipologia di cui al paragrafo 1.3.

### **2.7.1 IL PERSONALE DIPENDENTE**

Le posizioni di personale con contratto a tempo indeterminato risultanti dalla rideterminazione della dotazione organica effettuata nell'aprile 2005 per effetto della legge finanziaria 2005 (n. 311 del 30 dicembre 2004) ammontano a 1.909 unità, di cui 103 in corso di copertura attraverso procedure concorsuali in atto o per l'avvio delle quali è stata richiesta la prescritta autorizzazione, o in attesa di poterne assumere i vincitori, non appena ciò sarà consentito dalle attuali limitazioni legislative cui si accennerà più avanti. Ad essi si aggiungono 97 vincitori di concorso nei profili di primo ricercatore/tecnologo e Dirigente di ricerca/tecnologo ai quali non è stato ancora attribuito il livello conseguito a causa delle limitazioni accennate. La suddivisione tra i vari profili professionali è illustrata nel grafico.

Sono inoltre coperte con contratti a tempo determinato 89 posizioni di ricercatore, 56 di tecnologo, 44 di tecnico e 49 di amministrativo, per un totale di 238.

Sono anche attivi 150 contratti (25 ricercatori, 72 tecnologi, 34 tecnici e 19 amministrativi) a carico di progetti finanziati dall'Unione Europea o da altre istituzioni italiane ed estere.

La legge finanziaria del 2006 ha posto severe limitazioni al contingente di personale dell'Istituto, confermando il blocco delle assunzioni del personale a tempo indeterminato e fissando tetti massimi di spesa per il personale a termine dipendente e collaboratore.

## 2.7.2 IL PERSONALE ASSOCIATO: LAUREANDI, DOTTORANDI, ASSEGNISTI, BORSISTI

Sono associati alle attività dell'INFN circa 1.200 giovani tra laureandi, dottorandi e specializzandi, che perfezionano con lavoro di tesi e ricerca presso l'ente la loro formazione professionale. Questa popolazione giovanile usufruisce anche di un ampio programma di borse di studio attuato dall'ente ogni anno e riportato nella tabella seguente.

### BORSE DI STUDIO INFN, PROGRAMMA 2006

N.	Borse per	Durata	Selezione	Da svolgere presso
21	Laureandi	annuale	titoli	Laboratori Nazionali dell'INFN e CNAF
20	Neolaureati	semestrale	titoli e colloquio	Strutture INFN
46	Borse dottorato	triennale	esami di ammissione al dottorato	Scuole di Dottorato di Ricerca
1	teorici	quadriennale	titoli	MIT <sup>(*)</sup>
5	Post-dottorato (teorici)	biennale	titoli e colloquio	Istituzioni estere
1	teorici	biennale	titoli	MIT <sup>(*)</sup>
1	sperimentali	biennale	titoli	SLAC (Stanford) <sup>(**)</sup>
30	Post-dottorato (stranieri) Sperimentali 20 Teorici 10	biennale	titoli	Strutture INFN
32	Indirizzo Tecnologico Indirizzo elettronico, informatico, strumentale 15 Meccanico, impiantistico, Elettronico, Nucleare e dei materiali 16 Informatico <sup>(***)</sup> 1	biennale	titoli e colloquio	Strutture INFN
10	Iscritti al dottorato di ricerca senza borsa	annuale	titoli e colloquio	Scuole di Dottorato di Ricerca
20	Laureati iscritti al corso di laurea specialistica	annuale	titoli	Università
20	giovani diplomati  Indirizzo meccanico, elettronico, informatico	annuale	titoli e colloquio	Strutture dell'INFN

(\*)Nell'ambito della collaborazione scientifica INFN-MIT "B. Rossi".

(\*\*)Nell'ambito della collaborazione scientifica INFN-SLAC per l'esperimento BABAR

(\*\*\*)Borsa "A. Ruberti"

Collaborano inoltre attivamente ai programmi di ricerca circa 450 giovani ricercatori, in possesso di dottorato di ricerca, tramite contratti biennali (assegni di ricerca) dei quali una ottantina a totale carico dell'INFN e i restanti in cofinanziamento con le Università.

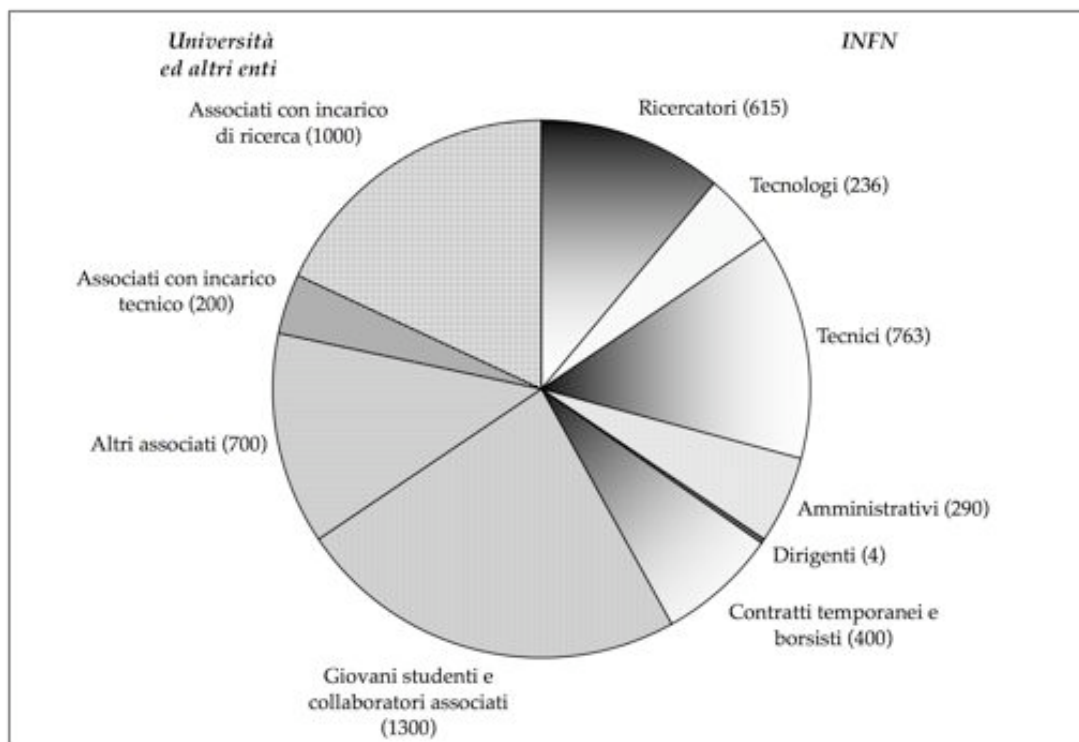
### 2.7.3 IL PERSONALE INCARICATO

Sono attualmente associati ai programmi scientifici e tecnologici circa 1000 tra professori e ricercatori universitari e 200 tecnici e amministrativi dell'Università, tutti con incarico di ricerca.

A questi si aggiungono circa 700 professori e tecnici universitari associati solo per una frazione delle loro attività di ricerca.

La distribuzione del personale, sia dipendente che associato, nelle varie tipologie è riportata nel grafico che segue.

IL PERSONALE DELL'INFN



Il quadro A che segue riporta, oltre alla dotazione organica vigente suddivisa nei profili professionali, la situazione del personale in servizio prevista al 31 dicembre 2006 e i relativi costi suddivisi nelle tipologie indicate.



## QUADRO A - SITUAZIONE DEL PERSONALE AL 31.10.2006

### A.1 - PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO INDETERMINATO

Profilo	Dotazione organica	In servizio al 31.10.2006	Costo 2006 (in migl. di Euro)
Dirigente I fascia	3	3	251
Dirigente II fascia	2	1	98
Ricercatore	615	578	41.870
Tecnologo	236	211	13.871
Collaboratore tecnico enti ricerca.	616	575	23.363
Operatore tecnico	140	134	4.586
Ausiliario tecnico	7	7	218
Funzionario di Amministrazione	72	65	2.850
Collaboratore di Amministrazione	209	200	7.412
Operatore di Amministrazione	9	9	292
<b>Totale</b>	<b>1.909</b>	<b>1.783</b>	<b>94.811</b>

### A.2 - PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO DETERMINATO

Tipologia di personale	Profilo	In servizio al 31.10.2006(*)	Costo 2006 (in migliaia di Euro)
Personale a contratto di alta qualificazione o assunto in relazione ai programmi di attività	Ricercatore	89	3.762
	Tecnologo	56	2.431
	Coll. Tec. E.R.	41	1.172
	Operat. Tecnico	3	78
	Funzionario Amm.ne	2	63
	Collaboratore Amm.ne	47	1.228
	<b>Totale</b>	<b>238</b>	<b>8.734</b>
Personale a contratto trimestrale per esigenze di carattere straordinario	Collaboratore Amm.ne	8	285

(\*) espresso in anni-persona

### A.3 - COLLABORAZIONI

Tipologia della collaborazione	Nuovi contratti al 31.12.2005	Costo 2005 (in migliaia di Euro)
Assegni per la collaborazione all'attività di ricerca (art. 51 legge 27.12.97 n° 449)	80	1.400
Contratti di collaborazione per specifiche prestazioni previste da programmi di ricerca (art. 51 legge 27.12.97 n° 449)	35	980
Altri contratti di prestazione d'opera e consulenze	20	325

## 2.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO

L'impatto socio-economico e interdisciplinare della ricerca INFN è significativo sia sotto il profilo culturale sia sotto quello tecnologico, ed è stato oggetto di approfondite analisi da parte sia dell'Ente sia del MIUR in occasione dell'esercizio triennale di valutazione della ricerca (VTR) 2001-2003.

La dimensione culturale viene prevalentemente sviluppata attraverso le numerose attività di formazione dei giovani, sia come laureandi sia come neolaureati (anche mediante l'organizzazione di Scuole dedicate di Fisica o di diplomi di Master), la collocazione professionale di Dottori di Ricerca formati dall'INFN, e le iniziative per la diffusione della cultura scientifica al grande pubblico.

Per quanto riguarda la direzione tecnologica, la promozione di ricerca applicata *market-oriented* non fa parte della missione istituzionale dell' INFN, il cui scopo primario è il progresso delle conoscenze nella ricerca fondamentale in Fisica nucleare, astroparticellare e delle particelle elementari. Tuttavia, l'INFN dedica risorse importanti allo sviluppo di tecnologie di frontiera in collaborazione con l'industria, che hanno un forte impatto in campi interdisciplinari e multidisciplinari. Di conseguenza l'INFN promuove un numero considerevole di iniziative significative in campi d'interesse sociale e civile, come la tecnologia dell'informazione, la medicina, l'ambiente, la sicurezza e i beni culturali. Tali iniziative, che nascono come sottoprodotto dell'attività principale di ricerca, depositaria e veicolo del necessario *know-how*, vengono sviluppate parallelamente ai compiti istituzionali dell'Ente. Alcuni sviluppi di spicco (*Highlights*) legati a queste attività sono descritti in un paragrafo ad essi dedicato di questa relazione. Seguendo il percorso già sperimentato per la VTR 2001-2003, particolare attenzione viene inoltre riservata alla valutazione dell'impatto della ricerca INFN sull'economia nazionale: sono stati analizzati gli investimenti INFN in Alte Tecnologie, il coinvolgimento industriale nella ricerca INFN e il ritorno finanziario per l'Italia, con riferimento specifico al caso del CERN. In questo caso è anche possibile confrontare il ritorno finanziario con quello di partner europei.

### FORMAZIONE DI STUDENTI E LAUREATI, DIFFUSIONE DELLA CULTURA SCIENTIFICA

#### *Esiti formativi*

Una caratteristica esplicita della missione dell'INFN è lavorare in stretto contatto con l'Università. Come prima conseguenza, tra le attività INFN figura la formazione, attraverso il diretto coinvolgimento nel lavoro di ricerca, di studenti per la preparazione della tesi di

Laurea (triennale, specialistica o tradizionale) e di giovani laureati per quella di Dottorato. Il numero totale di diplomi di laurea (triennale+specialistica+tradizionale) conseguiti nel 2005 tramite tesi sulla ricerca INFN è stato 623; il numero corrispondente di diplomi di Dottorato è stato 201. In media dunque, ogni Sezione o Laboratorio Nazionale INFN ha prodotto circa 25 diplomi di Laurea in Fisica e 7 di Dottorato. La proporzione di diplomi di laurea in Fisica originati da ricerche INFN rispetto al numero totale di diplomati in Fisica in Italia, con riferimento all'anno 2004, e al periodo 2001-2003 è presentato nella Tabella 1, come si ricava rispettivamente dai *database* INFN e MIUR.

<b>Tabella 1 - Diplomi di Laurea e di Dottorato conseguiti da giovani formati nell'ambito di gruppi INFN (2004)</b>		
	N. Lauree	N. PhD
INFN	509	164
MIUR	1725	313(*)
VTR 2001-2003		
INFN	1095	364
MIUR	4599	
(*) Numero totale di diplomi dell'Area Scienze Fisiche, inclusivo di PhD in Astrofisica, Astronomia e Fisica Applicata, esclusivo di PhD in Ingegneria Fisica, Scienze dei materiali e Discipline mediche.		

Dalla Tabella risulta che il numero di lauree originate da tesi INFN è stato nel 2004 vicino al 30% del totale (con tendenza a crescere sia in valore assoluto sia in proporzione sul totale rispetto alla situazione registrata nel triennio precedente), mentre il corrispondente numero di diplomi di Dottorato (PhD) è risultato superiore al 50% del totale e prossimo al 50% dei PhD conseguiti nell'intero triennio 2001-2003.

Un'indagine a campione sulla collocazione professionale di 266 giovani ricercatori associati all'INFN nell'anno 2005 con contratti post-doc, e non più associati nel 2006, ha confermato che circa il 60% dei laureati o dottori di ricerca appartenenti al campione esaminato sono rimasti nel mondo della ricerca, in maggior proporzione in Italia, ma in frazione significativa anche all'estero. La parte rimanente ha trovato collocazione distribuendosi fra impieghi nell'industria e nelle tecnologie dell'informazione, nelle amministrazioni pubbliche, nell'insegnamento, e, con tendenza crescente, presso ditte private.

#### *Formazione dei laureati*

Tra le iniziative riservate alla formazione di giovani laureati, l'INFN ha organizzato nel 2005 scuole a livello nazionale per studenti di dottorato, fornendo finanziamenti, insegnanti e personale amministrativo. Tra le 14 scuole organizzate in diverse sedi INFN, e frequentate nell'insieme da poco meno di 900 studenti, il *Seminario Nazionale di Fisica Nucleare e Sub-nucleare* a Otranto (BA), iniziativa consolidata ormai alla sua diciottesima edizione, è stato affiancato dalla più specifica *Scuola di Fisica Nucleare "R. Anni"*, che nel 2006 è stata tenuta

per la seconda volta. Accanto al *Seminario Nazionale di Fisica Teorica*, (tenutosi a Milano nel 2005) e alla *Scuola primaverile di Frascati "Bruno Touschek"*, va ricordata, anche per l'elevato numero di studenti (187), la quarta edizione della *Scuola Internazionale su "Neutrino Factories and Superbeams"*, anch'essa tenutasi a Frascati. Sempre sull'orizzonte internazionale, un evento speciale è costituito dalla *Scuola Internazionale di Fisica Sub-nucleare* tenutasi al Centro Ettore Majorana per la Cultura Scientifica di Erice, anch'essa con la partecipazione e il finanziamento INFN.

Con lo stesso tipo di partecipazione (fondi, insegnanti e personale amministrativo), l'INFN comprende nei suoi programmi di formazione anche l'organizzazione di corsi di *Master* per laureati, alcuni dei quali presso Laboratori Nazionali, altri in collaborazione con l'Università. Nel 2005/2006 se ne sono svolti quattro, con indirizzi applicativi mirati alla *Progettazione Microelettronica* (PD, master di I livello), all'impiego di *Tecniche nucleari per l'Industria, l'Ambiente e i Beni Culturali* (LNF + Roma La Sapienza e Tor Vergata), ai *Trattamenti di Superficie applicati a Tecnologie Industriali* a fini industriali (LNL), e infine (PV) alla *Complessità e sue Applicazioni Interdisciplinari* (tutti e tre di II livello).

#### *Diffusione della cultura scientifica*

Nell'imminenza del e durante il 2005 (proclamato *Anno Mondiale della Fisica dalle Nazioni Unite*) l'INFN ha intensificato l'attività di diffusione della cultura scientifica e tecnologica tra i giovani e il grande pubblico. Un evento interdisciplinare significativo, mirato a sviluppare gli scambi culturali tra l'INFN e la società è rappresentato dalla *Scuola Internazionale su Fisica e Industria*, che si tiene con cadenza biennale e la direzione della Presidenza INFN al Centro Ettore Majorana per la Cultura Scientifica di Erice. Questa iniziativa, che ha lo scopo di incoraggiare tra esponenti della Fisica, dell'Industria e della Politica la discussione sul trasferimento di conoscenze tra la ricerca fondamentale e il mondo produttivo, è stata dedicata nell'ultima edizione alle interazioni tra Fisica e Medicina.

Numerose iniziative sono state sviluppate presso i Laboratori Nazionali; nel 2005, più di 21000 persone (che comprendono studenti, insegnanti di scuola superiore e grande pubblico) hanno interagito a vario titolo con i Laboratori Nazionali (numero paragonabile a quello medio registrato nel triennio 2001-2003 e molto simile a quello dei visitatori annuali al CERN, il più grande Laboratorio del mondo nel campo della fisica delle particelle). Numerose iniziative dello stesso tipo, inoltre, sono state assunte presso diverse Sedi INFN (tra molte altre, basti ricordare le visite guidate alla *Città della Scienza*, a Napoli, le rappresentazioni teatrali su argomenti connessi alla Fisica a Bologna, Roma e Torino, il *Giorno Aperto* del Progetto VIRGO a Pisa), che nell'insieme hanno interessato il grande pubblico per qualche ulteriore migliaio di unità su base annua. Carattere innovativo ha

rivestito l'iniziativa *Fisica in Autobus*, basata su affissioni a carattere scientifico all'interno o alle fermate degli autobus, che è stata messa in opera in numerose Sedi INFN (Bari, Trieste, Frascati, Roma, Lecce, Pavia e Perugia).

Un'ulteriore azione in questo senso è stata affidata alle Mostre organizzate dall'INFN: tra di queste, le itineranti *Fisica su ruote*, *Microscopi della Fisica e Radioattività*, *una faccia della Natura* mirano a coinvolgere i visitatori in un ruolo attivo nell'avvicinarsi alla Fisica nucleare e sub-nucleare. Altre invece, tenute ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso, a Perugia, Cagliari e Torino seguono un'impostazione di tipo storico. Di particolare interesse è stata la prima mostra dedicata alla figura di Franco Rasetti, "Atomi e farfalle", realizzata a Perugia ma esposta a Pisa e Roma, luoghi di lavoro del grande collaboratore di Enrico Fermi. Particolare interesse rappresenta il progetto (in collaborazione INFN, Società Italiana di Fisica, Associazione Italiana degli Insegnanti di Fisica e Ministero dell'Ambiente) intitolato "*Nucleare non è il diavolo*", che ha l'obiettivo di impegnare gli studenti della Scuola Media Superiore in misure di radioattività naturale. Una prospettiva complementare è rappresentata dalla partecipazione INFN alle *Masterclass* in Fisica, l'iniziativa internazionale per una settimana di lezioni di Fisica moderna tenute alle Università di Padova, Catania, Roma Tre, Torino e Pisa e ai Laboratori Nazionali di Frascati.

Nel 2005 è uscito il primo numero della nuova rivista dell'INFN, *Asimmetrie*, rivolta ai non specialisti con particolare attenzione per gli studenti, che mette a frutto e rinnova l'esperienza acquisita col precedente bollettino *Notizie INFN: dai Quark alle Galassie*.

Un ultimo punto da ricordare è la nascita e l'attività di un Gruppo multimediale (INFN Bologna-CNAF) che ha lo scopo di diffondere e registrare sul WEB eventi scientifici di interesse specifico o pubblico. Oltre ad avere allestito un archivio di registrazioni filmate (che spaziano ad esempio da eventi connessi alle celebrazioni del cinquantesimo Anniversario dell'INFN nel 2001 al *Workshop High Intensity Frontier* di La Biodola nel 2005) il gruppo è attualmente in grado di diffondere via rete in tempo reale seminari, lezioni o altri eventi d'interesse, con un ventaglio particolarmente ricco di possibilità.

### *Highlights*

Lo sviluppo di infrastrutture e tecnologie innovative è un'esigenza costituzionale della ricerca di base effettuata dall'INFN. Questo fatto implica un trasferimento interdisciplinare di conoscenze tra le diverse linee d'indagine dell'Istituto ma anche nei confronti di altri settori scientifici e accademici, nonché verso il mondo dell'industria, con palesi ricadute socioeconomiche, la prima delle quali consiste nella fondazione di Istituti di alta formazione. Una frazione considerevole delle tecnologie innovative sviluppate ha inoltre ricadute su una comunità più vasta, attiva in campi quali la medicina, l'ambiente e i beni culturali, dando

luogo a collaborazioni con altre Istituzioni. Nel corso del 2005, circa il 10% del totale delle pubblicazioni di Autori INFN riguardano applicazioni interdisciplinari. Nel seguito, sono riportati alcuni esempi di tali risultati, che si affiancano a quelli già incontrati nella descrizione delle attività dei Laboratori Nazionali, e sono stati selezionati tenendo conto del loro interesse socio-economico e interdisciplinare.

#### *Dalla Fisica Nucleare alle Applicazioni Mediche*

La ricerca clinica nella terapia dei tumori con radiazioni è da sempre focalizzata a ottenere deposizione di grandi quantità di energia sulla massa tumorale risparmiando i tessuti sani circostanti. Recentemente il progresso tecnologico ha fornito ai radioterapisti una nuova arma contro il cancro, l'Intensity Modulated RadioTherapy (IMRT). Questa tecnica è stata sviluppata per ovviare al meccanismo di deposizione dell'energia dei fotoni nella materia, che rende difficile la cura di neoplasie situate in profondità. La IMRT permette di cambiare la forma del fascio terapeutico durante il trattamento, facendo uso di collimatori a lamelle comandati da computer; in questo modo, utilizzando molte direzioni di ingresso della radiazione sul paziente, si riesce a conformare con grande precisione la dose al bersaglio tumorale, permettendo l'uso di alte dosi e rendendo il trattamento molto più efficace che in passato. Questa nuova tecnica necessita di strumenti per il Controllo di Qualità che permettano una precisa misura della dose effettivamente erogata dall'acceleratore. Nell'ambito di una collaborazione tra INFN, Università di Torino e Scanditronix-Wellhofer, leader mondiale nella costruzione di dosimetri per radioterapia, è stato sviluppato un dosimetro ottimizzato per il Controllo di Qualità in IMRT, MatriXX. La ricerca svolta da INFN e Università parte da lontano, essendo iniziata nel 1994 nell'ambito dei finanziamenti erogati dalla Commissione Scientifica Nazionale 5 INFN e da Progetti di Interesse Nazionale (PRIN) dell'Università, per la ricerca nel campo della dosimetria in adroterapia. In questi anni il gruppo di Torino ha sviluppato vari tipi di rivelatori basati sul principio della camera a ionizzazione ad elettrodi segmentati, con elettronica di lettura realizzata con microcircuiti elettronici di tipo *Very Large Scale Integration* (VLSI). Tra il 2001 e il 2004 questa ricerca è stata condotta insieme a Scanditronix-Wellhofer e si è giunti alla commercializzazione di MatriXX nella primavera 2005. Il dosimetro è stato accolto con grande favore nella comunità internazionale e ad oggi ne sono stati venduti in tutto il mondo oltre 150 esemplari. È stato perfezionato un accordo tra INFN e Scanditronix-Wellhofer di licenza commerciale relativa alla produzione di MatriXX. La collaborazione sta continuando e in questi mesi, nell'ambito di un *Integrated Project* del 6° Programma Quadro dell'Unione Europea (MAESTRO), al quale partecipano sia INFN sia Scanditronix-Wellhofer, è in fase avanzata lo sviluppo di uno strumento per il Controllo di Qualità di fasci di fotoni, Startrack. Negli ultimi due anni sono

anche stati depositati due brevetti relativi a invenzioni utilizzate per la costruzione di MatriXX e Startrack, a cotitolarità INFN, Università di Torino e Scanditronix-Wellhofer.

#### *Dalla Fisica Nucleare alla Conservazione dei Beni Culturali*

Nel novembre 2005 è stata rinnovata la Convenzione fra l'INFN/LNS e il CNR/IBAM (Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali) sulla base della quale, fra l'altro, personale IBAM lavora a pieno tempo per attività di interesse comune INFN/CNR, sui BB.CC., presso il LANDIS/LNS. Tra i risultati più significativi raggiunti negli ultimi due anni, si ricordano:

*Il sistema BSC-XRF per misure assolute non distruttive XRF.* Il sistema portatile BSC-XRF (Beam Stability Control - Xray Fluorescence) realizzato nel biennio permette di controllare l'energia e l'intensità di un fascio X emesso da un tubo a raggi X. Misure assolute sono così possibili. Fra i risultati archeologici più interessanti figura la scoperta, nei pressi di Mineo (Catania), dell'uso, fin dal mesolitico, di un materiale vetroso locale – la palagonite-simile all'ossidiana ma di diversa natura.

L'uso combinato del sistema LNS portatile PIXE-alfa (brevetto INFN/CEA) e del diffrattometro a raggi X per l'analisi quantitativa di elementi presenti in superficie. Nel biennio è stato messo a punto un metodo che abbina le caratteristiche della tecnica PIXE portatile con quelle della tecnica XRD (X-Ray Diffraction) anch'essa portatile.

Misure quantitative sono state effettuate su affreschi romani da scavi della Soprintendenza di Catania, su affreschi del Palazzo di Nestore a Pylos, su pigmenti ceramici e su "preparazioni" di oro in misure su un pontificale custodito presso l'ICPL.

*Il nuovo sistema portatile XPIXE-alfa per misure simultanee PIXE ed XRF.* In collaborazione col Laboratorio DIMRI di Saclay è stata realizzata nel 2005 una nuova sorgente, di  $^{144}\text{Cm}$ , la quale ha un lungo tempo di dimezzamento ( $T_{1/2} = 18.1$  anni) e, associata alla emissione alfa, presenta anche l'emissione di raggi X. Quest'ultima rende il sistema molto sensibile anche alla presenza di elementi chimici di numero atomico intermedio.

*Il Metodo DPAA (Deep Proton Activation Analysis) per la analisi di monete romane.* Si sono condotti i primi tests. Il metodo fa uso del fascio di protoni del tandem LNS.

#### *Laboratorio multidisciplinare sotterraneo*

I LNGS sono dotati di uno dei laboratori più grandi specializzati in spettroscopia gamma. Attualmente sono presenti dodici rivelatori al Germanio iperpuro, di cui tre possiedono il fondo radioattivo più basso mai raggiunto con questa tipologia di rivelatore. Il fatto di essere dislocati in grande profondità sotto la roccia migliora notevolmente le caratteristiche di questi rivelatori, schermandoli soprattutto dalla radiazione cosmica. Il loro

impiego è a carattere interdisciplinare come si può dedurre dagli esempi di alcune delle attività svolte negli anni passati:

a) misure di interesse geologico su campioni di varia tipologia (paleosuoli, sedimenti marini, fanghi vulcanici, acqua marina, campioni petroliferi) in collaborazione con l'Università dell'Aquila, col Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma Tre e con l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV);

b) misure di attivazione neutronica per la validazione di codici di calcolo nell'ambito della tecnologia di fusione nucleare in collaborazione con l'Ente per le Nuove Tecnologie, Energia e Ambiente (ENEA);

c) misura della concentrazione di radionuclidi cosmogenici in un meteorite di recente caduta in collaborazione con vari istituti europei (p.e. l'Università di Barcellona);

d) misure di interesse radioprotezionistico nell'ambito di una collaborazione tra laboratori europei a basso fondo radioattivo (CELLAR = *Collaboration of European Low-Level Underground Laboratories*) su campioni provenienti dal Giappone: (1) da Tokai Mura, per stimare il flusso di neutroni liberati durante l'incidente di criticità in un impianto di riprocessamento di materiale fissile; (2) da Hiroshima per determinare il flusso di neutroni a distanze diverse dal punto di esplosione della bomba atomica;

e) misure di radioattività naturale per selezione di materiali radio-puri impiegati negli esperimenti presenti ai LNGS.;

f) monitoraggio continuo di radon nelle sale sperimentali dei LNGS.

#### *Laboratorio multidisciplinare sottomarino*

Il Laboratorio Multidisciplinare Sottomarino realizzato dai LNS è una delle poche strutture di questo tipo esistenti al mondo e la prima operante nel Mediterraneo. Il laboratorio consiste in un nodo d'interconnessione, installato a 2000m di profondità al largo di Catania, collegato a terra tramite un cavo elettro-ottico, che consente l'alimentazione dei sistemi installati in profondità e la trasmissione di dati ad alta velocità su fibra ottica. A terra il laboratorio dispone di una stazione presso il porto di Catania in cui sono installati i sistemi di alimentazione e gli apparati di acquisizione dati e controllo. Oltre che dall'INFN il progetto è stato parzialmente finanziato con fondi del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca e dalla Regione Siciliana.

- Il sistema consente la connessione in profondità di esperimenti e osservatori sottomarini in diversi campi di ricerca, permettendo la presa dati continua ed in tempo reale. L'INFN utilizzerà l'infrastruttura per implementare prototipi progettati per la realizzazione di un telescopio sottomarino per neutrini di alta



energia (progetto NEMO Fase-1). L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha già installato e connesso nel gennaio 2005 la stazione di monitoraggio sismico e ambientale SN-1. Questa stazione costituisce il primo nodo operante della rete ESONET (*European Sea Floor Observatory Network*) il cui obiettivo è quello di realizzare una rete di osservatori multidisciplinari al largo delle coste europee per il monitoraggio di fenomeni geofisici, biochimici, oceanografici e biologici. Dal gennaio 2005 nel Laboratorio Sottomarino è anche operante una stazione di rilevamento acustico, realizzata dall'INFN per monitorare il rumore di fondo nelle profondità marine, sul quale esistono pochi dati in letteratura, in vista della possibile realizzazione di esperimenti di rivelazione acustica di particelle cosmiche di energia estrema. Un'interessante applicazione di questa stazione è la possibilità di monitorare con continuità e in linea i segnali acustici emessi dai cetacei di stanza o in transito nella zona. Questa ricerca è condotta in collaborazione con il Centro di Bioacustica dell'Università di Pavia. Lo University College of London (UK), dopo aver realizzato un esperimento pilota, ha in corso di progettazione una piattaforma equipaggiata per lo studio delle deformazioni e rottura di campioni di roccia sottoposti a pressione.

#### *La ricaduta della partecipazione nazionale al CERN sull'Industria Italiana*

La fisica delle particelle elementari raggiunge i suoi obiettivi attraverso lo sviluppo di apparati sperimentali innovatori. Ogni nuova generazione di rivelatori di particelle richiede un periodo di tempo dedicato alla progettazione di strutture originali e di nuove tecnologie. Il cammino che collega le idee di partenza agli oggetti concreti coinvolge in profondità la scienza applicata e il mondo industriale. La scoperta finale può anche avere il solo valore di un progresso nella conoscenza, ma la strumentazione scientifica a tal fine sviluppata trova spesso importanti applicazioni nella vita reale in un'ampia varietà di settori.

Ad esempio, gli acceleratori di particelle sono oggi ampiamente utilizzati nel trattamento del cancro e nello sviluppo ed analisi di nuovi materiali: dei 10000 acceleratori funzionanti in tutto il mondo, meno dell'1% lo sono per la fisica delle particelle elementari. Lo sviluppo dei magneti superconduttori per gli acceleratori di particelle, a sua volta, ha portato allo sviluppo dei magneti impiegati in sistemi IMR e di tomografia cerebrale avanzata. La strumentazione per la Tomografia ad Emissione di Positroni (PET) deriva direttamente dai calorimetri elettromagnetici a cristallo progettati per misure di precisione dell'energia dei fotoni in esperimenti di fisica delle particelle. Tutti questi strumenti, inoltre, adottano tecniche di calcolo sviluppate per il riconoscimento di tracce dalla ricerca in fisica delle particelle.

I progetti svolti in collaborazione tra industria e gruppi INFN per lo sviluppo di nuove tecnologie sono spesso essenziali per garantire che le prestazioni di frontiera necessarie alla ricerca possano essere ottenute su larga scala. La fruttuosa collaborazione che ne consegue ha raggiunto il suo apice negli ultimi decenni grazie all'enorme lavoro di R&D ad alto contenuto tecnologico messo in opera per la macchina *Large Hadron Collider* (LHC) ed i suoi rivelatori dai ricercatori INFN col contributo di industrie Italiane, in particolare appartenenti al settore PMI (Piccole e Medie Industrie). Corrispondentemente, vi è stato un grande trasferimento di conoscenze tecnologiche avanzate alle industrie, potenziando il loro accesso a una spettro più ampio di realizzazioni. Anche nel caso di interazioni per contratti di contenuto tecnologico ordinario, le ditte hanno avuto beneficio dalle stringenti richieste INFN di alti livelli qualitativi.

Nel quadro specifico della costruzione dello LHC, l'INFN ha avviato e condotto a termine progetti in diverse aree di interesse industriale e con la collaborazione dell'industria, spaziando dai magneti e cavi superconduttori ai rivelatori al silicio di grande area e alta densità di chip, alla criogenia, ai sistemi di distribuzione di alte tensioni e all'elettronica di *front-end* per i rivelatori di particelle nonché alla meccanica di alta precisione e a innovazioni nel campo dei materiali.

Un indicatore dell'azione esercitata dalla ricerca INFN nel qualificare le industrie italiane è fornito dal valore percentuale dei contratti a queste assegnati da parte del CERN, (il Centro Europeo per la Ricerca Nucleare) paragonato a quello degli altri Paesi Europei e alla percentuale del contributo italiano al budget CERN. Come per il triennio 2001-2003, la ricaduta sull'industria italiana appare ottima: nel 2004 e nel 2005, oltre il 17% del valore dei contratti del CERN è stato aggiudicato a ditte italiane, mentre la partecipazione italiana al budget del Laboratorio è inferiore al 13%.

## **2.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA**

Sin dalle prime call for proposal, inizi 2003, nell'INFN c'è stato un grosso interesse alle opportunità di finanziamento offerte nell'ambito del Sesto Programma Quadro (6PQ) della Commissione Europea. I progetti sono stati presentati su diversi settori di ricerca, sia fondamentale che applicata. Va comunque sottolineato che nei Programmi Quadro della Commissione Europea c'è una scarsa attenzione alla ricerca di base: solo il 15% del budget totale del VI PQ è dedicato a strutturare l'Area di Ricerca Europea (Infrastrutture di Ricerca e Mobilità).

Nell'ambito della ricerca fondamentale sono stati presentati progetti per la fisica nucleare, particellare, astroparticellare e per le nuove tecniche di accelerazione. Questi

progetti, nati all'interno di organismi europei quali APPEC, NuPECC ed ESGARD (European Steering Group on Accelerator R&D), prevedono la creazione di vere e proprie reti di infrastrutture di ricerca di valenza europea utilizzando un nuovo strumento del VI PQ, le "Integrated Infrastructures Iniziative (I3)". Lo scopo è quello di riunire le infrastrutture europee di punta nei vari settori al fine di migliorare le operazioni e le prestazioni delle infrastrutture stesse e di preparare in modo coerente le migliori infrastrutture per il futuro.

Sei importanti progetti, di durata quadriennale, presentati in questo contesto sono stati approvati e sono attualmente in fase di esecuzione o negoziazione: uno per la fisica adronica, uno per la fisica nucleare, uno per la fisica astroparticelle, uno sulle nuove tecniche di accelerazione, uno sul Free Electron Laser (FEL) e uno sulla ricerca e sviluppo per i rivelatori dell'International Linear Collider.

Il progetto sulla fisica adronica (I3HP), coordinato dall'INFN, coinvolge circa 35 istituzioni europee e 2200 ricercatori, con un finanziamento totale di circa 17,4MEuro di cui 4MEuro per l'INFN. Il progetto sulla fisica astroparticellare (ILIAS) coinvolge circa 21 istituzioni Europee e 1500 ricercatori, e prevede un finanziamento totale di circa 7,5MEuro di cui circa 2,5MEuro per l'INFN. Al progetto sul FEL (IA-SFS) collaborano 16 istituzioni europee e il finanziamento totale è di circa 27MEuro. Per il progetto di fisica nucleare (EURONS) è previsto un finanziamento totale di 14MEuro di cui circa 1,3 per l'INFN. Infine al progetto sulle nuove tecniche di accelerazione (CARE) partecipano circa 21 istituzioni Europee e il finanziamento totale è di circa 15MEuro di cui 2MEuro per l'INFN. Uno degli ultimi progetti approvati, EUDET, è dedicato alla ricerca e sviluppo per i rivelatori dell'International Linear Collider: a questo progetto partecipano più di 40 istituzioni e ha un finanziamento di 7MEuro.

Una attività importante svolta all'interno di questo progetti è l'attività di accesso transazionale; tramite questo strumento gruppi di ricercatori europei possono eseguire la loro attività di ricerca utilizzando le infrastrutture presenti nei vari laboratori. Per riportare un esempio concreto, l'accesso alle infrastrutture di ricerca dei Laboratori Nazionali di Frascati prevede il finanziamento di 8000 mesi/uomo nell'arco di 4 anni.

La presenza di numerosi gruppi europei e le richieste di nuovi utenti sicuramente favoriscono il miglioramento delle infrastrutture stesse e la nascita di nuovi progetti.

Già nell'ambito del V Programma Quadro tre dei Laboratori Nazionali dell'INFN (LNL, LNF, LNS), hanno offerto accesso transazionale a numerosi gruppi di ricerca europei; questa attività sta continuando nel VI Programma Quadro nel contesto delle "Integrated Infrastructures Iniziative (I3)".

Anche per gli studi di fattibilità e la costruzione di nuove infrastrutture l'INFN partecipa a numerosi progetti europei, tra cui vale la pena menzionare: EUROTEV volto allo studio del next linear collider, EURISOL per la Radioactive Ion Beam Facility, EUROFEL per la ricerca e sviluppo sul free-electron laser di nuova generazione, Auger Access relativo al Pierre Auger Observatory, KM3Net per lo studio di fattibilità di una facility sottomarina per la fisica astroparticellare, infine il progetto per lo studio di fattibilità dell'esperimento PANDA che verrà installato nella nuova infrastruttura al GSI in Germania.

Tutti questi progetti, hanno una elevata valenza europea in quanto coinvolgono più di 20 istituzioni europee ed una comunità di migliaia di ricercatori. Il finanziamento totale previsto va da 9 a 10MEuro e quello per l'INFN da 1 a 4MEuro.

Nel campo dell'Information Technologies l'INFN ha presentato, e per molti coordina, decine di progetti dedicati a sviluppi di infrastrutture GRID e al network. Tra questi EGEE ed EGEEII coinvolgono 70 istituzioni organizzate in 9 federazioni (l'INFN coordina la federazione Italiana). Il finanziamento totale del progetto è di circa 32MEuro di cui circa 4 per l'INFN. Sono stati inoltre recentemente approvati 5 nuovi progetti su GRID, alcuni dei quali coinvolgono i Paesi del bacino mediterraneo, la Cina e l'India. Il volume finanziario totale è di circa 2MEuro. Altrettanti progetti sono stati presentati nelle ultime *call for proposal* del VI PQ.

Oltre ai progetti sulla ricerca fondamentale sopra citati sono stati presentati anche progetti sulla fisica applicata, dalle nanotecnologie all'adroterapia. In particolare, è stato finanziato un progetto per lo sviluppo di rivelatori per la dosimetria nell'adroterapia che coinvolge 24 istituzioni e ha un finanziamento totale di circa 4MEuro.

Anche l'aspetto delle risorse umane e della mobilità non è stato tralasciato, con la presentazione e l'approvazione di svariati progetti per research and training networks e l'ottenimento di un consistente numero di borse di studio.

Il numero totale di progetti presentati ad oggi è di circa 60 con un elevato tasso di successo.

Il totale del finanziamento della Commissione Europea all'INFN è stato di circa 32MEuro.

Il VI PQ è ormai in conclusione e si possono sicuramente trarre alcune considerazioni sulla base dell'esperienza maturata:

- la partecipazione dell'INFN al VI PQ è stata sicuramente molto attiva e positiva;
- i nostri ricercatori e il personale amministrativo hanno acquisito esperienza nella presentazione delle domande e nella gestione dei progetti;

- più efficace e organica la diffusione delle opportunità di finanziamento, del supporto e del bookkeeping dei progetti (CRUE);
- istituzione di una procedura intera per le sottomissioni dei progetti alla UE (da non vedersi come un'aumento della burocrazia ma come uno sperabile aumento di efficienza); ottima palestra per una più massiccia partecipazione al VII PQ.

## **2.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE**

L'INFN, fino al 2001, ha perseguito i propri fini istituzionali con finanziamenti pubblici assegnati con provvedimenti legislativi sulla base di piani pluriennali di attività approvati dal CIPE. I finanziamenti diretti all'INFN, con trasferimenti dal Bilancio dello Stato, sono stati attribuiti con la legge 19 ottobre 1999, n. 370, che prevedeva 555 miliardi di lire (286,6 milioni di euro) per ciascuno degli anni 2000 e 2001.

A partire dal 2002, gli stanziamenti di competenza da destinare all'INFN affluiscono all'apposito fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di ricerca finanziati dal MIUR (oggi MUR), previsto all'art. 7 del d.Lgs. 5 giugno 1998, n. 204. Nel 2003 lo stanziamento di competenza è stato di 280,9 milioni di euro, ridotto del 2% rispetto a quelli degli anni precedenti, e nel 2004 è stato di 275,3 milioni di euro, con una ulteriore riduzione del 2% rispetto agli anni precedenti. A fine esercizio, l'INFN ha avuto un'integrazione di 5 milioni di euro allo stanziamento 2004. Nel 2005 il contributo dello Stato è stato di 274,7 milioni di euro, con una riduzione del 2% rispetto a quello complessivamente avuto nel 2004. Per l'esercizio 2006 il contributo dello Stato è fissato, con decreto del MUR, in 272,0 milioni di euro con una riduzione dell'1% rispetto a quello dell'anno precedente.

E' da rilevare che la legge 27 dicembre 1997, n. 449 (Misure per la stabilizzazione della finanza pubblica) ha fissato dei limiti nei prelevamenti di cassa degli Enti Pubblici di ricerca per il triennio 1998/2000. Successivamente, le leggi 23 dicembre 2000, n. 388 (legge finanziaria 2001), 31 dicembre 2002, n. 289 (legge finanziaria 2003) e 24 dicembre 2003, n. 350 (legge finanziaria 2004) hanno confermato fino al 2006 i limiti ai prelevamenti di cassa, maggiorandone però gli incrementi annuali. L'assegnazione di cassa attribuita all'INFN per il 2006, è stata di 315 milioni di euro, oltre l'importo di 23,8 milioni di euro quale rimborso di quanto dovuto al personale per competenze arretrate in applicazione del nuovo CCNL.

E' importante notare che le notevoli differenze tra le assegnazioni di competenza e quelle di cassa, che si sono verificate negli anni dal 1997 al 2002, hanno di fatto prodotto un rallentamento delle attività scientifiche programmate, che solo di recente, con le accresciute disponibilità di cassa, è stato possibile pianificarne un graduale recupero.

La legge 30 dicembre 2004 (legge finanziaria 2005) ha disposto riduzioni per alcune tipologie di spesa. In particolare le spese per l'acquisto, la manutenzione, il noleggio e l'esercizio di autovetture non possono superare, per l'anno 2005, il 90% del consuntivo 2004. Tale limite di spesa viene esteso al 2006 e 2007, con un tetto rispettivamente dell'80% e del 70% rispetto al consuntivo 2004.

Inoltre la legge 2 dicembre 2005, n. 248, ha imposto la riduzione del 10% degli stanziamenti per l'anno 2005 riguardanti spese per consumi intermedi. Per l'INFN si è trattato di un'improvvisa indisponibilità di 6,6 milioni di euro, peraltro versata al Bilancio dello Stato nel giugno scorso unitamente all'importo di 10,0 milioni di euro accantonato in attuazione del decreto del Ministro dell'Economia e delle Finanze del 29 novembre 2002. Tale provvedimento, oltre alle conseguenti notevoli difficoltà nella gestione corrente della spesa, ha comportato una consistente decurtazione del già ridotto bilancio dell'Istituto.

La legge 23 dicembre 2005, n. 266 (finanziaria 2006) ha disposto ulteriori drastiche restrizioni delle spese, riferite alle relazioni pubbliche e convegni, alla rappresentanza, all'utilizzo di autovetture. Sono state inoltre disposte riduzioni ai compensi dei componenti degli organi di indirizzo, direzione e controllo e limiti e riduzioni ai compensi per incarichi di consulenza.

Il D.L. 4 luglio 2006, n. 223, convertito nella legge 4 agosto 2006, n. 248, oltre a disporre ancora riduzioni delle spese per consumi intermedi, e di altre tipologie di spesa, ha ridotto le diarie delle missioni all'estero del 20% e il trattamento delle missioni in Italia.

## 3. PIANO DI ATTIVITÀ 2007-2009

### 3.1 FISICA SUBNUCLEARE

Con la partenza della sperimentazione a LHC prevista per il 2007 il periodo 2007-2009 vedrà un impegno diversificato e intenso che richiederà uno sforzo eccezionale da parte dell'INFN nel commissioning negli esperimenti ATLAS, CMS, LHCb e TOTEM, nella preparazione dell'analisi dati che include la messa in opera dell'enorme infrastruttura del computing e infine la fase vera e propria di sfruttamento del potenziale di fisica offerto da questo straordinario acceleratore con lo scopo ipotizzabile che nel 2008 possano avvenire le prime pubblicazioni di fisica. LHC si presenta come l'avventura scientifica nella fisica subnucleare di più grande impegno mai intrapresa sinora. Questa prima fase è prevista durare una decina d'anni. Nel prossimo triennio è previsto che BABAR, CDF e COMPASS completino la raccolta dei dati aumentando sensibilmente la quantità di dati a propria disposizione. KLOE terminato nel 2006 dovrà completare le analisi che potranno utilizzare la grande quantità di dati raccolta e anche ZEUS terminerà nel 2007. E' tuttora in discussione la possibilità di un esperimento successore di NA48, proposta nota come P326. Qualora esso fosse approvato la sua costruzione inizierà in questo triennio. La costruzione dell'esperimento MEG, dedicato alla ricerca della violazione del numero leptonico di flavour, è in fase di conclusione e a partire dal 2007 è previsto l'inizio della campagna di raccolta dati, che continuerà nei due anni successivi.

È in discussione la possibilità di costruire una Super B-Factory e una situazione analoga è prevista per la  $\Phi$ -factory (DAFNE) di Frascati. Sono attualmente in preparazione migliorie dell'acceleratore che potrebbe divenire più efficace in termini di luminosità ma anche più flessibile nella energia permettendo misure la cui realizzazione si situerebbe alla fine di questo decennio.

Il panorama futuro della fisica subnucleare è oggetto di discussioni in particolare nell'ambito dei vari organismi scientifici preposti a tali iniziative, quali l'ECFA (European Committee for Future Accelerators), l'ICFA e l'ACFA (rispettivamente International ed Asian Committee for Future Accelerators). Nel corso di tali discussioni e di vari studi dedicati la comunità scientifica internazionale ha riconosciuto che, ferma restando la priorità dell'entrata in funzione dell'LHC, le priorità future siano l'innalzamento della luminosità fornita dall'LHC stesso e la costruzione di un acceleratore lineare elettrone-positrone (LC) con un'energia iniziale di almeno 400Gev. L'approvazione di quest'ultima macchina dovrebbe avvenire in tempi tali da permettere alla presa dati al LC di poter avere un

significativo periodo di sovrapposizione con l'LHC per poter sfruttare in pieno la complementarità di entrambe le macchine. Il progetto è noto come ILC (International Linear Collider) ed esiste una road map per le decisioni future. E' attualmente al lavoro un comitato internazionale che deve studiare la realizzabilità pratica e i costi di questa macchina. Lo studio viene compiuto per tre diversi siti (americano, giapponese e europeo) e una decisione sul dove e quando costruirlo è attesa nel corso del futuro triennio.

Il pieno sfruttamento futuro del LHC richiederà inoltre la costruzione di nuovi acceleratori di servizio al CERN. Queste macchine potrebbero offrire anche delle ottime opportunità per importanti esperimenti a bersaglio fisso con K, muoni e neutrini.

La comunità scientifica internazionale si è trovata anche d'accordo nel dare alta priorità alla continuazione del programma di Ricerca e Sviluppo di tecniche di accelerazione per le macchine appena citate e per altre che già si intravedono all'orizzonte (CLIC al CERN, collisore di muoni ad alta energia, fasci di neutrini ad alta intensità).

## INTERAZIONI ADRONICHE

Nel triennio in esame è previsto che il Tevatron al Fermilab fornisca agli esperimenti una luminosità annua sempre crescente, approssimativamente pari a 0.8, 1.1 e 1.1fb<sup>-1</sup> rispettivamente nel 2007, 2008 e 2009. L'esperimento dovrebbe in questo ultimo anno essere completato avendo accumulato non meno di 5fb<sup>-1</sup> e secondo le più ottimistiche estrapolazioni sino a 8. I membri della collaborazione CDF avranno come compito quello di processare con alta efficienza gli eventi generati dagli urti antiprotone-protone e di avanzare pari passo con l'analisi dei dati stessi. Una sfida particolare è nel mantenere un trigger efficiente sugli eventi interessanti e che eviti tempi morti nella acquisizione dei dati. Qui i gruppi italiani hanno particolari competenze e responsabilità. La sfida più alta che questa immensa mole di dati che verrà raccolta pone è la ricerca del bosone di Higgs. Verranno ovviamente migliorate le misure della massa e della sezione d'urto di produzione del quark top e anche la massa del W.

Le attività collegate ai grandi rivelatori al Large Hadron Collider (LHC) del CERN negli anni dal 2007 al 2009 raggiungeranno il loro picco essendo previsto l'inizio della presa dati, sebbene alla energia di iniezione di 900GeV verso la metà del 2007. Il funzionamento all'energia di picco con luminosità significativa inizierà invece nel 2008. Le collaborazioni ATLAS, CMS ed LHCb prevedono quindi per il prossimo futuro di completare, nelle varie sezioni INFN implicate, le costruzioni dei rivelatori di responsabilità italiana. Molti detectors sono già stati trasportati al CERN, provati ed integrati nei vari apparati sperimentali. Il commissioning con raggi cosmici è già iniziato e finalmente nel 2007 gli esperimenti potranno registrare i primi eventi da collisioni protone-protone. Nello stesso lasso di tempo i ricercatori INFN parteciperanno anche allo sforzo di mettere in opera sfruttando le tecnologie



delle GRID l'imponente rete di calcolatori che sarà necessaria a partire dal 2007 per distribuire, immagazzinare ed analizzare l'enorme messe di dati fornita dall'LHC. Nel 2008 è ipotizzabile avere dei lavori di fisica su questi dati raccolti a energie mai prima raggiunte. A questi grandi esperimenti se ne è aggiunto un altro di taglia più modesta (TOTEM) che continua una tradizione della fisica sperimentale italiana. TOTEM misurerà la sezione d'urto totale delle collisioni protone-protone e che sarà in grado di prendere dati sin dall'inizio della sperimentazione a LHC.

#### VIOLAZIONE DI CP E DECADIMENTI RARI

KLOE ha terminato la presa dati a Maggio 2006 con una statistica raccolta derivante da una luminosità integrata di  $\sim 2.5\text{fb}^{-1}$  fornita dalla macchina DAFNE di Frascati al picco della risonanza e altro 0.3 appena sotto soglia. Solo una parte dei dati raccolti è stata analizzata e ci si attende che le analisi che richiedono la statistica completa verranno completate nei prossimi due anni. Ci si aspettano risultati di grandissimo valore dallo studio di decadimenti del  $K_s$  e dalle misure di interferometria quantistica; dallo studio dei mesoni scalari  $f_0$  e  $a_0$ , da eta e eta'. Inoltre i dati raccolti sotto la soglia della risonanza serviranno a una misura precisa del rapporto R. E' in corso di studio un miglioramento dell'acceleratore DAFNE che permetterebbe a un KLOE potenziato di raccogliere dati a partire dal 2009 con obiettivi di fisica più ambiziosi grazie a una luminosità 10 volte maggiore. Sono in corso gli studi per definire i miglioramenti dell'apparato sperimentale che verranno introdotti nei prossimi tre anni.

L'esperimento NA48 ha l'obiettivo di terminare lo studio di tutto il campione di dati raccolto con l'obiettivo di finalizzare tutte le analisi di fisica entro il 2007. Rimangono canali interessanti come ad esempio i  $Ke_4$  e  $K\mu_4$  o il  $Ke_3$  radiativo che dà accesso alla violazione di T nonché la misura di R (test di universalità leptinica) con un errore al di sotto dell'1%. Allo stesso tempo prosegue il programma di ricerca e sviluppo che dovrebbe permettere la presentazione di una proposta per un esperimento strumentalmente superiore a quello terminato, collo scopo di puntare a una misura della probabilità di decadimento del K carico in un singolo pione carico e due neutrini che costituirebbe un test molto importante del Modello Standard e potrebbe svelare l'esistenza di Nuova Fisica. Nell'anno 2007 è previsto un intenso programma di test sui molti aspetti strumentali nei quali i gruppi italiani sarebbero coinvolti, in particolare nel miglioramento della calorimetria, nello sviluppo del rivelatore a luce Cerenkov per la separazione dei muoni dai pioni e nel sistema di tracciamento dei decadimenti. L'esperimento potrebbe essere approvato poi nel 2008 e la costruzione inizierebbe nel 2009.

Il grado di efficienza dell'esperimento BABAR dovrà essere mantenuto dalla collaborazione ad un livello tale da poter sfruttare efficientemente il campione di dati derivante dalla luminosità che PEP-II è previsto integrare, pari a  $600$  e  $950\text{fb}^{-1}$  per la fine degli anni 2007 e 2008 rispettivamente. L'esperimento cesserà di prendere dati appunto alla fine del 2008. Nello sfruttare la luminosità accumulata sarà cruciale l'utilizzo dei nuovi rivelatori inseriti nel giogo di ferro nel 2006 sotto la responsabilità italiana. Sarà anche responsabilità dei fisici INFN la ricostruzione di tutti gli eventi raccolti dall'esperimento che verranno poi distribuiti dalle *farm* di calcolo INFN a tutti i collaboratori, sia in Europa che negli USA. Questa attività permetterà ai ricercatori INFN di continuare in modo competitivo l'analisi dei dati raccolti con l'obiettivo ambizioso di ricostruire con precisione il triangolo unitario tramite la sola misura degli angoli, cioè totalmente con misure di violazione di CP. L'aumento della statistica permetterà inoltre di capire se le differenze osservate attualmente in differenti misure della stessa quantità (angolo beta del Triangolo Unitario) siano un artefatto o piuttosto un'indicazione di Nuova Fisica. Anche la ricerca di nuove risonanze adroniche è una linea portante delle future analisi.

L'esperimento MEG deve terminare la fase di costruzione e entrare in funzione nel 2007 per affrontare nei tre anni previsti di presa dati la sfida posta da questa difficilissima misura. Nel 2007 verrà anche messo in funzione a cura dei gruppi INFN un sofisticatissimo strumento (un acceleratore di protoni del tipo Cockroft-Walton) che permetterà una calibrazione precisissima dell'apparato funzionale alla delicatezza delle misure da effettuare.

#### DIFFUSIONE PROFONDAMENTE ANELASTICA

L'esperimento ZEUS raccoglierà dati fino a luglio del 2007, e si conta di raggiungere e superare i  $200\text{pb}^{-1}$  di elettrone-protone e superare i 100 di positrone-protone. E' previsto anche un run di tre mesi a energia più bassa che permetterà la misura della funzione di struttura longitudinale FL. L'alta efficienza raggiunta dal rivelatore permetterà lo sfruttamento ottimale della mole di dati raccolti, la cui analisi dettagliata si protrarrà fino al 2010. Le analisi copriranno aspetti della fisica del charm, del beauty, di quella elettrodebole e diffrattiva oltre che il miglioramento della conoscenza della struttura delle distribuzioni partoniche all'interno del protone bersaglio.

Ora che l'esperimento COMPASS, grazie al contributo decisivo di gruppi italiani dell'INFN, è stato sostanzialmente migliorato si prevede di esaurire nel 2007 la raccolta di dati con il fascio di muoni e passare quindi al fascio di adroni. Ci si attendono risultati molto più precisi di quelli ottenuti sino ad ora sulla misura dello spin del gluone e sulla transversità. Il fascio adronico permetterà lo studio e la scoperta di eventuali nuove risonanze.

## LINEAR COLLIDER

E' prevista una intensificazione dell'attività sulla possibile sperimentazione al Linear Collider. Oltre all'attività sul tracciatore centrata sui pixel 3D si svilupperà una attività su dei sensori innovativi (fotomoltiplicatori di Silicio) che potrebbero rivelarsi molto importanti nella calorimetria.

### *Progetto strategico* NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE (NTA)

Le attività di NTA prevedono nel 2007 la prosecuzione dei programmi impostati negli anni precedenti, nell'ambito delle collaborazioni internazionali formatesi attorno ai progetti di punta nel campo degli acceleratori.

**CLIC Test Facility – CTF3** – Nel triennio 2007-2009 verrà completata l'installazione del secondo anello, detto Combiner Ring, nel quale i cinque treni di impulsi provenienti dal Delay Loop verranno ricombinati per produrre il "Drive Beam" di CTF3, che avrà una struttura temporale di 15GHz sulla durata del treno di impulsi di 140ns e corrente 35A. L'iniezione nell'anello avviene mediante 2 deflettori a radiofrequenza studiati e realizzati dall'INFN e già utilizzati con successo per provare, con treni corti di impulsi, la tecnica di iniezione ricombinata nella fase preliminare di CTF3. Il fascio di elettroni con le caratteristiche del Drive Beam di CLIC dovrà essere prodotto durante il commissioning dell'anello. E' inoltre previsto un programma di misure sugli effetti legati alla lunghezza dei pacchetti di elettroni; in particolare, cambiando la lunghezza dei pacchetti con la chicane magnetica che l'INFN ha installato prima degli anelli, si studieranno gli effetti della emissione di luce coerente di sincrotrone sulla variazione e la dispersione di energia del fascio di elettroni stesso. L'INFN parteciperà all'intero programma scientifico di CTF3 che prevede la produzione di potenza RF e i test di accelerazione a 30GHz con treni di impulsi lunghi per ottenere il gradiente di accelerazione di 150MV/m previsto per CLIC. Parteciperà inoltre alla messa in funzione del fotoiniettore per il Drive Beam in fase di realizzazione attraverso il "Joint Research Activities" PHIN del progetto CARE finanziato attraverso il Sesto Programma Quadro della Comunità Europea.

**International Linear Collider (ILC)** – Proseguirà l'attività di lungo termine in ambito mondiale, che ha come riferimento il Global Design Effort (GDE). Un primo passo significativo avverrà all'inizio di Febbraio del 2007, con la presentazione del Reference Design Report.

L'esperienza e le competenze acquisite nella progettazione e nella costruzione dei criomoduli e di altri componenti centrali dell'acceleratore quali le cavità e i Blade Tuners, permetteranno all'INFN e ai suoi partner industriali italiani di consolidare una posizione di rilievo in ambito internazionale.

Oltre a collaborare con Fermilab, DESY e KEK alla revisione e consolidamento del progetto dei moduli acceleranti di terza generazione, l'INFN si farà carico di fornire a Fermilab un criomodulo costruito (come tutti i precedenti) in Italia. Questo criomodulo sarà equipaggiato di cavità ulteriormente ottimizzate ed equipaggiate con i Blade Tuners dell'INFN. Anche la qualificazione dei prototipi successivi prevede l'utilizzo della diagnostica WPM, sviluppata dall'Istituto.

Con la piena integrazione del gruppo di Pisa, si prevede di dare un contributo significativo anche ai sistemi elettronici di controllo delle cavità e all'analisi dei dati di vibrazione forniti dai WPM.

L'interesse crescente dei principali laboratori partecipanti ad ILC (Fermilab, DESY e KEK) a utilizzare le competenze sviluppate in ambito INFN, permetterà di rafforzare lo sviluppo in Italia di un'importante frazione della tecnologia di ILC.

Accordi per realizzare un sistema completo per la produzione e l'operazione dei fotocatodi all'interno del cannone RF sono stati stipulati o sono in via di finalizzazione con Fermilab, KEK e DESY (per l'XFEL).

Continueranno gli studi sui trattamenti di superficie presso i LNL, dove si stanno sviluppando tecniche di polishing innovative e con piccolo impatto ambientale.

La versione finale dei kickers verrà installata su DAFNE e verranno effettuate prove con il fascio sulla struttura temporale dell'impulso e sull'uniformità di campo.

Al contempo, si sta definendo una collaborazione internazionale, coordinata nell'ambito del GDE, per eseguire tests sul fascio di DAFNE degli impulsatori rapidi sviluppati per i damping rings.

E' prevista la progettazione e realizzazione di un prototipo di nuovo kicker ultra rapido, per ridurre la durata dell'impulso di un ulteriore fattore due.

Sempre a DAFNE, saranno effettuate misure di e-cloud, mediante l'installazione di tre rivelatori (uno sull'anello di elettroni come riferimento e due sull'anello di positroni), per confrontare una normale sezione della camera da vuoto e una trattata con deposizione di TiN. Si prevede inoltre l'utilizzo di codici per la valutazione della instabilità "electron cloud" e il confronto tra simulazioni ed osservazioni sperimentali su DAFNE.

Proseguirà inoltre la partecipazione alla progettazione del sistema di radio frequenza a 650MHz dei DR.

L'attività di R&D sui sistemi di feedback rapidi continuerà nell'ambito di una collaborazione internazionale (LBNL, LNF, KEK, SLAC), in particolare sarà oggetto di studio l'effetto del feedback sull'emittanza verticale dei DR.

Si prevede inoltre di partecipare allo sviluppo di diagnostiche di fascio per ILC al GANMVL: Global Accelerator Network Multipurpose Virtual Laboratory.

**PLASMONX** – Nel 2007 l'impegno principale consisterà nella realizzazione del laser FLAME e la costruzione del laboratorio HILL@LNF, in cui verrà installato il laser entro il Febbraio 2008.

Verranno condotti presso il laboratorio ILIL-CNR esperimenti di accelerazione a plasma usando un gas-jet supersonico come bersaglio ed esperimenti per la produzione di protoni/ioni energetici da bersagli solidi opportunamente preparati.

Nelle principali Facilities Europee continueranno gli esperimenti incentrati sulle tematiche di PLASMONX.

L'attività teorica e di simulazione numerica dovrà affiancare quella sperimentale guidandola nell'ottimizzazione dei parametri che regolano i meccanismi di accelerazione nei plasmi prodotti da laser.

E' previsto anche il progetto di uno spettrometro magnetico per gli elettroni energetici e di una parabola Thomson per la determinazione dello spettro degli ioni energetici. Questi apparati verranno sviluppati attraverso una collaborazione già in atto con il CEA di Saclay e del LULI (Ecole Polytechnique).

Verrà avviata (in collaborazione con il gruppo del progetto MAMBO2) la progettazione e realizzazione della camera d'interazione elettroni-fotoni, da collocare dentro il bunker di SPARC.

Si intensificherà un'azione di "attrazione" nei confronti di ricercatori impegnati sulle tematiche dell'accelerazione a plasma e in generale dell'interazione laser-materia ad alte intensità.

**DISCORAP** – Il 2007 è l'anno cruciale per le attività di DISCORAP. Relativamente al conduttore è prevista l'assegnazione della commessa per la produzione del cavo Rutherford da impiegarsi effettivamente nella costruzione del dipolo. Tale gara riguarderà sia la fornitura di un cavo a piene caratteristiche, sia di alcune pezzature di cavo "dummy" (ossia con caratteristiche elettricamente scarse ma meccanicamente analoghe a quelle del cavo finale), necessarie per le prove preliminari di avvolgimento. In relazione alle attività di studio e progettazione, sarà finalizzato il *conceptual design* con il congelamento delle caratteristiche del magnete. Questa attività sarà svolta prevalentemente in ambito INFN in parallelo con lo

sviluppo del modello di avvolgimento in ASG Superconductors (ex Ansaldo), dove verrà effettuato il progetto esecutivo della bobina (soprattutto è fondamentale il design delle teste). Sarà inoltre effettuato il progetto delle attrezzature per le prove di avvolgimento e la costruzione di semi-bobine curve di prova con cavo dummy (la milestone più rilevante del 2007). Una volta completate queste attività si possono sciogliere tutte le riserve relative alla costruzione del prototipo completo e passare quindi alla fase decisiva del progetto.

**HCCC** – Nel corso del 2007, è prevista una seconda campagna di presa dati sul fascio di test, con lo sviluppo di uno spettrometro e di un sistema di orientazione del cristallo ulteriormente affinato, e con la caratterizzazione di nuovi cristalli piegati.

**HPPA** – Nel 2007 si completerà la costruzione di tutti i prototipi, e si procederà alla loro caratterizzazione.

#### *Progetto speciale SPARC*

Nel corso del 2007 saranno installate tre sezioni acceleratrici, che porteranno il Linac fino all'energia di 150MeV, il sistema di focheggiamento sulla prima e seconda sezione acceleratrice, il sistema di diagnostica e controllo, la linea di by-pass, il sistema magnetico di trasporto e correzione della traiettoria con relativi alimentatori. Alla metà del 2007 si prevede di effettuare i primi test sul fascio di elettroni.

Il programma scientifico di SPARC nel 2007 è stato ampliato grazie al finanziamento ottenuto con il progetto EUROFEL, approvato nell'ambito del VI Programma Quadro "Design Studies" della UE, che contribuirà alla realizzazione dell'esperimento di compressione del pacchetto di elettroni mediante tecniche a radiofrequenza, e alla diagnostica avanzata mediante l'utilizzo di deflettori a radiofrequenza. Inoltre, in collaborazione con l'ENEA, si realizzerà un esperimento di "seeding" finalizzato a migliorare la coerenza temporale della radiazione emessa nell'ondulatore.

#### *Progetto speciale GRID*

Nel 2007 il progetto INFN Grid continuerà ad essere notevolmente impegnato su molti fronti a livello internazionale e a dover garantire il coordinamento e l'armonizzazione di svariati progetti grid europei e delle collegate attività.

I principali obiettivi per il 2007 includono:

- Il completamento dei Data e Service Challenges in collaborazione con gli esperimenti a LHC in vista del commissioning dell'infrastruttura del progetto World-wide LHC Computing Grid (WLCG) in tempo utile per la partenza di LHC. A tal fine l'INFN sfrutterà l'infrastruttura Grid di

produzione nazionale che integra le risorse di calcolo e di storage di tutte le sedi INFN inclusi Tier 1 (Cnaf), Tier2 a Lnl, Catania, Torino, Roma, Napoli.... e i Tier3 delle altre sedi e che deve essere resa operativa 24 ore al giorno, sette giorni su sette con efficienza sempre più alta e garantita.

- Il lancio ad aprile del nuovo progetto EGEE-III, continuazione di EGEE/EGEE II, che prevede attività di consolidamento del middleware, di consolidamento ed estensione dello sfruttamento dell'infrastruttura Grid di produzione in Europa per tutte le scienze e la continuazione della realizzazione delle attività di *tutorials*, disseminazione e costruzione di un'interfaccia generica per tutte le applicazioni.
- Lo sviluppo/completamento dei progetti europei collegati a EGEE in vista:
  - a) di una sua estensione geografica: progetti EU-med, GRID, EU-China GRID, EU-India GRID, EELA;
  - b) di un suo sfruttamento da parte di nuove comunità: progetti Bio-infogrid, GridCC, CYCLOPS
  - c) di attività di ricerca e sviluppo più a lungo termine quali Core Grid, Nobel, FIRB LIBI.

Un grande sforzo, a livello nazionale ed Europeo nel 2007, sarà quello mirante a consolidare lo sviluppo, il supporto e lo sfruttamento del middleware di grid, europeo disponibile come Open Source, nelle e-Infrastrutture europee per la ricerca e a livello Industriale e Commerciale.

A tale fine è stata proposta la costituzione dell'European Grid Initiative (EGI), coordinata dal CERN e basata non più su progetti ma su Iniziative Grid Nazionali (NGI) avente lo scopo di:

- Garantire lo sviluppo ed il supporto a lungo termine dell'e-Infrastruttura Europea
- Fornire un quadro di coordinamento a livello EU sulla linea di quanto fatto nel passato per le reti della Ricerca

La Commissione ha previsto tra le attività 2007 l'emissione di un bando ristretto alle iniziative nazionali per favorire la sostenibilità a lungo termine dell'infrastruttura Grid europea.

INFN Grid ha ben assolto il ruolo di contenitore per coordinare tutti i contributi INFN ai progetti Grid Nazionali, Europei ed Internazionali e anche ai processi di standardizzazione del OGF. Con

Grid.it che finisce nel 2006 ha dato l'avvio alla costruzione di un'infrastruttura grid nazionale per tutto il mondo della ricerca.

L'INFN ha promosso nel 2006 la creazione del Consorzio Omega (Open Middleware Enabling Grid Application) assieme ai maggiori Enti di Ricerca Italiani e a numerose Industrie.

Nel 2006 sono state presentate 2 idee progettuali nell'ambito del PNR per la competitività che hanno superato la selezione scientifica riguardanti due dei settori industriali coinvolti:

1) Progetto di Ricerca Industriale per lo Sviluppo di Middleware Applicativo Grid (PRISMA)

2) E-Government Grid (EGG) per la sfruttamento della grid a livello della Pubblica Amministrazione con riferimento alle Regione Lombardia come potenziale utilizzatore.

#### *Progetto speciale ELN*

Data l'imminenza della fase operativa di LHC a partire dal 2007, è necessario che l'INFN, nell'ambito di una collaborazione internazionale su scala mondiale, si proietti sul futuro della fisica adronica nell'era post-LHC, con grande anticipo rispetto alle eventuali scoperte di LHC.

Nel triennio 2007-2009, nel quadro del Progetto ELN, dovranno quindi essere potenziate attività di ricerca e sviluppo su nuove tecniche di accelerazione, anche alla luce delle linee guida che sono emerse nel corso del 2006 in ambito europeo e nazionale dai lavori dello Strategy Group CERN-ECFA e dei working group della Road Map INFN.

Dovranno in ogni caso proseguire gli studi di fattibilità sul collider adronico e sarà necessaria la realizzazione di nuovi prototipi di dipoli magnetici di grandi dimensioni e intensità di campo (anche tramite l'utilizzo di materiali superconduttori innovativi), nonché di prototipi di cavità rf. Tali studi potranno essere mirati all'eventuale potenziamento di LHC, sia in termini di luminosità sia in termini di energia, in un futuro relativamente prossimo. Saranno anche necessari ulteriori studi, tramite dettagliate simulazioni Monte Carlo, sulle potenzialità fisiche del collider. Per quanto riguarda i rivelatori di particelle, saranno di cruciale importanza, da un lato, la costruzione di nuovi prototipi che costituiscano punti di riferimento per nuove ricerche e sviluppi tecnologici, dall'altro, la verifica della loro possibile



realizzazione su larga scala. In ambito nazionale, sarà dunque indispensabile rinforzare la collaborazione con l'Industria, con l'Università e con altri Enti di Ricerca.

Settore	a	b	c	d	TOT
Ricercatori	63.1%	20.3%	6.5%	10.3%	807 FTE
Finanziamento 2006	70.4%	12.4%	5.7%	11.5%	24.8 M€

- a) Interazioni adroniche (CDFII, ATLAS, CMS, LHCb, TOTEM, LHCf)
- b) Violazione di CP. decadimenti rari e linear collider (BABAR, KLOE, P326, MEG, P-ILC)
- c) Diffusione profondamente anelastica (COMPASS, ZEUS)
- d) Progetti Speciali (NTA, SPARC, ELN, GRID)

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*[http://www.infn.it/csn1/esperimenti/esperimenti\\_2005.html](http://www.infn.it/csn1/esperimenti/esperimenti_2005.html)*

### 3.2 FISICA ASTROPARTICELLARE

Le linee di sviluppo della fisica astroparticellare per il triennio 2007-2009 prevedono un considerevole impegno per lo studio dettagliato delle masse dei neutrini e degli altri parametri atti a descrivere il fenomeno delle oscillazioni. Tale studio si protrarrà per un lungo periodo; il motivo è legato principalmente alla piccola probabilità di interazione dei neutrini. La ricerca dovrà essere coordinata a livello mondiale per l'entità dello sforzo richiesto. In questo contesto il fascio di neutrini dal CERN di Ginevra diretto verso il laboratorio del Gran Sasso ha caratteristiche uniche permettendo la rivelazione dei neutrini di tipo tau originati dai neutrini di tipo muonico col fenomeno dell'oscillazione. Per questi studi l'Istituto ha il laboratorio del Gran Sasso, il più grande e attrezzato laboratorio sotterraneo al mondo.

Nel settore dei "messaggeri cosmici" (onde gravitazionali, fotoni, neutrini, raggi cosmici carichi) il piano 2007-2009 prevede la raccolta dati con i rivelatori esistenti e la messa in funzione di nuovi apparati, anche su satellite. Si potranno ottenere risultati sorprendenti come è accaduto ogni volta che sono entrati in funzione telescopi con notevoli innovazioni tecnologiche.

Grande importanza riveste inoltre la ricerca della materia oscura. Anche in questo campo il ruolo dei laboratori del Gran Sasso è fondamentale ed in qualche modo complementare alle ricerche con l'acceleratore LHC.

La fisica astroparticellare è un campo in pieno sviluppo come testimonia il continuo incremento del numero di attività e del numero di ricercatori INFN. E' pertanto necessario un forte coordinamento europeo di tali ricerche. L'istituto è stato tra i promotori dell'organismo APPEC per il coordinamento europeo della fisica astroparticellare ed ha concorso con il

CNRS francese alla costituzione del consorzio EGO per la ricerca delle onde gravitazionali. Nel 2006 è iniziato, con finanziamenti europei, un programma, denominato ASPERA, per una più stretta integrazione delle attività in astroparticelle.

Da notare che anche in questo settore l'aspetto finanziario assume rilevanza importante. Gli obiettivi sono stati fissati alla luce dei finanziamenti previsti negli scorsi piani triennali. Riduzioni in tali finanziamenti porteranno inevitabilmente a ritardi di alcuni programmi.

## FISICA DEI NEUTRINI

Gli esperimenti sulla natura dei neutrini sono concentrati principalmente nel Laboratorio Nazionale del Gran Sasso.

L'esperimento che ha sofferto di più per le questioni relative alla sicurezza dei laboratori del Gran Sasso è BOREXINO dedicato ai neutrini solari. C'è grande attesa per i risultati di questo esperimento che può fornire importanti informazioni sulle oscillazioni dei neutrini solari e sui neutrini geo-termici. Nel 2007 BOREXINO sarà riempito con lo scintillatore ed inizierà la raccolta dati.

Lo scopo dell'esperimento OPERA è la rivelazione dei neutrini del fascio proveniente dal CERN. Il programma scientifico prevede la rivelazione di neutrini tau originati dai neutrini muonici del fascio dal CERN per fenomeno delle oscillazioni. Tale rivelazione costituisce un passo importante per capire completamente questo fenomeno. OPERA, che è basato principalmente sulle emulsioni nucleari, non ha subito rallentamenti importanti a causa della situazione del Gran Sasso. Nel 2007 continuerà l'assemblaggio dei pacchetti contenenti emulsione e piombo, il cui completamento è previsto nella prima metà del 2007. Primi eventi di prova con i neutrini del fascio sono stati raccolti nel 2006. La raccolta dati sistematica con il fascio dei neutrini dal CERN inizierà nel 2007 e continuerà per 5 anni.

ICARUS è un grande rivelatore di particelle ad argon liquido. Durante il 2007 ICARUS 600, un modulo da 600 tonnellate di argon liquido inizierà a prendere i primi dati sui neutrini atmosferici, sul decadimento del protone e sui neutrini dal fascio. Questo rivelatore è il primo passo verso la costruzione di un grande rivelatore atto ad investigare molti problemi di fisica, tra cui quello relativo alla stabilità della materia.

Con lo studio delle oscillazioni di neutrino si misurano solo le differenze del quadrato delle masse tra i diversi tipi di neutrino. Altri metodi sperimentali devono essere usati per la misura diretta della massa del neutrino. In Italia è stata sviluppata una nuova tecnica basata su calorimetri a bassissima temperatura per la misura della massa dei neutrini elettronici dai decadimenti beta del Renio-187. Nel 2007 i due esperimenti, MANU2 a Genova e MIBETA a Milano si fonderanno in una unica attività chiamata MARE il cui scopo sarà il miglioramento

delle sensibilità dei rivelatori in modo da programmare un esperimento che possa raggiungere 0.2eV.

#### STUDIO DI FENOMENI RARI

Un altro metodo per la misura della massa del neutrino è collegato alla ricerca del decadimento beta doppio senza neutrini, permesso se il neutrino e l'antineutrino coincidono.

Nel Laboratorio del Gran Sasso nel 2007 continuerà a prendere dati CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di ossido di tellurio, con massa totale 40Kg. Inoltre continuerà la costruzione del rivelatore più grande chiamato CUORE, in collaborazione con gruppi degli Stati Uniti. CUORE sarà un grande rivelatore di 1000 cristalli di ossido di tellurio con massa totale 770Kg. L'obiettivo primario è la misura del decadimento beta doppio, con una sensibilità per la massa del neutrino dell'ordine del centesimo di eV.

Nella ricerca del decadimento beta doppio senza neutrini è importante verificare i risultati con materiali diversi. Nel 2007, sempre al Gran Sasso e in collaborazione con gruppi tedeschi, continuerà la costruzione dell'apparato GERDA, per la ricerca dei decadimenti beta doppio senza neutrini in cristalli di germanio.

Il tema della materia oscura dell'universo è uno dei più affascinanti della fisica e l'astrofisica, ma anche uno dei più difficili da studiare. L'esperimento DAMA ha evidenziato una modulazione stagionale di segnali di bassissima energia che potrebbe essere dovuta al movimento della terra rispetto alla materia oscura. Nel 2007 l'apparato DAMA/LIBRA continuerà a prendere dati per verificare il segnale di DAMA. Nel 2007 continuerà la costruzione di WARP, un esperimento per la ricerca della materia oscura che usa come rivelatore 100 litri di Argon liquido. WARP inizierà a prendere dati a fine 2007. Il prototipo di WARP con una camera da 2.5 litri continuerà le misure al Gran Sasso e potrà fornire risultati competitivi con gli altri esperimenti sulla materia oscura.

Da ricordare infine l'esperimento LVD, sempre al Gran Sasso, per la ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi di *supernovae*. LVD continuerà regolarmente a prendere dati nel 2007-2009. LVD è inserito in una rete mondiale di rivelatori dedicati alla rivelazione di questo fenomeno.

#### LA RADIAZIONE COSMICA IN SUPERFICIE E NELLE PROFONDITA' MARINE

Nell'astronomia con fotoni di alta energia l'INFN è impegnata con 4 esperimenti : AGILE e GLAST, su satellite, per le energie minori di 100GeV e ARGO e MAGIC, a terra, per energie maggiori.

Nel 2007 ARGO realizzato in collaborazione con la Cina a 4300 metri di quota nel Tibet, sarà dedicato principalmente alla raccolta dati. ARGO ha 6500 m<sup>2</sup> coperti con i rivelatori RPC di costruzione italiana. ARGO si occuperà soprattutto dell'individuazione delle sorgenti di radiazione gamma e del fenomeno dei *gamma ray bursts*

L'INFN ha partecipato alla costruzione di MAGIC, un grande telescopio Cerenkov alle Canarie, per il quale ha sviluppato e ha fornito le componenti del grande specchio da 17 m di diametro ed ha sviluppato il trigger. Questo telescopio, inaugurato nel mese di Ottobre 2004, nel 2007 continuerà a prendere dati e sarà iniziata la costruzione di un secondo telescopio per aumentare la sensibilità.

I grandi sciami prodotti da raggi cosmici di altissima energia ( $>10^{19}$ eV) sono misurati dall'apparato dell'esperimento AUGER, inaugurato alla fine del 2005. Nel 2007 AUGER continuerà la raccolta dati. I risultati di AUGER sono fondamentali per la comprensione dell'origine dei raggi cosmici di altissima energia.

Nello studio della radiazione cosmica di alta energia i neutrini hanno un ruolo particolare: sono molto meno assorbiti dei raggi gamma e derivano principalmente da fenomeni adronici. Per essere rivelati richiedono la costruzione di apparati di grandi dimensioni. Nell'emisfero nord, il progetto NEMO si propone la costruzione di un rivelatore Cerenkov da 1 km<sup>3</sup> alla profondità di 3500 metri nel mare al largo della costa sud-orientale della Sicilia. Nel 2007 si prevede di installare prototipi sul sito di Capo Passero e di avviare l'integrazione di sottocomponenti del rivelatore. Tale attività è inquadrata nell'ambito del progetto europeo denominato Km<sup>3</sup>Net.

Al largo di Tolone in Francia gruppi italiani partecipano alla costruzione di ANTARES, un rivelatore sottomarino analogo a NEMO di dimensioni ridotte ma di grande interesse per la realizzazione di quest'ultimo. Nel 2007 continuerà la messa in funzione delle 12 stringhe di fototubi che costituiscono il rivelatore in mare.

## LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Nel 2006 è stato lanciato dalla Russia l'apparato PAMELA. PAMELA è un grosso spettrometro magnetico ad alta risoluzione che permetterà di individuare il tipo di particella che lo attraversa, determinandone anche la carica e l'energia. L'INFN ricopre un ruolo guida in PAMELA, che vede la partecipazione di gruppi europei e statunitensi. PAMELA studia il problema della scomparsa dell'antimateria nell'universo dopo il Big Bang, la composizione dei raggi cosmici di bassa energia e la materia oscura. Il triennio 2007-2008-2009 sarà un periodo di raccolta dati per PAMELA.

Le stesse tematiche scientifiche saranno affrontate anche da AMS, un altro spettrometro magnetico, caratterizzato dalla grande accettazione angolare, previsto essere installato sulla stazione spaziale internazionale nel 2009. Rispetto alle date originali c'è un ritardo dovuto al noto incidente della navetta spaziale Columbia della NASA. Dopo un periodo di incertezza dovuta alla pianificazione dei lanci dello Shuttle, la programmazione dei voli appare ora in via di risoluzione.

L'INFN partecipa con le collaborazioni AGILE, prevalentemente italiana, e GLAST a carattere internazionale, a due esperimenti su satelliti dedicati all'astronomia gamma. In entrambi i casi si fa un uso esteso delle tecnologie sviluppate entro l'INFN nel campo dei rivelatori al silicio. C'è complementarità nei due esperimenti perché AGILE dispone anche di un rivelatore di raggi X. La costruzione di AGILE è terminata e il lancio dall'India è previsto nel 2007. Ritardi di AGILE rispetto alla programmazione iniziale sono dovuti a problemi doganali. Anche l'assemblaggio delle torri di silicio di GLAST è terminato e nel 2007 si lavorerà all'integrazione dell'apparato con il satellite. Il lancio di GLAST è previsto alla fine del 2007.

#### LA RICERCA SULLE ONDE GRAVITAZIONALI

L'INFN ha oggi la maggiore copertura al mondo di rivelatori per possibili segnali di Onde Gravitazionali, avendo tre barre risonanti (AURIGA, EXPLORER, NAUTILUS) e l'interferometro VIRGO, entrato in funzione nel 2003. In questo momento le barre hanno sensibilità e stabilità mai raggiunte prima da tali tipi di rivelatori e sono in grado di garantire una presa dati continua, a differenza degli interferometri. La continuità della presa dati è necessaria per poter osservare fenomeni molto rari come l'esplosione di *supernovae* galattiche. Nel 2007 le barre continueranno a prendere dati.

VIRGO, frutto di una collaborazione italo-francese, è un esperimento innovativo basato sulla rivelazione di spostamenti relativi di masse sospese distanti 3 km, dovuti al passaggio di onde gravitazionali ed osservati tramite sofisticate tecniche interferometriche di raggi laser. L'apparato dispone di due grandi tunnel ortogonali che ospitano i bracci di un interferometro di Michelson. Dopo anni di sviluppo, esso costituisce, con i suoi due simili di LIGO negli Stati Uniti, lo strumento più avanzato per la ricerca di onde su una banda di frequenza che spazia da qualche Hertz a migliaia di Hertz. Nonostante il successo delle prime campagne di presa dati, il raggiungimento della sensibilità di progetto di VIRGO richiede comunque ancora un attento lavoro di messa a punto dell'apparato. Il 2007 sarà dedicato a questo scopo con intervalli dovuti a campagne di presa dati, coordinate con quelle degli altri rivelatori. Sarà anche iniziato un miglioramento di VIRGO, denominato VIRGO+.

VIRGO è gestito da EGO, il consorzio costituito dall'INFN e dal CNRS francese. EGO si propone anche per una attività di promozione della ricerca collegata allo sviluppo di nuovi rivelatori e di coordinamento della gestione dei fondi europei per le ricerche in Onde Gravitazionali.

Nel 2007 infine continuerà l'attività di ricerca e sviluppo per LISA, un rivelatore interferometrico con tre satelliti nello spazio disposti su un triangolo equilatero con lato di 5 milioni di chilometri. LISA sarà sensibile particolarmente alle bassissime frequenze ( $10^{-4}$  –  $10^{-1}$  Hz). L'attività attuale, in collaborazione con ASI, ESA e NASA è rivolta al lancio di un satellite dimostratore delle tecnologie usate in LISA. Il lancio di questo satellite avverrà nel 2009.

#### RICERCHE IN FISICA GENERALE FONDAMENTALE

Alcune attività sono relative ad esperimenti di fisica generale fondamentale. L'esperimento MAGIA si propone una misura precisa della costante di gravitazione usando atomi singoli. La misura si basa sulle tecniche di raffreddamento atomico recentemente sviluppate. Durante il 2007 saranno fatte le prime misure di precisione di G. Continuerà l'attività per migliorare la sensibilità dell'esperimento GGG che si propone una misura precisa dell'equivalenza della massa inerziale e di quella gravitazionale nello spazio. L'attività attuale si riferisce allo sviluppo di prototipi a terra.

Nel 2007 continuerà inoltre l'attività sugli esperimenti per lo studio del vuoto quantistico. In particolare PVLAS cercherà di capire l'origine di un segnale anomalo che potrebbe essere considerato segnale di nuova fisica modificando l'apparato in modo da essere sensibili ad una produzione diretta di assioni.

Un altro esperimento per lo studio delle proprietà del vuoto è MIR, che si propone lo studio dell'effetto Casimir su specchi in moto. Nel 2007 sarà completato l'apparato e inizieranno le prime misure.

#### *Progetto Speciale CNGS*

Il lavoro di preparazione del fascio di neutrini dal CERN al Gran Sasso è terminato. Il 2007 sarà dedicato a miglioramenti delle prestazioni e alla presa dati con gli esperimenti.

#### EGO, L'OSSERVATORIO GRAVITAZIONALE EUROPEO

EGO ha come compito principale quello di assicurare il funzionamento dell'interferometro Virgo, dei suoi sottosistemi e del sito in cui Virgo è installato, con tutte le sue infrastrutture. In tale funzione EGO partecipa all'operatività e allo sviluppo di Virgo con i suoi esperti e tecnici, fornendo, tra l'altro, la squadra di operatori che ne assicurano il

funzionamento continuo sia durante le operazioni di messa a punto dell'interferometro, in fase ormai avanzata, e sia nei periodi di presa dati, giorno e notte e per tutta la settimana.

In prospettiva EGO punta a rappresentare un polo di sviluppo dell'astronomia gravitazionale in Europa.

Per questo è necessario aggregare nuovi gruppi e sviluppare un intenso programma di ricerca che consenta di passare dalla fase di osservazione dei primi eventi, alla fase di rivelazione di fenomeni cosmici tramite le onde gravitazionali. La sensibilità degli apparati dovrà essere migliorata e nuove tecniche dovranno essere sviluppate.

EGO ha così lanciato un programma di ricerca e sviluppo la cui prima fase avviata nel 2003 si è completata nel 2006 dando luogo a risultati che hanno largamente contribuito a mettere a punto Virgo+, che è un primo programma di miglioramenti dell'interferometro, per il quale si stanno approntando le modifiche da installare verso la fine del 2007, inizio del 2008. Una seconda fase del programma di ricerca e sviluppo si svilupperà a partire dal 2007 per arrivare a definire e realizzare un progetto di miglioramenti di Virgo che permettano di aumentarne la sensibilità di un ordine di grandezza rispetto a quella del progetto iniziale e che va sotto il nome di Advanced Virgo.

Inoltre EGO continuerà nell'opera di allargamento della collaborazione intorno a Virgo mantenendo il sostegno al VESF - Virgo Ego Scientific Forum, lanciato nel 2005 – dotandolo di un finanziamento per la formazione di ricercatori che operino intorno all'analisi dati di Virgo e degli altri rivelatori di onde gravitazionali. Al VESF partecipano attualmente 43 gruppi di ricerca di dieci Paesi europei.

Settore	a	b	c	d	e	f	TOT
Ricercatori FTE	16,3	10,7	19,1	29,0	19,2	5,3	655
Finanziamento 2007	26,0	20,5	19,8	16,3	13,9	3,5	14.1 M€

**a)** Esperimenti sui neutrini (principalmente al Gran Sasso); **b)** Processi rari al Gran Sasso; **c)** Studio della radiazione cosmica al suolo e sottomarina; **d)** Studio della radiazione cosmica nello spazio; **e)** Onde gravitazionali; **f)** Esperimenti di fisica generale

*La descrizione dettagliata dei singoli esperimenti è disponibile al sito web:*

*[http://www.infn.it/comm2/schede\\_2007/index.htm](http://www.infn.it/comm2/schede_2007/index.htm)*

### **3.3 FISICA NUCLEARE**

Il programma di attività delle diverse linee scientifiche di fisica nucleare si colloca all'interno delle priorità condivise dalla Comunità internazionale di riferimento, priorità

discusse e raccomandate dal NuPECC nel Long Range Plan del 2004. In generale, la ricerca in fisica nucleare ha come obiettivo ultimo quello di ricostruire e comprendere le diverse fasi dell'evoluzione della materia dopo il Big Bang. I molteplici aspetti e le caratteristiche di questa evoluzione riguardano la formazione del plasma di quark e gluoni nei primi istanti di vita dell'Universo fino alla nucleosintesi degli elementi più complessi nelle stelle. L'attività programmata per il prossimo triennio si presenta diversificata per le diverse linee di ricerca e riguarda la costruzione e l'installazione di apparati di misura anche di grande complessità, la fase di presa dati, di manutenzione e aggiornamento della strumentazione. Sono in atto anche alcune attività di R&D, volte alla preparazione di nuovi esperimenti.

In generale, dalla sperimentazione summenzionata, sono attesi, sia nel medio che nel lungo periodo, importanti risultati scientifici e sviluppi tecnici significativi. Come negli anni scorsi, l'attività si svolgerà presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, Frascati, Sud e Gran Sasso, in un quadro coerente di assoluta complementarietà con le attività condotte presso i maggiori laboratori esteri del settore, quali il CERN, il GSI e DESY in Germania e il TJNAF negli USA. In particolare, i Laboratori Nazionali dell'INFN sono inseriti a pieno titolo nella rete delle infrastrutture europee di ricerca di maggior prestigio, grazie alla partecipazione dell'INFN ad importanti Progetti nell'ambito del 6FP della UE, quali I3-HP, EURISOL DS ed EURONS.

Nel 2007 sarà completata l'installazione dei rivelatori di responsabilità italiana dell'apparato ALICE, che costituisce oggi la maggiore impresa tecnico-scientifica nel nostro settore. La presa dati al CERN (LHC) comincerà con i fasci di protoni alla fine del 2007 e continuerà negli anni successivi con i fasci di piombo ultrarelativistici, con l'obiettivo di esplorare la transizione quark-gluon plasma. La realizzazione dell'importante programma internazionale su questo argomento, costituisce un passo fondamentale per la comprensione del "primo universo". Ai Laboratori Nazionali di Frascati, i continui progressi nelle prestazioni dell'anello di accumulazione e del rivelatore FINUDA, consentiranno di portare a termine lo studio della spettroscopia degli ipernuclei leggeri e medio pesanti, avendo come obiettivo la comprensione di come e quanto il sapore di stranezza impatta le proprietà strutturali del nucleo. La sperimentazione programmata consentirà alla Collaborazione e ai LNF di acquisire un ruolo di primo piano in un settore attualmente di grande interesse e pienamente inserito nei programmi di prestigiosi Laboratori europei e giapponesi.

Presso i LNS, dopo il recente collaudo della Facility EXCYT, con la produzione e l'accelerazione di un fascio di  $^8\text{Li}$  e la messa in funzione del nuovo spettrometro MAGNEX, inizierà una attività che estenderà l'importante e consolidata tradizione italiana nello studio delle reazioni a bassa energia di interesse astrofisico. Il programma è complementare



all'attività della collaborazione LUNA ai LNGS, la prima collaborazione a realizzare misure di produzione ad energie molto prossime a quelle del Sole.

La sperimentazione ai LNL, in particolare quella con PRISMA-CLARA, ha dato a questi Laboratori una posizione di rilievo internazionale nello studio della struttura dei nuclei lontani dalla valle di stabilità, popolati grazie alla disponibilità di una grande varietà di sistemi fascio-bersaglio. La prima fase di installazione e di presa dati con il dimostratore di AGATA avrà luogo proprio ai LNL a partire dal 2007.

Per quanto riguarda il lungo periodo, sono previsti importanti sviluppi e realizzazioni, sia a livello nazionale che internazionale, riguardanti la costruzione di nuove infrastrutture per ricerca e di nuovi e più avanzati sistemi di rivelazione. In Germania è stata recentemente approvata la costruzione di un nuovo complesso di acceleratori per antiprotoni e ioni ad energie relativistiche intermedie (FAIR). Tale complesso è di interesse per una vasta comunità internazionale di utenti ed include una significativa partecipazione della comunità INFN.

Presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, sta per essere realizzata una di tipo ISOL, di generazione intermedia, dedicata alla produzione di fasci esotici, ricchi di neutroni. A tale scopo sarà inizialmente utilizzato un fascio di protoni di energia di 40MeV, incidente su un bersaglio innovativo a multi-lamelle di  $^{238}\text{UCx}$ . Il progetto, denominato SPES, è complementare, sia sul piano tecnologico che scientifico, al progetto SPIRAL2 in fase di realizzazione presso il Laboratorio di GANIL. I LNL e GANIL operano da anni in modo sinergico nel campo della struttura nucleare e delle tecnologie associate alle facilities di tipo ISOL di nuova generazione, supportando programmi comuni di R&D e la costruzione di parti critiche di SPES e SPIRAL2.

## IL PLASMA DI QUARKS E GLUONI

La ricerca del nuovo stato di materia, costituito dal plasma di quarks e gluoni che utilizza i fasci di ioni pesanti di LHC al CERN unitamente all'apparato ALICE, resterà anche nel prossimo triennio 2007-2009 il principale obiettivo dell'Istituto per questa linea scientifica. Il contributo della comunità INFN in ALICE è stato di altissimo livello per quanto riguarda sia le realizzazioni tecniche e sia per le responsabilità tecnico-scientifiche all'interno della collaborazione. La programmazione del CERN prevede la disponibilità di fasci di protoni per la fine del 2007: il rivelatore dovrà pertanto essere operativo per le prime misure delle interazioni protone-protone, entro la prima metà del 2007. L'attività nel 2008, dopo la partenza di LHC, sarà dedicata alla messa a punto delle varie parti del rivelatore. Nel triennio 2007-2009 continuerà inoltre lo sviluppo del complesso sistema di calcolo, basato su tecnologie GRID per l'analisi dei dati, la produzione di software e le simulazioni che

coinvolgono centri di calcolo di diverso livello. Entro il 2009 sarà raggiunta una potenza globale di calcolo pari a circa il 30% di quella finale.

La complessità della fenomenologia e dei temi scientifici affrontati comporteranno la raccolta e l'analisi di dati che, a partire dal 2007, si svilupperà su un arco di parecchi anni, presumibilmente per tutta la durata di funzionamento dell'acceleratore LHC.

#### LA STRUTTURA DEL NUCLEONE E DEGLI IPERNUCLEI

In questo campo, gli obiettivi scientifici principali su cui si basa il programma del prossimo triennio sono lo studio dell'origine dello spin del nucleone, dell'esistenza di nuove risonanze e di barioni esotici, dei nuclei in presenza di sapore stranezza, nonché della cromodinamica quantistica in condizioni non perturbative.

Queste ricerche sfruttano sia reazioni indotte da sonde elettromagnetiche (elettroni e fotoni) polarizzate e non, che, nel caso dello studio degli ipernuclei, di sonde adroniche quali i mesoni K.

L'esperimento HERMES A DESY in Germania completerà nel 2007 la sua presa dati, utilizzando un bersaglio non polarizzato e focalizzandosi sulla misura di alta precisione di processi esclusivi. I dati raccolti daranno accesso alle funzioni di struttura generalizzate che forniscono la più completa descrizione della struttura nucleare.

La collaborazione AIACE, presso il laboratorio JLAB (USA), continuerà l'attività sperimentale con lo spettrometro CLAS, focalizzata sullo studio della struttura del nucleone in condizioni non perturbative. La sperimentazione di AIACE del prossimo triennio beneficerà dell'aggiunta del nuovo rivelatore Cherenkov, costruito dalla collaborazione INFN e posizionato sul fascio ad angoli in avanti. Presso lo stesso laboratorio JLAB, la collaborazione LEDA proseguirà esperimenti su due argomenti quali la violazione di parità e l'elettroproduzione di ipernuclei nella shell p. Con l'acceleratore di elettroni MAMI-C a Mainz, in grado di fornire energie più elevate ma che ha subito un ritardo rispetto a quanto previsto, la collaborazione CCT completerà una serie di misure per determinare le proprietà (tra cui il momento magnetico) delle risonanze barioniche, utilizzando fotoni fino a 1.5 GeV.

Per quanto riguarda l'attività di FINUDA presso i LNF è stata programmata per il prossimo anno una lunga fase di presa dati, al fine di ottenere informazioni spettroscopiche di alta risoluzione energetica su ipernuclei leggeri, ivi inclusi i loro decadimenti mesonici e non mesonici. Sarà anche studiato, utilizzando alta statistica, il problema dei "Kpp deeply bound states", che sta suscitando notevole interesse anche per il futuro. Sempre presso i LNF, l'esperimento SIDDHARTA nel periodo 2007-2008 eseguirà misure di raggi X di atomi

kaonici di idrogeno e di deuterio, utilizzando un nuovo sistema di rivelazione di camere a deriva al silicio.

Utilizzando parte dell'apparato dell'esperimento DEAR, ora montato presso i LNGS, saranno eseguite misure di alta precisione, volte alla verifica della validità del principio di Pauli.

La recente approvazione in Germania della costruzione di una nuova infrastruttura di ricerca, presso il GSI (FAIR), dedicata alla fisica nucleare con fasci di ioni di energie relativistiche intermedie e con fasci di antiprotoni, aprirà certamente nuove interessanti prospettive di lungo periodo per la Comunità INFN di fisica adronica. Nuove frontiere, infatti, si apriranno per lo studio ad alta risoluzione del charmonio e degli ipernuclei e per lo studio dello spin del nucleone con misure dirette della funzione di struttura "trasversità". Nel triennio, sarà condotta un'attività di ricerca e sviluppo in preparazione dell'esperimento PANDA mentre, quella legata all'esperimento PAX, si concentrerà sulla fattibilità della polarizzazione di protoni e anti protoni con esperimenti mirati, presso le macchine COSY di Juelich ed AD del CERN. Sta inoltre iniziando il programma di potenziamento dell'acceleratore di elettroni del JLAB (USA), volto ad incrementare l'energia del fascio fino a 12GeV. La disponibilità di tale energia del fascio fornirà nuove interessanti prospettive alla comunità impegnata nella sperimentazione sulla struttura del nucleone.

#### ASTROFISICA NUCLEARE

Per il prossimo triennio, il programma di ricerca nell'ambito dell'astrofisica nucleare prevede la continuazione di misure di sezione d'urto nucleari di primario interesse per i modelli astrofisici sulla nucleosintesi, misure che forniscono dati nella regione del picco di Gamow e che quindi sono a energie nella scala delle migliaia d'elettronvolt. La sperimentazione sarà condotta presso i LNGS ed i LNS, dove (LNS), si potrà avvalere delle nuove opportunità offerte dai fasci radioattivi. Inoltre, continuerà al CERN il programma di interesse astrofisico che si basa su misure di reazioni indotte da neutroni.

Con l'apparato sperimentale LUNA, unico di questo tipo in quanto collocato nei LNGS, dove il fondo prodotto dai raggi cosmici è fortemente soppresso, si continueranno le misure di sezioni d'urto seguendo il piano di lavoro stabilito. La collaborazione si concentrerà sullo studio di reazioni, connesse alla nucleosintesi primordiale, che agiscono da sorgenti di neutroni nelle stelle. Per l'attività a più lungo termine, la collaborazione sta valutando la possibilità di installare nei LNGS un acceleratore elettrostatico con tensione al terminale di 2-3MV, per lo studio di processi di combustione del carbonio e dell'ossigeno, secondo le indicazioni contenute nel LRP del NuPECC.

Nuove prospettive in questo settore saranno aperte presso i LNS, con l'uso di fasci di ioni radioattivi forniti dall'infrastruttura EXCYT. Tra le reazioni di interesse astrofisico la  ${}^8\text{Li}(\alpha, n){}^{11}\text{B}$ , è quella con più alta priorità, in quanto gioca un ruolo importante nel processo di nucleosintesi primordiale non omogenea. Sul lungo periodo EXCYT, se opportunamente potenziata per ottenere maggiori intensità dei fasci esotici disponibili, potrà costituire una facility importante, a livello europeo, per studi di astrofisica nucleare.

Nel prossimo triennio la collaborazione n-TOF al CERN sarà impegnata in una serie di nuove misure di sezioni d'urto d'interesse per l'astrofisica e per il processo di incenerimento delle scorie nucleari. L'altissima risoluzione offerta dall'apparato, consente di raccogliere dati di qualità incomparabile con il passato, fornendo una verifica stringente dei vari modelli disponibile.

#### NUCLEI IN CONDIZIONI ESTREME: STRUTTURA E REAZIONI NUCLEARI

Uno dei temi scientifici di punta della Fisica Nucleare a livello internazionale, in cui l'attività INFN continuerà a concentrarsi e ad espandersi nel triennio, è quello dello studio delle proprietà nucleari in condizioni estreme di isospin, massa, spin e temperatura. L'attività in questo settore riguarda la sperimentazione sia nell'ambito della spettroscopia gamma, che in quello dei meccanismi di reazione e della loro reciproca influenza. La disponibilità di una vasta tipologia di ioni, sia stabili che radioattivi, permette un'indagine dettagliata dei diversi gradi di libertà del sistema nucleare a molti corpi. È noto che il nucleo rappresenta un laboratorio unico per studiare una molteplicità di fenomeni fisici, come il rafforzamento degli effetti di isospin, la transizione da un sistema superfluido a normale e la transizione della materia nucleare da una fase di tipo liquido a una di tipo gassoso. Il contributo INFN in questo settore viene dalla sperimentazione, fatta nell'ambito di collaborazioni internazionali, con i fasci di ioni stabili prodotti nei LNL e LNS e con i fasci di ioni radioattivi attualmente prodotti ai LNS e ai Laboratori GSI (Germania) e GANIL (Francia).

La sperimentazione volta ad approfondire, mediante misure sempre più esclusive, lo studio dell'equazione di stato e del diagramma di fase della materia nucleare sarà portata avanti nel prossimo triennio dalla collaborazione ISOSPIN presso i LNS. Con l'apparato CHIMERA, la cui elettronica è stata recentemente sostituita per migliorare la selezione in massa ed energia dei prodotti di reazione, si studieranno i processi di frammentazione con i fasci del ciclotrone e le reazioni, a più bassa energia, indotte dai fasci radioattivi di EXCYT. L'attività sperimentale a più bassa energia, complementare alla precedente, riguarda il problema della termalizzazione e degli effetti statistici ed è condotta dalla collaborazione Nucl-ex presso i LNL con il rivelatore GARFIELD. In questo contesto saranno realizzate una

serie di misure, tra cui alcune che riguardano lo studio del “isospin mixing” a temperatura finita.

Ai LNS, con i fasci radioattivi disponibili e utilizzando lo spettrometro MAGNEX, adatto allo scopo per il suo potere risolutivo, si intende realizzare un programma di ricerca riguardante gli stati eccitati e le risonanze di nuclei esotici leggeri debolmente legati. In parallelo, alcuni nuclei esotici leggeri, ricchi di protoni, saranno studiati utilizzando il processo di frammentazione ad energie intermedie del CS e, presso i LNL, avvalendosi di reazioni a cinematica inversa prodotte in una linea di fascio realizzata ad hoc (EXOTIC). Con tale linea di fascio si producono nuclei esotici leggeri, tra cui il  $^{17}\text{F}$ , che manifestano alone di protone. Le intensità disponibili sono adeguate per l'esecuzione di misure di precisione, relative alla dinamica e ai decadimenti coinvolti nelle reazioni indotte dai suddetti ioni.

Lo studio di spettri complessi, misurati con alta selettività fino ad alti valori di spin e riguardanti nuclei ricchi di protoni o di neutroni, è reso possibile ai LNL utilizzando tecniche avanzate di spettroscopia gamma e gli apparati GASP e PRISMA-CLARA. Quest'ultimo apparato comprende, oltre allo spettrometro magnetico ad alta accettazione angolare PRISMA, un sistema di rivelatori al germanio appartenenti alla collaborazione europea Euroball. Lo studio di cui sopra permette di esplorare con statistica sufficiente nuovi nuclei ricchi di protoni o di neutroni, in regioni di crescente interesse per la struttura nucleare. Utilizzando poi reazioni profondamente inelastiche indotte da fasci stabili di intensità adeguata, diventano accessibili nuclei altrimenti prodotti solo con i fasci radioattivi di nuova generazione. Inoltre, si completerà al GSI una serie di misure con i fasci radioattivi di prima generazione (bassa intensità) prodotti per frammentazione, utilizzando l'apparato RISING. Questo programma scientifico, condotto interamente all'interno dell'esperimento GAMMA, si prefigge di esplorare l'evoluzione delle proprietà di struttura dei nuclei, sino a situazioni estreme del valore di isospin.

In questo settore di ricerca, le prospettive sul lungo periodo si presentano molto interessanti e attraenti per le novità e le potenzialità introdotte dalla disponibilità di fasci di ioni di alta esoticità e intensità. Presso il GSI è stata approvata la costruzione di FAIR, che prevede la produzione di fasci radioattivi di prossima generazione con il metodo “in-flight”. In Francia, al Laboratorio GANIL, si sta avviando la costruzione di SPIRAL2, facility di generazione intermedia di tipo ISOL. I LNL si impegneranno nella costruzione della infrastruttura di tipo ISOL denominata SPES, complementare per tecnologie impiegate e programma di fisica a SPIRAL2. SPES e SPIRAL2 sono parte della strategia europea che prevede nel lungo periodo la costruzione di EURISOL. L'iniziativa strumentale più importante nell'ambito della spettroscopia gamma è rappresentata dall'apparato AGATA. La comunità internazionale, a forte partecipazione italiana, impegnata nello sviluppo di AGATA,

porterà avanti, fino al 2007, un'attività di R&D per la costruzione di un prototipo composto da 15 rivelatori del tipo Ge-Hp segmentati, precursore del rivelatore finale. Nel triennio partirà anche una campagna di misure incentrate sull'utilizzo del dimostratore AGATA.

Si sta inoltre discutendo e considerando in ambito europeo ed internazionale l'avvio di un'attività di R&D per un sistema di rivelazione di particelle a grande angolo solido, denominato FAZIA, finalizzato allo studio dei meccanismi di reazione indotti da fasci radioattivi di prossima generazione.

#### *Progetto speciale SPES*

E' in corso di preparazione un nuovo studio tecnico dettagliato della facility, che comprenderà gli aspetti specifici della zona di produzione relativi al bersaglio diretto, la progettazione dell'acceleratore primario ottimizzato per le nuove intensità di fascio, le modifiche necessarie al complesso PIAVE ALPI per l'accelerazione dei fasci di ioni radioattivi. In particolare per l'acceleratore primario si può far seguire all'RFQ un drift tube linac (DTL) operante a 352.2MHz impulsato a 50Hz, in grado di accelerare fino a 40MeV un'intensità di corrente di 0.2-0.5mA. Questo linac ha prestazioni molto simili alla prima parte del Linac 4 proposto al CERN per l'incremento della luminosità di LHC; questo consente di progettare e costruire molte componenti in comune per i due acceleratori.

Nel 2007 sono previste l'ottimizzazione del fascio di protoni di alta intensità e bassa energia della sorgente TRIPS e la conclusione della costruzione meccanica dell'RFQ, con i test a bassa potenza per la regolazione di frequenza e omogeneità di campo. Verranno inoltre realizzati i test delle componenti lamellari del bersaglio in carburo di uranio di diametro ridotto, compatibile con la sperimentazione ad ORNL.

Nel 2008-2009 sarà sviluppato il target finale (40mm diam), mentre si procederà alla costruzione dell'edificio. Le varie parti che costituiscono la fase iniziale del progetto, l'RFQ, la sorgente di neutroni e i relativi servizi, saranno installate non appena disponibili gli edifici (nel 2010). Nel 2007 verrà definito e ordinato all'industria il linac, la cui costruzione dovrà essere conclusa entro il 2010.

Compatibilmente con le risorse economiche disponibili nel 2008 inizierà la preparazione del complesso PIAVE ALPI per l'accelerazione dei fasci di ioni radioattivi. Per le fasi successive del progetto lo studio tecnico in preparazione definisce un piano di sviluppo che porta ai test dell'acceleratore primario nel 2011.

#### *Progetto speciale EXCYT*

Al fine di superare le attuali limitazioni sulla produzione (max  $10^6$ pps) di nuclei esotici, è continuato lo studio di una proposta tecnica per la realizzazione di un driver primario

costituito da un ciclotrone superconduttore capace di produrre fasci di ioni leggeri con energia massima di 120 A MeV e con una potenza di 20 KW. Si otterrà così un aumento di almeno un fattore 100 per la resa di produzione di fasci esotici e conseguentemente sarà possibile ampliare le prospettive di sperimentazione di fisica nucleare con fasci radioattivi ai LNS, sfruttando completamente tutte le caratteristiche degli apparati sperimentali, quali, ad esempio, lo spettrometro MAGNEX. Questo progetto di studio è aperto a prospettive più ampie come quella di estendere la sperimentazione con fasci radioattivi alle energie intermedie con il ciclotrone superconduttore.

Settore	a	b	c	d	e	TOT
Ricercatori	22,0%	27,0%	34,1%	11,2%	5,7%	526 FTE
Finanziamento 2006	18,2%	30,0%	36,8%	8,0%	7,0%	11.3 M€

**a)** Struttura nucleare e dinamica delle reazioni; **b)** Dinamica dei *quark* e degli adroni; **c)** Transizioni di fase nella materia nucleare; **d)** Astrofisica nucleare e ricerche interdisciplinari; **e)** Progetti Speciali (EXCYT, SPES)

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.infn.it/csn3/esperimenti2005.html>*

### 3.4 FISICA TEORICA

La attività di ricerca continuerà a essere coordinata principalmente nelle iniziative specifiche raggruppate nei seguenti sei settori tematici.

#### TEORIA DI CAMPO E TEORIA DI CORDA.

Gli argomenti principali saranno: relazione tra teorie di corda, teorie di gauge (AdS/CFT), gravità e confinamento del colore; vuoto e fasi di QCD con metodi numerici con calcolatori APE. I principali obiettivi in questo settore sono mirati alla costruzione di una teoria per la unificazione delle forze che dovrà portare al superamento del modello standard a includere anche le interazioni gravitazionali e la comprensione del confinamento del colore in QCD. Una guida storicamente sempre affermata per l'avvio di una rivoluzione scientifica, di cui in questo campo si sente la necessità, è la ricerca della consistenza interna, eleganza e semplicità della formulazione teorica.

Ricercatori in questo settore sono tra gli organizzatori del workshop del GGI di oltre due mesi che si svolgerà nella primavera 2007: "String and M theory approaches to particle physics and cosmology".

L'interesse internazionale per i workshop al GGI è già evidente dal grande numero di richieste di partecipazione.

Gli sviluppi in questo settore hanno vari risvolti di interesse fenomenologico. Tra questi: LHC e fisica oltre il modello standard; LHC e fisica delle collisioni di ioni pesanti; cosmologia e evoluzione dell'universo.

#### FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE.

Una attività preminente in questo settore sarà la preparazione per LHC. Qui si inquadrano varie iniziative tra cui:

a) Workshop al GGI. Per oltre due mesi nell'autunno del 2007 vi sarà: "Advancing Collider Physics: from Twistors to Monte Carlos". Ricercatori in questo settore sono tra gli organizzatori del workshop. Si è già svolto nel 2006 il workshop "New Directions Beyond Standard Model in Field and String Theory". Un ruolo in questo contesto svolgerà la Scuola Internazionale di Parma per dottorandi teorici che contribuirà alla formazione di giovani su argomenti dei programmi futuri del GGI.

b) MC@LHC: Serie periodica di workshop su "Sviluppo e uso di codici di Monte Carlo per LHC e nuova fisica". Un ruolo importante nella analisi degli eventi a LHC e nella interpretazione di eventuali segnali di nuova fisica sarà giocato dai codici Monte Carlo sempre più accurati basati sulla fisica del Modello standard e di modelli di nuova fisica. Per assicurare negli anni cruciali per la analisi dei dati di LHC una solida capacità teorico-sperimentale è stata istituita una serie di workshop dedicati a questa attività.

La fisica del neutrino, anche in vista del progetto CNGS di neutrini tra CERN e Gran Sasso, costituirà un importante argomento di studio comune con il settore di Astroparticelle e Cosmologia. Vedi questo ultimo settore.

Continueranno gli studi sulla fisica del sapore a partire dalla ricca quantità di nuovi dati raccolti a Babar, Belle, Daphne, e Tevatrone. Questi studi sono fatti anche con metodi numerici in teorie di gauge su reticolo. Insieme agli studi sul vuoto di QCD, questi richiedono grosse potenze di calcolo che, fino a ora, sono state fornite principalmente da calcolatori prodotti dal progetto APE. Essi hanno permesso di mantenere largamente competitiva la ricerca INFN (e europea) nel settore. Per esempio, nelle varie conferenze sulla fisica studiata con metodi di teorie di campo su reticolo, circa il 50% delle presentazioni di gruppi europei è basato su risultati ottenuti con macchine APE. Le macchine di ultima generazione (apeNEXT) permetteranno di mantenere ancora per alcuni anni tale posizione di competitività.

#### NUCLEI E MATERIA NUCLEARE.

Importanti sviluppi sono previsti nel settore più tradizionale degli studi sulla struttura e reazioni di nuclei leggeri (calcoli ab inizio) o esotici (metodi a molti corpi o semiclassici).



Nella fisica adronica risultati importanti riguarderanno: distribuzioni partoniche nel momento trasverso; regola di somma dello spin del protone; asimmetrie di spin. La CSN4 fornisce un solido supporto teorico per future attività sperimentali presso il Laboratorio Nazionale del Sud (EXCYT e MAGNEX) e il Laboratorio Nazionale di Legnaro (progetto SPES) e, a livello europeo, la European Radioactive Beam Facility (EURISOL).

In previsione della grande quantità di dati di urti tra ioni pesanti a LHC-ALICE, la CSN4 potenzierà ancora i più la ricerca nel settore. Questi studi saranno coordinati principalmente nell'ambito della Iniziativa specifica RM31 i cui temi principali sono: distribuzioni partoniche in regime di saturazione, jet quenching, produzione di stranezza, quark pesanti e quarkonio, modelli idrodinamici e di trasporto. Dal prossimo anno in questa IS verrà potenziata la ricerca su QCD a temperatura e densità finita con simulazioni numeriche usando apeNEXT. Partecipanti a questa IS sono tra gli organizzatori del programma "High Density QCD" che si svolgerà al GGI per due mesi nell'inverno 2007. Questo WS è organizzato in collaborazione con ETC\* di Trento

#### METODI MATEMATICI

Alcuni temi sono comuni al settore Campi e Stringhe sono: relatività generale, gruppi quantici e geometrie non commutative (derivate da teorie di stringa), modelli integrabili, equazioni di evoluzione non lineari. Uno sviluppo importante riguarda lo studio di proprietà matematiche delle Meccanica Quantistica per chiarire aspetti generali e per applicazioni quali la informatica quantistica.

#### ASTROPARTICELLE E COSMOLOGIA

Argomenti di indagine sono la connessione tra fisica delle alte energie, astrofisica e cosmologia. Importante sarà lo studio delle signature dei candidati di materia oscura (in connessione con esperimenti futuri PAMELA, AGILE, GLAST e AMS) e le sorgenti astrofisiche di radiazione come Ultra high energy cosmic rays e Gamma ray bursts.

La partenza del progetto CNGS con un fascio di neutrini dal CERN al GRAN SASSO (LVD e OPERA) farà crescere ulteriormente l'interesse dello studio della fisica dei neutrini. Di particolare interesse sono questioni come la massa e gli angoli di mescolamento tra famiglie di neutrini, neutrini di Majorana oltre il modello standard, stabilità della materia.

Una rilevante tematica cosmologica con implicazioni per la fisica del neutrino è costituita dallo sviluppo della asimmetria cosmica tra materia e antimateria mediante leptogenesi. Nel meccanismo see-saw la violazione del numero leptonic è presente nella grande massa di Majorana dei neutrini right-handed (relazione con gli studi sulle matrici di massa dei neutrini); nuove sorgenti di violazione di CP del settore leptonic sono presenti e in

generale è possibile avere un forte innalzamento della violazione del sapore leptonic (correlazione con l'esperimento MEG per lo studio del decadimento del muone in elettrone e fotone).

Una linea di sviluppo importante è lo studio di processi fisici legati alla emissione di onde gravitazionali. In questo settore è necessario usare calcolo numerico intenso (dinamica e evoluzione dei dischi di accrescimento, collassi gravitazionali, oscillazioni e instabilità di stelle di neutroni, campo magnetico e oscillazioni stellari).

Partecipanti a questa IS sono stati tra gli organizzatori del programma "Astroparticle and Cosmology" tenuto al GGI per oltre due mesi nell'autunno 2006.

#### FISICA STATISTICA E TEORIA DEI CAMPI APPLICATA.

Sistemi statistici (anche non standard) vengono studiate per ottenere indicazioni su strutture generali in teorie quantistiche di campo. Tra questi: sistemi a bassa dimensionalità, sistemi fuori dall'equilibrio, sistemi complessi. Metodi della fisica teorica vengono usati per lo studio quantitativo in settori interdisciplinari quali: I fenomeni turbolenti in regime non perturbativo, la biologia quantitativa, radiazione di sincrotrone. Questi argomenti applicativi vengono sviluppati anche insieme a gruppi di biologi, medici, chimici, fisici della materia. In questo settore è spesso necessario calcolo numerico intenso su apeNEXT.

#### ALTRI SVILUPPI

a) Galileo Galilei Institute for Theoretical physics.

Il GGI è stato inaugurato nel settembre del 2005 e nel 2006 si sono svolti due workshop. Nel 2007 si svolgeranno tre programmi:

- High Density QCD (15 gennaio 9 marzo 2007). Questo programma è stato organizzato in collaborazione con ETC\* e con la CSN3. E' indirizzato alla fisica di ALICE-LHC

- String and M theory approaches to particle physics and cosmology (19 marzo 22 giugno 2007). Questo programma ha anche risvolti direttamente fenomenologici per la fisica oltre il modello standard (LHC) e per la evoluzione dell'universo;

- Advancing Collider Physics: from Twistors to Monte Carlos (27 agosto 26 ottobre 2007). Questo programma è focalizzato sulla costruzione di strumenti teorici per la identificazione di eventi di "nuova fisica" a LHC.

L'interesse internazionale per questi workshop è evidenziato dal grande numero di richieste di partecipazione (ben oltre la disponibilità).

La CSN4 fornirà la possibilità ai dottorandi di visitare il GGI per collaborare o discutere con i partecipanti e seguire lezioni introduttive. Questa iniziativa ha già trovato molto interesse tra gli organizzatori e partecipanti dei precedenti WS che hanno preparato serie di lezioni generali. Come avvenuto nel 2006 la Scuola di Parma per dottorandi teorici contribuirà alla preparazioni di giovani su argomenti legati ai futuri WS del GGI.

#### b) Sviluppo e uso di codici di Monte Carlo per LHC

Nel 2007 continuerà la serie di workshop MC@LHC. L'enfasi del workshop è sui Monte Carlo per la fisica di LHC. Il proposito del workshop è di riunire fisici teorici esperti in Monte Carlo per collisioni adroniche, in fisica oltre il modello standard e in teorie di corda insieme a fisici sperimentali di ATLAS e CMS (e anche di LHCb e Alice per quanto riguarda aree di comune interesse). In questo modo si contribuisce a promuovere nelle rispettive comunità una maggiore comprensione delle problematiche relative alla fisica di LHC e a favorire una maggiore coesione tra le comunità suddette.

#### c) Mezzi di calcolo dedicato, progetto APE

Il progetto APE si è concluso alla fine del 2005 con la installazione delle macchine apeNEXT nella sede de La Sapienza per una potenza di circa 10TFlops. Due ulteriori macchine apeNEXT, di proprietà del CNRS francese, sono in corso di installazione a Roma, accanto alle macchine dell'INFN, fornendo le premesse per attività comuni, a livello europeo, nell'ambito della simulazione numerica e della modellazione fisica. Questa potenza di calcolo aumenta notevolmente quella fino a ora disponibile per la CSN4. E' in programma a breve un workshop internazionale per analizzare i primi risultati e gli sviluppi futuri.

La necessità di avere strumenti di calcolo di altissima prestazione continuerà ad essere pressante nei prossimi anni, legata, per quanto riguarda la QCD sul reticolo, soprattutto all'utilizzo di tecniche che permettono di esplorare il limite di massa zero dei quark (fisica di LHC), di calcolare con grande accuratezza gli elementi di matrice dell'interazione elettrodebole su stati adronici (fisica di Babar, Belle, Dafne, Tevatrone e LHCb) e lo stato della materia adronica a temperatura (LHC-ALICE) e densità finita (stelle ultradense).

Il prossimo passo nel campo del calcolo parallelo di grandi prestazioni dovrebbe raggiungere la scala delle centinaia di Tflops con un rapporto prezzo prestazioni dell'ordine di qualche decina di Euro per Gflops (da paragonare con un valore di circa 500Euro/Gflops tipico dei sistemi apeNEXT).

Un punto fondamentale della attività futura in questo campo è legato alla opportunità di realizzare collaborazioni e sinergie con altre comunità che utilizzano intensamente sistemi di calcolo ad alte prestazioni, sia in ambito fisico (ad esempio, astrofisica, struttura della

materia) che in altri ambiti scientifici (biologia quantitativa) e ingegneristici (esempio, ingegneria strutturale). La collaborazione con l'industria e con altri enti di ricerca, sia in Italia che all'estero, già sperimentata con successo per il progetto apeNEXT, sarà ancora più rilevante per questi sviluppi futuri. La collaborazione APE è attivamente impegnata in studi di fattibilità di tali sistemi di calcolo e nella ricerca di partner scientifici ed industriali interessati a collaborare a questo ambizioso progetto.

#### d) Mezzi di calcolo generali: cluster a alte prestazioni

Negli scorsi anni, in diverse sezioni, i gruppi teorici hanno installato cluster di PC di piccole dimensioni. Essi sono molto utilizzati per progetti di calcolo intensivo che non si prestano a essere portati su macchine APE ma richiedono uso di cluster di PC. Per vari problemi però la potenza di calcolo a disposizione di ogni singolo gruppo è limitata e, in alcuni casi, condiziona fortemente le possibilità di ottenere risultati significativi. Inoltre, la gestione di questi cluster nelle varie sezioni impegna per una consistente percentuale di tempo alcuni ricercatori teorici. Per ovviare a queste difficoltà la CSN4 ha finanziato la costruzione di un cluster a alte prestazioni affidandolo al CNAF (24 unità bi-processore, 3.2GHz, 4GB RaM per nodo, Network di interconnessione InfiniBand). Ovviamente questo è stato solo il primo passo del progetto: si ritiene necessario ampliare la installazione ed eventualmente aggiungere il supporto per il calcolo simbolico.

#### e) Valutazione delle Iniziative specifiche

Nel 2007 tutte le IS saranno soggette alla valutazione triennale da parte di referee internazionali. In vista di questo le IS si stanno riorganizzando e stanno rivalutando i loro progetti di ricerca. Questo porterà a una ulteriore rafforzamento della loro attività di ricerca che recentemente è stata valutata dal CIVR come la migliore in fisica tra quelle delle megastrutture e delle grandi università.

#### f) Premio Sergio Fubini

Il Premio annuale per le tre migliori tesi di dottorato è stato istituito a partire dal 2005. Esso consiste in una dichiarazione in cui si menziona il significato del Premio. Dato il successo del premio (la grande maggioranza dei vincitori è attualmente impegnato in prestigiose università straniere) ora si rende necessario la formalizzazione del Premio con la possibilità di un riconoscimento anche tangibile.

#### g) Scuole e workshop

La attività di scuole e congressi (con contributi di fisici della CSN4) sarà, come al solito, molto intensa, (per il 2006 cfr. [www.pv.infn.it/~radici/com4/meetings/meetings.php](http://www.pv.infn.it/~radici/com4/meetings/meetings.php)). Molte di queste si ripetono negli anni. Tra queste vi saranno:

- Scuola di Fisica Nucleare "Raimondo Anni" (Lecce)
- Parma School of Theoretical Physics (Parma)
- Frascati Spring School "Bruno Touschek" (LNF)
- Problemi attuali di Fisica Teorica (Vieti)
- Convegno di fisica teorica (Cortona)
- Physics of LHC: theoretical tools and experimental challenges (Lecce)
- Workshop on Statistical Mechanics and Field Theory (Bari)
- Incontri di fisica delle alte energie (IFAE)
- Workshop sui Monte Carlo, la Fisica e le Simulazioni a LHC.

h) Gruppo di lavoro sulla fisica dei Linear Colliders

Si intende costituire un gruppo di studio in ambito italiano sulla fisica di ILC (International Linear Collider e+e-), in particolare: Higgs, top e segnali di nuova fisica provenienti da SUSY o teorie in extra dimensioni. Nel 2006 sono stati organizzati due incontri di un giorno (<http://www.le.infn.it/ilc/frascati.html>) tra teorici e sperimentali interessati a possibili esperimenti all'ILC (SiD, LDC, GLD e 4th)

Settore	a	b	c	d	e	f	TOT
Ricercatori	32,3%	19,1%	13,4%	11,1%	12,0%	12,1%	707 FTE
Finanziamento 2006	31,0%	19,9%	14,7%	10,5%	12,3%	11,6%	2.7 M€

**a)** Teoria di corda e di campo, **b)** Fenomenologia delle particelle, **c)** Nuclei e materia nucleare, **d)** Metodi matematici, **e)** Astroparticelle, **f)** Fisica statistica e teoria dei campi

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.pv.infn.it/~radici/com4/summaries/ixx.html>*

### **3.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI**

Nel periodo triennio 2007-2009 l'INFN promuoverà ricerche tecnologiche di dispositivi, materiali, tecniche e processi nuovi dedicati agli sviluppi della sua attività sperimentale. Le nuove frontiere della ricerca sui rivelatori ed elettronica associata riguarderanno l'evolvere delle strategie e dei grandi progetti sperimentali che impegnano l'INFN, per realizzare strumenti capaci di raggiungere nuove frontiere in termini di precisione, consumi di potenza, sensibilità ed efficienza. Si consolideranno le attività di ricerca e sviluppo per i futuri acceleratori: flavours factory, linear collider, radioactive beams facilities, X-FEL. Si svilupperanno le tecniche di quality assurance, space qualification, sviluppi di elettronica di bassa potenza resistente alle radiazioni e di sensori adatti allo spazio extraterrestre. La diffusione delle applicazioni interdisciplinari delle tecniche sviluppate dall'INFN si confermerà durante questo periodo con sviluppi nel campo dell'imaging medico e diagnostico, dell'adroterapia, della dosimetria ed evoluzione cellulare, della modellistica neurologica, dell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico e delle indagini ambientali.

#### **RIVELATORI**

La realizzazione di strutture di rivelazione tridimensionali promette miglioramenti sia nella Fisica delle Alte Energie, estrema resistenza alla radiazione e riduzione dei tempi di risposta ( $< ns$ ), che nelle applicazioni interdisciplinari con luce di sincrotrone, con la possibilità di sensori privi di zona morta ai bordi ed immagini in tempo reale di processi biologici.

Nella prospettiva di futuri esperimenti ad alta luminosità alle nuove macchine, si svilupperanno rivelatori di silicio sottili nella prospettiva di realizzare dei microvertici innovativi in termini di meccanica, cooling e capacità di trigger di primo livello.

#### **ACCELERATORI**

Per il futuro si svilupperanno ulteriormente, le iniziative di R&D connesse allo sviluppo di tecniche per massimizzare l'emittanza dei fasci, migliorare l'accettanza delle strutture acceleranti e realizzare le tecniche di accelerazione a plasmi.

Si può ipotizzare uno sviluppo di iniziative legate alla "luce": IR, visibile, UV e raggi X. Utilizzando la radiazione infrarossa di SINBAD (LNF) è ipotizzabile la realizzazione di un magnetometro ultrasensibile per misure magneto-ottiche su materiali superconduttori e per

l'analisi di materiali del mantello terrestre. Al contempo possiamo prevedere la realizzazione di un sistema per microscopia dinamica in vivo di popolazioni cellulare, mentre gli studi sulla produzione di fasci di raggi X monocromatici (ottenibili per scattering da pacchetti di elettroni e luce laser), da una parte promettono un innovativo imaging biomedico in vivo, mentre dall'altra fanno nascere studi teorici sulla possibilità di emissione di raggi X coerenti, mediante processo FEL, sia in regime quantistico, che classico.

Si realizzeranno, nell'ambito della adroterapia (CATANA, CNAO, Centro di Adroterapia della Regione Sicilia, etc.), gli sviluppi di sorgenti, magneti convenzionali e di scansione, sistemi di controllo e monitoraggio dei fasci e studi di modellistica radiobiologica.

#### APPLICAZIONI INTERDISCIPLINARI

Continuerà nel futuro l'attività interdisciplinare, partendo dall'esistenza di un ricco filone di strumenti di rivelazione, di accelerazione e di calcolo che sono avviati dalla ricerca di base all'applicazione con una particolare attenzione per il trasferimento delle informazioni verso il mondo medico-biologico e quello della conservazione dei beni culturali ed ambientali ed industriale. Sempre più attuali diverranno le tematiche della collaborazione con l'industria.

Nel campo dell'adroterapia, oltre alle già citate attività negli acceleratori, cresceranno gli studi di modellistica e radiobiologia, con ricadute sull'attività umana nello spazio. In particolar modo si prevedono sviluppi per la tomografia con protoni che promette un miglioramento di un ordine di grandezza nel posizionamento del paziente. E' presumibile ipotizzare il concretizzarsi di iniziative riguardanti la BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) in conseguenza, sia della costruzione di macchine dedicate, che per la realizzazione di sorgenti di neutroni non tradizionali.

Sempre nel campo dell'adroterapia, importanti contributi possono venire da attività mirate alla realizzazione di Piani di Trattamento e di strumenti per la loro validazione, con particolare attenzione al caso dell'uso di fasci di ioni. A questo scopo possono convergere insieme diverse competenze scientifiche e tecnologiche che da tempo sono patrimonio dell'Ente. Esse includono la fisica nucleare, lo sviluppo dei modelli radiobiologici e lo sviluppo dei codici di interazione e trasporto (FLUKA, GEANT4). In questo ambito sono anche da includere gli studi sulla possibile applicazione di fasci radioattivi e, più in generale, sull'uso delle tecniche di calcolo Monte Carlo in fisica medica.

La possibile attività sui Piani di Trattamento offre importanti opportunità di trasferimento tecnologico.

Nel triennio è ipotizzabile la realizzazione di una sorgente di raggi X monocromatici, utilizzabile in ambiente ospedaliero, partendo dai fotoni ottenibili per scattering da pacchetti

di elettroni e luce laser. Tale sorgente permetterà imaging biomedico in vivo, utilizzando tutte le tecniche sviluppate con la radiazione di sincrotrone. In generale crescerà l'interesse per gli effetti biologici delle basse dosi e del basso rate della radiazione ionizzante sull'attività di cellule staminali, cellule differenziate e micro-organismi.

Le realizzazioni di strumenti di simulazione (con o senza elettronica dedicata) permetteranno lo sviluppo di studi sui farmaci virtuali, sulla possibilità di realizzare una popolazione cellulare virtuale come modello per gli studi cellulari sulle neoplasie ed infine sulla modellizzazione dell'attività nervosa.

Continueranno le ricerche tecnologiche legate al Progetto MEMS in collaborazione con l'ITC-IRST, in particolare sulle tematiche che riguardano dei Silicon Photomultipliers e le matrici di bolometri superconduttori.

#### TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Nel periodo fino al 2009 l'INFN continuerà a promuovere le attività di trasferimento tecnologico di tecniche, dispositivi e materiali sviluppati nell'espletamento delle sue attività istituzionali. E' ipotizzabile che il trasferimento tecnologico si svilupperà nel campo della diagnostica e terapia mediche, dell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico e delle indagini ambientali.

La grande attività presente nelle applicazioni interdisciplinari, nell'ambito della diagnostica medica, ha prodotto e produrrà progetti suscettibili di un tentativo di trasferimento tecnologico. Un progetto ragionevolmente maturo è lo sviluppo di un sistema di SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) cardiologica. Tale progetto è la concretizzazione, a livello di ricerca clinica, dei lavori (hardware e software) fatti dall'INFN sulle applicazioni in Medicina Nucleare. Il sistema proposto per, la sua compattezza (15mm rispetto ai 50 usuali), la sua velocità (circa 10 volte quella dei sistemi attuali), la sua risoluzione spaziale (4 volte migliore dell'attuale) e per la risoluzione energetica (migliore di un fattore 2), ha caratteristiche innovative che ne indirizzano l'utilizzo per studi dinamici funzionali cardiaci e cerebrali, studi funzionali oncologici, radioterapia metabolica e studi funzionali pediatrici (SPECT pediatrica).

Nell'ambito delle attività rivolte al mondo della biomedicina, un progetto che può essere esportato è l'implementazione di un'architettura in tecnologia GRID, per lo storage, l'accesso e la distribuzione dei dati di archivio di uno o più sistemi PACS (Picture Archiving and Communication System). I vantaggi di una simile realizzazione possono essere così riassunti:

- integrazione delle funzionalità del PACS nella gestione degli archivi;



- condivisione dei dati;
- accesso al PACS da tutte le workstation della griglia;
- interventi di manutenzione senza interruzione dei servizi;
- back up automatico;
- struttura gerarchica per l'integrazione di archivi di diversi PACS.

Un progetto ragionevolmente maturo per il trasferimento tecnologico è lo sviluppo di un sistema tomografico trasportabile per analisi non distruttive nel campo dei beni culturali, ambientali e industriali. Le potenzialità di un simile sistema sono molteplici:

- per statue, monumenti, reperti archeologici, si va dalla conoscenza della struttura interna e dalla valutazione dello stato di degrado, fino all'arricchimento del patrimonio culturale ed il restauro mirato;
- per pilastri e strutture portanti è possibile effettuare misure di stabilità strutturale e quindi programmare interventi tempestivi;
- per prodotti industriali di grandi dimensioni, la valutazione quantitativa dei difetti di fabbricazione alza il livelli dei controlli di qualità.

Settore	a	b	c	TOT
Ricercatori	33,4%	18,4%	48,1%	580 FTE
Finanziamento 2007	36,5%	26,7%	38,8%	3.7 M€

*La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.infn.it/csn5/>*

### **3.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE**

#### **LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI**

Le principali attività interne previste per il 2007 riguardano l'utilizzo della macchina acceleratrice DAΦNE, per la presa dati col detector FINUDA, volta allo studio della spettroscopia degli ipernuclei, la preparazione del rivelatore SIDDHARTA per lo studio degli atomi kaonici, che dovrebbe entrare in presa dati a fine anno, e la modifica dell'acceleratore per la prova di nuovi schemi di interazione dei fasci, allo scopo di aumentarne la luminosità. L'obiettivo del 2007 è di fornire  $1\text{fb}^{-1}$  all'esperimento FINUDA per lo studio degli ipernuclei. A fine giugno si spera di poter finire con la presa dati dell'esperimento FINUDA per modificare la macchina e applicare la nuova ottica capace, secondo le simulazioni, di

incrementarne ulteriormente la luminosità. La costruzione dei nuovi elementi di macchina, magneti e tubi a vuoto, si dovrebbe concludere entro giugno, la fermata per le modifiche è prevista essere di 6 mesi. Oltre a questo proseguirà la attività di analisi dei dati dell'esperimento KLOE.

Come visto in precedenza, oltre alla sperimentazione su DAΦNE, l'attività di ricerca interna si sviluppa in fisica teorica, nella fisica delle onde gravitazionali (antenna ROG) e nelle tecniche di accelerazione per elettroni. Si prevede, nel 2007, di completare il montaggio dell'acceleratore lineare, per portare gli elettroni all'energia di 150MeV, di montare l'ondulatore, in collaborazione con l'ENEA, e di produrre luce laser a elettroni liberi (FEL) prima della fine dell'anno. Negli anni successivi si prevede di provare l'emissione indotta di luce laser (seeding) e di produrre raggi x con scattering Thompson inverso con luce laser esterna.

Nel 2008 si prevede di mettere in funzione il laser di alta potenza FLAME per lo studio dell'accelerazione di pacchetti di elettroni in onde di plasma generate dal laser in targhette gassose. La costruzione del laboratorio FLAME è prevista nel corso del 2007. La sperimentazione nel laboratorio FLAME (Frascati Laser for Acceleration and Multidisciplinary Experiment) continuerà negli anni successivi.

Nel 2007 dovranno inoltre entrare in presa dati gli esperimenti all'LHC e questa fase proseguirà per gli anni a venire. Per queste attività si devono costruire le infrastrutture di calcolo per l'analisi dei dati.

Continua infine l'attività di ricerca in fisica teorica, dalla fenomenologia all'astrofisica, alla fisica matematica.

L'insieme di queste linee di ricerca è oggetto di analoghe relazioni delle Commissioni Nazionali I, II, III, IV, V.

Le principali attività dei prossimi anni sono quindi le seguenti:

- Il completamento della sperimentazione già approvata a DAFNE
- lo studio di un miglioramento di DAFNE in luminosità ed energia
- il disegno e la costruzione di possibili miglioramenti dell'apparato KLOE per la realizzazione dei progetti di ricerca della seconda generazione a DAFNE, esperimenti KLOE2, AMADEUS e DANTE
- la continuazione dell'attività di Ricerca e Sviluppo nel campo delle macchine acceleratrici, e delle cavità a radiofrequenza
- la fine della costruzione e messa in operazione di SPARC

- la costruzione del laboratorio FLAME
- la messa a punto del progetto definitivo e l'inizio della costruzione di una macchina compatta, per la quale è in corso un finanziamento su fondi FIRB del MIUR, con cui produrre fasci intensi di luce coerente nel campo dell'estremo ultravioletto e dei raggi X soffici, progetto SPARX
- la continuazione della costruzione, e quindi l'inizio delle operazioni, della macchina del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) entro il 2007-2008
- la continuazione del progetto CTF3 al CERN, finalizzato allo sviluppo di una sorgente RF basata sul concetto di "Two Beams Accelerator (CLIC)". Nel 2007 si prevede il completamento delle costruzioni di responsabilità dei LNF, la sperimentazione continuerà negli anni successivi
- la partecipazione alle fasi di progettazione, di ricerca e sviluppo per l'International Linear Collider, con particolari responsabilità sul progetto dei Damping Rings e sui kickers veloci
- il proseguimento delle attività di ricerca già intraprese presso laboratori nazionali e internazionali e l'attenzione a nuove iniziative
- lo svolgimento del programma europeo I3HP (Hadron Physics), CARE, EUROTEV ed EUROFEL del VI programma quadro
- il potenziamento delle infrastrutture esistenti per migliorare le condizioni di lavoro dei ricercatori italiani e stranieri ospiti dei laboratori e per poter ospitare scuole, seminari, giornate di studio e simili al fine di migliorare l'offerta di formazione sia interna che esterna
- la continuazione dei corsi di Master, assieme alle università di Roma "La Sapienza" e Roma "Tor Vergata".

*La descrizione dettagliata dell'attività dei laboratori è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.lnf.infn.it>*

## LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO

L'attività principale dei Laboratori nel triennio 2007-2009 sarà rivolta in primo luogo al potenziamento delle macchine acceleratrici esistenti allo scopo di condurre una sperimentazione d'avanguardia nel campo della fisica nucleare, in particolare con il rivelatore PRISMA associato al nuovo rivelatore gamma AGATA. Nel 2007 inizierà l'installazione del

dimostratore di AGATA, che dovrebbe essere dedicato completamente ad una campagna di misure a partire dal 2008.

Il potenziamento del complesso PIAVE-ALPI prevede la messa in funzione della nuova sorgente ECR per l'iniettore PIAVE, l'incremento del campo accelerante delle cavità a basso beta in ALPI e l'aumento della potenza refrigerante degli impianti criogenici. Questi interventi consentiranno ai Laboratori di produrre fasci intensi di massa medio-pesante ed energia al disopra della barriera coulombiana già a partire dal periodo in cui il dimostratore di AGATA sarà a disposizione per il programma di fisica.

L'obiettivo di mantenere e migliorare l'affidabilità degli acceleratori rimane la prima priorità dei Laboratori. A tale scopo è indispensabile, nel 2007, intervenire con una manutenzione straordinaria sul TANDEM allo scopo di ripristinare valori di tensione del Terminale necessari all'accelerazione di quei fasci indispensabili ad alcune importanti campagne sperimentali. Tra queste, si segnala la sperimentazione con la trappola magneto-ottica (MOT) per lo studio di violazione di parità negli atomi.

Saranno mantenute in efficienza le piccole macchine, CN e AN2000, cui è associata una strumentazione di rilievo internazionale, quali i sistemi per produrre micro-fasci.

L'impegno in campo di Fisica delle Radiazioni vedrà i Laboratori impegnati nelle attività di radiobiologia e micro-dosimetria, inserite a tutti i livelli a progetti e programmi di dimensione europea ed internazionale. Continuerà la partecipazione alla realizzazione del centro adroterapico del CNAO a Pavia, mentre primaria resta l'attività per lo sviluppo della tecnica BNCT per dimostrarne l'applicabilità clinica in alcune tipologie tumorali radioresistenti.

E' prevista la presa dati in continua dell'antenna gravitazionale AURIGA e il proseguimento degli studi per il nuovo rivelatore criogenico DUAL. L'attività con il rivelatore PVLAS sarà oggetto di particolare attenzione visto il consolidarsi dei risultati, assolutamente sorprendenti, evidenziati dall'esperimento.

I Laboratori hanno contribuito allo sviluppo del calcolo avanzato partecipando a varie iniziative europee ed impegnandosi in modo rilevante alla realizzazione del prototipo del TIER2 nell'ambito del progetto GRID. I LNL si apprestano a realizzare uno dei TIER2 dell'Istituto, dedicato prioritariamente al calcolo di CMS.

Il progetto SPES, per dotare il Laboratorio di una nuova infrastruttura di ricerca, che consenta della sperimentazione con fasci radioattivi, viene fortemente raccomandato dalla Comunità degli utenti dei laboratori e dalla Commissione III. Nell'ambito di questo progetto, procedono alacremente le opere di urbanizzazione primaria dell'area dove sarà installato il

nuovo acceleratore. Nel prossimo triennio sarà indispensabile procedere alla realizzazione dei nuovi edifici, avviare la costruzione delle varie parti dell'acceleratore primario di protoni, proseguire gli studi e l'attività sperimentale sui bersagli, diretto ed a doppio stadio, in collaborazione con Ganil. Il convertitore neutronico per la BNCT sarà interamente progettato e si avvierà la costruzione delle componenti necessarie alla separazione isotopica ed all'accelerazione dei fasci radioattivi.

L'attività per SPES è integrata sinergicamente con l'attività di "Design Study" per EURISOL, la grande macchina europea per fasci radioattivi, alla cui definizione il laboratorio continuerà a dare un grosso contributo anche nei prossimi anni.

Non mancherà infine la dovuta attenzione e l'impegno per i programmi europei sulla fusione attraverso i due progetti NIB e IFMIF.

*La descrizione dettagliata dell'attività dei laboratori è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.lnl.infn.it>*

#### LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

Uno degli obiettivi dei LNS nel prossimo triennio sarà il mantenimento degli attuali livelli di qualità e competitività internazionale delle ricerche di fisica nucleare sperimentale e di applicazione di tecniche nucleari in ambito multidisciplinare. Occorrerà dunque garantire non solo un funzionamento affidabile ed efficiente degli acceleratori, ma anche una prospettiva di sviluppo di nuovi fasci sia stabili che instabili. A questo scopo, da un lato si renderà necessario nel 2007 un periodo di arresto del Ciclotrone, valutato in 4-6 mesi, per consentire interventi di manutenzione straordinaria che riguarderanno soprattutto il criostato che opera ininterrottamente da oltre 14 anni.

Nuovo impulso alla sperimentazione del prossimo triennio verrà anche dallo spettrometro MAGNEX, che, grazie alla recente installazione della nuova camera di scattering dedicata, va ad aggiungersi al già ampio corredo di sistemi di rivelazione di eccellenza operativi nei LNS.

Sono ritenute inoltre di alta priorità le attività di ricerca e sviluppo nel settore degli acceleratori per ioni leggeri con particolare riferimento al loro impiego a scopi terapeutici, ma anche in vista di un auspicabile potenziamento delle intensità ed ampliamento della varietà dei fasci radioattivi prodotti da EXCYT. Sono da considerare di pari priorità gli studi di progettazione di sorgenti ioniche innovative, che già da anni si svolgono nei LNS con risultati eccellenti, così come è stato ripetutamente riconosciuto dalla comunità scientifica internazionale.

La facility CATANA per la terapia protonica di patologie oncologiche oculari è ormai una realtà pienamente operativa ed i LNS sono impegnati a continuare anche nel prossimo triennio le sessioni di trattamento clinico, così come previsto nella convenzione stipulata recentemente dall'INFN con l'Azienda Policlinico dell'Università degli Studi di Catania.

Per quanto riguarda il progetto NEMO Fase-1, completata la sua installazione a fine 2006, è previsto l'avvio della fase di presa dati.

Nell'ambito della Fase 2 del progetto, un importante sviluppo nel triennio 2007-2009 sarà il completamento della stazione sottomarina presso il sito di Capo Passero a 3500 metri di profondità, le cui caratteristiche oceanografiche e morfologiche sono risultate le più adatte per la collocazione finale del telescopio per neutrini, rispetto agli altri siti proposti. Il cavo elettro-ottico da 100km sarà messo in opera a metà 2007. Ad inizio 2008 è prevista l'installazione e la connessione di un sistema di una struttura a "torre" completa. Questa operazione permetterà di validare la tecnologia per la costruzione del rivelatore da 1 km<sup>3</sup> a 3500 m ed allo stesso tempo consentirà il monitoraggio continuo on-line del sito sottomarino.

*La descrizione dettagliata dell'attività dei laboratori è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.lns.infn.it>*

## LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono i maggiori laboratori al mondo dedicati a esperimenti di fisica astroparticellare, subnucleare e nucleare e di altre discipline (geologia e biologia) che richiedano un ambiente a bassa radiazione. Negli anni scorsi alcune attività del laboratorio sono state rallentate a causa dei problemi collegati con lo smaltimento delle acque. I lavori compiuti nell'ultimo periodo di messa in sicurezza del Sistema Gran Sasso permettono ora un ritorno alla piena attività.

Il Laboratorio ha già prodotto un risultato di grande rilievo per la fisica delle particelle elementari, avendo fornito forte evidenza del fenomeno delle "oscillazioni dei neutrini", fenomeno che può avvenire solo se i neutrini, a differenza di quanto previsto dalla teoria, hanno massa e si possono trasformare da un tipo all'altro. Nella prossima fase della ricerca si dovrà confermare definitivamente la scoperta della massa dei neutrini, stabilire tra quali specie avvengano i fenomeni di oscillazione, misurare accuratamente le masse e i parametri di mescolamento. Questi studi hanno potenzialmente conseguenze assai rilevanti sia sulla fisica fondamentale sia sulle nostre concezioni sull'evoluzione dell'Universo.

Il programma del Laboratorio si incentra principalmente sulle seguenti attività:

- Il progetto CNGS, in collaborazione tra l'INFN e il CERN, è iniziato nel 2006.

Il fascio di neutrini mu è indirizzato nella direzione del Gran Sasso e ha raggiunto il Laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 732km.

L'esperimento principale previsto al Gran Sasso per rivelare i neutrini del fascio proveniente dal CERN è OPERA. Esso è basato principalmente sulla rivelazione di particelle tramite la tecnica delle emulsioni nucleari. Un punto molto importante del programma della prima parte del 2007 è il completamento della produzione degli oltre 200.000 pacchetti di fogli alternati di emulsione e piombo che costituiscono il cuore dell'esperimento. Nel 2007 inizierà quindi la presa dati per la ricerca dell'apparizione del neutrino tau nel fascio di neutrini mu.

- L'esperimento ICARUS consiste in un grande rivelatore di particelle ad Argon liquido. Il modulo da 600 tonnellate di Argon, approntato a Pavia e trasportato al Gran Sasso alla fine del 2005, vedrà nel 2007 la fase finale di installazione della necessaria infrastruttura criogenica e l'inizio della presa dati. Sono in studio possibilità di estensione di questo rivelatore, la cui tecnica è al centro dell'interesse anche di gruppi USA.
- Per lo studio dei neutrini solari, nel 2007 si concluderà la fase di riempimento con lo scintillatore liquido dell'esperimento BOREXINO e l'inizio della presa dati. BOREXINO è in grado di misurare la distribuzione energetica dei neutrini solari a bassa energia, in una regione di cui si conosce solo il flusso integrato. C'è grande attesa per i risultati di quest'esperimento, che può fornire importanti informazioni sulle oscillazioni dei neutrini solari e anche sui neutrini prodotti all'interno della Terra.
- La misura della massa del neutrino è collegata alla ricerca del decadimento beta doppio, decadimento permesso se il neutrino e l'antineutrino coincidono. Nel laboratorio è in presa dati CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di ossido di tellurio, con massa totale 40kg. L'obiettivo principale dell'esperimento è la misura del decadimento beta doppio senza neutrini del tellurio, ma l'apparato si presta anche ad altre misure di fisica, in particolare allo studio della materia oscura. Questi dati sono utili per la messa a punto del progetto CUORE, un grande rivelatore di 1000 cristalli di ossido di tellurio con massa totale 770kg. L'obiettivo primario è la misura del decadimento beta doppio, con una sensibilità per la massa del neutrino dell'ordine del centesimo di elettronvolt. Un altro esperimento basato sull'uso di Germanio arricchito, GERDA, approvato nel 2005, inizierà l'installazione in sala A nel 2007.

- Il tema della materia oscura dell'Universo è uno dei più affascinanti della fisica e dell'astrofisica, ma anche uno dei più difficili da studiare. L'esperimento DAMA ha evidenziato una modulazione stagionale di segnali di bassissima energia che potrebbe essere dovuta al movimento della terra rispetto alla materia oscura. Nel 2006 il nuovo apparato, chiamato LIBRA, ha continuato a prendere dati per verificare il segnale di DAMA. Altri esperimenti per la ricerca della materia oscura, WARP e XENON, basati rispettivamente sull'impiego di Argon e Xenon liquido, riscuotono notevole interesse nella comunità internazionale. Hanno iniziato a prendere dati con rivelatori di test. In particolare l'attività di WARP con il prototipo da 2 litri ha mostrato prestazioni eccellenti, accrescendo l'attesa per i risultati della versione di 100 litri, che verrà installata nel 2007.
- L'osservatorio LVD, dedicato alla ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi gravitazionali, continuerà ad essere in funzionamento continuo, inserito nella rete mondiale di rivelatori dedicati a questi fenomeni.  
Continuerà pure l'attività di LUNA2 sulla misura di sezioni d'urto di reazioni di grande interesse per la fisica stellare e più in generale per la fisica nucleare.

*La descrizione dettagliata dell'attività dei laboratori è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.lngs.infn.it>*

## CNAF-TIER1

L'attività nel 2007 e per il prossimo triennio continuerà ad articolarsi nelle tre linee principali:

1. Realizzazione del Progetto di *upgrade* del Centro Regionale Tier1 (compimento previsto per la fine 2007), destinato a potenziare l'impianto frigorifero e gli impianti elettrici in modo da renderli adatti ad accogliere le enormi capacità di calcolo e storage previste gli esperimenti a LHC e tutti gli altri esperimenti fino al 2010 ed oltre. Il centro potrà così disporre di una potenza frigorifera ridondata superiore a 1.5MWatt e di una potenza elettrica fino a 3MWatt. Il 2007 e l'inizio del 2008 saranno per il Centro particolarmente impegnativi dovendo garantire la massima efficienza del livello di servizio per la partenza di LHC in parallelo con i lavori di upgrade svolti negli stessi locali.
2. Operazione dell'infrastruttura GRID di produzione dell'INFN, Italiana ed Europea all'interno dei progetti EGEE II (VI PQ) e WLCG. Per questi il CNAF ospita il *Regional Operation Centre* della Federazione Italiana ed è uno dei pochi Grid Operation Centre che opereranno l'infrastruttura Europea.



3. Sviluppo e consolidamento di nuovi servizi e architetture Grid legate a: *web services*, definizione e gestione di *Virtual Organizations*, sistemi di sicurezza e autenticazione all'interno di progetti Europei .

Nel corso del prossimo triennio sarà progressivamente, con vari passi, decuplicata la potenza di calcolo, la capacità d'archiviazione su disco e quella su libreria di nastri magnetici, per far fronte alle esigenze dei nuovi esperimenti. L'attuale piano di espansione approvato dall'INFN prevede che per il 2010 il CNAF possa fornire ~ 20.000KSpecInt2k, 9PBytes di disco e 9PBytes di storage su nastro. Particolarmente importante per il Centro sarà il 2008, anno della prima presa dati di LHC. in cui il centro dovrà impegnarsi al massimo per portare a termine l'upgrade e garantire nello stesso tempo un servizio con un livello di efficienza comparabile con quella degli altri Tier1. Il Centro infatti non solo dovrà garantire il trasferimento e l'archiviazione in tempo reale di una copia consistente dei dati raccolti al CERN, ma anche la capacità di processarli in tempo reale e fornire risorse e architetture adeguate per permettere ai fisici INFN di essere competitivi nell'analisi.

IL 2009 sarà per LHC il primo anno di raccolta dati secondo progetto e quindi il Centro dovrà da questo momento essere capace di seguire in modo efficiente, senza penalizzare i fisici, gli aumentati flussi di dati dal CERN e le aumentate richieste di produzione e analisi che si seguiranno negli anni.

Oltre a questo, il CNAF continuerà ad operare come centro di supporto ai gruppi sperimentali e alla Commissione Calcolo e Reti per la gestione di contratti d'interesse comune, hardware e software, e a fornire servizi d'interesse generale.

Per quel che riguarda la Rete, il CNAF ospita il *Point of Presence* (PoP) della Rete GARR di Bologna che dal 2006 garantisce al Centro connessioni a 10Gbps con il CERN ed i maggiori centri di calcolo della Fisica delle Alte Energie del mondo.

*La descrizione dettagliata dell'attività del Centro è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.cnaf.infn.it>*

## COMMISSIONE CALCOLO E RETI

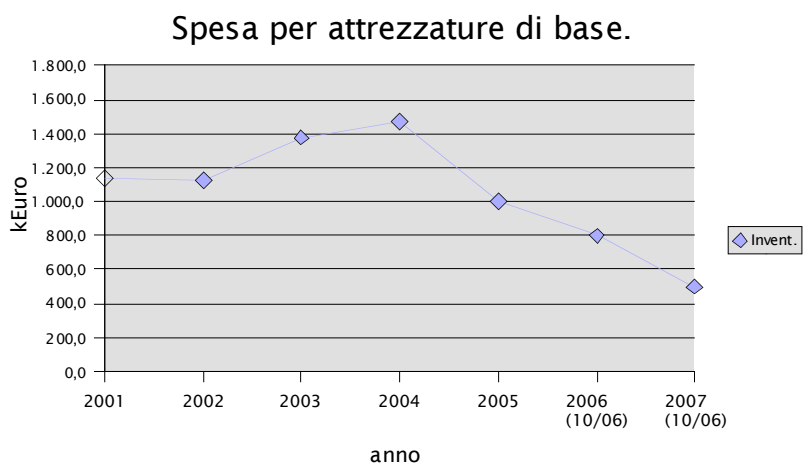
La Commissione Calcolo e Reti (CCR), composta da membri nominati dal Presidente dell'INFN in rappresentanza di ciascuna Unità Operativa e da osservatori nominati dai Presidenti delle Commissioni Scientifiche, ha come compiti istituzionali il coordinamento sia dello sviluppo dei Servizi informatici presenti nelle sedi INFN, che dell'implementazione dei centri di calcolo degli esperimenti, ed in particolare di quelli di primo, secondo e terzo livello dedicati agli esperimenti all'LHC. Lungo queste due linee di lavoro si svilupperà quindi

l'azione della Commissione nei prossimi tre anni, che, a tale scopo, oltre a promuovere iniziative di coordinamento e progetti di interesse generale, valuterà le richieste di finanziamento relative a:

- potenziamento delle infrastrutture di base delle Unità Operative
- contratti di interesse nazionale per manutenzione e licenza d'uso software
- pagamenti di canoni per collegamenti di rete non gestiti dal GARR
- attività dei gruppi di lavoro della Commissione

#### *Prospettive per gli anni 2007-2009*

A premessa di quanto di seguito riportato, va innanzitutto rilevato che, per l'anno 2007, la disponibilità finanziaria della Commissione è stata ulteriormente ridotta rispetto agli anni precedenti (1MEuro), a causa delle restrizioni di bilancio a cui è stato soggetto l'INFN. Tenuto conto delle spese non comprimibili, in particolare quelle relative ai contratti (ii), la quota di bilancio destinabile al potenziamento delle infrastrutture (i) si è ridotta a un livello decisamente modesto, come evidenziato nel grafico seguente che ne riporta il profilo di andamento temporale degli ultimi anni.



Una tale riduzione, se dovesse protrarsi in futuro, potrebbe non garantire la normale sostituzione e l'adeguamento delle attrezzature in uso, con conseguenze a lungo andare gravi per l'affidabilità dei servizi di calcolo. Inoltre, una prolungata carenza di risorse potrebbe richiedere ricorrenti finanziamenti aggiuntivi da parte delle Sezioni e dei Laboratori. Questi finanziamenti, non soggetti al vaglio tecnico della Commissione, sminuirebbero il ruolo di coordinamento svolto dalla stessa, in modo tanto più significativo quanto più rilevante fosse il loro peso.

### *Piano di attività*

Accanto alle attività di routine su cui la Commissione si fa carico, la CCR ha attivato nel corso del 2006, anche a seguito del Workshop svoltosi a metà anno, varie nuove iniziative. Alcune stanno concretizzandosi in progetti a breve scadenza, altre potrebbero portare all'avvio di attività di respiro temporale più ampio.

Gli obiettivi a più ravvicinata scadenza sono qui di seguito riportati, suddivisi per convenienza di esposizione in tre ambiti:

- Calcolo scientifico
  - supporto alla crescita dei centri Tier per gli esperimenti LHC attraverso la creazione e il supporto di strumenti che facilitino la scelta delle tecnologie e delle apparecchiature; in particolare si ritiene importante collaborare alla definizione di procedure e applicazioni standard per la misura delle capacità di calcolo delle macchine, in usi tipici del campo scientifico e, in particolare modo, della fisica nucleare e sub-nucleare;
  - sviluppo in collaborazione con gli esperimenti LHC di un modello per il calcolo di livello end-user (Tier3);
  - definizione di strategie per l'organizzazione del calcolo dei piccoli esperimenti nell'ambito dell'infrastruttura di Grid Nazionale.
- Servizi offerti dai centri di Calcolo delle Sezioni e dei Laboratori
- 3. promozione di tecnologie per il consolidamento delle attività dei Servizi (virtualizzazione dei server, adozione di thin client, automazione procedure di aggiornamento delle componenti software delle macchine in uso agli utenti, ecc.)
- 4. progetto e realizzazione del sistema unico di autenticazione.
- 5. scelta e dispiegamento di una suite di strumenti collaborativi di riferimento per l'INFN.
- Servizi di rete

Elaborazione di un piano di sviluppo dei collegamenti di rete geografica a servizio degli esperimenti, che garantisca la compatibilità economica e soddisfi le richieste come verranno precisandosi con l'esperienza ricavata dai primi periodi di funzionamento di LHC.

*La descrizione dettagliata dell'attività della Commissione è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.infn.it/CCR/>*

### 3.7 RISORSE DI PERSONALE

Il fabbisogno di personale dell'Ente sarà sostanzialmente determinato nel prossimo triennio da due distinti fattori:

- A. la necessità di portare a termine nei tempi previsti le nuove infrastrutture tecnico-scientifiche, in particolare presso i Laboratori Nazionali, e gli importanti impegni già presi per il completamento di progetti a livello internazionale.

Fanno parte di queste attività finalizzate all'attuazione della programmazione scientifica dell'Istituto:

- sperimentazione presso LHC al CERN: l'inizio della fase di presa dati per i quattro grandi esperimenti comporterà, rispetto al periodo di costruzione dei sistemi di rivelazione, un ricambio radicale di tecnologie e professionalità del personale ricercatore e tecnologo coinvolto;
- il Progetto SPES, dedicato alla produzione ed accelerazione di nuclei instabili di prossima generazione, è basato sulla costruzione di un acceleratore lineare di nuova concezione per fasci di protoni ad alta intensità (LNL);
- il Progetto NEMO per la realizzazione e il collaudo di un dimostratore e delle infrastrutture tecnologiche a esso associate, in vista della realizzazione di un osservatorio europeo sottomarino di neutrini astrofisica, da realizzare in Sicilia al largo di Capo Passero (LNS);
- il Progetto Strategico NTA per Ricerca e Sviluppo nel campo di nuove tecniche di accelerazione di particelle (LNF, LNL, Ge, Mi, LNS);
- lo studio delle oscillazioni sul fascio di neutrini provenienti dal CERN (LNGS) con l'effettuazione delle campagne di presa dati previste.

A dette attività si aggiungono progetti di carattere applicativo e di trasferimento tecnologico, quali ad esempio:

- adroterapia: l'Ente ha già una partecipazione determinante nella costruzione a Pavia della macchina per adroterapia del progetto CNAO ed è impegnato in attività di consulenza e supporto di progetti di macchine regionali per adroterapia con protoni, in corso di pianificazione nel nostro Paese;

- il Progetto SPARC per Ricerca e Sviluppo di un laser ad elettroni liberi di nuova concezione con lunghezza d'onda di 500Å (luce gialla) (LNF);
- il progetto GRID per lo sviluppo e il coordinamento del “middleware” per il calcolo distribuito e la diffusione del paradigma di GRID ad altre discipline scientifiche (CNAF);

B. Lo squilibrio fra posizioni a tempo indeterminato e tempo determinato venutosi a creare per le limitazioni ed i blocchi, intervenuti negli anni, a seguito di disposizioni di legge, vede la realizzazione di importanti progetti nazionali ed internazionali e la conduzione di servizi di base cruciali per l'operazione di infrastrutture di ricerca nazionali, fortemente dipendenti da personale a tempo determinato di alta qualificazione.

Un ragionevole e duraturo equilibrio fra risorse umane e attività tecnico-scientifiche che garantisca eccellenza e competitività a livello internazionale, porta ad individuare in 2070 le posizioni a tempo indeterminato necessarie. Ciò assicurerà un equilibrio stabile fra l'ingresso di nuove leve generazionali e personale in quiescenza.

Le disposizioni contenute nella Legge Finanziaria per l'anno 2007, rendono possibile l'obiettivo di cui sopra, nel triennio 2007-2009, attraverso:

- a) la possibilità di effettuare concorsi e (a partire dal 2008) assunzioni per la copertura di posizioni vacanti;
- b) la stabilizzazione di personale a tempo determinato in possesso di determinati requisiti con l'inserimento di un numero adeguato di personale a contratto ad altissima qualificazione e selezionato su base nazionale.

La dotazione organica passa quindi alla fine del triennio a 2.070 posti con un incremento di 61 posti di ricercatore, 27 posti di tecnologo e 73 posti tra tecnici e amministrativi.

L'accoglimento di questa pianificazione permetterà di soddisfare le esigenze dei progetti assicurando un apporto costante di personale nel triennio, raccordato ai valori di turn over prevedibili dal 2009, e una selezione sui nuovi ingressi rigorosa ma non traumatica.

È inoltre previsto, entro il primo anno del Piano, la copertura dei posti per i quali sono attualmente attivate procedure concorsuali, molte delle quali già da tempo concluse e per le quali non è stato possibile effettuare le relative assunzioni a causa delle restrizioni legislative; tali posizioni ammontano complessivamente a 91 unità distribuite nei vari profili.

A partire dal secondo anno del piano, per effetto della stabilizzazione di posizioni a tempo determinato consentita dalla finanziaria 2007, la spesa per contratti a tempo determinato sul bilancio ordinario sarà contenuta nei limiti fissati dalla stessa legge, pari al 40% di quella sostenuta per le stesse finalità nell'anno 2003.

Saranno altresì attivate procedure concorsuali con cadenza biennale per il I e II livello dei profili di Ricercatore e Tecnologo, i livelli apicali di ciascun profilo, i passaggi a livello superiore nel profilo per il personale tecnico-amministrativo, secondo quanto riportato nelle tabelle seguenti (per il primo anno del piano saranno attivate le procedure per il I livello che non sono state effettuate nel 2006, per la mancata autorizzazione all'emissione del relativo bando):

#### **Posizioni da ricoprire per i livelli I e II**

<b>Profilo</b>	<b>Livello</b>	<b>Posti a concorso</b>		
		<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>Dirigente di Ricerca</b>	I	15		15
<b>Dirigente tecnologo</b>	I	6		6
<b>Primo Ricercatore</b>	II	30	20	
<b>Primo tecnologo</b>	II	15	10	

### Progressioni economiche nel livello apicale

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2007	2008	2009
Collaboratore tecnico enti ricerca	IV		18	
Operatore tecnico	VI		1	
Ausiliario tecnico	VIII			
Funzionario di amministrazione	IV		8	
Collaboratore di amministrazione	V		10	
Operatore di amministrazione	VII			
			37	

### Passaggi al livello superiore nel profilo

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2007	2008	2009
Collaboratore tecnico enti ricerca	IV	100		10
Collaboratore tecnico enti ricerca	V	250		10
Operatore tecnico	VI	10		1
Operatore tecnico	VII	75		
Ausiliario tecnico	VIII			1
Funzionario di amministrazione	IV	10		2
Collaboratore di amministrazione	V	20		4
Collaboratore di amministrazione	VI	130		
Operatore di amministrazione	VII			
Operatore di amministrazione	VIII	5		
		600		28

In maggior dettaglio la consistenza numerica e i relativi costi sono indicati nei quadri B e C allegati:

- il quadro B riporta la programmazione del triennio 2007-2009 nelle varie tipologie;
- il quadro C riepiloga la spesa complessiva prevista nel triennio per le risorse umane.

## QUADRO B - PROGRAMMAZIONE TRIENNALE DEL FABBISOGNO DI PERSONALE

B.1 PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO INDETERMINATO	Costo 2006 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008			FABBISOGNO 2009		
		Nuove assunzioni	Personale in servizio	COSTO (migliaia di Euro)	Nuove assunzioni	Personale in servizio	COSTO (migliaia di Euro)	Nuove assunzioni	Personale in servizio	COSTO (migliaia di Euro)
Dirigente I fascia	252		3	252		3	252		3	252
Dirigente II fascia	98	1	2	157		2	196		2	196
Ricercatore	41.870	35	613	43.593	45	658	46.538	18	676	47.604
Tecnologo	13.871	25	236	14.931	8	244	15.845	19	263	16.956
Collaboratore tecnico enti ricerca	23.363	20	595	25.135	40	635	25.563	4	639	25.762
Operatore tecnico	4.586	3	137	5.081	5	142	4.808		142	4.811
Ausiliario tecnico	218		7	218		7	218		7	218
Funzionario di amministrazione	2.850	2	67	2.943	4	71	3.101	2	73	3.177
Collaboratore di amministrazione	7.412	10	210	8.090	40	250	9.082	6	256	9.282
Operatore di amministrazione	292		9	292		9	292		9	292
<i>Totale personale a tempo indeterminato</i>	<b>94.812</b>	<b>96</b>	<b>1.879</b>	<b>100.692</b>	<b>142</b>	<b>2.021</b>	<b>105.895</b>	<b>49</b>	<b>2.070</b>	<b>108.550</b>

B.2 PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO DETERMINATO	Costo 2006 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008			FABBISOGNO 2009		
		Incrementi previsti	Personale in servizio (*)	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Personale in servizio (*)	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Personale in servizio (*)	COSTO (migliaia di Euro)
<b>Pers. di alta qualific o assunto per i programmi</b>										
Ricercatore	3.762		30	1.268	-5	25	1.057		25	1.057
Tecnologo	2.431		20	868	-5	15	651		15	651
Collaboratore tecnico enti ricerca	1.172		30	858	-10	20	572		20	572
Operatore tecnico	78									
Funzionario di amministrazione	63									
Collaboratore di amministrazione	1.228		30	784	-10	20	522		20	522
<b>Totale</b>	<b>8.734</b>		<b>110</b>	<b>3.778</b>	<b>-30</b>	<b>80</b>	<b>2.802</b>		<b>80</b>	<b>2.802</b>
<b>Contratti trimestrali per esigenze straordinarie</b>										
Collaboratore di amministrazione	285	-5	3	107		3	107		3	107
<b>Totale</b>	<b>285</b>	<b>-5</b>	<b>3</b>	<b>107</b>		<b>3</b>	<b>107</b>		<b>3</b>	<b>107</b>
<i>Totale personale a tempo determinato</i>	<b>9.019</b>	<b>-5</b>	<b>113</b>	<b>3.885</b>	<b>-30</b>	<b>83</b>	<b>2.909</b>		<b>83</b>	<b>2.909</b>

(\*) Unità di personale espresse in anni-persona



<b>B.3 COLLABORATORI</b>	Costo 2006 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008			FABBISOGNO 2009		
		Incrementi previsti	Contratti in vigore	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Contratti in vigore	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Contratti in vigore	COSTO (migliaia di Euro)
Assegni per la collaborazione all'attività di ricerca	1.400	15	95	1.531	8	103	1.733	8	111	1.873
Collaborazione ai programmi di ricerca	980		35	980	-5	25	898	-5	20	735
Altri contratti di prestazione d'opera e consulenza	325		20	325	-5	10	271	-5	5	163
<i>Totale collaborazioni</i>	<b>2.705</b>	<b>15</b>	<b>150</b>	<b>2.836</b>	<b>-2</b>	<b>138</b>	<b>2.902</b>	<b>-2</b>	<b>136</b>	<b>2.771</b>

<b>B.4 BORSE DI STUDIO</b>	Costo 2006 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008			FABBISOGNO 2009		
		Incrementi previsti	Borse assegnate	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Borse assegnate	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Borse assegnate	COSTO (migliaia di Euro)
<i>Totale borse di studio</i>	3.150	55	305	3.497		305	3.843		305	3.843

## QUADRO C - RIEPILOGO DELLE SPESE PER RISORSE UMANE

RISORSE UMANE	COSTO (migliaia di Euro)			
	2006	2007	2008	2009
PERSONALE DIPENDENTE				
Personale a tempo indeterminato	94.812	100.692	105.895	108.550
Personale a tempo determinato	9.019	3.885	2.909	2.909
Fondo liquidazione e previdenza	12.000	12.500	13.100	13.600
Benefici di natura assistenziale e sociale	1.500	1.500	1.600	1.800
Formazione del personale dipendente	1.800	2.000	2.000	2.300
Fondo rinnovi contrattuali	6.020	8.020	10.020	12.020
COLLABORATORI	2.705	2.836	2.902	2.771
BORSE DI STUDIO	3.150	3.497	3.843	3.843
CONTRIBUTI E COFINANZIAMENTI ALLE UNIVERSITA'				
Contributi alle università per borse di dottorato	2.900	2.900	2.900	2.900
Assegni di ricerca in cofinanziamento con le università	1.700	1.700	1.700	1.700
	135.606	139.530	146.869	152.393

### 3.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO

In questo paragrafo viene illustrata l'evoluzione prevista per l'impatto socio-economico e interdisciplinare dell'Istituto, con particolare riferimento alle attività formative e agli *Highlights* realizzati in seguito al trasferimento di tecnologie dall'INFN a campi interdisciplinari d'interesse sociale e civile.

#### LA FORMAZIONE DEI GIOVANI

Il processo formativo di giovani che vengono addestrati alla ricerca in ambito INFN proseguirà attraverso la preparazione di tesi di Laurea e di Dottorato, a proposito delle quali, tenendo presente i dati riscontrati nel triennio 2001-2003 e nelle due annualità successive, sono prevedibili, per il periodo 2007-2009, numeri tendenzialmente crescenti (più di 1500 tesi di laurea e circa 500 diplomi di Dottorato).

L'Istituto manterrà cura particolare nell'attivare iniziative riservate a giovani laureati. Accanto a numerose altre aventi periodicità diverse, verranno riproposti con cadenza annuale il *Seminario Nazionale di Fisica Nucleare e Subnucleare* a Otranto, il *Seminario Nazionale di*

*Fisica Teorica*, la *Scuola primaverile di Frascati “Bruno Touschek”* e le *Giornate di Studio sui Rivelatori* a Torino.

Verranno inoltre attivati nel 2007, e presumibilmente ripetuti negli anni successivi, i corsi di *Master* di primo e secondo livello organizzati presso Laboratori Nazionali o Sedi INFN, eventualmente in collaborazione con l’Università o altri Istituti. [*Tecniche nucleari per l’Industria, l’Ambiente e i Beni culturali* (LNF), *Trattamenti di superficie applicati a Tecnologie Industriali* (LNL), *Complessità e sue applicazioni interdisciplinari* (Pavia), *Progettazione Microelettronica* (Padova)].

Va rilevato il fatto che la frazione dei giovani formati in ambito INFN (a livello di dottori di ricerca e *post-doc*) che lasciando l’associazione INFN trova successiva collocazione nell’industria (così come nelle tecnologie dell’informazione o in pubbliche Istituzioni o Amministrazioni) ha subito nel 2006 una certa flessione (rispetto a quanto registrato nel triennio 2001-2003) a favore di impieghi presso ditte private o dell’insegnamento nella scuola superiore, presumibilmente come conseguenza dello stato attualmente stagnante dell’economia nazionale e delle carriere pubbliche.

Il monitoraggio e l’analisi del processo di formazione e degli esiti occupazionali dei giovani verranno ulteriormente approfonditi mediante il consolidamento dei *database* centralizzati già funzionanti.

L’Istituto proseguirà inoltre l’attività di diffusione scientifica e di comunicazione della scienza, per rinforzare le quali ha istituito l’apposito gruppo per la Comunicazione. L’attività si svolgerà attraverso iniziative rivolte sia al grande pubblico (con particolare attenzione ai giovani e al mondo della scuola) sia al mondo politico e imprenditoriale.

Appartengono al primo gruppo le numerose iniziative già sperimentate presso i Laboratori Nazionali dell’INFN (quali le *Settimane di cultura scientifica e tecnologica*, le *Olimpiadi della Fisica*, gli *Incontri di Fisica* con insegnanti di scuole superiori, le Visite guidate: un insieme di proposte che porta a interagire coi Laboratori un numero di visitatori annuo paragonabile a quello dei partecipanti a visite guidate al CERN, il più grande Laboratorio del mondo di Fisica delle particelle elementari) e presso numerose Sedi INFN (con mostre scientifiche organizzate in Italia ed all’estero, talune a carattere interattivo), tra le quali ricordiamo *La fisica su ruote*, *I microscopi della fisica* e *La radioattività, una faccia della natura*. Verrà inoltre realizzata una mostra dedicata alla fisica astroparticellare “*Astri e particelle*”, in cui verrà messo in evidenza l’interazione tra la fisica e l’astrofisica nello studio dei processi fondamentali nell’universo.

L’iniziativa più consolidata del secondo gruppo è rappresentata dal Workshop di Erice su *Fisica e industria*, che presso il Centro di Cultura Scientifica Ettore Majorana mette a

confronto uomini di scienza con esponenti dell'industria e del mondo politico sul problema del trasferimento di conoscenze tra ricerca fondamentale e mondo produttivo.

## PRINCIPALI SVILUPPI PREVISTI PER L'IMPATTO SOCIOECONOMICO E INTERDISCIPLINARE

Una frazione considerevole delle tecnologie innovative sviluppate dall'INFN per la realizzazione delle ricerche ha ricadute in settori multi- ed interdisciplinari, dando luogo agli sviluppi più significativi che sono stati discussi, con particolare riferimento al 2005, in una parte precedente del presente Piano. Si riportano qui di seguito le grandi linee di tali sviluppi previste per il triennio 2006-2008, tenendo presente che quelle non esposte direttamente avranno comunque un proseguimento secondo i piani di lavoro già approvati.

### *Dalla Fisica Nucleare alla Conservazione dei Beni Culturali*

Nel corso del triennio 2007-2010, le Istituzioni direttamente coinvolte saranno: le Soprintendenze di Catania, Agrigento e Palermo, il CNR, e l'Istituto Centrale per la Patologia del Libro (ICPL) del Ministero BB.AA.CC. Sono previste collaborazioni con l'Istituto Demokritos (Atene) e con il DIMRI di Saclay (Francia) nonché con il Dipartimento delle Antichità della Libia, secondo le linee illustrate in quanto segue.

1. *Monete antiche ("folles" romane)*. Un protocollo d'intesa fra i LNS e il Dipartimento delle Antichità Libiche fissa le condizioni operative di una collaborazione che consentirà nel prossimo triennio lo studio archeometrico del "Tesoro di Misurata" un ritrovamento di circa 110.000 folles romane fior di conio. Un laboratorio di tecniche non distruttive verrà installato presso il museo di Leptis Magna (Libia). Oltre al PIXE-alfa e all'XRF, sarà preso in considerazione, per analisi di routine, lo sviluppo di un sistema di attivazione neutronica trasportabile. In casi selezionati verrà usato il metodo DPAA già sviluppato presso i LNS.

2. *Caratterizzazione di superfici*. Visti gli interessi suscitati (Istituzioni di Agrigento, Siracusa, Catania, Creta) dalle prospettive aperte dalla possibilità di effettuare misure quantitative PIXE-XRD di ricoprimenti superficiali, il prossimo triennio vedrà lo sviluppo di un sistema diffrattometrico portatile. Il programma prevede l'uso di policapillari per la focalizzazione del fascio X. Verranno inoltre studiate le possibilità offerte da un sistema integrato XRD/Raman facente uso di CCD.

3. *Applicazioni del sistema XPIXE-alfa. Il nuovo laboratorio per la preparazione di sorgenti alfa*. -Il sistema è basato sull'uso del  $^{244}\text{Cm}$  ( $T_{1/2}=18.1$  anni, emettitore di  $\alpha$  e X). Il nuovo sistema (richiesta di brevetto INFN/CEA BD 1581 del maggio 2005), che presenta fra l'altro un' elevata sensibilità alla rivelazione di elementi a numero atomico intermedio, verrà

applicato, oltre che al settore dei BB.CC, al monitoraggio quantitativo di particolato atmosferico e alla analisi di manufatti e campioni standards in metallurgia. Il nuovo laboratorio (Lab- $\alpha$  per la preparazione di sorgenti alfa è stato realizzato presso i LNS e si è in attesa delle autorizzazioni. Il prossimo triennio vedrà l'avvio del Lab alfa nella preparazione presso i LNS delle sorgenti per i due dispositivi PIXE-alfa e XPIXE-alfa.

#### *Il Laboratorio interdisciplinare sotterraneo*

Il laboratorio sotterraneo a basso fondo radioattivo (LBL = *Low Background Laboratory*) dei LNGS rappresenta attualmente una delle infrastrutture più sviluppate a livello mondiale nel campo delle misure di bassissime concentrazioni di radioattività da nuclidi gamma. Per mantenere una posizione primaria di avanguardia a livello mondiale è indispensabile aggiungere alla tipologie di rivelatori in funzione, quali i rivelatori di germanio iperpuro, altri con pari peculiarità, dedicati però alla spettrometria beta ed alfa, come rivelatori a scintillatore liquido ultra "low level" o addirittura sviluppare soluzioni ibride. Questo sviluppo è importante, dato che anche altri centri di ricerca stranieri stanno investendo in questo campo, per rendere possibile una più vasta gamma di applicazioni interdisciplinari (p.e. homeland security, protezione e tutela dell'ambiente, contromisure nella frode di prodotti alimentari e non, datazione tramite radionuclidi) sempre più richieste, peraltro, nei Programmi-quadro finanziari. orrispondentemente, è assolutamente necessario predisporre di un'infrastruttura di supporto che possa svolgere tutte le attività connesse, come la preparazione di campioni e la loro conservazione per misure di controllo.

E' importante sottolineare che le attività finalizzate alla misura di bassissime concentrazioni di radioattività occupano una parte importante nelle future proposte del VII Programma Quadro dell'Unione Europea, prossimo ad essere lanciato. I LNGS. e anche l'LBL al loro interno, avranno un ruolo di rilievo, grazie al successo degli ultimi anni.

L'LBL, inoltre, data l'esperienza nel suo campo e la sua alta specializzazione come laboratorio dell'INFN. ha grosse potenzialità per divenire un laboratorio nazionale di taratura e di riferimento nell'ambito delle certificazioni SIT per quello che concerne la misura di radiazioni ionizzanti. Se questo si realizzasse i LNGS. avrebbero un ruolo di prestigio anche per attività fuori dall'ambito della ricerca di base.

#### *Il Laboratorio interdisciplinare sottomarino*

Con l'installazione del progetto NEMO Fase-1, prevista nell'ottobre 2006, il Laboratorio Multidisciplinare Sottomarino di Catania vedrà il suo completamento. Oltre all'interesse espresso dagli Enti di Ricerca che già utilizzano l'infrastruttura, quali l'INGV e il CIBRA, che intendono proseguire l'attività di presa dati e studio dell'ambiente marino, interesse è stato espresso anche da imprese operanti nel settore della attività sottomarine ed in

particolare in quelli dell'*offshore* e delle telecomunicazioni. L'interazione con queste imprese, attivata nell'ambito del progetto NEMO, è principalmente focalizzata sullo sviluppo di tecnologie per l'installazione di strutture complesse a grande profondità. In particolare una collaborazione con Tecnomare S.p.A. è già stata attivata nell'ambito del progetto PEGASO, cofinanziato con fondi della Regione Siciliana, per la realizzazione di un sistema robotizzato operante fino a 3500m di profondità per attività di installazione e connessione di apparati sottomarini.

#### *Il ciclotrone superconduttore per l'adroterapia oncologica*

Il progetto SCENT (*Superconducting Cyclotron for Exotic Nuclei and Therapy*) fu finanziato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare nel 2003, come studio di fattibilità di un ciclotrone per la produzione di fasci di ioni leggeri per l'utilizzo nel campo della terapia dei tumori. La versione originale del progetto prevedeva di accelerare sia i Protoni che gli ioni Carbonio all'energia di 250AMeV, ma lo studio di fattibilità indica che l'energia massima del fascio di Carbonio può essere aumentata fino a 300AMeV. La tecnica di estrazione del fascio mediante *stripping* consente di estrarre anche i protoni all'energia di 250MeV. Benché i fasci di Carbonio da 300AMeV non permettano di trattare i tumori più profondi di 175mm, pur tuttavia questa energia è molto interessante perché, secondo le statistiche del centro HIMAC (Giappone) è possibile curare oltre il 70% dei pazienti, ed in particolare oltre il 90% dei tumori del distretto testa/collo. Questi ultimi sono tra quelli che più di altri beneficiano del vantaggio di una terapia con fasci di ioni Carbonio. Il trattamento dei tumori più profondi invece potrà essere eseguito utilizzando i fasci di protoni da 250MeV che sono in grado di penetrare oltre 370mm di acqua. Questo studio di fattibilità è stato una naturale evoluzione per il gruppo proponente, che ha partecipato alla costruzione e al *commissioning* del ciclotrone k800 dei LNS, e ha anche realizzato il progetto CATANA.

Recentemente l'INFN ha firmato un accordo di trasferimento tecnologico con la ditta IBA, una compagnia Belga specializzata nella strumentazione per la cura dei tumori, per la realizzazione di un ciclotrone commerciale in grado di fornire sia ioni Carbonio sia protoni. Questo accordo permetterà all'INFN di accelerare la commercializzazione del proprio *know-how* nel campo dei ciclotroni superconduttivi per la terapia dei tumori.

In particolare, questo accordo prevede che se nel prossimo futuro la IBA firmerà un contratto per la costruzione di un ciclotrone del tipo proposto dall'INFN, l'Ente avrà l'onere di effettuarne la progettazione esecutiva, seguirne la costruzione ed assicurare il *commissioning* dell'acceleratore. Il tempo totale per lo sviluppo, la realizzazione e il *commissioning* della macchina è previsto di 4 anni. Per assolvere questi impegni l'INFN

utilizzerà sia personale (Tecnici e Ricercatori) già in organico, sia giovani Fisici/Ingegneri formati negli ultimi anni.

### **3.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA**

Nei prossimi mesi verranno pubblicati i primi call relativi al VII PQ e l'INFN si sta attivando per coglierne le più numerose opportunità. Infatti il VII PQ, pur essendo ancora molto polarizzato verso la ricerca applicata, presenta alcune novità rispetto al precedente, tra cui il finanziamento della ricerca di base attraverso un Consiglio Europeo della Ricerca (ERC) e il finanziamento dedicato alla costruzione di nuove infrastrutture di ricerca di valenza europea. Il VII PQ ha una durata di 7 anni e un finanziamento di circa 50 miliardi di euro da confrontarsi con i circa 18 miliardi del VI PQ di durata quadriennale.

### **3.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE**

Per il 2007, la situazione continua a presentarsi molto difficile a causa non solo degli effetti dei provvedimenti governativi adottati negli ultimi anni riguardanti limitazioni di alcune tipologie di spesa inerenti anche quelle riferite al personale, ma anche a causa della drastica ulteriore riduzione del contributo dello Stato e delle seguenti restrizioni:

- a) con D.M. 28 novembre 2006, n. 2532 Ric, il MUR ha definito il piano di riparto del fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di ricerca per l'anno 2006 e ha dato indicazioni per gli esercizi 2007 e 2008. L'INFN può disporre per il 2006 di un contributo erariale di 272,0 milioni di euro, mentre per gli anni 2007 e 2008, ai fini dell'elaborazione dei rispettivi bilanci di previsione, è da considerare il 95% dell'assegnazione 2006. In pratica, per il 2007 si deve considerare un'assegnazione iniziale di 258,4 milioni di euro;
- b) la legge finanziaria, attualmente all'esame del Parlamento, oltre a confermare le limitazioni e le riduzioni di alcune tipologie di spesa, già in vigore nel corrente anno, potrebbe comportare una consistente riduzione del fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di ricerca con pesanti conseguenze negative nei finanziamenti da attribuire nel 2007 ai singoli enti.

L'effetto dei vari provvedimenti suddetti costituisce certamente un risparmio per la finanza pubblica, ma al prezzo di non garantire il funzionamento dei grandi impianti di ricerca dei Laboratori Nazionali, di un forzato rallentamento delle attività scientifiche programmate e di non far partire alcuna nuova iniziativa di ricerca. Il rischio di perdita di competitività internazionale, che finora ha visto l'INFN tra i primi in Europa e nel mondo, è serio e merita una diversa considerazione.

L'INFN, infine, completata la fase di collaudo del nuovo sistema informativo che consentirà di adeguare la contabilità e il bilancio ai principi, contenuti del d.P.R. n. 97/2003, basati su rilevazioni analitiche per centri di costo, in coerenza con le specifiche esigenze operative e gestionali delle attività scientifiche, sta provvedendo ora ai necessari aggiustamenti e adeguamenti tenuto conto della complessità della struttura organizzativa dell'Ente, prima di dare attuazione delle nuove procedure informatiche.

Nel seguito viene riportato il profilo di spesa previsto per il triennio 2007-2009.

**PROFILO DI SPESA 2007-2009**  
(in milioni di Euro)

	2007	2008	2009
<b>ATTIVITÀ DI RICERCA</b>			
Fisica Subnucleare	24,6	26,6	28,6
ELN	0,1	0,1	0,1
Nuove Tecniche di Accelerazione	2,0	2,2	2,5
SPARC	0,8	0,8	0,8
Fisica Astroparticellare	15,8	17,8	19,6
Fisica Nucleare	12,2	13,4	14,5
EXCYT	0,3	0,3	0,3
SPES	0,1	0,1	0,1
Fisica Teorica	3,0	3,6	4,2
APE	0,1	0,1	0,1
Ricerche Tecnologiche	4,2	5,0	6,0
GRID	1,0	1,0	1,0
Servizio Calcolo e Reti	7,3	7,5	7,7
Diffusione cultura e innovazione	0,5	0,5	0,5
<i>Totale Ricerca</i>	72,0	79,0	86,0
<b>FUNZIONAMENTO STRUTTURE</b>			
LNF	11,9	12,9	13,7
LNGS	8,1	8,9	9,6
LNL	7,7	8,5	9,0
LNS	7,2	8,0	8,5
Sezioni e Gruppi Collegati	12,6	13,0	14,0
CNAF	1,7	2,2	2,7
Organi Direttivi e Strutture Centrali	2,3	2,5	3,0
Fondi Centrali	7,5	7,5	8,0
Partecipazioni a Consorzi	6,0	6,5	6,5
<i>Totale Funzionamento Strutture</i>	65,0	70,0	75,0
<b>PERSONALE</b>	142,0	149,0	154,0
<b>TOTALE GENERALE</b>	<b>279,0</b>	<b>298,0</b>	<b>315,0</b>





# APPENDICE



## **A.1 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

### **GENERALITÀ**

L'Istituto, persona giuridica pubblica, è ente nazionale di ricerca, con autonomia scientifica, ordinamentale, organizzativa, patrimoniale e contabile in conformità alla legge 168 del 1989, al decreto legislativo 204 del 1998 e al decreto legislativo 127 del 2003.

L'adeguamento dell'INFN al rinnovato sistema della ricerca pubblica è avvenuto attraverso i provvedimenti normativi generali senza che sia stata necessaria una specifica disposizione per il suo riassetto.

Com'è noto, la legge 137 del 2002 ha delegato il Governo a riordinare ed aggregare gli enti pubblici di ricerca. In sua applicazione sono stati emanati decreti concernenti il CNR, l'ASI, l'ENEA e l'INAF. In particolare l'atto riguardante il CNR contiene, all'art. 22, comma 8, un elenco di norme che trovano applicazione verso tutti gli enti di ricerca vigilati dal MIUR, quindi anche presso l'INFN.

Gli ambiti, per i quali i principi normativi sono i medesimi, sono: la promozione a fini produttivi e di trasferimento tecnologico dei risultati della ricerca; la formazione dei ricercatori italiani; le attività di consulenza tecnico-scientifica alle PP.AA.; la fornitura di servizi a terzi; l'operare sulla base di piani triennali di attività, aggiornati per scorrimento annuale e comprendenti la determinazione del fabbisogno di personale; gli strumenti operativi (accordi e convenzioni); le partecipazioni anche in imprese; costituzione di centri di ricerca internazionali; il commissionare attività di ricerca all'esterno; il dotarsi di propri regolamenti in coerenza con le procedure e le modalità di cui all'art. 8 della citata legge 168; le norme sul personale (ivi compresa la chiamata diretta del 3% dei ricercatori, riservata a soggetti di altissima qualificazione); la reciproca mobilità del personale dell'università e degli enti pubblici di ricerca; la trasmissione al MIUR dei preventivi e consuntivi annuali.

### **IL REGOLAMENTO GENERALE E I REGOLAMENTI INTERNI**

Il regolamento generale dell'INFN, a valenza statutaria, attualmente vigente è quello pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, serie generale, n. 48 del 27 febbraio 2001, suppl. ordinario.

L'atto individua i principi generali che disciplinano l'Istituto (natura giuridica, funzioni, personale, programmazione, fonti di finanziamento, bilancio, controlli interni) e dispone in ordine agli Organi e alle Strutture.

Di seguito al richiamato Regolamento Generale sono stati emanati i seguenti regolamenti di settore:

1. *regolamento generale delle Strutture;*
2. *regolamento di amministrazione, finanza e contabilità;*
3. *regolamento per l'attribuzione degli incarichi di ricerca e di collaborazione;*
4. *regolamento recante le norme sui concorsi per l'assunzione di personale;*
5. *regolamento per le associazioni alle attività scientifiche dell'Istituto.*
6. *regolamento del trattamento dei dati sensibili e giudiziari;*
7. *regolamento per la valorizzazione, lo sviluppo e l'applicazione delle conoscenze dell'Istituto.*

## IL FINANZIAMENTO PUBBLICO

Dal 2002 il MIUR ha assunto un ruolo strategico centrale in tema di risorse finanziarie, non solo per l'INFN, ma per tutti gli enti di ricerca afferenti allo stesso Ministero. Tale ruolo viene svolto attraverso l'annuale ripartizione del fondo ordinario per le istituzioni di ricerca, iscritto nel bilancio del Dicastero nell'ammontare complessivo che deriva dalle decisioni assunte dal Governo e dal Parlamento in sede di definizione della legge finanziaria annuale.

Le procedure per la ripartizione del fondo sono contenute nel decreto legislativo 204 del 1998.

Va anche ricordato in questa sede che, nel periodo più recente, sono state emanate disposizioni legislative e direttive governative che incidono sull'utilizzo dei fondi disponibili per scopi particolari o in sede di pagamenti. Oltre ai limiti alle erogazioni per cassa, vanno segnalati i vincoli ed i tetti alle spese per il personale, specialmente per quello a tempo determinato e per gli acquisti di beni e servizi.

## LE DISPOSIZIONI LEGISLATIVE GENERALI

La natura pubblica dell'Istituto, l'impiego di risorse umane e in generale il fatto di essere inseriti nella realtà giuridica del Paese, comportano l'obbligo di attenersi: ai principi sulla trasparenza e sui tempi certi dei procedimenti amministrativi (legge 241 del 1990); all'ordinamento del lavoro alle dipendenze delle amministrazioni pubbliche (decreto legislativo 165 del 2001); alla tutela dei dati personali (decreto legislativo 196 del 2003); alla

cura della sicurezza dei luoghi di lavoro (decreto legislativo 626 del 1994); al controllo della Corte dei Conti (legge 20 del 1994); alle speciali regole in materia di lavori pubblici (legge 109 del 1994); nonché a tutte quelle altre disposizioni generali che riguardano i singoli settori interessati dalle attività dell'Ente.

## **VALUTAZIONE CVI**

A partire dal 1997 e con periodicità annua, l'INFN sottopone la propria attività allo scrutinio di un Comitato di Valutazione Interno (CVI) a composizione internazionale, che si riunisce di consueto ai primi di luglio per elaborare un documento al riguardo. Nella riunione il CVI esamina e discute le relazioni del Presidente, della Giunta Esecutiva, dei Presidenti delle Commissioni Scientifiche Nazionali, dei Direttori dei Laboratori Nazionali, e dei cinque Gruppi di Lavoro sulla Valutazione (GLV) della ricerca (uno per linea scientifica dell'Ente), costituiti a partire dall'anno 2000 per istruire il processo di autovalutazione secondo i criteri raccomandati dal CIVR (*Comitato di Indirizzo per la Valutazione della Ricerca*).

I GLV, in stretto contatto coi Presidenti delle Commissioni Scientifiche Nazionali e con la Giunta Esecutiva dell'Istituto

- hanno elaborato e presentato al CVI (2001) un primo esercizio di valutazione dell'attività di produzione scientifica e successivamente (2002) una relazione parziale sull'impatto socioeconomico e interdisciplinare della ricerca INFN;
- hanno messo a punto nel 2003 e discusso col CVI gli adempimenti resi necessari dalle prescrizioni del CIVR per la partecipazione al primo esercizio di Valutazione Triennale della Ricerca (VTR);
- hanno provveduto nel corso del 2004
  - alla selezione dei prodotti della ricerca da sottoporre al Panel di Area (660, in ragione del 50% del numero medio complessivo dei ricercatori della struttura riferito al triennio ed espresso in ETP); alla raccolta delle corrispondenti schede descrittive, che sono state validate dal CVI e inoltrate al CIVR nel mese di settembre 2004;
  - alla messa a punto delle relazioni triennali sull'attività scientifica e sull'impatto socioeconomico e interdisciplinare dell'Istituto, che sono state presentate e discusse col CVI nel secondo Meeting del 2004, tenutosi alla fine del mese di novembre;
- hanno provveduto nel corso del 2005 alla valutazione dell'attività scientifica dell'Ente del 2004;

- hanno provveduto nel corso del 2006 alla valutazione dell'attività scientifica dell'Ente del 2005.

Il CVI ha concluso che le procedure adottate permettono di formulare una visione realistica dell'effettiva qualità del lavoro e dei risultati che esso ha prodotto.

L'attività dei GLV proseguirà nel triennio 2007-2009, rinforzata dall'esperienza acquisita e con ricorso crescente ai *database* messi a punto in occasione del primo esercizio di VTR.

## **A.2 INFN INTERNAL REVIEW COMMITTEE (CVI) REPORT, 2006**



# INFN CVI Report 2006

Conclusions of the CVI Meeting on 17-18 July 2006

## CVI Panel:

**U. Bassler, LNPHE, France;**  
**E. Fernandez, IFAE, Spain;**  
**B. Ferrario, SAES Getters S.p.A., Italy;**  
**F. Iachello, Yale U., USA;**  
**J. Iliopoulos, EPTENS, France;**  
**H. E. Montgomery, FNAL, USA;**  
**R. Paladini, University Roma La Sapienza, Italy;**  
**G. Veneziano, CERN, Switzerland;**  
**A. Wagner, DESY, Germany (Chair)**

22 September 2006

## Executive Summary

The CVI met on 17-18 July 2006 in order to evaluate the INFN activities in 2005, both scientific and technical. It heard presentations covering the full range of activities of INFN including the results of the studies about the future road map, and the situation with respect to resources. A special emphasis was put on the socio-economical impact. Before the meeting a comprehensive report on this aspect was distributed to the committee.

The CVI came to the conclusion that in terms of international visibility and impact the scientific programme of INFN is outstanding on a world scale and in terms of internal organisation INFN has achieved a very good balance between resources for research, operation and personnel. On the other hand CVI is severely concerned about the budget situation, especially in the personnel sector, and the problems related with providing young researchers an employment perspective.

A major new element of the review was the road map of INFN which was prepared in an INFN-wide process to survey the current scientific program, to evaluate future projects with respect to their international relevance, to balance activities at the national laboratories with those outside Italy, and to assess the INFN perspective for European road maps. The CVI was very pleased by the process by which the road map had been established and by its present status.

Concerning the different research areas the CVI concluded:

*Sub-nuclear Physics with Accelerators (CSN 1):* The present program is extremely strong and very productive. INFN is engaged in three programs across the world, BaBar at the B-Factory at SLAC, CDF at the Tevatron at Fermilab and ZEUS at HERA, DESY, which are coming to an end soon. The core for the future programs, with ATLAS, CMS and LHC-B at LHC, CERN, is assured. Therefore CSN 1 is entering a period of transformation and INFN management will need to remain attentive to this evolution and the longer term perspectives.

*Astroparticle and Neutrino Physics (CSN 2):* This program is one of the largest inside INFN, which has traditionally maintained a strong presence in this area, in particular with the existence of the Gran Sasso National Laboratory (LNGS). This has allowed Italy to lead the field worldwide in several subjects. CSN 2 is carrying out an extensive program of high scientific value, with some experiments leading the field world-wide. The program is sound and should be vigorously pursued. There is some room for consolidation by concentrating the activities in a smaller number of experiments.

*Nuclear Physics (CSN 3):* The program covers a variety of subjects, ranging from the study of the structure of hadrons to matter at high density (ALICE at

LHC, CERN). Its overall assessment ranges from very good to excellent. The program compares well with similar programs in other European countries (most notably, France and Germany), in the USA and Japan. Its embedding within the European framework is good. Its future appears to be well delineated. Its goals, as expressed in the 2006 roadmap, are appropriate and reachable.

*Theoretical Physics (CSN 4):* The program covers all the main lines of interest in today's theoretical particle and nuclear physics with an additional important expansion into specific areas of statistical physics. There is a good balance in the number of INFN researchers in these different areas and interactions across them are satisfactory. The program maintains a high profile, both within INFN activities and internationally, producing a research output at the highest level. The CVI took special notice of the successful opening of the INFN-sponsored *Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics (GGI)*, located in Arcetri (Florence), which will attract leading scientist from around the world to Italy to work on topical theoretical issues.

*Technological and Interdisciplinary Research (CSN 5):* The program has an important social and economical impact by pursuing not only highly scientific activities but also by implementing socially beneficial projects, by stimulating high tech competences at companies supplying products for the technically demanding INFN facilities and by developing projects and know-how which companies can try and exploit to develop new products for the market.

The CVI received an in-depth study on the socio-economic and interdisciplinary impact of the 2005 INFN activities in the areas of cultural effects (training and dissemination), highlights of interdisciplinary infrastructure and technology development, the interaction with industry and its impact (using a macro-economic model), and a national and international comparison of INFN scientific productivity. CVI was impressed by the strong position of INFN in all these areas. The CVI would like to point out, however, that the monitoring of scientific productivity through bibliometric analysis can only partially reflect the true scientific impact and should mainly be used to complement peer reviews.

The severe budget reduction in the research sector as the result of an effective budget increase in the personnel sector creates a very difficult situation for INFN, for the following reason: The increase in the spending on personnel at the expense of research funding jeopardizes the scientific exploitation of the investments made in the past and would endanger the preparation of future scientific involvements. This is the area of greatest concern for INFN.

The CVI would therefore like to encourage the INFN President to take all possible steps to ease the present critical situation by finding ways to recover in full its research budget. The CVI was informed that for universities in Italy a solution has been found for the same problem. Due to its very close collaboration with many Italian universities and its own substantial engagement in graduate education INFN should, in the view of the CVI, be treated in a similar way as universities.

The CVI recommends that INFN should not reduce the personnel budget by stopping new recruitment. On the contrary, it should be able to hire young people who are essential for the future of the organization.

The CVI expresses its appreciation of the excellent leadership of the President and the directorate.

The CVI would like to encourage the INFN Executive Board and the Scientific Committees:

- To further sharpen the road maps for INFN as a whole, the National Laboratories and the Scientific programmes,
- To analyse the long-term role of national labs,
- To develop a better understanding of the relative balance between national and international projects,
- To develop a strategy on how to deal with the present budget constraints,
- To develop criteria to help the Scientific Committees in assigning appropriate priorities to projects.

The CVI recognises that these considerations have to take into account the present uncertainty in the future budgets.

## Status and achievements of the INFN

### The 2006 INFN Plan and Road Map

In his presentation the President focused less on a “running” three years plan, which focuses mainly on the next year, but on the road map of INFN to survey the current scientific program, to evaluate future projects with respect to their international relevance, to balance activities at national labs with those outside Italy, and to assess the INFN perspective for European road maps. As such a road map can only be discussed with a clear understanding of the available resources, the President presented the status of the resources, both in personnel and in budget.

The President outlined the elements of the road map while deferring the details to the presentations from the individual scientific committees. The road map process was guided by the chairs of the Scientific Committees, the directors of the National Laboratories and CNAF.

In short, the road maps of the different committees contain the following key elements:

- Particle Physics (CSN1): LHC and reservation of an adequate diversity (e+ e- collider at LNF (after-DAΦNE), SuperB project and innovative ideas for high luminosity colliders, fixed target: PS++ (kaon physics, superbeams), ILC,
- Astroparticle- and Neutrino Physics (CSN2): A new generation of experiments ( Borexino, Opera, T600, Virgo-single experiment, Gerda,Warp, Auger, Argo, Pamela, AMS), and a new generation of investments (Multi-ton liquid argon, Nemo, Cuore, One-Ton dark matter, Virgo+),
- Nuclear Physics (CSN3): Consolidation of the Italian role in Alice , radioactive ions as a probe for new unstable nuclear matter( LNS and LNL), detector developments ( Agata), physics at GSI, and keep the excellence in nuclear astrophysics,
- Theoretical Physics (CSN4): Improve communications in the community making use of the Galileo Galilei Institute, keep the role of theoretical simulations in developing dedicated supercomputers such as ApeNEXT, increase the attention to phenomenological studies with direct connection to experimental INFN programs,
- Interdisciplinary Research (CSN5): Picture Archiving and Communication System with grid tools, hadron-therapy, dosimetry, and cultural heritage.

Concerning the role of the National Laboratories the elements of the road map are:

- All Italian initiatives with an international impact rely on the national laboratories of INFN.
- Major activities foreseen at the four laboratories are: Nemo (LNS), Spes (LNL), Cryogenic detectors (LNGS), e+e- (LNF),
- Develop a truly international character for the laboratories.

Another element of the road map is a major new tool for science, Grid, a high power computing network, which has been developed in many countries, triggered by the needs of the LHC experiments. This initiative is supported by INFN through a Tier 1 centre in Bologna and by establishing links to other fields of science.

The INFN road map has been developed with input from other road maps for astroparticle physics (ApPEC), nuclear physics (NUPECC), particle physics (ECFA and Cern Council).

INFN has started a new strategic project: “New Techniques of Acceleration”. This project includes activities such as R&D for the International Linear Collider and the CLIC Test Facility 3, the development of high brilliance particle beams with high power laser beams, of pulsed dipoles at large duty cycle, of high intensity proton accelerators, and LHC halo cleaning with Crystal Channeling.

CVI considers the strengthening of accelerator R&D as a very high priority and an essential element of the mission of INFN. The available resources however are considered not adequate for future developments.

In the past year INFN has established or completed some new infrastructure measures: Milano Bicocca, the Galileo Galilei Institute in Florence, and the supercomputing laboratory in Rome. The Tier 1 centre in Bologna became operational and progress has been made in establishing a digital administration.

The CIVR review has resulted in a very good rating for INFN. However, CVI would like to point out that numerical evaluations as the one performed in the review have their know limitations and can only complement the established peer review. Also, evaluation after three years may miss the appropriate relevance of individual publications.

Finally, INFN was very active and successful in its dissemination and outreach activities, as can be seen from the review submitted by INFN working group GVI to this meeting.

## **Experimental sub-nuclear physics with accelerators-CSN 1**

INFN is engaged in three strong ongoing experimental programs across the world. The BaBar experiment is mounted at the PEP-II B-Factory at SLAC; CDF is one of two experiments at the Tevatron at Fermilab and ZEUS is one of the experiments at HERA, DESY. These programs have all enjoyed very successful years with all the accelerators reaching record luminosities. The experiments have also been very productive. ZEUS will end in 2007 and the continuation of BaBar and CDF through at least the end of 2008 is assured. At the end of 2008, it is likely that the BaBar experiment will complete its data taking and, in 2007, the Tevatron program will be reviewed to determine its future beyond 2008.

The CSN 1 leadership classifies the determinations of the mixing angles of the CKM matrix as being one of the three most important pieces of work by members of the committee. Overall, the results from BaBar are numerous and of very high quality. In general, they have maintained a competitive edge with respect to the Belle experiment at KEK-B in Japan. BaBar is operating well and the analysis strength of the experiment continues to be strong.

Another "top three" result is adjudged by CSN 1 to be the determination of the mixing parameter in the  $B_c$  system by CDF. This experiment has enjoyed high luminosity from good Tevatron running during the past year and is now set for high luminosity exploration of the energy frontier. Among the numerous papers, we also find progress in the search for the Higgs particle and the determination of the top mass, one of the key parameters in the electroweak breaking sector. Again, the work is top class and the contributions of the Italian groups are crucial in many areas. The progress on the b physics measurements depends directly on the displaced vertex trigger developed by INFN.

CSN 1 awarded a clean sweep to its flavor program by citing the determination of  $V_{US}$ , one of the elements of the CKM matrix as its top result of the year. This comes from the KLOE experiment at the DAΦNE collider at LNF. KLOE completed its data taking this year. Apart from the cited result KLOE made several important contributions to the understanding of flavor physics. This sector also benefited from the continuing production of results from the NA48 experiment at CERN, which completed data taking some time ago.

The major experiments, ATLAS and CMS, under preparation for the LHC at CERN have made major advances during the past year. There is also a participation in LHC-B. At this stage the construction schedules of the experiments and the machine are all tight but some collisions during 2007 still seem possible. The Italian responsibilities appear to be in relatively good shape. It is also our understanding that preparations for analysis and physics are advancing. The development of the Tier 1 center in Bologna is well advanced and will undergo an infrastructure improvement next year. Progress is now being made in awarding Tier 2 sites. Further, several Italian

physicists are prominent in the computing and software leadership of the experiments.

Currently, CSN 1 sponsors relatively few medium to small enterprises. The COMPASS experiment at CERN has now started to produce results although many are preliminary. COMPASS is expected to run with hadron beams in the future. The MEG experiment at PSI, Switzerland will come online soon and will run until about 2010. The future of the P326 continuation of the CERN (charged) kaon program is not yet assured.

There is work in preparation for the anticipated International Linear Collider and the LHC luminosity upgrade. However, INFN is also examining the potential and feasibility of new flavor physics initiatives. One possibility is a renovation of DAΦNE to produce dramatic increases in luminosity; a second is the participation in an international effort to produce a Super-B factory. Again the key is luminosity.

The present CSN 1 program is extremely strong and very productive. The core for the future, with ATLAS, CMS and LHC-B is assured. However the experiments ZEUS, BaBAR, and CDF, which are currently planned to end in 2007, 2008, and 2009 respectively, together represent 25% of the program. It is clear that we are entering a period of transformation and INFN management will need to remain attentive to this evolution.

## **Experimental Astroparticle and Neutrino Physics-CSN 2**

The area of Neutrino and Astroparticle Physics is one of the largest inside INFN, with 915 participants (658 FTE), of which 233 are INFN staff. It is an area that has grown appreciably during the last few years and one in which the INFN has traditionally maintained a strong presence, in particular with the existence of the Gran Sasso National Laboratory (LNGS). This has allowed Italy to lead the field in several subjects. The activities are classified in six main lines:

*Neutrino Physics:* The main focus in neutrino physics worldwide is the precise measurement of the neutrino oscillation parameters. Early INFN-led experiments done at LNGS, MACRO and GALEX (followed by GNO), contributed significantly to this subject, in atmospheric and solar neutrinos respectively. The recent confirmation of atmospheric oscillations with the accelerator neutrino experiment, K2K had also INFN participants. The largest effort of CSN2 at present is the CNGS (CERN to Gran Sasso) neutrino project, aiming at the explicit detection of the oscillation of muon to tau neutrinos in a neutrino beam produced at CERN and studied at the OPERA and ICARUS detectors located at the Gran Sasso. This program will start this year (2006) and should continue for at least five more years. ICARUS is pioneering the use of the Liquid Argon TPC technique which could be the basis of future large experiments. In solar neutrinos, the BOREXINO experiment at the Gran



Sasso is aiming at the study of the particularly interesting Berilium-7 neutrinos. The next generation of experiments will be devoted to the measurement of the mixing parameter  $\theta_{13}$ , for which only an upper limit is known at present. There are INFN researches interested in the two major projects at accelerators being prepared: the already approved T2K project in Japan and the proposed Nova experiment in the US. A decision to participate in these experiments has not yet been taken. The LVD detector, also at the Gran Sasso, is aimed at detecting Supernova neutrinos and has been operational for several years.

*Rare Processes:* Under this label there are three main areas:

(a) Neutrinoless Double Beta Decay. One of the major future experiments in neutrinoless double-beta decay is CUORE at the LNGS lead by INFN physicists, which will have the largest instrumented mass in the world, with 741 kg of  $\text{TeO}_2$  crystals. Its predecessor, COURICINO, is presently taking data. Another major future experiment, GERDA, is also proposed for the LNGS and has been approved for phase-1. It will check the claimed positive detection in the Heidelberg-Moscow experiment, since it uses the same Germanium-76 isotope. A second phase of this experiment is also being proposed. These experiments can also search for dark matter (see below).

(b) Direct Dark Matter Searches. These experiments try to observe nuclear recoils induced by the interaction with the target material of putative dark matter particles. An experiment at the LNGS, DAMA, led by INFN scientists, has claimed a positive observation. The experiment detects an annual modulation of the signal, which is a distinctive feature of interactions with dark matter particles present in the galactic halo as the Earth rotates around the Sun. The DAMA result is certainly intriguing, and given its importance should be independently confirmed by another experiment. A new experiment, LIBRA, has started running in 2003. An innovative technique for searching for dark matter, based in Liquid Argon, is that of the WARP experiment, also led by INFN scientists. A small prototype of WARP has already produced competitive preliminary results.

(c) Measurement of the neutrino mass in ordinary beta decay. Two experiments at LNGS, MANU2 and Mi-Beta, use a bolometric technique to measure the neutrino mass. The two groups have prepared a joint proposal for a new experiment named MARE, aiming at a neutrino mass sensitivity of the order of  $1 \text{ eV}/c^2$ .

*Cosmic Rays on Earth and Cosmic Rays in Space:* There are many experiments in this area, addressing a number of issues. ARGO (ground array in Tibet) and CREAM (balloon experiment in collaboration with NASA) study the chemical composition. AMS (planned for the Space Station) and PAMELA (recently launched satellite) look for antimatter in space. AUGER (ground array in Argentina) studies the highest energy cosmic rays. MAGIC (Cherenkov telescope in the Canary Islands), AGILE (small satellite), GLAST (major

satellite in collaboration with NASA) study, together with ARGO, the non thermal cosmic gamma rays. ANTARES and NEMO (underwater experiments) study the highest energy cosmic neutrinos.

*Gravitational Waves:* Italy hosts one of the major experiments in the world in this area, the VIRGO interferometer located near Pisa. There are also several resonant antennas, namely AURIGA and ROG, taking data, and DUAL, aiming for a demonstrator in 2008. There is also involvement in the LISA Pathfinder mission of ESA, a demonstrator for LISA, a giant interferometer in space, and R&D on the thermo-acoustic detection of cosmic rays in a superconducting bar, motivated by some anomalous signals seen in the Nautilus detector.

*General physics:* This category includes a number of experiments on fundamental physics such as the test of the equivalent principle (Galileo Galilei on the Ground, running), the measurement of G and of Newton's law at short distances (MAGIA, running) the dynamical Casimir effect (MIR, in R&D phase) and the study of QED vacuum polarization (PVLAS). This last experiment, PVLAS, aims at measuring the change in polarization when linearly polarized light from a laser passes through a magnetic field. A positive signal has been reported that can be interpreted as induced by the presence of an axion. The report is very recent and the experiment is trying to observe other possible confirmation signals.

The program of CSN2 is clearly very extensive and of high scientific value, with some experiments which are at the forefront of the field in the world. Some consolidation may be necessary in some areas. In this respect the INFN should look at the road maps being elaborated at present in various regions of the world, with a view towards a concentration of the efforts on a smaller number of experiments.

### **Experimental nuclear physics-CSN 3**

The INFN research program in experimental nuclear physics covers a variety of subjects that can be classified into four areas: (i) Structure and dynamics of hadrons; (ii) Structure and dynamics of nuclei; (iii) Matter at high density and temperature; (iv) Nuclear astrophysics.

*Structure and dynamics of hadrons.* This program includes experiments both at external facilities and at LNF and is of high quality. Among the important results obtained in 2005 particularly noteworthy are: the null contribution of strange quarks to the spin of the nucleon (HERMES at HERA) and the observation of a resonance with mass  $2255 \pm 9$  MeV, presumably a weakly bound state of a K meson and two protons (FINUDA at LNF). The medium term and long term programs appear to be well thought out: for medium term, the measurement of the time-like nucleon form factors at LNF is of particular importance (DANTE at LNF-DANAÉ); for long term, the study of

gluonic excitation in hadrons and high-resolution spectroscopy of charmonium are two important aspects of hadronic structure that need to be elucidated (PANDA at GSI-FAIR). The medium term program strongly relies on the development of an upgraded facility at LNF, with higher luminosity and energy. The development of this facility is also of importance for maintaining a good balance between outside and local activities.

*Structure and dynamics of nuclei.* This part of the program is concentrated at the National Laboratories LNL and LNS. It is also of high quality. Among the particularly noteworthy results of 2005 are the measurement of thermal fluctuations in nuclei as observed from the width of dipole vibrations (NUCLEX at LNL) and the study of the isospin dependence of the equation of state of nuclear matter (ISOSPIN at LNS). The programs of both LNL and LNS are at the forefront of research in their respective fields of nuclear structure and nuclear dynamics. Other highlights of 2005-2006 are the completion of the PIAVE project at LNL and the successful extraction of a  $^8\text{Li}$  beam from the cyclotron-tandem complex at LNS (EXCYT project). The medium and long-term programs require further developments of the facilities at LNL and LNS. The SPES project appears to be a very good development plan for LNL. Maintaining strength in this area at LNS would require an upgrade of EXCYT. In view of the successful extraction of a radioactive beam at LNS, the upgrade appears feasible. Integration of this area of research into the European framework is already in place (GANIL-LNL collaboration), and it could be further enhanced with collaborative programs with GSI.

*Matter at high density and temperature.* This program addresses a problem of current interest: whether or not phase transitions to different forms of matter occur at high density and/or temperature, in particular a transition to a deconfined phase of quarks and gluons. A result of great importance was reported on the anomalous suppression of  $J/\psi$ , pointing to incipient deconfinement at SPS energy (IPER at CERN). This result was obtained from an analysis of experiment NA60 at CERN. The main thrust of the program is, however, the construction of a detector (ALICE at CERN). The discovery potential of this program is very high. A scientific evaluation of this program will be possible only after the first run of the experiment, expected for 2008. Future developments in this area need to wait until data taking.

*Nuclear astrophysics.* This is a small program carried out at LNGS and LNS. It is of excellent quality. Results of interest in 2005-2006 were those obtained at LNS on reactions of astrophysical interest, most notably  $^9\text{Be}(p,\alpha)^6\text{Li}$ . The results were obtained with an indirect method, potentially of great importance (AFIN2 at LNS). Future plans for development of this area at LNGS are very good (new accelerator for LUNA). Developments at LNS require a second generation of radioactive beam facility (EXCYT-2).

The overall assessment of this program ranges from very good to excellent.

The program compares well with similar programs in other European countries (most notably, France and Germany), in the USA and Japan. Its congruence within the European framework is good. Its future appears to be well delineated. Its goals, as expressed in the 2006 roadmap: (i) consolidate the Italian role in ALICE at CERN, (ii) develop radioactive beam facilities as a probe of unstable nuclear matter, (iii) establish an Italian role in FAIR at GSI, (iv) keep the excellence in nuclear astrophysics, are both appropriate and reachable.

#### **Theoretical physics-CSN 4**

The activities of CSN IV basically cover all the main lines of interest in today's theoretical particle and nuclear physics with an additional important ramification into specific areas of statistical physics. There is a good balance in the number of INFN researchers in these different areas and interactions across them appear to be satisfactory, in spite of the inevitable specialization of each subfield. Some comments on each one of the six "Iniziativa Specifiche (IS)" of CSN-IV follow:

*Quantum Field Theory and Strings* maintains its high profile within INFN activities. While considered of little interest to phenomenology and experiments until a few years ago, string theory has lately inspired new ideas of direct relevance for both accelerator and astro/cosmo particle physics, like modifications of gravity at short distance, signatures from the possible existence of extra dimensions, varying fundamental constants, and new cosmological models. String theory has also brought new tools (e.g. via the AdS/CFT correspondence) for studying non-perturbatively a large class of supersymmetric gauge theories while efforts are being made to extend these tools to theories of more direct physical interest, such as QCD. If successful such a line of research would complement nicely the lattice approach that remains, so far, the most powerful way to study non-perturbative phenomena, such as confinement, chiral symmetry breaking, and phase transitions at high temperature/density. Lattice calculations are, in general, an important and successful line of research in CSN 4, a line that cuts across other branches of physics and is tightly connected to the special project APE (see below).

*Particle Phenomenology* is the other traditionally strong area of Italian theoretical physics, and has also continued to produce a stable research output at the highest international level. On one hand there is much activity on standard model predictions, both in QCD and in the electroweak sector. This work is essential in order to unravel from the standard model background any possible signature of new physics in the data that will soon come out of the LHC. In parallel, much effort goes into working out possible signatures of new physics in those same experiments. Areas of activity range

from perturbative QCD to neutrino physics, to supersymmetric extensions of the standard model, to alternative symmetry-breaking scenarios. There is also considerable high-quality work in extracting the basic parameters of the standard model (such as the CKM matrix) from lattice calculations (weak matrix elements, heavy-flavour parameters, signatures for the quark-gluon plasma). This group works in close contact with CSN I and plays an important role in the planning of future LHC experiments.

The *Nuclei and Nuclear matter* group, has continued successfully its traditional lines of research in Nuclear structure, Nuclear reactions, and Nuclear Astrophysics. This activity is tightly related to the experimental program in CSN 2. This subgroup of CSN 4 has further developed, with the new initiative RM31 lead by L. Maiani, its component addressing the physics of relativistic heavy-ion collisions and the search for the quark-gluon plasma in conjunction with the ALICE experimental program.

The share occupied by *Mathematical Methods* has been slowly shrinking, probably as a result of some migration towards the *String Theory* and the *Statistical Physics* components of CSN 4. Interesting topics belonging to this area of research include: non-commutative geometry and quantum groups, non-linear dynamics and integrable models, constrained systems, quantum information, foundations and interpretations of quantum mechanics.

The *Astro-particle and Cosmology* subgroup, after an initial fast growth, appears to have reached a steady state above a critical mass and to be progressing well. It covers a large spectrum of subjects, from more traditional astrophysical ones, like neutron stars and radiation sources, to conventional and unconventional models of inflation, to dark matter and dark energy. It also covers neutrino astrophysics, as well as gravitational-wave sources.

*Statistical physics and field theory* has grown recently through migration from the *String and Field Theory*, and the *Mathematical Methods* subgroups. It provides important bridges to other fields of theoretical physics, like those of complex systems, turbulence, biological systems, non-equilibrium statistical mechanics, and stochastic processes.

Besides the above IS, two more items related to CSN 4 are worth mentioning:

*ApeNEXT*, a special project of CSN 4, has completed its installation of 13 towers in Rome making 10 Tflops available at various locations within INFN but also in France and Germany. This order of magnitude increase in computing power should allow important progress on the particle physics questions mentioned before, as well as in other areas, such as turbulence, the physics of complex systems, and computational biophysics. It is making *ApeNEXT* the most powerful European-made dedicated Supercomputer, as well as an excellent example of technological transfer.

The INFN-sponsored *Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics* (GGI),

located in Arcetri (Florence) in a building provided by the University of Florence, held its Inaugural Conference in September 2005. The first workshop, "New directions beyond the standard model in field and string theory", took place from 2 May till 30 June 2006, with a very good national and international participation. An interesting programme, with four more workshops extending till the end of 2007, is already scheduled. While the main aim of the workshops remains making progress on hot theoretical issues, participation of doctoral students and post-docs should be further encouraged. The GGI should also play an important role in bringing different communities of theorists together and could provide some impact on society by organizing, in conjunction with some workshops, public conferences and/or seminars for high school teachers and students.

In conclusion, as shown by various numerical indicators, CSN 4 appears to follow a very promising course. The main problem on the horizon is the scarcity of openings for young Ph.D.s and post-docs. This problem is not INFN-specific: actually, for theorists, it is even more acute at the University level, traditionally a strong "absorber" of young Ph.D. theorists. If this problem would extend for too long, it could lead to a (partly already noticeable) dangerous brain drain of the excellent theorists that Italy is able to produce.

### **Technological and interdisciplinary research-CSN 5**

The specificity of CSN 5, in charge of the development of technologies for experimental particles, astroparticles and nuclear physics and of their application in other disciplines or in industry, lies in the variety of the projects managed. More than 100 projects of research and development are currently ongoing, which reflect the liveliness of this sector. These projects are rather short, generally with a lifespan of 2-3 years, involve about 5 FTE and have an average budget of 50k€ per project, even though variations on these numbers can be quite important depending on the nature of the R&D. The projects are divided in 3 categories: research and development for accelerators, detectors and interdisciplinary applications, with a roughly compatible budget between the three categories, respectively 25%, 40% and 35%. The projects undertaken are aimed at finding applications either within the proper research activities of INFN, for interdisciplinary use in academia or with institutional or industrial partners. The policy established by INFN to undertake interdisciplinary R&D only in collaboration with partners outside INFN clearly identified and well defined boundaries is the right way to prevent developments without responding to any demand.

INFN is pursuing its longstanding tradition of accelerator R&D, in particular at LNF. Even though like in many other countries, a special effort is made in this domain, the budget share has slightly decreased and among the three fields, accelerator R&D has currently the lowest share - yet accelerator R&D at INFN is also part of European initiatives and some parts are also funded

through the 6<sup>th</sup> PCRD. The projects in accelerator physics are well established parts of the international R&D efforts for ILC and CLIC in association with the development of FEL facilities (SPARC). These projects include activities with interesting technological impacts such as those related to the superconducting RF cavities with the deposition of superconducting Nb film by UHV arc techniques (in the frame of ARCO project). The INFN projects are essential and well recognized contributions within these programs. A particularly original development is the study of electron clouds around beams, which has led to a modification of the LHCb interaction region.

Another important area of very interesting and successful activities with high scientific and technological impact are related to the study and development of detectors of various types, in particular Si-based detectors among which, for example, a linear silicon detector with controlled drift as a novel concept of scatter detectors (COMPTON) or the development of fabrication techniques for 3D silicon wafers (TREDI).

One of the most visible areas of the CSN 5 activities outside INFN lies in the medical sector. INFN contributes with the development of detectors, computing support for image analysis and simulation (as, for example, in the case of MAGIC-5 project) and with accelerator developments. An industrial partnership for the SCENT superconducting cyclotron technology for medical applications has been concluded with IBA group in Belgium, which is an important step in the successful finalization of this project, in particular as the collaboration with ACCEL could not be pursued. It should also be underlined that the new patient treatment room outside LNS within the CATANA proton therapy center is now successfully operating. A very original development within CSN-V is HAPTIC, which tries to provide tactile stimuli from visual information for the blind. Close contact with related institution is crucial to provide the necessary feedback for this type of innovative project.

Other fields associated with a high social visibility are applications in the cultural heritage and the environmental sector. The recent development for the analysis of particulate material (PM) from existing (PIXE, PIGE) and new techniques (PESA) may have potentially a high economic impact and could allow to establish links with the automotive industry or other sectors concerned by particulate emissions. In the various fields of interdisciplinary applications, in particular in the medical, environmental and cultural heritage sector, possible financial support from the Italian regions could be further investigated.

In general, CSN 5 is therefore confirmed to be a section with an important social and economical impact by pursuing not only highly scientific activities but also by implementing socially beneficial projects, by stimulating high tech competences at companies supplying products for the technically demanding INFN facilities and by developing projects and know-how which companies

can try and exploit to develop new products for the market. In this view, all activities to further increase and strengthen contacts with industry either by technology transfer or insemination of young physicists from the field to work within industry are to be encouraged. Progress has been made to clarify questions of intellectual property, yet it is important to remain attentive in this area.

The overall budget of CSN 5 is rather small, compared to the other sections of INFN and the particular role of the national laboratories as incubators and supportive structures for the development of new and original ideas has to be stressed. It remains important to coordinate and prioritize different projects and to evaluate closely their perspectives, in particular if budget restrictions have to be applied in order to keep in CSN 5 a healthy balance of highly targeted projects and a playground to test new and original ideas.

### **Socio-Economic Impact**

A special emphasis was put on the socio-economical and interdisciplinary impact of the 2005 INFN scientific activities. Before the meeting a comprehensive report on this aspect was distributed to the CVI, prepared by dedicated INFN Working Group (GLV). The report analysed in a first part the impact of INFN research in training, dissemination of scientific culture, the development of frontier technologies and their interdisciplinary implications, including a quantitative analysis of the impact of INFN research on the national economy. In a second part a novel attempt was made to evaluate basic research in a quantitative way, by looking for and applying quantitative measures.

Based on the findings for the report CVI came to the conclusion that INFN is performing very well on an international scale in all the areas mentioned above: INFN plays a key role in Italy in physics education at all levels, is very successful in its programmes to bring science to the public, dedicates significant resources to developing frontier technologies and making them available for interdisciplinary research. The yield of INFN research on the national economy was analysed in four categories and showed the impressive effect of training of industrial companies by providing them with INFN expertise in high technology products. This study was complemented and quantified by a macro-economic model of INFN industrial impact. The report included a national and international comparison of the INFN scientific productivity.

CVI was impressed by the strong position of INFN in all these areas. The CVI would like to point out, however, that the monitoring of scientific productivity through bibliometric analysis can only partially reflect the true scientific impact and should mainly be used to complement peer reviews.



## Resource and Financial Management

Since 1997 INFN, like all the other Institutes of the Public Sector, is constrained by various limits, beginning with cash limits in 1997 and ending with staff limits; the main aspects of the legislation which apply to the over all research field are:

- the budget authorisation of the Institute is constrained by a cash limit so that a forced saving is imposed; the cash limits apply bimonthly (with possible derogations);
- operational expenses and temporary staff are limited and procurements are centralised by a public corporation;
- an increase in permanent staff is forbidden.

As was noted in previous reports (2003, 2004), past cash-flow limits imposed on the budget authorisation led to an increasing forced saving, which reached a peak of 130 millions of euro in 2002. Since that year the budget assignment is almost flat. A Ministry decree established a rate of increase of 2005 expenses of 4.5% with respect to 2003 and in October 2005 10% of the operational expenses (6.6 M€), and in July 2006 again 10% (6.2M€) have been frozen. Financial resources will remain fixed or decrease slightly for the next three years apart from resources available from special projects, which represent a percentage of around 5% of total resources. In 2006 the cushion of the forced saving, which has been used to finance some large projects producing payment on a multi-annual basis, will disappear, so that the budget assignment will be binding.

The change in total expenditures from 2003 to expected 2007 is described in the following table

	Operation	Personnel	Research
2004	24,9%	41,7%	33,4%
2005	24,8%	44,8%	30,4%
2006	24%	46,7%	29,3%
2007	22,2%	51,9%	25,9%

There is a clear trend: Personnel expenses have increased by ten percentage points, due to contractual renewals, operation expenses have decreased slightly, but research expenses have decreased strongly.

The CVI report of last year has pointed out that "INFN is conscious, and the committee is concerned, that in the long run, the scientific activity will be seriously endangered, if the financial laws continue to impose these restrictions". We have now to point out that the flat (or even decreasing)

trend of total financial resources in nominal terms, leads to nearly total cut for new projects, since they imply new and more expensive machinery. This jeopardises the ability of INFN of maintaining the high standard which rightly INFN has obtained so far. The chance for many Ph.D. and young post-docs to start a research work (for which they have been trained) will decrease. There is a real danger of wasting human capital which resulted of a long tradition in Italian teaching in physics.

### **Acknowledgment**

CVI would like to thank the President of INFN, the Executive Board, the chairs of the scientific sections and the speakers for the information and material provided for the review.

### **A.3 THE INFN ROADMAP**

The INFN roadmap moves from the main challenges that particle, astroparticle and nuclear physics will face in the coming decade and relies on the specific points of excellence that the Institute has created and consolidated over the years.

Concerning particle physics, the main challenges are represented by the understanding of the mass generation mechanism of all elementary particles. The standard description calls for new unseen elementary particles as source of the Fermi energy scale characterizing the weak interactions. The forthcoming accelerator at CERN, the LHC, will be dedicated to the exploration of the Fermi energy landscape and in particular to the possible manifestation of supersymmetry that may trade the

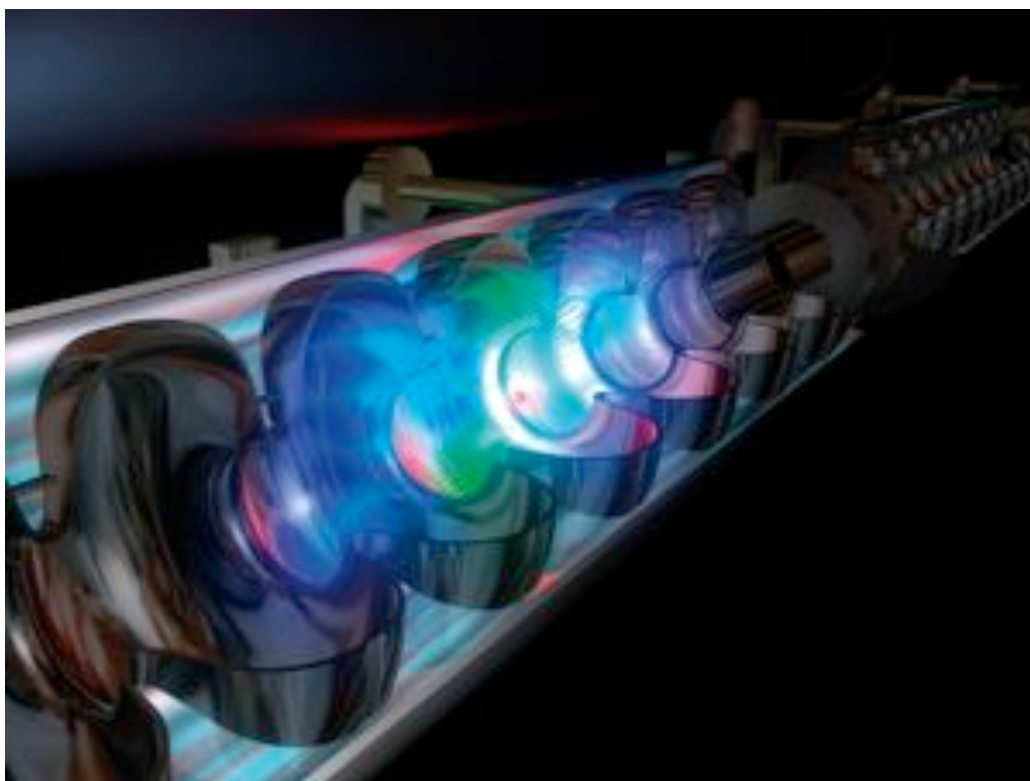


**Figure 1. The LHC tunnel**

Fermi scale, at which electroweak symmetry breaking occurs, with the one determining supersymmetry breaking. An entire new world of elementary particles, the supersymmetric partners of the known particles, may populate the new energy region and provide essential insights on the unification mechanism of all

interactions and on the generalisation of the point-like particle concept to extended strings.

**INFN** is engaged in all sectors of investigation at LHC (fig. 1) and **sees the full exploitation of the new accelerator as a first priority in the coming years.** It also encourages and **supports discussions on possible second phase upgrades of the machine**, either in luminosity and/or in energy. The systematic exploration of the supersymmetric world or a careful investigation of the mass generation mechanism call for the precision and the low background environment of an e+e-accelerator: **the Institute supports the current global effort toward a technical design for the International Linear Collider Project (ILC)** (fig.2), wherever it would be sited, hoping that the financial demand of a second generation LHC and of the ILC may find an answer in a global discussion of available resources.



**Figure 2. ILC: sketch of a SC-RF sector**

Besides the high energy frontier, the high intensity of lower energy machines may contribute to detect effects related to the propagation, for the lap of space-time allowed by the uncertainty principle, of the heavy particles that high energy machines can produce. The detection of rare events, and in particular of flavour changing neutral currents, may then lead to information complementary to that coming from high energy accelerators. **INFN supports an activity in this field, by encouraging the design of new flavour factories and of very intense proton beams.** The last option may be realized as part of the LHC upgrade, while the first can involve the future of national labs. In this respect, **INFN prepares for a new generation machine at Frascati**, the site where the first  $e^+e^-$  annihilation rings were created, capable of investigating rare kaon decays besides consolidating the CP violation and T violation measurements. The technology for such a machine, as well as that of charm or beauty factories, may gain a lot from the synergy with the novel technologies developed for the ILC. **INFN strongly encourages feasibility studies of flavour factories embodying ILC technology** from which an even more ambitious strategy for Frascati may arise.



**Figure 3. The OPERA experiment**

The particle physics content of the early universe, where temperature was high enough to match the energy thresholds of present and future accelerators, is likely to be at the origin of the dark matter, whose evidence is supported by the measurement of the Universe evolution parameters.

The search for dark matter is one of the main gates between particle and astroparticle physics. In this field, INFN is at the forefront with novel liquid argon detectors as well as in many other sectors of astroparticle physics, with experiments starting in near future, like those devised to observe neutrino oscillations from the CERN dedicated beam to Gran Sasso laboratory (fig.3) or from the sun. The future of this research line, aiming at determining the neutrino mixing matrix, is currently planned in Japan and at Fermilab. A crucial ingredient of future experiments in this sector, and possibly in the search for ordinary matter stability, are future detectors based on cryogenic liquids. **INFN has done a pioneering work in this field and sees further collaborations with existing projects as intimately related to the development at Gran Sasso of the prototypes of the new generation cryogenic detectors. The**

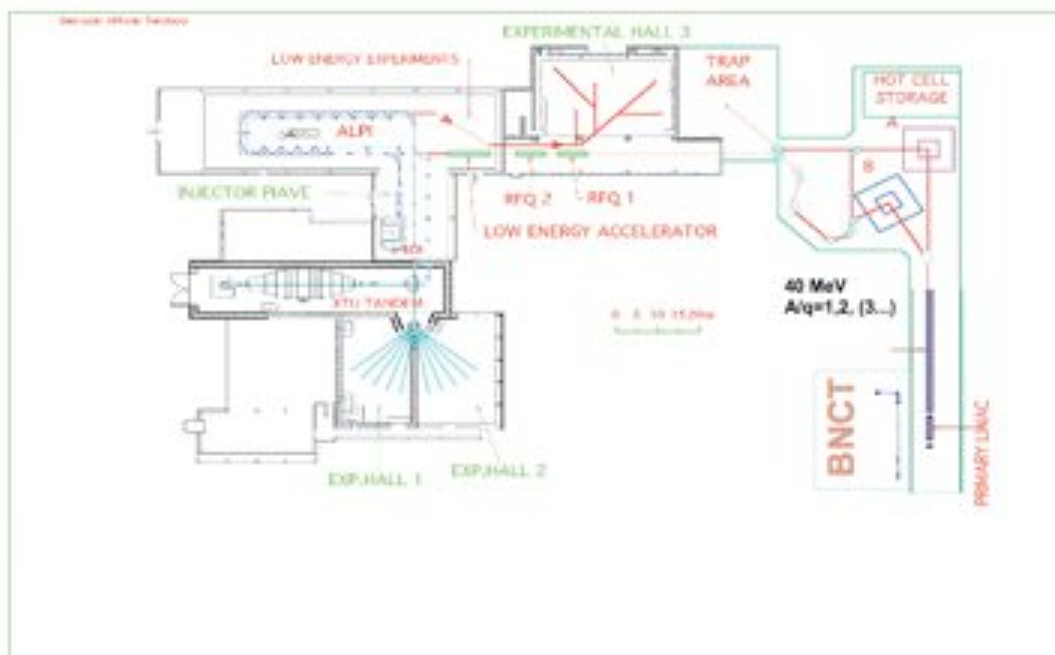
nature of neutrino will be also investigated by the forthcoming large mass experiment dedicated to the detection of a double beta decay without neutrinos, relying on an internationally recognised leadership in this field.



**Figure 4. Virgo**

Gravitational waves detection has been pursued over the last ten years, with resonant antenna detectors and, more recently, with Virgo (fig.4), a three kilometres interferometer in Cascina, the site of EGO, the European Gravitational observatory. **The current strategy involves a partnership collaboration with the Ligo US interferometer and points in the next few years to a powerful upgrade for a goal sensitivity of Virgo at low frequencies unique in the world. A concurrent development of new concepts of resonating antennas is also foreseen in the next five years that may reach the future interferometer sensitivity levels.** Besides a large effort currently deployed on large array earth based detectors to detect messengers from the space, a novel sector is expected to born, the one of neutrino astronomy, based on large mass of water monitored by

impressive arrays of underwater photo multipliers. The goal is a mass coverage of a cubic kilometre of sea water and **INFN bids for the future location of such an European infrastructure in Sicily**, nearby Capo Passero, fully supported by the INFN Southern National Laboratory. The technology involved in this project represents an asset toward geological sciences to which they provide novel methods for real time data taking on the stability of the floor under deep sea level.

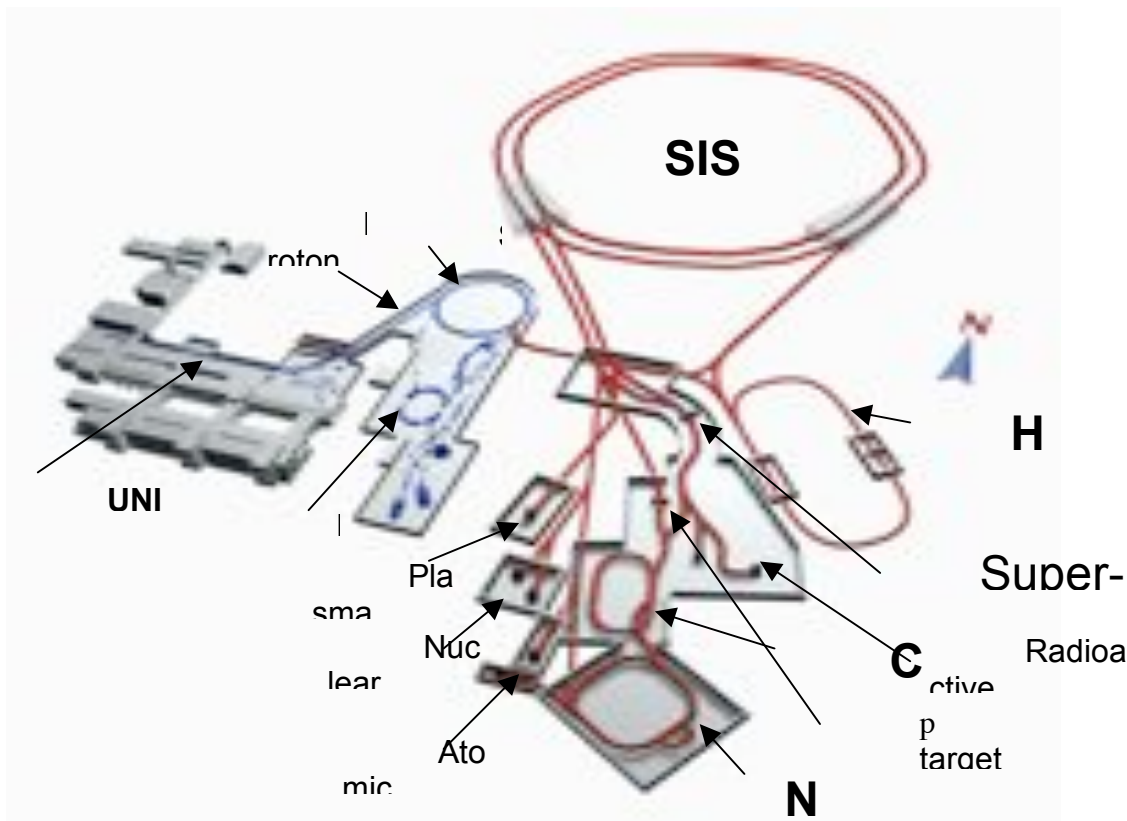


**Figure 5. Layout of the SPES facility at Legnaro**

A field linking astrophysics to nuclear physics is nuclear astrophysics, where rare nuclear reactions of interest for stellar evolution are reproduced, often in the shielded environment of an underground laboratory. In the coming years the activity will be continued and supported. Nuclear physics has reinforced its links with particle physics through accurate tests of quantum chromodynamics, the theory of quark interactions. So called intermediate energy experiments have elucidated the interplay between the nucleon and the quark picture of nuclear interactions with electroweak probes, in particular with polarized nuclei.



At high energy, a strong effort is being dedicated by the Institute to the experiment aiming at the **detection at the LHC of the quark gluon plasma**, obtained from the melting of the nuclear matter under extreme temperature or density conditions. INFN plays a leading role in the experiment and a **strong priority of**



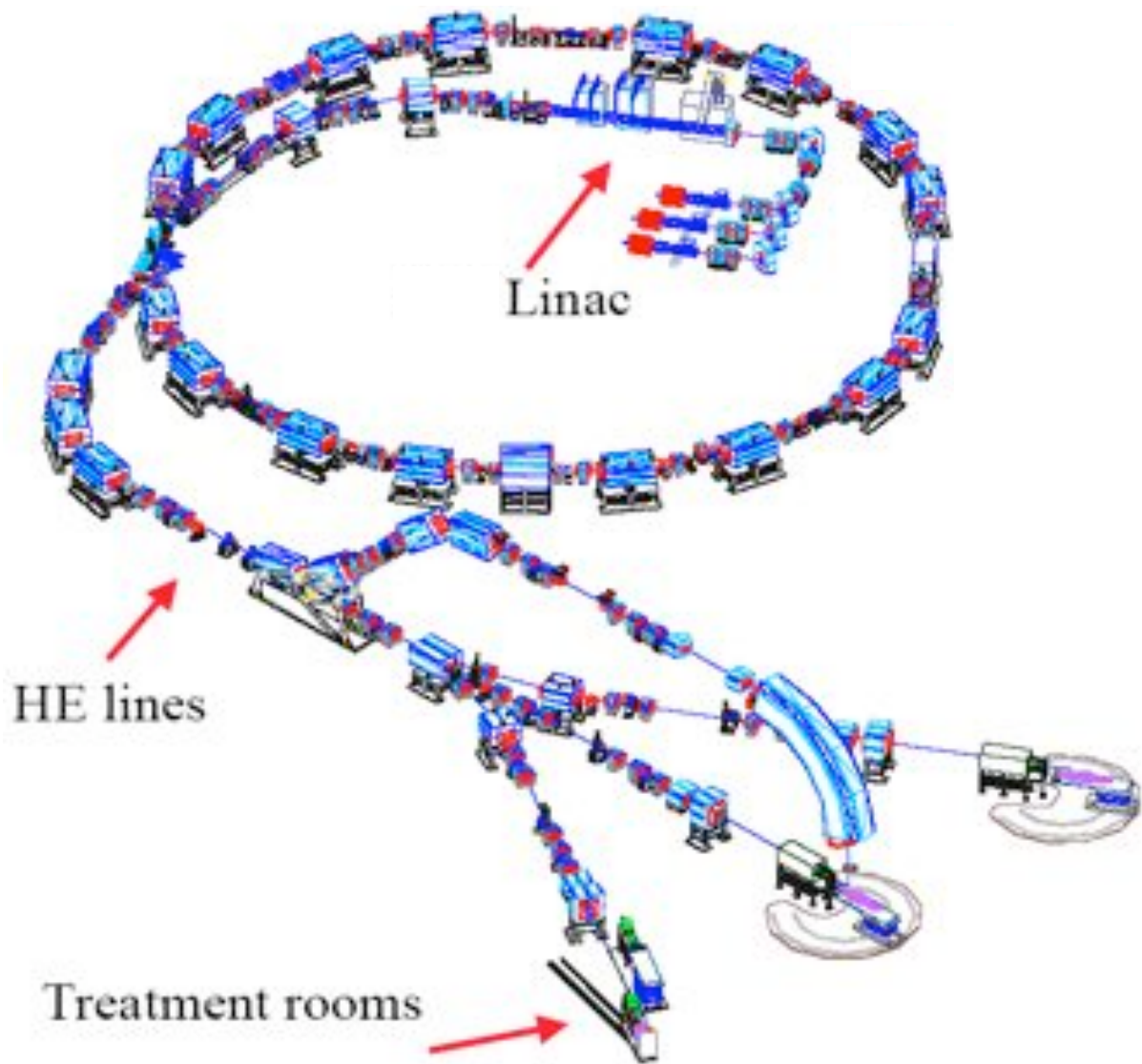
**Figure 6. The FAIR facility at GSI**

**the nuclear physics community is the full exploitation of the investment of people and ideas.**

The exploration of nuclei away from standard thermodynamic conditions will also be pursued to find precursor signs of new nuclear phases. Main axes of developments in the coming years together with the high temperature exploration at high energy are the study of neutron enriched nuclei, away from the stability valley (fig.5) and the preparation for the experimentation at the newly founded European facility in Germany, FAIR (fig.6). The first leads to **the project of constructing** in the National laboratory of Legnaro, near Padua, **a high intensity proton beam of 40MeV to produce radioactive beams after**

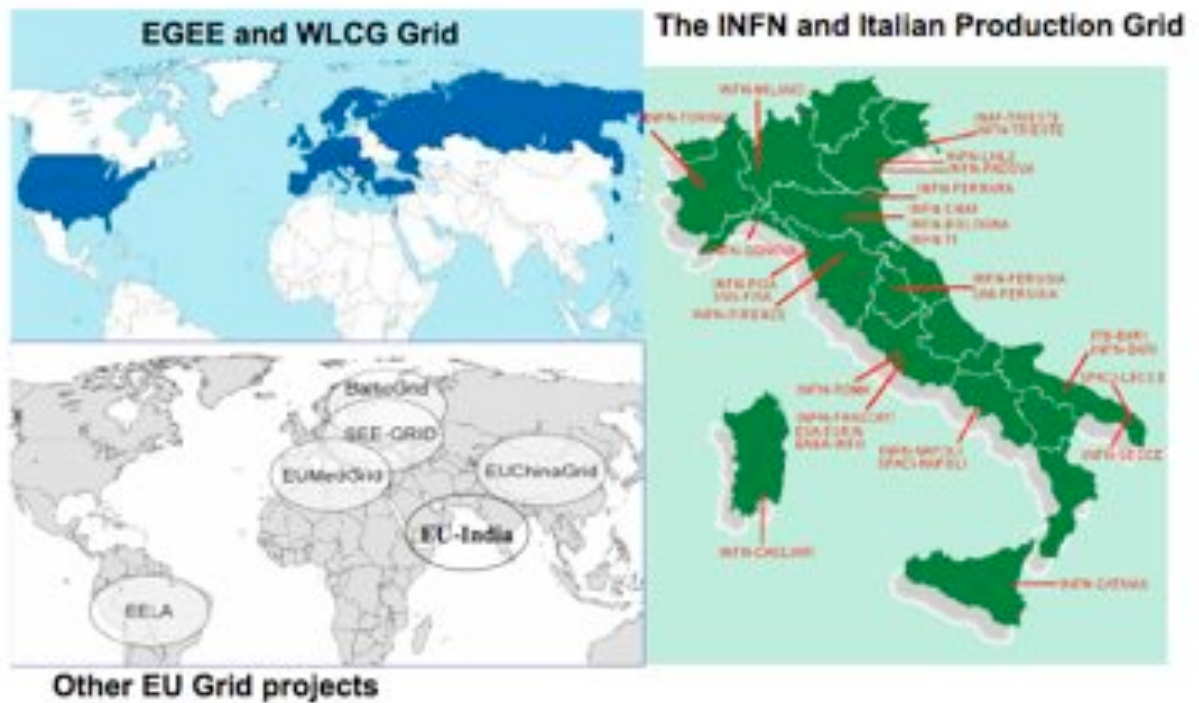
**scattering on thin targets.** This activity complements the one of the French laboratory GANIL, with which Legnaro has recently formed a joint European laboratory. The second activity deals with **fast magnets developments** and **photon detectors**, with the partial construction of a futuristic Particle Identification Detector (PID). Indeed, progress in nuclear physics as well as in the other branches of INFN activities often depends upon new advances in detector and accelerator technologies.

These represent key sectors of technology transfer. Accelerator physics has and will maintain in the coming years a large social impact by boosting the development of machines for cancer therapy (fig. 7) based on hadron beams and of free electron lasers with nanometre wavelength for biological or structural studies: **INFN will host the new projects of a superconducting multi ion cyclotron accelerator for cancer therapy and of a free electron laser.**



**Figure 7. Layout of the CNAO**

Computing is an essential tool for any modern science and in particular for the new challenges represented by the volume of data produced at the LHC accelerator. New computational skills are being developed, under the generic name of Grid tools, to make such a cyclopic task possible. The extension of this tools outside particle physics has been a clear objective of the European commission through its repeated support to Grid activities in the sixth framework program. INFN is among the pioneering countries in the Grid development and his role has been fully recognised by the European Community (fig.8). **The challenge in the coming years is to successfully sustain the computational effort of LHC and to extend the Grid language to economically relevant sectors.**



**Figure 8. Worldwide GRID project with INFN involvement**

Theoretical physics will continue supporting the experimental activity with the prediction of signals for new physics and the interpretation of forthcoming data within a theoretical framework. **INFN plans to increase the exchange of ideas by the creation of the Galileo Galilei Institute in Florence, dedicated to seasonal thematic workshops with a large international participation. The support to the activity on numerical simulations of gauge theories will be maintained together with the development of new computer architectures preparing for a new generation of the APE custom parallel computers.**

## ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

### **A.4 PIANO TRIENNALE 2005-2007 DI AZIONI POSITIVE PER LA REALIZZAZIONE DI PARI OPPORTUNITÀ DI LAVORO E NEL LAVORO TRA UOMINI E DONNE**

art. 7, quinto comma decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 196

- 1 Indagine e sperimentazione di orario flessibile e di telelavoro.
- 2 Studi di fattibilità (ed eventuale attuazione) sull'istituzione di asili nido o stipula di convenzioni anche in sinergia con altre amministrazioni con provvedimenti specifici per titolari di contratti a termine, borse di studio e assegni di ricerca.
- 3 Studi di fattibilità di servizi di aiuto per la cura dei figli per favorire la partecipazione a congressi e convegni organizzati dall'INFN.
- 4 Studi ed eventuale attuazione di provvedimenti compatibili con la normativa vigente che consentano misure di sostegno alla maternità e alla paternità per titolari di contratti a termine, borse di studio ed assegni di ricerca dell'INFN.
- 5 Progetto e sperimentazione di supporto al reinserimento del dipendente al rientro da congedi prolungati attraverso forme idonee di affiancamento lavorativo.
- 6 Sensibilizzazione ed informazione sul Codice di comportamento attraverso: seminari, pubblicazioni e diffusione di informazioni attraverso il sito Web del CPO.
- 7 Verifica periodica della normativa di riferimento per l'aggiornamento del Codice di comportamento.
- 8 Diffusione di opuscoli informativi e organizzazione di seminari tematici sulla prevenzione delle malattie in ottica di genere.
- 9 Studi di fattibilità per l'inserimento di esami clinici mirati alla prevenzione in ottica di genere all'interno dei controlli medici previsti per legge, ed elaborazione di progetti pilota.
- 10 Diffusione attraverso pagina web dei dati in forma collettiva dei rapporti di genere relativi al personale dipendente, a tempo indeterminato e determinato, con contratto di collaborazione ed associato.
- 11 Diffusione attraverso pagina web di tutti gli incarichi amministrativo-scientifici con relativa durata e scadenza la cui nomina sia di competenza degli organi istituzionali o dei direttori delle Strutture.
- 12 Diffusione attraverso pagina web dei bandi concorso, selezioni, borse di studio, assegni di ricerca con l'indicazione del rapporto di genere del numero di domande pervenute, dei candidati ammessi e della graduatoria dei vincitori.
- 13 Facilitare il riequilibrio della presenza femminile nelle attività e nelle posizioni gerarchiche e altresì la partecipazione a tutte le commissioni e comitati INFN in congrua percentuale.
- 14 Istituzione di una banca dati alimentata su base volontaria relativa ai curricula e competenze di ricercatori, tecnologi, tecnici e amministrativi.
- 15 Organizzazione di seminari informativi e di orientamento da tenersi presso le strutture dell'INFN, con possibilità di redazione di documentazione e relativo invio alle strutture.
- 16 Organizzazione di seminari mirati a gruppi omogenei di professionalità, in materia di storia e legislazione della parità e delle pari opportunità e sugli aspetti di genere dell'organizzazione del lavoro.
- 17 Agevolazione dell'accesso alla formazione e all'aggiornamento professionale, garantendo la partecipazione dei dipendenti ai relativi corsi, anche attraverso modalità che favoriscano la conciliazione tra vita professionale e familiare, consentendo, altresì, su motivata richiesta, la partecipazione del personale in congedo.
- 18 Verifica periodica dell'attuazione del presente Piano in collaborazione col CPO.