



**RAPPORTO D'ATTIVITA' 2004-2005  
E  
PIANO TRIENNALE  
2006-2008**

25 Novembre 2005

# INDICE

- **HIGHLIGHTS**
- **PREFAZIONE**
- **1. L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**
  - 1.1 LA MISSIONE ..... 7
  - 1.2 STRUTTURA E ORGANIZZAZIONE..... 8
  - 1.3 PERSONALE: TIPOLOGIA ..... 10
    - 1.3.1 IL PERSONALE DIPENDENTE
    - 1.3.2 IL PERSONALE ASSOCIATO
    - 1.3.3 IL PERSONALE INCARICATO
  - 1.4 ATTIVITA' SCIENTIFICA..... 11
    - 1.4.1 IL QUADRO DELLE RICERCHE DELLA FISICA SUBNUCLEARE,  
NUCLEARE E ASTROPARTICELLARE
    - 1.4.2 I LUOGHI DELLA RICERCA
- **2. RAPPORTO D'ATTIVITA' 2004-2005**
  - 2.1 FISICA SUBNUCLEARE ..... 23
  - 2.2 FISICA ASTROPARTICELLARE..... 35
  - 2.3 FISICA NUCLEARE ..... 42
  - 2.4 FISICA TEORICA..... 50
  - 2.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI..... 54
  - 2.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE..... 57
  - 2.7 RISORSE DI PERSONALE ..... 67
    - 2.7.1 IL PERSONALE DIPENDENTE
    - 2.7.2 IL PERSONALE ASSOCIATO
    - 2.7.3 IL PERSONALE INCARICATO
  - 2.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO ..... 73
  - 2.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA..... 89
  - 2.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE ..... 91
- **3. PIANO D'ATTIVITA' 2006-2008**
  - 3.1 FISICA SUBNUCLEARE ..... 93
  - 3.2 FISICA ASTROPARTICELLARE..... 102
  - 3.3 FISICA NUCLEARE ..... 108
  - 3.4 FISICA TEORICA..... 114
  - 3.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI..... 121
  - 3.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE..... 123
  - 3.7 RISORSE DI PERSONALE ..... 133
  - 3.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO ..... 142
  - 3.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA..... 149
  - 3.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE ..... 149

- **APPENDICE**
  - A.1 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO
  - A.2 VALUTAZIONE CVI
  - A.3 RAPPORTO DEL COMITATO DI VALUTAZIONE INTERNO

## HIGHLIGHTS

- La misura dell'unitarietà della matrice di mescolamento dei quark nell'ambito dell'esperimento BaBar a SLAC
- Misura della produzione adronica nella regione di energia al di sotto della  $\Phi$  nell'esperimento KLOE ai LNF
- Il funzionamento in Europa della GRID di LCG e EGEE con 150 sedi e più di 10.000 programmi contemporanei al giorno in esecuzione
- Il telescopio MAGIC, per la rivelazione di fotoni di alta energia provenienti dal cosmo, fa le prime osservazioni in coincidenza con segnali di *gamma ray burst* rivelati da esperimenti su satellite
- Trovato un segnale che potrebbe essere interpretato come materia oscura sotto forma di assioni nell'esperimento PVLAS
- Identificazione e studio di un nuovo tipo di simmetria dinamica nei nuclei all'esperimento PRISMA-CLARA ai LNL
- Misure di reazioni indotte da  $^8\text{Li}$  di interesse per la nucleo-sintesi primordiale presso i LNS
- Installazione di *supercomputer* APENEXT per una potenza globale di 10Teraflop
- L'osservazione delle proprietà di una forma di idrogeno in cui l'elettrone è sostituito da una particella strana all'esperimento DEAR ai LNF
- L'inizio della collaborazione con le industrie per la realizzazione di un ciclotrone superconduttore compatto per adroterapia



## 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 dell'ultimo anno e di quelle dei tre anni ai quali si riferisce. I prossimi anni porteranno a frutto investimenti importanti di risorse umane e strumentali nei tre settori principali di attività. In quello della fisica subnucleare, verranno messi in funzione gli apparati dei grandi esperimenti in preparazione da una decina d'anni al collisionatore adronico LHC del Cern e verrà raggiunta la luminosità di progetto dell'acceleratore dei Laboratori di Frascati, che costituisce un primato assoluto per macchine con elettroni e positroni a bassa energia.

Nel settore nucleare verranno installati fasci radioattivi di prima generazione ai Laboratori del Sud e di seconda generazione in quelli di Legnaro, nell'ambito dello sviluppo futuro di questi ultimi con quello francese di Ganil. Verrà anche messo a punto il rivelatore ALICE, per lo studio del plasma primordiale di quark e gluoni e in particolare l'apparato con contributo italiano dominante per la misura del tempo di volo.

Nel settore delle astroparticelle, il ritorno alla normale funzionalità dei Laboratori del Gran Sasso permetterà di svilupparne l'ambizioso programma scientifico che comprende lo studio delle metamorfosi dei neutrini lanciati al Gran Sasso dall'acceleratore del Cern, lo studio delle reazioni del Sole tramite l'osservazione di neutrini, la ricerca di un nuovo tipo di neutrini, detto di Majorana dal fisico italiano, che preconizzerebbe l'esistenza di una nuova serie di interazioni ancora inesplorate ad alta energia e infine la ricerca della materia oscura di cui è presumibilmente in maggior parte costituito l'Universo. Sempre in ambito astroparticellare nel prossimo anno migliorerà ulteriormente la sensibilità dell'interferometro VIRGO per l'osservazione delle onde gravitazionali, situato all'interno del laboratorio congiunto italo-francese EGO e progredirà con presa dati il sistema di rivelazione sottomarino di neutrini NEMO operato dai Laboratori del Sud.

Nel campo teorico sarà operativo l'Istituto Galilei a Firenze, che richiamerà teorici di fama mondiale per soggiorni estesi per *workshop* sui principali argomenti di fisica teorica delle particelle e degli ioni pesanti. Gli *highlights* all'inizio del piano riassumono i punti in evidenza tra le attività dell'anno appena trascorso.

L'attenzione ai temi del trasferimento tecnologico aumenterà ulteriormente, sviluppando le tematiche, sottomesse anche all'approvazione del bando del Miur sul Piano Nazionale della Ricerca, sulle applicazioni biomediche della fisica degli acceleratori, sul riconoscimento di immagini e dei rivelatori per raggi gamma, sui supercalcolatori con

l'evoluzione verso una potenza di calcolo del Petaflop dei calcolatori sviluppati all'interno del progetto APE, sull'affinamento e la diffusione al di fuori degli ambiti scientifici dei nuovi paradigmi per il calcolo e l'accesso a banche dati distribuite costituito da GRID e infine sullo sviluppo di tecniche innovative per la sicurezza nell'identificazione dei materiali stipati nei containers. Inoltre il prossimo anno e il successivo saranno quelli di maggiore sforzo per il completamento del progetto realizzato a Pavia per il centro di adroterapia oncologica.

La situazione finanziaria dell'Istituto risente sia del taglio del 2% sia delle conseguenze del recente decreto sui consumi dovuto alla generale congiuntura finanziaria. Appare necessario un dettagliato esame delle prospettive di innovazione e di competitività nei prossimi anni che tenga conto degli impegni internazionali già assunti, delle presunte risorse economiche e identifichi i progetti di caratura internazionale sui quali attrarre risorse aggiuntive specifiche da Istituzioni straniere per la loro realizzazione. Tale portafoglio di proposte viene ulteriormente motivato dall'azione intrapresa dal *Council* del Cern per redigere il piano strategico europeo della Fisica delle Particelle, da APPEC, il coordinamento della fisica astroparticellare europea, per redigere una rotta di tale settore e da NUPECC per intraprendere analoga iniziativa per la fisica nucleare. A livello europeo, l'esigenza di programmazione viene stimolata da ESFRI, il comitato che prepara le opzioni in tema di infrastrutture di ricerca europee per la redazione del Settimo Programma Quadro della Comunità Europea. Tale attività di ricognizione e discussione è stata avviata e porterà nei primi mesi del prossimo anno alla redazione di un documento sulla possibile rotta delle attività INFN a medio termine.

Tutte le attività scientifiche si basano sulla capacità dei ricercatori oltre che sulla disponibilità di mezzi e strumenti. Le limitazioni in tema di assunzioni derivanti dalle leggi finanziarie hanno inciso sul normale avvicendamento generazionale dei ricercatori, creando un notevole numero di persone qualificate, per la cui preparazione sono state investite importanti risorse sia da parte universitaria che dell'INFN, che attendono un'occasione di valutazione per un inserimento stabile nelle attività di ricerca. Nel fabbisogno di Pianta Organica illustrato nel Piano viene proposto un leggero aumento nei prossimi anni, con un impatto finanziario totalmente sostenibile all'interno delle risorse dell'Istituto senza alterare significativamente l'attuale frazione favorevole delle risorse di personale rispetto al totale, attestato intorno al 45%. Questo permette di operare una selezione severa ma sostenibile del personale occupato con contratti temporanei, colmando il lasso di tempo fino al 2008/2009 quando il naturale ricambio di posti in organico dell'Istituto darà luogo a una fase a regime in cui esso provvederà ad un'adeguata offerta di assorbimento per le nuove generazioni.

# 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 vent'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.

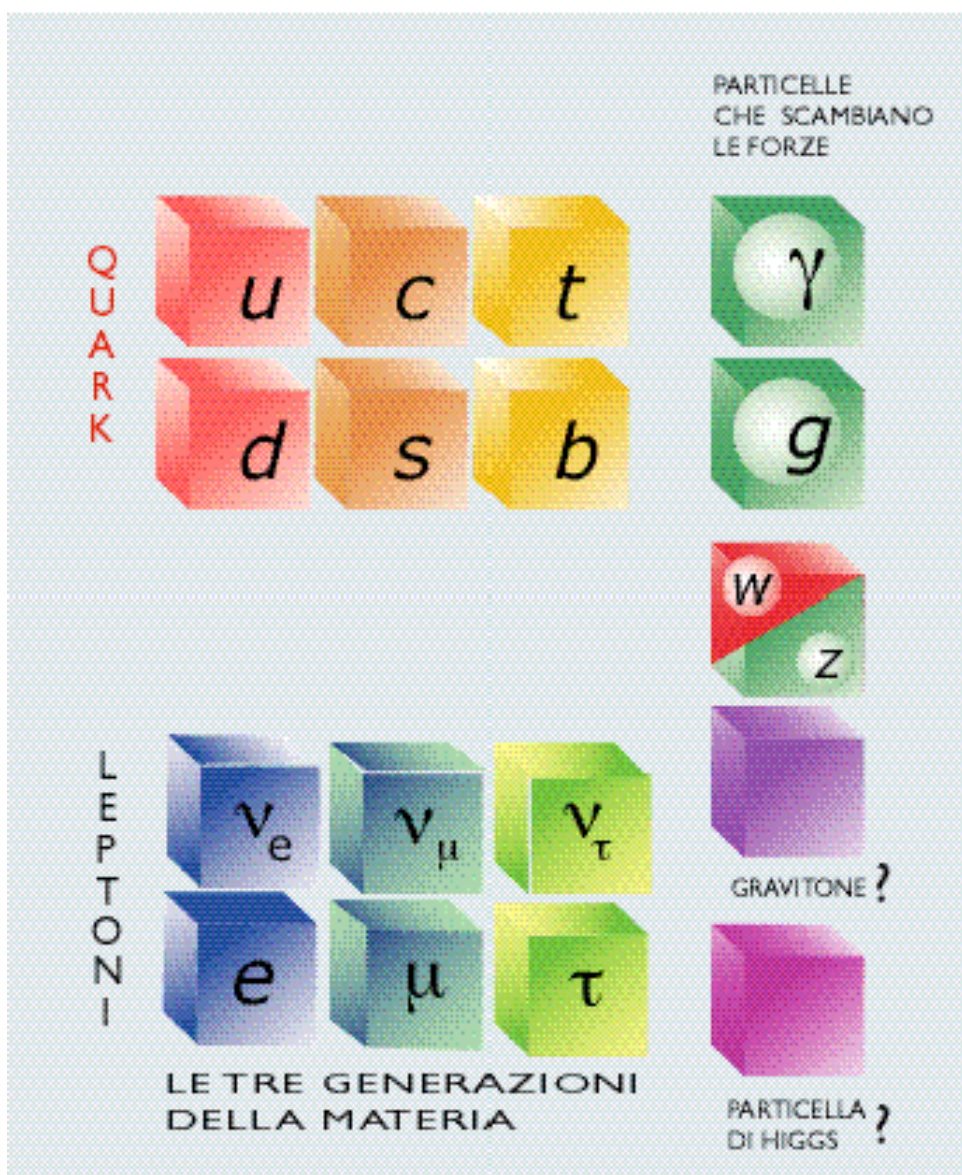
I principali obiettivi delle attuali ricerche, sperimentali e teoriche, sulle interazioni fondamentali sono da una parte il completamento del Modello Standard, dall'altra la sua estensione e, infine, il suo inevitabile superamento. Particolare interesse rivestono gli esperimenti, non necessariamente 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 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.

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 apeNEXT 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 di 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 apeNEXT permetterà un grosso passo avanti nei seguenti settori: i) calcoli 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 radiattivi 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 DAΦNE, intensa sorgente di coppie di mesoni K, con energia totale di 1 GeV. 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 20 MeV. 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, che ha come obiettivo lo studio al Gran Sasso di un fascio artificiale di neutrini muonici provenienti dal laboratorio di Ginevra, a partire dal 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' 2004-2005**

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 ora disponibili. E' in corso ormai dal 2001 una campagna di raccolta dati che si ripromette di raggiungere entro il 2008 una luminosità integrata più di venti volte superiore a quella attualmente in possesso degli esperimenti. Questa statistica permetterà a CDF, che ha un fisico INFN come uno dei due responsabili, 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 2005 il funzionamento dell'acceleratore ha raggiunto alle prestazioni previste consentendo alla collaborazione di accumulare una statistica di molto superiore a quella raccolta nell'intero run precedente. 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 una misura della massa del quark top che ha permesso una proiezione più precisa sulla possibile massa del bosone di Higgs e un limite sulla frequenza di oscillazione della Bs che permette di pensare che una misura di questo parametro sia possibile con la statistica che verrà raccolta in futuro. 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 2004 e 2005 hanno proseguito nella costruzione dei propri complessi apparati e stanno entrando nella fase di inizio dell'installazione nelle aree sperimentali. L'esperimento ATLAS ha completato con successo l'istallazione delle otto bobine superconduttrici dei toroidi centrali, lunghe 25 metri (costruite sotto responsabilità INFN presso l'ANSALDO di Genova). 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 costruzione sostanzialmente nei tempi previsti ed è iniziata la sua istallazione. Anche per CMS la costruzione del magnete centrale è terminata a cura dell'ANSALDO, il solenoide è stato posizionato nel rivelatore e presto verrà acceso per essere provato. Le attività di costruzione dei rivelatori di CMS sono anch'esse a regime e per qualcuno di essi è iniziata la fase di 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 la costruzione dell'esperimento TOTEM che si prefigge la misura della probabilità di interazione tra i due protoni all'energia del LHC che sfrutta il teorema ottico e continua una tradizione che da sempre ha visto i fisici INFN in prima linea.

Purtroppo dobbiamo ricordare l'arresto del progetto BTeV a Fermilab a causa di mancanza di finanziamenti da parte del DOE negli USA.

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.

## 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 al mondo (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 in funzione l'apparato KLOE che ha come obiettivo lo studio dei decadimenti rari della  $\Phi$  e dei mesoni K nonché, misurando le minuscole asimmetrie nei decadimenti di particelle ed antiparticelle, misurare la violazione di CP. L'esperimento è il più complesso fra quanti operano in questo range di energia ed è di completa responsabilità INFN. Nel corso del 2004 la luminosità istantanea dell'acceleratore DAFNE ha frantumato ogni precedente risultato e sta quindi permettendo una copiosa produzione di eventi. Il rivelatore ha ripreso a funzionare perfettamente. Nel 2005 ulteriori miglioramenti hanno portato la collaborazione a possedere di gran lunga l'insieme più significativo di dati per la fisica del K in generale che provengano da un singolo esperimento. Una misura di estrema importanza e che ha permesso un chiarimento definitivo in un panorama incerto è stata la determinazione precisa dell'elemento di matrice della transizione  $u/s$  ( $V_{us}$ ) in diversi canali che hanno tutti confermato la validità dell'unitarietà della matrice di mescolamento dei quark. Una altra misura di grande importanza è stata la determinazione della sezione d'urto a bassa energia che ha permesso di calcolare le correzioni al processo ( $g-2$ ) che costituisce un test di estrema sensibilità del Modello Standard e che mostra un disaccordo con le predizioni

Dedicato allo studio dei decadimenti rari dei mesoni K e della violazione di CP in questi sistemi è anche l'esperimento NA48 al CERN. L'esperimento, con larga partecipazione INFN sia nella progettazione che nella realizzazione ed analisi, ha proseguito con grande successo sia la presa dati che la loro analisi. Nel 2005 si sono avuti risultati preliminari sull'analisi finalizzata allo studio della violazione diretta di CP e anche un risultato importante e inatteso sulla lunghezza di scattering del pione dovuta a una interazione tra la comunità sperimentale e quella teorica dell'INFN.

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  $\Psi(4S)$ , 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 15% del totale) è responsabile di alcuni rivelatori fondamentali e che annovera anche il responsabile dell'esperimento, ha presentato risultati basati su oltre 200 milioni di coppie B-antiB prodotte ed analizzate. Questo esperimento è stato in grado di portare a livelli di 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 2005 inoltre BaBar ha completato sebbene con diversa precisione la misura di tutti gli angoli del triangolo unitario, superando le più ottimistiche previsioni di inizio esperimento. Inoltre a BaBar è stata scoperta un'altra risonanza adronica (Y(4260)) non prevista in alcun modello esistente contribuendo alla crescita di interesse per la spettroscopia adronica. BaBar anche nel corso del 2005 è stato il singolo esperimento più produttivo in termini di pubblicazioni scientifiche.

Nel settore dedicato ai decadimenti rari i ricercatori INFN hanno in pieno corso la costruzione dell'esperimento MEG. Questo esperimento, il cui inizio della campagna di presa dati è previsto per il 2006, 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 leptonico, 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 2005 la seconda 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 e neutra polarizzate, sono stati ottenuti.

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 scritto su mass storage una mole impressionante di dati configurandosi come un vero e proprio test per le generazioni future di sistemi di acquisizione dati. L'analisi di questa prima messe di dati che ha fatto uso anche dei nuovi strumenti messi a disposizione dalle tecnologie di calcolo distribuito basato su GRID iniziato a produrre risultati in diversi campi caratteristici di questa fisica con una partecipazione di fisici INFN che hanno giocato un ruolo fondamentale. Un risultato di grande rilevanza è relativo alla misura della polarizzazione dei gluoni in un nucleone polarizzato.

#### *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. Negli ultimi anni tali attività hanno riguardato essenzialmente i futuri collisori elettrone-positrone ad altissima energia con la partecipazione ai grandi progetti internazionali CLIC\_CTF3 e TESLA\_TTF. Mentre continua l'attività su CLIC\_CTF3, il contributo a TESLA\_TTF è sostanzialmente esaurito. Infatti la tecnologia superconduttiva sviluppata per TESLA, con un'importante contributo da parte INFN, è stata scelta per il futuro collisore mondiale ILC (International Linear Collider), ed è al progetto di tale collisore che l'Istituto intende contribuire nei prossimi anni.

Nel 2004-05 sono iniziate alcune nuove attività riguardanti:

- lo studio e lo sviluppo di schemi innovativi per la realizzazione di "factories" e+e- capaci di raggiungere luminosità due ordini di grandezza maggiori di quanto raggiunto finora (nome del sottoprogetto: DAFNE\_BM);
- l'uso dell'iniettore di elettroni ad alta brillantezza SPARC, in fase di costruzione presso i Laboratori Nazionali di Frascati, per realizzare una sorgente tunabile di raggi X tra 20 e 1000keV e per esperimenti di accelerazione di elettroni, iniettati in un plasma, per mezzo di onde di plasma eccitate da impulsi laser di alta potenza (nome del sottoprogetto: PLASMONX);
- la realizzazione di un sistema per l'eliminazione dell'alone del fascio di LHC basato sul meccanismo di channeling attraverso un cristallo di silicio (nome del sottoprogetto: HCCC);
- lo studio e lo sviluppo di prototipi per acceleratori di protoni ad alta intensità. (nome del sottoprogetto: HPPA);
- lo studio e la realizzazione di prototipi di magneti superconduttori ad alto campo e di dipoli rapidamente pulsanti (nome del sottoprogetto: CANDIA e DISCORAP).

**CLIC\_CTF3** – E' stata completata la costruzione della linea di trasferimento del fascio di elettroni, che unisce il LINAC al sistema di ricombinazione dei pacchetti di elettroni, e ne è stato fatto il commissioning. E' stata completata la realizzazione dei magneti, dei componenti della camera da vuoto e tutti i supporti dell'anello ricombinatore detto Delay Loop. L'anello è stato quindi installato all'interno della sala sperimentale opportunamente modificata ed è pronto per il commissioning.

**TESLA\_TTF** – Dopo la decisione del Panel ITRP di scegliere la tecnologia superconduttiva per l'International Linear Collider, l'attività si è rivolta principalmente alle tematiche di maggiore interesse in prospettiva di ILC. In particolare è stato terminato il progetto e avviata la produzione di due sistemi completi di tuner di tipo coassiale, che integrano la funzione di accordo in frequenza lenta con quella veloce, basata su attuatori piezoelettrici, necessaria per il raggiungimento degli alti campi di operazione previsti per ILC. Gli attuatori sono stati caratterizzati in condizioni criogeniche, per verificarne la compatibilità con le caratteristiche del tuner. Il sistema WPM è stato integrato di un digital receiver per consentire la misura delle vibrazioni della massa fredda, introdotte dall'ambiente circostante. E' stata, poi, avviata l'operazione di revisione dei criomoduli progettati dall'INFN, per i nuovi requisiti per ILC. E', inoltre, ripresa l'attività di studio sui damping ring e kicker veloci.

**DAFNE\_BM** - Nel 2004-2005 l'attività è consistita essenzialmente nello studio teorico del regime di modulazione di lunghezza, nella definizione dei parametri di macchina per la realizzazione di tale regime, nel progetto della cavità a radiofrequenza superconduttrice a 1.3GHz, compreso il sistema criogenico ad essa relativo. Il 7-8 Novembre 2005 si è tenuto a Frascati un workshop per un confronto con i diversi laboratori interessati alla produzione di fasci corti, e per definire possibili collaborazioni.

**PLASMONX** - E' stato condotto un esperimento al CEA di Saclay in cui sono stati prodotti elettroni energetici mediante Self Modulated Laser Wake Field (SMLWF). L'esperimento era volto a studiare l'ottimizzazione dei parametri del plasma e del laser. Sono stati studiati e simulati diversi schemi di accelerazione a plasma e sulla radiazione prodotta per Thomson Scattering, principalmente nell'applicazione alla mammografia con radiazione monocromatica (progetto MAMBO). E' stato progettato il laboratorio laser che dovrà essere costruito accanto al bunker di SPARC.

**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 alla costruzione ed alla realizzazione di cristalli di silicio per ottenere un channeling efficiente per particelle ad alta energia. Sono stati altresì realizzati dei campioni intrinsecamente ricurvi

mediante la deposizione di un film di nitruro di silicio, che realizza un campo di tensioni interne al campione, portandolo alla curvatura voluta.

**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). Nel corso del 2005 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). E' stata inoltre avviata la partecipazione alla stesura, con il CERN, del Conceptual Design Report 2 di SPL, per la revisione del design di SPL con l'utilizzo di cavità a 704MHz, con la stessa tecnologia di quelle TRASCO.

**CANDIA** - E' un'attività cominciata nel 2005 mirante alla realizzazione di un conduttore in Nb<sub>3</sub>Sn di elevate prestazioni e la costruzione con questo cavo di un avvolgimento di prova da collaudarsi presso il laboratorio LASA dell'INFN. Previsto inizialmente per tre anni il programma di sviluppo è stato temporalmente limitato al solo 2005 e con obiettivi circoscritti allo sviluppo di un filo superconduttore di Nb<sub>3</sub>Sn.

#### *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: < 2µm. Il fascio di elettroni ultrabrillanti sarà iniettato in un ondulatore di 12m di lunghezza tale da consentire la saturazione del processo SASE.

L'INFN svolge nell'ambito del progetto SPARC un ruolo duplice. Infatti, oltre ad essere il soggetto responsabile della costruzione dell'acceleratore, ospita l'intero complesso

LINAC e Ondulatore presso una sala dedicata (35m x 15m) presso i Laboratori Nazionali di Frascati.

Il gruppo SPARC-Acceleratore è costituito da ricercatori dell'INFN presso i LNF, Roma1, Roma2, Milano, Lecce, e ha stabilito accordi di collaborazione con gli istituti di ricerca internazionali UCLA (Los Angeles, USA), SLAC (Stanford, USA), Desy (Amburgo, Germania) e nell'ambito del progetto EUROFEL approvato dall'UE, in cui collaborano 16 istituzioni di 5 Paesi (Francia, Germania, Gran Bretagna, Italia e Svezia).

Nel periodo 2003-2004, l'attività sull'acceleratore ha riguardato il progetto dettagliato dell'acceleratore, la definizione dei costi, il programma temporale, le *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 completati gli impianti di potenza RF, il sistema Laser per il fotocatodo, il cannone RF con relativo solenoide di focalizzazione, il sistema di sicurezza con controllo accessi in sala, e sono in corso i primi test sul fascio di elettroni. Sarà caratterizzata l'emittanza e lo *spread* di energia del fascio di elettroni a valle del cannone, mediante il dispositivo “emittanzometro”, disegnato e sviluppato interamente dal gruppo SPARC, e collaudato con successo presso la *test facility* PITZ a Berlino.

#### *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 2004-2005 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 particolare il nuovo progetto EGEE (Enabling Grids for E-science) di 6PQ sta completando, come previsto, la prima fase di



re-ingegnerizzazione e deployment del middleware (gLITE) di seconda generazione basata sullo standard emergente dei Web Services. Questo è attualmente in fase di test nell'infrastruttura di pre-produzione e sarà progressivamente installato in quella di produzione prima della fine del progetto (Aprile 2006). L'e-infrastruttura di EGEE attualmente include circa 150 centri di calcolo Europei, che rendono disponibili 15.000 processori e quasi 1 Petabyte di storage. E' usata quotidianamente con successo da numerose applicazioni, dalla Fisica delle Alte Energie alla biologia, dalle Chimica Computazionale all'Osservazione della Terra e regge ormai più di 10.000 *jobs* contemporanei che girano sui 150 siti. In EGEE l'INFN ha la responsabilità dello sviluppo del *Workload Management*, del *tool* per la gestione delle Organizzazioni Virtuali (VOMS), del sistema di *accounting* (DGAS) e della nuova interfaccia a *Web Service* del *Computing Element* CREAM. Tutte queste componenti sono ormai disponibili per l'uso quotidiano. Il progetto ha superato con successo la review della Comunità relativa ai risultati del primo anno di attività;

- 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 lo sviluppo del Portale Genius, del sistema di Monitoraggio delle attività della GRID (GRIDICE), lo sviluppo 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 o in fase di test o in uso.
- lo sviluppo dell'infrastruttura GRID INFN per partecipare prima di tutto alle attività del nuovo progetto del CERN per il calcolo a LHC (LHC Computing GRID) ma anche a quelle di analisi degli esperimenti in corso come Babar a SLAC, CDF etc. In questo periodo sono stati completati i *Data e Service Challenger 1 e 2* del progetto LCG 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 fino a 400Mbytes/s, valore che comincia ad essere vicino a quanto richiesto nelle prime fasi di produzione di LHC.

L'INFN ha continuato lo sviluppo nuovo progetto GRIDCC (4M€) 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 (*Research & Development*) per una nuova generazione di servizi di *middleware* di più alto livello.

L'INFN ha inoltre promosso e sviluppato 4 nuovi progetti Europei approvati nel 2005:

- EU-med ed EU-China 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 Initiative (NMI) negli Stati Uniti
- 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

Sono stati presentati e recentemente approvati in Italia 2 nuovi progetti FIRB: LIBI e LITBIO che hanno l'obiettivo di costruire laboratori di bio-informatica nazionali basati sullo sfruttamento via GRID di risorse di calcolo distribuite. L'INFN in questi ha la responsabilità dello sviluppo dell'infrastruttura GRID.

E' stato preparato e sottomesso il proposal del nuovo progetto EGEE-II che prevede il completamento della re-ingegnerizzazione del *middleware*, l'estensione dello sfruttamento dell'infrastruttura GRID di produzione in Europa per tutte le scienze e la pianificazione e realizzazione delle attività di *tutorials*, disseminazione e costruzione di un'interfaccia generica per tutte le applicazioni. In EGEE-II il coordinamento dell'attività di sviluppo e re-ingegnerizzazione del *middleware* passa dal CERN all'INFN che mantiene la responsabilità della gestione *Training Infrastructure* GILDA sviluppata originariamente in Italia ed ora divenuta di uso comune per tutta l'Europa.

E' stato fatto uno sforzo a livello nazionale ed Europeo 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. Inoltre l'INFN è stato uno dei maggiori proponenti con il Regno Unito del progetto Europeo *Open Middleware Institute Initiative Europe* che mira a favorire il coordinamento tra le iniziative Europee di sviluppo e supporto del *middleware* di *GRID open source*.

Entrambi questi progetti hanno superato la prima fase di valutazione da parte della Commissione.

La GRID nazionale è oggi una realtà in continua espansione grazie al progetto FIRB GRID.it e altri progetti come S-PACI finanziati dal MIUR a partire dalla fine del 2002. In questo progetto l'INFN, come responsabile di Unità di Ricerca, sta completando 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 24 ore al giorno per 7 giorni alla settimana una GRID di produzione estesa a livello nazionale per l'eScience (<http://grid-it.cnaf.infn.it>). Ad oggi questa conta 39 sedi e permette a 23 Organizzazioni Virtuali di svolgere quotidianamente le proprie attività di *computing* ed è integrata nell'e-Infrastruttura Europea di EGEE. Di fatto 25 delle 39 sedi sono anche sedi ufficiali di EGEE 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 5000 *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.

#### *Progetto speciale ELN*

Il Progetto ELN continua a essere l'unico progetto al mondo dedicato 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 2004-2005 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: "*QCD at Cosmic Energies*" (2004), "*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). 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.html](http://www.infn.it/csn1/esperimenti/esperimenti_2005.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 recente 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 più recentemente 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 terminati qualche anno fa ma ancora in fase di analisi dati. Lo studio delle proprietà dei neutrini è tuttora una delle principali attività dell'Istituto.

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. 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. L'universo è completamente trasparente alle onde gravitazionali (e ai neutrini). Lo sviluppo di tali tipi di astronomia permetterà lo studio dell'universo nella sua interezza e 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 nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Negli ultimi due anni, alcune attività del Laboratorio sono state rallentate o fermate a causa dei problemi collegati a questioni connesse con lo smaltimento delle acque. I lavori per la completa messa in sicurezza dei laboratori sono in avanzata fase di realizzazione. La maggior parte delle limitazioni nell'attività di ricerca sono state rimosse.

L'esperimento che ha sofferto di più dal rallentamento delle attività 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 2005 è continuata l'attività di costruzione e sono stati revisionati e rimessi in funzione tutti gli impianti bloccati in seguito ai problemi relativi alla sicurezza.

Per meglio studiare le oscillazioni dei neutrini muonici si sta costruendo un fascio di neutrini dal CERN di Ginevra ai Laboratori del Gran Sasso. Il fascio viaggerà per 720Km e sarà pronto nel 2006.

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 e 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 in corso di realizzazione. 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* presenti nel fascio dal CERN per il fenomeno delle oscillazioni. Tale rivelazione costituisce un passo importante per capire completamente il fenomeno delle oscillazioni. Nel 2005 OPERA ha continuato l'installazione dell'apparato nei Laboratori del Gran Sasso. La costruzione procede regolarmente e sono stati completati i due spettrometri magnetici.

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 2005 è iniziata la costruzione 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.

Nei Laboratori del Gran Sasso nel 2003 è entrato in funzione CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di tellurite, 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 tellurite 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 2005 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 e sono iniziate le procedure per l'approvazione negli Stati Uniti.

Nel 2005, sempre al Gran Sasso e in collaborazione con gruppi tedeschi, è iniziata 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. La collaborazione ha installato nuovi cristalli di ioduro di sodio, che hanno portato la massa totale del rivelatore a 250Kg. Il nuovo apparato, chiamato LIBRA, è entrato in funzione nel 2003 e ha continuato a prendere dati nel 2005. I risultati di LIBRA saranno resi pubblici quando si avrà una statistica paragonabile a quella di DAMA

Nel 2005 si è avviata la costruzione dell'apparato WARP per la ricerca della materia oscura usando come rivelatore argon liquido e utilizzando tecniche sviluppate per l'esperimento ICARUS.

Da ricordare infine l'esperimento LVD, sempre al Gran Sasso, per la ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi di *supernovae*. 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 misteriosi fiotti di fotoni, associati a fenomeni di energia estremamente elevata: i cosiddetti "*gamma ray bursts*" la cui origine è ancora sconosciuta.

Nel 2005 è continuata la costruzione dell'osservatorio ARGO realizzato in collaborazione con la Cina a 4300m di quota nel Tibet. Una frazione di esso ha già iniziato a prendere dati. ARGO occupa una superficie di 6500m<sup>2</sup> coperti con i rivelatori RPC di costruzione italiana. ARGO si occuperà soprattutto dell'individuazione delle sorgenti di radiazione gamma e dei *gamma ray bursts*.

L'INFN è 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 17m di diametro e ha sviluppato il *trigger*. Questo telescopio, inaugurato nel mese di Ottobre 2004, nel 2005 ha preso una grande quantità di dati studiando in dettaglio molte sorgenti e puntando nella direzione di alcuni *gamma-ray burst* segnalati dal satellite SWIFT.

I primi grandi sciami prodotti da raggi cosmici di altissima energia (>10<sup>19</sup>eV) sono stati misurati dall'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. Nell'emisfero nord, il progetto NEMO si propone la costruzione di un rivelatore Cerenkov da 1Km cubo alla profondità di 3500m nel mare al largo della costa sud-orientale della Sicilia (Capo Passero). Il progetto è nella fase di sviluppo dei prototipi. Sono state fatte misure della trasparenza dell'acqua, degli effetti della bioluminescenza e degli effetti delle correnti sottomarine. L'INFN ha finanziato la stesura di un cavo per la trasmissione dei dati e la potenza elettrica.

Nel frattempo l'INFN ha realizzato una stazione di misura a 25km al largo di Catania a oltre 2000 metri di profondità, inaugurata nel maggio 2005 e che sarà usata, in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Geofisica, 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. ANTARES rappresenta una tappa intermedia verso la realizzazione del rivelatore da 1km cubo per il quale è fonte di importanti informazioni. La collaborazione ha recentemente immerso in acqua a grande profondità la prima stringa definitiva di fototubi che ha iniziato a raccogliere dati inviandoli a una stazione a terra attraverso un cavo a fibre ottiche.

## LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Lo studio dei raggi cosmici primari è ostacolato dall'atmosfera terrestre. Pertanto gli esperimenti per lo studio dei 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 2005 è stato completato l'apparato PAMELA ed è stato spedito in Russia per l'integrazione sul satellite. 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 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, un altro spettrometro magnetico, caratterizzato dalla grande accettazione angolare. AMS sarà installato sulla stazione spaziale internazionale. La costruzione di AMS, nella quale sono fortemente coinvolti gruppi italiani per la costruzione del tracciatore al silicio, del calorimetro elettromagnetico e del sistema di misura del tempo di volo delle particelle, è continuata regolarmente nel 2005.

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. AGILE sarà dotato anche di un rivelatore di raggi X.

A dicembre 2004-gennaio 2005 è avvenuto il primo 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 fino 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 (AURIGA, EXPLORER e NAUTILUS) 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. Nel 2005 è iniziata l'analisi congiunta dei dati anche in connessione con gli interferometri.

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 e 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 due campagne di raccolta dati per usi scientifici. 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, mentre la continuità di misura ha raggiunto circa il 90% del tempo di funzionamento nel corso del sesto ciclo di presa dati nell'agosto 2005.

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 2005 infine è continuata 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) 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.

#### *Progetto speciale CNGS*

Il progetto CNGS, in collaborazione tra l'INFN e il CERN, prevede la costruzione di una sorgente di neutrini agli acceleratori del CERN. Il fascio prodotto verrà indirizzato nella direzione del Gran Sasso e raggiungerà il Laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 730km. La costruzione del fascio al CERN è iniziata ed è proseguita nel 2005.

#### 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 avrà una durata di circa due anni durante i quali è previsto che continuino i cicli di presa-dati scientifici sia pure con sensibilità ancora ridotta.

Compito iniziale di EGO è anche fornire a VIRGO il necessario supporto tecnico e realizzare le necessarie infrastrutture per il suo funzionamento. In particolare EGO fornisce VIRGO dei necessari mezzi di calcolo per la gestione e l'analisi dei dati prodotti dall'interferometro.

## RICERCHE IN FISICA GENERALE FONDAMENTALE

Alcune attività sono relative a 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, ed è stata definita la progettazione delle masse campione 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 oggetto nel 2005 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. Le difficoltà tecniche sono state superate e nel 2005 è iniziata la costruzione dell'apparato.

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\\_2004/index.htm](http://www.infn.it/comm2/schede_2004/index.htm)*

## 2.3 FISICA NUCLEARE

L'attività di ricerca riguarda i temi più attuali nell'ambito dello studio della struttura e della dinamica di sistemi a molti corpi che nello specifico sono costituiti dai nuclei e dagli adroni.

L'indagine delle proprietà degli adroni e dei loro *quark* costituenti viene condotta utilizzando sonde elettromagnetiche di diversa energia. Esperimenti con fasci di elettroni polarizzati e bersagli polarizzati hanno permesso di studiare il contributo dei *quark* e dei gluoni allo *spin* dei nucleoni e le risonanze barioniche a multi *quark*.

Il comportamento dei *quark* con sapore stranezza nella materia nucleare è studiato attraverso misure di produzione e decadimento di ipernuclei  $\Lambda$  e tali esperimenti utilizzano fasci di K o il meccanismo di elettroproduzione.

La disponibilità di fasci di ioni pesanti, che copre un intervallo energetico molto ampio che va da centinaia di keV ad alcuni TeV per nucleone, permette di affrontare temi diversi di interesse della moderna fisica nucleare.

Con le collisioni di ioni a energie ultrarelativistiche si ha accesso allo studio della transizione di fase della materia nucleare che passa da quella costituita da barioni e mesoni alla fase di plasma di *quark* e gluoni. A più basse energie la transizione della materia nucleare da liquido a vapore viene esplorata utilizzando reazioni con ioni di energia intorno al MeV per nucleone.

L'uso dei diversi fasci di ioni con energie attorno alla barriera Colombiana e con un vasto intervallo di masse ha permesso di studiare le proprietà dei nuclei lontani dalla valle di stabilità e in condizioni estreme di momento angolare e temperatura. La comprensione della struttura in condizioni estreme consente di fornire una verifica molto stringente dei modelli nucleari e delle teorie a multicorpi. Infine nell'intervallo dei keV si misurano reazioni nucleari di grande interesse nel campo dell'astrofisica e per le relative previsioni di modello.

L'attività sperimentale in questi campi è molto attiva e produttiva e si basa sull'uso di strumentazione sofisticata e di fasci di particelle con caratteristiche diverse che sono prodotti nei quattro laboratori nazionali e nei laboratori internazionali.

L'attività svolta e il suo ricco programma collocano il nostro Paese al più alto livello di ricerca nel campo della fisica nucleare e offrono una buona formazione a studenti e dottorandi che operano negli esperimenti grazie allo stretto legame con l'Università che caratterizza l'attività dell'ente.

## IL PLASMA DI QUARK E GLUONI

L'attività di ricerca nell'ambito dello studio delle interazioni di Ioni ultrarelativistici che è condotta al laboratorio CERN è proseguita con successo. L'obiettivo di questa ricerca è la produzione in laboratorio di *quark* e gluoni deconfinati il cui studio ha forti implicazioni nell'evoluzione dell'universo dopo il *Big Bang*. L'esperimento NA50 che studia la produzione di mesoni vettori nelle interazioni pA e Pb-Pb ha concluso le sue analisi confermando la soppressione anomala nella produzione del mesone  $J/\Psi$ , risultato interpretato da L. Maiani *et al.* come possibile indicazione della avvenuta transizione di fase al plasma di *quark* e gluoni. Le misure più recenti hanno studiato interazioni In-In e p-A e hanno anche ottenuto dati relativi alla produzione dei mesoni "charmati" D e dei mesoni a bassa massa  $\rho$ ,

$\omega$  e  $\varphi$  che forniscono informazioni utili alla comprensione del fenomeno del ripristino della simmetria chirale.

Il principale impegno di questi anni nel campo della ricerca del *quark gluon plasma* resta tuttavia la costruzione del rivelatore ALICE. L'esperimento riguarda lo studio delle interazioni tra nuclei pesanti al nuovo collisionatore LHC del CERN. L'apparato dovrà essere pronto per la prima presa dati attesa nel 2007; alla sua costruzione lavorano più di 1000 ricercatori di 70 Paesi e l'Italia è fortemente impegnata nella realizzazione di molte parti del rivelatore. Partecipano a questo esperimento 134.8FTE (*Full Time Equivalent*), alcuni dei quali 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 *multistep*. I primi moduli finali sinora prodotti hanno confermato le prestazioni eccezionali in efficienza e risoluzione temporale riscontrate nei prototipi, grazie agli sviluppi meccanici ed elettronici realizzati.

Il lavoro condotto sul sistema di tracciamento centrale (ITS), basato su rivelatori al Si, ha raggiunto gli obiettivi stabiliti sulle prestazioni di questo rivelatore dell'apparato. Per i rivelatori a PIXEL è stata completata con successo la fase di *test* di integrazione e sono stati successivamente messi in opera i centri di montaggio e costruzione di responsabilità italiana. Le prestazioni dei rivelatori al Si a deriva sono state provate con fascio e questo ha poi permesso di portare avanti la fase di costruzione. La consegna dei rivelatori a *strip* è in fase avanzata. È stato realizzato il *chip* di *Front End*, anch'esso in fase avanzata di produzione. I 7 moduli finali del sistema HMPID per l'identificazione delle particelle ad alto momento sono stati assemblati così come 2 dei 4 calorimetri a zero gradi (ZDC).

Infine i ricercatori italiani sono fortemente coinvolti nello sviluppo del calcolo di ALICE; sono stati definiti i quattro siti italiani in cui verranno realizzati i Tier-2 sulla base dei risultati conseguiti nei due centri pilota di Catania e Torino. È stato messo a punto un ambiente di analisi e produzione dati trasparente per gli utilizzatori facente uso del sistema GRID. È in corso un *Physics Data Challenge* che utilizza le risorse di calcolo comuni complessivamente a disposizione agli esperimenti LHC.

## LA STRUTTURA DEL NUCLEONE E DEGLI IPERNUCLEI

È progredito il vasto programma di misure relative allo studio della struttura a *quark* degli adroni con sonde elettromagnetiche. La sperimentazione in quest'ambito è condotta in diversi laboratori europei (in Francia e Germania) e negli Stati Uniti. Ottimi risultati sono stati ottenuti da questi esperimenti.

L'esperimento HERMES a DESY, che studia la struttura di *spin* dei nucleoni con fasci di elettroni polarizzati su bersagli polarizzati, ha ottenuto nuovi dati sulla componente trasversa dello *spin* del nucleone. È iniziata l'installazione di un "recoil detector" che permetterà la misura di processi esclusivi.

AIACE al TJNAF (USA) ha studiato con alta statistica la possibile produzione di un barione esotico con stranezza  $S=+1$  (*pentaquark*). Non trovando il segnale ha stabilito un limite superiore alla sezione d'urto di produzione. Ha inoltre continuato le misure delle funzioni di struttura non polarizzate del protone e deutone che permettono la valutazione della estensione dei *quark* costituenti. La collaborazione ha infine iniziato il montaggio di un contatore Cherenkov per lo studio della funzione di struttura  $g_1$  del protone a bassi momenti trasferiti.

Sempre al JNAF la collaborazione LEDA ha completato la misura della elettroproduzione di ipernuclei su bersaglio di carbonio, portando così a termine un programma a lungo perseguito e per il quale il gruppo italiano ha costruito rivelatori Cherenkov e setti magnetici.

Infine è proseguita l'attività dell'esperimento CTT al nuovo acceleratore di Mainz con lo scopo di studiare proprietà delle risonanze del nucleone utilizzando fasci di fotoni polarizzati su bersagli di protone e deutone polarizzati.

L'attività con sonde adroniche si svolge ai LNF dove FINUDA ha raggiunto un importante obiettivo misurando la produzione di ipernuclei in interazioni di mesoni K sui nuclei  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^{12}\text{C}$ ,  ${}^{27}\text{Al}$ ,  ${}^{51}\text{V}$ . Un risultato ottenuto molto interessante è quello relativo all'evidenza sperimentale di uno stato legato  $K^-\text{pp}$  nell'assorbimento di kaoni negativi a riposo. Va osservato che il buon esito dell'esperimento rappresenta un notevole successo per la fisica nucleare italiana e per il Laboratorio nazionale di Frascati. La produzione di oltre un milione di eventi permetterà infatti lo studio della spettroscopia ipernucleare ad un livello senza precedenti.

Sempre ai LNF, SIDDARTHA ha consolidato i risultati ottenuti sulle proprietà dell'idrogeno kaonico e ha iniziato la costruzione di un nuovo rivelatore al Silicio che permetterà misure di raggi X con una forte riduzione del fondo.

Infine sono iniziati gli studi per la partecipazione italiana alla costruzione del rivelatore PANDA che alla nuova macchina del GSI intende studiare tra gli altri problemi riguardanti la struttura di ibridi, la spettroscopia del charmonio e degli ipernuclei con doppio lambda.

ASTROFISICA NUCLEARE

Misure di sezioni d'urto nucleari fino ad energie tipiche dei processi stellari e, quindi, molto interessanti per l'astrofisica sono state realizzate da gruppi italiani negli ultimi anni. In particolare nuove informazioni riguardanti la probabilità delle diverse reazioni permettono di migliorare i modelli interpretativi di fenomeni legati al *Big Bang* e alla nucleosintesi primordiale. Ciò è stato possibile grazie alla realizzazione di nuovi apparati (gli acceleratori elettrostatici installati presso i LNGS, la *facility* per neutroni presso il CERN, il separatore ERNA per ioni di rinculo a Bochum) e lo sviluppo di nuove tecniche sperimentali, soprattutto per tenere in considerazione l'effetto di *electron screening* nella regione a più bassa energia.

Nel campo dell'astrofisica nucleare è di grande importanza l'esperimento LUNA che, essendo installato nei laboratori del Gran Sasso, sfrutta la forte riduzione della componente di fondo per misurare sezioni d'urto estremamente basse (fino al *picobarn*). L'esperimento ha misurato la sezione d'urto della reazione  $d(p,\gamma)^3\text{He}$  nella regione del picco di Gamow del Sole e ha effettuato la prima misura diretta della reazione  $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$  fino all'energia di 135KeV. I risultati hanno mostrato una riduzione di un fattore 2 della sezione d'urto rispetto a quella usata nei calcoli del modello standard solare. Come conseguenza la stima del flusso dei neutrini solari provenienti dal ciclo CNO si è ridotta all'incirca dello stesso fattore e l'età stimata dei Cluster Globulari (i componenti più vecchi della galassia) è cresciuta di 0.7-1 miliardi di anni.

Al LNGS è stata 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.

ERNA a 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  $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ , una reazione di fondamentale importanza in quanto determina il rapporto C/O nella nucleosintesi. Inoltre, a partire dal 2005, è iniziata la misura della sezione d'urto della reazione  $^3\text{He}(\alpha,\gamma)^7\text{Be}$  per  $E_{\text{cm}}=0.6-2.5\text{MeV}$ . Infine ASFIN ha misurato le reazioni  $^7\text{Li}(d,\alpha)^4\text{He}n$  e  $^6\text{Li}(d,\alpha)^3\text{He}n$  usando il deuterio come proiettile. 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.

Misure di interesse astrofisico sono anche state fatte da nTOF al CERN che ha usato la *facility* per lo studio di sezioni d'urto di neutroni. L'apparato ha infatti permesso la misura di numerose sezioni di cattura. Le misure realizzate sono quelle relative al  $^{139}\text{La}$  e  $^{90}\text{Zr}$ , nuclei con numero magico di neutroni che svolgono la funzione di collo di bottiglia per il processo s, quella dell'isotopo radioattivo  $^{151}\text{Sm}$  di interesse per la competizione tra processo s ed r, quelle

di  $^{24,25,26}\text{Mg}$  importanti per la definizione delle sorgenti di neutroni nelle stelle e quelle di  $^{186,187,188}\text{Os}$ , fondamentali per lo studio del cosmocronografo Os/Re.

## NUCLEI IN CONDIZIONI ESTREME

L'attività di ricerca in questo settore ha come obiettivo quello di esplorare come le proprietà di struttura dei nuclei si evolvono o cambiano quando questi ultimi sono prodotti in condizioni estreme di *isospin*, massa, *spin* e temperatura. I meccanismi più rilevanti e di interesse che agiscono in queste circostanze 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 a una di tipo gassoso. La sperimentazione in questo campo viene condotta presso i laboratori di Legnaro e del Sud e in laboratori esteri che utilizzano prevalentemente fasci di ioni pesanti. Le tecniche sperimentali usate sono la spettroscopia gamma e la misura ad alta risoluzione di prodotti di reazioni.

Ai laboratori LNL la collaborazione GAMMA ha continuato lo studio della struttura nucleare e gli effetti di struttura sui meccanismi di reazione con fasci di ioni stabili realizzando misure di spettroscopia gamma con l'apparato che utilizza congiuntamente lo spettrometro magnetico PRISMA e un sistema di rivelatori al Ge (CLARA). I nuclei studiati hanno la caratteristica di trovarsi abbastanza lontano dalla valle di stabilità. Risultati interessanti sono stati ottenuti per quanto riguarda la simmetria di *isospin* in nuclei speculari, lo studio della regione di transizione ordine-caos e dei nuclei con comportamento intermedio tra quello rotazionale e vibrazionale. Al GSI, nell'ambito del progetto RISING, sono state condotte misure di spettroscopia gamma con fasci di ioni radioattivi di alta energia prodotti con la tecnica della frammentazione con l'obiettivo di studiare le proprietà di stati collettivi popolati tramite eccitazione Colombiana in nuclei di interesse astrofisico.

EXOTIC ha portato a termine presso i laboratori LNL la costruzione della linea per la produzione di fasci esotici. È stato prodotto il fascio di  $^{17}\text{F}$  ed è in programma la produzione di  $^8\text{B}$ ,  $^7\text{Be}$ . Il programma sperimentale si incentra sulle misure della sezione d'urto di diffusione elastica, di *break-up*, di *stripping* e di fusione a bassa energia che sono sensibili alla struttura ad alone di questi nuclei.

Ai LNS è stato prodotto il primo fascio di  $^8\text{Li}$  con EXCYT, con intensità molto prossime a quelle stimate. Lo spettrometro MAGNEX, che ne farà uso, è in avanzato stadio di *commissioning* con fasci stabili.

Per quanto riguarda la nuova strumentazione per la spettroscopia gamma con fasci radioattivi è continuata l'attività di sviluppo del prototipo del rivelatore al Ge AGATA. Quest'attività si svolge nell'ambito di una vasta collaborazione europea.



Lo studio della dinamica delle reazioni nucleari è stato affrontato dagli esperimenti NUCL-EX, ISOSPIN, FRIBS, FIESTA e N2P. I campi di indagine sono l'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. Per questi studi si fa un uso predominante dei fasci e della strumentazione disponibili presso i LNL e LNS. ISOSPIN ha svolto misure con l'apparato CHIMERA ai Laboratori del Sud, ottenendo informazioni sui tempi di emissione di frammenti di massa intermedia in collisioni periferiche. All'interno di ISOSPIN continuano con MEDEA gli studi sulla scomparsa del moto collettivo in nuclei caldi, possibile segnale della transizione di fase liquido-gas. FRIBS ha prodotto presso i LNS fasci di frammentazione in volo alle energie intermedie che ha utilizzato per studi sulla frammentazione di proiettili esotici. Il programma sperimentale prevede anche lo studio del decadimento per di-protoni di stati eccitati del  $^{18}\text{Ne}$ .

NUCL-EX ha eseguito misure sullo studio della termodinamica dei nuclei utilizzando reazioni con ioni pesanti a LNL (basse energie) con GARFIELD e ai LNS (energie intermedie) con CHIMERA. Sono inoltre in fase di completamento le analisi riguardanti due serie di misure, una sulla termodinamica nucleare e l'altra sullo studio dei meccanismi di smorzamento della risonanza gigante di dipolo.

L'esperimento N2P, è nella fase di assemblaggio del rivelatore di neutroni a *proton recoil* da utilizzarsi a breve presso i LNS. Per quanto riguarda la sperimentazione presso il TAMU, è stato montato l'*array* per la misura dei neutroni. Sono programmate misure di *test del set up* finale e di raccolta dati per esperimenti con fasci radioattivi.

#### *Progetto speciale SPES*

Con il 2004 la fase iniziale del progetto SPES, denominata SPES-1, è entrata nella fase realizzativa. La discussione sulla fisica e sull'articolazione del progetto in obiettivi principali è continuata in tutto il 2005, allo scopo di ottimizzare gli investimenti in funzione della *facility* completa SPES.

E' proseguita la costruzione dell'RFQ. Per quel che riguarda il *LINAC* superconduttore è in fase di conclusione la costruzione di una cavità di tipo *ladder* e di studio una cavità di tipo *half-wave* in grado di essere utilizzata immediatamente dopo l'RFQ. È proseguito lo sviluppo dei bersagli; in particolare è stato testato con un fascio di elettroni corrispondente alla densità di potenza nominale il convertitore in berillio per la produzione dei neutroni termici necessari per la fisica interdisciplinare (BNCT). Continuano inoltre i *test* costruttivi del convertitore in carbonio e della sua movimentazione, e del bersaglio in uranio per la

produzione dei nuclei esotici per la fisica nucleare. Infine sono iniziati gli studi ingegneristici e la realizzazione di alcuni prototipi iniziali in alluminio per quanto riguarda la costruzione di un *target* sottile di uranio in grado di produrre nuclei esotici sfruttando la fissione indotta direttamente da un fascio di protoni da 40MeV su uranio.

Si è conclusa la prima gara per la preparazione del sito, attività che occuperà certamente tutto il 2006.

#### *Progetto speciale EXCYT*

Il progetto EXCYT rappresenta per l'Istituto un importante impegno nel campo della produzione di fasci esotici da impiegare per la fisica nucleare. Tale progetto è basato sulla applicazione di tecniche di tipo ISOLDE per la produzione di fasci radioattivi e si può catalogare fra le cosiddette *facility* di prima generazione sia dal punto di vista della potenza massima del fascio primario (500W) che da quello delle intensità massime dei secondari prodotti (al massimo  $10^7$ pps). Nonostante ciò EXCYT può giocare un ruolo particolarmente importante nel panorama della fisica nucleare con fasci esotici leggeri ( $A < 40$ ) sotto o attorno alla barriera coulombiana. L'impiego di tali fasci esotici riveste particolare importanza nel campo della astrofisica nucleare e dello studio dei meccanismi di reazione e della struttura dei nuclei in condizioni particolare di rapporto N/Z. Tali fasci hanno peraltro caratteristiche di unicità nel panorama nazionale ed europeo delle *facility* per fasci esotici già funzionanti o in fase conclusiva di realizzazione. I programmi di ricerca in questi ambiti potranno trarre anche grande vantaggio dalla disponibilità contemporanea ai LNS di apparati sperimentali dedicati di elevate prestazioni quali MAGNEX, di *set-up* dedicati come quello sviluppato nell'ambito della collaborazione ASFIN, nonché di tutti i grandi apparati sperimentali già disponibili.

La *facility* EXCYT è stata completamente realizzata e attualmente è nella fase finale di *test*. L'attività di *upgrading* del ciclotrone superconduttore come *driver* primario con l'obiettivo di raggiungere il limite di 500watt per fasci di ioni leggeri (C, N, O, Ne, S) con una energia fra 50 e 70Amev. Attualmente la macchina è capace di produrre fasci di questo tipo con una potenza massima di 100W.

Il sistema bersaglio-sorgente, già provato con successo presso i laboratori di GANIL in Francia, dal giugno 2005 è entrato in operazione presso i Laboratori Nazionali del Sud. Con un fascio di  $^{13}\text{C}$  a una energia di 45AmeV e con una potenza incidente di 18W sono stati prodotti  $3 \times 10^4$ pps di  $^8\text{Li}$ . Alla luce di questi incoraggianti risultati e considerate le prime richieste sperimentali si è deciso che  $^8\text{Li}$  sarà il primo fascio radioattivo che verrà prodotto.

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

<http://www.ct.infn.it/%7ewebcom3/esperimenti2004.html>

## 2.4 FISICA TEORICA

Le attività di ricerca si svolgono prevalentemente in Iniziative Specifiche (IS) che nel 2005 si sono raggruppate in 5 settori: 1) Teorie di corda e di campo, 2) Fenomenologia delle particelle, 3) Nuclei e materia nucleare, 4) Metodi matematici, 5) Astroparticelle e Onde gravitazionali.

Nel seguito sono riportate schematicamente le attività di ricerca nei cinque settori e il Progetto APE. Per ogni settore è riportato l'indice bibliometrico dato dalla somma delle citazioni dei 10 lavori con il più alto numero di citazioni nel triennio 2001-2003 ottenuto nella analisi del 2004 sullo Standard ISI *citation index* (tali indici hanno delle limitazioni, in particolare riteniamo importante avere una normalizzazione in maniera tale da rendere più facile la costruzione di un criterio per confrontare tra loro settori diversi).

### TEORIA DI CORDA E DI CAMPI

La ricerca in questo settore può essere divisa nelle seguenti tre linee.

a) Teoria di Campo e della Corda. Questa linea è quella maggioritaria e sta attraendo il maggior numero di studenti del Dottorato di Ricerca e di PostDocs. La struttura matematica è molto ben definita. Il fine è la costruzione di una teoria quantistica che includa la gravitazione, teorie oltre il Modello Standard e una soluzione di uno dei più importanti problemi della QCD: Il confinamento del colore.

Vanno menzionate le seguenti linee di sviluppo: dualità AdS/CFT e connessione con il confinamento del colore, lo scenario delle extra dimensioni che è suggerito dalla teoria della corda, compattezza e supergravità, deformazione non commutativa in teoria dei campi, teorie di campo e teorie effettive sulle *D-brane* e scenari cosmologici suggeriti dalla teoria della corda.

b) Teoria di Gauge su reticolo, LGT. I progetti di questa linea sono dedicati allo studio di aspetti di base non perturbativi (si veda più avanti per LGT e le applicazioni a studi di argomenti di fenomenologia). Gli studi recenti più importanti di questa linea sono: stato del vuoto di QCD e confinamento del colore, deconfinamento ad alta temperatura (questo aspetto è rilevante negli urti di ioni pesanti), fermioni a densità finita (questo aspetto è rilevante per le stelle ultradense) e formulazione non perturbativa della supersimmetria su reticolo. Sviluppi significativi avvengono grazie ai computer APEmille (e apeNEXT che è in fase di installazione).

c) Fisica statistica e teoria dei campi. Sistemi di teorie di campo a bassa dimensionalità, sistemi integrabili, fenomeni critici per sistemi complessi. Reti neurali per applicazioni allo studio di sistemi fisici. Applicazione a sistemi biofisici e a sistemi turbolenti di metodi di

teoria dei campi (anche con tecniche computazionali). Le tecniche usate sono quelle tipiche della teoria dei campi e comportano anche massicci calcoli numerici.

In questo settore vi sono circa 230 ricercatori. L'indice bibliometrico citato è: 425.

## FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE

La ricerca di questo settore può essere divisa nelle seguenti tre linee.

a) Modello Standard e oltre. Sviluppi più recenti si sono avuti nei settori: fisica del neutrino (massa del neutrino e fisica del sapore), rottura della simmetria elettrodebole in teorie supersimmetriche con dimensioni extra, gravità alla scala del TeV, modello DGP e gravità forte, Fisica dell'Higgs e distribuzione della massa e misure di precisione e limiti sulla supersimmetria.

b) QCD perturbativa (e non perturbativa). Gli argomenti da segnalare sono: calcoli ad alti ordini allo scopo di aumentare l'affidabilità delle distribuzioni ottenute, risommazione di infiniti termini dominanti, studi sulla distribuzione di *multi-jet* e sul limite di alta energia del "*deep inelastic scattering*", sviluppo e implementazione dei codici Montecarlo per collisioni dure con "*matching*" all'ordine sottodominante (NLO), attendibilità teorica della frammentazione elementare, modelli effettivi per il decadimento di particelle pesanti con sapore e lo studio della matrice di CKM e QCD a temperatura e densità finita.

c) Modello standard e QCD su reticolo. Si usa la lagrangiana della QCD su reticolo per calcolare osservabili fisici. I *computers* APEmille sono essenziali per questo tipo di studi. I risultati recenti sono nei settori seguenti: calcolo della matrice CKM e della Hamiltoniana effettiva elettrodebole, calcolo dei parametri per il decadimento di particelle pesanti, formulazione di una lagrangiana su reticolo per fermioni (proprietà chirali, problema del doppio conteggio nei fermioni, algoritmi efficienti), proprietà fondamentali della QCD (gruppo di rinormalizzazione e accoppiamento variabile) e QCD a temperatura e densità finite. Questi studi sono finalizzati al calcolo di osservabili per la fisica degli urti tra gli ioni pesanti e per le stelle ultra dense. In questo settore operano circa 130 ricercatori.

L'indice bibliometrico citato è: 511.

## NUCLEI E MATERIA NUCLEARE

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

a) Struttura nucleare. Studio di nuclei lontani dalla regione di stabilità. Vengono studiati in particolare: nuclei esotici con eccesso di protoni o neutroni, eccitazioni collettive di sistemi a molti fermioni, *pulsar* superfluide e stelle di neutroni. I metodi qui usati permettono anche lo studio di sistemi a multicorpi come gli aggregati metallici e il fullerene.

b) Reazioni nucleari. Risonanze giganti nelle collisioni a energie alte e intermedie, effetti di *spin* isotopico nella transizione liquido-vapore, equazioni cinetiche relativistiche per la formulazione di una lagrangiana effettiva per sistemi lontani dalla regione di stabilità, equazioni del trasporto con *quarks* e interazioni elettrodeboli.

c) Collisioni tra ioni pesanti, plasma di *quarks* e gluoni. Questo campo è attualmente in grande sviluppo. I risultati principali riguardano lo studio del diagramma di fase temperatura-potenziale chimico e degli osservabili che sondano il deconfinamento dei *quarks*. Gli studi fenomenologici sono in relazione agli esperimenti di LHC (Alice) e Rich.

In questo settore operano circa 100 ricercatori. L'indice bibliometrico citato è: 255.

#### METODI MATEMATICI.

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

a) Fondamenti della meccanica quantistica e applicazioni per stati "entanglement" e possibilità di sviluppi su informazione quantistica.

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

c) Termodinamica fuori dall'equilibrio e generalizzazione del principio di minima dissipazione. Questa ricerca è rilevante per lo studio dell'evoluzione dell'universo primordiale.

In questo settore operano circa 90 ricercatori. L'indice bibliometrico citato è: 90

#### ASTROPARTICELLE

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

a) Astrofisica particellare e nucleare. Questo settore sta attraendo vari giovani, studenti del Dottorato di Ricerca e PostDocs. Molti studi sono stati fatti sulla fisica del neutrino. Questi coinvolgono in particolare: neutrini solari e atmosferici, il *mixing* delle masse del neutrino e le oscillazioni, il neutrino nei modelli supersimmetrici e in cosmologia e l'assenza del neutrino nel doppio decadimento beta. La fisica nucleare gioca un ruolo importante nello studio delle *pulsars* superfluide e delle stelle di neutroni. Questi sono stati sviluppati nelle proposte di nuovi modelli e rivelazione di particelle debolmente interagenti.

Negli anni recenti ci sono stati sviluppi importanti nella cosmologia come lo studio di uno scenario prima del *Big Bang* nella cosmologia con la corda, l'universo primordiale, problemi di coincidenza cosmica, inflazione e parametri cosmologici e quintessenza.

b) Importanti risultati sono stati ottenuti recentemente nello studio di sorgenti cosmologiche che emettono onde gravitazionali.

In questo settore agiscono circa 90 ricercatori. L'indice bibliometrico citato è: 465.

#### *Progetto speciale APE*

Il progetto speciale APE, iniziato nel 1984, ha prodotto finora quattro famiglie di elaboratori paralleli di altissime prestazioni per il calcolo scientifico: APE, APE100, APEmille e apeNEXT. Questo ultimo è nella fase di produzione di massa dopo che nel 2004 sono stati effettuati con successo tutte le verifiche di funzionamento delle macchine prototipo.

I processori APE, basati su architetture modulari e disponibili in versioni di varia potenza di calcolo, a partire da APE100 sono stati disponibili commercialmente e acquistati da enti di ricerca e università estere, oltre che installati in varie Sezioni dell'Ente. 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.

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. Negli ultimi anni è iniziata una stretta collaborazione con la società Neuricam, inizialmente per la produzione di massa degli elaboratori, poi anche nello studio e progetto di soluzioni *hardware*, in particolare nell'ambito del progetto apeNEXT e APENet.

Il progetto APE è sviluppato in stretta collaborazione con fisici teorici che intervengono a tutti i livelli, dal VLSI alla definizione degli algoritmi. 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.

Nel caso della famiglia APEmille, dal 2000, varie sezioni dell'INFN hanno installazioni per un totale di quasi 1.5TFlops. Queste macchine sono state installate anche presso Laboratori e Università europee per un totale di ulteriori circa 0.7TFlops.

Il progetto apeNEXT è stato sviluppato in modo che ogni gruppo potrà ottenere i migliori risultati con minimi o nessun aggiustamento dei programmi. Questo è dovuto al fatto che il *software* applicativo e di sistema delle macchine apeNEXT è compatibile con quello di APEmille rendendo così il passaggio dall'una all'altra piattaforma praticamente immediato.

Vari gruppi teorici hanno contribuito direttamente al progetto con studi di efficienze e simulazioni di modelli architetturali cosicché questa migrazione sarà ancora più agevole.

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-receive*) con una latenza complessiva inferiore ai 6 $\mu$ S (per *buffer* da 1KB) parametri prossimi al picco teorico. Attualmente è in fase di consegna un nuovo *cluster* da 128 nodi (dual INTEL XEON 3.4GHz) la cui *network* di interconnessione, sempre basata su APENet, integrerà gli ultimi sviluppi effettuati sul *firmware* della scheda (RDMA).

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

*<http://www.mi.infn.it/~com4/summaries/ixx>.*

## **2.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI**

L'INFN conserva e rafforza nel 2005 la forte 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 e 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 discipline che fanno uso delle tecnologie sviluppate altrimenti per le attività di ricerca dell'INFN.

### **RIVELATORI**

Nel 2005 si sono realizzati sistemi di rivelazione basati su substrati semiconduttori di silicio. In particolare sono iniziate le prove sulle camere a deriva controllata in silicio dell'esperimento COMPTON, inserito in una collaborazione internazionale, che intende sviluppare una Compton camera per *imaging* medico con risoluzione submillimetrica.

Le esigenze di resistenza alle radiazioni e di riduzione dei materiali motivano l'esperimento TREDI che vuole realizzare veloci e compatte strutture di rivelazione tridimensionali sia a singola che a doppia colonna.

Sempre per quanto riguarda i rivelatori, l'esperimento PIXILA ha realizzato un sistema nel quale una camera GEM è costruita direttamente su di un *chip* CMOS, in maniera tale che questo insieme divenga, allo stesso tempo, il rivelatore e il sistema di lettura.

A proposito di tecnologie di frontiera, la capacità, realizzata dall'esperimento SQUAT, di creare e controllare in modo coerente campioni di atomi ultrafreddi, si è concretizzata in una proposta presentata nella CSN2 per lo studio delle forze superficie-atomo su scala micrometrica. In questo range di distanze ( $5\div 10\mu\text{m}$ ) sia il termine di Casimir-Polder, nonché le fluttuazioni termiche del campo elettromagnetico possono essere studiati con tecniche interferometriche basate sulla fisica dei gas atomici ultrafreddi.

## ACCELERATORI

Nel 2005, nell'ambito delle tecniche acceleratrici per ioni, si è consolidato il ruolo di *leadership* a livello internazionale dell'INFN (esperimento PLAIA) e conseguentemente si sono consolidati i rapporti di consulenza e collaborazione con gruppi europei e giapponesi.

Utilizzando l'intensa sorgente di luce infrarossa (SINBAD) disponibile ai LNF è iniziato un esperimento che ha come scopo la costruzione 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 20GPa) e a basse temperature (fino a 2°K).

Stante l'impegno che l'INFN ha con il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, si sono consolidate le ricerche sulle tecnologie legate alle strutture acceleranti per terapia oncologica, sia dal versante dello studio e progettazione di nuove macchine (esperimento SCENT), che da quello dello sviluppo di post-acceleratori per la diffusione delle tecniche adroterapiche in ambiente ospedaliero (esperimento PALME).

Si stanno avviando a conclusione, con ottimi risultati, iniziative di R&D connesse con il progetto SPARC, come ad esempio gli studi sul trasporto di fasci di raggi X monocromatici (ottenibili dal primo stadio di accelerazione di SPARC) per *imaging* biomedico *in vivo* (esperimento MAMBO).

## APPLICAZIONI INTERDISCIPLINARI

Nel 2005, 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), gli studi di radiobiologia connessi con l'attività umana nello spazio (esperimento SI-RAD).

La BNCT (*Boron Neutron Capture Therapy*) continua e rilancia il trattamento dei pazienti, con bersaglio primario, il fegato espantato. Sempre all'interno della stessa tematica,



si è sviluppata l'iniziativa PHONES, il cui scopo è di sviluppare una sorgente di neutroni basata sull'utilizzo di acceleratori lineari per radioterapia già presenti negli ospedali, simulandone e misurandone le fluenze e gli spettri energetici.

Nell'ambito del *software* applicativo, le varie esperienze di analisi automatica di immagini medicali si sono armonizzate nella collaborazione MAGIC-5, che ha realizzato una *virtual organization*, utilizzando la struttura GRID, per la mammografia digitale e che fornisce ai radiologi collaboranti strumenti di supporto per la diagnosi precoce dei tumori polmonari e per l'analisi dati della PET cerebrale (Alzheimer).

Continua il lavoro nell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico e prosegue la sperimentazione delle tecniche di *dual-energy* nell'analisi di pitture. Nel 2005 si è consolidata l'applicazione delle tecniche nucleari sviluppate in quest'ambito (LABEC), allo studio del particolato atmosferico, che ha portato ad una serie di campagne di campionamento, raccogliendo una grande quantità di misure, che analizzate hanno dato una visione della situazione del particolato su di una vasta area di territorio.

#### *Progetto speciale LABEC*

A partire dal 2003, nell'ambito del progetto speciale LABEC e in sinergia con esperimenti specifici finanziati in Commissione V, si è grandemente potenziata l'attività della Sezione di Firenze (in collaborazione con quelle di Milano e Genova e con il gruppo LANDIS dei LNS) nel campo delle applicazioni delle tecniche nucleari ai beni culturali e al monitoraggio ambientale. L'installazione del nuovo acceleratore Tandem è iniziata nel maggio 2003 e la parte comprendente le sorgenti, l'acceleratore e la linea di fascio per spettroscopia di massa (AMS) è stata completata e collaudata nell'aprile 2004. In parallelo, dopo la dismissione del vecchio Van de Graaff della Sezione, avvenuta a fine 2003, nel laboratorio Tandem era iniziato anche il montaggio delle linee di fascio per le applicazioni di *Ion Beam Analysis* (IBA). Il laboratorio del LABEC è infatti il primo dove si possono applicare con una stessa macchina tanto le tecniche IBA quanto la AMS.

Il laboratorio è dunque divenuto operativo nel corso del 2004, nel rispetto dei tempi già molto stretti previsti nel 2001 all'inizio del progetto speciale. Dal 2005 si lavora con sistematicità sia per le datazioni  $^{14}\text{C}$  da misure AMS – per le quali si sono già raggiunti livelli competitivi a livello mondiale in quanto a limite di databilità e precisione delle misure – sia per misure IBA, per lo studio di opere d'arte o di interesse storico o archeologico, per il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico e per studi petrografici.

Per ciò che riguarda l'attività AMS, nell'ambito del progetto è stato anche interamente allestito il laboratorio per la preparazione dei reperti da datare col  $^{14}\text{C}$ , prerequisito

fondamentale per le misure AMS con l'acceleratore. Nell'ultimo anno il Tandem ha così potuto produrre oltre duecento misure AMS di concentrazione di  $^{14}\text{C}$ , e si sono avviati importanti progetti di collaborazione con gruppi di archeologi: ad esempio per la campagna di datazioni relative agli scavi del progetto Grandi Uffizi, e per lo studio degli insediamenti archeometallurgici etruschi nelle aree meridionali della Toscana.

Per quanto riguarda le tecniche IBA, col 2005 è stato completato l'allestimento di cinque linee di fascio indipendenti. Nel merito delle applicazioni specifiche a beni culturali, vale la pena di ricordare le analisi in PIXE differenziale del "Ritratto di uomo" di Antonello da Messina, del Museo Civico di Torino, e le analisi PIGE e PIXE su tessere vitree di mosaico rinvenute nel corso degli scavi a Villa Adriana, Tivoli. Nel campo degli studi sull'inquinamento atmosferico da polveri fini, sono poi state effettuate, in collaborazione con le ARPA regionali e altre Istituzioni, migliaia di misure di composizione della componente di elementi medi e pesanti in campioni di aerosol prelevati in Toscana, Liguria, Lombardia, Puglia. Oltre a queste analisi nel merito di specifici problemi applicativi, si è poi ampiamente lavorato all'ottimizzazione delle metodologie sperimentali: è stato ad esempio realizzato un innovativo *set-up* di microfascio con fascio estratto in atmosfera; è stata messa a punto una nuova tecnica, la PIXE differenziale, che consente di analizzare la struttura stratigrafica dei dipinti.

*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**

I principali obiettivi raggiunti nel corso del 2005 sono elencati nel seguito.

- DAFNE ha funzionato a pieno regime per completare il programma sperimentale. A fine 2005 KLOE avrà raccolto 2 inversi *ph-barn* sulla risonanza  $\Phi$ , il programma sperimentale di KLOE sarà concluso a fine Marzo 2006.
- Le linee di sincrotrone di DAFNE hanno funzionato a pieno regime. Nel corso del 2005 è iniziato il programma di costruzione di una nuova linea di raggi x-molli e il miglioramento delle linee esistenti, raggi X, raggi UV e raggi infrarossi.
- FINUDA ha completato i lavori di miglioramento dell'apparato in vista della presa dati su DAFNE che comincerà a Luglio 2006.

- SIDDHARTA ha continuato la costruzione dei rivelatori e prevede di entrare su DAFNE nel corso del 2007.
- La Divisione Acceleratori ha continuato lo studio di un *upgrade* di DAFNE, in luminosità ed energia, con l'obiettivo di poter scrivere una descrizione tecnica della macchina entro Settembre 2006.
- E' continuata l'attività di ricerca e sviluppo nel campo delle macchine acceleratrici, con:
  - a) la costruzione e commissioning dei primi elementi della sorgente di SPARC; l'inizio della sperimentazione è prevista nei primi mesi del 2006
  - b) 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;
  - c) è continuata la partecipazione alla progettazione, costruzione e messa in funzione della macchina del Centro Nazionale di Adroterapia e sono iniziate le misure magnetiche degli elementi del sincrotrone;
  - d) è continuata la partecipazione al progetto CTF3 al CERN, finalizzato allo sviluppo di una sorgente RF basata sul concetto di *Two Beam Accelerator* (CLIC); sono state completate il montaggio e la messa in funzione delle componenti di responsabilità INFN;
  - e) è continuata la partecipazione alle fasi di progettazione e di R&D per *l'International Linear Collider*, con particolari responsabilità sul progetto dei *Damping Rings* e sui *Kicker* veloci. Modelli di *Kicker* veloci sono stati costruiti e saranno montati sull'acceleratore DAFNE nel corso del 2006.
- È continuato il programma di ricerca nel campo delle onde gravitazionali.
- E' continuata la partecipazione al programma europeo I3HP (*Hadron Physics*), CARE, EUROTEV ed EUROFEL del VI Programma Quadro.
- E' iniziata la costruzione di un nuovo laboratorio di LASER ad alta potenza nella zona sperimentale di SPARC. Saranno studiate tecniche di accelerazione con plasmii prodotti dalla luce *laser* e interazioni tra il LASER di alta potenza e gli elettroni di SPARC.
- 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.

- E' iniziata la costruzione di un laboratorio dedicato alla preparazione di esperimenti nello spazio, con l'esperimento LARES.
- La continuazione dei corsi di Master, assieme alle università di Roma "La Sapienza" e Roma "Tor Vergata".
- Nel corso del 2005 ci sono state, nei LNF, più di trenta riunioni, tra conferenze e riunioni di collaborazioni.

## LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO

Il 2005 è stato per i laboratori un anno particolarmente impegnativo per dotare il complesso degli acceleratori di uno strumento adeguato al ruolo dei laboratori come "*large scale facility*" in ambito europeo. Lo sforzo per la messa in funzione del nuovo sistema di accelerazione, rappresentato dall'iniettore PIAVE e dall'acceleratore lineare ALPI è proseguito ininterrottamente: a Giugno 2005 finalmente un fascio prodotto in PIAVE è stato accelerato in ALPI e inviato in una sala sperimentale. Questo fatto ha segnato contemporaneamente il recupero del sistema criogenico di ALPI, fermo per parecchi mesi per un problema di infiltrazione d'acqua nell'impianto, e la messa in funzione per la prima volta della nuova rete di distribuzione dell'elio liquido. Le cavità a basso beta di ALPI possono ora essere raffreddate contemporaneamente a tutte le altre, rendendo disponibili nuovi fasci a più alte masse.

Gli altri acceleratori: TANDEM, 7MV-CN e 2MV-AN2000 hanno continuato a fornire fasci all'utenza pur con qualche interruzione dovuta alla vetustà degli impianti. Le problematiche di fisica affrontate sono state: lo studio dei meccanismi di reazione e la struttura di nuclei ricchi di neutroni, prodotti tramite reazioni di trasferimento a multinucleoni; è significativa al riguardo l'entrata in funzione del nuovo apparato PRISMA-CLARA, ormai completato. Misure di spettroscopia gamma sono state effettuate con l'apparato GASP, che ha concluso la fase di ristrutturazione ed è stato dotato di tutta una serie di rivelatori ancillari per affrontare le nuove campagne di misura.

Dall'analisi dei dati raccolti con l'apparato GARFIELD sono emersi importanti risultati relativi alla problematica della Risonanza Gigante di Dipolo. Misure di reazioni di fusione sotto barriera sono state effettuate con l'apparato PISOLO. Hanno trovato spazio, seppur limitato, le misure con l'apparato SIRAD del danno di radiazione su strumentazione elettronica. È proseguita anche la messa a punto della trappola magneto-ottica e della strumentazione dell'apparato EXOTIC, che dovrebbero entrare presto in misura.

La dovuta attenzione è stata dedicata anche all'attività interdisciplinare, quanto mai vivace soprattutto per quanto riguarda la microbiologia, la microdosimetria e lo studio della materia condensata. Questa attività ha ricadute positive sia all'interno, che all'esterno, in particolare per la medicina e la piccola e media industria. Con particolare attenzione per quest'ultima viene regolarmente tenuto nei laboratori un corso di *Master*, in collaborazione con l'Università di Padova, per il "trattamento delle superfici per l'industria", che ha visto anche nel 2005 una notevole partecipazione di studenti.

L'impegno dei laboratori per la realizzazione del centro adroterapico del CNAO ha coinvolto un numero sempre maggiore di persone ed anche gli sviluppi, nell'ambito del progetto SPES di un fascio dedicato alla terapia BNCT per la cura di alcuni tumori, hanno ricevuto un notevole impulso: la sorgente di protoni, messa a punto nei Laboratori del SUD, sta per essere trasferita a Legnaro, mentre dal CERN viene fornito il sistema di radiofrequenza per l' R.F.Q, la cui costruzione è proseguita regolarmente.

Sempre nell'ambito del progetto SPES sono continuati gli studi sui "target", molto importanti anche per gli aspetti riguardanti la radioprotezione, e lo sviluppo di prototipi.

Per quanto concerne la ricerca sulle onde gravitazionali, un importante risultato è stato ottenuto da AURIGA soprattutto con l'utilizzo di nuove sospensioni. Molti dei segnali spuri sono stati eliminati, il rivelatore può ora passare all'ulteriore raffreddamento, per un ulteriore aumento in sensibilità. Prese dati sono state effettuate anche nel 2005 in coincidenza con i rivelatori più sensibili per onde gravitazionali.

Il segnale osservato da PVLAS è sempre oggetto di studio per verificarne l'origine non strumentale. Prese dati sono state effettuate cambiando condizioni e parametri. I dati raccolti sono ora allo studio.

#### LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

Le attività di fisica nucleare presso i Laboratori Nazionali del Sud si avvalgono da anni di due acceleratori di ioni, un Tandem e un Ciclotrone Superconduttore (CS), che coprono una ampia varietà di fasci e di energie di interesse per lo studio dei meccanismi di reazione, della struttura nucleare e dei processi nucleari che avvengono nei siti astrofisici.

E' inoltre nella fase finale di *test* la *facility* EXCYT che, utilizzando i fasci primari del Ciclotrone, produce ioni radioattivi "a riposo" che vengono poi accelerati dal Tandem, permettendo quindi di estendere la sperimentazione nucleare con fasci di isotopi non presenti in natura.

Intorno agli acceleratori sono stati progettati e realizzati anche sofisticati sistemi di rivelazione e identificazione di particelle, che fanno dei LNS uno dei laboratori di punta nel campo della fisica nucleare delle energie basse ed intermedie.

Parallelamente alle ricerche di fisica nucleare fondamentale, condotte da ampie collaborazioni di ricercatori italiani e stranieri, sono poi nate iniziative di sviluppo tecnologico e multidisciplinari, in particolare quelle mirate all'utilizzo dei fasci ionici in campo medico ed all'analisi di elementi in traccia.

I LNS sono inoltre presenti nel territorio, partecipando attivamente alla divulgazione del sapere scientifico, grazie a una continua e proficua collaborazione con gli istituti scolastici superiori e con le realtà culturali locali.

Nel corso del 2005 è proseguita l'attuazione del programma di esperimenti con le varie *facility* a disposizione, e in particolare con il multirivelatore CHIMERA, sistema di rivelazione di ioni prodotti nelle interazioni nucleari a energia intermedia, che rappresenta il più completo apparato oggi esistente per lo studio dei processi di multiframmentazione, da cui si possono ricavare informazioni sul ruolo dell'*isospin* nella equazione di stato della materia nucleare. È stato avviato inoltre uno studio volto a identificare le particelle rivelate attraverso l'analisi in forma dei segnali prodotti nel primo stadio dei rivelatori telescopici di CHIMERA, che permetterà di ridurre ulteriormente le soglie di identificazione dei frammenti e renderà quindi l'apparato più adatto alla sperimentazione con fasci di bassa energia, come quelli accelerati dal Tandem. Anche lo spettrometro magnetico a grande accettazione MAGNEX, progettato principalmente per la sperimentazione con fasci Tandem, sia stabili che radioattivi, è ora pronto ad iniziare la sua prima campagna di misure, dopo un periodo di messa a punto che si è concluso subito dopo l'estate 2005.

È stato inoltre installato e messo a punto, in una delle sale sperimentali del CS, il rivelatore per neutroni EDEN, giunto dalla Francia in prestito temporaneo, al fine di consentire misure di interferometria neutrone-neutrone e neutrone-protone che permetteranno di dedurre informazioni complementari a quelle acquisite con CHIMERA.

Sono continuate anche nel 2005 le sessioni di protonterapia mirate al trattamento di pazienti affetti da gravi patologie oculari mediante il fascio di protoni da 62 MeV fornito dal CS, secondo la tecnica messa a punto nell'ambito della collaborazione CATANA cui partecipano, oltre ai LNS, il Dipartimento di Fisica e Astronomia e il Dipartimento di Specialità Medico-Chirurgiche dell'Università degli Studi di Catania.

Nel 2005 è proseguito il *commissioning* della *facility* EXCYT per la produzione di fasci radioattivi. È stato prodotto e trasmesso attraverso i primi stadi del separatore il primo fascio di  $^8\text{Li}$ . Le ultime operazioni di iniezione del fascio nel Tandem e successiva accelerazione

verranno completate entro gli ultimi mesi del 2005, che vedranno anche l'avvio del primo esperimento.

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 sito sottomarino di *test*, realizzato a 2100 metri di profondità al largo del porto di Catania nell'ambito della Fase 1 cofinanziata dal MIUR, è stata depositata e collegata al cavo sottomarino la stazione di rilevamento sismico SN1 dell'Istituto Nazionale di Geologia e Vulcanologia, che permetterà di ampliare la rete di sorveglianza sismica dell'area mediterranea. È stata inoltre completata la progettazione e la realizzazione di vari sottocomponenti, l'integrazione delle *Junction Box* e la realizzazione ed integrazione di una mini torre di rivelatori modello NEMO.

Nel 2005 è stata anche avviata la Fase 2 del progetto con l'acquisto di un edificio nel porto di Portopalo di Capo Passero da attrezzare come laboratorio a terra della stazione sottomarina che ospiterà il telescopio, a circa 80km dalla costa. Sono in corso le procedure per l'acquisto del cavo elettro-ottico.

## LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono il maggior laboratorio al mondo dedicato a esperimenti di fisica astroparticellare, subnucleare e nucleare e di altre discipline (geologia e biologia) che richiedano un ambiente a bassa radiazione.

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. 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 avvengono 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 sta per essere ultimata la costruzione di una sorgente di neutrini. Il fascio prodotto verrà indirizzato nella direzione del Gran Sasso e raggiungerà il Laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 730km. Due esperimenti sono in corso di realizzazione, OPERA e ICARUS, da parte di larghe Collaborazioni internazionali. OPERA è l'esperimento principale del progetto CNGS ed è in allestimento nella sala C dei Laboratori. Per quanto riguarda ICARUS, che si propone come rivelatore con 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 stato trasportato al Gran Sasso a dicembre 2004. Si sono iniziati i lavori di adeguamento delle strutture dei laboratori sotterranei necessari per l'installazione di questi esperimenti e, ancora per questi, è proseguita 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 anche l'esperimento successore di GALLEX, GNO, è proseguita l'attività preparatoria di BOREXINO verso la fase di riempimento con acqua e liquido scintillatore che si compirà nel corso del 2006.
- 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%.
- Un'altra linea importante è la ricerca della "materia oscura" di cui è costituito per la gran parte l'Universo. Si è 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. E' in corso un nuovo esperimento che utilizza la stessa tecnica, ma di maggiori dimensioni – LIBRA – che ha preso dati con continuità per tutto il 2005. Esperimenti che utilizzano diversi approcci complementari sono in fase avanzata di preparazione (CRESST2), o appena approvati (WARP e XENON).
- 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. LUNA2 ha realizzato la misura della sezione d'urto della reazione critica per il ciclo CNO delle stelle, in tal modo consentendo la datazione delle stelle più vecchie della Galassia.

Una intensa attività è in corso per ottimizzare impianti e procedure per la sicurezza dei Laboratori. Nel 2005 sono proseguiti i lavori di messa in sicurezza del sistema Gran Sasso da parte del Commissario governativo. Questi lavori avvengono anche nei Laboratori con il fine di migliorarne il livello di sicurezza.

## CNAF

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.

Nello scorso decennio, il CNAF ha avuto un'importanza determinante nello sviluppo della rete telematica dell'INFN (INFNet) e dell'intera comunità accademica e di ricerca con la costituzione del Gruppo di Armonizzazione delle Reti della Ricerca (GARR).

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). In tale ambito contribuisce sia allo sviluppo *software* sia alla realizzazione d'infrastrutture generali per l'uso degli strumenti di GRID su rete geografica.

Nel 2003 si è conclusa la prima fase del progetto per un prototipo di Centro regionale Tier1, per gli esperimenti a LHC. Questo ha portato il CNAF, nel corso del 2004 e 2005, a divenire progressivamente un punto di riferimento dell'attività di calcolo distribuito degli esperimenti e uno degli 11 nodi principali Tier1 dell'infrastruttura GRID mondiale del progetto LHC *Computing GRID* (LCG) e di quella Europea di EGEE.

Nel corso del 2005 il personale del Centro si è molto impegnato per eliminare tutte le possibili sorgenti di rotture sia dei servizi tecnici che a livello della sala macchina arrivando al notevole risultato di non aver più riscontrato nessun problema nel normale e regolare funzionamento di tutti i servizi del Centro dai primi di agosto ai primi di novembre 2005.

Il CNAF ha continuato a partecipare nel 2005 ai *Service Challenge* degli esperimenti e LCG ed è ormai divenuto uno dei principali nodi di calcolo anche per altri esperimenti come Babar, CDF, Virgo ecc.

Le attività denominate "LHC *Service Challenge*" sono partite nel Marzo 2005 e hanno lo scopo di verificare lo stato e di mettere a punto nello stesso tempo l'infrastruttura basata su tecnologia GRID, che sarà utilizzata a partire dal 2007 per il supporto delle attività di calcolo

per gli esperimenti a LHC. Per quanto riguarda l'INFN, tale attività coinvolge il CNAF e i vari siti candidati Tier2 dell'INFN.

Le attività *Service Challenge* Fase 1 e 2 hanno permesso una prima validazione del modello di *Data Management* per LHC e la messa a punto di una infrastruttura ad alta velocità per il collegamento tra il CNAF, il CERN e gli altri Tier1, e tra il CNAF e i vari centri di calcolo Tier-2 dell'INFN, che ha dimostrato di poter offrire un servizio di spostamento dati alla velocità di 100MBy/s disco-disco e alla velocità di 60MBy/s disco-tape (in entrambi i casi tra CERN e CNAF), per un periodo di circa due settimane. La Fase 3, attualmente in corso, è invece mirata al raggiungimento di una velocità trasmissiva disco-disco superiore (150Mby/s), al *test* di vari servizi GRID (FTS, vari tipi di *Storage Element*, cataloghi, ecc.) e alla loro integrazione all'interno del modello di "*data management*" di ciascun esperimento.

Le attività *Service Challenge* attualmente coinvolgono, oltre al CNAF, i Laboratori Nazionali di Legnaro e le Sezioni INFN di Milano, Torino, Bari, Catania e Pisa. La partecipazione dei vari siti Tier-2 INFN verrà progressivamente estesa nel corso del 2005 e 2006 al fine di includere tutti i siti Tier-2 LHC. Scopo della futura Fase 4 è il miglioramento del livello di integrazione del *software* degli esperimenti con l'infrastruttura di servizi GRID, la messa a punto e la validazione di una lista sempre più completa di servizi GRID, al fine di raggiungere i livelli di servizio previsti dal *Memorandum of Understanding* di LHC.

Le attività *Service Challenge* dell'INFN sono documentate a partire dal seguente URL:  
<http://grid.infn.it/scinfn>

Il CNAF ha continuato a fornire supporto agli esperimenti come nodo di calcolo principale della GRID di produzione italiana e tutti i servizi a questa collegati.

L'infrastruttura di GRID italiana di produzione si è espansa e irrobustita nel 2005 fino a comprendere 40 siti tra cui tutte le sedi INFN, alcuni sedi del CNR e universitarie e del consorzio SPACI.

Le Organizzazioni Virtuali supportate sono 23 di cui la maggior parte costituita da esperimenti INFN ma anche da altre applicazioni scientifiche come la Biologia, l'astrofisica, la chimica computazionale ecc.

Nel corso del 2005 si è consolidato il supporto operativo fornito dal CNAF come Centro Regionale Italiano anche con il contributo di altre sedi e che comprende:

- distribuzione del *middleware* di GRID e delle procedure di configurazione e installazione automatica;

- controllo quotidiano del funzionamento dei siti e dei servizi attraverso turni di controllo a livello nazionale;
- supporto agli utenti delle Organizzazioni Virtuali e ai *site managers*;
- gestione e controllo dei servizi di GRID necessari al funzionamento delle applicazioni delle *virtual organization* e per il controllo della infrastruttura: Cataloghi, *Resource Brokers*, sistema informativo e di servizi di *monitoring*, *VOMS server*.

L'organizzazione dell'attività del CNAF è basata su una suddivisione per Servizi. Una proposta di riorganizzazione di questi, alla luce delle nuove attività del Tier1 e della GRID di produzione è stata trasmessa dal Centro per l'approvazione agli Organi Direttivi.

Il CNAF, sotto l'egida della Commissione Nazionale Calcolo e Reti, ha continuato a gestire e coordinare alcuni servizi a carattere nazionale.

#### COMMISSIONE CALCOLO E RETI

La Commissione Calcolo e Reti (CCR) ha continuato la sua normale attività nel 2004 e 2005 coordinando le iniziative di sviluppo dell'infrastruttura informatica dell'INFN. La Commissione ha articolato la sua attività secondo le esigenze dei gruppi di ricerca, i cui programmi sono vagliati e finanziati attraverso il lavoro delle Commissioni Scientifiche. Inoltre ha formulato direttamente proposte di finanziamento per quelle parti dell'infrastruttura di uso generale che comprendono sia i dispositivi per l'accesso alla rete geografica e le interconnessioni a livello locale, sia le apparecchiature di calcolo che sostengono i servizi comuni.

Potenziamento delle infrastrutture di calcolo delle sedi INFN: È proseguito il piano di potenziamento delle infrastrutture di rete presenti nelle sedi INFN per sfruttare i nuovi collegamenti a più elevata velocità di trasmissione che, via via si sono resi disponibili. Sono stati poi sostenute dalla Commissione le proposte di svecchiamento dei *server* con la realizzazione, in alcuni casi, di *Storage Area Network* che possono fornire un più elevato grado di affidabilità e di efficienza di gestione.

Rete: La dorsale Roma-Bologna-Milano-GEANT è stata potenziata nell'ambito del progetto GARR-G con il dispiegamento di *link* a 10Gbps, mentre è proseguito il miglioramento delle connessioni alle sedi considerate come potenziali sedi per i centri Tier2 con l'attivazione di nuovi *link* a 2.5Gbps per Bari, Catania e Torino. Le capacità della rete hanno ampiamente soddisfatto le necessità dell'INFN e sono già in grado di far fronte alle maggiori richieste di traffico previste con la partenza della sperimentazione a LHC.

Manutenzioni: L'impegno a riportare per quanto possibile i servizi di manutenzione nell'ambito di contratti nazionali è proseguito allo scopo di consentire una puntuale verifica delle necessità e un accesso a più favorevoli condizioni economiche. Con l'istituzione di nuovi contratti per i dispositivi di rete non coperti dagli esistenti contratti, il programma è stato portato ormai a compimento.

## **2.7 RISORSE DI PERSONALE 2003-2005**

Le risorse di personale disponibili nel 2005 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 91 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 108 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 35 posizioni di ricercatore, 46 di tecnologo, 48 di tecnico e 50 di amministrativo, per un totale di 179.

Sono anche attivi 62 contratti (13 ricercatori, 32 tecnologi, 13 tecnici e 4 amministrativi) a carico di progetti finanziati dall'Unione Europea o da altre istituzioni italiane ed estere.

La legge finanziaria del 2005 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 2005

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
2	Neolaureati nel campo della comunicazione esterna e divulgazione scientifica	annuale	titoli e colloquio	Ufficio Comunicazione dell'INFN
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.

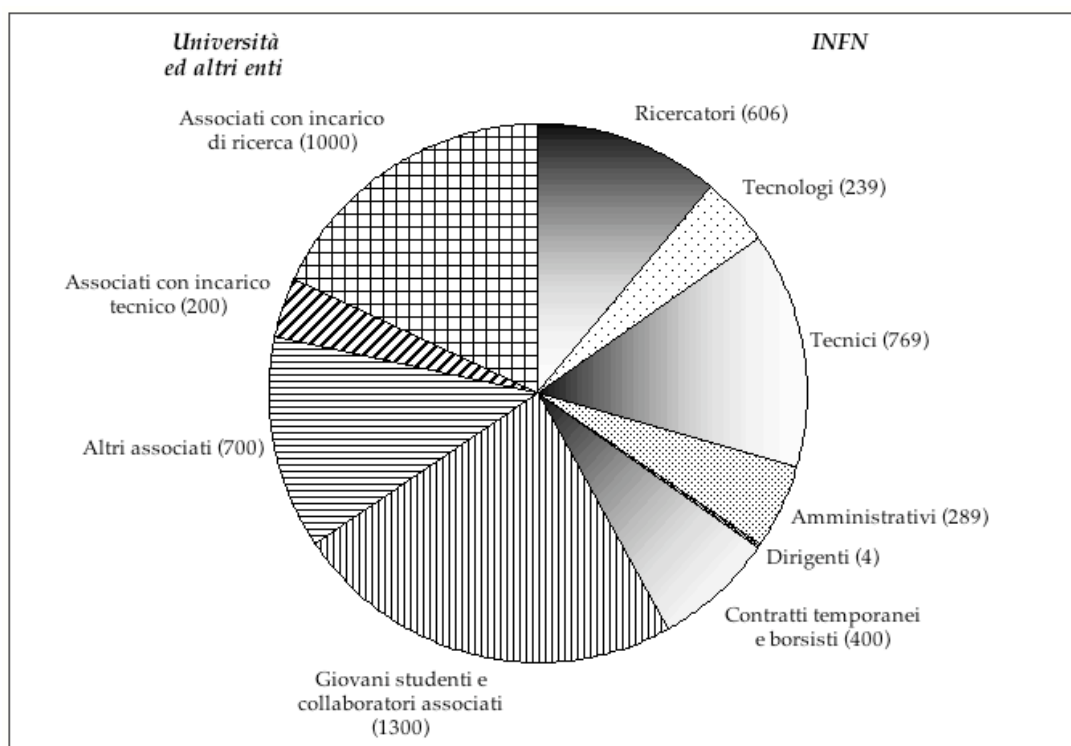
### 2.7.3 IL PERSONALE INCARICATO

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 2005 e i relativi costi suddivisi nelle tipologie indicate.

## QUADRO A - SITUAZIONE DEL PERSONALE AL 31.12.2005

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

Profilo	Dotazione organica	In servizio al 31.12.2005	Costo 2005 (in migl. di Euro)
Dirigente I fascia	3	3	250
Dirigente II fascia	2	1	96
Ricercatore	615	587	36.818
Tecnologo	236	221	12.488
Collaboratore tecnico enti ricerca.	616	587	21.127
Operatore tecnico	140	135	4.089
Ausiliario tecnico	7	7	193
Funzionario di Amministrazione	72	67	2.603
Collaboratore di Amministrazione	209	201	6.589
Operatore di Amministrazione	9	9	257
<b>Totale</b>	<b>1.909</b>	<b>1.818</b>	<b>84.510</b>

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

Tipologia di personale	Profilo	In servizio al 31.12.2005(*)	Costo 2005 (in migliaia di Euro)
Personale a contratto di alta qualificazione o assunto in relazione ai programmi di attività	Ricercatore	35	1.785
	Tecnologo	46	2.109
	Coll. Tec. E.R.	45	1.378
	Operat. Tecnico	3	83
	Funzionario Amm.ne	1	33
	Collaboratore Amm.ne	49	1.374
	<b>Totale</b>	<b>179</b>	<b>6.762</b>
Personale a contratto trimestrale per esigenze di carattere straordinario	Collaboratore Amm.ne	8	252

(\*) 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

## COMMISSIONE PARI OPPORTUNITA'

Il Comitato per le Pari Opportunità (CPO) dell'INFN è un comitato paritetico di natura contrattuale, istituito nel dicembre 1999. La sua funzione è quella di proporre all'Istituto azioni finalizzate all'eguaglianza di genere attraverso l'attuazione del principio delle pari opportunità, definito come sviluppo delle risorse e delle capacità personali e professionali, mirato alla valorizzazione di tutte le persone. L'attività del CPO è indirizzata principalmente all'analisi della condizione delle donne che lavorano nell'INFN, per individuare possibili sperequazioni nel trattamento professionale e proporre azioni e strumenti contro le eventuali discriminazioni.

Dai dati forniti dalla Direzione Affari del Personale, aggiornati a ottobre 2004, risulta che le donne nell'INFN rappresentano il 22.7% di tutto il personale. Considerando unicamente i ruoli diversi da quelli amministrativi, la percentuale della componente femminile nell'INFN scende al 12.0%. Gli stessi dati evidenziano la ben nota divaricazione nelle carriere delle donne e degli uomini – indice di segregazione di genere – sia per i ruoli di ricercatore e tecnologo che nel settore amministrativo.

La situazione nell'INFN è simile a quella di altri enti di ricerca, sia in Italia che all'estero. E' oramai acquisito il fatto che siano necessarie azioni concrete per rimuovere gli ostacoli, di natura essenzialmente culturale, che generano per le donne difficoltà a intraprendere un'attività nel settore della ricerca scientifica, nonché disuniformità nella presenza femminile ai vari gradini della carriera. Solo recentemente è iniziato un dibattito pubblico su questi temi, grazie a interventi concomitanti a livello europeo e internazionale, alla pubblicazione di dati ufficiali, e alla istituzione di Comitati per le Pari Opportunità.

In accordo con quanto stabilito dalla legislazione italiana, l'INFN ha approvato nel 2005 il proprio Piano Triennale di Azioni Positive 2005-2007, sulla base di un programma di attività proposto dal CPO. Le linee di intervento indicate nel Piano Triennale si riferiscono a obiettivi riconducibili al quadro generale della strategia europea e nazionale in materia di pari opportunità, delineato dalla normativa vigente, già presenti nel Piano Triennale di Azioni Positive 2001-2004, e ripresi e ampliati in quello attuale, quali:

- conciliazione tra vita professionale e vita privata
- benessere organizzativo e qualità dell'ambiente di lavoro
- statistiche di genere e promozione della presenza femminile nei livelli decisionali
- sviluppo della cultura di genere: formazione e informazione



L'integrazione armonica dei momenti diversi della vita delle persone attraverso l'adozione di strumenti che articolano diversamente il tempo di lavoro (come orari flessibili e telelavoro) e di strumenti che liberano tempo (come asili nido aziendali, strutture di supporto aggiuntive per bambini e anziani, articolazioni differenziate dei congedi parentali, congedi di paternità, schemi di interruzione di carriera) costituisce un punto chiave nella modernizzazione ed ottimizzazione della gestione delle risorse umane nell'ambiente di lavoro ed è un impegno nel quale il CPO è coinvolto a pieno titolo. La definizione di progetti per la conciliazione richiede una approfondita conoscenza delle esigenze del personale nelle varie sedi dell'Istituto. Per questo motivo il CPO ha affiancato l'Istituto in un'indagine conoscitiva, ancora in corso di svolgimento, in relazione ad alcune necessità specifiche in tema di lavoro di cura dei figli, effettuata con un questionario redatto dal CPO stesso. L'iniziativa costituisce il primo passo verso la formulazione di un progetto più completo mirato allo sviluppo di altri strumenti di conciliazione che riducano o articolino diversamente i tempi di lavoro o liberino tempo. In tema di conciliazione il CPO si è anche occupato dell'organizzazione di seminari di approfondimento diretti al personale dell'Istituto.

L'attività del CPO relativa al tema del benessere organizzativo e della qualità dell'ambiente di lavoro segue due linee di intervento distinte.

La prima riguarda l'attività di formazione e di informazione necessaria per presentare al personale dell'Istituto il Codice di Comportamento adottato, il Consigliere di Fiducia in carica, e per approfondire i fenomeni oggetto del Codice (discriminazioni, molestie sessuali e molestie psicologiche, queste ultime note anche con il termine inglese *mobbing*), al fine di prevenirli, tutelando in questo modo la qualità dell'ambiente di lavoro. Il programma divulgativo è iniziato nel 2005 con un ciclo di tre seminari, organizzati dal CPO in sedi diverse dell'Istituto in modo da facilitare la partecipazione di tutto il personale. In precedenza il CPO aveva partecipato attivamente alle fasi di redazione del Codice di Comportamento, e di proposta per la nomina del Consigliere di Fiducia.

La seconda linea rivolge l'attenzione agli aspetti di genere della tutela della salute psicofisica di lavoratrici e lavoratori. Partendo dal presupposto che la salute sia un bene sociale e non un fatto privato, e che, intesa come complessivo benessere psicofisico di donne e uomini, debba essere tutelata attraverso iniziative mirate e differenziate in base ai destinatari, il CPO, come previsto dal suo ruolo, svolge attività di informazione sulla prevenzione delle malattie in ottica di genere. In particolare, in questo ambito si è inserito il progetto "Opportunità Salute", realizzato nel corso del 2005 in collaborazione tra i CPO di enti diversi, e consistito in una campagna per la prevenzione oncologica diretta al personale delle istituzioni promotrici con sede di lavoro nel Lazio. L'iniziativa, che ha suscitato molto interesse, prevedeva la diffusione di un opuscolo informativo sulla prevenzione oncologica, la

possibilità di effettuare controlli per la diagnosi precoce di particolari patologie, e lo svolgimento di una ricerca sulle aspettative in tema di salute, prevenzione e pari opportunità delle persone che si sono sottoposte ai controlli programmati nel progetto.

La promozione e lo sviluppo della cultura della differenza di genere richiedono interventi specifici per contrastare stereotipi e pregiudizi e per integrare istruzione, formazione e ricerca con l'inserimento di tematiche della parità. Il CPO promuove e organizza costantemente seminari di divulgazione e informazione sulle problematiche di genere e di pari opportunità, e sugli aspetti di genere dell'organizzazione del lavoro presso le strutture INFN, e nei corsi di formazione del personale. Attenzione particolare è dedicata alla promozione della presenza femminile nella ricerca scientifica. Su questo tema il CPO, assieme ai Dipartimenti di Fisica dell'Università di Torino, al Centro Unesco e ad altre istituzioni piemontesi, ha realizzato nel 2005 il progetto "Donne e fisica: un mestiere possibile". Il progetto, inserito tra le iniziative ufficiali dell'INFN per l'Anno Mondiale della Fisica, consisteva in un concorso indirizzato alle studentesse delle scuole superiori italiane per la realizzazione di interviste a ricercatrici laureate in fisica. Obiettivo del concorso era quello di mettere in contatto studentesse e studenti con donne che svolgono attività di ricerca nel campo della fisica, con la finalità di promuovere, attraverso lo scambio diretto di informazioni, l'accesso delle giovani agli studi universitari di caratteri scientifico, ritenuti ancora, a causa di stereotipi e pregiudizi, un ambito prettamente maschile. La qualità dei lavori inviati per il concorso, l'entusiasmo delle intervistatrici e delle intervistate, tra le quali erano presenti molte ricercatrici dell'INFN, hanno sancito il successo dell'iniziativa, e l'importanza della realizzazione di simili progetti di divulgazione per contribuire alla rimozione di ostacoli alla crescita culturale e professionale delle donne nella ricerca scientifica, e, più in generale, alla formazione delle nuove generazioni.

Un'importante attività è stata svolta dal Comitato per la verifica e l'analisi dell'attuazione del Piano Triennale di Azioni Positive 2002-2004, e per l'elaborazione del documento con le proposte per il Piano Triennale di Azioni Positive 2005-2007, recentemente adottato dall'INFN.

## **2.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO**

L'impatto della ricerca INFN è significativo sia sotto il profilo culturale sia sotto quello tecnologico.

La prima direzione viene sviluppata attraverso la formazione di laureandi e neolaureati (anche mediante l'organizzazione di scuole dedicate con diplomi di fisica o di *Master*), le collocazioni professionali 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, è opportuno sottolineare che 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 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 l'informatica, la medicina, l'ambiente, la sicurezza e i beni culturali. Tali iniziative vengono sviluppate parallelamente ai compiti istituzionali dell'INFN e nascono come sottoprodotto dell'attività principale di ricerca, che fornisce il necessario *know-how*. Sviluppi di spicco (*highlights*) legati a queste attività sono descritti in un paragrafo ad essi dedicato di questa relazione. Particolare attenzione viene 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 o specialistica) e di giovani laureati per quella di Dottorato. Un'indagine sul numero di diplomi di Laurea e di Dottorato ottenuti nel triennio 2001-2003 da studenti formati attraverso il lavoro in gruppi INFN ha dato i risultati riassunti nella Tabella 1 dove sono stati estesi anche al 2004.

Tabella 1 - Diplomi di Laurea e di Dottorato conseguiti da giovani formati nell'ambito di gruppi INFN (2001-2004)		
<b>Periodo: 2004</b>	N. Lauree	N. PhD
Sezioni	513*	164
Laboratori Nazionali	(21)	(8)
<b>Periodo: 2001-2003</b>		
Sezioni	1095	364
Laboratori Nazionali	(84)	(21)
(*) 390 (vecchio ordinamento) +79 (laurea triennale) + 44 (laurea specialistica)		

Anche se i numeri corrispondenti ai due tipi di titolo non rappresentano individui in corrispondenza biunivoca, ne risulta che il numero di diplomi di Dottorato ottenuti da giovani formati dall'INFN è circa il 30% del numero di diplomi di Laurea e prossimo al 50% dei PhD conseguiti nel triennio 2001-2003. Nella seconda riga della Tabella è riportato anche il numero di tali diplomi ottenuti mediante tesi effettuate presso i Laboratori Nazionali. Un'indagine a campione sulla collocazione professionale di giovani ricercatori associati all'INFN negli anni 2001-2003 con contratti post-doc e attualmente non più associati ha mostrato che circa il 60% dei laureati o dottori di ricerca appartenenti al campione esaminato, che hanno lasciato l'associazione INFN, rimangono nel mondo della ricerca in maggior proporzione in Italia, ma in frazione significativa anche all'estero. La parte rimanente trova collocazione prevalentemente nell'industria e nell'informatica (circa il 20%) e meno frequentemente in istituzioni o amministrazioni pubbliche, nell'insegnamento, in ditte private.

#### *Formazione dei laureati*

Tra le iniziative riservate alla formazione di giovani laureati, l'INFN ha organizzato nel periodo 2003-2004 scuole a livello nazionale per studenti di dottorato, fornendo finanziamenti, insegnanti e personale amministrativo. Tra le molte scuole organizzate in diverse sedi INFN si sono tenuti a Otranto (BA) il *Seminario Nazionale di Fisica Nucleare e Subnucleare*, iniziativa consolidata (38 partecipanti nel 2004, 105 nel corso dei tre anni precedenti) ormai alla sua diciassettesima edizione, il *Seminario Nazionale di Fisica Teorica*, avviato a Parma nel 1991 (36 partecipanti nel 2004, 120 partecipanti nei tre anni), e la *Scuola primaverile di Frascati "Bruno Touschek"* (60 partecipanti nel 2004, come in ciascuno dei tre anni precedenti).

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.

#### *Formazione del personale*

L'INFN destina alla formazione e all'aggiornamento professionale un importo di poco superiore all'1,5% del monte salari, in linea con quanto previsto dal vigente contratto di lavoro.

L'attività formativa è organizzata in piani annuali delle singole Strutture, approvati da una Commissione Nazionale che distribuisce le risorse necessarie all'attuazione delle iniziative previste; la stessa Commissione provvede, inoltre, a redigere un piano formativo

nazionale con iniziative di interesse generale aperte alla partecipazione del personale interessato proveniente dalle strutture.

Vengono organizzati molteplici corsi di formazione e aggiornamento, in campo scientifico, tecnologico, informatico, tecnico e gestionale, in gran parte con docenti interni reperiti tra il personale dipendente e associato, che vedono la partecipazione di centinaia di dipendenti ogni anno.

#### *Diffusione della cultura scientifica*

Un ulteriore obiettivo dell'INFN è diffondere la cultura scientifica specialmente tra i giovani e il grande pubblico. In quest'ottica, numerose iniziative sono state sviluppate presso i Laboratori Nazionali; 20000 persone/anno (che comprendono studenti, insegnanti di scuola superiore e grande pubblico) interagiscono a vario titolo con i Laboratori Nazionali, un numero molto simile, per esempio, 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 – come ad esempio i *Venerdì dell'Universo* a Ferrara) i Seminari tenuti presso Licei Scientifici o in occasione del *Festival della Scienza 2004* a Genova, le *Mostre Scientifiche Interattive* a Padova (*Sperimentando*) e Torino (*La ludoteca*). L'interesse riscontrato anche nei confronti di queste iniziative è in crescita.

Un'altra iniziativa interdisciplinare per approfondire gli scambi fra l'INFN e la società è rappresentata dalla *Scuola Internazionale su Fisica e Industria*, che si tiene ogni due anni, sotto la direzione della Presidenza INFN, presso il Centro di Cultura Scientifica Ettore Majorana di Erice, realizzando l'incontro di fisici con esponenti dell'industria e della politica per discutere il trasferimento di conoscenze tra ricerca fondamentale, mondo della produzione e società civile. Ancora nella direzione della diffusione della cultura scientifica al grande pubblico, l'INFN ha finanziato un progetto attraverso il quale è stata esplicitata un'attività mirata che ha condotto a iniziative editoriali e ha organizzato/partecipato a mostre in Italia e all'estero su aspetti diversi delle attività INFN o a queste correlate, avviando inoltre iniziative specifiche per rinforzare le interazioni del mondo della ricerca con quello della scuola superiore. Dal 2002 l'INFN ha formato un apposito gruppo di collaboratori per la Comunicazione, che si occupa delle relazioni con i mezzi d'informazione e con il pubblico attraverso comunicati stampa, pubblicazione di materiale informativo e organizzazione di mostre per il grande pubblico. In quest'ottica, il gruppo sta allestendo un nuovo bollettino INFN, che sarà indirizzato ai non specialisti con particolare attenzione al pubblico scolastico. E' inoltre proseguita l'attività della Mostra *Fisica su Ruote*, cioè un laboratorio itinerante nel

quale il visitatore è incoraggiato ad assumere un ruolo attivo nell'avvicinarsi alla fisica nucleare o subnucleare, secondo le tre tematiche delle particelle, delle forze e del calcolo.

Va ricordato inoltre che l'Assemblea Generale dell'ONU ha proclamato il 2005 (centenario dell'anno di pubblicazione dei tre più rivoluzionari lavori di Einstein) Anno Internazionale della Fisica, chiamando la comunità mondiale dei fisici a un importante impegno culturale e di diffusione dell'impatto della fisica nell'esperienza civile e quotidiana. L'INFN ha promosso e partecipato all'organizzazione di numerosi eventi legati alla circostanza, tra i quali, accanto a iniziative di diffusione al grande pubblico quali le mostre *La fisica su ruote* (itinerante fra Rimini, Firenze, Torino, Napoli, Milano, Catania e Bologna), *I microscopi della fisica* (aperta a Catania, Genova, Napoli, Torino, Pisa, Firenze, Milano, Catania e Bologna), e *La radioattività, una faccia della natura* (aperta a Ferrara, San Giovanni Valdarno, Catania e Genova) figurano incontri scientifici di rilievo quali ad esempio la Conferenza Internazionale *Spacetime in Action: 100 years of Relativity* tenutasi a Pavia e il quarto *Meeting on Constrained Dynamics and Quantum Gravity* (svoltosi a Cala Gonone, in Sardegna).

### *Highlights*

L'esigenza d'avere strumentazione innovativa spinge gli esperimenti a sviluppare tecnologie di punta in campi quali i rivelatori, l'elettronica, gli acceleratori e i superconduttori. A tal fine all'interno di tutte le commissioni scientifiche dell'INFN risorse opportune sono state riservate allo sviluppo di tecnologie di punta. Una stretta collaborazione con le industrie è necessaria per raggiungere i risultati prefissati e una frazione considerevole delle tecnologie innovative sviluppate ha avuto ricadute su una comunità più vasta, attiva in campi quali la medicina, l'ambiente e i beni culturali, dando origine a collaborazioni con altre istituzioni. Nel seguito sono riportati alcuni esempi, oltre a quelli già incontrati nella descrizione delle attività dei vari laboratori nazionali. La loro selezione è stata guidata principalmente dall'aspetto socio-economico della loro ricerca: i primi esempi riguardano esperimenti consolidati, mentre alla fine sono riportati alcuni esperimenti in divenire.

### *Il programma sulla superconduttività*

Un programma speciale sulla superconduttività applicata è stato realizzato dall'INFN in collaborazione con l'industria italiana nel corso degli ultimi 20 anni. I suoi scopi principali sono stati la crescita del *know how* tecnologico all'interno dell'INFN e il suo trasferimento all'industria nazionale. In questo contesto esperti dell'INFN e delle industrie italiane hanno sviluppato specifiche tecniche per portare a termine diversi progetti di superconduttori: uno dei primi ciclotroni superconduttori; metà dei magneti superconduttori dell'anello a protoni di HERA (Desy-Amburgo); le cavità superconduttrici di LEP200 (CERN); i prototipi dei dipoli

per LHC, il futuro *collider* del CERN; i prototipi del *barrel toroid* di ATLAS (il cosiddetto B0); le bobine dello stesso *barrel toroid* di ATLAS; le bobine del solenoide di CMS (ATLAS e CMS sono i due più grandi esperimenti in costruzione al CERN per LHC); il solenoide superconduttore dell'esperimento BABAR a SLAC (Stanford-California).

Gli ultimi cinque progetti hanno comportato una rilevante attività di R&D per la realizzazione di fili e cavi superconduttori e per la costruzione dei magneti. Le industrie italiane coinvolte dall'INFN in questi progetti hanno vinto l'appalto finale realizzativo, o parte di esso.

Attualmente sono in corso un R&D sui cavi di Nb<sub>3</sub>Sn da impiegare in magneti ad alto campo ( $B = 15-18$  T) per una eventuale futura generazione di *collider* e un R&D su cavi tradizionali di NbTi da impiegare in magneti pulsati con una elevata *rate* di iterazione (5-10Hz). Questa attività di ricerca nel campo degli acceleratori di particelle ha un interesse generale in quanto i risultati ottenuti potranno essere utilmente impiegati in altri settori applicativi (ad esempio nel campo della diagnostica NMR e nel campo del trasporto e immagazzinamento dell'energia elettrica).

Nello stesso tempo è stata avviata una attività di R&D nel campo dei superconduttori ad alta temperatura critica in vista di un possibile loro impiego in particolari magneti che non necessitano di elevate proprietà di trasporto della corrente elettrica.

#### *Esperimenti INFN nello spazio*

Gli esperimenti spaziali condotti dall'INFN riguardano lo studio di radiazione cosmica in un grande intervallo di energia e con alta statistica. In questi esperimenti le tecnologie sviluppate per la rivelazione di particelle in esperimenti a terra, in particolare agli acceleratori, sono soggette a ulteriori sviluppi necessari per operare nello spazio. I rivelatori devono poter operare in ampi intervalli di temperatura e devono superare *stress* vibrazionali molto grandi.

Le attività di R&D, condotte in collaborazione con le industrie italiane, includono vari campi quali: rivelatori al silicio di grande area, sistemi *hardware* di acquisizione avanzati, (memorie di massa, processori veloci ed elettronica *front-end*), distributori di alta tensione a basso consumo e strutture meccaniche leggere.

Le ricadute in questo settore riguardano applicazioni nel campo medico, ambientale e opto-elettronico.

#### *Laboratorio multidisciplinare sottomarino*

Il laboratorio multidisciplinare sottomarino, uno dei pochi al mondo di questo tipo e il primo nel Mediterraneo, è costituito da una struttura sottomarina, posizionata alla profondità di 2000m, e collegata mediante una linea di trasferimento dati ad alta velocità e una di

alimentazione, a una stazione a terra situata nel porto di Catania. Una rete di cavi sottomarini, formata da un cavo elettro-ottico principale lungo 25km e da due diramazioni di 5km e completata da tre stazioni di collegamento, che ospiteranno un sistema di trasferimento dati ad alta velocità permetterà di usare l'infrastruttura in differenti campi di ricerca. L'INFN intende usare il sistema per implementare i prototipi di strutture progettate per la rivelazione di neutrini di alta energia (progetto NEMO Fase 1), mentre l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha installato e collegato la stazione SN-1. La stazione è in presa dati con continuità dal gennaio 2005 e costituisce il primo nodo attivo dello *European Sea Floor Observatory Network* (ESONET), il cui scopo è quello di stabilire la base per un componente marino di GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), una rete di osservatori multidisciplinari, in posizioni chiave attorno al margine europeo, in grado di fornire una sorveglianza continua dei fenomeni geofisici, bio-geochimici, oceanografici e biologici.

Il laboratorio ospita ora anche una stazione di rilevamento acustico, realizzata dalla collaborazione NEMO, dotata di idrofoni a larga banda (10Hz – 40kHz), anch'essa in presa dati dal gennaio 2005.

La stazione acustica permette di studiare il rumore di fondo ambientale ad alta profondità, per valutare la fattibilità di esperimenti di rivelazione acustica di particelle cosmiche di energia estrema, ma i dati acquisiti sono anche utilizzati per studi di bioacustica, condotti in collaborazione con il CIBRA dell'Università di Pavia.

Nel 2005 è stata anche avviata la realizzazione di un'infrastruttura comprendente una stazione di terra e un cavo elettro-ottico presso il sito di Capo Passero alla profondità di 3500m. Questa stazione consentirà il monitoraggio *on-line* del sito e offrirà la possibilità di connettere esperimenti di carattere interdisciplinare. È stato manifestato interesse in materia da parte dell'INGV e di altri istituti di ricerca.

La realizzazione di reti complesse nell'ambiente sottomarino rappresenterà un'innovazione di primaria importanza, non solo dal punto di vista della ricerca, ma anche per le applicazioni industriali. Le società di ingegneria marina e d'alto mare hanno mostrato un grande interesse nello sviluppo di sistemi per lo sfruttamento di risorse naturali quali idrocarburi e petrolio. L'interazione con l'industria è essenziale per gli aspetti operativi sottomarini (dispiegamento di un gran numero di strutture complesse), per la produzione di strutture meccaniche, per la realizzazione di complesse reti in profondità usando materiali a basso costo e per lo sviluppo di nuovi sensori oceanografici.

*Le reti per la ricerca.*

L'INFN, su richiesta del MIUR e in accordo e collaborazione con le organizzazioni scientifiche italiane, ha sviluppato negli anni passati la rete per l'Università e la Ricerca



Scientifica italiana denominata *GARR-Broadband*. Questa rete ha aggregato una capacità di *backbone* di circa 5Gbit/s, e ha permesso la connessione di tutte le sedi INFN e delle Università fino a 155Mbit/s. L'INFN ha inoltre contribuito allo sviluppo delle reti metropolitane in fibra ottica, in particolare nelle regioni italiane del Mezzogiorno. Ciò ha permesso ai ricercatori di queste regioni, che storicamente mancavano di infrastrutture di rete robuste, di disporre delle stesse prestazioni dei ricercatori nel Centro-Nord dell'Italia.

Nell'ambito del Quinto Programma Quadro, l'INFN ha partecipato al progetto europeo denominato *GNI*. Questo progetto, effettuato in collaborazione con altre reti europee per la ricerca, ha creato la Rete per la Ricerca Paneuropea GEANT, cui la rete GARR-B è stata collegata a 2.5Gbit/s.

Nel passaggio dalla società moderna alla società tecnologica, GARR sta svolgendo un ruolo fondamentale. Il rendimento di un Paese dipende fortemente dalla disponibilità e dall'organizzazione della conoscenza sulla rete: sarà più facile incrementare questo rendimento con la connettività e l'infrastruttura di GARR, che continuerà ad essere al passo con gli sviluppi europei. A partire dal 2003 lo sviluppo della rete di ricerca italiana è stato preso in carico dal neonato consorzio GARR, di cui l'INFN è tra i soci promotori e fondatori, insieme a CRUI, CNR ed ENEA. La nuova infrastruttura GARR-G garantirà l'omogeneità territoriale che fin dall'inizio di questo progetto è stato considerato un obiettivo fondamentale. Un'altra valenza importante è l'opportunità offerta dall'Italia ai Paesi che si affacciano sul Mediterraneo, che permetterà loro di elevare il grado di sviluppo scientifico. Nel 2003 GARR-G era già basato su un *backbone* dell'ordine dei 50Gbit/s, circa 10 volte quello di GARR-B, ed è stato la prima rete per la ricerca in Europa collegata alla rete paneuropea GEANT con un circuito a 10Gbit/s.

Nel corso del 2004 è stata completata la seconda Fase del progetto di Rete GARR-G. Uno degli obiettivi chiave del progetto è stata la localizzazione dei Punti di Presenza (PoP) della rete, non più presso l'operatore di telecomunicazioni, come avveniva in GARR-B, ma in sedi *neutre* che rappresentano i principali baricentri di traffico. I PoP della rete GARR-G sono ospitati presso le Università o i Laboratori di Ricerca e sono gestiti dal GARR-NOC in stretta collaborazione con gli APM locali. Tale localizzazione ha tra l'altro favorito la concorrenza tra i differenti operatori presenti sul mercato.

Alla fine del 2004 la dorsale era costituita da 12 nuovi GigaPoP interconnessi da collegamenti a 2.5Gbit/s di diversi operatori e attestati su nuovi apparati di *routing* e *switching* capaci di gestire decine di connessioni a 10Gbit/s.

A luglio del 2004 è entrato in funzione il secondo GigaPoP internazionale GARR di Catania-Cittadella, in concomitanza con l'attivazione del PoP della Rete di interconnessione

delle Reti della Ricerca del Mediterraneo EUMEDconnect, entrambi ospitati nel campus dell'Università di Catania. Sempre nel corso del 2004 sono stati attivati anche 6 PoP di aggregazione, ospitati presso le sedi di atenei o di laboratori di ricerca e collegati al *backbone* con circuiti singoli o multipli a 155Mbit/s per la maggior parte nelle regioni del Sud.

### *Progetto GRID*

La comunità mondiale di Fisica della Particelle sta mettendo in piedi un sistema di calcolo distribuito, la cosiddetta GRID computazionale, che permetterà lo sfruttamento ottimale di tutte le risorse di calcolo che verranno messe a disposizione della ricerca. L'INFN è sin dall'inizio tra i promotori degli sviluppi sulla GRID, il cui interesse travalica la sola ricerca in Fisica delle Particelle (essa sarà infatti fondamentale anche in altre scienze quali ad esempio Biologia, Medicina, Scienze della Terra, ecc.) e 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. Fra le varie attività (riportate in dettaglio nel capitolo 2.1) l'INFN ha continuato lo sviluppo nuovo progetto GRIDCC (4M€) che mira a costruire una GRID per il controllo in *real time* di apparati remoti e contribuito con successo al progetto EU CoreGRID 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 4 nuovi progetti Europei approvati nel 2005:

- EU-med ed EU-China 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 Initiative* (NMI) negli Stati Uniti;
- 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

E' stato fatto uno sforzo a livello nazionale ed Europeo 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.

#### *Laboratorio di Misure di Bassa Radioattività*

Il Laboratorio per la misura di Bassa Radioattività è stato creato per la caratterizzazione dei rivelatori termici criogenici sviluppati dal gruppo INFN che collabora agli esperimenti CUORE e MIBETA. Questo laboratorio, sito in Milano, ha un modesto schermo per i raggi cosmici in quanto è posto a solo 20m di profondità. Il cemento utilizzato per le pareti ha una bassa radioattività e il locale è continuamente ventilato per mantenere la concentrazione di Radon al di sotto di  $8\text{Bq/m}^3$ .

Il laboratorio è dotato di rivelatori sia per la spettroscopia gamma (HPGe) che per quella alfa al fine di poter studiare sia contaminazioni radioattive di volume che di superficie dei materiali in analisi.

In questo Laboratorio si fanno misure multidisciplinari come: 1) monitoraggio della ricaduta-radioattiva in aria e nell'ambiente, 2) valutazione della diffusione della radioattività nel suolo in differenti luoghi per caratterizzare i tipi di inquinamento (*test* con bombe, incidenti ai reattori); 3) misura di dendrocronologia usando gli anelli degli alberi per calcolare le variazioni in tempo dei contaminanti radioattivi; 4) misure sui vegetali per valutare l'incidenza dell'inquinamento radioattivo nella catena trofica primaria; 5) misure di radioattività nel carotaggio del ghiaccio per la datazione di eventi specifici avvenuti nel passato; 6) determinazione della concentrazione di metalli nei capelli per determinare la presenza di veleno (si sta studiando la concentrazione di arsenico nei capelli di Napoleone); 7) determinazione della circolazione verticale d'aria per cercare condizioni critiche che producono alte concentrazioni di inquinamento di particolato a livello del suolo; 8) sviluppo di analisi a fluorescenza con raggi X per la caratterizzazione superficiale.

Si stanno inoltre approntando nuove tecniche per migliorare sempre di più la sensibilità nella rivelazione dei contaminanti. In particolare nel campo dell'attivazione neutronica si stanno ottenendo importanti risultati sulla misura di contaminati quali U e Th, con limiti che stanno portando questo laboratorio a essere tra i più sensibili al mondo in questa tipologia di misure.

#### *Il progetto speciale Adroterapia*

L'uso di fasci di protoni nel trattamento dei tumori offre il vantaggio di una migliore localizzazione della distribuzione della dose salvaguardando i tessuti sani circostanti. Nel mondo ci sono quasi 20 centri d'adroterapia, e almeno 10 in Europa. Ai Laboratori Nazionali

del Sud dell'INFN (INFN-LNS) è stata realizzata una linea di irradiazione dedicata: CATANA, acronimo di Centro di AdroTerapia e Applicazioni Nucleari Avanzate.

CATANA è attualmente il primo e unico centro di protonterapia in Italia, e fasci di protoni da 62MeV, accelerati da un Ciclotrone Superconduttore, sono utilizzati per il trattamento di tumori superficiali come quelli della regione oculare.

Il progetto coinvolge fisici nucleari, fisici medici, radioterapisti e oftalmologi. La linea di fascio di protoni di CATANA è stata interamente progettata e realizzata ai INFN-LNS. Sono stati ottenuti risultati originali nel campo della dosimetria di protoni assoluta e relativa, utilizzando rivelatori a stato solido e simulazioni Montecarlo.

A partire dal Marzo 2002, 92 pazienti con diversi tumori oculari sono stati trattati presso la linea di irraggiamento di CATANA.

Oggi CATANA è entrata nella fase clinica di *routine* attraverso la stipula di una dedicata convenzione fra INFN, Università e Policlinico Universitario di Catania.

È stato provato che la radiazione ionizzante di elevata energia è efficace nel trattamento dei tumori: gli adroni in particolare (protoni o ioni leggeri) hanno la capacità di trasferire la dose richiesta con il minimo impatto ai tessuti circostanti, anche nel caso di tumori profondi. Il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO), in fase di realizzazione a Pavia, è stato istituito con lo scopo di progettare e costruire un centro di adroterapia per il trattamento di patologie tumorali attraverso fasci di protoni o ioni di carbonio. L'acceleratore scelto è un sincrotrone che unisce la flessibilità di operazione necessaria per consentire l'accelerazione di fasci diversi e la possibilità di modulare l'energia del fascio. Questo consentirà di operare in modalità "*active-scanning*", focalizzando il fascio in modo da controllare in 3-D il suo punto di intervento, e in "*passive-scanning*" distribuendo il fascio, di energia opportuna, trasversalmente attraverso deflettori x-y in modo da coprire la zona da trattare.

Facendo seguito all'accordo di collaborazione siglato fra INFN e CNAO per la costruzione dell'acceleratore nel 2004 e 2005, l'INFN si è impegnato nello studio e realizzazione del sincrotrone e dei sistemi di trattamento del fascio clinico con l'obiettivo di trattare il primo paziente entro la fine del 2007.

#### *Applicazioni di tecniche nucleari nel campo della Sicurezza*

Negli ultimi anni l'INFN ha sviluppato in collaborazione con le Università di Padova e Bari un prototipo di Sistema di Ispezione con Neutroni Etichettati (SINE) che impiega fasci multipli di neutroni da 14MeV. Studi recenti di tale tecnica di ispezione hanno portato allo sviluppo, in collaborazione con la ditta francese EADS-SODERN, di un generatore portatile

sigillato di neutroni che ha integrato il sistema di etichettamento dei neutroni. Inoltre la rivelazione di esplosivi nascosti nei bagagli è stata studiata in laboratorio.

Dal 2004 sono partite due nuove iniziative: un progetto congiunto Italo-Croato (INFN-IRB) è stato approvato all'interno del programma Scienze per la Pace della NATO, con l'obiettivo di studiare l'applicazione del SINE nell'ispezione di *cargo container*. Inoltre, il progetto EURITRACK (*EUROpean Illicit Trafficking Countermeasure Kit*) è stato approvato all'interno della parte IST del Sesto Programma Quadro. Il consorzio EURITRACK è costituito da un numero di Istituti di Ricerca (da Francia, Italia, Croazia, Polonia e Svezia), PMI (Francia e Italia) e dalle Autorità doganali francesi. Scopo del progetto è l'installazione di un primo prototipo del SINE presso il porto di LeHavre dove sarà utilizzato per implementare il sistema di ispezione dei *container* dopo uno *scanner* a Raggi X già operativo.

L'INFN di Padova partecipa alle attività IAEA di formazione nel campo delle applicazioni delle tecniche nucleari nel contrasto dell'*illicit trafficking*.

E' inoltre in fase studio, in collaborazione con la Gilardoni SpA e altre industrie e centri di ricerca, il possibile utilizzo della tecnica della Radiografia Muonica in sistemi multi-sensore di *scanning*. Una Idea Progettuale è stata presentata al MIUR nell'ambito del Piano Nazionale delle Ricerche 2005-7.

Infine, è importante ricordare che le tematiche relative alla Sicurezza saranno una delle priorità del futuro Settimo Programma Quadro dell'Unione Europea.

#### *I programmi di Ricerca TRASCO e ADS*

Lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi prodotti dall'industria dell'energia nucleare e dallo smantellamento degli armamenti nucleari rappresenta un problema molto importante per l'opinione pubblica e con pesanti implicazioni socio-economiche, specialmente dato l'aumento della richiesta mondiale di energia.

Tecnologie di Partizione e Trasmutazione (P/T) possono portare a ridurre drasticamente il volume e la radiotossicità dei Rifiuti di Alto Livello che devono essere immagazzinati nei siti di stoccaggio *Deep Geological Repository* per il corrispondente tempo necessario a raggiungere il livello della radioattività naturale tipico dei materiali utilizzati per la produzione dei componenti il combustibile nucleare. Il materiale più pericoloso – cioè il plutonio, isotopi “minori” degli attinidi (MA) e alcuni prodotti di fissione (FP) a vita lunga – potranno essere separati (Partizione) dai rifiuti nucleari e, quindi, convertiti (Trasmutazione) in elementi con tempo di dimezzamento minore in alcuni reattori disegnati appositamente. Gli elementi Transuranici possono essere trasmutati per mezzo della fissione e i prodotti di fissione (FP) per mezzo di reazioni di cattura neutronica e decadimento beta.

Anche se un reattore critico (*burner reactor*) può essere considerato come un potenziale candidato per realizzare un sistema dedicato alla trasmutazione, sistemi di questo tipo caricati con elementi di combustibile utilizzando MA sono soggetti a problemi di sicurezza principalmente dovuti al piccolo valore della frazione di neutroni ritardati. Di contro, un sistema guidato da un acceleratore (ADS) – un reattore sottocritico accoppiato con una sorgente di neutroni di spallazione che impiega un acceleratore di protoni di alta potenza – permette di ottenere la massima velocità di trasmutazione con un reattore la cui operazione è intrinsecamente sicura.

L'obiettivo finale del gruppo INFN che ha partecipato al programma TRASCO (TRAsmutazione di SCORie) e alla sua continuazione ADS era il disegno concettuale di un acceleratore LINAC per il sistema ADS con una corrente nominale di 30mA.

Al di là degli studi approfonditi di dinamica dei fasci e dell'architettura dell'acceleratore LINAC, il programma include anche la progettazione e la costruzione di alcune componenti critiche per le varie parti del LINAC, in particolare la sorgente di protoni ad alta intensità, la struttura di accelerazione RFQ (*Radio Frequency Quadrupole*) e i prototipi delle cavità superconduttive.

Come esempio, il modulo RFQ sviluppato per TRASCO (con 5MeV di energia finale e una frequenza di operazione di 352MHz, realizzata in rame "*Oxygen Free*") è alla frontiera dell'attuale tecnologia dei LINAC. La cavità superconduttrice, operata a 704MHz e realizzata in Nb, rappresenta una estensione a più basse energie e per differenti particelle (protoni con metà della velocità della luce) delle tecnologie sviluppate per acceleratori di elettroni di alta energia (il progetto TESLA). Questi sviluppi si basano sulla ben consolidata competenza dell'INFN nel campo degli RFQ e delle cavità superconduttrici per acceleratori sviluppati per la ricerca scientifica.

I prototipi per TRASCO sono stati realizzati dall'industria Italiana, nell'ambito di programmi che prevedono esplicitamente la condivisione delle responsabilità tra industria ed enti di ricerca. In questo sistema sono state sviluppate, tra le altre, competenze tecnologiche nella meccanica di precisione, nell'elettronica, nella radiofrequenza, e risorse altamente qualificate sono state trasferite dalla ricerca all'industria.

*INFN e il CERN: partecipazione industriale a R&D e relativo ritorno.*

Durante tutta la sua storia, le idee si sono mosse dalle ricerche in fisica delle particelle e in fisica nucleare verso le scienze applicate e la tecnologia grazie al coinvolgimento del mondo industriale. La ricerca moderna ha continuato questa tendenza: per esempio, come si è visto gli acceleratori di particelle sono ora ampiamente usati nel trattamento del cancro e nello sviluppo e nell'analisi di nuovi materiali. Dei 10.000 acceleratori attualmente in uso nel

mondo, meno dell'1% sono dedicati alla fisica delle particelle. Lo sviluppo dei magneti superconduttori per gli acceleratori ha condotto allo sviluppo dei magneti utilizzati in sistemi di RM e nei dispositivi di visualizzazione del cervello. Questi strumenti inoltre impiegano tecniche di identificazione e di calcolo molto simili a quelle usate nelle analisi di fisica delle particelle.

Non esiste un sistema standard per misurare il ritorno degli investimenti in campi avanzati di ricerca e in particolare in fisica delle particelle, perché ovviamente il periodo fra la scoperta e l'applicazione non è fissato. Tuttavia, la ricerca guidata dalla curiosità scientifica costituisce una molla importante per le innovazioni nel sistema di produzione, tale da trasformare rapidamente i risultati del lavoro scientifico e della creatività in prodotti e servizi che possano essere sviluppati commercialmente e quindi sfruttati dalle industrie.

I progetti di collaborazione fra aziende e gruppi di ricercatori INFN per lo sviluppo di nuove tecnologie sono spesso essenziali per accertarsi che i requisiti richiesti possano essere soddisfatti in fase di grande produzione. Le aziende traggono beneficio dall'opportunità di presentare offerte per il contratto risultante e soprattutto dalla conoscenza acquisita che può essere utilizzata in altri prodotti ed applicazioni.

Questa fruttuosa collaborazione ha raggiunto uno dei livelli più elevati nella storia, grazie all'enorme lavoro di Ricerca & Sviluppo, di connotato altamente tecnologico, per il *Large Hadron Collider* (LHC) e i relativi rivelatori al Centro Europeo per le Ricerche nucleari (CERN). Tale risultato è stato realizzato con il contributo delle aziende italiane e in particolare di molte PMI. Si è assistito a un grande trasferimento di *know-how* tecnologico verso le aziende, aumentando le loro possibilità di accedere a una gamma più ampia di opportunità. Anche nel caso di semplici forniture, spesso le ditte che vengono in contatto con l'INFN traggono beneficio dai criteri stringenti in termini di qualità dei prodotti richiesti.

Il contributo dei 20 stati membri al bilancio del CERN è calcolato in base al loro PIL. Il contributo italiano nel 2004 è stato di 124,5MCHF (79,88M€), mentre il ritorno alle aziende italiane, per forniture industriali e servizi, è ammontato a 139,6 MCHF (87,80M€). Questo risultato è particolarmente importante perché è la prima volta che il ritorno, in termini assoluti, supera il contributo italiano al CERN.

La *performance* di un paese membro, in termini di commesse acquisite, è invece definita dal *coefficiente del giusto ritorno*: rapporto fra la percentuale del valore dei contratti aggiudicati e la percentuale del contributo del Paese nello stesso periodo. Il coefficiente di giusto ritorno per le Forniture Industriali è stato aggiornato a 0.93, in base ai risultati degli ultimi quattro anni, fino alla fine del 2004. La media italiana calcolata sugli ultimi quattro anni è 1.29, ben al di sopra, e per il solo 2004 di 1,42. Per i Servizi Industriali il coefficiente

di giusto ritorno è 0.4. Anche in questo caso l'Italia ottiene un ottimo risultato (0.52), e bisogna anche notare che per i Servizi Industriali Paesi come Svizzera e Francia risultano favoriti per pure questioni logistiche.

I settori industriali nei quali l'Italia si distingue sono meccanica e vuoto, ingegneria elettrica e civile. Ma non va dimenticato il settore rivelatori di particelle nel quale l'Italia è la prima fornitrice in assoluto e dove tutte le forniture sono ad elevato contenuto tecnologico.

L'Italia infine, che è terzo fornitore in assoluto del CERN, è in testa, con 18,7MCHF, nell'aggiudicazione delle commesse piazzate dal CERN, per conto di Stati membri, destinate alla realizzazione degli esperimenti per LHC. Un bilancio dunque delle attività industriali italiane al CERN positivo e in costante progresso.

#### *Impatto delle attività dell'INFN sull'Industria Italiana*

E' stata studiata in maniera approfondita l'interazione tra le Strutture di Ricerca dell'INFN e l'industria italiana per verificare quantitativamente le implicazioni in termini di aumento del livello di produzione industriale e in quali settori economici si abbia il maggior impatto.

L'interdipendenza strutturale di un sistema economico può essere rilevato e valutato per mezzo di una particolare tecnica di indagine macro-economica, detta analisi delle interdipendenze strutturali o modello *input-output*.

L'elemento centrale dell'analisi *input-output* è costituito dalla *tavola intersettoriale dei flussi fisici*. L'economia nazionale è immaginata come un insieme di unità produttive (92 nella nostra analisi). Ciascuna di queste unità realizza un duplice ordine di transazione da un lato come *acquirente*, dalle altre unità, di beni e servizi che impiega come immissioni nella propria attività produttiva; dall'altro come *venditore* del suo prodotto. In un arco di tempo, per esempio un anno, tra le diverse unità in cui è articolata l'economia si svolge un complesso di transazioni che è determinato dalle esigenze di impiego finale e dalle caratteristiche tecnologiche del sistema economico. I flussi intersettoriali sono espressi in termini monetari. A tale fine è sufficiente esprimere i flussi di merce ottenute moltiplicando le quantità per il corrispondente prezzo. Si può organizzare una tavola (matrice) a doppia entrata dove: per riga figurano le unità in qualità di venditori (*output*) e per colonna le stesse unità figurano in qualità di acquirenti (*input*).

Il modello *input-output* è stato usato negli ultimi anni per analizzare l'impatto economico sia del cambiamento di comportamento dei soggetti in gioco sia di politiche economiche mirate. Essendo basato su una stretta relazione tra differenti settori industriali esso permette di tener conto della complessa interazione di un sistema economico.



Per semplicità di analisi le 92 unità produttive sono state raggruppate in quattro categorie: 1) *Low-Tech*: acquisizione di un bene o di un servizio privi di un qualche contenuto di alta tecnologia; 2) *High-Tech*: acquisizione di un bene o di un servizio caratterizzati da contenuto di alta tecnologia; 3) *Commessa*: le specifiche del prodotto rientrano nelle capacità tecniche dell'azienda che è responsabile sia della progettazione che dell'esecuzione del progetto. Il prodotto finale, pur non essendo in catalogo, costituisce una applicazione *innovativa* del *Know How* dell'azienda stessa; 4) *R&D*: le caratteristiche del prodotto non rientrano completamente nelle conoscenze tecniche dell'azienda e la fase di ricerca e sviluppo (R&D) viene svolta in collaborazione con i ricercatori dell'INFN, mentre l'azienda è completamente responsabile delle fasi produttive.

L'analisi mira ad evidenziare il moltiplicatore economico, vale a dire il rapporto tra il flusso monetario indotto e quello introdotto nel sistema in esame, per ognuna delle quattro categorie ed è basata sui dati finanziari dell'INFN per il triennio 2001-2003.

Categoria	Moltiplicatore
Low-Tech	1,44
High-Tech	1,65
Commessa	1,99
R&D	2,73
Media	1,78

Nella tabella sono riportati i valori trovati per il moltiplicatore.

Si osserva un *trend* per i moltiplicatori in funzione della categoria: 1€ speso nella categoria *Low-Tech* induce una produzione di 1.44€ mentre se è speso nella categoria *R&D* induce una produzione di 2.73€.

In definitiva l'INFN induce un flusso di denaro nel sistema produttivo italiano quasi doppio rispetto a quanto speso per la sua attività di ricerca, il che costituisce un buon risultato economico.

## 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.

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 e 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 6PQ le "*Integrated Infrastructures Initiative (I3)*". Lo scopo è quello di riunire le infrastrutture europee *leading* 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 grossi 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 astroparticellare, 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, il finanziamento totale di circa 17,4M€ di cui 4M€ per l'INFN. Il progetto sulla fisica astroparticellare (ILIAS) coinvolge circa 21 istituzioni Europee e 1500 ricercatori, prevede un finanziamento totale di circa 7,5M€ di cui circa 2,5M€ per l'INFN. Al progetto sul FEL (IA-SFS) collaborano 16 istituzioni europee e il finanziamento totale è di circa 27M€. Per il progetto di fisica nucleare (EURONS), è previsto un finanziamento totale di 14M€ 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 15M€ di cui 2M€ 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 7 M€ di finanziamento.

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. 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 Quinto 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 Sesto Programma Quadro nel contesto delle “*Integrated Infrastructures Initiative (I3)*”.

Anche per gli studi di fattibilità e la costruzione di nuove infrastrutture l'INFN partecipa a numerosi progetti europei, vale la pena menzionare: EUROTEV volto allo studio del *next linear collider*, EURISOL per la *Radioactive Ion Beam Facility*, 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 e una comunità di migliaia di ricercatori. Il finanziamento totale previsto va da 9 a 10 M€ e quello per l'INFN da 1 a 5M€.

Nel campo dell'*Information Society Technologies* l'INFN ha presentato, e per molti coordina, decine di progetti dedicati a sviluppi di infrastrutture GRID e al *network*. Tra questi EGEE coinvolge 70 istituzioni organizzate in 9 federazioni (l'INFN coordina la federazione Italiana). Il finanziamento totale del progetto è di circa 32M€ 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 e la Cina. Il volume finanziario totale (da negoziare) è di circa 2M€. Altrettanti progetti sono stati presentati nelle ultime *call for proposal* del 6PQ.

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 4M€. Molti altri progetti sono invece ancora in fase di valutazione.

Anche l'aspetto delle risorse umane e della mobilità non è stato trascurato; sono stati presentati e approvati svariati progetti per *research and training network* e progetti per borse di studio.

Il totale del finanziamento della Commissione Europea all'INFN è ad oggi circa 25M€.

L'INFN continuerà a partecipare alle molteplici opportunità di finanziamento offerte dal 6PQ per tutta la sua durata e, utilizzando l'esperienza acquisita durante questo periodo, riuscirà sicuramente a cogliere le più numerose opportunità previste dal 7PQ. Infatti il 7PQ, ancora in fase di definizione, pur essendo ancora molto polarizzato verso la ricerca applicata,

presenta delle novità rispetto al precedente, ossia il finanziamento della ricerca di base attraverso un Consiglio Europeo della Ricerca (CER), e il finanziamento delle nuove infrastrutture per la ricerca.

## **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, 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. Per l'esercizio 2005 il contributo dello Stato è fissato, secondo informazioni del MIUR, in 274,7 milioni di euro, con una riduzione del 2% rispetto a quello complessivamente avuto nel 2004.

È 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 2004, è stata di 302 milioni di euro. Per il 2005 non è prevista alcuna maggiorazione.

È 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.

Il Decreto Legge 12 luglio 2004, convertito dalla Legge 30 luglio 2004, n. 191, ha imposto, esclusivamente per l'esercizio 2004, un limite alle spese per missioni all'estero, rappresentanza, relazioni pubbliche e convegni, pari alla spesa media annua sostenuta nel triennio 2001-2003 ridotta del 15%.

In particolare, per l'INFN il provvedimento, peraltro intervenuto ben oltre la metà dell'esercizio finanziario, ha determinato una drastica riduzione dei finanziamenti già assegnati per trasferite legate ad attività programmate al di fuori del territorio nazionale, con conseguente riflesso negativo sugli impegni di ricerca sottoscritti a livello internazionale. È da notare che i tre quarti delle attività dell'Istituto si svolgono, a vario titolo e con diverse modalità, in ambito internazionale o in collaborazione con analoghe istituzioni straniere.

Anche nel 2005, in corso d'esercizio, con Decreto Legge n. 211 del 17 ottobre 2005, sono stati ridotti del 10% gli stanziamenti della cat. IVa (consumi intermedi). Per l'INFN, oltre alle difficoltà causate alla gestione corrente della spesa, si tratta di una decurtazione secca di circa 6,6 milioni di euro al già ridotto bilancio.

## 3. PIANO DI ATTIVITÀ 2006-2008

### 3.1 FISICA SUBNUCLEARE

Con la partenza della sperimentazione all'LHC prevista per il 2007 il periodo 2006-2008 vedrà un impegno diversificato e intenso che richiederà uno sforzo eccezionale da parte dell'INFN nella installazione delle parti degli apparati di propria responsabilità, nella preparazione dell'analisi dati che include l'enorme infrastruttura del *computing* e nel *commissioning* negli esperimenti ATLAS, CMS, LHCb e TOTEM. E' inoltre ipotizzabile che nel 2008 possano avvenire le prime pubblicazioni di fisica di questi esperimenti. Nel prossimo triennio è previsto che BABAR, CDF e COMPASS continuino la raccolta dei dati aumentando sensibilmente la quantità di dati a propria disposizione. KLOE terminerà invece nel 2006 e ZEUS nel 2007. Infine il successore dell'esperimento NA48, ora noto come P326 e allo stadio di proposta, ha ragionevoli possibilità di essere approvato e si troverà quindi in fase di costruzione. La costruzione dell'esperimento MEG, dedicato alla ricerca della violazione del numero leptonico, è in fase di conclusione e nella seconda parte del 2006 è prevista la prima campagna di raccolta dati, che continuerà nei due anni successivi.

A partire dal 2007 partirà LHC che 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.

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 discussione possibili 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 ha ricevuto anche un nome: 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.

Un altro evento che avrà conseguenze sul futuro di questa fisica è il gruppo di studio lanciato dal Council del CERN che vuole definire un progetto per l'intera fisica europea delle alte energie per i prossimi anni.

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 500, 630 e 1200pbarn<sup>-1</sup> rispettivamente nel 2006, 2007 e 2008. I membri della collaborazione CDF avranno come compito quello di accumulare su nastro con alta efficienza gli eventi generati dagli urti antiprotone-protone e di avanzare pari passo con l'analisi dei dati stessi. La misura più importante che dovrebbe essere possibile con questa luminosità è la differenza di massa tra i due stati B<sub>s</sub> e la loro frequenza di oscillazione. Questa luminosità permetterà inoltre a CDF di misurare la violazione di CP nei decadimenti dei mesoni B e migliorare la precisione con cui sono note la massa e la sezione d'urto di produzione del quark top. Col contributo fondamentale del personale dell'INFN è stato sostanzialmente completato nel 2005 il miglioramento dell'apparato previsto per la seconda fase della presa dati.

Le attività collegate ai grandi rivelatori al Large Hadron Collider (LHC) del CERN negli anni dal 2006 al 2008 raggiungeranno il loro picco essendo previsto l'inizio della presa dati verso la metà del 2007. Le collaborazioni ATLAS, CMS ed LHCb prevedono quindi per il prossimo futuro di continuare e completare, nelle varie sezioni INFN implicate, le costruzioni dei rivelatori di responsabilità italiana. Contemporaneamente i vari *detectors* stanno per essere trasportati al CERN, provati ed integrati nei vari apparati sperimentali. Il *commissioning* con raggi cosmici sarà la prima vera prova sperimentale 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 e 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 dovrebbe essere in grado di prendere dati sin dall'inizio della sperimentazione a LHC.

#### VIOLAZIONE DI CP E DECADIMENTI RARI

Obiettivo dell'esperimento KLOE è quello di terminare la presa dati nel 2006 con una statistica raccolta derivante da una luminosità integrata di  $\sim 2\text{femtobarn}^{-1}$  fornita dalla macchina DAFNE di Frascati. La misura dell'elemento  $V_{us}$  della matrice di CKM verrà completata attraverso la sua ripetizione in molteplici modi di decadimento e grazie ai dati che verranno raccolti a energia più bassa della  $\Phi$  verrà anche effettuata una misura estremamente precisa di R (sezione d'urto adronica) nel *range* più significativo per lo studio delle correzioni al processo (g-2). Ci si attende anche una attività di analisi sullo studio dei decadimenti radiativi della particella  $\Phi$ .

L'esperimento NA48 dovrà analizzare tutto il campione di dati raccolto con l'obiettivo di finalizzare tutte le analisi di fisica entro il 2006. Obiettivo primario sarà la determinazione della violazione diretta di CP nei decadimenti dei mesoni K in tre pioni carichi e in un pione carico e due neutri, nonché la differenza delle lunghezze di *scattering* del pione,  $a_0$  e  $a_2$ . Allo stesso tempo viene presentata una proposta per un esperimento che prevede un miglioramento sostanziale dell'apparato sperimentale allo scopo di realizzare la misura della probabilità di decadimento relativa (BR) del K carico in un singolo pione carico e due neutrini, la quale costituisce un *test* molto importante del Modello Standard e potrebbe svelare l'esistenza di Nuova Fisica. Nell'anno 2006 è previsto un intenso programma di ricerca e sviluppo con lo scopo di poter giungere all'approvazione dell'esperimento e iniziarne quindi la costruzione nel 2007 per continuarla poi nel 2008. I gruppi italiani saranno coinvolti nel miglioramento della calorimetria, nello sviluppo dell'odoscopio per il *trigger* del fascio e nel sistema di tracciamento dei decadimenti.

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 520, 770 e  $1100\text{femtobarn}^{-1}$  per la fine degli anni 2006, 2007 e 2008 rispettivamente. È anche previsto il completamento dell'installazione dei nuovi rivelatori inseriti nel giogo di ferro a grande angolo entro il 2006. 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 ed entrare in funzione nel 2006 per un primo periodo di prova dell'apparato e quindi affrontare nel 2007 e nel 2008 la sfida posta da questa difficilissima misura. Nel 2006 verrà anche installato a cura dei gruppi INFN un sofisticato strumento (un acceleratore di protoni del tipo Cockroft-Walton) che permetterà una calibrazione molto precisa dell'apparato funzionale alla delicatezza delle misure da effettuare.

#### DIFFUSIONE PROFONDAMENTE ANELASTICA

L'esperimento ZEUS raccoglierà dati fino a luglio del 2007, con una luminosità tale da permettere la raccolta di almeno 200 picobarn<sup>-1</sup> all'anno. L'alta efficienza raggiunta dal rivelatore permetterà lo sfruttamento ottimale della mole di dati raccolti, la cui analisi dettagliata si protrarrà fino al 2010. Gli obiettivi principali di questa fase dell'esperimento sono lo studio delle sezioni d'urto di corrente carica e neutra: la disponibilità di sonde composte da elettroni e positroni, in entrambe le configurazioni di polarizzazione longitudinale, permetterà di studiare i dettagli della struttura dell'interazione debole. L'esperimento misurerà anche la struttura delle distribuzioni partoniche all'interno del protone bersaglio, con energie più alte, e quindi risoluzioni spaziali maggiori, di quanto fatto finora. Infine verranno verificate molte previsioni della teoria delle interazioni forti (QCD), con particolare enfasi nella produzione di quark pesanti in interazioni elettrone-protone e fotone-protone.

Compito dell'esperimento COMPASS nel 2006, col contributo decisivo di gruppi italiani dell'INFN, sarà quello di installare i rivelatori necessari per la seconda fase della presa dati per essere pronto alla seconda campagna di presa dati che inizierà a metà dell'anno. Il 2006 sarà dedicato alla raccolta di dati con il fascio di muoni mentre nel 2007 si passerà 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 trasversità. Il fascio adronico permetterà lo studio e la scoperta di eventuali nuove risonanze.

*Progetto strategico NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE (NTA)*

**CLIC\_CTF3** - E' previsto il completamento del *commissioning* del *Delay Loop*. Sarà provata la ricombinazione dei pacchetti di un impulso lungo dal *LINAC* in treni di pacchetti più corti ma con il doppio della corrente e con la struttura temporale atta all'ulteriore moltiplicazione. Sarà effettuata la progettazione, costruzione e installazione dei componenti della camera da vuoto del secondo anello ricombinatore (*Combiner Ring*) e della linea di trasferimento che unisce i due anelli. Il *commissioning* dell'anello è previsto nel 2007 per poi proseguire l'attività per la generazione dei gradienti di accelerazione per pacchetti di elettroni di 150MV/m, che sono lo scopo principale del progetto CTF3.

**ILC** – Si tratta di un'attività a lungo termine in ambito mondiale che ha come riferimento il *Global Design Effort (GDE)*, al quale l'Istituto partecipa. L'esperienza e le competenze acquisite nella progettazione e nella costruzione dei criomoduli restano un'importante e preziosa conoscenza di proprietà dell'INFN, che l'Ente è in grado di spendere su progetti di rilevanza internazionale qual è ILC. L'Istituto collaborerà con DESY, FNAL e KEK alla revisione e consolidamento del disegno attuale dei moduli di terza generazione di TTF. Una partecipazione più ampia dell'INFN è tuttora in fase di definizione e dovrebbe portare a un ampliamento dell'attività sia sul *LINAC* (criomoduli, componenti interni, diagnostica ed elettronica) sia sui *damping ring*, con l'eventuale utilizzo dell'infrastruttura fornita da DAFNE.

**DAFNE\_BM** - Sarà innanzitutto realizzata la cavità superconduttrice e il suo criostato e saranno apportate le necessarie modifiche al sistema criogenico; sarà inoltre approntata la diagnostica per la misura di bunch corti. Il nuovo hardware sarà installato su DAFNE alla fine del 2007 e nel 2008 sarà realizzato l'esperimento.

**PLASMONX** - Sarà realizzato il laser FLAME (*Frascati LAsEr for Multidisciplinary Experiments*) e sarà costruito il laboratorio laser di alta intensità presso i Laboratori Nazionali di Frascati ([HILL@LNF](mailto:HILL@LNF)), nel quale il laser stesso dovrà essere collocato. Continuerà l'attività sperimentale su tecniche innovative di amplificazione di impulsi laser ultracorti (OPCPA) e sulle relative diagnostiche. Sarà sviluppata l'attività sul plasma pre-formato per l'accelerazione e, parallelamente, continuerà l'attività teorica e di simulazione sull'accelerazione a plasma e la sorgente X-gamma basata sullo *Scattering Thomson*.

**HPPA** - Nel 2006 continuerà la finalizzazione del CDR2 di SPL, in collaborazione con il CERN e l'estensione della collaborazione alle attività in corso al CERN per LINAC4. Si prevede il completamento e il *commissioning* della sorgente PM-TRIPS, e la possibilità di verificare la stabilità e la riproducibilità del funzionamento con prove lunghe, nonché lo studio di una configurazione per fasci negativi intensi. Ad aprile 2005 è iniziato il programma

quadriennale EURATOM/EUROTRANS del VI Programma Quadro e si prevede quindi che entri nel pieno dell'attività, sia per quanto riguarda gli studi del *layout* del *LINAC*, che per quanto riguarda le attività di progettazione concettuale e realizzazione di un criomodulo per cavità di protoni ad alta intensità.

**HCCC** – Sarà completato il processo di ottimizzazione dei campioni di silicio, della loro realizzazione e di tutte le strutture ancillari per l'installazione in LHC. Qualora la sperimentazione mostri il raggiungimento dei parametri voluti, sarà determinata la locazione ottima dei cristalli e sarà fatto un progetto esecutivo per l'installazione.

**DISCORAP** – Sarà sviluppato un progetto di dipoli rapidamente pulsanti con l'intento di costruire entro 4 anni un prototipo di dipolo superconduttore dell'acceleratore SIS300 del GSI. Il programma si articola in attività di studio, progettazione meccanica, elettrica e magnetica, nello sviluppo di un conduttore innovativo a bassa perdita presso l'OUTOKUMPU Superconduttori di Fornaci di Barga, nella caratterizzazione elettrica di fili e cavi, nella costruzione della massa fredda presso l'Ansaldo Superconduttori di Genova e, infine, eventualmente nella costruzione del criostato presso le ditte italiane del settore. Le ditte saranno coinvolte tramite accordi specifici di ricerca e sviluppo.

#### *Progetto speciale SPARC*

Nel 2006 sarà completata l'installazione di tre sezioni acceleratrici che consentiranno al *LINAC* di operare fino all'energia di 200MeV, il sistema di focalizzazione sulla prima 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 fine del 2006 si prevedono di effettuare i primi *test* di generazione della radiazione SASE nell'ondulatore.

Il programma scientifico di SPARC è stato ampliato grazie al finanziamento ottenuto con il progetto EUROFEL, approvato nell'ambito del Sesto 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, e si svilupperà un sistema di sincronizzazione avanzato tra fascio di elettroni e fascio ottico. Il programma europeo si sviluppa nel periodo 2005-2007.

Nel periodo 2006-2008, si prevede inoltre di progettare, realizzare e installare sulla linea di *by-pass*, un canale di trasporto magnetico per esperimenti di compressione magnetica e compressione mista RF+ magnetica. Lo schema di compressione misto risulta dalle prime

simulazioni molto promettente e potrà essere sperimentato per la prima volta. A tal fine, si prevede lo sviluppo e l'installazione del sistema RF in IV armonica (banda X) per linearizzare la correlazione di energia lungo il pacchetto prima che venga iniettato nel compressore magnetico.

Con tali sviluppi SPARC tende a caratterizzarsi come un laboratorio una *test facility* in grado di fornire fasci di elettroni di elevata qualità che potranno essere utilizzati per le attività interdisciplinari già programmate dall'INFN: PLASMONX, FLAME, MAMBO, QFel.

Infine, il programma SPARC troverà il suo naturale prosieguo nel progetto SPARX, approvato e finanziato dal MIUR, finalizzato allo sviluppo di una attività di R&D per la produzione di radiazione coerente nella regione spettrale X.

### *Progetto speciale GRID*

Nel 2006 il progetto INFN GRID continuerà ad essere notevolmente impegnato su molti fronti a livello internazionale. E' previsto il completamento dei *Data e Service Challenger 3* e 4 del progetto LCG in collaborazione con gli esperimenti a 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, Milano, Torino, Roma, Pisa e i Tier3 delle altre sedi e che è operativa 24 ore al giorno, 7 giorni su 7.

Nella primavera del 2006 è previsto il lancio del nuovo progetto EGEE-II che prevede il completamento della re-ingegnerizzazione del *middleware*, l'estensione dello sfruttamento dell'infrastruttura GRID di produzione in Europa per tutte le scienze e la pianificazione e realizzazione delle attività di *tutorials*, disseminazione e costruzione di un'interfaccia generica per tutte le applicazioni. In EGEE-II il coordinamento dell'attività di sviluppo e re-ingegnerizzazione del *middleware* passa dal CERN all'INFN, che mantiene la responsabilità della gestione *Training Infrastructure GILDA* sviluppata originariamente in Italia e ora divenuta di uso comune per tutta l'Europa.

Continuerà il progetto Europeo GRIDCC, di cui l'INFN è il coordinatore, con la realizzazione dell'infrastruttura GRID per il *real time* e quello del progetto Core GRID a cui l'INFN partecipa per lo sviluppo di R&D su *middleware* e varie altre partecipazioni a progetti Europei che si stanno ora programmando.

A queste attività si aggiungerà lo sviluppo dei nuovi progetti Europei approvati nel 2005 come:

- EU-med ed EU-China 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 Initiative* (NMI) negli Stati Uniti.
- 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.

Nel 2006 avverrà anche il completamento del progetto FIRB GRID.it che è stato esteso di un anno e che è focalizzato, per la parte INFN, allo studio e alla soluzione delle problematiche relative alla costruzione di un'infrastruttura GRID nazionale. L'INFN è anche impegnata nello sviluppo di due nuovi progetti FIRB LIBI e LITBIO, che hanno l'obiettivo di costruire laboratori nazionali basati sullo sfruttamento via *GRID* di risorse di calcolo distribuite per la bio-informatica, nonché nell'avvio di altri progetti europei attualmente in corso di valutazione e riguardanti l'estensione di EGEE ad altri settori applicativi. Un'attività particolarmente importante nell'ambito delle GRID europee è la continuazione dello sviluppo del *middleware* INFN e in particolare:

- del portale Genius in collaborazione con NICE, della gestione delle organizzazioni virtuali;
- di VOMS in collaborazione con i progetti GRID US;
- del *Monitoring* della GRID GRIDICE in collaborazione con LCG;
- di Storm per la realizzazione di un'interfaccia standard SRM verso *file systems* paralleli commerciali come GPFS e Lustre;
- di G-PBOX per poter stabilire politiche di validità generale per l'uso dei servizi della GRID da parte delle *Virtual Organizations*.

Lo sforzo maggiore, a livello nazionale ed Europeo nel 2006, sarà quello di 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 scopo l'INFN sta promuovendo la creazione del Consorzio Omega (*Open Middleware Enabling GRID Application*) assieme ai maggiori Enti di Ricerca italiani e a numerose industrie. A tal fine l'INFN è stato uno dei maggiori proponenti con il Regno Unito del progetto Europeo *Open Middleware Institute Initiative*

Europe, che mira a favorire il coordinamento tra le iniziative europee di sviluppo e supporto del *middleware* di *GRID open source*.

Particolare attenzione dovrà inoltre essere dedicata all'estensione dell'infrastruttura GRID nazionale in modo da integrare quelle sviluppate dai nuovi progetti PON in Sicilia, Sardegna e Campania recentemente finanziati dal MIUR e in cui l'INFN gioca un ruolo di primo piano.

Il 2007 sarà l'anno della piena funzionalità dell'e-Infrastruttura GRID Europea per la ricerca sviluppata da EGEE-2 e sopra di questa diventeranno sempre più intense le attività di calcolo degli esperimenti a LHC che inizieranno l'analisi dei primi dati presi nel 2007 e poi nel 2008 e quelle delle numerose comunità scientifiche di altri settori che già da ora cominciano a essere attive, si veda ad esempio il *challenge* per lo studio della malaria sviluppato dai biologi nell'estate 2005 sopra l'infrastruttura di EGEE.

#### *Progetto speciale ELN*

Dato l'approssimarsi della fase operativa di LHC, 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 2006-2008, nel quadro del Progetto ELN dovranno quindi essere potenziati 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. Saranno necessari ulteriori studi sulle potenzialità fisiche del *collider*, con ampie simulazioni Montecarlo. 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 ulteriori 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	e	TOT
<b>Ricercatori</b>	65.3%	20.1%	6.6%	4.2%	3.8%	817 FTE
<b>Finanziamento 2006</b>	70.6%	12.1%	5.3%	8.6%	3.4%	31.9 M€

**a)** Interazioni adroniche (CDFII, ATLAS, CMS, LHCb, TOTEM, LHCf); **b)** Violazione di CP e decadimenti rari (BABAR, KLOE, P326, MEG); **c)** Diffusione profondamente anelastica (COMPASS, ZEUS); **d)** Progetti Speciali (SPARC, ELN, GRID); **e)** Progetto Strategico NTA

*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 2006-2008 prevedono un grosso 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 i Laboratori del Gran Sasso avrà caratteristiche uniche permettendo la rivelazione dei neutrini di tipo tau prodotti nel fenomeno di oscillazione. Per questi studi l'Istituto ha i Laboratori 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 2006-2008 prevede la raccolta dati con i rivelatori esistenti e la messa in funzione di molti 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.

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 e ha concorso con il CNRS francese alla costituzione del consorzio EGO per la ricerca delle onde gravitazionali.

### FISICA DEI NEUTRINI

Gli esperimenti sulla natura dei neutrini sono concentrati principalmente nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Nel 2006 saranno completati i lavori per la completa messa in sicurezza dei Laboratori.

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. BOREXINO dovrebbe entrare in funzione alla fine del 2006.

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 il 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 rilevanti rallentamenti a causa della situazione del Gran Sasso. Nel 2006 continuerà l'installazione del rivelatore, il cui completamento è previsto alla fine il 2006. Primi eventi di prova con i neutrini del fascio saranno 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. 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 alla fine del 2006. Questo rivelatore è il primo passo verso la costruzione di un grande rivelatore atto a investigare molti problemi di fisica, tra cui quello, importantissimo, della 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. La misura del valore della massa richiede altri metodi sperimentali. 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 2006 i due esperimenti, MANU2 a Genova e MIBETA a Milano, inizieranno a prendere dati con un aumento della massa del campione in modo da migliorare i limiti attuali sulla massa del neutrino. In particolare MANU2 dovrebbe arrivare nel 2006 a una sensibilità migliore di 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.

Nei Laboratori del Gran Sasso nel 2006 continuerà a prendere dati CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di tellurite, 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 tellurite 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 2006, sempre al Gran Sasso e in collaborazione con gruppi tedeschi, comincerà 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 nei Laboratori



del Gran Sasso ha evidenziato una modulazione stagionale di segnali di bassissima energia che potrebbe essere dovuta al movimento della Terra rispetto alla materia oscura. Nel 2006 l'apparato DAMA/LIBRA continuerà a prendere dati per verificare il segnale di DAMA. Nel 2006 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 2006. Un prototipo di WARP con una camera da 2.5 litri è già in misura al Gran Sasso.

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 2006-2008. 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 2006 sarà completata la costruzione dell'osservatorio ARGO realizzato in collaborazione con la Cina a 4300 metri di quota nel Tibet. ARGO avrà 6500m<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 ancora misterioso 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 17m di diametro e ha sviluppato il *trigger*. Questo telescopio, inaugurato nel mese di Ottobre 2004, nel 2006 continuerà le sue osservazioni. I dati forniti da MAGIC sono di grande interesse e pertanto è in discussione la possibilità di partecipare a un raddoppio del telescopio.

I grandi sciami prodotti da raggi cosmici di altissima energia (>10<sup>19</sup>eV) sono misurati dall'apparato dell'esperimento AUGER, inaugurato a novembre 2005. Nel 2006 AUGER continuerà la raccolta dati. I risultati di AUGER saranno 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 1km<sup>3</sup> alla profondità di 3500 metri nel mare al largo della costa sud-orientale della Sicilia. Nel 2006 si prevede di effettuare le operazioni di posa del cavo elettro-ottico sul

sito di Capo Passero e di avviare l'integrazione di sottocomponenti del rivelatore. Tale attività sarà 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 2006 saranno messe in funzione 6 delle 12 stringhe di fototubi che costituiscono il rivelatore in mare. La presa dati inizierà già con la prima stringa alla fine del 2005.

## LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Nel 2005 è stato completato l'apparato PAMELA ed è stato spedito in Russia per l'integrazione con il satellite. 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 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. Il lancio del satellite avverrà all'inizio del 2006. Il triennio 2006-2008 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. Rispetto alle date originali c'è un ritardo dovuto al noto incidente della navetta spaziale Columbia della NASA. Essendo il piano dei futuri voli delle navette spaziali ancora in discussione, c'è incertezza sulla programmazione futura di questo esperimento.

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. Inoltre AGILE dispone anche di un rivelatore di raggi X. C'è complementarità nei due esperimenti perché AGILE sarà lanciato prima di GLAST. La costruzione di AGILE è terminata e il lancio è previsto per l'inizio del 2006. Anche l'assemblaggio delle torri di silicio di GLAST è terminato e nel 2006 si lavorerà all'integrazione dell'apparato con il satellite. Il lancio di GLAST è previsto per settembre 2007.

Infine alla fine del 2005 è programmato il secondo volo di CREAM, un esperimento su un pallone con voli di durata dell'ordine del mese, per la misura della composizione dei raggi

cosmici nella regione di energie attorno a  $10^{15}$  eV. Alla fine del 2006 è programmato il terzo volo, sempre attorno al Polo Sud.

## 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. La continuità della presa dati è necessaria per poter osservare fenomeni molto rari come l'esplosione di *supernovae* galattiche. Nel 2006 EXPLORER e NAUTILUS ed AURIGA continueranno a prendere dati. Miglioramenti della sensibilità di questi rivelatori sono allo studio.

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 e 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 due campagne di presa dati, il raggiungimento della sensibilità di progetto di VIRGO richiede ancora un attento lavoro di messa a punto dell'apparato. Il 2006-2008 sarà dedicato a questo scopo con intervalli dovuti a campagne di presa dati.

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.

Nuovi progetti sono allo studio per futuri rivelatori di onde gravitazionali. Essi riguardano sia gli interferometri (specchi raffreddati a bassa temperatura) sia le antenne risonanti (sfere, cilindri concentrici).

Nel 2006 infine continuerà l'attività di ricerca e sviluppo per LISA, un rivelatore interferometrico con tre satelliti 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 è previsto nel 2009.

## RICERCHE IN FISICA GENERALE FONDAMENTALE

Alcune attività sono relative a 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 2006 sarà completata la costruzione dell'apparato e saranno eseguite le misure di  $G$  utilizzando masse di tungsteno e la fontana atomica realizzata nel 2003. 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.

Nel 2006 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.

Un altro esperimento per lo studio delle proprietà del vuoto è MIR, che si propone lo studio dell'effetto CASIMIR su specchi in moto. Superate le difficoltà tecniche, il 2006 sarà dedicato alla costruzione dell'apparato.

### *Progetto Speciale CNGS*

Il lavoro di preparazione del fascio di neutrini dal CERN al Gran Sasso procede regolarmente. Il profilo temporale del progetto è confermato; il fascio sarà pronto per la metà del 2006.

## EGO, L'OSSERVATORIO GRAVITAZIONALE EUROPEO

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 e sviluppo 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 che è divenuto operativo già nel 2003 e la cui prima fase sta giungendo a compimento, ma che si svilupperà ulteriormente negli anni successivi. All'attuale programma di R&D, che si articola in una ventina di progetti di ricerca, partecipano oltre alla maggior parte dei laboratori partecipanti a VIRGO, anche numerosi altri laboratori attivi nella ricerca di onde gravitazionali in Europa. Inoltre EGO ha recentemente lanciato un'operazione destinata ad allargare la collaborazione intorno a VIRGO con l'istituzione del VESF – *VIRGO EGO Scientific Forum* – dotandolo di un finanziamento per la formazione di ricercatori che operino intorno all'analisi dati di VIRGO e degli altri rivelatori di onde gravitazionali, e invitando tutti i gruppi europei a parteciparvi. Al VESF

partecipano attualmente 40 gruppi di ricerca di otto Paesi europei mentre al programma di formazione di ricercatori partecipano 9 gruppi di ricerca di quattro Paesi europei.

Settore	a	b	c	d	e	f	TOT
Ricercatori FTE	21,4%	9,1%	18,1%	25,8%	19,8%	5,5%	657
Finanziamento 2006	28,6%	17,5%	19,2%	17,3%	13,9%	3,5%	17,1 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\\_2006/index.htm](http://www.infn.it/comm2/schede_2006/index.htm)*

### 3.3 FISICA NUCLEARE

Il programma per gli anni futuri nell'ambito della fisica nucleare si incentra sulle linee di sviluppo e sugli orientamenti discussi dal comitato europeo NuPECC (*Nuclear Physics European Collaboration Committee*). La ricerca in questo settore ha come obiettivo quello di ricostruire e comprendere le diverse fasi dell'evoluzione della materia dopo il *Big Bang*. In particolare la sperimentazione si concentrerà sullo studio dei molteplici aspetti e sulle caratteristiche di questa evoluzione che va dalla formazione del plasma di *quark* e gluoni nei primi istanti di vita dell'Universo fino alla nucleosintesi degli elementi più complessi nelle stelle.

I programmi sperimentali in questo ambito porteranno a importanti sviluppi scientifici e tecnici sia nel medio che nel lungo termine e si svolgeranno nel quadro internazionale sia per quanto riguarda le attività svolte presso i maggiori laboratori esteri del settore quali il CERN in Svizzera, il GSI e DESY in Germania e il TJNAF negli USA che per quelle presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, Frascati, Sud e Gran Sasso. In particolare i nostri Laboratori Nazionali sono sempre meglio inseriti nella rete delle infrastrutture europee di maggior prestigio anche grazie alle iniziative europee in cui l'INFN è fortemente coinvolto e che sostengono parzialmente gli accessi degli sperimentatori.

Molti progetti tecnico-scientifici di grosso impegno saranno conclusi nel medio termine. Nel 2006 sarà completata l'installazione delle diverse parti di responsabilità italiana del rivelatore ALICE e la presa dati comincerà nel 2007 e seguirà negli anni successivi con la rivelazione dei prodotti della collisione tra ioni pesanti relativistici. La realizzazione dell'importante programma internazionale per lo studio del plasma di *quarks* e gluoni

costituisce un passo fondamentale per la comprensione del primo universo. Ai Laboratori Nazionali di Frascati il buon funzionamento dell'anello di accumulazione e del rivelatore FINUDA consentirà di portare a termine lo studio sistematico della spettroscopia degli ipernuclei leggeri e pesanti portando il laboratorio ad un elevato livello di *leadership* internazionale sullo studio della materia nucleare strana. Ai LNS il prossimo *commissioning* del fascio di ioni radioattivi EXCYT e del nuovo spettrometro MAGNEX continuerà ed estenderà l'importante tradizione italiana nello studio delle reazioni astrofisiche a bassa energia già stabilita dall'attività della collaborazione LUNA ai LNGS.

Per quanto riguarda il lungo termine sono previsti importanti investimenti, in scala sia nazionale che internazionale, su nuove infrastrutture per ricerca e sviluppi tecnici di punta in fisica nucleare. In Germania è stato recentemente approvato un nuovo acceleratore per antiprotoni e ioni di media energia al quale già fanno riferimento diverse collaborazioni INFN quali RISING, AGATA e PANDA. Presso i laboratori INFN di Legnaro è partito il progetto per la costruzione di un nuovo acceleratore ad alta intensità per produrre fasci di ioni radioattivi e per realizzare una sorgente di neutroni per sviluppi applicativi (SPES).

#### IL PLASMA DI QUARKS E GLUONI

La realizzazione del rivelatore dell'esperimento ALICE per lo studio del nuovo stato di materia costituito dal plasma di *quarks* e gluoni con fasci di ioni pesanti di LHC al CERN resterà anche nel prossimo triennio 2006-2008 il principale obiettivo dell'Istituto nel settore nucleare. La programmazione del CERN prevede la disponibilità di fasci di protoni per il 2007: il rivelatore dovrà pertanto essere pronto, per le prime misure delle interazioni protone-protone, entro il 2006.

L'attività nel 2007, dopo la partenza di LHC, sarà pertanto dedicata alla messa a punto dei vari rivelatori.

Nel triennio 2006-2008 continuerà inoltre lo sviluppo del complesso sistema di calcolo basato su strumenti GRID e delle attività di *software* e simulazioni che coinvolgono centri di diverso livello. In particolare nel 2006 saranno effettuate analisi di dati simulati. Entro il 2007 sarà raggiunta una potenza globale di calcolo pari al 30% di quella finale.

La complessità e l'interesse dei temi scientifici affrontati comporteranno una raccolta e 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

Le ricerche sulla struttura del nucleone continueranno con lo studio di reazioni indotte da elettroni e fotoni, allo scopo di completare lo studio dell'origine dello *spin* del nucleone,

dell'esistenza di nuove risonanze e di barioni esotici, nonché della cromodinamica quantistica in condizioni non perturbative.

A DESY in Germania proseguiranno le misure riguardanti i costituenti dello *spin* con lo spettrometro HERMES e il bersaglio polarizzato gassoso. L'implementazione del rivelatore con il *recoil detector* consentirà, negli anni 2006-2007, la misura precisa di processi esclusivi e i relativi dati daranno accesso alle funzioni di struttura generalizzate che forniscono la più completa descrizione della struttura nucleare.

Presso il laboratorio JLAB (USA) la collaborazione AIACE continuerà a partecipare attivamente alle misure con lo spettrometro CLAS, misure volte allo studio della struttura del nucleone in condizioni non perturbative. Le misure del prossimo triennio beneficeranno della presenza nell'apparato sperimentale del nuovo rivelatore Cherenkov ad angoli in avanti costruito dalla collaborazione INFN. Presso lo stesso laboratorio JLAB, la collaborazione LEDA proseguirà esperimenti su due argomenti, la violazione di parità e l'elettroproduzione di ipernuclei nella *shell p*.

A Mainz con l'acceleratore MAMI-C verrà completata una serie di misure per determinare le proprietà delle risonanze barioniche utilizzando fotoni fino a 1.5GeV.

Presso i Laboratori Nazionali di Frascati sono state programmate nel prossimo triennio numerose prese dati con l'apparato FINUDA al fine di ottenere informazioni spettroscopiche di alta risoluzione energetica di ipernuclei leggeri e sui loro decadimenti mesonici e non mesonici.

Sempre presso i LNF l'esperimento SIDDHARTA 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, il gruppo eseguirà inoltre misure volte alla verifica di alta precisione della validità del principio di Pauli.

Sul lungo periodo, la recente approvazione in Germania del progetto di una nuova infrastruttura al GSI per la fisica nucleare alle medie energie, aprirà certamente nuove interessanti prospettive ai ricercatori italiani alla frontiera della fisica adronica, degli ipernuclei e dello *spin*. Nel triennio sarà condotta una attività di ricerca e sviluppo nell'ambito della progettazione dei rivelatori PANDA e PAX da installarsi sull'anello di accumulazione di antiprotoni.

È inoltre in avanzata fase di discussione l'incremento d'energia del fascio d'elettroni al JLAB negli USA, che potrà offrire nuove possibilità alla comunità impegnata in queste ricerche.

#### ASTROFISICA NUCLEARE

Il programma di ricerca per il prossimo triennio nell'ambito dell'astrofisica nucleare prevede la continuazione delle misure di sezione d'urto nucleari a energie nella scala delle migliaia d'*elettronvolt* nella regione del picco di Gamow che sono quindi di spiccato interesse per i modelli astrofisici sulla nucleosintesi. Le misure saranno condotte presso i Laboratori del Gran Sasso e sfrutteranno le nuove possibilità offerte dai Laboratori del Sud e, per quanto riguarda la misura di reazioni indotte dai neutroni, dal CERN.

L'apparato sperimentale LUNA, in funzione nei Laboratori del Gran Sasso, dove il flusso di raggi cosmici è nettamente soppresso e unico al mondo di questo tipo, si concentrerà sulle misure di sezioni d'urto di reazioni che sono sorgenti di neutroni nelle stelle o connesse alla nucleosintesi primordiale. Come programma a più lungo termine si sta valutando la possibilità di installare nel Laboratorio un Tandem di 2-3MeV per lo studio di processi di combustione del carbonio e dell'ossigeno, seguendo le raccomandazioni del NuPECC.

In questo settore, interessanti e nuove prospettive saranno aperte presso i LNS con l'uso di fasci di ioni radioattivi dell'infrastruttura EXCYT. Tra le reazioni di interesse astrofisico quella indotta da  ${}^8\text{Li}$ , la  ${}^8\text{Li}(\alpha, n){}^{11}\text{B}$ , si trova a giocare un ruolo importante per quanto riguarda la possibilità di processi di nucleosintesi primordiale non omogenea. Sul più lungo termine EXCYT potrà costituire, opportunamente potenziata per ottenere maggiori intensità di ioni, una *facility* di punta per studi di astrofisica nucleare a livello Europeo.

Una nuova campagna di misure è prevista per la collaborazione n\_TOF al CERN a partire dal 2006. Le misure di sezioni d'urto d'interesse per l'astrofisica e per l'incenerimento delle scorie nucleari che si otterranno sono caratterizzate da un'altissima risoluzione e permetteranno quindi una verifica stringente dei modelli.

#### NUCLEI IN CONDIZIONI ESTREME

Lo studio delle proprietà della struttura dei nuclei prodotti in condizioni estreme di *isospin*, massa, *spin* e temperatura, assieme a quello sui nuovi meccanismi che agiscono in queste circostanze continua ad essere un argomento di punta nel settore nucleare in campo internazionale. La disponibilità di un vasto tipo di ioni sia stabili che radioattivi permette un'indagine dettagliata dei diversi gradi di libertà del sistema nucleare a molti corpi. Il nucleo rappresenta un buon laboratorio per studiare fenomeni 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 consiste nella sperimentazione, fatta nell'ambito di collaborazioni internazionali, con fasci di ioni stabili nei Laboratori italiani di Legnaro e del Sud e con fasci di ioni radioattivi prodotti ai Laboratori GSI (Germania), Ganil (Francia) e LNS (EXCYT).

Nel prossimo triennio la collaborazione ISOSPIN presso i LNS sarà fortemente impegnata nello studio dell'equazione di stato e del diagramma di fase della materia nucleare. Per questo programma i LNS potranno usufruire del rivelatore CHIMERA la cui elettronica sarà sostituita per migliorare la selezione in massa e energia dei frammenti di reazione. L'evoluzione dei processi che portano alla transizione di fase liquido vapore e i meccanismi di termalizzazione e multiframmentazione saranno i temi principali degli esperimenti NUCL-EX condotti ai LNL con il rivelatore GARFIELD.

Con i nuovi fasci radioattivi di EXCYT a partire dal 2006 si intende intraprendere un nuovo programma di studio di stati eccitati e risonanze di nuclei esotici leggeri debolmente legati grazie all'utilizzo dello spettrometro MAGNEX.

L'indagine di alcuni nuclei ricchi di protoni sarà perseguita utilizzando la frammentazione del fascio presso i LNS e presso i LNL la nuova linea di fascio (EXOTIC) produrrà di alcuni nuclei radioattivi leggeri tra cui il  $^{17}\text{F}$  con aloni di protone.

Misure di spettri complessi fino ad alti *spin* per nuclei lontano dalla valle di stabilità saranno realizzate nei LNL con gli apparati GASP e PRISMA-CLARA utilizzando tecniche di spettroscopia gamma. Quest'ultimo apparato comprende, oltre allo spettrometro magnetico PRISMA un sistema di rivelatori al germanio della collaborazione europea Euroball. Si completerà inoltre nel 2007 la serie di misure con i fasci radioattivi al GSI con l'apparato RISING. Questo programma scientifico, tutto condotto all'interno dell'esperimento GAMMA permetterà di seguire l'evoluzione della proprietà di struttura dei nuclei al variare dell'*isospin*.

Le prospettive su tempi lunghi nel settore della fisica dei fasci radioattivi si presentano molto interessanti e attraenti. Al GSI è stata approvata una infrastruttura del tipo *in-flight*, mentre in Francia al laboratorio GANIL si sta avviando la costruzione di SPIRA2, infrastruttura di tipo ISOL di seconda generazione. Il laboratorio di Legnaro si impegnerà nel progetto e nella costruzione della prima fase del nuovo acceleratore SPES e ha attivato una stretta collaborazione con GANIL a questo proposito, che si svolge nell'ambito degli sviluppi di EUROSOL.

Nel settore dei rivelatori nell'ambito della spettroscopia gamma la collaborazione internazionale AGATA, a forte partecipazione italiana, svilupperà fino al 2007 un'attività di

R&D per la costruzione di un prototipo composto da 15 rivelatori segmentati in vista di un futuro rivelatore europeo di nuova generazione.

#### *Progetto speciale SPES*

Sul piano operativo con la fine del 2005 sarà completato il trasferimento dai LNS della sorgente ad alta intensità TRIPS. Nel 2006 sarà intensificato lo studio dei problemi relativi alla radioprotezione e alla sicurezza della *facility*, passaggio obbligato per procedere alla progettazione definitiva degli edifici. Per quanto riguarda la sorgente ad alta intensità TRIPS e la linea LEBT (*Low Energy Beam Transport*), installate presso i LNL, proseguiranno i *test* delle caratteristiche di corrente ed emittanza nei vari regimi di funzionamento ad alta e moderata intensità.

Nel 2007 è prevista la conclusione della costruzione dell'RFQ, l'assemblaggio dei sei moduli, la regolazione di frequenza e omogeneità di campo; il completamento del *test* criogenico dei prototipi delle cavità superconduttive, l'inizio della costruzione dell'edificio che dovrà ospitare l'acceleratore.

Nel 2008 si potrebbe avere il completamento della costruzione dell'edificio, l'installazione degli impianti e delle componenti dell'acceleratore fino a 5MeV, la costruzione di un prototipo completo del criomodulo.

Nell'anno successivo verrebbero poste in opera e collaudate gradualmente le varie parti dell'acceleratore, delle linee di trasporto del moderatore e dei relativi servizi, comprese nella fase iniziale di SPES.

#### *Progetto speciale EXCYT*

I piani di sviluppo prevedono nel 2006 l'avvio della sperimentazione con particolare riguardo dapprima ai programmi di astrofisica nucleare e quindi allo studio dei meccanismi di reazione e delle struttura nucleare che potranno trovare grande impulso anche dalla disponibilità dello spettrometro magnetico a elevato potere risolutivo MAGNEX il cui *commissioning* sarà completato entro il 2005. Nel 2006 alla luce dei risultati e delle intensità massime di fascio primario disponibili verrà completato lo studio e si passerà alla eventuale definizione delle caratteristiche di un nuovo acceleratore primario al fine di garantire intensità di fasci esotici fra 1 e 2 ordini di grandezza maggiori di quanto attualmente possibile, particolarmente utile sia per gli esperimenti con MAGNEX che per le evoluzioni di ricerche nel campo della astrofisica nucleare che in quello dei meccanismi di reazione. La disponibilità di una nuova macchina come acceleratore di fascio primario con potenze di fascio dell'ordine fra 1 e 10kW permetterebbe non solo di migliorare le prestazioni in termini di intensità massima di fasci esotici ma aprirebbe anche nuovi scenari di ricerca nel campo della fisica nucleare

con fasci radioattivi grazie alla possibilità di riaccelerazione con il ciclotrone superconduttore alle energie intermedie. Si potrebbe così trarre anche grande vantaggio dall'impiego dei grandi multirivelatori già funzionanti e disponibili ai LNS quali MEDEA-Multics e CHIMERA realizzando nuovi programmi di ricerca in fisica nucleare entro la fine del 2010.

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%	14,4 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.ct.infn.it/%7ewebcom3/esperimenti2004.html>*

### 3.4 FISICA TEORICA

La Commissione Scientifica Nazionale IV (CSN4) coordina l'attività di ricerca di oltre 700 ricercatori "*full time equivalent*" (FTE), nella maggior parte coinvolti in progetti di ricerca chiamati Iniziativa specifica (IS). La valutazione delle IS viene fatta in modo sistematico ogni tre anni utilizzando dei *referees* anonimi. Ci sono circa 60 IS che svolgono ricerche 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 sono costituiti da circa 100 dipendenti INFN, 340 professori o ricercatori universitari, 140 PostDoc (80% italiani) e circa 200 studenti di Dottorato (conteggiati come 150 FTE). Il gran numero di PostDoc e studenti di dottorato (nel 2005 le tesi di dottorato sono state quasi 70, quelle di laurea oltre 200) mette in evidenza che l'attività di ricerca si svolge parallelamente a quella di formazione. Come sempre, l'INFN contribuisce all'organizzazione di scuole avanzate e convegni.

La distribuzione dei FTE indica la forte attrazione che gli studenti di dottorato e i PostDoc hanno verso le ricerche della CSN4 ed evidenzia inoltre che un gran contributo all'attività della CSN4 proviene da membri che hanno posizioni non permanenti.

Cruciali sono le collaborazioni tra le varie sezioni dell'INFN e le istituzioni di ricerca straniere (in particolare con il CERN) come mostrato anche dal numero di ricercatori stranieri che visitano le varie sezioni INFN (quasi 300 mesi/uomo nel 2005).

La disponibilità dei mezzi di calcolo, uno strumento essenziale per la ricerca teorica, è molto favorevole e migliorerà ulteriormente soprattutto per la presenza di macchine APE di vecchia (APEmille) e nuova (apeNEXT) generazione. Il progetto APE ha anche sviluppato connessioni veloci 3D (si veda avanti).

Nel 2005 è iniziata l'installazione, con il supporto tecnico del CNAF, di un *cluster* costituito da 16 PC con connessioni "*state of the art*". Si prevede di ampliare questa installazione per renderla adatta al calcolo parallelo massiccio per utenze complementari a quelle di calcolatori APE. Si potranno utilizzare connessioni veloci 3D, sviluppate all'interno del progetto APE.

Nel seguito s'illustra l'evoluzione recente dell'attività di ricerca e i risultati attesi per il 2006 e si riassumono brevemente gli sviluppi previsti. Si descrive la nuova struttura del GGI (*Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics*) e lo sviluppo futuro del progetto APE.

## PIANO ATTIVITÀ DI RICERCA

### *Progetti di ricerca (IS)*

I progetti di ricerca delle IS sono stati sottomessi nel 2004 a dei revisori esterni (questa procedura si ripete ogni tre anni). Circa 140 revisori hanno mandato i loro giudizi (nella pagina web della CNS4 è possibile trovare il riassunto di essi). Questi giudizi sono utilizzati per decidere il finanziamento delle IS fino al 2007. Dopo di questo si procederà a un'ulteriore valutazione.

Tutte le IS si sono riorganizzate e modificate in modo da avere un progetto più focalizzato, al passo con gli sviluppi recenti nel campo di pertinenza e, contemporaneamente, più attinente con gli interessi recenti dei partecipanti alla IS. Alcune piccole IS sono confluite in grosse IS in modo da costituire un terreno di discussione e collaborazione più esteso.

Come già anticipato, i progetti di ricerca della CSN4 (IS) sono raggruppati in 6 settori ove si svolgeranno le seguenti attività:

- 1) Teoria di campo e teoria di corda. Relazione tra teorie di corda, teorie di *gauge*, gravità e confinamento del colore. Vuoto e fasi di QCD con metodi numerici con calcolatori APE;
- 2) Fenomenologia delle particelle: modello *standard*, fisica oltre il modello *standard*, modello *standard* su reticolo con calcolatori APE, fisica degli adroni;
- 3) Nuclei e materia nucleare: struttura e reazioni nucleari, *quark-gluon* plasma e fisica degli ioni pesanti;
- 4) Metodi matematici: meccanica quantistica e informazione quantistica, gruppi quantici e geometria non commutativa;

5) Astroparticelle: astrofisica delle particelle e nucleare, neutrini, modelli cosmologici, onde gravitazionali;

6) Fisica statistica e teoria dei campi: teorie di campo a bassa dimensionalità, fenomeni critici per sistemi complessi, termodinamica fuori dall'equilibrio, applicazioni a sistemi biofisici e turbolenti.

Si veda la pagina web <http://lxmi.mi.infn.it/~com4>, dove è possibile trovare per ogni IS il riassunto del progetto di ricerca, i partecipanti, l'elenco delle pubblicazioni e degli interventi a convegni e l'elenco delle tesi di laurea e di dottorato discusse su argomenti di ricerca attinenti all'IS.

Il Comitato di Valutazione Interno (CVI) ha fatto la raccomandazione di rafforzare le ricerche nel campo del *quark-gluon* plasma, anche in relazione alla grande quantità di dati che sono e saranno disponibili nella fisica degli ioni pesanti (dagli esperimenti RICH e Alice-LHC).

Seguendo questa raccomandazione, la CSN4 ha favorito la formazione di una IS per lo studio del *quark-gluon* plasma ad alte temperatura e densità di interesse in collisioni di ioni pesanti. Nel 2006, dopo parere favorevole di due revisori esterni, questa è confluita nella nuova IS RM31. Questa nuova IS ha allargato notevolmente la sua attività di ricerca per il prossimo triennio includendo: *Parton Distribution Functions in the saturation regime; Jet physics in pp and pA collisions; Jet quenching in Quark Gluon Plasma; Strangeness, heavy quark and quarkonium production; Hadronization models; Hydrodynamics and transport models; Numerical simulations of Lattice QCD; Analysis of the phase diagrams with effective models.*

Il settore 6) (Fisica statistica e teoria dei campi) è stato istituito a partire dal 2006. Le teorie di campo e le teorie statistiche hanno in comune la stessa base matematica. Lo studio di sistemi statistici (anche non *standard*) può dare indicazioni sulla struttura generale delle teorie quantistiche di campo. Inoltre, i metodi della fisica teorica sono spesso usati per lo studio quantitativo in settori interdisciplinari (al di fuori della fisica delle particelle) quali a) biologia quantitativa, b) fenomeni turbolenti.

a) Biologia quantitativa. La fisica statistica, i metodi della fisica computazionale e un'elevata potenza di calcolo sono strumenti necessari negli studi quantitativi del genoma (si veda ad esempio il nuovo archivio di *preprints* <http://arxiv.org/archive/q-bio>). Molti ricercatori teorici dell'INFN sono coinvolti in queste ricerche. Lo scopo di questo progetto è duplice. Da una parte permette ai fisici di contribuire allo sviluppo di aspetti essenziali della biologia quantitativa, dall'altra apre agli studenti di fisica nuove opportunità, oltre alla fisica, in cui

mettere a frutto le loro conoscenze dei metodi della fisica statistica e della fisica computazionale.

b) Turbolenza. Lo studio della turbolenza, cioè di una teoria di campo classica in un regime non perturbativo, è uno dei campi in cui la potenza del calcolatore parallelo APE è utilizzata intensamente.

#### *Istituto Galileo Galilei per la fisica teorica*

Il GGI (*Galileo Galilei Institute for Theoretical physics*) di Arcetri è stato inaugurato nel settembre del 2005 con una Conferenza che ha avuto grande successo con la partecipazione di ricercatori da tutto il mondo (<http://www.fi.infn.it/GGI/conference/>). La attività dei “*Workshop*” (WS), inizierà con la primavera 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 Nucleare saranno possibilmente coordinati con ETC\*.

Vi saranno 2 WS di 3 mesi ogni anno. A ogni WS parteciperanno circa 60 tra i massimi esperti nel settore del programma scelti nella comunità internazionale. Soprattutto i giovani ricercatori INFN saranno incoraggiati a visitare il GGI.

Per la attivazione si è seguito le indicazioni del “*Launching Committee*” (<http://www.fi.infn.it/GGI/>). La organizzazione del GGI è la seguente:

- *Advisory Committee*: sceglie i programmi dei WS e prende tutte le possibili iniziative per lo sviluppo del GGI. Attualmente è costituito da Riccardo Barbieri, Marcello Ciafaloni, Paolo Di Vecchia, Alfred Mueller, Giorgio Parisi, Gabriele Veneziano (*chair*)
- *Scientific Committee*: organizza la raccolta e valutazione preliminare dei programmi dei WS. Attualmente è composto da Roberto Casalbuoni, Gia Dvali, Michelangelo Mangano, Giuseppe Marchesini (*chair*), Guido Martinelli, Eliezer Rabinovici, Riccardo Rattazzi, Antonio Riotto, Augusto Sagnotti
- *Local Committee*: cura l’organizzazione della struttura. Attualmente è composta da: Andrea Cappelli, Stefano Catani, Stefania De Curtis, Daniele Dominici, Domenico Seminara, Marco Tarlini
- *Coordinatore*: è il Presidente CSN4 (attualmente Giuseppe Marchesini). In particolare il suo compito è di stabilire la CSN4 come riferimento principale del GGI.

- *Vice Coordinatore*: è un fisico di Firenze nominato dal Dipartimento. Attualmente è Roberto Casalbuoni.
- *Organizzatori del WS*. Ogni WS è condotto da tre o quattro partecipanti che hanno curato la presentazione del progetto.

I due WS del 2006 sono stati scelti con una “*Call for Workshop proposal*” del Febbraio 2005.

Le proposte pervenute sono state:

1. *Advancing Collider Physics: from Twistors to Montecarlos*
2. *String and M theory approaches to particle physics and cosmology*
3. *New Directions Beyond the Standard Model in FT and String Theory*
4. *Astroparticle and Cosmology*
5. *Flavour Physics in the LHC era*
6. *High Density QCD*
7. *Low-dimensional quantum field theories and applications*
8. *Complex Systems*

Tutte le proposte sono state di grande interesse per la CSN4 sia per argomento sia per organizzatori e “*Key Participants*”. La scelta, fatta in Aprile 2005, è stata difficile. I due WS selezionati per il 2006 sono stati: 1) *New Directions Beyond Standard Model in Field and String Theory* (2 maggio - 30 giugno 2006); *Astroparticle and Cosmology* (28 agosto - 10 novembre 2006)

La selezione dei programmi per il 2007 avverrà a fine novembre 2005.

#### *Progetto Speciale APE*

Il progetto APE è attualmente composto da una decina tra ricercatori, tecnologi e borsisti delle sezioni di Ferrara, Milano, Gruppo collegato di Parma, Roma e Roma Tor Vergata. A questi si aggiungono una decina di ricercatori di DESY/Zeuthen e del NIC e tre istituzioni francesi, l'Université de Beaulieu di Rennes, l'Université de Paris Sud di Orsay e l'Université Blaise Pascal di Clermont Ferrand.

Il gruppo APE ha concluso nel 2005 il progetto apeNEXT per una macchina modulare da svariati Tflops. L'Ente ha finanziato, a fine 2004, l'acquisto di 13 processori apeNEXT da 800Gflops accogliendo le richieste della Commissione Scientifica Nazionale IV. Si è deciso che tutte le macchine assegnate alle varie Iniziative Specifiche di Gruppo IV saranno

installate in un unico sito posto nei locali concessi dall'Università di Roma "La Sapienza". La suddivisione tra le iniziative specifiche è la seguente: RM22 (3 *unit*), RN61 (1 *unit*), TV11 (3 *unit*), P12 (3 *unit*), MI11 (1 *unit*) e TO61 (1 *unit*). Oltre a queste installazioni vanno considerate quelle che stanno per essere effettuate a Zeuthen (4 *unit*) e a Bielefeld (6 *unit*). Sono previste anche installazioni a Orsay. La produzione delle macchine, eseguita dalla ditta Eurotech di Amaro (Udine), e l'installazione alla "Sapienza" sono state parte dell'attività del gruppo APE nel 2005. Con questa disponibilità di macchine apeNEXT la *leadership* delle macchine APE nel calcolo scientifico di altissime prestazioni continuerà in Europa almeno fino a tutto il 2007-2008.

Questo è un risultato estremamente lusinghiero per la ricerca italiana e per l'INFN. Il successo è dovuto non solo alla estrema affidabilità e versatilità dell'*hardware* e del *software* APE ma anche al rapporto prestazioni/costo estremamente vantaggioso non solo rispetto alle macchine commerciali ma anche rispetto ai *cluster* di PC il cui costo è comparabile ma con efficienze minori nelle simulazioni in questione.

Va aggiunto che la decisione di IBM di produrre commercialmente la macchina parallela "*Blue Gene*" è un'ulteriore conferma della giustezza e lungimiranza delle scelte del gruppo APE. Studiando, infatti, *Blue Gene* è possibile trovare somiglianze impressionanti sia nelle soluzioni architetturelle che tecnologiche con quelle implementate vari anni prima dal gruppo APE in particolare in APEmille e apeNEXT. La struttura d'interconnessione utilizzata in *Blue Gene* è parimenti assai simile alla rete APEnet sviluppata nell'ambito del progetto APE.

La necessità di avere strumenti di calcolo di altissima prestazione continuerà ad essere pressante. È tuttavia difficile prevedere l'evoluzione dei mezzi di calcolo su questa scala di tempo data la rapidità degli sviluppi tecnologici. È però fondamentale, per poter fare le scelte giuste al momento giusto, conservare e sviluppare nell'Ente il patrimonio di competenze relative al calcolo scientifico ad alte prestazioni e allo sviluppo VLSI unico in Europa rappresentato dal gruppo APE. Questo permetterà anche di continuare una competizione alla pari con progetti simili negli Stati Uniti e in Giappone e di continuare a fornire ai gruppi di ricerca che hanno bisogno di grandi potenze di calcolo macchine stato dell'arte nel campo dei *computer* paralleli.

Il prossimo passo nel campo del calcolo parallelo di grandi prestazioni è volto a raggiungere la scala delle centinaia di Tflops che è quello che il gruppo APE si prefigge nell'attività dei prossimi anni. Nel 2006 si svolgerà l'R&D necessario per poter proporre agli inizi del 2007 un progetto per una nuova macchina che raggiunga gli accennati livelli di potenza di calcolo. L'innovazione architetturelle fondamentale, che la tecnologia



microelettronica rende attualmente realistica, è la possibilità di compattare un numero elevato (~100) di operatori di calcolo e una memoria dati di ampie dimensioni (~10Mbyte) in un singolo chip VLSI. Si otterranno potenze di calcolo dell'ordine di 100Gflops/chip, riducendo l'impatto dei colli di bottiglia dell'accesso sia alla memoria esterna al *chip* che alla rete di comunicazione.

La struttura e le prestazioni della rete di comunicazione rimangono in ogni caso fattori fondamentali delle architetture di calcolo ad alte prestazioni. Nel 2006 proseguirà pertanto l'attività di APENet per lo sviluppo di interconnessioni con una topologia 3D toroidale. Si utilizzerà la nuova interfaccia di comunicazione PCI-X, che sarà testata “*in vivo*” sul nuovo *cluster* da 128 nodi, ottimizzando il *firmware* e realizzando un meccanismo di trasmissione RDMA che aumenterà l'efficienza computazionale del sistema. A quest'esperienza seguirà una fase di valutazione per lo sviluppo della prossima generazione di APENet.

L'attività descritta fin qui, che intende proporre soluzioni per i problemi di calcolo legati alle attività del Gruppo IV (soprattutto LGT, dinamica dei fluidi turbolenti e biologia quantitativa) potrà vedere una fortissima sinergia con le attività che l'Ente potrebbe intraprendere nell'ambito di un progetto proposto di recente nell'ambito del Piano Nazionale della Ricerca (PNR). Tale progetto, presentato in collaborazione con vari partner accademici e industriali, ha come obiettivo lo sviluppo di un'architettura di calcolo in grado di raggiungere la scala del Pflops e di essere altamente efficiente per una ampia classe di applicazioni di tipo scientifico e ingegneristico. Il progetto, se approvato, metterà a disposizione ulteriori risorse, che potranno rendere più breve l'attività di sviluppo. In maniera complementare, le innovazioni architetturelle sviluppate finora in ambito INFN potranno essere riutilizzate per un progetto in grado di ampliare considerevolmente il suo spettro di applicabilità.

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%	3,2 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.mi.infn.it/~com4/summaries/ixx.html>*

### 3.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI

Nel triennio in questione 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: *neutrino 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 il triennio con sviluppi nel campo dell'*imaging* medico e diagnostico, dell'adroterapia, della dosimetria ed evoluzione cellulare, dell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico e delle indagini ambientali.

#### RIVELATORI

Per il futuro la costruzione di una *Compton camera* per *imaging* medico con risoluzione submillimetrica (esperimento COMPTON), costituirà un balzo tecnologico notevolissimo nei campi del biomedicale e della medicina nucleare. Infatti sarà possibile utilizzare sia radiazioni, che radioisotopi di più alta energia con una sostanziale riduzione di dose dell'esame. Nel più specifico campo della medicina nucleare l'assenza di collimatori e schermi permette di ipotizzare un vero dispositivo portatile.

La realizzazione di strutture di rivelazione tridimensionali di silicio (esperimento TREDI) promette miglioramenti sia nella Fisica delle Alte Energie, estrema resistenza alla radiazione e riduzione dei tempi di risposta ( $< \text{ns}$ ), che nelle applicazioni interdisciplinari con luce di sincrotrone, con la possibilità di sensori privi di zona morta ai bordi e immagini in tempo reale di processi biologici.

La realizzazione di una camera GEM direttamente su di un *chip* CMOS, assemblando quindi un *MicroPattern Gas Detector* integrato (esperimento PIXILA), apre la strada a una nuova classe di rivelatori a gas con risoluzione spaziale paragonabile a quella dei rivelatori a stato solido e nel più breve periodo permette di ipotizzare la costruzione, per la prima volta, di un polarimetro per raggi X.

I lavori sui condensati di Bose-Einstein (esperimento SQUAT) hanno permesso la proposta di un esperimento, presentato nella CSN2 per lo studio delle forze superficie-atomo su scala micrometrica, in grado di rivelare forze inferiori all'atto Newton. Partendo da questa esperienza è possibile formulare, per il futuro, tutta una serie di esperimenti per la misura di effetti Casimir con materiali dielettrici.

## ACCELERATORI

Per il futuro si svilupperanno ulteriormente, le iniziative di R&D connesse con il progetto SPARC, come ad esempio lo sviluppo di strutture acceleranti per accordare l'emittanza longitudinale del fascio all'accettanza delle strutture acceleranti che si susseguono in SPARC e le tecniche di accelerazione a plasmi (PLASMONX). Per gli studi sul trasporto di fasci di raggi X monocromatici (ottenibili dal primo stadio di accelerazione di SPARC) per *imaging* biomedico *in vivo*, oltre alla attuale attività sperimentale (esperimento MAMBO) di produzione di radiazione spontanea, sono ipotizzabili studi teorici sulla possibilità di emissione di raggi X coerenti, mediante processo FEL, sia in regime quantistico, che classico. Se questi studi avranno conferme sperimentali è possibile che il numero di fotoni emessi cresca di un fattore circa 100.

La possibilità di utilizzare la luce infrarossa di SINBAD (LNF) in un ampio intervallo di frequenze insieme alla misura della suscettività AC in funzione della pressione e del campo magnetico DC consentirà di disporre di uno strumento che è il primo e unico nel suo genere nel mondo. Sono ipotizzabili alla fine del triennio in esame (2006-2008), per un apparato di questo tipo, applicazioni le più diverse, che vanno dall'analisi di materiali superconduttori all'analisi di materiali del mantello terrestre. Più in generale si osserverà una crescita dell'interesse per gli esperimenti di "luce": IR, visibile, UV e raggi X.

La collaborazione fra l'INFN e il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) porterà alla crescita, nell'ambito della CSN5, delle attività legate allo sviluppo di sorgenti, magneti convenzionali e di scansione, sistemi di controllo e monitoraggio dei fasci e studi di modellistica radiobiologica.

## APPLICAZIONI INTERDISCIPLINARI

Nel futuro l'attività interdisciplinare sembra destinata a crescere. Esiste 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 e ambientali e 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. 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.

Nel campo della dosimetria sono ipotizzabili sviluppi riguardanti lo studio degli effetti biologici della radiazione di fondo sull'attività di cellule staminali, cellule differenziate e micro-organismi e in generale crescerà l'interesse per gli effetti biologici delle basse dosi e del basso *rate* (esperimento CRIORAD).

Tra gli strumenti di calcolo quelli di simulazione (esperimenti FLUKA2 e GEANT4) assumeranno un ruolo sempre più importante, per la complessità dei nuovi progetti per la fisica delle interazioni fondamentali, per le possibilità di studi sui farmaci virtuali e infine per la possibilità di realizzare una popolazione cellulare virtuale come modello per gli studi cellulari sulle neoplasie (esperimento VBL).

Nell'analisi di reperti di interesse artistico, i successi raggiunti fanno ipotizzare un consolidamento e una crescita di collaborazioni specifiche nazionali e internazionali. E' presumibile quindi che ci sarà una espansione delle attività legata appunto alla diversità degli interventi necessari compensata dal concretizzarsi di alcuni progetti ormai maturi per il trasferimento tecnologico, sia nel settore dei beni culturali strettamente parlando, ma anche nelle più vaste applicazioni ambientali.

Settore	a	b	c	TOT
Ricercatori	32.0%	22.0%	46.0%	559 FTE
Finanziamento 2006	39.6%	23.6%	37.5%	3,4 M€

a) Rivelatori di particelle, elettronica ed informatica, b) Acceleratori e tecnologie associate, c) Fisica interdisciplinare

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

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

### **3.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE**

#### **LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI**

I principali obiettivi da raggiungere nel corso del triennio 2006-8 sono elencati nel seguito:

- DAFNE concluderà la presa dati per l'esperimento KLOE nel corso del 2006 dopo aver raccolto  $2ph\text{-}barn$  inversi sulla risonanza  $\Phi$ , aver effettuato una spazzolata in energia sotto la  $\Phi$  e aver integrato circa 200pb inversi a 1000MeV di energia totale per la misura del fattore di forma dei pioni. Il programma sperimentale di KLOE sarà concluso a fine Marzo 2006.
- Le linee di sincrotrone di DAFNE funzioneranno a pieno regime. Nel corso del 2006 inizia la costruzione di una nuova linea di raggi x-molli e saranno migliorate le linee esistenti, raggi X, raggi UV e raggi infrarossi. Si intende equipaggiare con un monocromatore la linea di luce UV e automatizzare le movimentazioni della linea a raggi X.
- FINUDA entra in macchina nella fermata Marzo-Giugno 2006. E' prevista una presa dati su DAFNE, che comincerà a Luglio 2006. Si prevede di integrare  $1ph\text{-}barn$  inverso di luminosità per la fisica di FINUDA.
- SIDDHARTA continua la costruzione dei rivelatori e prevede di entrare su DAFNE nel corso del 2007.
- La Divisione Acceleratori inizia il disegno di un *upgrade* di DAFNE, in luminosità ed energia, con l'obiettivo di scrivere una descrizione tecnica della macchina entro il Settembre 2006; si spera nell'approvazione dell'INFN, del nuovo progetto di macchina, nel corso del 2006. Le proposte degli esperimenti per la nuova macchina saranno presentate nel corso del 2006.
- Continuerà l'attività di ricerca e sviluppo nel campo delle macchine acceleratrici con:
  - a) la costruzione e la messa in funzione degli elementi del progetto SPARC; l'inizio della sperimentazione è prevista nei primi mesi del 2006 per continuare nel 2007-8;
  - b) 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;
  - c) sarà terminata la costruzione e sarà messa in funzione la macchina del Centro Nazionale di Adroterapia. Si prevede la consegna del protosincrotrone alla fondazione CNAO alla fine del 2007;
  - d) continuerà la partecipazione al progetto CTF3 al CERN, finalizzato allo sviluppo di una sorgente RF basata sul concetto di *Two Beam Accelerator* (CLIC); sono stati completati il montaggio e la messa in funzione delle componenti di

responsabilità INFN. Nei prossimi tre anni si dovrebbe concludere l'esperimento. I LNF saranno coinvolti nella campagna di misure prevista continuare per tutto il triennio 2006-8;

- e) continuerà la partecipazione alle fasi di progettazione e di R&D per l'*International Linear Collider*, con particolari responsabilità sul progetto dei *Damping Rings* e sui *Kicker* veloci. Modelli di *Kicker* veloci sono stati costruiti e saranno montati e provati sull'acceleratore DAFNE nel corso del 2006. Tuttavia il contributo dei LNF alle attività di R&D per il *Linear Collider* sarà meglio definite nel corso del triennio.
- Continuerà il programma di ricerca nel campo delle onde gravitazionali; si prevede di mantenere in funzione l'esperimento NAUTILUS.
  - Continua la partecipazione al programma europeo I3HP (*Hadron Physics*), CARE, EUROTEV ed EUROFEL del VI Programma Quadro.
  - Si realizzerà un nuovo laboratorio di LASER ad alta potenza nella zona sperimentale di SPARC. Saranno studiate tecniche di accelerazione con plasmi prodotti dalla luce *laser* e interazioni tra il LASER di alta potenza e gli elettroni di SPARC. L'inizio della sperimentazione è prevista nel 2007-8.
  - Continuerà 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.
  - Continuerà la costruzione di un laboratorio dedicato alla preparazione di esperimenti nello spazio, con l'esperimento LARES adesso, ma anche con nuove possibili iniziative.

Continuerà l'attività didattica con l'organizzazione 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

I Laboratori Nazionali di Legnaro si caratterizzano come un centro a livello europeo per lo studio delle proprietà dei nuclei, studio fondamentale anche per l'utilizzo che le tecniche nucleari trovano oggi in medicina, nell'industria, nelle attività di salvaguardia

dell'ambiente e nell'ambito dei beni culturali Lo studio della fissione e della fusione dei nuclei, legato anche al problema energetico, sono poi ben lungi dall'essere conclusi, come pure i problemi legati alla radioprotezione e al trattamento delle scorie radioattive.

L'attività dei laboratori nel triennio 2006-2008 è in primo luogo rivolta all'utilizzo ottimale delle risorse esistenti e alla realizzazione degli sviluppi programmati per assicurare ai laboratori il ruolo di rilievo acquisito in ambito europeo.

È previsto il mantenimento in funzione di tutte le macchine acceleratrici: TANDEM, ALPI, PIAVE, 7MV-CN, 2MV-AN2000. In particolare è previsto il funzionamento a regime di ALPI con l'integrazione delle cavità a basso beta e in prospettiva il completamento dell'acceleratore con le ulteriori cavità a basso beta e a moderatamente alto beta, come previsto nel progetto originario.

La messa a disposizione di ALPI con il nuovo iniettore PIAVE per la sperimentazione in fisica nucleare è programmata per la seconda metà del 2006, la prima metà dell'anno sarà dedicata a ottimizzare la strumentazione di controllo dei fasci prodotti. È prevista anche l'acquisizione di una nuova sorgente per l'iniettore per la fine del 2006 e la graduale sostituzione dell'attuale sorgente con la nuova accoppiata a un sistema di pulsamento del fascio.

Per quanto concerne gli apparati sperimentali, un grosso impegno è rappresentato dal mantenimento alla massima efficienza degli apparati in dotazione: CLARA-PRISMA, GASP, GARFIELD, 8PLP per citare solo i più richiesti per lo studio della fisica nucleare, in particolare per lo studio dei nuclei in condizioni estreme e della dinamica delle reazioni nucleari in regimi energetici poco esplorati.

Sono attesi i primi risultati di EXOTIC, la cui installazione è pressoché terminata. Grande attenzione sarà dedicata anche allo sviluppo della trappola magneto-ottica (MOT) per il conseguimento di risultati scientifici significativi.

Nell'ambito dell'innovazione strumentale continua il rilevante impegno per lo sviluppo del rivelatore AGATA, nella prospettiva di ospitare nei laboratori il dimostratore del nuovo importante strumento per la spettroscopia gamma.

Analoga attenzione prestata ai grossi apparati sarà rivolta anche ai minori, ma non troppo, apparati dedicati alle attività interdisciplinari, alcune con risultati di primordine per quanto concerne la radiobiologia, la microdosimetria, la materia condensata, il danno da radiazione, e al mantenimento delle competenze sviluppate in questi campi.

Continuerà, e in futuro sarà intensificato, il contributo dei laboratori alla realizzazione del centro idroterapico del CNAO a Pavia.

Il futuro a lungo termine dei laboratori è la realizzazione del progetto SPES per la produzione anche a Legnaro di fasci radioattivi come nei maggiori laboratori europei. Gli elevati flussi di neutroni prodotti da SPES verranno poi utilizzati anche in altri settori, quali la materia condensata e l'adroterapia per la cura dei tumori basata sulla cattura dei neutroni da parte del boro (BNCT). L'attività di R&D per la BNCT procede a ritmo sostenuto e vede la collaborazione attiva di medici, biologi, personale dell'ENEA e ditte farmaceutiche. È previsto il trasporto della sorgente TRIPS, ad alta intensità realizzata dai Laboratori del Sud dell'INFN, a Legnaro. La realizzazione delle unità di radiofrequenza procede speditamente, mentre è in atto un programma di misure del prototipo del bersaglio di berillio, per la produzione del fascio di neutroni.

Un obiettivo molto importante per il programma BNCT, ma anche per tutto il progetto SPES, è rappresentato dalla definizione delle strutture che ospiteranno tutta l'attività e dall'ottenimento dei permessi che ne consentano l'utilizzo. Tutte le procedure necessarie a questo scopo saranno avviate quanto prima, mentre sarà intensificata la preparazione del sito già a partire dal 2006. In parallelo continuerà l'attività di simulazione e di studio dei prototipi delle varie parti dell'acceleratore per essere poste in produzione non appena si renderanno disponibili i finanziamenti relativi.

Gli studi e la sperimentazione condotti per SPES sono anche alla base dell'attività che i laboratori conducono nell'ambito del progetto europeo EURISOL, per la realizzazione di un acceleratore ad alta intensità dedicato alla produzione di ioni instabili, di cui SPES e l'acceleratore ALPI rappresentano per molti aspetti un prototipo.

Il laboratorio è presente in ambito europeo anche con i progetti EURONS e GRIDCC, di cui è capofila, e con altri progetti minori tra cui uno rivolto allo sviluppo di rivelatori per onde gravitazionali. A tale proposito, dopo il brillante risultato ottenuto da AURIGA nel 2005 con il nuovo limite di sensibilità, il gruppo ha in programma il raggiungimento del limite criogenico per la barra per rimanere competitivo con gli altri rivelatori. In parallelo proseguirà l'attività di R&D per il rivelatore per onde gravitazionali DUAL, previsto possedere la migliore sensibilità in un ampio intervallo di frequenze interessanti dal punto di vista astrofisico.

I laboratori seguono con molta attenzione l'attività sperimentale del gruppo PVLAS per la comprensione dell'origine del segnale osservato, mentre per le attività esterne, cui partecipa a vario titolo, va segnalato l'impegno nello sviluppo della GRID e il progetto di realizzare un TIER 2 a Legnaro.

*La descrizione dettagliata dell'attività dei laboratori è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.lnl.infn.it>*



## LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

Il potenziamento del rivelatore CHIMERA, l'utilizzo del sistema MEDEA-MULTICS-SOLE-MACISTE, ancora utile per misure che richiedono di rivelare raggi gamma e particelle, e del nuovo spettrometro MAGNEX permetteranno di mantenere anche nel prossimo triennio la sperimentazione nel campo della fisica nucleare ai livelli di qualità e competitività internazionale che attualmente viene già riconosciuta ai LNS. A ciò contribuirà anche l'impiego del rivelatore di neutroni EDEN, in fase di messa a punto finale.

Parallelamente i LNS sono impegnati a garantire all'utenza degli acceleratori una assistenza tecnica sempre più qualificata e lo sviluppo di nuovi fasci di particelle che consentano una sperimentazione originale e di qualità. Questo sviluppo riguarda non solo i fasci a energia intermedia prodotti e accelerati dal CS, ma anche quelli radioattivi che verranno forniti da EXCYT, la cui intensità verrà ottimizzata ricercando le migliori condizioni operative per i vari componenti.

Inoltre sarà prodotto nel prossimo triennio un fascio Tandem di  $^{14}\text{C}$ , attualmente non disponibile presso nessun altro laboratorio, con il quale sarà possibile avviare una campagna di esperimenti sulla struttura dei sistemi nucleari leggeri ricchi di neutroni, avvalendosi di intensità di fascio tipiche dei nuclei stabili.

Ulteriore impulso verrà dato alle attività di ricerca e sviluppo nel settore degli acceleratori per ioni leggeri che possano essere impiegati sia a scopi terapeutici che come acceleratori primari alternativi al CS, per un prevedibile potenziamento di EXCYT in termini di intensità e varietà di fasci radioattivi producibili. Proseguiranno, nell'ambito di ampie e qualificate collaborazioni internazionali, gli studi di R&D sulla progettazione di sorgenti ioniche ad alta intensità e alto stato di carica, recentemente supportati da interventi della UE.

La *facility* CATANA per la terapia protonica di patologie oculari quali il melanoma della coroide è ormai una realtà pienamente operativa e continuerà anche nel prossimo triennio le sessioni di trattamento clinico previste nella convenzione stipulata recentemente dall'INFN con l'Azienda Policlinico dell'Università degli Studi di Catania.

Riguardo al progetto NEMO, nella prima metà del 2006 verranno effettuate le prove a mare dei vari sottocomponenti realizzati (*junction box*, mini torre di rivelatori), al fine di verificarne il funzionamento in condizioni simili a quelle del sito definitivo di installazione del telescopio. Successivamente tali elementi verranno depositati e collegati al cavo elettro-ottico che unisce il sito sottomarino al laboratorio costruito e attrezzato nel porto di Catania. Queste operazioni concluderanno la Fase 1 del progetto.

Nell'ambito della Fase 2 del progetto, un importante sviluppo nel triennio 2006-2008 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. Essa sarà costituita da un cavo elettro ottico di circa 90km e dalla stazione a terra dotata delle necessarie infrastrutture di controllo ed acquisizione. Verrà deposta sul fondale e collegata al cavo la strumentazione necessaria al monitoraggio *on-line* e in continuità del sito proposto dalla collaborazione italiana per la installazione del telescopio da 1km<sup>3</sup> e verrà verificata la risposta dei prototipi modulari del rivelatore, in condizioni operative.

*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 il maggior laboratorio al mondo dedicato a esperimenti di fisica astroparticellare, subnucleare e nucleare e di altre discipline (geologia e biologia) che richiedano un ambiente a bassa radiazione. Nell'ultimo periodo alcune attività del laboratorio sono state rallentate a causa dei problemi collegati a questioni connesse con lo smaltimento delle acque. I lavori in corso di messa in sicurezza del Sistema Gran Sasso stanno permettendo un ritorno alla normale 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, prevede la costruzione di una sorgente di neutrini agli acceleratori del CERN. Il fascio prodotto a metà del 2006 verrà indirizzato nella direzione del Gran Sasso e raggiungerà il Laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 730km. L'esperimento principale previsto al Gran Sasso per rivelare i neutrini del fascio proveniente dal CERN è OPERA. Esso è basato principalmente sulla tecnica delle emulsioni nucleari. Nel 2006 verrà completata l'installazione del

rivelatore e inizierà la presa dati. Un punto molto importante del programma di inizio 2006 è l'installazione della BAM (*Brick Assembly Machine*) per la preparazione degli oltre 200.000 pacchetti di fogli alternati di emulsione e piombo.

- 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 2006 la fase di completamento dell'isolamento termico e la realizzazione della necessaria infrastruttura criogenica. L'apparato inizierà a prendere dati con il fascio dal CERN sui neutrini atmosferici e su alcuni canali di decadimento del protone all'inizio del 2007.
- Per lo studio dei neutrini solari, nel 2006 si concluderà la fase di installazione e preparazione dell'esperimento BOREXINO. Questo è l'esperimento che ha sofferto di più a causa del rallentamento delle attività al Gran Sasso. 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. La collaborazione punta a completare la preparazione dell'apparato entro il 2006 e a iniziare la presa dati all'inizio del 2007.
- La misura della massa del neutrino è collegata alla ricerca del decadimento beta doppio, permesso se il neutrino e l'antineutrino coincidono. Nel laboratorio è in presa dati CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di tellurite, 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. Nel 2006 CUORICINO continuerà a prendere dati. Questi dati sono stati utili per la messa a punto della proposta CUORE, un grande rivelatore di 1000 cristalli di tellurite 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 nuovo esperimento basato sull'uso di Germanio arricchito, GERDA, è stato proposto e approvato nel 2005. La sua installazione inizierà al Gran Sasso nel 2006.
- 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 2005 il nuovo apparato, chiamato LIBRA, continuerà 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, sono stati proposti e riscuotono notevole interesse. In particolare l'attività di WARP è iniziata con l'installazione di un prototipo da 2 litri nel corso del 2005 e vedrà nel 2006 l'inizio dell'installazione della versione di 100 litri.

- L'osservatorio LVD, dedicato alla ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi gravitazionali, continuerà a 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 la fisica nucleare.

*La descrizione dettagliata dell'attività dei laboratori è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.lngs.infn.it>*

## CNAF

L'attività negli anni 2006–2008 si articolerà nelle seguenti linee principali:

1. Sviluppo e messa in opera di nuovi servizi e architetture GRID legate a: *web services*, definizione e gestione di *Virtual Organizations*, sistemi di sicurezza e autenticazione.
2. Consolidamento a livello Italiano ed Europeo dell'infrastruttura GRID di produzione, attraverso la partecipazione ai progetti GRID.it (FIRB), EGEE (VI PQ), EGEE-II e LCG. Per quest'attività il CNAF rimarrà il *Regional Operation Centre* della Federazione Italiana e uno dei principali *GRID Operation Centre* che opereranno l'infrastruttura Europea ed internazionale di LCG.
3. Avvio della Fase 2 del Progetto di Centro Regionale Tier1 (compimento previsto per il 2007), che prevede il potenziamento di tutti i servizi tecnologici e della sala macchine in modo da mettere il Centro in condizione di operare le risorse di calcolo e storage approvate fino al 2010. Il potenziamento prevede la triplicazione del sistema di alimentazione e raffreddamento attuale costituito da un trasformatore da 1250KVA, un Gruppo Elettrogeno da 1250KVA, un UPS da 800KVA e un sistema di refrigerazione da 550KWatt in modo da arrivare a una potenza totale disponibile pari a 3.7MW e a un sistema di refrigerazione della sala da 1.5MFrigorie. La potenza elettrica totale assorbita

nel 2005 è arrivata a circa 800KW, di cui 350 per apparati di calcolo e circa 450 per apparati tecnologici e corrisponde a circa 1100 *server* biprocessori su circa 35 *rack* e circa 15 *rack* contenenti approssimativamente 450TByte di dischi magnetici.

Nel corso del 2005 l'INFN ha approvato il piano di sviluppo della potenza di calcolo, della capacità d'archiviazione su disco e di quella su libreria di nastri magnetici, necessaria al Tier1 per far fronte alle esigenze degli esperimenti fino al 2010, com'è riportato nella tabella seguente:

**Tier1 CNAF: Tutti gli esperimenti**

Tier1 CNAF	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CPU (kSI2K)	1.818	2.850	4.200	9.000	12.000	19.000
Disk (TB)	507	960	1.400	3.600	5.000	8.500
Tapes (TB)	800	900	1.400	5.000	7.000	10.000
Contingency (%)*		20%	20%	20%	20%	20%

\* Inclusa nei numeri sopra-citati

Oltre a questo, il CNAF continuerà a operare come centro di supporto ai gruppi sperimentali 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 già il nuovo *Point of Presence* (PoP) della Rete GARR-G che, nel 2004 è passata nella nuova sala macchine.

*La descrizione dettagliata dell'attività del Centro è disponibile al sito WEB:*

*<http://www.cnaf.infn.it>*

**COMMISSIONE CALCOLO E RETI**

Nel corso del 2005, il mandato della Commissione Calcolo e Reti è stato rinnovato, inserendo, fra l'altro, un riferimento specifico al coordinamento delle attività connesse con l'implementazione dei centri di calcolo per gli esperimenti LHC. La realizzazione di tali centri e della infrastruttura per la condivisione e l'utilizzo delle risorse distribuite (GRID) rappresenta infatti il maggiore impegno dell'INFN per gli anni a venire nel settore informatico e la Commissione è naturalmente chiamata a dare il suo contributo.

Il coinvolgimento della CCR è iniziato con la costituzione di un comitato di referaggio dei progetti Tier2 e di un gruppo di coordinamento comprendente alcuni membri della

Commissione che dovranno contribuire a fornire un piano di riferimento tecnico ed economico entro la fine del 2005.

L'attività proseguirà poi con l'esame dei progetti dettagliati e con il monitoraggio delle varie fasi di realizzazione dei centri.

Le principali linee di attività della CCR nel triennio 2006-2008 si possono così riassumere:

- supporto e coordinamento dello sviluppo della infrastruttura di calcolo INFN per LHC con particolare riguardo ai centri Tier2 e Tier3;
- rafforzamento dei progetti e dei gruppi di lavoro allo scopo di valorizzare le competenze esistenti nelle sedi INFN nello sviluppo di soluzioni comuni;
- razionalizzazione e coordinamento del supporto ai servizi di Sezione, allo scopo di recuperare maggiori risorse per le attività legate agli obiettivi scientifici strategici dell'INFN.

Proseguirà poi l'azione di potenziamento degli apparati di rete e dei *server* centrali al servizio di Sezioni e Laboratori, in parallelo e di concerto con la crescita delle risorse di calcolo acquisite per le attività scientifiche dell'Ente.

*La descrizione dettagliata dell'attività della Commissione è disponibile al sito WEB:*

*<http://server11.infn.it/commcalc/>*

### **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 tecnologico-scientifiche, particolarmente presso i Laboratori Nazionali, e gli importanti impegni già presi su scala internazionale.

Fanno parte di questi sia attività a carattere puramente scientifico, quali ad esempio:

- la partenza nel 2007 dell'acceleratore LHC al CERN: l'inizio delle misure nei quattro grandi esperimenti comporterà, nel passaggio dalla costruzione all'analisi dati, un ricambio radicale di tecnologie e professionalità del personale ricercatore e tecnologo coinvolto;
- il Progetto SPES per lo studio e la costruzione di un acceleratore di nuova tecnologia ad altissima intensità per protoni e per ioni (LNL);

- il Progetto NEMO per lo studio di prototipi per la costruzione di un osservatorio europeo sottomarino di neutrini astrofisici da realizzare in Sicilia (LNS);
- il Progetto Strategico NTA per l'R&D mirata a nuove tecniche di accelerazione di particelle (LNF, LNL);
- l'installazione dei rivelatori per lo studio delle oscillazioni sul fascio di neutrini provenienti dal CERN (LNGS);

sia attività con finalità di trasferimento tecnologico, quali ad esempio:

- adroterapia: l'Ente ha già un impegno determinante nella costruzione della macchina per adroterapia del progetto CNAO a Pavia e sarà chiamato a fornire consulenze e appoggio agli altri progetti di macchine regionali per adroterapia in corso nel Paese;
- il Progetto SPARC per Ricerca e Sviluppo di un *laser* a elettroni liberi di nuova concezione con lunghezza d'onda 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 scienze (CNAF);

B. un rapporto di *turn over* pressoché costante nel tempo che favorisca all'interno dell'Ente una situazione di relativo equilibrio tra diverse generazioni.

Una situazione di questo tipo si realizzerà per il personale ricercatore e tecnologo solo a partire dal biennio 2008-2009 con un *turn over* negli anni successivi pressoché costante e dell'ordine della trentina di posti. Nel triennio 2006-2008 tale *turn over* scenderà a valori molto bassi, inferiori alla decina di posti, causando quindi una grave carenza e un rapido invecchiamento del personale ricercatore e tecnologo.

A fronte di questa situazione è previsto un notevole flusso, dell'ordine di 200 per anno nel biennio 2006-2007, di assegnisti "in uscita", quasi tutti in cofinanziamento con le Università, già selezionati dai corsi di dottorato e formati con attività di almeno due anni nei programmi dell'Ente.

Le due esigenze sopra citate portano a formulare il fabbisogno di personale nel triennio, riportato in tabella che, se si tiene conto del *turn over*, corrisponde ad una richiesta di nuovi posti di ricercatore e tecnologo pari a 50 nel 2006, 30 nel 2007, 10 nel 2008.

	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>Fabbisogno</b>	60	40	20
<b>Turn over stimato</b>	10	10	10
<b>Nuovi posti</b>	50	30	10

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 2008, e una selezione sui nuovi ingressi rigorosa ma non traumatica.

È inoltre previsto, entro il secondo 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.

Nel triennio saranno utilizzati contratti a tempo determinato entro i limiti attualmente consentiti.

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:

#### **Posizioni da ricoprire per i livelli I e II**

<b>Profilo</b>	<b>Livello</b>	<b>Posti a concorso</b>		
		<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>Dirigente di Ricerca</b>	I	15		15
<b>Dirigente tecnologo</b>	I	6		6
<b>Primo Ricercatore</b>	II		20	
<b>Primo tecnologo</b>	II		10	



### Progressioni economiche nel livello apicale

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2006	2007	2008
Collaboratore tecnico enti ricerca	IV		130	
Operatore tecnico	VI		20	
Ausiliario tecnico	VIII		5	
Funzionario di amministrazione	IV		30	
Collaboratore di amministrazione	V		25	
Operatore di amministrazione	VII		1	
			211	

### Passaggi al livello superiore nel profilo

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2006	2007	2008
Collaboratore tecnico enti ricerca	IV	28		120
Collaboratore tecnico enti ricerca	V	46		70
Operatore tecnico	VI			50
Operatore tecnico	VII	2		5
Ausiliario tecnico	VIII			5
Funzionario di amministrazione	IV	1		4
Collaboratore di amministrazione	V	10		30
Collaboratore di amministrazione	VI	5		10
Operatore di amministrazione	VII			4
Operatore di amministrazione	VIII			
		92		298

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 2006-2008 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 2005 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008		
		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	250		3	250		3	250		3	250
Dirigente II fascia	96		1	96	1	2	134		2	192
Ricercatore	36.818	58	645	38.971	44	689	40.472	10	699	41.906
Tecnologo	12.488	11	232	12.933	6	238	13.180		238	13.359
Collaboratore tecnico enti ricerca	21.127	20	607	21.867	10	617	22.104		617	22.828
Operatore tecnico	4.089	3	138	4.154	4	142	4.226		142	4.447
Ausiliario tecnico	193		7	193		7	198		7	196
Funzionario di amministrazione	2.603	2	69	2.660	4	73	2.778		73	2.829
Collaboratore di amministrazione	6.589	6	207	6.771	2	209	6.823		209	6.959
Operatore di amministrazione	257		9	257		9	258		9	265
<i>Totale personale a tempo indeterminato</i>	<b>84.510</b>	<b>100</b>	<b>1.918</b>	<b>88.152</b>	<b>71</b>	<b>1.989</b>	<b>90.423</b>	<b>10</b>	<b>1.999</b>	<b>93.231</b>

B.2 PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO DETERMINATO	Costo 2005 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008		
		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	1.785		35	1.785	-7	28	1.607		28	1.428
Tecnologo	2.109		46	2.109	-10	36	1.880		36	1.651
Collaboratore tecnico enti ricerca	1.378		45	1.378	-9	36	1.240		36	1.102
Operatore tecnico	83		3	83	-1	2	69		2	55
Funzionario di amministrazione	33		1	33		1	33		1	33
Collaboratore di amministrazione	1.374		49	1.374	-10	39	1.234		39	1.094
<b>Totale</b>	<b>6.762</b>		<b>179</b>	<b>6.762</b>	<b>-37</b>	<b>142</b>	<b>6.063</b>		<b>142</b>	<b>5.363</b>
<b>Contratti trimestrali per esigenze straordinarie</b>										
Collaboratore di amministrazione	252	-4	4	189		4	252		4	252
<b>Totale</b>	<b>252</b>	<b>-4</b>	<b>4</b>	<b>189</b>		<b>4</b>	<b>252</b>		<b>4</b>	<b>252</b>
<i>Totale personale a tempo determinato</i>	<b>7.014</b>	<b>-4</b>	<b>183</b>	<b>6.951</b>	<b>-37</b>	<b>146</b>	<b>6.315</b>		<b>146</b>	<b>5.615</b>

(\*) Unità di personale espresse in anni-persona

<b>B.3 COLLABORATORI</b>	Costo 2005 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008		
		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		35	980		35	980
Altri contratti di prestazione d'opera e consulenza	325		20	325		20	325		20	325
<i>Totale collaborazioni</i>	<b>2.705</b>	<b>15</b>	<b>150</b>	<b>2.836</b>	<b>8</b>	<b>158</b>	<b>3.038</b>	<b>8</b>	<b>166</b>	<b>3.178</b>

<b>B.4 BORSE DI STUDIO</b>	Costo 2005 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007			FABBISOGNO 2008		
		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	275	3.497		305	3.843		305	3.843

## QUADRO C - RIEPILOGO DELLE SPESE PER RISORSE UMANE

RISORSE UMANE	COSTO (migliaia di Euro)			
	2005	2006	2007	2008
PERSONALE DIPENDENTE				
Personale a tempo indeterminato	84.510	88.152	90.423	93.231
Personale a tempo determinato	7.014	6.951	6.315	5.615
Fondo liquidazione e previdenza	8.000	8.500	8.700	8.900
Benefici di natura assistenziale e sociale	1.500	1.500	1.600	1.650
Formazione del personale dipendente	1.800	1.800	1.800	1.800
Fondo rinnovi contrattuali	6.020	6.000	6.000	6.000
COLLABORATORI	2.705	2.836	3.038	3.178
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
	119.299	123.836	126.319	128.817

### COMMISSIONE PARI OPPORTUNITA'

Le linee di intervento proposte dal CPO per il Piano Triennale di Azioni Positive 2005-2007 dell'INFN si riferiscono a obiettivi riconducibili al quadro generale della strategia europea e nazionale in materia di pari opportunità, delineato dalla normativa vigente, già presenti nel Piano Triennale precedente e qui ripresi e ampliati, quali:

- conciliazione tra vita professionale e vita privata
- benessere organizzativo e qualità dell'ambiente di lavoro
- statistiche di genere e promozione della presenza femminile nei livelli decisionali
- sviluppo della cultura di genere: formazione e informazione

Le misure raccomandate sono sintetizzate nel seguito. La tabella riassuntiva delle azioni proposte è in appendice al documento "Proposta del CPO per il Piano Triennale di

Azioni Positive 2005-2007 dell'INFN". Riferimenti normativi e ulteriori dettagli relativi alle misure indicate sono contenuti nello stesso documento.

Nel campo della conciliazione tra vita professionale e vita privata il CPO promuove interventi per favorire "la partecipazione equilibrata degli uomini e delle donne all'attività professionale e alla vita familiare, parallelamente alla partecipazione equilibrata di donne e uomini al processo decisionale", nell'intento di contribuire a creare una cultura dell'organizzazione che assicuri concretamente pari opportunità di genere. Gli interventi suggeriti dal CPO riguardano: l'adozione di misure di supporto alla cura della famiglia (figli e persone anziane), estese, ove possibile, ai titolari di contratti a termine, borse di studio e assegni di ricerca; la sperimentazione di telelavoro e di articolazioni flessibili dell'orario di lavoro; lo studio e l'attivazione di servizi di aiuto per la cura dei figli per favorire la partecipazione a congressi e convegni organizzati dall'INFN; lo studio e l'attivazione di servizi di supporto per il reinserimento del dipendente al rientro da congedi prolungati, attraverso forme idonee di affiancamento lavorativo.

Sono due le linee di intervento indicate dal CPO in tema di benessere organizzativo e qualità dell'ambiente di lavoro.

La prima è legata al Codice di Comportamento adottato e alla attività del Consigliere di Fiducia, e riguarda, in particolare: l'attività di sensibilizzazione e di informazione necessaria per presentare al personale dell'Istituto il Codice di Comportamento adottato, il Consigliere di Fiducia in carica, e per approfondire i fenomeni oggetto del Codice (discriminazioni, molestie sessuali e molestie psicologiche, queste ultime note anche con il termine inglese *mobbing*), al fine di prevenirli, tutelando in questo modo la qualità dell'ambiente di lavoro; l'istituzione e l'aggiornamento di uno spazio web istituzionale contenente materiale ed indicazioni utili alla comprensione dei fenomeni oggetto del Codice, in accordo al programma di attività proposto dal Consigliere di Fiducia dell'INFN; l'aggiornamento periodico del Codice di Comportamento, in accordo alla più recente normativa; la realizzazione di un progetto di ricerca sul fenomeno del *mobbing*, in accordo al programma di attività proposto dal Consigliere di Fiducia dell'INFN.

La seconda linea rivolge l'attenzione agli aspetti di genere della tutela della salute psicofisica di lavoratrici e lavoratori. Partendo dal presupposto che la salute sia un bene sociale e non un fatto privato, e che, intesa come complessivo benessere psicofisico di donne e uomini, debba essere tutelata attraverso iniziative mirate e differenziate in base ai destinatari, il CPO propone di svolgere attività di informazione sulla prevenzione delle malattie in ottica di genere; di effettuare studi di fattibilità ed elaborazione di progetti pilota per una sua concreta attuazione attraverso i controlli medici del personale previsti per legge;

di effettuare studi per la valutazione dei rischi nell'ambiente di lavoro in ottica di genere, con particolare riferimento alla salute riproduttiva di uomini e donne in modo da rendere l'ambiente di lavoro totalmente fruibile alle donne anche in età fertile e in gravidanza, ed individuare e realizzare eventuali misure di prevenzione.

Le statistiche di genere costituiscono un importante strumento tecnico di osservazione e misura di situazioni di fatto in materia di occupazione femminile, essenziale per la valutazione e l'adozione di iniziative per la promozione delle pari opportunità e della presenza delle donne nei livelli decisionali. Il CPO, con l'obiettivo del riequilibrio della presenza femminile nelle attività e nelle posizioni gerarchiche e in ogni commissione e comitato, raccomanda la diffusione in apposite pagine web di dati organizzati per genere sul personale dipendente e associato dell'Istituto, su tutti gli incarichi amministrativi e scientifici sia attribuiti da organi istituzionali che elettivi, su concorsi, selezioni, borse di studio e assegni di ricerca, e l'adozione di una banca dati delle competenze del personale, alimentata su base volontaria, in modo da rendere più efficiente l'attribuzione di nomine e incarichi da parte degli organi deliberanti. E' inoltre raccomandata la disponibilità di dati per studi specifici di genere su differenziali salariali, carriere e attribuzioni di responsabilità e per studi qualitativi sul ruolo delle donne all'interno delle organizzazioni e sulla percezione delle donne e degli uomini in relazione a questo tema.

La promozione e lo sviluppo della cultura della differenza di genere richiedono interventi specifici per contrastare stereotipi e pregiudizi e per integrare istruzione, formazione e ricerca con l'inserimento di tematiche della parità. Il CPO dell'INFN suggerisce due distinte linee d'intervento: la prima relativa all'organizzazione di attività di divulgazione e informazione sulle problematiche di genere e di pari opportunità, la seconda più direttamente legata alla attività di formazione del personale svolta dall'Istituto, in modo che preveda la rivisitazione in ottica di genere dei programmi formativi già esistenti e l'inserimento di tematiche delle pari opportunità tra gli argomenti ufficiali nei programmi di formazione professionale per i dirigenti e per tutto il personale INFN. Il CPO promuove inoltre iniziative per l'accesso ai corsi di formazione e aggiornamento professionale, in modo da garantire la partecipazione delle dipendenti in accordo a quanto previsto per legge, anche attraverso l'adozione di iniziative che favoriscano la conciliazione tra vita professionale e familiare (come, ad esempio, attenzione a orari e logistica, organizzazione di appositi servizi di supporto per la cura dei figli etc.) e consentendo la partecipazione, dietro motivata richiesta, al personale in congedo.

Il Piano Triennale di Azioni Positive 2005-07 adottato dall'INFN stabilisce misure ed obiettivi posti dall'Istituto nella propria strategia per le pari opportunità. Il CPO sottolinea l'importanza della verifica periodica dell'attuazione del Piano, che riveste un'importanza

paragonabile a quella dell'adozione, e suggerisce di effettuare tale verifica periodicamente, in collaborazione tra dirigenza dell'Istituto e CPO. Nella proposta per il nuovo Piano triennale, in particolare sono previsti: la verifica periodica della attuazione del Piano Triennale di Azioni Positive, del raggiungimento degli obiettivi strategici previsti, della valutazione della strategia dell'Istituto per l'attuazione delle pari opportunità e della valutazione dell'impatto delle iniziative intraprese, prevedendo l'inserimento dei risultati della verifica nella relazione illustrativa del Presidente dell'Istituto allegata al Rendiconto Generale. A questo scopo si suggerisce l'istituzione di un Osservatorio ufficiale dell'INFN per le pari opportunità, nel quale sia rappresentato il CPO e la dirigenza dell'Istituto.

### **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 periodo 2001-2004, sono prevedibili, per il periodo 2006-2008, numeri paragonabili a quelli riscontrati per il triennio 2001-2003 (più di 1000 tesi di laurea e di 350 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* a Parma, la *Scuola primaverile di Frascati "Bruno Touschek"* e le *Giornate di Studio sui Rivelatori* a Torino.

Verranno inoltre attivati nel 2006, e presumibilmente ripetuti negli anni successivi, i corsi di *Master* di secondo livello organizzati presso Laboratori Nazionali o Sedi INFN, eventualmente in collaborazione con l'Università o altri Istituti. Accanto a diversi già citati nel precedente Piano Triennale, [*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)], è stato acceso quello in *Progettazione Microelettronica* (Padova) ed è in fieri l'apertura di quello in *Oceanografia* (Trieste).

Va sottolineato il fatto che una consistente frazione dei giovani formati in ambito INFN (a livello di dottori di ricerca e post-doc) che lasciano l'associazione INFN trova successiva collocazione nell'industria o nel campo dell'informatica, trasferendovi le conoscenze acquisite tramite l'attività di carattere tecnologico svolta per conto dell'Istituto, spesso arricchita da esperienze di lavoro in ambito internazionale e corredata dall'atteggiamento mentale aperto all'innovazione acquisito attraverso l'esperienza di ricerca.

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 e all'estero, talune a carattere interattivo).

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- e interdisciplinari, dando luogo agli sviluppi più significativi che sono stati discussi, per il triennio 2003-2005, 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.

*I progetti per i grandi programmi strategici del PNR 2005-2007*



L'INFN è stato molto attivo nel proporre nuove idee progettuali per incrementare la competitività strategica dell'industria italiana nel campo dell'innovazione e delle tecnologie abilitanti.

L'Istituto, in forte sinergia con *partner* industriali, ha sottoposto alla valutazione del MIUR quattro progetti:

- sviluppo di macchine acceleratrici compatte per adroterapia oncologica e di tecniche innovative di *imaging* a diagnostica;
- sviluppo di un sistema di indagine non distruttivo per lo *scanning* di grandi volumi;
- sviluppo di sistemi di calcolo altamente paralleli;
- uso di tecnologie di GRID nel contesto industriale.

Tutti questi progetti hanno un comune denominatore nel forte impatto innovativo e nella potenzialità di produrre un vantaggio strategico in campi in rapida espansione.

#### *Il Laboratorio Multidisciplinare sottomarino*

Il Laboratorio Multidisciplinare Sottomarino, in corso di realizzazione al largo di Catania alla profondità di 2000m, oltre alle attività connesse con il progetto NEMO, ospita anche attività di carattere interdisciplinare. Tra queste, l'iniziativa dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che ha già realizzato una stazione sottomarina per rilievi sismologici e ambientali connessa in linea tramite le infrastrutture del laboratorio che costituisce il primo nodo attivo della rete europea ESONET (*European Sea Floor Observatory Network*).

Le attività future, focalizzate all'installazione e alla messa in funzione di prototipi per la rivelazione di neutrini di alta energia sia presso il sito a 2000m di profondità al largo di Catania, che presso quello a 3500m di Capo Passero, richiederanno un pesante coinvolgimento delle industrie del settore per tutte le attività legate all'immersione a grande profondità di grandi strutture meccaniche e dell'elettronica di trasmissione dati. In particolare sarà necessario svolgere un programma di R&D di sistemi innovativi e robotizzati per il *deployment* e collegamento di strutture sottomarine complesse verso il quale stanno mostrando interesse varie istituzioni. A questo riguardo l'INFN e l'INGV hanno avviato il programma PEGASO, cofinanziato dalla Regione Sicilia, che vedrà il suo svolgimento nel corso del triennio 2006-2008.

#### *Le reti per la ricerca*

La disponibilità di una connettività a larga banda distribuita in modo capillare su tutto il territorio nazionale, caratterizzata da elevata affidabilità e tolleranza all'errore, rappresenta un

fondamentale contributo non soltanto alle attività dell'INFN, ma in generale allo sviluppo culturale, scientifico e tecnologico del Paese, catalizzando la collaborazione e lo scambio di esperienze tra diverse realtà nel campo accademico e della ricerca.

Attraverso l'infrastruttura di rete GARR, l'INFN ha l'opportunità, anche in collaborazione con l'intera comunità scientifica e accademica italiana, di partecipare a progetti internazionali nei campi di Fisica delle Alte Energie, della Fisica Astroparticellare e Nucleare, del Supercalcolo e delle Griglie Computazionali, nonché naturalmente di poter accedere a informazioni e risorse remote, realizzare e utilizzare applicazioni di tipo formativo e svolgere attività di divulgazione scientifica con prestazioni del tutto equivalenti alle maggiori reti della ricerca mondiale.

In analogia con quanto sta avvenendo in Italia, i piani di evoluzione delle infrastrutture delle reti della comunità accademica e di ricerca in Europa e nel mondo hanno come obiettivo quello di mantenere la loro caratteristica distintiva, rappresentata dalla *flessibilità* di adeguarsi con efficacia e competitività alle esigenze di sviluppo e di servizio della propria comunità di utenti.

La rete GARR gioca un ruolo chiave nel sostegno alle attività accademiche e di ricerca e il suo scopo è quello di promuovere lo sviluppo in queste aree e di rispondere alla vasta gamma di esigenze e di modalità di utilizzo della rete da parte della sua comunità di utenti. La rete GARR-x, di prossima generazione, sarà basata per quanto possibile su una infrastruttura ottica proprietaria, mediante l'impiego di fibre ottiche, e sull'introduzione di apparati trasmissivi che utilizzino le tecnologie di moltiplicazione come il *Dense Wave Division Multiplexing* (DWDM) e l'*Optical Add Drop Multiplexing* (OADM).

Già nel 2006 una prima porzione della infrastruttura ottica nazionale (*GARR-x pilot*) verrà estesa a livello internazionale mediante la partecipazione del GARR alla iniziativa denominata *Cross Border Fiber*, svolta in stretta collaborazione con le reti nazionali della ricerca svizzera SWITCH e tedesca DFN che vanno ad affiancarsi ai collegamenti attraverso la rete europea GÉANT2. Alla fine del 2005 saranno già operativi due collegamenti a 10Gbit/s tra la rete GARR e la rete europea GÉANT2, uno dei quali collegherà direttamente il Tier1 presso il CNAF con il Tier0 del CERN, andando a costituire parte della rete ottica prevista dal progetto LHC-Computing GRID per l'interconnessione dei Tier1 con il Tier0 e gli altri Tier1.

Sulla infrastruttura proprietaria il GARR sarà in grado di integrare la infrastruttura trasmissiva sincrona (SDH) con circuiti di tipo LAN (trasporto e switching di VLAN) con qualità di servizio intrinseca, garantita dalla modalità trasmissiva (sincrona) e potrà fornire ai propri utenti oltre alla connettività IP anche circuiti e servizi *end-to-end* (es. *Bandwidth on*

*Demand*), mediante la configurazione di reti private virtuali (VPN) e di cammini dedicati (anche su lambda).

L'incremento della capacità di *backbone* e le riconfigurazioni della rete potranno essere modulati in funzione delle reali esigenze e con maggiore indipendenza dagli operatori di TLC, passando dagli attuali 100Gbit/s a capacità dell'ordine del Tbit/s, con circuiti di accesso multipli di 10Gbit/s e a partire dal 2008 anche a 40Gbit/s. Questo permetterà, in particolare, oltre all'accesso diretto del Tier1 del CNAF al CERN, anche collegamenti dedicati (multipli di 1 o 10Gbit/s) tra il Tier1 e i Tier2 nelle varie sedi INFN con il CERN e con gli altri Tier europei e internazionali.

L'evoluzione della rete prevede la definizione di *Service Level Agreement* (SLA) per classi di applicazioni/servizi. Un efficace sistema di *monitoring* distribuito garantirà il controllo della infrastruttura e delle funzionalità anche in ambiente multidominio e la verifica costante dei parametri di Qualità di Servizio (RTT, *Delay*, *Packet loss*, ecc.) nonché il controllo dell'accesso e dell'utilizzazione delle risorse di rete. Il sistema di *monitoring* potrà fornire informazioni in tempo reale dello stato della rete alle applicazioni e al *middleware* più evoluto dei sistemi di GRID che si adattano alle condizioni della rete e potrà soddisfare la crescente richiesta di servizi *end-to-end* spesso erogati attraverso diversi domini di competenza/gestione che implicano una più ampia visibilità della rete.

Nel corso del triennio 2006-2008, una particolare attenzione verrà posta allo sviluppo e al supporto delle tecnologie *wireless* e della *Mobility* che rappresenteranno sempre di più uno strumento di base del lavoro di ricerca e di formazione.

#### *Progetto speciale Adroterapia*

Gli acceleratori e le tecnologie strumentali tipiche degli esperimenti di fisica nucleare hanno sempre trovato importanti applicazioni, spesso di grande impatto sociale, in settori diversi quali l'ingegneria, la chimica, la medicina, la biologia, i beni culturali e l'ambiente. L'Istituto dedicherà nei prossimi anni una parte delle proprie risorse tecniche e umane allo sviluppo e alla costruzione d'infrastrutture d'interesse medico. L'Istituto – in particolare attraverso l'impegno dei LNF, LNL e LNS – partecipa alla realizzazione del Centro Nazionale d'Adroterapia Oncologica di Pavia, in conformità a un accordo stipulato con la Fondazione CNAO, della quale l'Istituto è anche entrato a far parte quale “partecipante istituzionale”. Come descritto in dettaglio nel prossimo paragrafo, il Centro impiegherà un sincrotrone a ioni di circa 400AMeV, già finanziato. Nell'ambito degli scopi del CNAO potranno anche essere utilmente inquadrare tutte le tradizionali attività dell'Istituto d'applicazione delle proprie tecniche strumentali al campo della diagnosi e terapia dei tumori.

Questo programma rappresenterà l'impegno più importante e lo sforzo maggiore dell'INFN in questo settore nel prossimo triennio.

Quale sviluppo del progetto CATANA, operativo ai LNS per la cura del melanoma oculare, è al vaglio del Governo regionale, con la consulenza dei Laboratori, il progetto di un Centro di protonterapia basato sull'impiego di un ciclotrone per protoni e ioni con energia massima da 300 AMeV. Tale macchina, il cui disegno originale è stato sviluppato ai LNS, sarà realizzata attraverso un accordo di sviluppo industriale in collaborazione con le ditte ACCEL e ANSALDO le quali si sono impegnate alla sua commercializzazione a livello internazionale.

Ai LNL, nell'ambito del programma SPES, verrà sviluppata per il 2008 una sorgente di neutroni ad alta intensità per lo studio della BNCT, una terapia complementare per la cura dei tumori basata sulla cattura neutronica da nuclei di Boro.

#### *Il progetto CNAO*

La Fondazione CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica), istituita con lo scopo di progettare e costruire un Centro di adroterapia per il trattamento di patologie tumorali attraverso fasci di protoni e ioni carbonio, opera in stretta collaborazione con l'INFN che, in base agli accordi di collaborazione, è co-responsabile nella realizzazione dell'acceleratore e di tutta la parte di Alta Tecnologia del Centro. Il Centro è in fase di costruzione a Pavia dove, nell'autunno del 2005, sono iniziate le attività di costruzione edilizia che prevedono la consegna degli edifici nel corso del 2006, permettendo così l'inizio dell'installazione dei componenti del complesso sorgenti, linee di trasferimento e sincrotrone, fino alle sale di trattamento dei pazienti. L'acceleratore potrà operare sin in modalità *active-scanning* sia *passive-scanning*, oltre che permettere di realizzare la dosimetria *on line*. La prima fase, che prevede il *commissioning* della macchina nella primavera-estate del 2007, con inizio del trattamento dei primi pazienti alla fine dello stesso anno, vedrà la realizzazione di tre sale di trattamento, due con fasci fissi orizzontali e una con fasci fissi orizzontali e verticali. In una seconda fase, che avverrà dopo l'entrata in funzione del CNAO e contemporaneamente al funzionamento del Centro, ovvero dopo il 2008, è prevista l'ulteriore realizzazione di due ulteriori sale di trattamento attrezzate con Gantry rotanti che permetteranno l'irraggiamento della massa tumorale da ogni direzione.

#### *Applicazioni di tecniche nucleari nel campo della sicurezza*

L'attività in questo campo proseguirà nell'ambito di due progetti internazionali triennali con partecipazione INFN, avviati nel 2004, che coinvolgono Istituti di Ricerca, industrie e autorità doganali: (i) il *NATO Science for Peace Sub-Programme "Control of illicit trafficking of threat materials"* e (ii) il progetto *EURITRACK "European Illicit Trafficking*

*Countermeasure Kit*". EURITRACK ha un costo globale di 4.2M€, 2.5 dei quali erogati dalla UE. In questo progetto l'INFN svilupperà il sistema TNIS (*Tagged Neutron Inspection System*) per la rivelazione di esplosivi nascosti, che verrà adottato per una dimostrazione in scala reale al porto di Le Havre nel 2007. L'iniziativa avrà ulteriore seguito nelle attività di formazione di ricercatori di Paesi in via di Sviluppo che l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA) effettuerà presso l'Università di Padova. Continueranno le iniziative di collaborazione tra l'INFN e la Gilardoni SpA per studiare l'applicazione di tecniche nucleari avanzate (*Muon Radiography*) per il contrasto dell'*illicit trafficking* di materiale radioattivo.

#### *I programmi di ricerca TRASCO e ADS*

Le attività legate allo sviluppo di un acceleratore lineare per protoni ad alta intensità da utilizzarsi come *driver* di un sistema sottocritico (ADS) destinato alla trasmutazione di scorie radioattive, legate negli anni scorsi ai programmi ministeriali TRASCO e ADS e alla partecipazione al programma PDS-XADS nell'ambito del V Programma Quadro EURATOM, proseguono con il programma europeo EUROTRANS, a livello nazionale nell'ambito del progetto speciale INFN NTA-HPPA, mentre un iniettore ad alta intensità, finalizzato alla produzione di fasci radioattivi, viene costruito ai LNL nell'ambito del progetto SPES-1.

L'obiettivo della parte del programma svolto presso i LNS è centrato nello studio di una sorgente versatile di alta affidabilità. Nell'ambito di EUROTRANS si prevede inoltre la realizzazione di un prototipo di criomodulo completo per ospitare le due multicelle  $\beta=0.5$  realizzate con il programma TRASCO/ADS e di pianificare test di operazione criogenica con RF di alta potenza. Il coordinamento di questa attività è assegnato al LASA e i principali collaboratori sono il CNRS e il CEA. Per quanto riguarda i LNL, infine, continua regolarmente la costruzione degli ultimi quattro moduli della struttura di accelerazione RFQ (5MeV, 30mA) sviluppata nell'ambito dei programmi TRASCO e ADS.

#### *Acceleratori di elettroni e loro applicazioni interdisciplinari*

Molti sono i settori in cui i raggi X sono attualmente utilizzati, dalla ricostruzione di immagini all'analisi di prodotti industriali. Il progetto SPARX, recentemente approvato dal MIUR, sarà finalizzato allo sviluppo di un'attività di R&D per la produzione di radiazione coerente nella regione spettrale X.

A tale scopo, entro il 2005, il gruppo di studio SPARX completerà lo studio di fattibilità di una "*test facility*", SPARXINO, in grado di generare radiazione coerente con lunghezza d'onda  $\sim 3-10$ nm. Si prevede la realizzazione, presso i LNF, di un LINAC di energia compresa tra 1.2 e 1.5GeV mediante un *upgrade* del LINAC esistente, attualmente utilizzato

per l'iniezione in DAFNE, che utilizzerà le soluzioni innovative sviluppate per il foto-iniettore SPARC.

Le principali caratteristiche della sorgente SPARXINO saranno l'alta brillantezza di picco e la breve durata degli impulsi (inferiore al picosecondo).

Diverse discipline ne potranno trarre beneficio e nuove tecnologie saranno sviluppate nei campi della scienza dei materiali, della biologia, della medicina, dell'ottica non lineare, della microscopia a raggi X e nella cristallografia delle proteine. La capacità della sorgente SPARXINO di rilasciare un'enorme quantità di energia su piccole superfici renderà possibile lo studio di effetti fino ad oggi solo prevedibili a livello teorico. È lecito aspettarsi risultati di grande interesse nel settore della foto-chimica con importanti ricadute industriali. I progetti SPARC/X evolveranno ulteriormente in una futura infrastruttura per la fisica avanzata dei fasci nel settore dell'accelerazione di plasma con alti gradienti di campo e di fasci X monocromatici da diffusione Thomson all'indietro (PLASMON-X). La sorgente Thomson di raggi X renderà possibili molteplici applicazioni multi-disciplinari, dalla radiodiagnostica clinica avanzata, principalmente nel campo della mammografia e dell'angiografia coronarica, agli studi di fenomeni ultraveloci in fisica dello stato solido per mezzo di impulsi X di durata inferiori al picosecondo.

### **3.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA**

Nei prossimi tre anni dovranno essere perseguiti tre obiettivi principali:

1. Portare a compimento con successo i numerosi programmi in corso.
2. Mantenere o addirittura migliorare le nostre percentuali di successo nelle nuove chiamate per le infrastrutture di ricerca e nei programmi per la mobilità dei ricercatori.
3. Partecipare attivamente alla definizione del 7PQ.

Il gruppo di coordinamento per i programmi europei (CRUE), recentemente istituito, giocherà un ruolo rilevante nell'ottenimento degli obiettivi sopra indicati.

### **3.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE**

Per il 2006, la situazione continua a presentarsi difficile a causa non solo degli effetti residui dei provvedimenti governativi adottati negli anni precedenti riguardanti limitazioni di tesoreria e di alcune tipologie di spesa inerenti anche quelle riferite al personale, ma anche a causa delle ulteriori riduzioni di competenza e delle seguenti restrizioni:

- a) in attesa dell'emanazione da parte del MIUR del decreto che definisce il piano di riparto del fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di ricerca per l'anno 2005, l'INFN può disporre per il 2006 di un contributo erariale di 269,2 milioni di euro, ulteriormente ridotto del 2% rispetto a quello dell'anno precedente;
- b) la Legge Finanziaria per il 2006, attualmente all'esame del Parlamento, oltre a confermare la limitazione delle spese complessive, al netto di quelle di personale, in misura non superiore al consuntivo 2005 incrementato del 2%, prevede altri pesanti vincoli a determinate tipologie di spese; in particolare: a) per relazioni pubbliche, convegni, mostre, pubblicità e di rappresentanza: non più del 50% del consuntivo 2004; b) per l'acquisto, la manutenzione, il noleggio e l'esercizio di autovetture: non più del 50% del consuntivo 2004; c) per personale a tempo determinato: non più del 60% del consuntivo 2003
- c) inoltre è prevista la soppressione dell'indennità di trasferta per le missioni in Italia e la riduzione del 10%, rispetto agli importi risultanti al 30 settembre 2005, delle indennità, compensi, gettoni, retribuzioni o altre utilità comunque denominate, corrisposti per incarichi di consulenza e ai componenti dei consigli di amministrazione e organi collegiali. Anche i fabbisogni di cassa vengono ridotti del 20% rispetto a quelli determinati per il 2005.
- d) la Circolare del Ministro dell'Economia e delle Finanze n. 33 del 6 novembre 2002, prevede - per ogni esercizio finanziario - la costituzione di un fondo "congelato" per la copertura dei costi derivanti dai rinnovi contrattuali del personale a carico dei finanziamenti ordinari dell'Istituto.

L'effetto dei vari provvedimenti suddetti costituisce certamente un risparmio per la finanza pubblica, ma al prezzo di non far partire alcuna nuova iniziativa di ricerca oltre a un continuo rallentamento delle attività scientifiche programmate. 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, sta completando 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. È prevista una fase sperimentale all'inizio del 2006 e la completa attuazione delle nuove procedure informatiche entro lo stesso esercizio finanziario 2006.

Nel seguito viene riportato il profilo di spesa previsto per il triennio 2006-2008.

**PROFILO DI SPESA 2006-2008**

(in milioni di Euro)

	2006	2007	2008
<b>ATTIVITÀ DI RICERCA</b>			
Fisica Subnucleare	30,4	30,9	31,4
ELN	0,3	0,3	0,3
Nuove Tecniche di Accelerazione	1,5	1,5	1,5
SPARC	1,5	1,5	1,5
Fisica Astroparticellare	19,3	19,8	20,1
Fisica Nucleare	15,2	15,5	15,7
EXCYT	0,6	0,6	0,6
SPES	0,6	0,6	0,6
Fisica Teorica	3,7	3,8	3,9
APE	0,2	0,2	0,2
Ricerche Tecnologiche	5,2	5,3	5,4
GRID	1,5	1,6	1,6
Servizio Calcolo e Reti	8,9	9,0	9,0
Diffusione cultura e innovazione	0,6	0,6	0,6
<i>Totale Ricerca</i>	89,5	91,2	92,4
<b>FUNZIONAMENTO STRUTTURE</b>			
LNF	13,4	13,6	13,7
LNGS	8,8	9,1	9,2
LNL	8,3	8,6	8,7
LNS	7,8	8,0	8,1
Sezioni e Gruppi Collegati	14,7	14,7	14,7
CNAF	1,6	1,6	1,6
Organi Direttivi e Strutture Centrali	2,8	2,8	2,8
Fondi Centrali	8,9	9,2	9,2
Partecipazioni a Consorzi	6,3	6,3	6,3
<i>Totale Funzionamento Strutture</i>	72,6	73,9	74,3
<b>PERSONALE</b>	123,9	126,3	128,9
<b>TOTALE GENERALE</b>	<b>286,0</b>	<b>291,4</b>	<b>295,6</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.

Nello scorso settembre il Consiglio Direttivo ha deliberato due integrazioni al testo regolamentare, attualmente all'esame del MIUR. Con la prima si avvicina il momento della deliberazione del preventivo annuale a quello in cui si delineano le scelte generali di finanza pubblica. Con la seconda si dà un migliore assetto al Comitato di valutazione interno.

Di seguito al richiamato regolamento generale sono stati emanati i seguenti regolamenti di settore:

1. *regolamento generale delle Strutture*, adottato nel 1995 e modificato negli anni successivi, fino a quello corrente. Proprio nel 2005, in occasione dell'ultima revisione, si è provveduto alla sua integrale ripubblicazione nella G.U. serie generale, n. 218 del 19 settembre scorso, pag. 14 e seguenti;
2. *regolamento di amministrazione, finanza e contabilità*, deliberato nel 1997 e modificato nel 1999 e nel 2000. Ad oggi – in relazione anche ai contenuti del d.P.R. 27 febbraio 2003, n. 97 (concernente l'amministrazione e la contabilità degli enti pubblici) – sono molto avanzati gli approfondimenti per ridisegnare il regolamento di Istituto, sia per introdurre un sistema di contabilità economica, sia per adeguarlo alla completa informatizzazione delle rilevazioni quantitative;
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*.

## 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.

## A.2 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 ed 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.

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 2006-2008, rinforzata dall'esperienza acquisita e con ricorso crescente ai *database* messi a punto in occasione del primo esercizio di VTR.

**INFN INTERNAL REVIEW COMMITTEE  
(CVI) REPORT, 2005**



## Executive Summary

The CIV met on July 11, 12, 2005 and heard presentations covering a broad range of topics including the triennial plan of INFN, the situation with respect to resources, the five scientific lines and the evaluation process. In addition, copies of presentations on other occasions by the Directors of the four national laboratories were provided in advance of the meeting.

Overall, the program of research in INFN is world class. The institute is a major player in all the fields in which it participates. This excellence is reflected in the extent to which INFN researchers are chosen for leadership roles, for important conference presentations, and in the extent to which the publications are uniformly high profile. Finally the facilities which INFN brings to the world table are superb and, in some instances, unique.

In response to the need for research institutes to demonstrate their relative quality, INFN is using the guidelines put in place during the past several years by the CIVR. In addition, a small group in INFN is investigating a further possible step in this process. This is an attempt to formulate a global numerical characterisation of the research based on a quasi-complete set of existing measures. These studies are at an early stage. Caution and care should be applied until the extent to which the results are robust and applicable can be established. It may be important to share the work with comparable institutes across Europe since the acceptability of conclusions depends on how acceptable are the methods.

The situation for CSN I, particle physics with accelerators, is interesting. The productivity and the science from the INFN participation in the BaBar program at Stanford, and in CDF at the FermilabTevatron, continue at the highest level. Those programs are mature and there are discussions, which INFN must follow closely, concerning their eventual longevity. The big challenge for all of particle physics, including INFN, is the mounting and commissioning of the Large Hadron Collider accelerator and experiments over the next two to three years. Furthermore decisions have been taken over the course of the past year, which lay out a program of research and development leading to construction of an International Linear Collider. INFN will need to energetically establish its roles in this area and is already well placed based on its past participation in the Tesla Collaboration.

For astroparticle physics and neutrinos, CSN II, there is a premium on re-establishing the program of work at the Gran Sasso Laboratory, which was restricted as a result of environmental concerns. It is hoped that the Borexino detector can be filled with liquid during the course of the next year and that the Cern to Gran Sasso beam can start to deliver beam to a complete Opera experiment during 2006. There are several developments with the global neutrino program in the US and Japan and INFN will need to carefully consider the future opportunities. One interesting possibility advanced was the evolution of Liquid Argon detector technology in the direction of proton decay searches. For the present, the committee was struck by the breadth of the

astrophysics program and while fully supporting an appropriate level of diversity, it felt that future developments might benefit from some higher degree of coherence.

The nuclear physics program (CSN III) continues to be vital with prominent activities in all of hadronic structure studies, nuclear structure and dynamics, matter in extreme conditions of density and temperature, and nuclear astrophysics. The primary issue concerning the committee is that of the positioning of the national laboratories within Europe; this is discussed more below.

For theory, CSN IV, the existing suite of research is extremely healthy with a high degree of success. The committee is also pleased to see that within the scientific committee, initiatives are being encouraged, and carefully managed, which are generating activity in areas in which INFN was previously not sufficiently well represented. Several specific initiatives now address quark gluon plasma on the one hand and astroparticle physics on the other. Several directed fellowships have been created and awarded and a new school, the Galileo Galilei Institute (GGI) will provide opportunities to encourage activity in a succession of new areas.

In the area of technology (CSN V), progress appears to be excellent and impressed the committee.

The activities in the area of technological innovation and other areas, contribute clearly to science advancement, and also have important socio-economical impacts in terms of public utility applications and stimulation of advanced technology in industry. Most prominent from this viewpoint are the activities in the field of hadron therapy accelerators, imaging, and computing impacting on medical applications and other fields. The committee feels that even more could be achieved as far as introducing the work of INFN to the public and to industry. It is also important to emphasise the roles of the INFN national laboratories as platforms for much of this work.

The President of INFN introduced the CIV to the concept that the time has come for INFN to develop a plan for the evolution, a roadmap of its activities over the next several years. There are several motivations:

- The projections of budget possibilities do not suggest significant growth in funding over the next few years; this implies that in order to introduce new initiatives, there will need to be a redirection of resources.
- If INFN is to retain its pre-eminent role in the world of physics, it cannot be simply a contributor, however important, to initiatives in the rest of Europe and the World. It will be necessary to generate initiatives within Italy which can attract world attention and support.
- It is clear that the major components of the programs of all the four national laboratories are at a point when their existing programs need re-examination, reenergisation or redefinition. These facilities are important components of the world physics resource network and their planning cannot sensibly be considered independently of facilities in the rest of the world.
- The external constraints and parameters are changing. There are major programs in the United States, in which INFN participates strongly, whose futures beyond the next couple of years are under discussion. Conversely there are discussions of new and future programs, for example the FAIR project at

GSI, Darmstadt in Germany and the International Linear Collider initiative. The recent decision to site the ITER fusion program in Cadarache, France will result in reverberations throughout the technology based institutes of the whole of Europe.

The committee is concerned that all the important factors be considered in this process. These factors include the evident stringencies and inflexibilities in the available resources and their apportionment among materials and personnel. In particular the difficulties of maintenance of opportunities for the youngest and brightest future Italian scientists remains a major concern for the committee. It will be important for INFN to increase the visibility and the leverage of their significant developments in the area of application of the fruits of the research to socio-economic issues.

The committee was very pleased to find that the INFN Directorate is well aware of all of these issues and more. The committee was impressed that the President and the Directorate appear to be determined to involve the existing scientific management structures in the discussions of the future. The intent is that a broad consensus about the major initiatives can be forged. The President expressed the view that, should the discussions and the physics goals suggest that changes to the organisation be desirable, he is ready to consider such a possibility. The committee feels that all aspects of this approach are very healthy and looks forward to hearing about the plan itself in the future.

## **Status and achievements of the INFN**

### **The 2006-2008 INFN Plan**

In his presentation of the key elements of the INFN Triennial Plan for 2006-2008, the President concentrated on the resource planning giving a picture of the present and the future. The discussion of the scientific issues was deferred to the presentations from the individual scientific committees.

Of considerable importance is the situation concerning personnel. Overall the fraction of the INFN budget devoted to personnel is less than 50%. By most measures this is a very healthy situation. In physics research, the unhealthy situation arises when the budget available for investment in materials or in services is less than about 30%. However, since the personnel component of the budget is controlled directly in terms of numbers of employees permitted in the different sectors, there are considerable difficulties. Of the total personnel, a considerable fraction of persons are in fixed term positions. It is especially clear that many fixed term positions for researchers are occupied for a longer period than is healthy. There is a trend for persons to take longer to reach the point at which they join INFN (doctorate) or are awarded permanent positions for which they have already competed successfully. It is anticipated that there will be a considerable number of retirements of researchers in the upcoming years, which should allow INFN to manage the situation. Nevertheless, it has been decided that the situation be managed by introducing central selection and distribution of fixed term positions. The committee does not see any other better solution to this situation, given the present laws. One area which is receiving attention is that of affirmative action. Measures, such as the provision of crèches, are being promoted to improve the relative situation with respect to female/male employment in INFN.

Attention has been paid to the conventional infrastructure, the four national laboratories and the sections, along with the projects, including the grid, which are vital to the science. Often-forgotten components are the information and business systems and a new business system is being deployed.

The plan for the research is conditioned by the basic budget expectations. It is expected that the budgets will be constant and hence reducing in terms of purchasing power. This implies a steady reduction of most components. It will become increasingly important that the institute compete well for EU resources and share in EU wide programs and specific grants, as well as regional resources within Italy. This is already happening with INFN participating in, for example, a number of EU-funded accelerator R&D projects.

It is the intent of INFN that the efforts to transfer technological understanding, techniques, and processes to Italian industry and other sectors of the economy be reinforced. This will become increasingly important; as stated elsewhere in this report, the committee considers the opportunities in this area to be rather attractive.

The presentation by the President emphasised the need for an in-depth study of future directions for INFN. This will involve all the scientific lines. Considerable emphasis was placed on the desire to promulgate the discussions down and up through the scientific committees so that any plan, which emerges, has broad support

within the whole institute. Indeed the President emphasised that the human resources of the institute have the highest priority along with the need for a plan. Overall, it is expected that the plan will be such as to position INFN within the worldwide physics, the European resource management system, and ensure excellent integration in the national society.

The Committee is impressed by the considerate but proactive approach being taken by the INFN management. The Directorate has been in place with all its current membership for less than a year. There is every indication that it is approaching the task imaginatively and energetically. We look forward to seeing a complete plan next year.

### **Experimental subnuclear physics with accelerators-CSN I**

A major thrust during the past several years has come from attempts to understand the quark flavour system which seems to be characterised by the so-called CKM (Cabbibo-Kobayashi-Maskawa) matrix. In the Kaon system, advances by several experiments across the world including the KLOE experiment at the Frascati-DAFNE accelerator, have ironed out a longstanding discrepancy. The program at KLOE is now mature with only modest further increases in luminosity anticipated. In the B system at BaBar, the precision of the measurement of the  $\beta$  angle of the CKM triangle has continued to improve. New advances have come in measurements of the  $\alpha$  and  $\gamma$  angles. For example, the BaBar experiment, in which there is strong INFN participation, appears to have observed direct CP violation in the  $B \rightarrow \pi\pi$  system and interesting measurements are coming in the  $B \rightarrow \rho\rho$  system. However, in contrast to the  $\beta$  measurements the situation for  $\alpha$  and  $\gamma$  does not enjoy good agreement between the two different experiments. The B system, however, is also proving to be a good laboratory in which to observe new light meson states.

In the Tevatron Collider CDF experiment, the primary target is the search for new phenomena and the understanding of the top quark. Nevertheless the physics of the  $B_s$  system is currently only accessible at the Tevatron. Limits on the rare decay,  $B_s \rightarrow \mu\mu$  have been set at  $1.5 \cdot 10^{-7}$  (90% CL) and are starting to restrict possible SUSY contributions to this channel. Measurements have been made separately of the two lifetimes, which correspond to the short and long-lived  $B_s$  eigenstates. The searches for new physics are currently all negative but CDF has recently presented a measurement of the mass of the top quark which matches the previous world average and promises significant improvements to come soon.

The INFN groups have enjoyed good physics success and have recently filled the key Spokesman roles for both BaBar and CDF and the physics productivity is excellent. The PEP-II accelerator was hampered by reduced running during the year as a result of a serious accident which affected the SLAC laboratory operations. Along with that of the Tevatron, the duration and strategy for the future program will be the subject of a study within the USA over the next several months.

Enormous efforts are being made by INFN groups which are participants in many of the critical subsystems of the LHC experiments, Atlas, CMS and LHC-B.

These initiatives also have been a showcase for Italian industry where, as only one example, the magnet manufacturer, Ansaldo, has been very prominent. Italian groups play big roles in the electromagnetic calorimeters and the muon detector systems of both Atlas and CMS. For CMS they are also major players in the silicon tracking and for Atlas in the silicon pixel vertex system. Progress with the LHC machine components has also been marked and the first fifty dipoles are in the tunnel.

Major efforts have been made to deploy computing across the world, in order to enable researchers to analyse the data anticipated from the LHC. This has already enabled considerable planning and preparation for physics. Emphasis is on the early discovery potential of the experiments.

Pressure is high on all aspects of the LHC schedule both for experiments and for the machine. Many have emphasised that this project cannot be allowed to fail, the credibility of big science would drop immeasurably. This pressure will put a heavy premium on strong and sensible management of the end games. Discoveries may await us, but the detectors will need to operate for approximately 20 years; they are delicate and careful and thorough testing should be demanded.

With the collider program complemented by well chosen programs in fixed target flavour experiments and in deep inelastic experiments, Compass and Zeus, INFN should be very pleased with the excellent productivity and prominence of its particle physics program.

## **Experimental astroparticle and neutrino physics-CSN II**

Two years ago, a considerable fraction of the operations at the LNGS, Gran Sasso laboratory were suspended as a result of environmental problems. At this stage considerable progress has been made in restoring normality and improving the drainage systems. It is expected that the major experiment, Borexino, affected by the strictures, will be able to be filled with liquid inside the next year. The Opera experiment designed to detect the appearance of  $\nu_\tau$  in long baseline oscillations of the neutrino beam from CERN will be ready for the anticipated beam in 2006. The T600 module of the ICARUS experiment has also been installed in the Laboratory and will be commissioned over the course of the year with a view to operations in 2006. This will be the end result of this phase of the ICARUS program. In conjunction with the collaboration, INFN is examining the prospects of a new approach to construction and purification which could be possible based on large scale industrial Liquid Natural Gas tanks.

Other thrusts in the program of work at the Gran Sasso laboratory include searches for Dark Matter where follow-ups to the DAMA experiment are being prepared. Also prominent is a program to search for neutrinoless double  $\beta$  decay which, with sufficient sensitivity, could provide an indication as to whether the neutrino is a Majorana particle and if so, what is its mass. The Gran Sasso continues to occupy a unique position; it is the most extensive underground laboratory in the world.

Cosmic Ray experiments supported by INFN run the full gamut from large scale land based arrays such as the Auger detector in Argentina and the Argo array in Tibet, to the Pamela and AMS experiments to look for antiparticles in space; from the Magic gamma ray telescope in the Canary Islands to the GLAST detector to be deployed in space.

The spectrum of experiments is very broad. This committee has argued in the past that, in a young field such as astroparticle physics, the fruitful direction is not obvious and a consensus is hard to achieve. Nevertheless, the committee at this stage feels that it is appropriate to make sure that the development of the plan, the roadmap, over the course of the next year, should pay some attention to the coherence of the program in particle astrophysics and neutrinos. One area, that of large underwater detectors, has acquired particular importance. INFN is participating in a joint venture with French, and other, physicists in the Antares project which is sited off Toulon, France. The idea is that eventually a choice would be made between the Antares site and a site being investigated off Sicily, for which the project name is NEMO. Since there is yet a third initiative led by some Greek groups, with the project name NESTOR, it is important that a rationalisation take place and European resources not be dissipated in the pursuit of three fully fledged competitors.

A clear example of INFN excellence is the VIRGO gravitational wave experiment which is a joint IN2P3-INFN initiative. The very large laser interferometer is now installed in Cascina, Italy and has made enormous strides towards operation. A physics run in 2005 is fully anticipated. Along with operation of several cryogenic bar detectors, INFN physicists are exploring the space based initiative LISA on a much longer timeframe.

Over the course of the past 15 years particle astrophysics and our view of cosmology have changed significantly. Perhaps because of the youth of the field, we tend to expect that a new discovery will be just around each corner. A prerequisite for discovery is a full suite of operating experiments. With the recovery of the Gran Sasso laboratory, Virgo commissioned, Opera ready to go the next year, INFN should feel it has put in place the necessary components for a successful program.

### **Experimental nuclear physics-CSN III**

The experimental nuclear physics program covers a wide spectrum of research that can be classified into four main 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. The program is of very good quality and has achieved important results. Two of the most notable results are the experimental verification (AIACE at TJNAF) of the non-existence of pentaquarks, particles thought to be formed of four quarks and an antiquark, which has major implications for the future of the entire field of hadronic physics, and the observation of kaonic hydrogen (DEAR+SIDDHARTA at LNF), a form of hydrogen in which the electron is replaced

by a strange particle, which provides information on the interaction between strange and non-strange particles. Other parts of the program (HERMES at HERA, FINUDA at LNF) have also good visibility. The combination of outside and local (LNF) activities appears to be good. Maintaining a strong program in this area would require a development of LNF (DAPHNE-2) and a re-organization of the outside activities in view of the changing world scenario, in particular, integration into the European framework (FAIR at GSI).

*Structure and dynamics of nuclei:* This program is primarily concentrated at the National Laboratories LNL and LNS. It is also of very good quality and has achieved important results. Two of the most notable results are the study of dynamic symmetries in nuclei, especially of the novel type of symmetries occurring at the critical point of quantum shape phase transitions (LNL/PRISMA+CLARA), and the determination of the equation of state of nuclear matter in the region of the liquid-gas phase transition (LNS/MEDEA+CHIMERA), displaying the unusual behavior of nuclear matter with a possibly negative heat capacity. Both of these results are at the forefront of research in their respective fields of nuclear structure and nuclear dynamics. Maintaining strength in this area would require development of additional facilities, SPES at LNL and EXCYT-2 at LNS. Integration into the European framework is already partly in place (GANIL-LNL collaboration), and could be further enhanced by other collaborative programs (GSI-GANIL-LNL/LNS).

*Matter at high density and temperature:* This program addresses one of the issues of major current interest, namely the question of whether or not phase transitions to different forms of matter occur at high density and/or temperature, in particular a transition to a de-confined phase composed of quarks and gluons. Experiments will be carried out exclusively at external facilities (CERN). The program is devoted to the construction of a detector (ALICE) within the framework of an international collaboration. The discovery potential of this program is very high. However, its scientific achievements cannot be evaluated yet, as the detector is under construction and first results are expected only in 2008. Future developments in this area need wait for the completion of the project and first data taking.

*Nuclear astrophysics:* This program is relatively small and is carried out at the National Laboratories LNGS and LNS. It is of excellent quality. Despite its small size, this program has already obtained interesting results, most notably the measurement of reactions of importance in the CNO cycle that determines the age of stars (LUNA at LNGS). This measurement has been possible because of the unique opportunities offered by LNGS. The development of a second generation radioactive beam facility at LNS (EXCYT-2) would be crucial for maintaining strength in this area.

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 future appears to be well delineated. The only aspect requiring attention is the balance between funding of outside activities and of activities at the national laboratories.



## Theoretical physics-CSN IV

Activities of this group can be classified according to six “Iniziativa Specifiche (IS)”.

*Quantum Field Theory and Strings* remains a strong area of research, attracting a growing number of young researchers. String theory provides a challenging framework for combining the standard model of particle physics with a quantum theory of gravity. Its scope has lately evolved by adding to the study of its mathematical structure that of its implications for accelerator and astro/cosmo-particle experiments. It has also brought new tools for studying non-perturbatively a large class of supersymmetric gauge theories, complementing those of the lattice approach, so far the most successful way to study non-perturbative properties of QCD, (confinement, chiral symmetry breaking, phase transitions at high temperature/density).

*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. Work in this area ranges from neutrino physics, to supersymmetric extensions of the standard model, to alternative symmetry-breaking scenarios, to perturbative QCD, to extracting basic parameters of the standard model 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 experiments.

The *Nuclei and Nuclear matter* group, while continuing successfully its traditional lines of research in Nuclear structure, Nuclear reactions, and Nuclear Astrophysics, has experienced further development of its component addressing the physics of relativistic heavy-ion collisions and the search for the quark-gluon plasma. In particular, a new IS, strongly correlated with the ALICE experimental program, has been recently created.

The share occupied by *Mathematical Methods* has been slowly shrinking, probably as a result of competition from String Theory with which it has important points of overlap (e.g. in non-commutative geometry). Other interesting topics belonging to this area of research are: non-linear dynamics and integrable models, classical and quantum chaotic systems, quantum information, and interpretations of Quantum Mechanics.

Activity in *Astro-particle and Cosmology* has grown at a considerable pace over the last few years, probably as a result of the quantity and quality of challenging data recently harvested in the field. 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, dark matter and dark energy. It also covers neutrino astrophysics, as well as gravitational-wave sources. The good quality of INFN research in this field is reflected in the high level of ISI-citations.

*Statistical physics and field theory*, though a small component of CSN IV's activities, provides an important bridge to other fields of theoretical physics, like

those of complex systems, turbulence, and biological systems, as well as non-equilibrium statistical mechanics and stochastic processes.

Besides the six specific initiatives, two more items are worth mentioning:

CSN IV has one special project, *ApeNEXT*, that will soon make computing resources of the order of 20 Tflops available at various locations within INFN but also in France and Germany. Such an order of magnitude increase in computing power will 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 will make *ApeNEXT* the most powerful European-made dedicated Supercomputer as well as an excellent example of technological transfer.

INFN, together with the University of Florence, has recently approved the establishment of the *Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics* (GGI) to be located in Arcetri (Florence). In its initial planning GGI will host each year two 3-months long workshops in basically all the areas covered by CNS IV. An inaugural conference will be held in September 2005 and the first workshop will take place in the spring of 2006. While the main aim of the workshops remains that of making progress on hot theoretical issues, the encouraged participation of doctoral students and post-docs will help their insertion in active research. GGI will also play an important role in identifying the most promising directions of theoretical research in the years to come.

In conclusion, CSN IV appears to be still following a very promising course. The main cloud on the horizon is the scarcity of openings for young Ph. D's and post-docs (both in the University and within INFN). Together with the poor financial conditions offered by Italy to its youngest generation, this could lead to a dangerous brain drain that would negatively affect the evolution of this component of INFN's activity and, by consequence, of Italian theoretical physics in general.

### **Technological and interdisciplinary research-CSN V**

The development of technologies for experimental particle, astroparticle and nuclear physics and of their application in other disciplines or in industry has been a continuous effort within INFN. These efforts resulted in impressive scientific and technological capabilities, positioning INFN high in the worldwide ranking and with well developed interdisciplinary activities.

About 100 different projects are on going each year. In general these projects are rather small (3-5 FTE/project) and short-term (2-3 years/project) activities with a constantly high level of scientific productivity in terms of publications, presentations at international conferences and achieved milestones. The overall budget of CSN V is rather low, about 4M€/year, but CSN V is using infrastructure and facilities, which are also financed by other sections or the national laboratories.

By linking projects and by allowing the necessary follow-ups, the good level of application in other scientific domains or in industry is reached. This maturation is especially visible in the bio-medical domain. Two outstanding examples are the

CNAO collaboration, where INFN is in charged of the technical realization of the future hadrontherapy facility in Pavia and the operation of the CATANA hadrontherapy facility at LNS, leading to the development of the SCENT super conducting cyclotron technology. A recent agreement was reached to work in collaboration with ACCEL, one of the leading companies in the sector of commercial accelerator units and ANSALDO SUPERCONDUTTORI, producer of super conducting magnets.

A high social impact is especially visible for the activities related to the medical/biological applications or to the sector of cultural heritage. It is important to keep a high priority in these fields where INFN has achieved excellence. An important economical impact of applications is occurring in other domains. A prominent example is the contributions to the new synchrotron radiation sources with the advent of SPARC and its associated free electron laser SASE-FEL. Further domains to enhance development could be civil security or material science.

Concerning innovative instruments and technologies produced in 2004 by CSN V, some increase is seen related to particle sources for accelerators compared to the previous triennium. This may be considered positively in view of the worldwide high interest in the activities related to accelerators. This interest is generate by the development necessary for the future programs of accelerator based particle physics (ILC, neutrino factories), new sources of synchrotron light as well as medical and biological applications.

The excellence achieved by INFN merits a further increase in visibility and outreach with the general public, industries and all potential beneficiaries of INFN's technological and scientific capabilities. To facilitate the contacts and interactions particularly with industries and to speed up the finalization of the technology transfer policy, a generally accessible database of available competences could be a subsequent development of the booklet currently in preparation by INFN. Progress has been made to settle questions of intellectual properties and patents. In collaborations with industry it could be worthwhile to strengthen the consciousness of the importance of the time factor in developing and finalizing the existing and potential collaborations. This will allow INFN to maintain the present high rank position in strongly competing worldwide scientific and technological arenas.

### **Activity of the GLV**

The INFN working group on evaluation, GLV, presented an evaluation report on the scientific activities in 2004. The evaluation is based on criteria requested by the triennial report 2001-2003 to CIVR, to which the new results have been compared. The indicators used are the number of publications and their impact, conference presentations, the degree of internationalization and leadership in international collaborations.

In the field of accelerator based particle physics (CSN I) it is striking to notice the relatively high fraction of leadership roles taken by INFN scientists in international collaborations, which exceeds the average participation of INFN in those collaborations (27% vs. 15-20%)

In astroparticle physics, the LNGS gives INFN the opportunity to play a particular role and have a major impact in the field. A general trend towards an increased internationalization can be seen for all INFN sections, but is driven by nuclear physics (CSN II) reflecting major changes in the field towards bigger, international collaborations. In theoretical physics (CSN IV) the scientific impact is difficult to evaluate considering only citations during a given year, as major theoretical progress is often only recognized after longer periods of time. However selecting 19 papers on similar criteria than for the previous triennial review, places all of them among the top 10 cited papers in their field and is a valuable indicator of the liveliness of theoretical physics within INFN. It is also interesting to notice the increased effort of the technological and interdisciplinary research groups in diffusing their results to the international scientific community and the increasing activities, compared to the previous triennium, in terms of number of International Conferences, Workshops and Schools organized by INFN in Italy.

In general, INFN results show no major differences with those from the previous report and compare very well with the best international, and particularly European benchmarks along all the research lines. The high standards established during the previous evaluation remain or are slightly exceeded by the new estimators presented. Yet numbers can only partially reflect true scientific impact and should mainly be used to complete peer reviews and give an overall indication of the healthiness of research within INFN and its different sections. Establishing standards on the European and the International level within a given field would allow to refine the definitions of the indicators used and would render comparisons with other countries or institutions more meaningful. This idea was well received and some investigations may be pursued by INFN to see if initiatives in this sense may already be ongoing in other Institutions.

The committee heard a presentation about an idea to develop a single metric of the quality of the work performed by INFN. The method involves defining a list of general indicators. To the committee, the list appeared to be appropriate, however there were concerns about some of the indicators constructed as products of the individual measures. In particular, for one of the products, what constitutes an innovative component of an experiment and what not is unclear, and how to count different components of an experimental setup when it is segmented into various pieces. The use of a weighting system when combining different products has merit. However, some study is necessary in order to assess the robustness of the conclusions with respect to changes in the weights.

The classification of papers according to impact-factor ranges, as well as the set of proposed indicators for the specific CIVR evaluation, is interesting. However, for purposes of international comparison, it is not clear to the Committee whether or not the GDP/person is the appropriate quantity against which the number of papers should be plotted, rather than the share of it that goes into supporting research. This attempt to make an international comparison is interesting, but the Committee feels that more work is needed to define the indicators that are appropriate to the particular comparison one is interested in. It would also be important to check whether similar attempts at evaluation and/or comparison have been made or are planned in other Countries in order to arrive at some common criteria. Again, it would seem more

appropriate to plot productivity as a function of the country's investment in research rather than its GDP.

### **Resource management: budget and personnel**

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 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;
- increases in permanent staff are forbidden.

As we noted in previous reports (2003,2004), past cash-flow limits to budget authorisation led to an increasing forced saving, which reached a peak of 130 millions of euro in 2002; since from this year the budget assignment is almost flat; a Ministry decree of October 2004 established a 2% reduction for this year (2005) and the next one (2006); INFN estimates a possible 2% reduction, compared to the budget of the previous year, for 2007 and 2008 (the Ministry decree is waited for next autumn). Financial resources will remain fixed or decrease slightly for the next three years a part from resources available from special projects, which anyway are a percentage 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 multiannual basis, will disappear, so that the budget assignment will be binding.

The change in total expenditures from 2003 to 2004 is described in the following table:

	Operation	Personnel	Research
2003	28%	31%	41%
2004	22%	41%	37%

The 41% of personnel in 2004 includes a 4% of retirement bonus. In the next three years personnel will increase slightly, operation will remain constant, but research will decrease. INFN is conscious, and the committee is concerned, that in the long run, the scientific activity will be harmed, if the financial laws continue to impose these restrictions.

This situation creates a real danger of a worsening of the human capital (mainly young researchers). In the previous report we had the opportunity to note that in the research field physical and human capital are not substitutes one for the other but are mainly complementary. Staff recruitment and term contracts are the main items of budget expenses in many Institutes of the public sector in general, and also in

research institutes. Institutes of statistical or economic, or research in the humanities, typically have 80% or more of their total expenses in human capital. The case of INFN is very different, since less than 50% is devoted to personnel. For this reason the use of the same limits (on human capital) as for Institutes that have so different cost structures, may lead to difficulties and inefficiencies; perhaps those limits should be diversified according to the different percentages of the budget of the various Institutes.

In this report we may add a second point: the flat (or even decreasing) trend of total financial resources in nominal terms leads to serious restrictions for new projects, since they imply new and more expensive machinery; this throws a shadow on the ability of INFN of maintaining the high standard which rightly INFN has obtained so far.

### **Membership of the committee**

- U. Bassler, LPNHE - U. Paris VI/VII, France
- B. Ferrario, SAES Getters S.p.A., Italy
- F. Iachello, Yale U., U.S.A.
- H.E. Montgomery (Chair), Fermi National Accelerator Laboratory, U.S.A.
- R. Paladini, University “La Sapienza”, Roma, Italy
- G. Veneziano, CERN, Switzerland
- A. Wagner, DESY, Germany

## Agenda of the INFN CVI Meeting

Rome, 11-12 July 2005

### Monday, July 11

- |       |   |              |
|-------|---|--------------|
| 09:00 | Welcome and Introduction from the President of INFN<br>Discussion and approval of the Agenda<br><i>Closed session</i>     | R. Petronzio |
| 09:30 | Report on the status and achievements of the INFN<br>The 2005-2007 INFN Plan<br><br><i>Discussion</i><br><br><i>Break</i> | R. Petronzio |
| 11:10 | Report on the experimental subnuclear physics<br>with accelerators - CSN1<br><i>Discussion</i>                            | M. Diemoz    |
| 12:20 | Report on the experimental astroparticle and neutrino<br>physics - CSN2<br><i>Discussion</i>                              | C. Montanari |
| 13:30 | <i>Lunch</i>  |              |
| 14:30 | Report on the experimental nuclear physics - CSN3<br><i>Discussion</i>  | M. Taiuti    |
| 15:40 | Report on the theoretical physics - CSN4<br><i>Discussion</i><br><br><i>Break</i>   | P. Nason     |
| 17:10 | Report on the technological and interdisciplinary<br>research - CSN5<br><i>Discussion</i>                                 | L. Catani    |
| 18:20 | Closed Session  |              |
| 19:15 | Queries and questions to the INFN Executive Board and to the Scientific Committee<br>Chairpersons                         |              |
| 20:30 | <i>Social Dinner</i>  |              |

## Tuesday, July 12

- 09:00 Report on the activity of the GLV  
*Discussion* A. Bertin
- 10:00 Attempts towards a quantitative evaluation of basic research  
*Discussion* G. Viesti
- 10:45 Report on resource management: budget and personnel B. D'Ettorre Piazzoli  
G. Ricco
- 11:30 *Discussion/Closed Session (Report drafting)*
- 13:30 *Lunch*
- 14:30 Responses to queries and questions posed to the INFN Executive Board  
and to the Scientific Committee Chairpersons
- 15:00 Closed session (report drafting)
- 16:00 Closeout: Comments and remarks by the CVI members  
*Discussion*  
Closure of the official part of the meeting

### Final remarks

- INFN Executive Members will be present to the presentations and discussions. All other invited participants will be present at the presentations and at the pertinent discussions.
- The time reserved for the presentations of the scientific programs are expected to be equally shared between presentation and discussion.