

INDICE

- **HIGHLIGHTS**

- **1. L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**
 - 1.1 LA MISSIONE5
 - 1.2 STRUTTURA E ORGANIZZAZIONE6
 - 1.3 PERSONALE: TIPOLOGIA8
 - 1.3.1 IL PERSONALE DIPENDENTE
 - 1.3.2 IL PERSONALE ASSOCIATO
 - 1.3.3 IL PERSONALE INCARICATO
 - 1.4 ATTIVITA' SCIENTIFICA9
 - 1.4.1 IL QUADRO DELLE RICERCHE DELLA FISICA SUBNUCLEARE, NUCLEARE E ASTROPARTICELLARE
 - 1.4.2 I LUOGHI DELLA RICERCA

- **2. RAPPORTO D'ATTIVITA' 2003-2004**
 - 2.1 FISICA SUBNUCLEARE.....23
 - 2.2 FISICA ASTROPARTICELLARE33
 - 2.3 FISICA NUCLEARE.....42
 - 2.4 FISICA TEORICA49
 - 2.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI.....55
 - 2.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE59
 - 2.7 RISORSE DI PERSONALE70
 - 2.7.1 IL PERSONALE DIPENDENTE
 - 2.7.2 IL PERSONALE ASSOCIATO
 - 2.7.3 IL PERSONALE INCARICATO
 - 2.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO74
 - 2.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA86
 - 2.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE.88

- **3. PIANO D'ATTIVITA' 2005-2007**
 - 3.1 FISICA SUBNUCLEARE.....91
 - 3.2 FISICA ASTROPARTICELLARE100
 - 3.3 FISICA NUCLEARE.....107
 - 3.4 FISICA TEORICA114
 - 3.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI.....121
 - 3.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE.....125
 - 3.7 RISORSE DI PERSONALE134
 - 3.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO140
 - 3.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA147
 - 3.10 DISPONIBILITA' FINANZIARIE.148

- **APPENDICE**
 - A.1 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO
 - A.2 VALUTAZIONE CVI
 - A.3 VALUTAZIONE CIVR
 - A.4 RAPPORTO DEL COMITATO DI VALUTAZIONE INTERNO

HIGHLIGHTS

- La scoperta da parte dei fisici italiani nell'ambito dell'esperimento BABAR a SLAC della violazione diretta di CP nel decadimento dei mesoni B
- La determinazione dell'elemento V_{us} della matrice CKM da parte dell'esperimento KLOE a DAFNE nei laboratori di Frascati
- La misura del più raro decadimento mai misurato al CERN, da parte dell'esperimento NA48 nella fisica dei K
- La prova positiva di funzionamento delle bobine superconduttrici per i magneti toroidali di ATLAS all'LHC al CERN costruite presso l'industria italiana ed effettuata al CERN
- Il "locking" dell'interferometro VIRGO (Cascina) con l'intensità del fascio a piena potenza, che ha consentito di far entrare in misura il rivelatore.
- L'inizio della presa dati di un terzo dell'esperimento ARGO in Tibet
- Misura della sezione d'urto della reazione $^{14}\text{N}(p, \gamma)^{15}\text{O}$ a LUNA(LNGS), che ha fornito un nuovo valore della età della nostra Galassia
- Produzione e studio spettroscopico di lambda-ipernuclei a LNF(FINUDA) e TJNAF(ELETTRO)
- Studio della equazione di stato in materia nucleare tramite il rivelatore CHIMERA a LNS
- Ottime prestazioni temporali e completamento del primo modulo del rivelatore TOF al CERN(ALICE)
- Il progetto apeNEXT per sistemi di calcolo altamente paralleli si è concretizzato e metterà a disposizione di gruppi teorici INFN e di altre istituzioni tedesche e francesi una potenza di calcolo superiore a quella attuale di quasi un ordine di grandezza

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:

- 19 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 1 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.



Figura 1

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.

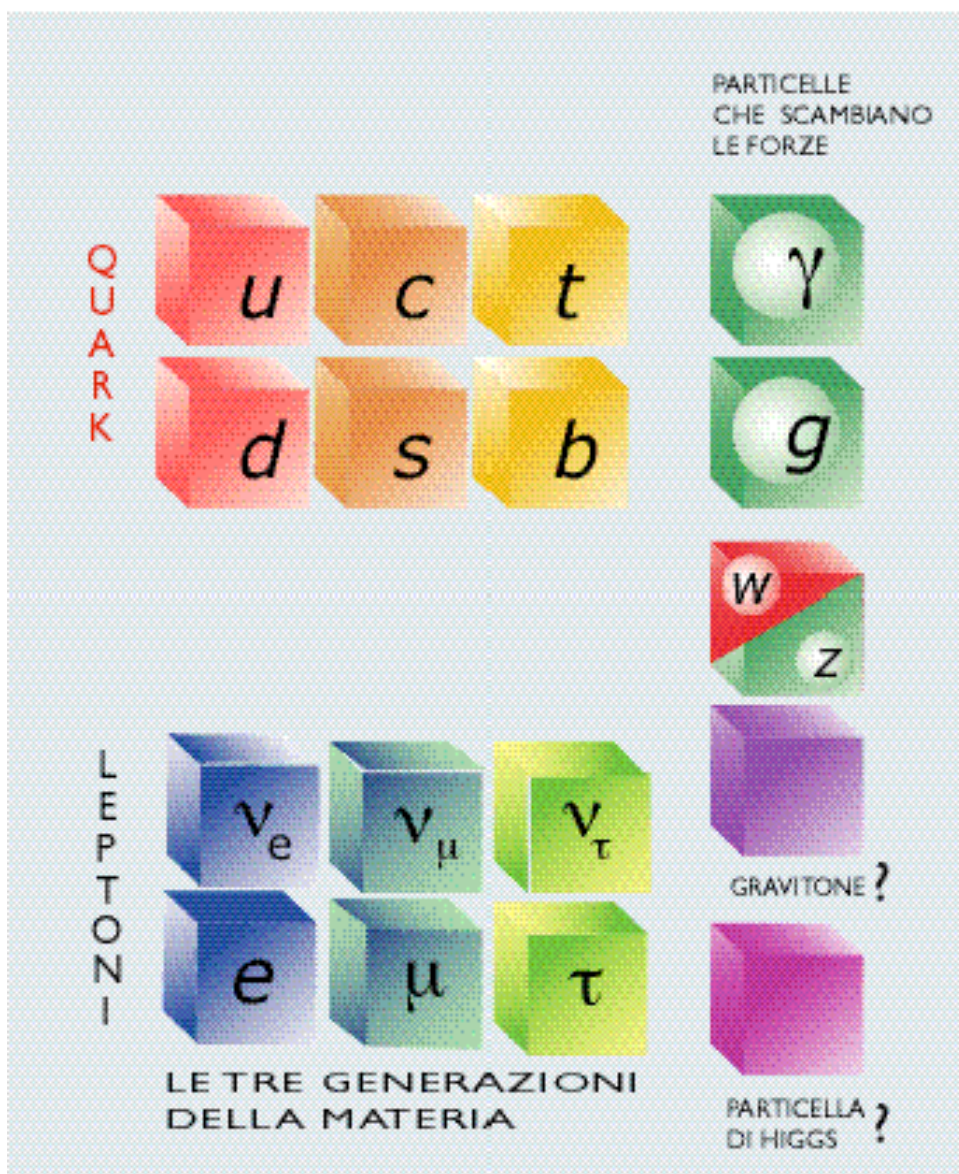
LA FISICA SUBNUCLEARE

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 cercarne 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 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 1GeV. Gli apparati sperimentali KLOE, FINUDA e DEAR vi studiano rispettivamente la violazione della simmetria materia-antimateria, gli ipernuclei e gli atomi mesici. Dal 2000 DAFNE opera a una luminosità senza precedenti alla sua energia di collisione. La macchina è anche un'interessante sorgente di luce di sincrotrone, in particolare nell'infrarosso. La divisione acceleratori del laboratorio è impegnata in due progetti internazionali di sviluppo di nuovi collisori lineari elettrone-positrone: TESLA, basato al laboratorio DESY di Amburgo, e CLIC al CERN di Ginevra. In tale ambito di ricerche si situa il progetto SPARC, finanziato dal MIUR, che costituisce anche un importante passo verso lo sviluppo di tecniche innovative per la produzione di radiazione X, mediante *Free Electron Laser* (FEL). Il laboratorio ospita anche NAUTILUS, un rivelatore ultracriogenico di onde gravitazionali. Una consistente parte dei ricercatori del laboratorio conduce esperimenti in altri laboratori, in Italia e all'estero.

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

intensi di protoni, mirati non solo alla realizzazione di una futura infrastruttura per esperimenti di fisica nucleare, ma anche d'applicazioni in altri campi. Tali sviluppi hanno portato all'approvazione, da parte dell'Istituto nel 2003, del progetto SPES, un acceleratore di protoni ad alta intensità, con energia di 20MeV. 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 B⁰. 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' 2003-2004

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 e 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.

Il rapporto qui presentato è basato sulle stesse attività descritte nel rapporto inviato al CVI (Comitato di Valutazione Interna) e già oggetto di analisi da parte di quest'ultimo.

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. È 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 2004 il funzionamento dell'acceleratore si è avvicinato alle prestazioni previste consentendo alla collaborazione di accumulare una statistica 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. Un esempio è la conferma della scoperta della particella X(3872) che fa parte di tutto un mondo di nuove particelle la cui interpretazione teorica non è chiara e dunque suscita il massimo di interesse. 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 2003 e 2004 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 il test di due delle otto bobine superconduttrici dei toroidi centrali, lunghe 25 metri (costruzione sotto responsabilità INFN presso l'ANSALDO di Genova), che saranno installati a breve nell'apparato. Altre parti di responsabilità INFN sono già completate, come nel caso del calorimetro adronico a tiles o quello ad Argon Liquido ed attendono ora di essere installate. Il rivelatore di muoni in cui i gruppi italiani hanno grande peso e responsabilità procede nella sua costruzione sostanzialmente nei tempi previsti. Anche per CMS la costruzione del magnete centrale è in prosecuzione presso l'ANSALDO e si prevede la consegna del solenoide entro i tempi stabiliti dall'esperimento. Le attività di costruzione dei rivelatori di CMS sono anch'esse a regime ed a breve inizierà 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 ha iniziato la 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.

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, stanno collaborando ai vari *data challenge* che vengono via via organizzati per definire le strategie di computing.

Ha iniziato il suo cammino verso l'approvazione un nuovo esperimento di fisica adronica, da svolgersi a FNAL e che dovrebbe iniziare a prendere dati alla fine del decennio: B-TEV. Questo esperimento, che vede una qualificata partecipazione italiana, ha un programma incentrato sulla fisica del B.

È inoltre iniziata una discussione sulla possibilità di effettuare un esperimento per la misura della sezione d'urto totale pp a LHC con la tecnica sviluppata in ambito INFN con gli esperimenti di trenta anni fa agli ISR, la misura che sfrutta il teorema ottico.

SPERIMENTAZIONE AL LEP

Sebbene la grande macchina elettrone-positrone del CERN, il LEP, abbia concluso la parte di raccolta dati nel 2000. le analisi dei quattro esperimenti ALEPH, DELPHI, L3 ed OPAL, sono ancora in corso considerate le interessanti informazioni di fisica che possono essere estratte dai dati in possesso delle collaborazioni. Ancora nel 2003 infatti i risultati derivanti da analisi degli esperimenti al LEP hanno permesso circa 70 pubblicazioni. Risultati di notevole rilievo sono stati raggiunti, spesso con contributi determinanti di gruppi INFN che ancora ricoprono importanti responsabilità negli esperimenti, nel campo della misura della massa del bosone W, delle interazioni elettrodeboli e nella ricerca del bosone di Higgs. I risultati di LEP saranno un importantissimo punto iniziale per le future ricerche in questo campo.

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 ϕ . 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 Φ 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 2003 l'acceleratore è stato però dedicato a un esperimento di fisica nucleare e solo nel 2004 è stata ripresa la sperimentazione con KLOE. 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. I dati attualmente in possesso dell'esperimento sono l'insieme più significativo 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}). Le prospettive per il prossimo futuro sono incentrate sull'accumulo di luminosità sufficiente alla misura della violazione di CP.

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 2004 è stata pubblicata la misura (il decadimento in un pione neutro ed una coppia muone positivo-muone negativo) del canale più raro (due parti per miliardo) mai rivelato al CERN. La presa dati di NA48 è proseguita nel 2004 con fasci simultanei di K positivi e negativi ed è in corso l'analisi finalizzata allo studio della violazione diretta di CP.

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 misura della 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 2004 inoltre BaBar ha annunciato la scoperta della violazione diretta di CP nel decadimento dei mesoni B. Questa misura di estrema importanza e che si ricollega a quella ottenuta qualche anno fa da NA48 è stata ottenuta con la partecipazione diretta e la responsabilità di ricercatori dell'INFN. BaBar nel corso del 2004 è stato il singolo esperimento più produttivo in termini di pubblicazioni scientifiche.

Nel settore dedicato ai decadimenti rari i ricercatori INFN hanno iniziato 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 2004 la seconda campagna di presa dati è entrata a regime e sono stati risolti i problemi legati alla presenza di fondo di macchina. 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. Nel corso del 2004 l'esperimento ha avuto anche la sua prima campagna di presa dati con sonde adroniche. 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 iniziano a produrre risultati in diversi campi caratteristici di questa fisica con una partecipazione di fisici INFN che hanno giocato un ruolo fondamentale, complessi ed importanti.

Progetto speciale NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE (NTA)

Nel 2003-2004 l'attività relativa a TESLA-TTF è stata principalmente rivolta alla preparazione, al completamento e al commissioning della seconda fase di TTF (TTF II). Per quanto riguarda le attività sui criomoduli, si è partecipato all'assemblaggio dei moduli per l'estensione in energia a 1 GeV di TTF e si è avviata l'attività di raccolta delle informazioni dei principali componenti per aumentarne l'affidabilità in vista degli sviluppi futuri per l'XFEL e per il Linear Collider TESLA. È proseguita l'attività di studio sui sensori piezoelettrici e la loro integrazione sia meccanica - nel tuner esistente e in quello coassiale in fase di caratterizzazione per l'operazione ad alto campo - sia nel sistema di controllo RF a basso livello.

Il gruppo INFN ha inoltre contribuito alla caratterizzazione del fascio di TTF II durante la fase di commissioning attraverso l'operazione remota della macchina dall'Italia e lo sviluppo e l'installazione di una trentina circa di stazioni di diagnostica di tipo OTR. Il sistema dei sensori WPM è stato infine esteso per consentire l'analisi delle vibrazioni della massa fredda.

Sono stati infine forniti i catodi per l'operazione di TTF ed è stato sviluppato un sistema basato su web per il tracciamento delle informazioni relative ai trattamenti pre e post deposizione, all'analisi delle performance in TTF e agli studi *post-mortem*. L'utilizzo dello spettrometro TOF ha consentito la misura dell'emittanza termica dei fotocatodi in Cs₂Te, che è risultata compatibile con le aspettative richieste per iniettori ultra brillanti per FEL di prossima generazione.

Per il progetto CLIC-CTF3, il gruppo INFN ha studiato, progettato, realizzato e provato in laboratorio, a Frascati, tutte le camere da vuoto, le diagnostiche ed i componenti speciali della linea di trasferimento del fascio di elettroni che uniscono il Linac al primo anello ricombinatore detto *Delay Loop* ed in particolare della chicane magnetica che serve ad allungare o comprimere i pacchetti in arrivo dal Linac. La linea è quindi stata installata al CERN di Ginevra cominciando dal montaggio ed allineamento degli elementi magnetici e proseguendo con le camere da vuoto e la diagnostica di fascio. La linea è ora in fase di *commissioning* ed una campagna di misure è cominciata per la caratterizzazione del fascio con diverse configurazioni dell'ottica di trasporto.

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, con correnti di picco dell'ordine di 100-200A e bassa emittanza: $1-2 \cdot 10^{-6}$ m. Il fascio di elettroni ultrabrillanti sarà iniettato in un onduttore 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, Salerno, 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'U.E.

Dalla data del finanziamento del progetto l'attività sull'acceleratore ha riguardato i seguenti argomenti:

- Il progetto dettagliato dell'acceleratore
- La definizione accurata di costi, programma temporale, milestones
- L'avvio delle gare per l'acquisto dei maggiori componenti
- Lo sviluppo e i test di sottosistemi
- La preparazione degli edifici
- Il progetto degli impianti tecnici ausiliari

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

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 attività diffuse (l'INFN ha 25 sedi), raggiungere la massa critica necessaria per la partecipazione ai grandi progetti internazionali, come gli esperimenti a LHC, 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 2003-

2004 INFN GRID ha continuato lo sviluppo di tutti i componenti della infrastruttura GRID in particolare:

- lo sviluppo del Middleware GRID e l'integrazione internazionale completando i progetti finanziati dall'UE DataGRID e DataTAG che hanno realizzato un primo insieme di servizi GRID che già permette un'efficace condivisione di risorse distribuite;
- la creazione di Standard Internazionali tramite le collaborazioni con vari progetti USA (Globus, Condor, iVDGL, PPDG, 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), la gestione delle Organizzazioni Virtuali (VOMS), lo sviluppo di un sistema di accounting (DGAS), lo sviluppo di uno Storage Element su file system parallelo (Storm)
- 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. L'infrastruttura GRID del progetto LCG include i maggiori siti INFN, CNAF-Bologna, Padova, Milano Roma1 e Torino, si estende a tutto il mondo ed è uno dei primi esempi di infrastruttura GRID di produzione ad essere operativa. Ha mostrato di essere capace di reggere ~5000 jobs concorrenti distribuiti su risorse di ~ 80 siti;
- lo sviluppo di middleware di seconda generazione e di una e-Infrastruttura (Internet+GRID) per la Scienza che copre tutta l'Europa con l'avvio del progetto nuovo progetto Europeo EGEE, coordinato dal CERN che coinvolge 26 Paesi, 70 Istituzioni Europee e 3 degli Stati Uniti. L'Italia gioca un ruolo di primo piano in EGEE con il ~ 15% dei 32M€ di finanziamento di cui 3.7M€ all'INFN.

In FP6 l'INFN ha ottenuto la leadership del nuovo progetto GRIDCC (4M€) che mira a costruire una GRID per il controllo in real time di apparati remoti. L'INFN partecipa anche al progetto EU Core GRID che ha come obiettivo un nuovo R&D per una nuova generazione di middleware. Per le GRID sono stati previsti in FP6

finanziamenti complessivi pari a 225M€ che si aggiungono ai ~100M€ destinati alla rete europea per la ricerca. L'Italia ha ottenuto ~ 10% dei finanziamenti finora erogati (125M€).

La GRID nazionale è oggi una realtà in continua espansione grazie al progetto FIRB GRID.it, finanziato dal MIUR a partire dalla fine del 2002. In questo progetto l'INFN, come responsabile di Unità di Ricerca, ha progredito nello studio e nella progettazione 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

Le infrastrutture GRID sono viste oggi da molti governi come un fattore in grado di favorire lo sviluppo della scienza e della società.

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 2003-2004 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.

La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:

http://www.infn.it/csn1/esperimenti/esperimenti_CSNI.html

2.2 FISICA ASTROPARTICELLARE

La comprensione delle proprietà dei neutrini, la rivelazione diretta delle onde gravitazionali, l'identificazione dei costituenti della materia oscura, la spiegazione

dell'assenza dell'antimateria nell'universo e la ricerca delle sorgenti di raggi cosmici di altissima energia 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) e nei neutrini prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera (neutrini muonici). Tale fenomeno, previsto da Bruno Pontecorvo, è stato l'obiettivo di molti esperimenti INFN, come CHORUS, NOMAD, MACRO, 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 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 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 per la ricerca di possibili segnali, avendo tre barre risonanti e l'interferometro VIRGO, in fase di messa a punto.

Molti esperimenti di fisica astroparticellare richiedono 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 nella ricerche in corso.

FISICA DEI NEUTRINI

Gli esperimenti sulla natura dei neutrini sono concentrati principalmente nel Laboratorio Nazionale del Gran Sasso. Nell'ultimo periodo, alcune attività del Laboratorio sono state rallentate a causa dei problemi collegati a questioni connesse con lo smaltimento delle acque. Attualmente sono in corso lavori per la completa messa in sicurezza dei laboratori. La maggior parte delle limitazioni nell'attività dello scorso anno sono state rimosse.

L'esperimento che ha sofferto di più dal rallentamento delle attività è BOREXINO dedicato ai neutrini solari. Lo scopo di BOREXINO è la rivelazioni 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 ben definita. Nel 2004 è proseguita l'attività di costruzione compatibile con le restrizioni sull'uso dei liquidi.

L'esperimento GNO ha rivelato i neutrini solari di bassissima energia usando cloruro di gallio. GNO è terminato nel dicembre 2003, dopo aver completato un ciclo solare ed aver fornito risultati fondamentali per lo studio delle oscillazioni dei neutrini.

Per meglio studiare le oscillazioni dei neutrini muonici si sta costruendo un fascio di neutrini dal CERN di Ginevra al Laboratorio 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. Il primo modulo di ICARUS, ICARUS 600 da 600 tonnellate di Argon liquido, è stato completato a Pavia e sarà trasportato al Gran Sasso entro la fine del 2004. 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 importanti informazioni anche su molti altri problemi di fisica come ad esempio sul decadimento del protone.

L'altro rivelatore denominato OPERA è dedicato alla ricerca dei neutrini tau prodotti nel fascio di neutrini dal CERN per il fenomeno delle oscillazioni. Tale rivelazione costituisce un altro passo importante verso la comprensione del fenomeno delle oscillazioni. Nel 2004 Opera ha continuato l'installazione dell'apparato nel Laboratorio del Gran Sasso. La costruzione procede regolarmente e recentemente è stato completato il primo dei 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.

RICERCA DI FENOMENI RARI

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

Nel Laboratorio del Gran Sasso nel 2003 è entrato in funzione CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di 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. I risultati di CUORICINO hanno permesso di preparare la proposta CUORE, un grande rivelatore di 1000 cristalli di tellurite con massa totale di 770Kg, con una sensibilità per la massa del neutrino dell'ordine del centesimo di eV. All'esperimento CUORE partecipa una rilevante collaborazione internazionale. CUORE è stato approvato dall'INFN nel settembre 2004. Si è in attesa ora dell'approvazione da parte degli Stati Uniti (NSF).

Il tema della materia oscura dell'universo rappresenta uno dei più affascinanti problemi della fisica e dell'astrofisica, ma anche uno dei più difficili da studiare. Al Gran Sasso l'esperimento DAMA ha evidenziato in 7 anni 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, entrato in funzione nel 2003, ha continuato regolarmente a prendere dati nel 2004.

Da ricordare l'esperimento LVD, sempre al Gran Sasso, per la ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi di *supernovae*. Nel 2004 LVD ha preso dati stabilmente con grande regolarità consentendo un'osservazione continua della nostra galassia. LVD è inserito in una rete mondiale di rivelatori di collassi gravitazionali.

L'esperimento MAGIA si propone di eseguire una misura precisa della costante di gravitazione usando atomi singoli. La misura si basa sulle tecniche di raffreddamento atomico recentemente sviluppate. Tali tecniche hanno permesso di realizzare la *fontana atomica* necessaria per l'esperimento con cui sono state fatte le prime misure dei tempi di caduta degli atomi.

L'esperimento GGG si propone una misura precisa dell'equivalenza della massa inerziale e di quella gravitazionale. Infine, altri esperimenti, come PVLAS e MIR sono rivolti allo studio delle perturbazioni del vuoto quantistico.

LA RADIAZIONE COSMICA IN SUPERFICIE E IN MARE PROFONDO

L'origine, composizione e propagazione dei raggi cosmici è ancora essenzialmente sconosciuta soprattutto ad altissime energie. A energie estremamente elevate sono necessari apparati di ampie dimensioni per rivelare un numero di eventi significativo.

I grandi sciami prodotti da raggi cosmici di altissima energia ($>10^{19}$ eV) saranno misurati dall'esperimento AUGER, in costruzione attualmente in Argentina da parte di una grande collaborazione internazionale. L'INFN partecipa alla costruzione dei rivelatori distribuiti in superficie e dei rivelatori di fluorescenza. Nel 2004 è iniziata la presa dati utilizzando la frazione dell'apparato già completata, e sono stati rilevati i primi eventi attorno 10^{19} eV.

Un campo nuovo (astronomia gamma) 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.

È in corso la costruzione dell'osservatorio ARGO realizzato in collaborazione con la Cina a 4300 m di quota nel Tibet. Dopo un rallentamento nel 2003, dovuto per lo più alla SARS, nel 2004 l'attività è ripresa regolarmente. ARGO occuperà una superficie di 6500m² coperta con i rivelatori RPC di costruzione italiana. ARGO studierà soprattutto le sorgenti di radiazione gamma e i *gamma ray bursts*. Nel giugno 2004 è iniziata la presa dati con una frazione del rivelatore. Il completamento dell'apparato è previsto per il 2005-2006.

L'INFN è anche impegnato in MAGIC, un grande telescopio Cerenkov alle Canarie, per il quale ha sviluppato e ha fornito le componenti del grande specchio da 17 m di diametro ed ha realizzato il sistema di *trigger*. Questo telescopio, che è stato inaugurato nel mese di Ottobre 2003, è in grado di misurare sciame cosmici a partire da 30GeV. Il 2004 è stato dedicato alla messa a punto del telescopio utilizzando alcune delle sorgenti più conosciute.

Anche nello studio della radiazione cosmica di alta energia i neutrini hanno un ruolo particolare: sono infatti 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. L'INFN ha realizzato una stazione di misura al largo di Catania. Sono state eseguite misure della trasparenza dell'acqua, degli effetti della bioluminescenza e degli effetti delle correnti sottomarine. 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 costruzione di ANTARES è continuata regolarmente nel 2004.

LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Lo studio dei raggi cosmici primari di bassa e media energia avviene nello spazio mediante apparati installati su palloni e satelliti. Questi esperimenti sono condotti in collaborazione con le agenzie spaziali, in particolare con l'ASI.

Su un satellite russo volerà nel 2005 l'apparato PAMELA. Il lancio ha subito ritardi dovuti alla scelta di un nuovo 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 nel 2007-2008. Rispetto alle date originali c'è un ritardo dovuto al noto incidente della navetta spaziale Columbia della NASA. La costruzione di AMS, nella quale sono fortemente coinvolti gruppi INFN con responsabilità nella costruzione del tracciatore al silicio, del calorimetro elettromagnetico e del sistema di misura del tempo di volo delle particelle, è proseguita regolarmente nel 2004.

L'INFN partecipa con le collaborazioni AGILE, prevalentemente italiana, e GLAST, a carattere internazionale, a due esperimenti su satelliti dedicati all'astronomia gamma. In entrambi i casi si fa un uso esteso delle tecnologie sviluppate entro l'INFN nel campo dei rivelatori al silicio. C'è complementarietà nei due esperimenti perché AGILE sarà lanciato nel 2005 prima di GLAST. AGILE sarà dotato anche di un rivelatore di raggi X.

Alla fine del 2004 è programmato il primo volo di CREAM, un esperimento su pallone con voli attorno al polo sud di durata dell'ordine del mese, per la misura della composizione dei raggi cosmici nella regione di energie fino a 10^{15} eV.

Infine è da ricordare la partecipazione di gruppi INFN ad una attività di ricerca e sviluppo collegata ad EUSO, un possibile esperimento per la rivelazione dei raggi cosmici di altissima energia mediante l'osservazione della luce di fluorescenza emessa nell'atmosfera.

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 per la rivelazione di possibili segnali, avendo in funzione 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 EXPLORER, NAUTILUS e AURIGA hanno sensibilità e stabilità mai raggiunte prima e sono in grado di garantire una presa dati continua, a differenza degli interferometri. La continuità della presa dati è necessaria per poter osservare fenomeni molto rari come l'esplosione di *supernovae* galattiche.

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

VIRGO è attualmente completato e sono stati condotte le prime campagne di prese dati per lo studio delle prestazioni dello strumento. Il raggiungimento della sensibilità di progetto di VIRGO richiederà un attento lavoro di messa a punto dell'apparato. È in atto un continuo programma di ricerca e sviluppo per migliorare le prestazioni dello strumento.

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. EGO si occupa del completamento, del funzionamento e della manutenzione di VIRGO e della promozione della ricerca collegata allo sviluppo di nuovi rivelatori.

Nel 2004 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). Sorgenti di grande 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. Il lancio di questo satellite avverrà nel 2006.

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 2004.

EGO

Il consorzio italo-francese – tra INFN e CNRS - EGO, 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 è ormai completamente operativo. Il primo obiettivo del consorzio è il completamento – ormai raggiunto alla fine di giugno 2003 - e la messa in funzione dell'interferometro VIRGO per l'osservazione delle onde gravitazionali. I lunghi bracci dell'interferometro, 3 km, sono stati completati, l'apparato è entrato in funzione alla fine di luglio 2003 e si trova attualmente nella fase di messa a punto (commissioning). È recentemente (ottobre 2004) terminata la prima fase del commissioning con la messa in risonanza stabile (locking) di tutte le cavità ottiche dell'intero interferometro.

Compito iniziale di EGO è 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. EGO a tal proposito ha già provveduto ad installare una "storage farm" della capacità di 74 GB, che è stata portata a 120 GB nel corso del 2004.

La sistemazione e manutenzione del sito di Cascina, la realizzazione degli edifici per ospitare il personale, le officine e i servizi di base rientrano tra i compiti di EGO. A tale scopo si è recentemente acquisito il progetto per la realizzazione di un edificio atto ad ospitare il personale di EGO e i ricercatori e tecnici della

collaborazione Virgo che in totale ammontano attualmente a circa 90 unità presenti sul sito.

La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:

http://www.infn.it/comm2/schede_2004/index.htm

2.3 FISICA NUCLEARE

Le ricerche sono rivolte allo studio della struttura e della dinamica di sistemi a molti corpi e allo studio, in questo contesto, delle proprietà dei nuclei e degli adroni.

Con l'uso di sonde elettromagnetiche vengono studiati a grande risoluzione la struttura interna degli adroni e i suoi effetti sulle proprietà osservabili (dimensioni, massa, spin, ...). Con fasci di elettroni o mesoni K si producono ipernuclei Λ , che consentono di studiare il comportamento dei quark strani nella materia nucleare. Con fasci di ioni pesanti, a energie che vanno da pochi KeV ad alcuni TeV per nucleone, vengono affrontati temi diversi della moderna fisica nucleare: gli ioni ultrarelativistici permettono di studiare la transizione della materia nucleare alla fase di plasma di quark e gluoni mentre gli esperimenti con ioni di energia intorno al MeV per nucleone sono in posizione ideale per studiare la transizione della materia nucleare da uno stato tipo liquido a uno stato tipo vapore. A questa energia si studia anche la spettroscopia di nuclei lontani dalla valle di stabilità in condizioni estreme di momento angolare, che consentono verifiche approfondite dei modelli nucleari. Infine nell'intervallo dei KeV si misurano reazioni nucleari di grande interesse nel campo dell'astrofisica. Tutte queste attività richiedono l'uso di strumentazione sofisticata e di fasci di particelle di caratteristiche diverse prodotti in laboratori internazionali e nei quattro laboratori nazionali.

Il programma svolto consente di mantenere il nostro paese al più alto livello di ricerca nel campo della fisica nucleare anche attraverso la formazione di 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

Lo studio delle interazioni di Ioni ultrarelativistici è proseguito con successo al CERN. Lo studio ha evidenti implicazioni nell'evoluzione dell'universo dopo il big bang e lo scopo è la produzione in laboratorio di quark e gluoni deconfinati.

L'esperimento NA57 al SPS ha chiuso l'attività confermando un forte innalzamento della produzione di barioni strani nelle interazioni Ione-Ione. L'esperimento NA50 che studia la produzione di mesoni vettori nelle interazioni pA e Pb-Pb sta concludendo le sue analisi confermando la soppressione anomala nella produzione del mesone J/Ψ : il risultato ha destato grande interesse in campo internazionale ed è stato ancora di recente interpretato da L.Maiani et al. come possibile indicazione della avvenuta transizione di fase al plasma di quark e gluoni. Recentemente è stata realizzata una versione migliorata dell'apparato (NA60) che studia anche la produzione dei mesoni "charmati" D e dei mesoni a bassa massa ρ , ω e ϕ che danno informazioni sul ripristino della simmetria chirale. Il nuovo apparato ha preso dati al SPS studiando interazioni In-In e p-A.

Il principale impegno nel campo resta tuttavia la costruzione del rivelatore ALICE per lo studio delle interazioni di Ioni pesanti al nuovo collisionatore LHC del CERN. L'apparato dovrà essere pronto per il 2007 e l'Italia è fortemente impegnata nella realizzazione di molte parti del rivelatore: partecipano a questo esperimento 120 ricercatori italiani, alcuni dei quali con importanti responsabilità.

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 speciali camere RPC. I prototipi prodotti hanno raggiunto prestazioni eccezionali in efficienza e risoluzione temporale grazie agli sviluppi meccanici ed elettronici realizzati.

I gruppi che lavorano al sistema di tracciamento centrale (ITS), basato su rivelatori al Si, hanno raggiunto gran parte degli obiettivi. Per i rivelatori a PIXEL è stato fatto con successo un test di integrazione e sono stati messi in opera i centri di montaggio e costruzione di responsabilità italiana. I rivelatori a deriva sono stati provati su fascio: visti i risultati positivi è iniziata la fase di costruzione. La consegna dei rivelatori a strip è in fase avanzata ed è stato realizzato il chip di Front End; anche in questo caso la costruzione è iniziata. Tre dei sette moduli finali del sistema HMPID per l'identificazione delle particelle ad alto momento sono stati assemblati così come due dei quattro calorimetri a zero gradi (ZDC).

Infine i ricercatori italiani sono fortemente coinvolti nello sviluppo del calcolo di ALICE; sono stati realizzati due prototipi dei centri Tier2 e messo a punto un

ambiente di analisi e produzione dati trasparente per gli utilizzatori facente uso del sistema GRID. È stato realizzato un “Physics data Challenge” usando di più del 50% delle risorse di calcolo comuni complessivamente a disposizione degli esperimenti LHC.

LA STRUTTURA DEL NUCLEONE E DEGLI IPERNUCLEI

Continua lo studio della struttura a quark degli adroni con sonde elettromagnetiche: il vasto programma di misure si svolge in diversi laboratori in Francia, Germania e Stati Uniti. Gli esperimenti in presa dati hanno prodotto ottimi risultati.

L’esperimento HERMES a DESY (Amburgo), che studia la struttura di spin dei nucleoni, ha ottenuto per la prima volta indicazioni sulla distribuzione di polarizzazione trasversale dei quark nel nucleone e ha fornito la prima prova dell’esistenza di un contributo dovuto al momento angolare orbitale dei quark. Ha inoltre ottenuto risultati sulle funzioni di frammentazione per diverse specie adroniche e ha completato la costruzione di un “*recoil detector*” che permetterà la misura di processi esclusivi a partire dalla seconda metà del 2005.

AIACE al TJNAF (USA) ha proseguito con alta statistica lo studio della possibile produzione di un barione esotico con stranezza $S=+1$ (pentaquark); 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 la costruzione di un contatore Cherenkov per lo studio della funzione di struttura di spin del protone a bassi momenti trasferiti.

Sempre al TJNAF la collaborazione ELETTRO ha iniziato la misura della fotoproduzione di ipernuclei, 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 iniziato l’esperimento CTT al nuovo acceleratore di Mainz con lo scopo di studiare proprietà delle risonanze del nucleone.

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 ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{27}\text{Al}$, ${}^{51}\text{V}$. 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, DEAR ha consolidato i risultati ottenuti sulle proprietà dell'idrogeno kaonico.

Infine sono iniziati gli studi per la partecipazione italiana alla costruzione del rivelatore PANDA che alla nuova macchina del GSI intende studiare problemi riguardanti la struttura di ibridi, la spettroscopia degli ipernuclei e l'interazione dei mesoni J/Ψ con i nuclei.

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 questo campo è di grande importanza l'esperimento LUNA che, essendo installato nei laboratori del Gran Sasso, approfitta della 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 Gamov 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 di circa lo stesso fattore e l'età stimata dei Cluster Globulari (i componenti più vecchi della galassia) è cresciuta di 0.7-1Giga anno.

ERNA a Bochum ha messo a punto l'apparato per lo studio della reazione $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ ottenendo un fattore di reiezione del C di 10^{17} che consente l'inizio delle misure.

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 ed eseguire stime del potenziale schermante degli elettroni.

Misure di interesse astrofisico sono anche state fatte da nTOF al Cern che ha fatto uso della ‘facility’ per lo studio di sezioni d’urto di neutroni. Il buon funzionamento dell’apparato ha infatti permesso la misura di sezioni di cattura tra cui quella sul ^{151}Sm di notevoli implicazioni astrofisiche. Reazioni di fissione su $^{233,234,236}\text{U}$ e su attinidi minori quali ^{235}Np , $^{241,243}\text{Am}$ e ^{254}Cm hanno dato risultati utili alla costruzione del ADS (Accelerator Driver System)

NUCLEI IN CONDIZIONI ESTREME

La ricerca in questo campo si focalizza sull’indagine delle proprietà della struttura dei nuclei quando sono prodotti in condizioni estreme di isospin, massa, spin e temperatura. I nuovi e importanti meccanismi 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. L’indagine sperimentale viene condotta in laboratori internazionali e presso i laboratori di Legnaro e del Sud e si incentra su misure di spettroscopia gamma e di prodotti di reazioni che utilizzano prevalentemente fasci di ioni pesanti

Ai LNL la collaborazione GAMMA ha continuato lo studio della struttura nucleare con fasci di ioni stabili mettendo a punto l’apparato che fa uso congiunto dello spettrometro magnetico PRISMA e di un insieme di rivelatori al Ge (CLARA) per studiare nuclei ricchi di neutroni. Al GSI, nell’ambito del progetto RISING, sono iniziate le misure con fasci di ioni radioattivi veloci con l’obiettivo di studiare le proprietà di stati nucleari collettivi popolati tramite eccitazione Colombiana: saranno selezionati nuclei di interesse astrofisico. TRARE ha studiato la spettroscopia di nuclei omologhi mediante reazioni di trasferimento.

Per quanto riguarda la nuova strumentazione è continuato lo sviluppo del prototipo del rivelatore al Ge AGATA per raggi γ nell’ambito di una vasta collaborazione europea.

Lo studio della dinamica delle reazioni nucleari è stato affrontato dagli esperimenti NUCL-EX, ISOSPIN 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 farà un uso predominante dei fasci e della strumentazione disponibili presso i LNL e LNS. NUCL-EX ha eseguito misure con ioni pesanti nei due laboratori mentre ISOSPIN ha svolto misure con l'apparato CHIMERA a Catania. Ad LNS sono in via di completamento la produzione di fasci esotici con il progetto EXCYT e lo spettrometro MAGNEX che ne farà uso.

L'esperimento N2P, che ha iniziato la messa a punto dei rivelatori, ha in programma, tra l'altro, la misura dei neutroni ritardati prodotti dal decadimento di nuclei esotici popolati in reazioni di fissione indotta da fasci U su bersagli di U presso il laboratorio del TAMU (USA).

EXOTIC ha portato a termine presso i laboratori di Legnaro la costruzione della linea per la produzione di fasci esotici. Saranno prodotti fasci di ^{17}F , ^8B , ^7Be . Il programma sperimentale prevede lo studio dettagliato della sezione d'urto di diffusione elastica, di break-up, di stripping e di fusione per l'interazione dei fasci prodotti con bersagli stabili sia pesanti che leggeri ad energie intorno alla barriera colombiana.

Progetto speciale SPES

Il progetto SPES, come descritto nel TDR pubblicato nel 2002, prevede la costruzione di un complesso per la produzione di fasci di ioni esotici ricchi di neutroni con il metodo ISOL, e la loro riaccelerazione tramite l'acceleratore superconduttivo ALPI, in operazione presso i Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL).

È proseguita nel corso del 2004 la fase di progettazione e di studio per la realizzazione della nuova macchina. Presso i LNS è stata portata avanti la messa a punto della sorgente ad alta intensità TRIPS, a LNL è stata avviata la costruzione dell'RFQ per la prima fase del progetto. Per quel che riguarda il linac superconduttore è stata lanciata la costruzione di una cavità di tipo ladder ed è stato collaudato con successo un prototipo di cavità di tipo half wave. È inoltre proseguito lo sviluppo dei bersagli, in particolare il convertitore in berillio per la produzione dei neutroni termici necessari per la fisica interdisciplinare (BNCT), il convertitore in carbonio ed il bersaglio in uranio per la produzione dei nuclei esotici per la fisica nucleare.

Contemporaneamente, le pratiche per la realizzazione dell'edificio che dovrà ospitare la nuova macchina, e delle opere relative all'urbanizzazione dell'area circostante hanno segnato un notevole progresso.

Progetto speciale EXCYT

Il progetto EXCYT consiste nella realizzazione di una facility per lo studio della fisica con ioni radioattivi con vita media dell'ordine di millisecondi. Tali nuclei sono prodotti in una targhetta spessa a sufficienza per frenare il fascio prodotto dal ciclotrone superconduttore di LNS. I prodotti di reazione, che si formano dentro il bersaglio, sono subito immessi dentro un'opportuna sorgente per la ionizzazione. Gli ioni radioattivi così ottenuti sono estratti e preaccelerati per la successiva separazione elettromagnetica e quindi accelerati nel Tandem, fino agli apparati sperimentali.

L'attività del 2004 è stata incentrata su diversi punti: è stata completata l'analisi dei test effettuati a GANIL che hanno confermato la bontà delle scelte di progetto effettuate nel complesso bersaglio-sorgente. Tali test permettono di affermare di poter produrre più di 10^6 pps di ^8Li con 400 W di fascio sul bersaglio: al momento una potenza di 100W è già disponibile.

Ulteriori conferme si sono ottenute nei test effettuati ad Oak Ridge sul canale di scambio carica che hanno confermato che l'efficienza di scambio carica per ^8Li e ^9Li è circa il 5%.

L'attività ai LNS è stata invece incentrata sull'installazione del secondo stadio del separatore di massa isobarico e della linea di iniezione dei fasci esotici nel tandem.

Durante tale fase di montaggio, sono stati installati i dispositivi di diagnostica per fasci di bassa intensità, è stata provata e collaudata off-line tutta la parte di remote handling e tutti i servizi tecnologici al servizio della facility.

La fase di montaggio della facility è ormai al termine e entro fine 2004 si inizierà il commissioning con fasci stabili insieme alle operazioni di verifica e test relative ai dispositivi di diagnostica, controllo e remote handling.

La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:

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

2.4 FISICA TEORICA

Sono riportate schematicamente nel seguito le attività di ricerca nei vari settori con i relativi indici bibliometrici. Come indice si è considerata la somma delle citazioni dei 10 lavori col più alto numero di citazioni, pubblicati nel triennio 2001-2003. Abbiamo usato lo 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 fra loro tra loro settori diversi.

TEORIA DEI CAMPI

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

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 tale da condurre ad una costruzione di una teoria oltre il Modello Standard ed a 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, compattificazione 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.

Teoria di Gauge su reticolo, LGT. I possibili sviluppi significativi qui sono dovuti al computer APEmille. I progetti di questa linea sono dedicati allo studio di aspetti di base non perturbativi (vedi più avanti per LGT lo 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.

Teoria statistica dei campi. Le teorie di campo e le teorie statistiche hanno in comune la stessa base matematica. Lo studio di sistemi statistici non standard può dare indicazioni per la costruzione di teorie quantistiche di campo generalizzate. In

questa linea gli sviluppi più importanti sono nello studio dei sistemi disordinati e dei sistemi biologici.

In questo settore agiscono 233 ricercatori. La somma delle citazioni su ISI dei 10 lavori più citati pubblicati nel triennio 2001-2003 è 425.

FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

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

Modello Standard ed 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.

QCD perturbativa e non perturbativa. Gli argomenti da segnalare sono: calcoli ad alti ordini allo scopo di aumentare l'affidabilità delle distribuzioni della QCD, risommazione di infiniti termini in QCD perturbativa (questo argomento coinvolge numerosi studi sulla distribuzione di multi-jet), risommazione in QCD nel limite di alta energia del "deep inelastic scattering", sviluppo ed implementazione dei codici Monte Carlo per la QCD per le collisioni "dure" ("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.

Modello standard e QCD su reticolo. Qui 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 con sapore, 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 QcCD 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 agiscono 128 ricercatori. La somma delle citazioni su ISI dei 10 lavori più citati pubblicati nel triennio 2001-2003 è 511.

FISICA NUCLEARE

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

Struttura nucleare. Questo è un campo tradizionale con il problema principale che studia i 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.

Reazioni nucleari. Anche questo è un campo tradizionale. I risultati più recenti sono: risonanze giganti nelle collisioni ad energie alte ed 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 che includono quarks e interazioni elettrodeboli e sonde.

Plasma di Quarks e gluoni e collisioni tra ioni pesanti. Questo campo è attualmente in 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.

I ricercatori di questo settore sono molto attivi nell'applicare metodi della fisica nucleare in altri campi. Esempi importanti riguardano lo studio di sistemi a multicorpi come gli aggregati metallici e il fullerene. L'altro esempio è la biologia quantitativa (vedi il settore precedente in teoria dei campi).

In questo settore agiscono 90 ricercatori. La somma delle citazioni su ISI dei 10 lavori più citati pubblicati nel triennio 2001-2003 è 255.

METODI MATEMATICI.

Uno dei più importanti sviluppi di questo settore riguarda lo studio di nuovi esempi di geometrie non commutative con caratteristiche globali non banali come la presenza di istantoni e deformazioni isospettrali (questo sviluppo è collegato alla teoria della corda).

Un secondo sviluppo importante riguarda lo studio della termodinamica fuori dall'equilibrio. Il principio di minima dissipazione è stato generalizzato a stati di non equilibrio. Questa ricerca è rilevante per lo studio dell'evoluzione dell'universo primordiale.

Lo studio dei fondamenti della meccanica quantistica è una linea tradizionale seguita in IS di questo settore. Recentemente ci sono stati sviluppi nello studio di applicazioni raffinate (stati "entanglement").

In questo settore agiscono 90 ricercatori. La somma delle citazioni su ISI dei 10 lavori più citati pubblicati nel triennio 2001-2003 è 90.

ASTROPARTICELLE

Astrofisica particellare e nucleare. Questo settore sta attraendo vari giovani, studenti del Dottorato di Ricerca e PostDocs. Studi intensivi sono stati fatti sulla fisica del neutrino. Questi coinvolgono in particolare gli studi sui neutrini solari ed 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.

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.

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.

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

In questo settore agiscono 83 ricercatori. La somma delle citazioni su ISI dei 10 lavori più citati pubblicati nel triennio 2001-2003 è 465.

Progetto speciale APENEXT

Il progetto speciale APE iniziato nel 1984, ha prodotto finora 3 famiglie di elaboratori paralleli di altissime prestazioni per il calcolo scientifico: APE, APE100, APEmille. Con il 2004 si è concluso l'ultimo dei progetti finanziati dall'Ente, apeNEXT iniziato nel 2001.

I processori APE, basati su architetture modulari e disponibili in versioni di varia potenza di calcolo, a partire da APE100 sono stati disponibili commercialmente ed acquistati da enti di ricerca ed 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. 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.

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 dell'ultima 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 ed Università europee per un totale di ulteriori circa 0.7Tflops come riassunto nella Tabella I.

Bielefeld	130GFlops	(2 crates)
Zeuthen	520GFlops	(8 crates)
Milan	130GFlops	(2 crates)
Bari	65GFlops	(1 crates)
Trento	65GFlops	(1 crates)
Pisa	325GFlops	(5 crates)
Rome 1	520GFlops	(8 crates)
Rome 2	130GFlops	(2 crates)
Orsay	16GFlops	(1/4 crates)
Swansea	65GFlops	(1 crates)

Tabella I

Come detto sopra nel 2004 si è conclusa la fase di costruzione del prototipo, della macchina apeNEXT. L'Ente ha finanziato la costruzione di 13 computer da 0.8Gflops. Questa assegnazione è in linea con le richieste formulate dalla Commissione Scientifica Nazionale IV.

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 e che vari gruppi teorici hanno contribuito direttamente al progetto con studi di efficienze e simulazioni di modelli architeturali.

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 nuovo protocollo di trasmissione PCI-X. È stato testato con successo un cluster di 4 PCs interconnessi via apeNET ed è stata misurata una velocità di trasferimento di 680MB/s (send-receive) per direzione. Sono state prodotte 20 schede di connessione apeLINK che saranno integrate in un cluster da 16 nodi.

La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:

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

2.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI

L'INFN conserva 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 ed alcune misure diverranno possibili solo grazie all'impiego di tecnologie totalmente nuove. Nello stesso modo alcuni sviluppi tecnologici traggono stimolo dall'obiettivo d'impiego in futuri apparati sperimentali e, successivamente, in applicazioni interdisciplinari, dedicate a discipline che fanno uso delle tecnologie sviluppate altrimenti per le attività di ricerca dell'INFN.

Gli sviluppi 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 sui materiali superconduttori ad alta temperatura per nuove strutture acceleranti per lo studio dei 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 cellulare e dell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico.

RIVELATORI

Nel 2004 si sono realizzati sistemi di rivelazione basati su substrati semiconduttori di silicio: in particolare, l'investimento operato dall'Ente sui vari progetti Medipix si è concretizzato in un esperimento (PPC) che, utilizzando rivelatori spessi di silicio e i chip di readout Medipix2, ha prodotto un rivelatore (con associata

l'opportuna elettronica) per imaging di piccoli animali di rilevante interesse scientifico per le dinamiche farmacologiche. Sempre nell'ambito dei rivelatori a silicio l'esperimento PIXI 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 ed il sistema di lettura.

La ricerca su sistemi di rivelazione per immagini biomediche ha raggiunto una maturazione che ha indotto la Commissione a proporre una fusione, sotto una unica sigla, degli esperimenti che affrontano tematiche, relative all'imaging biomedico, con cristalli scintillatori letti da fototubi sensibili alla posizione. Sempre all'interno dello stesso ambito è iniziato l'esperimento COMPTON, inserito in una collaborazione internazionale, che intende sviluppare una Compton camera per imaging medico con risoluzione submillimetrica.

A proposito di tecnologie di frontiera, la capacità di creare e controllare in modo coerente campioni di atomi ultrafreddi offre l'opportunità di realizzare sensori quantistici con sensibilità altrimenti sconosciute. L'esperimento SQUAT ha iniziato la messa a punto di un Condensato di Bose-Einstein (BEC) in gas atomici diluiti, realizzato in microtrappole magnetiche basate su tecnologie proprie della microelettronica, come sensore di piccole forze. Si è, inoltre, concretizzata la proposta (esperimento QUCORP) di misura e controllo del rumore introdotto dalla pressione di radiazione laser sugli specchi delle cavità Fabry-Perot delle antenne gravitazionali interferometriche di prossima generazione.

Nell'ambito delle tecniche elettroniche avanzate, utilizzando l'esperienza INFN maturata nella elettronica analogico/digitale, appare interessante l'esperimento HAPTIC, che ha come obiettivo la realizzazione di un attuatore per codice Braille da associare ad una telecamera per effettuare Optical Character Recognition (OCR) con l'obiettivo di costruire uno speciale mouse per la lettura di documenti cartacei da parte di non vedenti ed un sensore di distanze.

ACCELERATORI

Nel 2004, 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 (Repubblica Ceca e Germania) e giapponesi.

Utilizzando l'intensa sorgente di luce infrarossa (SINBAD) disponibile ai LNF è iniziato un esperimento che ha come scopo lo studio di fattibilità 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) ed a basse temperature (fino a 2°K).

Continuano, con molto successo, nel campo degli acceleratori, studi teorici, simulazioni di fenomeni collettivi e lavori sulle cavità e sulle sorgenti di ioni ad alta intensità e ad alto stato di carica, settori nei quali viene riconosciuta ai ricercatori dell'INFN una leadership a livello internazionale: il laboratorio di Brookhaven ha approvato la costruzione della cavità proposta dall'esperimento SPIRE.

APPLICAZIONI INTERDISCIPLINARI

Nel 2004, nel campo dello studio dell'interazione della radiazione con la materia vivente, continuano e si consolidano i trattamenti di routine dei tumori all'occhio (CATANA - LNS), mentre si sviluppano gli studi di modellistica e radiobiologia (esperimenti MIDPAC e SHIELD) con connessione 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, è partita una nuova iniziativa (PHONES), il cui scopo è di sviluppare una sorgente di neutroni basata sull'utilizzo di acceleratori lineari per radioterapia già presenti negli ospedali.

Nell'ambito del software applicativo le varie esperienze di analisi automatica di immagini medicali sono confluite nella collaborazione MAGIC-5, che si propone la costruzione di virtual organizations, utilizzando la struttura GRID, per la mammografia digitale, per la diagnosi precoce dei tumori polmonari e per l'analisi dati della PET cerebrale (Alzheimer). Tra gli strumenti di calcolo, un caso interessante è quello legato allo sviluppo del codice Monte Carlo chiamato Fluka (sviluppato e mantenuto principalmente nell'ambito della comunità scientifica dell'INFN) e delle sue applicazioni tecnologiche ed interdisciplinari. L'esperimento FLUKA ha come obiettivo il completamento del codice per adattarlo alle emergenti applicazioni in campo biomedico e spaziale.

Continua il lavoro nell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico, iniziando inoltre la sperimentazione delle tecniche di dual-energy nell'analisi di pitture. È inoltre venuta crescendo l'applicazione delle tecniche nucleari sviluppate in quest'ambito, allo studio del particolato atmosferico, che ha portato ad una serie di campagne di campionamento, raccogliendo una grande quantità di campioni, che analizzati daranno una visione della situazione del particolato su di una vasta area di territorio. La vasta eco, anche a livello internazionale, che tutte le attività INFN sui beni culturali e ambiente hanno prodotto è testimoniata dai numerosi inviti a tenere conferenze e talk a convegni internazionali: ad esempio la *NSS Plenary Invited Talk* al congresso internazionale IEEE NSS-Mic Conference 2004.

Progetto speciale LABEC

Il progetto speciale LABEC (Laboratorio di tecniche nucleari per i Beni Culturali) è stato lanciato all'inizio del triennio 2002-2004. Nel 2001 è stata approvata l'acquisizione di un sistema basato su un acceleratore Tandem, progettato in modo da permettere sia misure di AMS (Accelerator Mass Spectrometry), in particolare per le datazioni col ^{14}C , che di IBA (Ion Beam Analysis) per la determinazione della composizione dei materiali costitutivi delle opere d'arte e di interesse storico o archeologico. L'acceleratore, commissionato a fine 2001 a una Ditta europea sulla base di un progetto ampiamente discusso e concordato con i responsabili del progetto speciale, è stato consegnato a fine aprile 2003; nel corso del 2001-2002 fino alla prima metà del 2003, sono stati nel frattempo costruiti dall'Università di Firenze i nuovi locali, realizzati esplicitamente per le esigenze del laboratorio. L'installazione dell'acceleratore col sistema AMS si è completata nei primi mesi del 2004, come inizialmente previsto; le prestazioni del sistema sono eccellenti e rispettano pienamente le specifiche. Nel triennio è stato poi realizzato il laboratorio di preparazione campioni per le datazioni col ^{14}C , già operativo e in via di espansione. Interamente a cura della Sezione INFN di Firenze sono stati il progetto e la costruzione delle linee di fascio per IBA, di cui a fine 2004 tre sono già attive (2 linee di fascio esterno e una facility di microfascio esterno) e due in costruzione. Già nella seconda metà del 2004 sono iniziate misure AMS e IBA nel merito di problemi archeometrici.

La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:

http://csn5.roma2.infn.it/web_grv/index.php

2.6 ATTIVITÀ DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE

LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

Come negli scorsi anni, il filone portante dell'attività dei laboratori è stato lo sfruttamento e l'ottimizzazione del funzionamento dell'anello di collisione DAFNE e dei suoi apparati sperimentali.

Nei primi 3 mesi del 2004, DAFNE ha prodotto collisioni per l'esperimento FINUDA, che aveva iniziato la sua presa dati alla fine del 2003 con l'intenzione di integrare una luminosità di 250pb^{-1} .

L'obiettivo è stato pienamente raggiunto nel Marzo 2004 e con i dati raccolti FINUDA ha iniziato rapidamente a produrre risultati di primo piano nel campo della fisica degli ipernuclei.

A partire da Aprile, DAFNE è stata dedicata alla produzione di eventi per KLOE, con il goal di integrare 2000pb^{-1} entro la fine del 2005.

Nel corso del run per KLOE, DAFNE ha già superato la soglia di $10^{32}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ in luminosità istantanea, integrando fino a $170\text{pb}^{-1}/\text{mese}$ di eventi di alta qualità e basso rumore.

In parallelo, l'analisi dei dati accumulati da KLOE nei run precedenti ha permesso di pubblicare risultati, che hanno riscosso notevole attenzione in importanti conferenze internazionali.

L'attività di ricerca e sviluppo sulle macchine acceleratrici è continuata con:

- L'inizio della costruzione di SPARC, un iniettore di elettroni ad altissima brillantezza di 150MeV.
- Lo studio di una macchina compatta per la produzione di luce coerente, da localizzare nei LNF (SPARXINO)
- Il completamento della costruzione dei componenti di CTF3, dove i LNF hanno la responsabilità del Delay Loop e delle linee di trasferimento e l'inizio del loro montaggio.

- La progettazione e l'inizio della costruzione dei componenti di alta tecnologia per la macchina del Centro Nazionale di Adroterapia.
- Lo studio di kickers veloci per i futuri linear colliders e le super-factories.

Nel 2004 è continuata l'attività di studio per esaminare il programma di fisica e gli aspetti tecnici connessi ad un sostanziale upgrade di DAFNE in luminosità e/o energia. Un gruppo di studio ha esaminato in dettaglio lo stato e le prospettive della ricerca ai LNF e sta redigendo un documento, che costituirà una valida base di discussione per le future decisioni riguardanti i Laboratori.

Il rivelatore di onde gravitazionali a barra criogenico NAUTILUS ha proseguito la sua campagna di raccolta dati in coincidenza con il suo analogo EXPLORER, localizzato al CERN, per confermare e chiarire gli interessanti risultati recentemente prodotti.

Le tre linee di luce di sincrotrone ed il fascio di test (BTF) hanno continuato a servire gruppi di utenti interni ed esterni, anche nell'ambito del nuovo programma di accesso alle infrastrutture di ricerca (ARI) del VI Programma Quadro della UE.

Per quanto riguarda più in generale il VI PQ, il 2004 ha visto i LNF molto attivi non solo nello svolgimento dei progetti nell'ambito delle Iniziative Infrastrutturali Integrate (I3) già ottenute nel 2003 (I3HP, CARE), ma anche nell'aggiudicarsi importanti pacchetti di lavoro nell'ambito dei progetti di studio di nuove grandi infrastrutture (EUROTEV e EUROFEL)

Oltre all'attività su DAFNE, i Laboratori hanno continuato a fornire rilevanti contributi strumentali ed intellettuali alla ricerca in fisica subnucleare e nucleare presso laboratori internazionali, quali il CERN, FermiLab, SLAC, DESY e TJNAF e presso il LNGS.

In particolare la costruzione delle camere MDT per l'esperimento ATLAS a LHC è stata completata in anticipo sui tempi previsti, senza per questo rinunciare ad altissimi standard di qualità.

Le ricerche in fisica teorica e nella fisica tecnologica hanno mantenuto fede alla loro tradizione consolidata.

Infine è continuata l'attività di Master di secondo livello svolti assieme alle Università di Roma "La Sapienza" e Roma "Tor Vergata", come pure l'attività di disseminazione e divulgazione della scienza, attraverso stages per gli studenti della scuola secondaria, visite guidate, incontri con gli insegnanti, lezioni nelle scuole.

Notizie più dettagliate sull'attività dei LNF possono essere trovate sul sito <http://www.lnf.infn.it/>

LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO

Nel corso del 2004 sono stati raggiunti nel laboratorio importanti obiettivi, che hanno richiesto un lungo e costante impegno di personale e di mezzi.

Un primo importante risultato è la trasmissione di un fascio di ioni attraverso le due cavità RFQ superconduttive dell'iniettore PIAVE, risultato molto importante e tanto atteso in quanto si tratta dei primi RFQ superconduttivi realizzati al mondo. PIAVE si appresta così a diventare il nuovo iniettore dell'acceleratore ALPI, rendendo disponibili nuovi fasci al laboratorio.

Un altro importante obiettivo è rappresentato dall'entrata in funzione dello spettrometro magnetico a grande accettazione PRISMA, che ha prodotto i primi risultati di fisica. PRISMA è stato integrato con il complesso di rivelatori per raggi gamma CLARA, provenienti da EUROBALL. Costituisce ora un potente mezzo di indagine per lo studio della struttura nucleare e della dinamica delle reazioni nucleari.

È stato completato l'apparato dell'esperimento EXOTIC per la produzione di nuclei di ioni instabili di Fluoro. È in corso la messa a punto dello strumento.

La sperimentazione con le trappole magneto-ottiche per l'intrappolamento laser degli ioni Francio radioattivi è proseguita, pur con qualche ritardo per limitata disponibilità di fascio. Il segnale degli atomi di Francio è stato comunque osservato.

Ha ripreso a prendere dati l'antenna gravitazionale AURIGA, dopo gli interventi che ne hanno migliorato la sensibilità di quasi un ordine di grandezza. È stato definito il progetto DUAL per una futura antenna criogenia.

L'interessante misura di PVLAS è stata oggetto di continue verifiche per comprenderne l'origine.

L'impegno del laboratorio per la realizzazione del complesso adroterapico del CNAO è stato ulteriormente rinforzato con la partecipazione degli esperti in radiobiologia alla definizione delle aree sperimentali e dei laboratori di radiobiologia.

È proseguita l'attività di ricerca in radiobiologia delle radiazioni ionizzanti e così pure la sperimentazione per lo sviluppo della tecnica BNCT per la cura dei

tumori. In particolare è stata sintetizzata una nuova molecola borata in collaborazione con la ditta farmaceutica Molteni ed il dipartimento di Biologia dell'Università di Padova.

Gli acceleratori Tandem, Alpi, 7MV-CN e 2MV-AN2000 hanno funzionato, a parte qualche problema, con regolarità, fornendo fasci al complesso strumentale costituito dagli apparati PRISMA, GASP; GARFIELD e 8PLP. Una manutenzione straordinaria si è resa necessaria per il 7MV-CN e per l'apparato GASP e sono state regolarmente effettuate.

LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

I Laboratori Nazionali del Sud, sono dotati di due acceleratori di ioni, il Tandem ed il Ciclotrone Superconduttore (CS), in grado di fornire fasci in un ampio intervallo di energie e masse, così costituendo una delle facilities per ioni più complete esistenti al mondo nel campo della Fisica Nucleare alle energie basse e intermedie. I due acceleratori funzionano in modo indipendente e forniscono simultaneamente fasci di ioni su distinti punti di misura.

La presenza di un polo di eccellenza scientifica come i LNS contribuisce alla diffusione della cultura scientifica ed alla promozione dello sviluppo di tecnologie avanzate nella realtà locale, come ben dimostrato dagli sviluppi delle iniziative nel campo dell'adroterapia e dall'applicazione di tecniche nucleari ed analisi di collisioni, di interesse dei beni culturali.

Sistemi di rivelazione avanzati, quali CHIMERA, il complesso MEDEA-MULTICSOLE-MACISTE e lo spettrometro MAGNEX, manterranno nel triennio la sperimentazione presso i LNS competitiva a livello internazionale. In particolare MAGNEX, completato nel 2004, è un innovativo spettrometro magnetico a grande accettazione in angolo solido ed energia che, mediante una precisa ricostruzione delle traiettorie, permetterà di rivelare ioni con alta risoluzione in massa (1/250) ed energia (1/1000).

Nel corso del 2004 si è sviluppato il programma di esperimenti con il multirivelatore CHIMERA, apparato di punta a livello mondiale per lo studio dei processi di multiframmentazione dei sistemi nucleari, con la partecipazione di numerosi ricercatori di varie nazionalità. Il programma proseguirà nel prossimo triennio ed è allo studio un ulteriore potenziamento del rivelatore.

La disponibilità di un fascio di protoni da 62MeV ha reso possibile lo sviluppo presso i LNS della prima facility di protonterapia italiana dedicata al trattamento di pazienti affetti da melanomi oculari. Sono stati trattati con fasci di protoni, nel periodo marzo 2002–giugno 2004, 88 pazienti italiani affetti da tale neoplasia. L'attività, svolta in collaborazione, per quanto attiene alla parte clinica e dosimetrica, con l'Università degli Studi di Catania (Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Istituti di Oftalmologia e Radiologia), proseguirà nel triennio 2005–2007.

Alla luce dell'esperienza fin qui acquisita proseguiranno anche le attività di ricerca e sviluppo sia nel settore degli acceleratori per ioni leggeri da impiegare a scopi terapeutici che quelle nel campo della dosimetria e della diagnostica di fasci clinici.

Nel 2004 si è completato il progetto EXCYT, per la produzione di fasci radioattivi. In questo caso il Ciclotrone fornirà il fascio primario e il Tandem accelererà i frammenti radioattivi opportunamente separati tramite un separatore isobarico di elevato potere risolutivo in massa. I piani di sviluppo dei LNS prevedono l'avvio del *commissioning* della facility EXCYT entro il 2004 e successivamente il completamento del *commissioning* e l'avvio della sperimentazione con particolare riguardo ai programmi di astrofisica nucleare e allo studio dei meccanismi di reazione e della struttura nucleare.

Questi programmi troveranno grande impulso dalla entrata in funzione dello spettrometro magnetico ad elevato potere risolutivo MAGNEX e che verrà impiegato nel triennio 2005-2007 per studi di spettroscopia ad alta risoluzione di nuclei leggeri ricchi di neutroni.

Nel 2004 è stata anche completata la nuova sala sperimentale e nel 2005 gli apparati sperimentali ivi installati saranno tutti operativi.

Procede inoltre l'attività del progetto NEMO che ha in programma una R&S avanzata che comprende la realizzazione di una stazione sottomarina a 2100 metri di profondità che permetterà la validazione delle tecnologie atte alla realizzazione di un telescopio sottomarino per neutrini di alta energia. Il sistema sarà installato al largo delle coste di Catania e usufruirà dell'infrastruttura già disponibile presso il porto, costituita da un laboratorio di terra e da un cavo elettro ottico che si estende fino a 25 km dalla costa.

L'attività per la realizzazione di questo dimostratore tecnologico è condotta da una collaborazione di numerose sezioni dell'INFN col coordinamento tecnico-scientifico dei LNS e prevede la realizzazione e l'installazione sul fondo del mare, ad una profondità di 2100 metri dei componenti modulari di un telescopio sottomarino del tipo km³.

Il progetto è cofinanziato dal MIUR sia per la realizzazione dell'infrastruttura del test site che per la realizzazione di 2 prototipi di torre modello NEMO. La progettazione esecutiva dei vari sottosistemi è stata completata nel 2004.

LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO

Il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso è il maggior laboratorio al mondo dedicato ad 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.

Conclusi GALLEX e MACRO, nella prossima fase della ricerca si dovrà confermare definitivamente la scoperta della massa dei neutrini, stabilire tra quali specie avvengano i fenomeni di oscillazione, misurare accuratamente le masse e "i parametri di mescolamento". Questi studi hanno potenzialmente conseguenze estremamente rilevanti sia sulla fisica fondamentale sia sulle nostre concezioni sull'evoluzione dell'Universo. Si stanno approntando o sono in corso le 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 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 2004. Due esperimenti sono in corso di

realizzazione, OPERA ed ICARUS, da parte di larghe Collaborazioni internazionali. OPERA è in corso di allestimento nella sala C dei Laboratori. Per quanto riguarda ICARUS, che si propone un vasto spettro di ricerche, principalmente sulla fisica del neutrino, un modulo di 600 t di massa, costruito presso la Sezione di Pavia e sottoposto con successo a vari test, 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, si è iniziata 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. Il successore di GALLEX, GNO, ha pubblicato i risultati di 5 anni di presa dati ed è terminato. Sono iniziate le operazioni di smantellamento alla fine del 2004.; la costruzione di BOREXINO, che ha subito dal 2002 un serio rallentamento, causato da un incidente, ha proseguito la sua attività concludendo nel corso del 2004 l'installazione della sfera contenente il vessel di nylon.
- 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 in larga 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 che è possibile sia dovuto ad interazioni con particelle di materia oscura. È in corso un nuovo esperimento utilizzando la stessa tecnica, ma di maggiori dimensioni: LIBRA, che ha preso dati con continuità per tutto il 2004. Esperimenti che utilizzano diversi approcci complementari sono in corso (CRESST2), o allo studio (WARP e XENON).
- Le nuove caratteristiche dei neutrini indicano la possibilità che essi coincidano con le loro antiparticelle. Una ricerca è in corso con l'esperimento CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di tellurite, con massa totale 40kg.

- 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: nel 2004 è stato pubblicato il risultato delle misure della sezione d'urto della reazione critica per il ciclo CNO delle stelle. Questo risultato ha tra l'altro permesso di datare le stelle più vecchie della Galassia.

Una intensa attività è in corso per ottimizzare impianti e procedure per la sicurezza nei Laboratori. Nel 2004 sono iniziati 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 ad essere un punto di riferimento dell'attività di calcolo distribuito dei futuri esperimenti. Il CNAF ha partecipato ai *Data Challenge* degli esperimenti ed è uno dei principali Tier1 a livello mondiale per l'infrastruttura LHC Computing Grid (LCG) e lo sta diventando anche per altri esperimenti come Babar, CDF, Virgo, Argo ecc.

L'organizzazione dell'attività del CNAF è basata su una suddivisione per Servizi. Occasionalmente il CNAF ha partecipato ad esperimenti di Gruppo V.

Il CNAF, sotto l'egida della Commissione Nazionale Calcolo e Reti, gestisce o coordina alcuni servizi a carattere nazionale.

COMMISSIONE CALCOLO E RETI

I ricercatori e le unità operative dell'INFN hanno la necessità di strutture informatiche (reti di trasmissione dati, sistemi di calcolo, servizi di supporto) che, per loro stessa natura, richiedono un coordinamento (e quindi un finanziamento) centralizzati. Il successo dell'attività scientifica dell'Istituto è, d'altra parte, basato sulla capacità delle Commissioni Scientifiche Nazionali di approfondire e giudicare, la tipologia ed il dimensionamento delle necessità esperimenti. Il finanziamento dei mezzi di calcolo degli esperimenti non può quindi prescindere dalla visione globale delle necessità scientifiche che solo le Commissioni possono avere. Va però notato che tali sistemi di calcolo, per ragioni di opportunità e di efficienza, ma anche per un miglior sfruttamento delle risorse a disposizione, non possono prescindere dall'infrastruttura informatica generale presente nelle unità operative e da quanto discusso in una Commissione diversa. Esiste quindi un problema di ottimizzazione trasversale la cui soluzione non deve interferire con l'indipendenza di giudizio e di scelta dei singoli esperimenti. L'organizzazione della CCR tenta di risolvere questo problema.

Allo scopo di allargare l'interscambio di esperienze e di informazione ad un ambito più vasto di ricercatori e tecnologi, anche nel 2004 è stato organizzato un *Workshop sulle problematiche del Calcolo*, cui hanno partecipato, sia i responsabili del servizio calcolo delle Unità Operative, che molti rappresentanti dei gruppi sperimentali.

I servizi di trasmissione dati per la ricerca sono, in Italia, forniti dal Consortium GARR, e, a livello internazionale, dal Consorzio Europeo delle Reti Nazionali della Ricerca, cui l'Italia partecipa attraverso il GARR. Il collegamento del GARR al backbone europeo è stato portato a 10Gbit/s nel corso del 2003. Nel 2004 questa capacità è stata ampiamente sufficiente a soddisfare le richieste di traffico dell'INFN.

La possibilità di attivare un secondo collegamento a 2.5Gbit/s, limitatamente al soddisfacimento delle necessità test specifici, è stata utilizzata per la creazione di un

collegamento *punto a punto* virtuale tra il CNAF, il CERN e Karlsruhe per la sperimentazione nell'ambito del progetto DATATAG. Dimostrata la validità tecnica del metodo e la sua compatibilità col traffico normale di produzione, il *Circuiti Virtuale* è stato in seguito spostato sul link principale. La determinazione dei livelli di servizio richiesti dai vari esperimenti, come avvenuto per il passato, è stata fatta dalle rispettive Commissioni Scientifiche Nazionali. La CCR ha armonizzato tali richieste con le esigenze generali delle Unità Operative e con i mezzi tecnici disponibili ed ha elaborato la tabella finale delle capacità delle connessioni da richiedere formalmente al GARR.

Il modello economico introdotto sperimentalmente nel 2003 e basato sulla richiesta di una Banda Garantita di Accesso (BGA) e di una Banda Effettiva di Accesso (BEA, economicamente molto meno onerosa, ma non formalmente garantita), è entrato a regime. Dimensionare il collegamento di un'Unità Operativa in termini di BGA e BEA permette di assorbire facilmente i picchi di utilizzo ed il traffico anomalo generato da test e sperimentazioni, anche relativamente prolungati, con un aggravio economico estremamente ridotto, comunque di notevolmente inferiore a quello legato ad un dimensionamento più generoso della BGA.

Questa soluzione ha permesso, tranne nei casi in cui l'infrastruttura non poteva essere creata, di eliminare le limitazioni messe in evidenza dai test di carico della rete effettuati nel passato dagli esperimenti. Nel 2004 una frazione importante dei finanziamenti erogati dalla CCR è stata dedicata ad un parziale rinnovo delle apparecchiature di interconnessione tra le reti locali e la rete GARR, ma tale sforzo dovrà continuare in futuro.

L'ammodernamento e il potenziamento della struttura di rete geografica, devono necessariamente andare di pari passo con lo sviluppo ed il potenziamento della struttura di rete locale. Tale processo deve necessariamente prendere in considerazione quanto viene fatto nel campo delle strutture metropolitane su fibra proprietaria, infrastrutture create e gestite dalle comunità scientifiche locali, comunità di cui le Unità Operative fanno parte.

L'aggiornamento delle strutture di rete locali, iniziato nel 2003, è continuato nel 2004 come previsto, anche nell'ottica di incoraggiare l'integrazione delle *farm*

esistenti nelle Unità Operative in strutture integrate, più potenti, flessibili ed economiche.

Come già detto, il calcolo intensivo nei gruppi di ricerca è di stretta competenza delle Commissioni Scientifiche Nazionali. È stata tuttavia notata la tendenza da parte di un numero sempre maggiore gruppi sperimentali, a far ricorso in maniera più sistematica alle strutture di calcolo centrali delle Unità Operative e dell'Ente. Tale processo ben si integra con il paradigma del calcolo introdotto dal concetto di GRID per LHC, in quanto porta naturalmente alla nascita dei TIER-2 e TIER-3 locali che sono previsti dall'architettura del calcolo dei futuri esperimenti. L'intervento della CCR in questo processo si è concretato in tre linee specifiche: manutenzioni centrali e acquisto centrale di kit per la distribuzione di software di interesse generale, potenziamento delle infrastrutture delle Sedi, creazione di strutture integrate.

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.

In accordo con quanto stabilito dalla legislazione italiana, l'INFN ha approvato nel 2001 il proprio Piano Triennale di Azioni Positive (2002-2004), sulla base del programma di attività proposto dal CPO secondo le linee strategiche della politica della Unione Europea in materia di Pari Opportunità.

2.7 RISORSE DI PERSONALE 2002-2004

Le risorse di personale disponibili nel 2004 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 attualmente disponibili ammontano a 1.910 unità, un centinaio delle quali in corso di copertura attraverso procedure concorsuali in atto o in attesa di poterne assumere i vincitori, non appena ciò sarà consentito dalle attuali limitazioni legislative cui si accennerà più avanti. La suddivisione tra i vari profili professionali è illustrata nel grafico.

Sono inoltre coperte con contratti a tempo determinato 26 posizioni di ricercatore, 62 di tecnologo, 39 di tecnico e 45 di amministrativo, per un totale di 172.

Sono anche attivi 34 contratti (9 ricercatori, 16 tecnologi, 9 tecnici e 1 amministrativo) a carico di progetti finanziati dall'Unione Europea o da altre istituzioni italiane ed estere.

La legge finanziaria del 2004 (n. 350 del 24 dicembre 2003) ha posto severe limitazioni al fabbisogno 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.

Questi provvedimenti hanno portato ad un progressivo innalzamento dell'età media di reclutamento dei ricercatori in organico e contemporaneamente dell'età media dei ricercatori con contratto a tempo determinato. Questa tendenza rischia di dover operare la selezione di reclutamento ad un'età in cui la riconversione delle risorse umane formate nella ricerca in settori esterni e applicativi diventa ardua, improbabile e improduttiva.

2.7.2 IL PERSONALE ASSOCIATO

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 2004

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(*)
5	Post-dottorato (teorici)	biennale	titoli e colloquio	Istituzioni estere
1	teorici	biennale	titoli	MIT(*)
1	sperimentali	biennale	titoli	SLAC (Stanford)**)
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(***) 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.

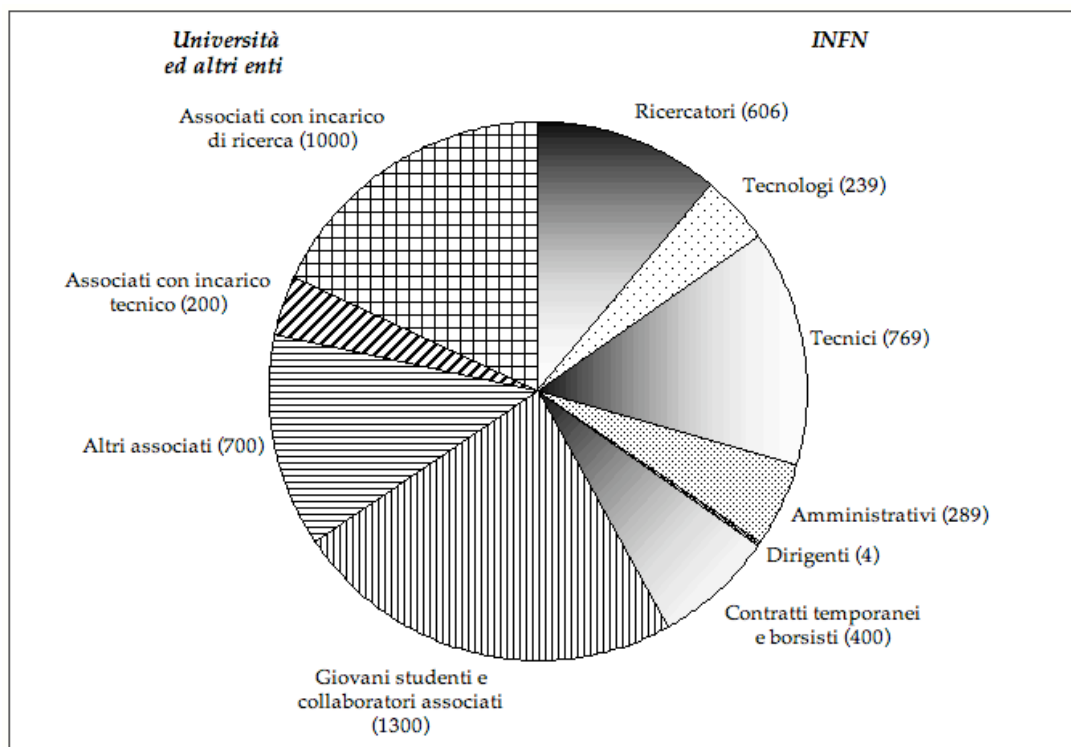
2.7.3 IL PERSONALE INCARICATO

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 2004 e i relativi costi suddivisi nelle tipologie indicate.

QUADRO A - SITUAZIONE DEL PERSONALE AL 31.12.2004

A.1 - PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO INDETERMINATO

Profilo	Dotazione organica	In servizio al 31.12.2004	Costo 2004 (in migl. di Euro)
Dirigente I fascia	1	1	132
Dirigente II fascia	3	2	237
Ricercatore	609	580	36.423
Tecnologo	241	221	12.405
Collaboratore tecnico enti ricerca.	616	583	20.345
Operatore tecnico	142	136	4.028
Ausiliario tecnico	7	7	188
Funzionario di Amministrazione	73	68	2.576
Collaboratore di Amministrazione	209	200	6.352
Operatore di Amministrazione	9	9	251
Totale	1.910	1.807	82.937

A.2 - PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO DETERMINATO

Tipologia di personale	Profilo	In servizio al 31.12.2004(*)	Costo 2004 (in migliaia di Euro)
Personale a contratto di alta qualificazione o assunto in relazione ai programmi di attività	Ricercatore	29	1.714
	Tecnologo	53	2.641
	Coll. Tec. E.R.	38	1.157
	Operat. Tecnico	2	63
	Funzionario Amm.ne	1	29
	Collaboratore Amm.ne	47	1.110
	Totale	170	6.714
Personale a contratto trimestrale per esigenze di carattere straordinario	Collaboratore Amm.ne	8	247

(*) espresso in anni-persona

A.3 - COLLABORAZIONI

Tipologia della collaborazione	Nuovi contratti al 31.12.2004	Costo 2004 (in migliaia di Euro)
Assegni per la collaborazione all'attività di ricerca (art. 51 legge 27.12.97 n° 449)	80	1.400
Contratti di collaborazione per specifiche prestazioni previste da programmi di ricerca (art. 51 legge 27.12.97 n° 449)	35	980
Altri contratti di prestazione d'opera e consulenze	20	325

2.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO

L'analisi è stata condotta considerando l'impatto della ricerca INFN sotto il profilo culturale e sotto quello tecnologico.

La prima direzione è stata esaminata considerando 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. In quest'ambito, tuttavia, l'INFN dedica risorse importanti allo sviluppo in collaborazione con l'industria di tecnologie di frontiera, che hanno un forte impatto in campi interdisciplinari e multidisciplinari. Ne risulta che l'INFN promuove apertamente 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, che 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 della relazione. Particolare attenzione è stata riservata al tema dell'impatto della ricerca INFN sull'economia nazionale. Una cura particolare è stata impiegata nell'analizzare gli investimenti INFN in Alte Tecnologie e, in particolare, è stato analizzato il coinvolgimento industriale nella ricerca INFN e il ritorno finanziario all'Italia con riferimento al caso del CERN e paragoni specifici al caso degli altri maggiori 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 di laureandi per la preparazione della tesi di Laurea e di giovani laureati per quella di Dottorato attraverso il diretto coinvolgimento nel lavoro di ricerca.

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.

Tabella 1 - Diplomi di Laurea e di Dottorato conseguiti da giovani formati nell'ambito di gruppi INFN (2001-2003)		
	N. <i>Laurea</i>	N. PhD
Sezioni	1095	364
Laboratori Nazionali	(84)	(21)

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 maggiore del 30% del numero di diplomi di Laurea conseguiti nel triennio. Nella seconda riga della Tabella è riportato anche il numero dei due tipi di diplomi ottenuti mediante tesi effettuate presso i Laboratori Nazionali. È stata effettuata 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; da questa indagine si è potuto riscontrare 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 sviluppato nel periodo 2001-2003 un'azione determinante nell'organizzare scuole a livello nazionale per studenti di dottorato, fornendo finanziamenti, insegnanti e personale amministrativo. Tra le molte scuole organizzate, con periodicità differenti, in diverse sedi INFN il prototipo di quelle annuali è il *Seminario Nazionale di Fisica Nucleare e Subnucleare* che si svolge a Otranto (BA), iniziativa consolidata (105 partecipanti sui tre anni) ormai alla sua sedicesima edizione. Con la stessa periodicità, e in periodi non sovrappoventi, la stessa impostazione è seguita nel *Seminario Nazionale di Fisica Teorica*, avviato a Parma nel 1991 (120 partecipanti nei tre anni),

e, qualche anno dopo, nella *Scuola primaverile di Frascati "Bruno Touschek"* (60 partecipanti sui tre anni).

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; 20.000 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 giorni *Porte Aperte* a Ferrara, i *Corsi di Fisica per l'Università dell'Età Libera* a Firenze, i Seminari tenuti presso Istituti Tecnici a Genova, la *Conferenza sulla Qualità nella Preparazione degli Insegnanti* a Trieste, le *Mostre Scientifiche Interattive (Scienza dal vivo)* a Padova e Torino. L'interesse riscontrato anche nei confronti di queste iniziative è in crescita.

Nell'insieme, esse aumentano di fatto la partecipazione più sopra citata di qualche migliaia di persone su scala annuale.

Un'ulteriore iniziativa interdisciplinare per approfondire gli scambi fra la cultura INFN e la società è rappresentata dalla *Scuola Internazionale su Fisica e Industria*, che si tiene annualmente, con 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 e mondo della produzione. Ancora nella direzione della diffusione della cultura scientifica al grande pubblico, l'INFN ha finanziato un Progetto speciale (il progetto *Divulgazione scientifica*) attraverso il quale, nel corso del 2001 e 2002, è stata esplicata un'attività mirata che ha condotto a iniziative editoriali (tra le quali il bollettino *Notizie INFN: dai Quark alle Galassie*, con diffusione di 7000 copie in Italia e all'estero) e l'Ente ha organizzato/partecipato a 15 Mostre in Italia e 7 all'estero su aspetti diversi delle attività INFN o a queste correlate, avviando inoltre iniziative diverse per rinforzare le interazioni del mondo della ricerca con quello della scuola superiore. Dal 2002, inoltre, l'INFN ha istituito un apposito Ufficio per la Comunicazione, che si occupa delle interazioni 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, l'Ufficio sta allestendo un nuovo bollettino INFN, che sarà indirizzato ai non specialisti con particolare attenzione al pubblico scolastico. Nel 2003, è stata inaugurata la 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.

Highlights

L'esigenza di avere strumentazione innovativa forza gli esperimenti a sviluppare tecnologie di punta in campi quali i rivelatori, l'elettronica, gli acceleratori ed i superconduttori. A tal fine all'interno di tutte le commissioni scientifiche dell'INFN risorse opportune sono state riservate allo sviluppo di queste tecnologie di punta. Una stretta collaborazione con le industrie era necessaria per raggiungere i risultati prefissati e una frazione considerevole delle tecnologie innovative sviluppate ha avuto ricadute su una vasta comunità attiva in campi quali la medicina, l'ambiente e i beni

culturali, dando origine a collaborazioni con molte altre istituzioni. Nel seguito sono riportati alcuni esempi, oltre a quelli già incontrati nella descrizione delle attività dei vari laboratori nazionali, e 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 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-Hamburgo); 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.

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.

Un programma attinente a queste tecnologie qualificate per lo spazio, è stato condotto dall'INFN in collaborazione con ASI. Le attività di R&D condotte in collaborazione con le industrie italiane, includono vari campi quali: rivelatori al silicio, sistemi *hardware* di acquisizione avanzati, (memorie di massa, processori

veloci ed elettronica *front-end*), distributori di alta tensione e strutture meccaniche leggere.

Questo programma ha dato l'opportunità alle industrie partecipanti di aprire nuovi settori, con prodotti commissionati dalle agenzie spaziali. Altre, come conseguenza delle interazioni con l'INFN, hanno diversificato le linee di produzione nel settore spaziale, medico 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 ed una di alimentazione, ad 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) userà il laboratorio per installare e collegare la stazione SN-1, che costituirà il primo nodo attivo dello *European Sea Floor Observatory Network* (ESONET). Lo scopo di ESONET è quello di stabilire la base per un componente marino di GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), che comprende una rete di osservatori multidisciplinari a lungo termine, sul fondo marino, in posizioni chiave attorno al margine europeo, in grado di fornire una sorveglianza continua dei fenomeni geofisici, bio-geochimici, oceanografici e biologici. L'UCL di Londra (UK) sta progettando una piattaforma per studiare deformazioni a lungo termine di campioni di roccia, anch'essa da installare e collegare nel laboratorio.

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 prevista 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/sec, ed ha permesso la connessione di tutte le sedi INFN e delle Università fino a 155Mbit/sec.

L'INFN inoltre ha partecipato attivamente, nell'ambito del Quinto Programma Quadro, al progetto europeo denominato GN1. 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 2.5 Gbit/sec.

Oltre a questa infrastruttura, 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. Questo lavoro si è concluso nel dicembre del 2002: in quella data, tutte le Università erano state collegate tra loro insieme ai centri di tutte le istituzioni pubbliche di ricerca (CNR, ENEA, ASI, INGV, INAF, INFN, etc.).

Nel giugno 2002 è stata annunciata la rete GARR-Giganet, accolta favorevolmente dal MIUR come una mutazione di portata storica. 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. GARR-G garantisce 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.

A partire da 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. Nel 2003 GARR-G era basato su un backbone dell'ordine dei 50 Gbit/sec, 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 10 Gbit/s.

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 finalizzati allo studio dei processi rari come il decadimento beta doppio, l'interazione di Materia Oscura e il decadimento beta singolo per la misura della massa del neutrino. 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 8Bq/m^3 .

Per dare un ordine di grandezza, il contenuto delle catene di U, Th nei comuni materiali è $>$ di 1Bq/kg , mentre i materiali selezionati per i rivelatori dovrebbe avere una contaminazione minore di 1mBq/kg .

L'attuale sensibilità è dell'ordine di 10mBq/kg per le catene di U e Th, ma può essere migliorata con uno schermo attivo per i raggi cosmici. La camera per la misura delle particelle alfa può raggiungere un limite di 1 conteggio/(cm^2 giorno) nella regione di energia dei decadimenti alfa. Il rivelatore a pozzetto (HPGe), utilizzato per i piccoli campioni, ha un'alta efficienza assoluta (80%) a bassa energia (200keV) ed è utilizzato per i materiali attivati con neutroni.

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.

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, ed 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 ed 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 2004, 77 pazienti con diversi tumori oculari sono stati trattati presso la linea di irraggiamento di CATANA.

E' stato provato che 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), che verrà realizzato 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.

Nel novembre 2003 l'INFN ha siglato un accordo di collaborazione con il CNAO per la costruzione dell'acceleratore nel periodo 2004-2007; al termine di questo periodo si prevede che il Centro CNAO possa iniziare il trattamento dei primi pazienti.

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.

Durante il 2003 due nuove iniziative sono state concepite: 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 presentato all'interno della parte IST del Sesto Programma Quadro. Il consorzio EURITRACK sarà costituito da un numero di Istituti di Ricerca (da Francia, Italia, Croazia, Polonia e Svezia), PMI (Francia e Italia) e dalle Autorità doganali francesi.

L'INFN di Padova partecipa alle attività IAEA di formazione nel campo delle applicazioni delle tecniche nucleari allo Sminamento Umanitario. 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 ed 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 del combustibile nucleare. Il materiale più pericoloso – cioè il plutonio, isotopi “minori” degli attinidi (MA) ed 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) ed 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) ed i prototipi delle cavità superconduttive.

Come esempio, il modulo RFQ sviluppato per TRASCO (con 5MeV di energia finale ed 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&S 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 ed 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 può certamente essere inserita nel sistema di produzione come molla per le innovazioni importanti, in modo 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) ed i relativi rivelatori al Centro Europeo per le Ricerche nucleari (CERN). Tale risultato è stato realizzato con il contributo delle aziende italiane ed in particolare di molte PMI. Si è assistito ad un grande trasferimento di "know-how" tecnologico verso le aziende, aumentando le loro possibilità di accedere ad 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.

Un indicatore della capacità dell'INFN di qualificare in modo efficiente le ditte italiane per le attività in fisica sperimentale, è rappresentato dalla quota di contratti assegnati loro per le forniture industriali dal CERN, confrontata con altri paesi europei. La ricaduta appare ottima: infatti nel triennio 01-03 oltre il 14% dei contratti del CERN sono stati aggiudicati a ditte italiani mentre la partecipazione italiana al budget del laboratorio europeo è di circa il 13%.

2.9 PROGETTI UNIONE EUROPEA

Sin dalle prime call for proposal, inizi 2003, nell'INFN c'è stato un grosso interesse alle opportunità di finanziamento offerte nell'ambito del sesto Programma Quadro (6PQ) della Commissione Europea. I progetti sono stati presentati su diversi settori di ricerca sia fondamentale che applicata.

Nell'ambito della ricerca fondamentale sono stati presentati progetti per la fisica nucleare, astroparticellare e per le nuove tecniche di accelerazione. Questi progetti, nati all'interno di organismi Europei (che hanno visto l'INFN fra gli Enti fondatori) quali APEC, NuPECC e ESGARD (**E**uropean **S**teering **G**roup on **A**ccelerator **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 Iniziative (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.

Quattro grossi progetti presentati in questo contesto sono stati approvati e sono attualmente in fase di esecuzione: uno per la fisica adronica, uno per la fisica delle

astroparticelle, uno sulle nuove tecniche di accelerazione ed uno sul Free Electron Laser (FEL) e sono di durata quadriennale. Un quinto progetto nell'ambito della fisica nucleare è in fase di negoziazione ed è previsto iniziare a Gennaio 2005.

Il progetto sulla fisica adronica (I3HP), coordinato dall'INFN, coinvolge circa 35 istituzioni Europee e 2200 ricercatori, il finanziamento totale di circa 17,4 Meuro di cui 4Meuro per l'INFN. Il progetto sulla fisica astroparticellare (ILIAS) coinvolge circa 21 istituzioni Europee e 1500 ricercatori, prevede un finanziamento totale di circa 7,5Meuro di cui circa 2,5Meuro per l'INFN. Al progetto sul FEL collaborano 16 istituzioni europee ed il finanziamento totale è di circa 27Meuro. Per il progetto di fisica nucleare (EURONS), attualmente in fase di negoziazione, è previsto un finanziamento totale di 15 Meuro di cui circa 1,6 per l'INFN. Infine al progetto sulle nuove tecniche di accelerazione (CARE) partecipano circa 21 istituzioni Europee ed il finanziamento totale è di circa 15 Meuro di cui 2Meuro per l'INFN.

Una attività importante svolta all'interno di questi 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 V Programma Quadro tre dei Laboratori Nazionali dell'INFN (LNL, LNF, LNS), hanno offerto accesso transazionale a numerosi gruppi di ricerca europei, questa attività sta continuando nel VI Programma Quadro nel contesto delle "Integrated Infrastructures Initiative (I3)".

Sempre nell'ambito delle infrastrutture di ricerca è stato approvato un progetto su GRID (EGEE) che coinvolge 70 istituzioni organizzate in 9 federazioni (l'INFN coordina la federazione Italiana). Il finanziamento totale del progetto è di circa 32Meuro di cui circa 4 per l'INFN.

Anche per gli studi di fattibilità e la costruzione di nuove infrastrutture l'INFN partecipa a numerosi progetti europei, vale la pena menzionare: EUROTUV volto allo studio del next linear collider, EURISOL per la Radioactive Ion Beam Facility, lo studio di fattibilità per la facility sottomarina NEMO 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, attualmente in fase di negoziazione, hanno una elevata valenza Europea in quanto coinvolgono più di 20 istituzioni Europee ed una comunità di migliaia di ricercatori. Il finanziamento totale previsto va da 9 a 10Meuro e quello per l'INFN da 1 a 5Meuro.

Oltre ai progetti sulla ricerca fondamentale sopracitati sono stati presentati anche progetti sulla fisica applicata, dalle nanotecnologie all'adroterapia e sull'*Information Society Technology* (IST). In particolare è stato finanziato un progetto per lo sviluppo di rivelatori per la dosimetria nell'adroterapia che coinvolge 24 istituzioni ed a un finanziamento totale di circa 4Meuro. Molti altri progetti sono invece ancora in fase di valutazione.

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

L'INFN continuerà a partecipare molteplici opportunità di finanziamento offerte dal 6PQ per tutta la sua durata, tra le altre cose si sta pensando a progetti per le risorse umane e mobilità ed ancora tanti altri per la fisica applicata.

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 ulteriore finanziamento per il 2004 di 5 milioni di euro.

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.

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.

Inoltre, il decreto Legge 12 luglio 2004, convertito dalla Legge 30 luglio 2004, n. 191, ha imposto 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 trasferte 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.

3. PIANO DI ATTIVITÀ 2005-2007

3.1 FISICA SUBNUCLEARE

Con la partenza della sperimentazione all'LHC prevista per il 2007 il periodo 2005-2007 vedrà un impegno che richiederà uno sforzo eccezionale da parte dell'INFN nella costruzione ed installazione delle parti degli apparati di propria responsabilità negli esperimenti ATLAS, CMS ed LHCb. Nel prossimo triennio è previsto che BABAR, CDF, COMPASS, KLOE e ZEUS continuino la raccolta dei dati aumentando sensibilmente la quantità di dati a propria disposizione. Infine, l'esperimento NA48 terminata la propria fase di presa dati nel 2004, completerà l'analisi nel corso di questo Piano Triennale ma ha piani per una futura estensione del programma scientifico; la costruzione dell'esperimento MEG, dedicato alla ricerca della violazione del numero leptonico, avverrà negli anni 2005-2006 e nella seconda parte del 2006 è prevista la prima campagna di raccolta dati.

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 qualora le motivazioni di fisica giustificassero tale opzione. Una situazione analoga è prevedibile per la Φ -factory (DAFNE) di Frascati. In questo caso è infatti verosimile una fine della attuale campagna di presa dati dell'esperimento KLOE verso il 2005-2006, dopo aver raggiunto gli obiettivi di fisica previsti. Sono attualmente in discussione possibili migliorie dell'acceleratore (e di conseguenza dell'esperimento) la cui realizzazione si situerebbe dopo il 2006.

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). Recentemente questa attività è stata anche discussa in seno all'OCSE da un gruppo di lavoro creato *ad hoc* da tale organizzazione. 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. Un passo importantissimo è stato compiuto sulla via dell'approvazione di questa macchina. Il comitato internazionale (International Technology Recommendation Panel) preposto alla scelta della tecnologia su cui basare l'acceleratore ha deciso (Agosto 2004) in favore della tecnologia basata su cavità superconduttrici. Il progetto ha ricevuto anche un nome: ILC (International Linear Collider) ed esiste una road map per le decisioni future.

Un altro evento che avrà conseguenze sul futuro di questa fisica è stato l'incontro straordinario che il CERN ha organizzato a Villars nel Settembre 2004 e che vuole definire un progetto per la fisica non-LHC in quel laboratorio 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 400, 500 e 630pbarn inversi rispettivamente nel 2005, 2006 e 2007. 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 Bs 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. Entro il 2005 è anche previsto il completamento delle migliorie dell'apparato previste per la seconda fase della presa dati. Nel 2005 potrebbe iniziare la costruzione di BTeV qualora l'esperimento venisse definitivamente approvato; la costruzione con un importante contributo dei gruppi italiani continuerebbe negli anni seguenti.

Le attività collegate ai grandi rivelatori al Large Hadron Collider (LHC) del CERN negli anni dal 2005 al 2007 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 andranno 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 ed analizzare l'enorme messe di dati fornita dall'LHC.

VIOLAZIONE DI CP E DECADIMENTI RARI

Obiettivo dell'esperimento KLOE è quello di raccogliere nel periodo 2005-2006 una statistica derivante da una luminosità integrata di ~ 2 femtobarn inversi fornita dalla macchina DAFNE di Frascati e procedere ad una prima determinazione dei parametri di violazione di CP nel decadimento dei mesoni B^0 . Per quanto riguarda l'ulteriore tempo di run questo dovrà tenere in conto anche delle esigenze degli altri esperimenti che utilizzano l'acceleratore.

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 carichi, nonché la misura di decadimenti rarissimi degli stessi mesoni.

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 fornire, pari a 130, 150 e 160

femtobarn inversi per gli anni 2005, 2006 e 2007 rispettivamente. È anche previsto il completamento dell'installazione dei nuovi rivelatori inseriti nel giogo di ferro a grande angolo entro il 2005. 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. Oltre a questa attività i ricercatori INFN dovranno continuare l'analisi dei dati raccolti con l'obiettivo ambizioso di ricostruire il triangolo unitario tramite la sola misura degli angoli, cioè totalmente con misure di violazione di CP.

L'esperimento MEG deve terminare la fase di costruzione e entrare in funzione nel 2006 per un primo periodo di prova dell'apparato e quindi affrontare nel 2007 la sfida posta da questa difficilissima misura.

DIFFUSIONE PROFONDAMENTE ANELASTICA

È previsto che nei prossimi tre anni l'esperimento ZEUS raccolga dati e che questa termini nel 2007. Si prevede l'integrazione di circa 200 picobarn inversi all'anno (140, 180, 230). Sarà compito della collaborazione fare sì che il rivelatore permetta uno sfruttamento ottimale di questa luminosità ed è previsto che l'analisi di tutto il campione di dati a disposizione dell'esperimento sia eseguita entro l'anno successivo, raggiungendo un livello di comprensione tale da poter portare a pubblicazione la maggior parte delle analisi. Questa campagna di presa dati ha fra gli obiettivi principali la misura delle sezioni d'urto per interazioni da correnti cariche e neutre usando come sonde sia elettroni che positroni. È anche prevista la misura delle funzioni di distribuzione partoniche all'interno del protone bersaglio nonché lo studio delle interazioni elettro-deboli usando fasci polarizzati.

Compito dell'esperimento COMPASS nel 2005 sarà quello di analizzare i dati raccolti sin qui e portare ad una prima determinazione del contributo dello spin del protone dovuto ai gluoni. Nel 2005 non ci sarà infatti alcun fascio al CERN. L'esperimento riprenderà a prendere dati nel 2006 e continuerà nel 2007. Durante la fermata degli acceleratori al CERN prevista per il 2005, la collaborazione COMPASS dovrà installare i rivelatori necessari per la seconda fase della presa dati per essere pronta alla seconda campagna di misura del 2006.

Progetto speciale NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE (NTA)

Il commissioning dell'acceleratore lineare da 1GeV TTF continuerà fino all'inizio del 2005 e l'operazione a pieno regime del VUV Fel secondo specifiche di progetto (a 6nm) verrà raggiunta a metà del 2006, passando attraverso a delle fasi intermedie a lunghezze d'onda maggiori. Il gruppo INFN parteciperà al completamento di tutte le operazioni di montaggio moduli e beam line, anche a quelle previste nel 2005, così da non perdere la competenza acquisita in questi anni, ma anzi per analizzare efficacemente e catalogare le informazioni riguardanti le operazioni eseguite sui moduli. Questo porterà alla creazione di un database contenente le informazioni relative all'affidabilità, sia dei componenti che delle procedure impiegate per la costruzione di TTF II, in vista del design e dell'analisi critica per i programmi XFEL e dell'ILC superconduttivo. L'esperienza e le competenze acquisite nel design e nella costruzione dei criomoduli restano un'importante e preziosa conoscenza di proprietà dell'INFN, che l'Ente potrà in futuro spendere su progetti di rilevanza internazionale quali l'X-FEL, ILC e le macchine per protoni ad alta intensità superconduttive (quali CERN/SPL, Proton Driver per neutrino factory o acceleratori per ADS).

Il gruppo INFN contribuirà anche per mezzo delle stazioni di operazione remota realizzate in Italia. Il gruppo proseguirà le misure delle caratteristiche del fascio, le diagnostiche di emittanza e le diagnostiche speciale (WPM per vibrazioni).

Il gruppo NTA ha maturato negli anni con i programmi NTA e ADS esperienza sul design delle cavità SC e ancillari e sarà impegnato, anche nel 2005 per seguire le attività di costruzione delle strutture presso Zanon; questo permetterà di non perdere e di estendere le competenze acquisite in questi anni in questo campo. Tale attività è strettamente correlata a quelle programmatiche previste dal progetto CARE, che prevede per il 2005 attività di analisi di affidabilità, studi e miglioramenti delle procedure di saldatura delle cavità, studi e ottimizzazione di componenti quali il sistema di irrigidimento e lo sviluppo di sistemi di flangiatura criogenica alternativi. Per queste attività sono previste la realizzazione di prototipi e il loro test a 2K. Si prevede infine di completare l'analisi progettuale del nuovo tuner coassiale, comprendendo anche l'integrazione con tutti gli altri elementi (la tank a elio, la cavità, il sistema di attuatori/sensori piezoelettrici e i sensori di forza).

L'attività futura sui catodi avrà come scopo principale quello di coprire le necessità di produzione affidabile dei catodi per TTF II, che opererà da metà 2005 come user facility, con richieste di disponibilità di fascio maggiori da quelle previste finora per TTF-I.

Per CTF3 sarà terminata l'attività concernente la realizzazione, l'installazione e la messa a punto della parte del complesso sulla quale l'INFN ha piena responsabilità, cioè lo stretcher-compressore all'uscita del Linac, il Delay Loop e le linee di trasferimento relative. Nel 2005 verrà installato il Delay Loop intervallando fasi di montaggio con turni macchina per le misure e la caratterizzazione del fascio del Linac studiando la dinamica dei fasci grazie all'ampia flessibilità del sistema in termine di correlazione nello spazio delle fasi longitudinali. Particolare attenzione sarà dedicata alla caratterizzazione della radiazione coerente di sincrotrone, per la quale è stata prevista la diagnostica necessaria. Nel 2005 ed inizio 2006, dopo l'installazione del Delay Loop, si proverà per la prima volta la fase decisiva della ricombinazione per un fattore due del treno di impulsi alla corrente nominale di progetto. È prevista una continuazione di partecipazione al progetto con la realizzazione delle camere e componenti da vuoto, incluse le diagnostiche di fascio, del secondo anello ricombinatore. L'installazione del Combiner Ring inizierà nel 2006.

Nel prossimo triennio NTA potrebbero essere esteso in modo da includere nuove attività per le quali esistono delle proposte attualmente in una fase di valutazioni. Alcune di queste proposte riguardano:

- la possibilità di usare l'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 eccitati da impulsi laser di alta potenza;
- un possibile contributo a LHC sia per mezzo della realizzazione di un sistema di eliminazione dell'alone del fascio basato sul meccanismo di channeling attraverso un cristallo di silicio sia per mezzo dello sviluppo di magneti superconduttori di concezione avanzata;

- 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.

Progetto speciale SPARC

Il piano di lavoro per il triennio 2005-2007 è brevemente dettagliato in quanto segue.

Nel 2005 si prevede di completare la realizzazione degli impianti in sala e di assemblare l'intero sistema composto dal Laser per il foto-catodo, il cannone RF, le sezioni Linac, il sistema magnetico, la camera da vuoto con la diagnostica, il sistema di controllo.

I primi test con il fascio saranno effettuati nei primi mesi del 2006. In particolare sarà messo a punto l'intero sistema e sarà caratterizzata l'emittanza e lo spread di energia del fascio di elettroni. Il collaudo del Linac sarà completato entro la fine del 2006, quando inizieranno i primi test di generazione della radiazione SASE nell'ondulatore.

Il programma scientifico di SPARC sarà integrato mediante il finanziamento ottenuto con il progetto EUROFEL, approvato nell'ambito del VI Programma Quadro “Design Studies” della U.E., che consentirà di completare l'esperimento di compressione del pacchetto di elettroni mediante tecniche a radiofrequenza. Inoltre si realizzerà un esperimento di “seeding” finalizzato a migliorare la coerenza temporale della radiazione emessa nell'ondulatore.

Infine, il programma SPARC troverà il suo naturale prosieguo nel progetto SPARX, recentemente approvato dal MIUR, e finalizzato allo sviluppo di una attività di R&D per la produzione di radiazione coerente nella regione spettrale X. A tale scopo nel corso del 2005, il gruppo di studio SPARC/X elaborerà lo studio di fattibilità di una “test facility”, SPARXINO, in grado di generare radiazione coerente con lunghezza d'onda $\sim 3-10\text{nm}$, basata su di un Linac di energia compresa tra 1.2 e 1.5GeV, da realizzarsi presso i LNF mediante un up-grade del Linac esistente ed attualmente utilizzato per l'iniezione in DAFNE.

Progetto speciale GRID

Nel 2005 il progetto INFN Grid sarà notevolmente impegnato su molti fronti a livello internazionale

- Realizzazione dei Data e Service Challenges 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 e Pisa e i Tier3 delle altre sedi e che è operativa 24 ore al giorno, sette giorni su sette
- La prosecuzione del progetto EGEE che prevede la re-ingegnerizzazione del middleware, lo 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
- Lo sviluppo del progetto Europeo GridCC in cui l'INFN è il coordinatore 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
- Preparazione della proposta per la fase II di EGEE da completare entro l'estate 2005.
- Finalizzazione della proposta per la fase II del LHC Computing Grid ed inizio della costruzione del sistema di calcolo che dovrà essere pronto per la presa dati di LHC
- Finalizzazione di altre proposte e attività minori come il progetto Europeo ALFAGrid che prevede una collaborazione con alcuni paesi dell'America Latina per la realizzazione di corsi e scuole sulla tematica delle Grid e a livello nazionale
- Sviluppo e completamento del progetto FIRB Grid.it con la costruzione e lo studio delle problematiche relative alla costruzione di un'infrastruttura Grid nazionale
- Sviluppo del middleware INFN ed in particolare del portale Genius in collaborazione con NICE, della gestione delle organizzazioni virtuali VOMS in

collaborazione con i progetti Grid US e del Monitoring della Grid GRIDICE in collaborazione con LCG.

- Lo sforzo maggiore, a livello nazionale, 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 fine l'INFN sta coordinando la creazione del Consorzio Omega (Open Middleware Enabling Grid Application) assieme ai maggiori Enti di Ricerca Italiani e a numerose Industrie.

Il 2006 sarà l'anno del completamento del progetto EGEE e della piena funzionalità dell'e-Infrastruttura Europea per la ricerca. In parallelo, sopra di questa, proseguirà la costruzione del sistema di calcolo per LHC che dovrà essere pronto per la presa dati del 2008.

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 2005-2007, 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 Monte Carlo. 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	TOT
Ricercatori	58,6%	26,2%	7,2%	8%	790 FTE
Finanziamento 2005	64,6%	21,3%	4,8%	9,3%	33.1 M€

- a) Interazioni adroniche (CDFII, ATLAS, CMS, LHCb, TOTEM)
- b) Violazione di CP e decadimenti rari (BABAR, HERA-B, P-BTEV, KLOE, EPSI, FOCUS, KOPIO, MEG)
- c) Diffusione profondamente anelastica (COMPASS, ZEUS)
- d) Progetti Speciali (NTA, SPARC, ELN)

La descrizione dettagliata degli esperimenti è disponibile al sito WEB:

http://www.infn.it/csn1/esperimenti/esperimenti_CSNI.html

3.2 FISICA ASTROPARTICELLARE

Le linee di sviluppo della fisica astroparticellare per il triennio 2005-2007 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. In questo contesto il fascio di neutrini dal CERN di Ginevra diretto verso il laboratorio del Gran Sasso avrà caratteristiche uniche per consentire la rivelazione dei neutrini di tipo tau prodotti nel fenomeno di oscillazione. Per questi studi l'Istituto utilizza il laboratorio del Gran Sasso, il più grande e attrezzato laboratorio sotterraneo al mondo.

Nel settore dei “messaggeri cosmici” (onde gravitazionali, fotoni, neutrini, raggi cosmici) il piano 2005-2007 prevede la raccolta di numerosi dati con i rivelatori esistenti e la messa in funzione di nuovi apparati. Si potranno ottenere risultati sorprendenti come è accaduto ogni volta che sono entrati in funzione strumenti con notevoli innovazioni tecnologiche.

La fisica astroparticellare è un campo in pieno sviluppo come testimonia il continuo incremento del numero di attività e del numero di ricercatori INFN. La natura stessa di questa ricerca, ovvero l'osservazione di fenomeni rari ed inaspettati, richiede un coordinamento a livello mondiale per l'entità dello sforzo richiesto. L'istituto è stato tra i promotori dell'organismo ApPEC per il coordinamento europeo della fisica astroparticellare ed ha concorso con il CNRS francese alla costituzione del consorzio EGO per la ricerca delle onde gravitazionali.

FISICA DEI NEUTRINI

Gli esperimenti sulla natura dei neutrini sono concentrati principalmente nel Laboratorio Nazionale del Gran Sasso. Nell'ultimo periodo, alcune attività del Laboratorio sono state rallentate a causa dei problemi collegati a questioni connesse con lo smaltimento delle acque.

L'esperimento che ha sofferto di più dal rallentamento delle attività è BOREXINO dedicato ai neutrini solari, provenienti dal decadimento del berillio. Questo esperimento può fornire importanti informazioni sulle oscillazioni dei neutrini solari. Borexino dovrebbe entrare in funzione nel 2006.

Gli esperimenti previsti al Gran Sasso per rivelare i neutrini del fascio proveniente dal CERN sono due: ICARUS e OPERA. 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. ICARUS è un grande rivelatore di particelle ad argon liquido. A fine 2004 ICARUS 600, il primo modulo da 600 tonnellate, sarà trasportato nel laboratorio del Gran Sasso; nel 2005-2006 il rivelatore inizierà a prendere i primi dati sui neutrini atmosferici e sul decadimento del protone.

OPERA è basato principalmente sulle emulsioni nucleari. OPERA non ha subito rallentamenti a causa della situazione del Gran Sasso. Nel 2005 continuerà l'installazione del rivelatore, il cui completamento è previsto per il 2006. La raccolta dati con il fascio dei neutrini dal CERN inizierà nella seconda metà del 2006 e continuerà fino al 2011.

Con lo studio delle oscillazioni di neutrino si misurano solo le differenze del quadrato delle masse tra i diversi tipi di neutrino. La misura diretta 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 dei decadimenti beta del Renio-187. Nel 2005 i due esperimenti, MANU2 a Genova e MIBETA a Milano continueranno a prendere dati aumentando la massa del campione in modo da migliorare i limiti attuali sulla massa del neutrino.

STUDIO DI FENOMENI RARI

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

Nel Laboratorio del Gran Sasso nel 2005 continuerà a prendere dati CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di tellurite, con massa totale 40Kg. Inoltre inizierà la costruzione del rivelatore più grande chiamato CUORE. CUORE sarà costituito da 1000 cristalli di tellurite con massa totale 770Kg e avrà una sensibilità per la misura della massa del neutrino dell'ordine del centesimo di eV.

Il tema della materia oscura dell'universo rappresenta uno dei più affascinanti problemi della fisica e dell'astrofisica, ma anche uno dei più difficili da studiare. Al Gran Sasso l'esperimento DAMA ha evidenziato in 7 anni 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. Nel 2005 il nuovo apparato, chiamato LIBRA, continuerà a prendere dati per verificare il segnale di DAMA. Nel 2004 è stata inoltre approvata la proposta WARP per la ricerca della materia oscura usando come rivelatore 100 litri di Argon Liquido. La costruzione di WARP inizierà nel 2005. L'esperimento WARP inizierà a funzionare nel 2006-2007.

Da ricordare l'esperimento LVD, sempre al Gran Sasso, per la ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi di *supernoave*. LVD continuerà regolarmente a prendere dati nel 2005-2007. LVD è inserito in una rete mondiale di rivelatori dedicati alla rivelazione di questo fenomeno.

L'esperimento MAGIA si propone di eseguire una misura precisa della costante di gravitazione usando atomi singoli. La misura si basa sulle tecniche di raffreddamento atomico recentemente sviluppate. Durante il 2005 saranno fatte le prime 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 2005 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 indicazione di nuova fisica.

LA RADIAZIONE COSMICA IN SUPERFICIE E IN MARE PROFONDO

I grandi sciami prodotti da raggi cosmici di altissima energia ($>10^{19}$ eV) saranno misurati dall'esperimento AUGER, in costruzione attualmente in Argentina da parte di una grande collaborazione internazionale. L'INFN partecipa alla costruzione dei rivelatori distribuiti in superficie e dei rivelatori di fluorescenza. Nel 2005 continuerà la costruzione, prevista terminare nel 2006. AUGER comunque ha iniziato a prendere dati con la parte di rivelatore in funzione. Già nel 2005 si prevede l'osservazione di numerosi eventi di altissima energia.

Nel 2005 continuerà la costruzione dell'osservatorio ARGO realizzato in collaborazione con la Cina a 4300 metri di quota nel Tibet. ARGO avrà un'area di 6500 m² coperti con i rivelatori RPC di costruzione italiana. ARGO studierà soprattutto le sorgenti di radiazione gamma e i *gamma ray bursts*. Il completamento dell'apparato è previsto per il 2005-2006.

Nel campo dell'astronomia con fotoni di alta energia vi è grande attesa per i risultati di MAGIC, un grande telescopio Cerenkov alle Canarie, per il quale l'INFN ha sviluppato e ha fornito le componenti del grande specchio da 17 metri di diametro ed ha sviluppato il trigger. Questo telescopio è in grado di misurare fotoni cosmici a partire da 30GeV. MAGIC è entrato in funzione nel 2004; sono stati già raccolti dati su alcune sorgenti note. Nel 2005 continuerà la presa dati e proseguiranno gli studi per il raddoppio del telescopio.

Nello studio della radiazione cosmica di alta energia i neutrini hanno un ruolo particolare: sono infatti 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 3500 metri nel mare al largo di Capo Passero (costa sud-orientale della Sicilia). Nel 2005

continueranno le campagne di misura sul sito, già iniziate negli anni precedenti, e inizierà la stesura del cavo a fibre ottiche e l'attrezzatura della stazione a terra.

Al largo di Tolone in Francia gruppi italiani partecipano alla costruzione di ANTARES, un rivelatore sottomarino analogo a NEMO di dimensione ridotte ma di grande interesse in quanto fornirà dati utili per la realizzazione di quest'ultimo. Nel 2005 inizierà la costruzione delle 12 stringhe di fototubi che costituiscono il rivelatore e sarà calata in mare la prima stringa completa con la quale potrà iniziare la presa dati.

LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

PAMELA è un grosso spettrometro magnetico ad alta risoluzione che volerà nel 2005 su un satellite russo. PAMELA permetterà di individuare il tipo di particella che lo attraversa, determinandone anche la carica e l'energia. L'INFN ricopre un ruolo guida in questo esperimento, 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, previsto essere installato sulla stazione spaziale internazionale nel 2007-2008. Rispetto alle date originali c'è un ritardo dovuto al noto incidente della navetta spaziale Columbia della NASA.

L'INFN partecipa con le collaborazioni AGILE, prevalentemente italiana, e GLAST, a carattere internazionale, a due esperimenti su satelliti dedicati all'astronomia gamma. In entrambi i casi si fa un uso esteso delle tecnologie sviluppate entro l'INFN nel campo dei rivelatori al silicio. C'è complementarità nei due esperimenti perché AGILE sarà lanciato prima di GLAST. Inoltre AGILE dispone anche di un rivelatore di raggi X. Il lancio è previsto per il 2005. L'assemblaggio delle torri di silicio di GLAST continuerà nel 2005, il 2006 sarà dedicato all'integrazione sul satellite e il lancio è previsto per il 2007.

Alla fine del 2004 è programmato il primo volo di CREAM, un esperimento su un pallone con voli, attorno al polo sud, di durata dell'ordine del mese, per la misura della composizione dei raggi cosmici nella regione di energie attorno a 10^{15} eV. Il volo

successivo è previsto alla fine del 2005. Nel 2005 terminerà la fase di studio e sviluppo prototipi di EUSO, un altro esperimento spaziale, per la rivelazione dei raggi cosmici di altissima energia mediante l'osservazione della luce di fluorescenza emessa nel passaggio attraverso l'atmosfera.

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. 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 le barre hanno sensibilità competitiva con gli interferometri e, a differenza di questi, sono in grado di garantire una presa dati continua.

VIRGO, frutto di una collaborazione italo-francese, è un esperimento innovativo basato sulla rivelazione di spostamenti relativi di masse sospese distanti 3 km, dovuti al passaggio di onde gravitazionali ed osservati tramite sofisticate tecniche interferometriche di raggi laser. L'apparato dispone di due grandi tunnel ortogonali che ospitano i bracci di un interferometro di Michelson. Dopo anni di sviluppo, esso costituisce, con i suoi due simili di LIGO negli Stati Uniti, lo strumento più avanzato per la ricerca di onde su una banda di frequenza che spazia da qualche Hertz a migliaia di Hertz. VIRGO è attualmente completato e sono state condotte le prime campagne di prese dati per lo studio delle prestazioni dello strumento. Il raggiungimento della sensibilità di progetto di VIRGO richiederà un attento lavoro di messa a punto dell'apparato, a cui sarà dedicata gran parte dell'attività dei prossimi anni.

Nel 2005 prenderanno dati VIRGO e le tre antenne risonanti criogeniche AURIGA, EXPLORER, NAUTILUS. Sarà possibile correlare i dati in modo da eliminare segnali spuri.

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).

VIRGO è gestito da EGO, il consorzio costituito dall'INFN e dal CNRS francese. EGO si propone anche per una attività di promozione della ricerca collegata

allo sviluppo di nuovi rivelatori e di coordinamento della gestione dei fondi europei per le ricerche in Onde Gravitazionali.

Nel 2005 infine continuerà l'attività di ricerca e sviluppo per LISA, un rivelatore interferometrico con tre satelliti nello spazio disposti su un triangolo equilatero con lato di 5 milioni di chilometri. LISA sarà sensibile particolarmente alle bassissime frequenze (10^{-4} – 10^{-1} Hz). L'attività attuale, in collaborazione con ASI, ESA e NASA è rivolta al lancio di un satellite dimostratore delle tecnologie usate in LISA. Il lancio di questo satellite è previsto nel 2006.

Progetto Speciale CNGS

Il lavoro di preparazione del fascio di neutrini dal CERN al Gran Sasso procede regolarmente. I lavori di ingegneria civile, la costruzione del tunnel di decadimento ed il complesso di schermature per assorbire gli adroni sono terminati.

Il profilo temporale del progetto è confermato; il fascio sarà pronto per la metà del 2006.

Settore	a	b	c	d	e	f	TOT
Ricercatori	21,6%	7,0%	25,9%	25,6%	15,7%	4,2%	620 FTE
Finanziamento 2005	32,7%	9,5%	22,8%	19,6%	11,9%	3,5%	19,3 M€

a) Fisica dei neutrini (principalmente al Gran Sasso) ; b) Processi rari al Gran Sasso; c) La radiazione cosmica in superficie e sotto il mare; d) La radiazione cosmica nello spazio; e) Onde gravitazionali; f) Ricerche in fisica generale fondamentale

EGO, L'OSSERVATORIO GRAVITAZIONALE EUROPEO

In prospettiva EGO punta a costruire il 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, che si svilupperà negli anni successivi. Al programma di R&D partecipano oltre alla maggior parte dei laboratori partecipanti a VIRGO anche numerosi altri laboratori attivi nella ricerca di onde gravitazionali in Europa. Inoltre

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 ed invitando tutti i gruppi europei a parteciparvi.

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

http://www.infn.it/comm2/schede_2004/index.htm

3.3 FISICA NUCLEARE

Le linee di sviluppo della fisica nucleare nei prossimi anni seguiranno l'orientamento indicato dal comitato NuPECC (*Nuclear Physics European Collaboration Committee*), secondo linee tematiche che ripercorrono idealmente le diverse fasi dell'evoluzione della materia dopo il Big Bang, dal plasma di quark e gluoni presente nei primi istanti di vita dell'Universo, fino alla formazione dei nuclei più complessi nel cuore delle stelle.

Tali programmi porteranno a importanti sviluppi sia nel medio che nel lungo termine e si svolgeranno nel quadro internazionale che da una parte vedrà coinvolti i maggiori laboratori del settore, quali il CERN di Ginevra, il GSI e DESY in Germania e il TJNAF negli USA, mentre dall'altra parte vedrà impegnati i Laboratori nazionali di Legnaro, Frascati, del Sud e del Gran Sasso, sempre meglio inseriti nella rete delle infrastrutture europee di maggior prestigio.

Nel medio termine saranno conclusi molti dei progetti tecnico-scientifici di maggiore impegno. In vista dell'inaugurazione di LHC, prevista per il 2007, tra la fine del 2005 e il 2006 sarà completata l'installazione delle diverse parti di ALICE di competenza italiana. Negli anni successivi al 2007 LHC produrrà collisioni tra ioni relativistici consentendo la partenza dell'importante programma internazionale per lo studio del plasma di quarks e gluoni, un passo fondamentale per la comprensione del primo Universo. Ai LNF (DAPHNE) il buon funzionamento, ottenuto dal 2004, dell'anello e del rivelatore FINUDA, consentirà 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. Le prime evidenze al TJNAF e a DESY dell'esistenza di adroni esotici a 5 quark potranno

produrre, se confermati, negli anni successivi una intensa sperimentazione sulla spettroscopia di queste nuove particelle. Ai LNS il prossimo *commissioning* del fascio di ioni radioattivi EXCYT e del nuovo spettrometro magnetico MAGNEX continuerà ed estenderà l'importante tradizione italiana nello studio delle reazioni astrofisiche di bassa energia già stabilita dall'attività della collaborazione LUNA ai LNGS.

Sul lungo termine sono previsti importanti investimenti, in scala sia nazionale che internazionale, su nuove infrastrutture per la fisica nucleare. In Germania è stato di recente approvato un nuovo acceleratore per antiprotoni e ioni di media energia al quale già fanno riferimento diverse collaborazioni INFN quali RISING, AGATA e PANDA. Ai LNL è iniziato il progetto di un nuovo acceleratore ad alta intensità per produrre un fascio di ioni radioattivi per la spettroscopia dei nuclei esotici e 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 quark e gluoni con i fasci di ioni pesanti di LHC al CERN resterà anche nel prossimo triennio 2004-2007 il principale obiettivo dell'Istituto nel settore nucleare. La programmazione del CERN prevede la disponibilità dei fasci di protoni per il 2007: il rivelatore dovrà pertanto essere pronto, per le prime misure delle interazioni protone-protone, entro il 2006. Nel biennio 2005-2006 l'attività della collaborazione ALICE si svilupperà seguendo due linee principali: la costruzione e l'installazione dei vari sotto-rivelatori, alcuni dei quali a responsabilità italiana, e lo sviluppo del sistema di calcolo con le attività di software e di simulazione connesse all'esperimento, mentre nel 2007 è prevista la partenza del progetto di fisica protone/protone all'anello LHC. L'attività nel 2007 sarà pertanto dedicata alla messa a punto dei vari rivelatori. Il complesso sistema di calcolo che sarà impiegato per la simulazione e la raccolta dei dati, verrà sviluppato nel prossimo triennio. Nel 2005 saranno effettuate analisi di dati simulati mediante strumenti GRID coinvolgendo centri di diverso livello. 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 dei nucleoni con lo spettrometro HERMES e il bersaglio polarizzato gassoso: il piano pluriennale del laboratorio prevede una raccolta di dati fino a metà 2007. L'utilizzazione del *recoil detector* consentirà, negli anni 2005-2007, la misura di processi esclusivi che apriranno l'accesso alle funzioni di struttura generalizzate, l'ultima e più completa descrizione della struttura nucleare. Successivamente i ricercatori prevedono di lanciare un programma per completare la misura sulla fisica dello spin del nucleone all'acceleratore GSI.

Nella sala B del laboratorio TJNAF (USA) AIACE continuerà a partecipare alle misure dello spettrometro CLAS, allo scopo di studiare la struttura del nucleone in condizioni non perturbative e di cercare nuovi adroni esotici composti da più di 3 quark (barioni pentaquark). Entro il 2005 saranno completate le analisi, a responsabilità italiana, dei nuovi dati ad alta statistica per la conferma del pentaquark e verrà terminata la costruzione in Italia del nuovo rivelatore Cherenkov per estendere nel 2006 agli angoli in avanti le accettanze dello spettrometro CLAS. Nella sala A del medesimo laboratorio, la collaborazione ELETTRO proseguirà lo studio della struttura dei nucleoni, in particolare mediante esperimenti di misura di violazione di parità, nonché lo studio della spettroscopia degli ipernuclei con una sistematica dei nuclei della shell p.

A Mainz nel 2004 con il nuovo acceleratore MAMI-C, che produce fotoni fino a 1,5GeV, verranno misurate le proprietà delle risonanze barioniche in un intervallo poco conosciuto, per un'attenta verifica dei modelli a quark dei nucleoni.

Lo studio di precisione della spettroscopia degli ipernuclei sarà eseguito ai laboratori nazionali di Frascati dove il rivelatore FINUDA acquisirà dati fino al 2007 su bersagli diversi e con particolare riguardo agli ipernuclei con alone.

Sempre a LNF l'esperimento SIDDHARTA si baserà, facendo uso di camere a deriva al silicio, su un nuovo apparato per misurare la spettroscopia degli atomi kaonici di idrogeno e di deuterio: l'assemblaggio del sistema finale a DAFNE e l'inizio delle misure è previsto per il 2006. Utilizzando parte dell'apparato sperimentale dell'esperimento DEAR, ora chiuso, il gruppo eseguirà inoltre una verifica sperimentale della validità del principio di Pauli a livelli di precisione fino ad oggi mai raggiunti (esperimento VIP).

Sul lungo periodo, la recente approvazione in Germania del progetto di una nuova infrastruttura al GSI per la fisica nucleare alle medie energie, prevista ultimata per il 2012, aprirà certamente nuove interessanti prospettive ai ricercatori italiani alla frontiera della fisica adronica, degli ipernuclei e dello spin. È inoltre in avanzata fase di discussione l'incremento d'energia del fascio d'elettroni al TJNAF in USA, che potrà offrire nuove possibilità alla comunità impegnata in queste ricerche.

ASTROFISICA NUCLEARE

Le misure di sezioni d'urto nucleari a energie nella scala delle migliaia d'elettronvolt, di spiccato interesse astrofisico, continueranno ai Laboratori del Gran Sasso e sfrutteranno le nuove possibilità offerte dai Laboratori del Sud e, per quanto riguarda la misura di reazioni indotte da neutroni, dal CERN.

L'apparato sperimentale LUNA, in funzione nei Laboratori del Gran Sasso, dove il flusso di raggi cosmici è nettamente soppresso, continuerà ad essere l'unico al mondo capace di svolgere misure di sezioni d'urto nell'intorno del picco di Gamow del Sole. Nel biennio 2005-2006 LUNA svolgerà misure sulle reazioni ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$ e ${}^{25}\text{Mg}(p,\gamma){}^{26}\text{Al}$ importanti per la nucleo-sintesi primordiale e l'astronomia gamma. Saranno poi studiate dagli esperimenti ERNA e ASFIN2 altre reazioni fondamentali per l'evoluzione stellare. 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.

Nuove prospettive in questo settore saranno aperte presso i LNS con l'entrata in funzione, a partire dal 2006, del fascio di ioni radioattivi EXCYT che inizierà lo studio di reazioni d'interesse astrofisico indotte da ${}^8\text{Li}$, tra cui di capitale importanza per lo studio di processi di nucleo-sintesi primordiale non omogenea, la ${}^8\text{Li}(\alpha,n){}^{11}\text{B}$.

Sul più lungo termine EXCYT potrà rappresentare, opportunamente potenziata per l'accelerazione di ioni più pesanti, una facility di punta per studi astrofisici in Europa.

Entro il 2004 si concluderà al CERN la prima fase delle misure ad alta precisione di sezioni d'urto di cattura ($n-\gamma$) e di fissione con il fascio di neutroni NTOF su diversi isotopi anche radioattivi. Una nuova campagna di misure è prevista a partire dal 2006 con misure di sezioni d'urto d'interesse per l'astrofisica e per l'incenerimento delle scorie nucleari.

NUCLEI IN CONDIZIONI ESTREME

L'obiettivo di queste ricerche resta quello di indagare le proprietà della struttura dei nuclei prodotti in condizioni estreme di isospin, massa, spin e temperatura, assieme ai nuovi meccanismi che agiscono in queste circostanze, come il rafforzamento degli effetti di isospin o la transizione della materia nucleare da una fase di tipo liquido a una di tipo gassoso. Queste attività si svolgeranno principalmente con fasci di ioni stabili nei Laboratori di Legnaro e del Sud e con fasci di ioni radioattivi prodotti ai Laboratori GSI (Germania), Ganil (Francia), LNS (EXCYT).

Un grosso sforzo sarà dedicato nel prossimo triennio presso i LNS allo studio dell'equazione di stato e del diagramma di fase della materia nucleare, con la caratterizzazione della transizione di fase liquido-vapore. Per questo programma i LNS potranno usufruire di uno spettrometro a grande copertura angolare, di altissima qualità, CHIMERA, in grado di selezionare i frammenti di reazione in massa, energia e geometria che consentirà per tutto il triennio un interessante programma di misure sia presso i LNS che presso laboratori stranieri. Nel primo biennio è anche previsto un miglioramento delle prestazioni strumentali di CHIMERA. L'evoluzione dei processi che portano alla transizione di fase e la dipendenza dell'equazione di stato da massa, carica e isospin ($N-Z$) del nucleo saranno i temi principali degli esperimenti NUCLEX e ISOSPIN, condotti da due grosse collaborazioni internazionali, che resteranno operative per l'intero triennio presso i LNS e i LNL utilizzando tra l'altro i rivelatori CHIMERA e MEDEA.

L'entrata in funzione nei LNS a partire dal 2005 del nuovo fascio EXCYT di ioni radioattivi, unitamente allo spettrometro magnetico a grande angolo solido MAGNEX aprirà nuove interessanti prospettive per l'estensione sia degli studi sulla

materia nucleare sia delle misure spettroscopiche in alcuni nuclei leggeri lontani dalla zona di stabilità. L'indagine degli spettri energetici e delle forme di nuclei ricchi di neutroni e lontani dalle zone di stabilità, che rappresentano le nuove frontiere della ricerca sulla struttura nucleare, sarà perseguita anche a energie più basse sia presso i LNS, mediante la realizzazione a partire dal 2005 di fasci esotici per frammentazione, che presso il LNL mediante lo sviluppo di nuove tecniche di spettrometria gamma ad alta risoluzione, il potenziamento dei fasci esistenti di ioni stabili e una nuova infrastruttura per ioni radioattivi alla barriera Colombiana (EXOTIC).

Per quanto riguarda la spettroscopia nucleare l'esperimento GAMMA completerà nel triennio al GSI l'acquisizione dati con ioni radioattivi veloci. Nello stesso periodo ai LNL l'uso congiunto dello spettrometro a grande accettazione (PRISMA) con un insieme di rivelatori al germanio a elevata segmentazione (CLARA) rappresenta una opportunità competitiva e complementare dell'uso di fasci radioattivi per la spettroscopia di nuclei ricchi di neutroni.

Sul lungo periodo si registra un'intensa attività internazionale sui fasci di ioni radioattivi. In parallelo al grande acceleratore approvato al GSI e al possibile potenziamento d'infrastrutture quali SPIRAL a Ganil in Francia e EXCYT al Sud, il laboratorio di Legnaro si impegnerà nel progetto e nella costruzione della prima fase del nuovo acceleratore SPES. Questa infrastruttura, che potrebbe costituire, in un futuro ancora più lontano, il prototipo della parte iniziale della macchina europea EURISOL, utilizzerà tecnologie avanzatissime, in parte ancora sperimentali, per la produzione col metodo ISOLDE di un fascio di ioni radioattivi a elevata intensità. Nel settore dei rivelatori la collaborazione internazionale AGATA, a forte partecipazione italiana, svilupperà nel 2004-2007 un'attività di R&D per la costruzione di un prototipo composto da 15 rivelatori segmentati in vista di un futuro rivelatore europeo per la spettroscopia e il tracciamento dei raggi γ , con efficienza e potere risolutivo mai raggiunti in precedenza. Il test del prototipo è previsto sul fascio nel 2007.

Progetto speciale SPES

Per i prossimi tre anni i principali obiettivi del progetto SPES saranno:

- 2005: la produzione del Rapporto Tecnico Dettagliato, l'avvio delle opere di urbanizzazione e della progettazione definitiva dell'edificio. L'installazione, presso i LNL, della sorgente ad alta intensità TRIPS, della linea LEBT (Low

Energy Beam Transport), ed i test delle caratteristiche di corrente ed emittanza nei vari regimi di funzionamento ad alta e moderata intensità; il test del prototipo di convertitore in berillio tramite fascio di elettroni di alta potenza.

- 2006: la conclusione della costruzione dell'RFQ, l'assemblaggio dei sei moduli, la regolazione di frequenza ed omogeneità di campo; il completamento del test criogenico dei prototipi delle cavità superconduttive, la costruzione dell'edificio che dovrà ospitare l'acceleratore.
- 2007: 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 verranno 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

L'avvio del commissioning con fasci esotici e della sperimentazione, con particolare riguardo ai programmi di astrofisica nucleare (BIG BANG) e allo studio dei meccanismi di reazione e della struttura nucleare, avverrà dal 2005 inizialmente con fasci di ^8Li e ^9Li . Particolare attenzione nel 2006 sarà posta verso la produzione di nuovi fasci esotici da scegliere tra i radioisotopi dell'ossigeno del fluoro e del cloro in relazione alle richieste di esperimento.

I programmi di fisica nucleare troveranno grande impulso nell'utilizzo dello spettrometro magnetico ad elevato potere risolutivo MAGNEX per studi di spettroscopia ad alta risoluzione di nuclei leggeri ricchi di neutroni, la cui entrata in funzione è prevista nel 2005.

Inoltre è in fase di studio un nuovo acceleratore primario in grado di produrre intensità di fasci esotici dell'ordine di 10^8 pps per estendere il campo degli esperimenti sia in astrofisica nucleare che nello studio dei meccanismi di reazione. Tale sperimentazione, che potrebbe avviarsi entro la fine del 2010, si avvantaggerebbe dell'impiego dei grandi multirivelatori già funzionanti e disponibili presso i LNS.

Settore	a	b	c	d	e	TOT
Ricercatori	24,8 %	23,6 %	34,0 %	11,3 %	6,2 %	480 FTE
Finanziamento 2005	15,8 %	26,2 %	45 %	5,8 %	7,2 %	16,2 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 circa 690 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 nei seguenti settori:

- *Campi*: teoria di campo e teoria di corda, fisica statistica, metodi computazionali, sistemi complessi, teoria di campo su reticolo (utilizzando i calcolatori APE);
- *Fenomenologia*: modello standard, fisica oltre il modello standard, modello standard su reticolo (con calcolatori APE);
- *Nucleare*: struttura e reazioni nucleari, quark-gluon plasma e fisica degli ioni pesanti;
- *Metodi*: teoria di campo, meccanica statistica di non equilibrio, meccanica quantistica, gruppi quantici e geometria non commutativa;
- *Astroparticelle*: astrofisica delle particelle e astrofisica nucleare, onde gravitazionali.

La distribuzione degli FTE comprende 104 dipendenti INFN, 338 professori o ricercatori universitari, 138 PostDoc (70% italiani) e circa 180 studenti di Dottorato (conteggiati come 110 FTE). Il grande numero di PostDoc e studenti di dottorato (nel

2003 le tesi di dottorato sono state 70, quelle di laurea 237) 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 degli FTE indica la forte attrazione che gli studenti di dottorato e i PostDoc hanno verso le ricerche della CSN4 ed evidenzia inoltre che un grande 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 (circa 270 mesi/uomo nel 2003).

A causa del fatto che negli ultimi anni il numero di nuovi posti è stato molto limitato, si è prodotto un gap generazionale tra giovani ricercatori e ricercatori strutturati. Di conseguenza vi sono molti giovani teorici italiani all'estero. Se la capacità del sistema italiano della ricerca (e in particolare dell'INFN) di mantenere nel paese ricercatori giovani o di richiamare indietro quelli ormai all'estero non riuscirà a colmare rapidamente questo gap, c'è il rischio che la scuola italiana di fisica teorica si spenga.

Nel seguito si illustra l'evoluzione recente dell'attività di ricerca e i risultati attesi per il 2005 e si riassumono brevemente gli sviluppi previsti. Infine si fanno alcune considerazioni finali riguardo al serio pericolo che deriva dalla mancanza di nuovi posti per giovani ricercatori.

SVILUPPI RECENTI DELL'ATTIVITÀ DI RICERCA

Progetti di ricerca (IS)

Tutti i progetti di ricerca delle IS per il 2005 sono stati recentemente sottomessi 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 questi giudizi). Questi giudizi sono stati utilizzati per decidere l'attivazione o meno dell'IS ed il relativo finanziamento.

Alcune IS già esistenti (nell'ambito dei settori di campi e stringhe, fenomenologia, materia nucleare e astrofisica) 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. Inoltre alcune IS sono state attivate negli ultimi anni, di cui alcune nel 2005, come descritto nel seguito.

Quark-gluon plasma. 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 (FI31) per lo studio del quark-gluon plasma ad alte temperatura e densità di interesse in collisioni di ioni pesanti. L'interesse principale di questa IS riguarda gli aspetti di fisica nucleare. C'è inoltre in progetto la costruzione nel 2005 di una seconda IS in questo ambito, che inizierà con la formazione di un gruppo di lavoro e che coinvolgerà ricercatori che lavorano nell'ambito della teoria di campo, della fenomenologia delle particelle e della QCD su reticolo.

Astroparticelle. Il CVI ha anche fatto la raccomandazione di rafforzare l'attività di ricerca nel settore delle astroparticelle e della cosmologia. Prima di questa raccomandazione c'era una sola IS in questo settore, nel 2005 le IS attive in questo campo saranno cinque con partecipanti con esperienza in campi/stringhe, fenomenologia e fisica nucleare. Molti giovani ricercatori sono coinvolti in questa attività.

Biologia quantitativa. La fisica statistica, i metodi della fisica computazionale ed 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, in quanto interessati agli aspetti statistici non standard dei sistemi biologici. La CSN4 ha deciso di costituire un gruppo di lavoro di ricercatori interessati a queste ricerche, che nel 2005 si è trasformato in una IS (FB11). 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.

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 stata utilizzata intensamente. Per il 2005 è stata istituita una nuova IS (TV12) dedicata e queste ricerche, anche in relazione col fatto che nel prossimo anno la potenza di calcolo disponibile sarà molto maggiore di quella attuale.

Istituto Galileo Galilei per la fisica teorica

L'inizio dell'attività dell'Istituto Galilei di Arcetri è previsto per settembre del 2005. L'accordo tra l'INFN e l'Università di Firenze è stato siglato ed è stato costituito un "Comitato di lancio" dell'Istituto che farà una relazione dell'attività prevista prima della fine del 2004. Il Comitato indicherà "Advisory" e "Scientific Committee". L'Istituto Galilei sarà un centro internazionale di fisica teorica delle alte energie in senso lato. I suoi compiti e la sua struttura sono riassunti nell'annuncio esposto nel sito della CSN4 che sarà il referente dell'Istituto al fine di coinvolgere l'intera comunità dei teorici dell'INFN nei progetti scientifici dell'Istituto.

Installazione di grossi cluster su PC

Nel 2005 si prevede di installare, con il supporto tecnico del CNAF, un grosso cluster di alcuni Tflops costituito da alcune centinaia di PC con connessioni "state of the art". In particolare si potranno utilizzare connessioni veloci 3D, sviluppate all'interno del progetto APE, non appena saranno disponibili per usi standard. Un piccolo prototipo di cluster sarà pronto prima della fine di questo anno.

ATTIVITÀ DI RICERCA

Come già anticipato i progetti di ricerca della CSN4 (IS) sono raggruppati in 5 settori principali: QFT e corde (che include le teorie di campo su reticolo e la fisica statistica), fenomenologia, nuclei, metodi matematici e astroparticelle. Per maggiori dettagli, si veda la pagina web <http://lxmi.mi.infn.it/~com4/summaries/xx.html>, dove è possibile trovare per ogni IS il riassunto del progetto di ricerca, i partecipanti alla IS, 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.

Come è già stato discusso in varie occasioni (incontro con il CVI, meeting al Gran Sasso per la presentazione del piano triennale 2005-2007 dell'INFN) tra poco incominceranno a essere evidenti i problemi legati alla mancanza di posti per giovani

ricercatori. Da alcuni anni non ci sono nuove posizioni INFN. Questo succede proprio nel momento in cui molte iniziative dell'INFN stanno per entrare nel pieno della loro attività. Ad esempio Daphne ha iniziato a produrre risultati importanti, apeNEXT renderà disponibile un potenza di calcolo di un ordine di grandezza superiore a quella attuale. Inoltre occorre essere pronti per l'analisi dei dati di LHC (ATLAS, CMS, ALICE). Sicuramente si porranno nuovi problemi di interpretazione di fisica delle alte energie, sia dal punto di vista del modello standard e oltre, che della materia adronica (quark-gluon plasma, regime di saturazione della QCD). Queste linee di ricerca sono in grado di attrarre nuovi ricercatori, se nuove posizioni in questi settori fossero disponibili, viceversa si può ritenere che la mancanza di nuove posizioni limiterà la capacità dell'INFN di cogliere appieno i frutti di queste iniziative di punta.

Come è già stato discusso in varie occasioni (incontro con il CVI, meeting al Gran Sasso per la presentazione del piano triennale 2005-2007 dell'INFN) tra poco incominceranno a essere evidenti i problemi legati alla mancanza di posti per giovani ricercatori. Da alcuni anni non ci sono nuove posizioni INFN. Questo succede proprio nel momento in cui molte iniziative dell'INFN stanno per entrare nel pieno della loro attività. Ad esempio Daphne ha iniziato a produrre risultati importanti, apeNEXT renderà disponibile un potenza di calcolo di un ordine di grandezza superiore a quella attuale. Inoltre occorre essere pronti per l'analisi dei dati di LHC (ATLAS, CMS, ALICE). Sicuramente si porranno nuovi problemi di interpretazione di fisica delle alte energie, sia dal punto di vista del modello standard e oltre, che della materia adronica (quark-gluon plasma, regime di saturazione della QCD). Queste linee di ricerca sono in grado di attrarre nuovi ricercatori, se nuove posizioni in questi settori fossero disponibili, viceversa si può ritenere che la mancanza di nuove posizioni limiterà la capacità dell'INFN di cogliere appieno i frutti di queste iniziative di punta.

Progetto Speciale APENEXT

Il progetto APE è composto da una quindicina di ricercatori, tecnologi e borsisti delle sezioni di Ferrara, Milano, Gruppo collegato di Parma, Pisa, Roma e Roma 2. A questi si aggiungono una decina di ricercatori di 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.

Il gruppo APE ha concluso nel 2004 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 verranno installate in un unico sito posto nei locali concessi dall'Università di Roma "La Sapienza". Il controllo della produzione delle macchine, eseguita dalla ditta Neuricam, e l'installazione alla "Sapienza" saranno parte dell'attività del gruppo APE nel 2005. I gruppi tedeschi e francesi stanno contrattando i finanziamenti per l'acquisto di macchine apeNEXT con i loro enti finanziatori. Con questa disponibilità di macchine apeNEXT la leadership delle macchine APE nel calcolo scientifico di altissime prestazioni continuerà in tutta Europa almeno fino a tutto il 2007.

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.

La necessità di avere strumenti di calcolo di altissima prestazione continuerà ad essere pressante anche su orizzonti temporali più lunghi (2010). 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 ed allo sviluppo VLSI unico in Europa rappresentato dal gruppo APE.

Questo permetterà anche di mantenere la competizione (alla pari) con i progetti simili negli Stati Uniti ed in Giappone e di continuare a dare ai gruppi di ricerca che hanno bisogno di grandi potenze di calcolo, macchine che sono state-of-the art nel campo dei computer paralleli.

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 architettoniche che tecnologiche a quelle implementate vari anni prima dal gruppo APE in particolare in apeNEXT.

Il prossimo passo nel campo del calcolo parallelo di grandi prestazioni è volto a raggiungere la scala dei 100Tflops che è quello che il gruppo APE si prefigge nell'attività dei prossimi anni. Il 2005 sarà un anno chiave per l'R&D necessario per poter proporre nel 2006 un progetto per una nuova macchina di questa scala di potenza di calcolo. Il punto chiave sarà lo studio della possibilità di compattare molti più operatori Floating Point e memoria dati in un singolo chip VLSI in modo da poter avere la potenza di calcolo richiesta in un volume accettabile (centinaia di Gflops/chip), evitare sia la memoria esterna al chip che reti di comunicazione di velocità molto elevata. Come l'esperienza APE insegna questa è una regola importantissima per avere grandi affidabilità di funzionamento.

Nel 2005 continuerà anche l'attività del progetto apeNET per lo sviluppo di interconnessioni veloci per PC commerciali con una topologia 3D toroidale usando il nuovo protocollo di trasmissione PCI-X.

Dopo i test del prototipo con 4 nodi si produrrà e testerà un cluster da 16 nodi che sarà poi esteso a 64 nodi. Si prevede di ottimizzare il firmware per ridurre le latenze (oggi 6 μ S per 1KB packet), di sviluppare le routines di MPI, di sviluppare network drivers e di iniziare la programmazione di applicazioni di QCD e di dinamica molecolare.

Settore	a	b	c	d	e	TOT
Ricercatori	42,0%	19,3%	11,8%	13,7%	13,2%	877 FTE
Finanziamento 2005	36,6%	22,4%	12,8%	14,7%	13,5%	3,8 M€

a) Teoria dei campi, b) Fenomenologia, c) Astroparticelle, d) Fisica dei nuclei, e) metodi e fondamenti

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

L'INFN conserva 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 ed alcune misure diverranno possibili solo grazie all'impiego di tecnologie totalmente nuove. Nello stesso modo alcuni sviluppi tecnologici traggono stimolo dall'obiettivo d'impiego in futuri apparati sperimentali e, successivamente, in applicazioni interdisciplinari, dedicate a discipline che fanno uso delle tecnologie sviluppate altrimenti per le attività di ricerca dell'INFN.

Gli sviluppi 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 sui materiali superconduttori ad alta temperatura per lo studio di nuove strutture acceleranti dei 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 ed analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico.

RIVELATORI

Nell'ambito dei rivelatori a semiconduttore si consolideranno gli sviluppi che mirano a perfezionare le caratteristiche di affidabilità delle tecnologie dei rivelatori a strisce, a deriva ed a pixels, essendo questi rivelatori estremamente duttili nell'adattarsi alle più diverse applicazioni sperimentali.

Nello sviluppo di tecniche criogeniche si osserva un rilancio delle attività mirate a sensori spettroscopici di precisione estrema e di materia oscura.

Un progetto di frontiera tratta dello sviluppo di materiali semiconduttori organici. Tutte le peculiarità dei materiali organici, come l'adattabilità, la flessibilità, la capacità di coprire grandi superfici, di produrre luminescenza nel visibile, possono essere di grande interesse nella produzione di rivelatori. In una proiezione su future applicazioni si pensi alla possibilità di deposizione su superfici di qualsiasi forma, alla possibilità d'avere optoelettronica sullo stesso dispositivo assieme all'emettitore di luce ed all'elettronica.

Sempre a proposito di tecnologie di rivelazione di frontiera, il prossimo triennio vedrà i primi studi di applicazione delle nanotecnologie come, per esempio, lo studio di griglie a nanotubi di carbonio come rivelatori di particelle. I nanotubi di carbonio sono sottili strisce di grafite, arrotolate in tubi di 10-100 nm di diametro e diverse centinaia di micron di lunghezza. Sono ottimi conduttori e sono ipotizzabili griglie di nanotubi in sensori di radiazione con risoluzione submillimetrica. Potenziali applicazioni in fisica delle particelle vanno dal trasporto di fasci in acceleratori a nanosensori e nanointerfacce, in particolare per diagnostica medica non invasiva.

Altro tema di interesse sarà il problema della riduzione del rumore, in particolar modo quello indotto da pressione di radiazione laser sugli specchi delle cavità Fabry-Perot delle antenne gravitazionali interferometriche di prossima generazione.

ACCELERATORI

Lo studio dei materiali superconduttori ad alta temperatura critica sembra essere uno dei campi di sviluppo più interessanti per la realizzazione di dispositivi a radiofrequenza da inserire nei futuri acceleratori.

È possibile ipotizzare una serie di iniziative di R&D connesse con il progetto SPARC, per un FEL nei raggi X, in corso di realizzazione a livello nazionale da parte di una collaborazione INFN-ENEA-CNR, come ad esempio lo sviluppo di sorgenti basate su film di diamante e gli studi sul trasporto di fasci di raggi X monocromatici (ottenibili dal primo stadio di accelerazione di SPARC) per imaging biomedico in vivo.

Stante l'impegno che l'INFN ha con il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, si può ipotizzare uno sviluppo della ricerca nelle tecnologie legate alle strutture acceleranti per terapia oncologica, sia dal versante dello studio e progettazione di nuove macchine, che da quello dello sviluppo di post-acceleratori per la diffusione delle tecniche adroterapiche in ambiente ospedaliero.

APPLICAZIONI INTERDISCIPLINARI

L'attività in questo campo sembra destinata a crescere nel prossimo triennio. 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 e quello della conservazione dei beni culturali ed ambientali ed industriale. Sempre più attuali diverranno le tematiche della collaborazione con l'industria.

Si svilupperanno le applicazioni di rivelatori sensibili alla posizione e connessa elettronica di lettura, all'imaging medico, farmacologico e neurobiologico, con tecniche scintigrafiche e topografiche (SPECT, PET e NMR).

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. È presumibile ipotizzare la crescita di iniziative riguardanti la BNCT (Boron Neutron Capture Therapy), stante gli incoraggianti risultati su l'uso di neutroni per la distruzione selettiva di neoplasie.

Nell'ambito del software applicato al mondo biomedico è ipotizzabile la nascita di virtual organizations, utilizzando la struttura GRID, per l'analisi di immagini digitali, per i trattamenti radioterapici e per i trapianti.

Tra gli strumenti di calcolo quelli di simulazione assumeranno un ruolo sempre più importante, sia per la complessità dei nuovi progetti per la fisica delle interazioni fondamentali, sia per le possibilità di studi sui farmaci virtuali.

Nell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico dopo una grande diversificazione per la messa a punto degli strumenti necessari ad ogni particolare tipo di indagine, i successi raggiunti fanno ipotizzare un consolidamento ed una crescita di collaborazioni specifiche nazionali ed internazionali e l'applicazione, ai beni culturali, di innovative tecniche di indagine non invasiva (dual-

energy imaging). È 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.

Progetto speciale LABEC

Il triennio considerato vedrà il laboratorio andare a regime sia per quanto riguarda le potenzialità delle tecniche di Ion Beam Analysis (IBA) che di quelle di Accelerator Mass Spectrometry (AMS). Per le prime, saranno installate, progressivamente nel corso dei tre anni, otto linee di fascio, tra cui sono già definite due dedicate a setup di fascio esterno, una al setup di microfascio esterno, una a misure di scattering, una alla produzione di fasci X quasi monocromatici con la tecnica cosiddetta di PIXRF, una dotata di sistema di pulsaggio con deflettore elettrostatico. Le attività di IBA previste nel campo dei Beni Culturali saranno basate su collaborazioni con Enti italiani e stranieri operanti nel settore della conservazione del patrimonio (Opificio delle Pietre Dure, Istituto per i Beni Culturali del CNR, Sovrintendenze, Musei e Biblioteche, Laboratoire de Recherche des Musées de France). Si potenzieranno anche le attività IBA nel campo del monitoraggio ambientale (per lo studio dell'inquinamento atmosferico e dei suoi effetti sulla salute e sul clima), in collaborazione con le ARPA regionali ed altri Enti per il controllo dell'ambiente. In parallelo a tutte queste attività, saranno anche sviluppate tecniche complementari a quelle IBA, soprattutto nella direzione di migliorare le prestazioni di tecniche portatili quali XRF e PIXE-alfa.

Per quanto riguarda la AMS, saranno realizzate ulteriori linee complete di combustione-grafitizzazione di reperti organici (attualmente è stata realizzata la prima linea). Questa attività sarà condotta in collaborazione con il laboratorio AMS di Vienna, dove inizialmente membri del gruppo LABEC affineranno l'esperienza nelle tecniche di preparazione e di misura. Sono previste anche misure di interconfronto fra il nostro laboratorio e altri di lunga e collaudata esperienza (Vienna stessa, Oxford). L'esperienza maturata permetterà poi di effettuare estese campagne di datazione di reperti antichi, anche in questo caso avvalendosi sempre della collaborazione con Enti quali l'Opificio delle Pietre Dure e l'Istituto per i Beni Culturali del CNR. È ipotizzabile anche un'attività AMS di misura del ^{10}Be , per la quale l'acceleratore installato è già predisposto. La misura del ^{10}Be riveste grande interesse in problemi di tipo geologico, per la datazione di rocce in particolare. È assicurata per questi

problemi la collaborazione di esperti geologi, che fin dall'inizio del progetto hanno dato la loro adesione.

Settore	a	b	c	TOT
Ricercatori	33,8%	20,4%	45,8%	405 FTE
Finanziamento 2005	41,1 %	23,7%	35,2%	5,2 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://csn5.roma2.infn.it/web_grv/index.php

3.6 ATTIVITA' DEI LABORATORI E DELLE INFRASTRUTTURE

LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

Il programma dei prossimi tre anni è molto intenso.

Esso infatti prevede:

- il pieno utilizzo di DAFNE - incluse le linee di luce di sincrotrone - per completare il programma sperimentale di KLOE (2005), FINUDA e SIDDHARTA (2006 e 2007);
- lo studio di un upgrade di DAFNE in luminosità e/o energia, con l'obiettivo di giungere ad una decisione agli inizi del 2006;
- la continuazione dell'attività di R&D nel campo delle macchine acceleratrici, con:
 - a) la costruzione e commissioning di SPARC;
 - 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) la partecipazione alla progettazione, costruzione e messa in funzione della macchina del Centro Nazionale di Adroterapia entro il 2007;
 - d) la continuazione del progetto CTF3 al CERN, finalizzato allo sviluppo di una sorgente RF basata sul concetto di Two Beam Accelerator (CLIC);

- e) 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.
- il proseguimento dei programmi di ricerca nel campo delle onde gravitazionali;
 - il proseguimento delle attività di ricerca già intraprese presso laboratori nazionali e internazionali e l'attenzione a nuove iniziative;
 - lo svolgimento del programma europeo I3HP (Hadron Physics), CARE, EUROTEV ed EUROFEL del VI programma quadro;
 - il potenziamento delle infrastrutture esistenti per migliorare le condizioni di lavoro dei ricercatori italiani e stranieri ospiti dei laboratori e per poter ospitare scuole, seminari, giornate di studio e simili al fine di migliorare l'offerta di formazione sia interna che esterna.
 - La continuazione dei corsi di Master, assieme alle università di Roma "La Sapienza" e Roma "Tor Vergata".

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

<http://www.lnf.infn.it>

LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO

Per il triennio 2005-2007 i Laboratori avranno come impegno programmatico quello di mantenere una elevata affidabilità per il complesso di acceleratori (Tandem, Alpi, Piave, 7MV-CN, 2MV-AN2000). Si prevede l'utilizzo a regime del complesso Piave-Alpi con la disponibilità di fasci di ioni pesanti di media intensità. I laboratori sosterranno inoltre la realizzazione del progetto attuativo dei prototipi dei costituenti del nuovo acceleratore ad alta intensità (SPES) ed in particolare la realizzazione dei prototipi delle cavità a radiofrequenza e delle infrastrutture di SPES. Gli elevati flussi di neutroni prodotti da SPES verranno poi utilizzati in diversi settori, quali la fisica della materia condensata e l'adroterapia basata sulla cattura dei neutroni da parte del boro (BNCT). L'R&D per la terapia BNCT del melanoma cutaneo, principale applicazione della prima fase di SPES, portato avanti in collaborazione con i centri ospedalieri della regione Veneto, il COR e l'ENEA costituirà parte dell'impegno dei Laboratori nel triennio.

I laboratori sosterranno con priorità gli apparati sperimentali esistenti. Nel triennio si prevede un ampio utilizzo in presa dati del Clover-Array (CLARA) in operazione congiunta con lo spettrometro ad alta accettazione angolare PRISMA. Nello stesso ambito si prevedono campagne di misura dello spettrometro PRISMA. Sono previste inoltre campagne sperimentali degli apparati GASP e GARFIELD e 8PLP. Gli apparati GASP e CLARA-PRISMA sostengono un ampio programma sperimentale sulla struttura dei nuclei in condizioni estreme raccogliendo il principale bacino di utenza dei Laboratori. In tale contesto la disponibilità di una ampia gamma di fasci di ioni pesanti, resi possibili dal nuovo iniettore PIAVE, costituisce un elemento essenziale al mantenimento della competitività internazionale dei laboratori.

Di elevato interesse sono poi le misure di dinamica di reazione in un regime energetico poco esplorato come quello offerto dal complesso Piave-Alpi, facenti capo agli apparati GARFIELD e 8PLP. Nel corso del triennio si prevede un consistente utilizzo dell'apparato EXOTIC. Tale progetto, in collaborazione con le Università di Napoli e di Padova, prevede la produzione di nuclei di ioni instabili attraverso reazioni di fusione evaporazione su bersaglio gassoso. Tale ricerca, finalizzata allo studio della struttura di nuclei con alone, utilizza lo spettrometro a grande accettazione PRISMA per l'analisi in momento dei residui.

Nel campo della strumentazione si prevede un impegno significativo nello sviluppo del rivelatore gamma-tracciante AGATA, che rappresenta lo strumento futuro più avanzato per lo studio della spettroscopia nucleare.

Nel 2005 si continuerà con la sperimentazione della trappola magneto-ottica (MOT) per atomi neutri, con l'intrappolamento di atomi di Francio per misure di spettroscopia atomica. Si prevedono in particolare misure di efficienza di intrappolamento e caratterizzazione della strumentazione.

Continuerà poi la presa dati dell'antenna gravitazionale AURIGA, in coincidenza con altri rivelatori sia di tipo criogenico che interferometrico. Gli interventi alle parti sospese ed al sistema di estrazione dei segnali hanno infatti permesso un consistente aumento della sensibilità unito ad una maggiore affidabilità del sistema. Nel 2006 è inoltre prevista la conclusione del design study del progetto DUAL.

Gli interessanti risultati dell'esperimento PVLAS, per la misura della birifrangenza magnetica del vuoto, saranno oggetto di uno studio approfondito per comprenderne significatività ed origine.

Nell'ambito dei programmi europei, i Laboratori prevedono di condurre l'R&D per i settori di cui sono responsabili nel progetto EURISOL (la sorgente, l'RFQ, il driver). Tale progetto, alla frontiera degli sviluppi europei per la realizzazione di un acceleratore ad alta intensità dedicato alla produzione di ioni instabili, è basato su un acceleratore lineare di protoni (ioni pesanti) – di tipo SPES - di energia fino ad 1GeV che inietta in una sorgente ISOL con successiva riaccelerazione utilizzando un LINAC per ioni pesanti, di tipo ALPI.

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

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

LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

Sistemi di rivelazione avanzati, quali CHIMERA, il complesso MEDEA-MULTICS-SOLE-MACISTE e lo spettrometro MAGNEX, garantiranno che nel triennio la sperimentazione presso i LNS rimarrà competitiva a livello internazionale. In particolare MAGNEX, completato nel 2004, è un innovativo spettrometro magnetico a grande accettazione in angolo solido ed energia che, mediante una precisa ricostruzione delle traiettorie dei prodotti di reazione, permetterà di misurarne massa ed energia con alta risoluzione (1/250 e 1/1000, rispettivamente).

Il programma di ricerca di CHIMERA proseguirà nel prossimo triennio ed è allo studio un piano di potenziamento del rivelatore, che permetterà un ulteriore abbassamento della soglia di rivelazione dei frammenti.

Nel 2005 è prevista inoltre la piena operatività della nuova sala sperimentale e delle apparecchiature installate al suo interno.

L'attività di protonterapia, mirata al trattamento di patologie tumorali dell'occhio, continuerà anche nei prossimi tre anni, avvalendosi ancora della collaborazione degli specialisti di Oftalmologia dell'Università di Catania. Alla luce dell'esperienza fin qui acquisita in questo ambito, proseguiranno parallelamente le attività di ricerca e sviluppo sia nel settore degli acceleratori per ioni leggeri da

impiegare a scopi terapeutici che quelle nel campo della dosimetria e della diagnostica di fasci clinici.

Nell'ambito del progetto NEMO Fase1, per l'anno 2005 è prevista l'integrazione delle Junction Box e la realizzazione ed integrazione di una mini torre modello NEMO; dopo una serie di prove di funzionamento in mare, il sistema verrà depositato e collegato sul fondo all'inizio del 2006.

Un importante sviluppo di queste attività nel triennio 2005-2007 sarà la realizzazione della stazione sottomarina presso il sito di Capo Passero a 3500 metri di profondità, costituita da cavo elettro ottico di circa 90 km e dalla stazione a terra dotata delle necessarie infrastrutture. Tale realizzazione permetterà il monitoraggio on-line ed in continuità del sito proposto dalla collaborazione italiana per la installazione del telescopio da 1km^3 nonché la verifica della risposta effettiva dei prototipi modulari del rivelatore.

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

<http://www.lns.infn.it>

LABORATORI NAZIONALI DEL GRAN SASSO

Il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso è il maggior laboratorio al mondo dedicato ad 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 o fermate 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 estremamente 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 verrà indirizzato nella direzione del Gran Sasso e raggiungerà il Laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 730km. Gli esperimenti previsti al Gran Sasso per rivelare i neutrini del fascio proveniente dal CERN sono: OPERA e ICARUS.. OPERA è basato principalmente sulla tecnica delle emulsioni nucleari. Nel 2005 continuerà l'installazione del rivelatore, il cui completamento è previsto per il 2006. Un punto molto importante del programma 2005 è l'installazione della BAM (Brick Assembly Machine) per la preparazione degli oltre 200.000 pacchetti di fogli alternati di emulsione e piombo. ICARUS è un grande rivelatore di particelle ad Argon liquido. Il primo modulo da 600 tonnellate di Argon è stato approntato a Pavia ed è stato trasportato al Gran Sasso alla fine del 2004. Il modulo da 600 tonnellate inizierà a prendere dati sui neutrini atmosferici e sul decadimento del protone all'inizio del 2006.
- Per lo studio dei neutrini solari, riprenderanno a pieno regime le attività 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 messa a punto dell'apparato nel 2005 e iniziare la presa dati nel 2006.
- La misura della massa del neutrino è collegato alla ricerca del decadimento beta doppio, permesso se il neutrino e l'antineutrino coincidono. Nel laboratorio è in presa dati CUORICINO, il cui obiettivo principale è la misura del decadimento beta doppio senza neutrini del tellurio. L'apparato si presta anche ad altre misure di fisica, in particolare allo studio della materia oscura. Nel 2005 CUORICINO continuerà a prendere dati. I risultati di CUORICINO 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. L'esperimento è stato approvato e la sua installazione inizierà nel 2005. Un nuovo esperimento basato sull'uso di Germanio arricchito, GERDA, è stato proposto nel 2004. La sua installazione nel Gran Sasso verrà studiata nel 2005.

- 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 2004 e continuerà nel 2005.
- L'osservatorio LVD, dedicato alla ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi gravitazionali, continuerà ad essere in funzionamento senza interruzione nei prossimi anni, inserito nella rete mondiale di rivelatori dedicati a questi fenomeni.
- Il programma di ricerca di LUNA per la misura di sezioni d'urto di reazioni di grande interesse per la fisica stellare e la fisica nucleare continuerà anche per il 2005.

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

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

CNAF

L'attività nel prossimo triennio si articolerà nelle seguenti linee principali:

1. Sviluppo di nuovi servizi e architetture Grid legate a: *web services*, definizione e gestione di *Virtual Organizations*, sistemi di sicurezza e autenticazione .
2. Realizzazione a livello Italiano ed Europeo di un'infrastruttura GRID di produzione, attraverso la partecipazione ai progetti Grid.it (FIRB) ed EGEE (VI PQ). Per quest'attività il CNAF diventerà il *Regional Operation Centre* della Federazione Italiana e uno dei quattro Grid Operation Centre che opereranno l'infrastruttura Europea.

3. Avvio della Fase 2 del Progetto di Centro Regionale Tier1 (compimento previsto per il 2007), che sarà sviluppato in collaborazione con gli altri centri regionali e con il CERN, nell'ambito del Progetto LHC Computing GRID e avvio di attività di produzione per altri esperimenti.

Nel corso del prossimo triennio sarà circa decuplicata la potenza di calcolo, la capacità d'archiviazione su disco e quella su libreria di nastri magnetici, per far fronte alle esigenze degli esperimenti.

	LHC	BaBar	Virgo	CDF	Totale
CPU (kSI2000)	729	225	300	270	1524
DISK (TB)	96	32	48	30	206
TAPES (TB)	255	32	48	30	365

Tabella Risorse di Calcolo 2004

Per il 2005 sono stati approvati i seguenti aumenti

Anno 2005	Aumento	Totale
CPU (kSI2000)	+400	1924
DISK (TB)	+200	406
TAPES (TB)	+500	865

Oltre a questo, il CNAF continuerà ad 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

Il finanziamento dell'ordinaria amministrazione non subirà cambiamenti sostanziali nel periodo in esame rispetto al precedente Piano triennale.

Il contratto di manutenzione (hardware e software) CISCO (di durata triennale) è stato rinnovato nel 2004, per cui il suo rinnovo dovrà essere previsto nel 2007. La

CCR sta considerando la possibilità di estendere il contratto nazionale di manutenzione anche ad altre tipologie hardware (oggi a carico delle UO), in modo da creare economie di scala.

Nel corso del 2005 è stato previsto un finanziamento per gli interventi più urgenti sui sistemi delle sezioni che forniscono i servizi centralizzati; è tuttavia in corso uno studio per valutare se non sia opportuno un rinnovo della architettura hardware di tali sistemi, per renderli più affidabili e performanti. Se dal risultato di tale studio, che verrà completato nella prima metà del 2005, risulterà opportuno seguire questa linea strategica, dovrà essere stilato un piano pluriennale per il rinnovo dei sistemi.

Si ritiene che lo sforzo intrapreso nel 2003-2004 per rinnovare le strutture di calcolo di sezione, ed integrarle con quelle di esperimento, dovrà continuare nel prossimo triennio. Questa strategia è perfettamente in linea con lo sviluppo integrato del sistema delle griglie e favorisce la creazione dei TIER 2-3 previsti dal piano di calcolo di LHC. L'integrazione ottenuta, inoltre, prendendo in considerazione anche i finanziamenti erogati dalle Commissioni Scientifiche Nazionali, promette di creare risparmi di scala notevoli, soprattutto sul piano della gestione dei sistemi stessi.

Il progetto GEANT4 dovrà definire un nuovo programma di lavoro pluriennale entro la primavera 2005, ma è presumibile che l'attività necessaria all'ulteriore sviluppo richiesto dai gruppi di ricerca implicherà un'entità di finanziamenti dello stesso ordine di grandezza di quello assegnato nel recente passato.

Progetti per sviluppare e rendere operativi servizi di mobilità e di accesso per i ricercatori potranno essere proposti e finanziati. Il budget per tali iniziative conferisce dinamicità al sistema di calcolo globale.

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

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

COMMISSIONE PARI OPPORTUNITA'

Le linee di intervento proposte dal CPO per il Piano Triennale di Azioni Positive 2005-07 dell'INFN si riferiscono ad 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 ed ampliati. Tali obiettivi sono:

- 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

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

Fanno parte di questi:

- 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 SPARC per Ricerca e Sviluppo di un laser ad elettroni liberi di nuova concezione con lunghezza d'onda 500 Å (luce gialla) (LNF);
- il Progetto NEMO per lo studio di prototipi per la costruzione di un osservatorio europeo sottomarino di neutrini astrofisici da realizzare in Sicilia (LNS);
- l'installazione del grande rivelatore (1800 tonnellate) ICARUS per lo studio delle oscillazioni sul fascio di neutrini provenienti dal CERN (LNGS);

- 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;
- 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;

In tutti questi progetti è indispensabile l'apporto di giovani ricercatori e tecnologi già formati.

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 2008 con un turn over negli anni successivi pressoché costante e dell'ordine della trentina di posti. Nel triennio 2005-2007 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 2005-2006, 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 40 nel 2005, 30 nel 2006, 20 nel 2007.

	2005	2006	2007
Fabbisogno	50	40	30
Nuovi posti	40	30	20

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 103 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

Profilo	Livello	Posti a concorso		
		2005	2006	2007
Dirigente di Ricerca	I	15		15
Dirigente tecnologo	I	6		6
Primo Ricercatore	II		20	
Primo tecnologo	II		10	

Progressioni economiche nel livello apicale

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2005	2006	2007
Collaboratore tecnico enti ricerca	IV	16		130
Operatore tecnico	VI	32		20
Ausiliario tecnico	VIII	1		5
Funzionario di amministrazione	IV	8		30
Collaboratore di amministrazione	V	8		25
Operatore di amministrazione	VII	3		1
		68		211

Passaggi al livello superiore nel profilo

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2005	2006	2007
Collaboratore tecnico enti ricerca	IV		28	
Collaboratore tecnico enti ricerca	V		46	
Operatore tecnico	VI			
Operatore tecnico	VII		2	
Ausiliario tecnico	VIII			
Funzionario di amministrazione	IV		1	
Collaboratore di amministrazione	V		10	
Collaboratore di amministrazione	VI		5	
Operatore di amministrazione	VII			
Operatore di amministrazione	VIII			
			92	

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 2005-2007 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 2004 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007		
		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	132		1	132		1	132		1	132
Dirigente II fascia	237		2	237	1	3	284		3	356
Ricercatore	36.423	59	639	38.605	40	679	40.089	20	699	41.543
Tecnologo	12.405	18	239	13.108	2	241	13.381		241	13.426
Collaboratore tecnico enti ricerca	20.345	32	615	21.120	1	616	21.618		616	21.588
Operatore tecnico	4.028	5	141	4.156	1	142	4.168		142	4.198
Ausiliario tecnico	188		7	189		7	188		7	193
Funzionario di amministrazione	2.576	3	71	2.666	2	73	2.710		73	2.796
Collaboratore di amministrazione	6.352	7	207	6.513	2	209	6.624		209	6.645
Operatore di amministrazione	251		9	254		9	251		9	252
<i>Totale personale a tempo indeterminato</i>	82.937	124	1.931	86.980	49	1.980	89.445	20	2.000	91.129

B.2 PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO DETERMINATO	Costo 2004 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007		
		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)
Pers. di alta qualific o assunto per i programmi										
Ricercatore	1.714		29	1.714		29	1.714		29	1.714
Tecnologo	2.641		53	2.641		53	2.641		53	2.641
Collaboratore tecnico enti ricerca	1.157		38	1.157		38	1.157		38	1.157
Operatore tecnico	63		2	63		2	63		2	63
Funzionario di amministrazione	29		1	29		1	29		1	29
Collaboratore di amministrazione	1.110		47	1.110		47	1.110		47	1.110
Totale	6.714		170	6.714		170	6.714		170	6.714
Contratti trimestrali per esigenze straordinarie										
Collaboratore di amministrazione	247		8	247		8	247		8	247
Totale	247		8	247		8	247		8	247
<i>Totale personale a tempo determinato</i>	6.961		178	6.961		178	6.961		178	6.961

(*) Unità di personale espresse in anni-persona

B.3 COLLABORATORI	Costo 2004 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007		
		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>	2.705	15	150	2.836	8	158	3.038	8	166	3.178

B.4 BORSE DI STUDIO	Costo 2004 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006			FABBISOGNO 2007		
		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	25	275	3.308		275	3.465		275	3.465

QUADRO C - RIEPILOGO DELLE SPESE PER RISORSE UMANE

<i>RISORSE UMANE</i>	COSTO (migliaia di Euro)			
	2004	2005	2006	2007
PERSONALE DIPENDENTE				
Personale a tempo indeterminato	82.937	86.980	89.445	91.129
Personale a tempo determinato	6.961	6.961	6.961	6.961
Fondo liquidazione e previdenza	7.500	7.800	7.950	8.100
Benefici di natura assistenziale e sociale	1.200	1.500	1.600	1.650
Formazione del personale dipendente	1.600	1.800	1.800	1.800
Fondo rinnovi contrattuali	4.660	5.000	5.500	6.000
COLLABORATORI	2.705	2.836	3.038	3.178
BORSE DI STUDIO	3.150	3.308	3.465	3.465
CONTRIBUTI E COFINANZIAMENTI ALLE UNIVERSITA'				
Contributi alle università per borse di dottorato	2.500	2.900	2.900	2.900
Assegni di ricerca in cofinanziamento con le università	1.200	1.700	1.700	1.700
	114.413	120.785	124.359	126.883

3.8 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO

In questo paragrafo viene illustrata l'evoluzione prevista per l'impatto socio-economico e interdisciplinare dell'Istituto, con particolare riferimento alle attività formative e agli Highlights realizzati in seguito al trasferimento di tecnologie dall'INFN a campi interdisciplinari d'interesse sociale e civile.

LA FORMAZIONE DEI GIOVANI

Il processo formativo di giovani che vengono addestrati alla ricerca in ambito INFN proseguirà attraverso la preparazione di tesi di Laurea e di Dottorato, a proposito delle quali, tenendo presente i dati riscontrati nel triennio 2002-2004.

Sono prevedibili 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 2005, 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 in quanto riportato a proposito degli anni 2001-2003 [*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)], saranno accesi quelli in *Progettazione Microelettronica* (Padova) e 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 nell'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 di *database* centralizzati in parte già funzionanti.

L'Istituto proseguirà inoltre l'attività di diffusione scientifica e di comunicazione della scienza, per rinforzare le quali ha istituito un apposito gruppo per la Comunicazione. L'attività si svolgerà attraverso iniziative rivolte sia al grande pubblico, (con particolare attenzione ai giovani e al mondo della scuola) sia al mondo politico e imprenditoriale. Appartengono al primo gruppo le numerose iniziative già sperimentate presso i Laboratori Nazionali dell'INFN (quali le *Settimane di cultura scientifica e tecnologica*, le *Olimpiadi della Fisica*, gli *Incontri di Fisica* con

insegnanti di scuole superiori, le Visite guidate: un insieme di proposte che porta a interagire coi Laboratori un numero di visitatori annuo paragonabile a quello dei partecipanti a visite guidate al CERN, il più grande Laboratorio del mondo di Fisica delle particelle elementari) e presso numerose Sedi INFN (con mostre scientifiche organizzate in Italia ed all'estero, talune a carattere interattivo).

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.

Va ricordato inoltre che l'Assemblea Generale dell'ONU ha proclamato il 2005 (centenario dell'anno di pubblicazione dei tre più rivoluzionari lavori di A. 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 già messo a punto la propria partecipazione all'organizzazione di diversi eventi legati alla circostanza, quali ad esempio la Conferenza Internazionale *Spacetime in Action: 100 years of Relativity* prevista a Pavia e il quarto *Meeting on Constrained Dynamics and Quantum Gravity* (Cala Gonone, Sardegna).

PRINCIPALI SVILUPPI PREVISTI PER L'IMPATTO SOCIOECONOMICO E INTERDISCIPLINARE

Una frazione considerevole delle tecnologie innovative sviluppate dall'INFN per la realizzazione delle ricerche ha ricadute in settori multi- ed interdisciplinari, dando luogo agli sviluppi più significativi che sono stati discussi, per il triennio 2001-2003, in una parte precedente del presente Piano. Si riportano qui di seguito le grandi linee di tali sviluppi previste per il triennio 2005-2007, tenendo presente che quelle non espone direttamente avranno comunque un proseguimento secondo i piani di lavoro già approvati.

Il Laboratorio Multidisciplinare sottomarino

Il Laboratorio Multidisciplinare Sottomarino, in corso di realizzazione al largo di Catania alla profondità di 2000 m, oltre alle attività connesse con il progetto NEMO, ospiterà anche attività di carattere interdisciplinare. In particolare l'Istituto

Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una stazione sottomarina per rilievi sismologici ed ambientali che nel gennaio 2005 sarà installata e connessa in linea tramite le infrastrutture del laboratorio. Questa stazione costituirà il primo nodo attivo della rete europea ESONET (*European Sea Floor Observatory Network*).

Nel 2005 sarà anche avviata la realizzazione di un'infrastruttura comprendente una stazione di terra ed un cavo elettro-ottico presso il sito di Capo Passero alla profondità di 3500m. Questa stazione consentirà il monitoraggio *on-line* del sito ed 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.

Con Tecnomare S.p.A. si sta inoltre avviando un accordo di programma per svolgere attività di R&D di sistemi innovativi e robotizzati per il *deployment* e collegamento di strutture sottomarine complesse di interesse sia per le attività del progetto NEMO sia per altre applicazioni.

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 ed 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 ad informazione e risorse remote, realizzare ed utilizzare applicazioni di tipo formativo e svolgere attività di divulgazione scientifica con prestazioni del tutto equivalenti alle maggiori reti della ricerca mondiale.

Negli anni 2005-2007 la rete GARR evolverà verso un'architettura di rete "ibrida", che fonderà le due strutture di commutazione di circuito e di pacchetto. Tale architettura permetterà di configurare reti private virtuali (VPN) e cammini dedicati tra sedi che necessitino di particolari garanzie di banda per specifiche applicazioni, nonché di erogare una serie di servizi *end-to-end*, quali, ad esempio, il *Bandwidth on*

Demand. La capacità del backbone crescerà nel corso del triennio mediante la progressiva installazione di fibra ottica in sostituzione dei circuiti degli operatori di telecomunicazioni, passando dagli attuali 100 Gbit/s ad una capacità dell'ordine del Tbit/sec. Ciò permetterà alle principali sedi INFN di passare gradualmente dagli attuali collegamenti a 1 Gbit/sec a collegamenti multipli di 10 Gbit/s.

Anche la rete europea GEANT, come la rete GARR, evolverà verso la seconda generazione grazie al progetto GN2, iniziato nel Settembre 2004, che vede la collaborazione di 34 reti accademiche e di ricerca europee, tra cui il Consorzio GARR, e consentirà di estendere a livello internazionale e multidominio le funzionalità e i servizi end-to-end sopra citati. L'accesso della rete GARR alla rete GEANT passerà gradualmente dagli attuali 10 Gbit/sec ad oltre 40 Gbit/sec nel 2007. Questo permetterà, in particolare, l'accesso diretto del Tier1 del CNAF e dei Tier2 delle varie sedi INFN inserite nel progetto GRID sia al CERN sia agli altri Tier europei e internazionali.

Nell'ambito dei servizi, nel triennio 2005-2007 sarà consolidato IPv6, già utilizzabile oggi sulla rete GARR. La diffusione di IPv6 renderà possibile lo sviluppo e l'implementazione di una vasta gamma di servizi legati alle caratteristiche intrinseche del nuovo protocollo, quali ad esempio i servizi di *mobility*. Altri servizi disponibili saranno la QoS (*Quality of Service*), i servizi di Security e l'istituzione di una Certification Authority per il rilascio di certificati X.509. Particolare attenzione sarà dedicata all'implementazione e sviluppo su rete GARR di servizi di middleware a valore aggiunto, che rappresenteranno un fattore strategico per lo sviluppo e l'affermazione delle infrastrutture di GRID.

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”. Il Centro impiegherà un sincrotrone a ioni di circa 200MeV, 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 d’energia più elevata di quello attualmente in funzione per CATANA.

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.

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, e coinvolgenti Istituti di Ricerca ma anche industrie ed 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)*, per un costo globale di 4.2 M€, 2.5 dei quali erogati dalla UE, nell’ambito del quale l’INFN svilupperà il sistema *TNIS (Tagged Neutron Inspection System)* di 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.

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 sono state finora legate ai progetti TRASCO e ADS (che hanno usufruito di finanziamenti tramite il MIUR) ed alla partecipazione al programma PDS-XADS nell’ambito del V Programma Quadro EURATOM. Nei

prossimi anni queste attività proseguiranno 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, verrà costruito ai LNL nell'ambito del progetto SPES-1.

L'obiettivo della parte del programma svolto presso i LNS consiste nello studio di una sorgente versatile in grado di produrre con varie configurazioni sia H- che H+, con corrente variabile tra 1 e 50 mA, sia in modo continuo che in modo pulsato. Sarà oggetto di studio anche l'ottimizzazione dell'affidabilità, della disponibilità in termini di *Mean Time Before Failure* (MTBF) e *Mean Time To Repair* (MTTR), e della sua stabilità. Nell'ambito di EUROTRANS si prevede inoltre la realizzazione di un criomodulo completo prototipale per ospitare le due multicelle $\beta=0.5$ realizzate con il programma TRASCO/ADS e 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, sono in costruzione gli ultimi quattro moduli della struttura di accelerazione RFQ (5MeV, 30 mA) 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. Nei prossimi anni la sorgente SPARC/X porterà le attuali applicazioni verso la frontiera dell'eccellenza e aprirà nuove prospettive di ricerca e applicabilità. 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 SPARC/X 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. Le principali caratteristiche della sorgente SPARC/X saranno l'alta brillantezza di picco e la breve durata degli impulsi (qualche femtosecondo).

Il progetto SPARC/X evolverà 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 multidisciplinari, 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.

Il progetto CNAO

La Fondazione CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica), è stata istituita 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. Il Centro per l'Adroterapia è in fase di costruzione a Pavia ed entrerà in funzione alla fine del 2007. Le specifiche dell'acceleratore sono tali da poterlo operare in modalità sia *active-scanning* sia *passive-scanning*, oltre che permettere di realizzare la dosimetria del paziente *on line*. La prima fase, entro il 2007, prevede la realizzazione di tre sale di trattamento, due con fasci fissi orizzontali ed una con fasci fissi orizzontali e verticali. In una seconda fase è previsto di realizzare due ulteriori sale di trattamento attrezzate con Gantry rotanti che permetteranno l'irraggiamento della massa tumorale da ogni direzione. Tale seconda fase sarà realizzata dopo l'entrata in funzione del CNAO e contemporaneamente al funzionamento del centro e all'irraggiamento dei pazienti, ovvero a partire dal 2008.

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 2005, la situazione continua a presentarsi difficile a causa non solo degli effetti residui dei provvedimenti governativi adottati nel triennio precedente 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) il decreto MIUR n. 1173 Ric del 29 settembre 2004 relativo alle indicazioni sul riparto del fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di ricerca per gli anni 2005 e 2006, prevede ancora una riduzione del 2% per ciascun anno;
- b) la direttiva del Ministro dell'Economia e delle Finanze del 27 novembre 2003, ha vincolato le spese per i consumi intermedi all'ammontare degli impegni complessivamente assunti negli esercizi precedenti;
- c) la Legge Finanziaria per il 2005, in via di approvazione, prevede oltre al mantenimento del blocco delle assunzioni (già attivo dal 2002), esteso pure al "turnover", anche il mantenimento di pesanti limitazioni nelle spese per il personale a tempo determinato e addirittura in tutte le altre spese, incluse quelle di investimento;
- 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 è stato quasi certamente, e forse lo sarà ancora nel futuro, un risparmio ma al prezzo di non far partire alcuna nuova iniziativa di ricerca oltre ad 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 un'attenta riflessione.

Da quanto sopra ricordato è conseguita anche una rideterminazione in diminuzione delle previsioni di spesa degli anni 2005-2006 considerati nel piano attuale e già contenuti nel precedente piano triennale 2004-2006.

L'INFN, infine, ha iniziato 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 2005 e la completa attuazione delle nuove procedure informatiche a partire dal 2006.

Nel seguito viene riportato il profilo di spesa previsto per il triennio 2005-2007. Va notato che accanto alla naturale crescita delle spese di personale, dovuta alle prevedibili nuove assunzioni di personale, è previsto un aumento di qualche percento sulle spese di ricerca per tenere conto dell'inflazione, al fine del mantenimento della programmazione degli esperimenti in corso, mentre è evidente la volontà di contenimento delle spese di funzionamento e dei consumi intermedi pur prevedendo il naturale adeguamento al mercato.

PROFILO DI SPESA 2005-2007

(in milioni di Euro)

	2005	2006	2007
ATTIVITÀ DI RICERCA			
Fisica Subnucleare	30,0	30,4	30,9
ELN	0,3	0,3	0,3
Nuove Tecniche di Accelerazione	1,4	1,5	1,5
SPARC	1,4	1,5	1,5
Fisica Astroparticellare	19,2	19,3	19,8
CNGS	0,1	0,1	0,1
Fisica Nucleare	15,0	15,2	15,5
EXCYT	0,6	0,6	0,6
SPES	0,6	0,6	0,6
Fisica Teorica	3,6	3,7	3,8
APE	0,2	0,2	0,2
Ricerche Tecnologiche	5,1	5,2	5,3
LABEC	0,1	0,1	0,1
Calcolo, reti, GRID	10,4	10,4	10,6
Diffusione cultura e innovazione	0,6	0,6	0,6
<i>Totale Ricerca</i>	88,6	89,7	91,4
FUNZIONAMENTO STRUTTURE			
LNF	13,2	13,4	13,6
LNGS	8,7	8,8	9,1
LNL	8,2	8,3	8,6
LNS	7,7	7,8	8,0
Sezioni e Gruppi Collegati	14,4	14,6	14,7
CNAF	1,0	1,0	1,0
Organi Direttivi e Strutture Centrali	2,8	2,8	2,8
Fondi Centrali	8,8	8,9	9,1
Partecipazioni a Consorzi	6,3	6,3	6,3
<i>Totale Funzionamento Strutture</i>	71,1	71,9	73,2
PERSONALE	120,8	124,4	126,9
TOTALE GENERALE	280,5	286,0	291,5

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 2003, in occasione dell'ultima revisione, si è provveduto alla sua integrale ripubblicazione nella G.U. serie generale, n. 192 del 20 agosto scorso, pag. 53 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*.

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.

Il CVI, che ha discusso la metodologia seguita nel processo di autovalutazione dell'Ente in un paragrafo dedicato della propria relazione annua relativa al 2004, 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 2005-2007, rinforzata dall'esperienza acquisita e con ricorso crescente ai *database* messi a punto in occasione del primo esercizio di VTR.

A.3. VALUTAZIONE CIVR

L'esercizio di VTR a cura del CIVR prevede, come adempimenti della Struttura INFN, che devono essere certificati e trasmessi dal CVI, l'inoltro:

- del citato elenco di prodotti della ricerca, ritenuti i migliori e più significativi, relativi al triennio 2001-2003, ognuno corredato da corrispondente scheda

descrittiva. L'INFN ha individuato per la selezione, secondo le tipologie previste dal CIVR, tre tipi di prodotti: 31 Manufatti (Apparati), 6 Progetti (essenzialmente di apparati) e 623 Pubblicazioni. La scelta è stata effettuata adottando i seguenti criteri: per le pubblicazioni, qualità ed importanza scientifica, livello internazionale delle riviste ed indici bibliometrici (in particolare, il fattore d'impatto, IF); per Manufatti e Progetti, alta qualità, riconosciuto valore scientifico-tecnologico, importante coinvolgimento di ricercatori INFN;

- di una serie di dati e informazioni su formazione, personale, e investimenti della Struttura;
- di un Rapporto del CVI, articolato su dieci aspetti specifici, i primi due dei quali riguardano la valutazione dell'attività (*performance*) scientifica ed elementi di valutazione sull'impatto socio-economico delle attività di ricerca; unitamente agli altri (aventi prevalentemente carattere gestionale), tali aspetti sono trattati in dettaglio e ripresi nell'*executive summary* della relazione annua 2004 del CVI.

L'esercizio di VTR verrà successivamente completato tramite gli adempimenti del *Panel* di Area, al quale sarà affidata la responsabilità primaria di valutare i prodotti selezionati e trasmessi dall'INFN, pervenendo (con una procedura complessa, nella quale ogni prodotto è valutato in modo anonimo da almeno due esperti, scelti collegialmente dal *Panel*) all'assegnazione dell'Ente nel suo insieme a una delle quattro fasce di merito previste (*eccellente, buono, accettabile, limitato*).

**INFN INTERNAL REVIEW COMMITTEE
(CVI) REPORT, 2004**

Executive Summary

The CVI of INFN met June 30-July 2, 2004, and November 22-23, 2004. This report is written following the new CIVR guidelines which foresee a triennial basis for the evaluation of the activities of the several research institutes and of the universities. The report is based on summary reports of INFN activities and plans for the future, received this year and in previous years.

The CVI heard presentations from both the departing and incoming Presidents of INFN since the term of President Iarocci ended on June 30, 2004 and the start of that of President Petronzio occurred on July 1, 2004. E. Iarocci concentrated on the status during the past year while R. Petronzio gave his vision of the future. The committee also heard presentations from the presidents of all the five scientific committees and from the directors of each of the National Laboratories, those of Frascati, Gran Sasso, Legnaro and Sud.

A description of the activities of the self assessment working group was provided. This set the activities of both the CVI and the INFN in the context of the requirements of the CIVR. The number of potential products of the research of INFN far exceeds that requested by the CIVR. A selection procedure was adopted. Rather than concentrating entirely on refereed publications, INFN chose also to select a number of projects and pieces of equipment. The methodology applied to the choice of papers paid some attention to the impact factor of the publication but also gave some importance to the judgment as to the importance in terms of setting a direction for the research.

In the presentations of the leaders of the individual committees and laboratories, the CVI developed a judgment about the key areas of importance called out by the CIVR for evaluation. The CVI appreciated greatly the preparation, with this in mind, of the triennial report of the INFN. In this Executive Summary, we briefly address each of the points.

1. Scientific performance

The physics research which falls within the purview of the INFN has been marked by a phenomenal share of the Nobel prizes in physics over the past fifty years. The INFN was one of the first national organisations to form covering this field and its existence has coincided with this “*belle époque*”. Two recent examples of major discoveries in particle physics, that of the agents, the W and Z bosons of the weak force, and of the heaviest of the quarks, the top quark were marked by a very strong and recognised Italian participation. The work of the INFN in particle physics is among the strongest in the world. The innovation which has marked the relatively young field of astroparticle physics has been particularly important with the development of the Gran Sasso Laboratories and a series of seminal experiments. Nuclear physics has undergone considerable consolidation as a field and INFN has followed this consolidation and has embraced the new opportunities to study nuclear matter offered by the heavy nuclear beams soon to be available at the Large Hadron Collider. The drive of this experimental work has been complemented by a very

strong Italian theoretical physics school often recognised across the world for its close ties to understanding the experimental results. In turn, the experiments themselves are underpinned by innovative technological approaches which also enhance the impact of the science on society.

2. The socio-economic impact arising as a result of research

As discussed in Chapter 8, the work of the INFN is consonant with the use of technologies which are at the cutting edge of what is possible. This is particularly true for the employment of advanced electronics and computing. The field has largely been defined by its use of accelerators. However, today, the majority of accelerators operate in the service of a broad spectrum of applied physics and medicine. The sensitivity of the field to this aspect of its work has continued to develop. The institute is aware that it is necessary to develop its ability to inform and help industry to a level at which there is a sense of full partnership by all.

3. Review of management and steering policies especially with regards to strategic planning and research implementation programs

There are two approaches to setting the direction for the research of the institute. The first involves the initiatives of the individual researchers, who generate ideas and self-organise into groups which, along with like minded groups elsewhere, in Europe or other parts of the world, decide to propose an experiment which the institute then considers carefully at multiple levels before approving support. The second involves the identification of strategic opportunities, especially with respect to innovative infrastructure, by the Directorate. These initiatives are then discussed within the Directorate and eventually by the Board of Directors. The system seems to have an excellent balance with the two approaches complementing each other and ensuring a vibrant program.

4. Appraisal of allocated human resources including aspects related to researcher training and growth.

Human resources are a key issue for the institute. INFN has demonstrated its capability as a fertile training ground for highly competent researchers with a top class Ph.D. program as its base. Nevertheless, the career path for physicists in INFN is hampered by the external constraints imposed by the fiscal laws. These are intended to prevent the unbridled growth of an unproductive bureaucracy. In the case of INFN, which relies on a healthy balance between salary costs and research investment costs, these external constraints have resulted in career paths which compete poorly with institutes in other parts of the world and indeed, within Italy, do not match the possibilities within industry.

5. State of international liaisons and research cooperation ventures

The largest part of the research, in both theoretical and experimental areas of the INFN, is conducted in concert with international partners. In many cases these are collaborations of researchers from a large number of countries who self organize

to create the combined resources to embark on the execution of major experiments costing many hundreds of millions of Euros at one of the large laboratories of the world. Several experiments operate at the leading laboratories in Europe, for instance at CERN, Geneva, GSI, Darmstadt and DESY, Hamburg. Italian groups are active in experiments on other continents, primarily at several United States national laboratories but also in China and in South America. Finally an international collaboration in particle physics operates an experiment at the Laboratori Nazionali di Frascati, and other enterprises use the other INFN national laboratories; this demonstrates that the collaborations are bi-directional and that Italy plays its full role in also providing valuable contributions to the physics resources of the world.

6. Appraisal of research infrastructure and related services, with great emphasis on deployment of high technology.

The most prominent aspects of the INFN infrastructure are the four national laboratories and the European Gravitational Observatory at Cascina.

Each of the national laboratories has a distinguishing feature. LNF have been the leaders in colliding (electron-positron) beam machines since the first example AdA more than forty years ago. Currently the DAΦNE complex is the highest intensity of its energy range and, when attention is paid to the effect of energy in the calculation of luminosity, the performance is comparable to that of the highest luminosity performance of the B factories.

The Laboratori Nazionali del Gran Sasso are the youngest of the laboratory complexes and represented a major advance which made Italy world leaders in Astroparticle physics and other fields which demanded a well developed underground infrastructure. The support for sophisticated and large experimental structures in the low background underground environment continues to be competitive on a world scale. Currently several of the larger experiments have substantial non-Italian participation and contributions, in particular from the US and from Japan.

The Laboratori Nazionali di Legnaro is primarily a nuclear physics laboratory and, along with LNS, it operates accelerators which form key components of the European network of such accelerators. The special nature of its facilities have also lent themselves to use as a fabrication centre for the CMS experiment being constructed at the Large Hadron Collider at CERN.

At the Laboratori Nazionali del Sud, the high quality nuclear physics experiments performed on the accelerators are augmented by a very active program of treatment of cancer of the eye using proton based radiation therapy.

The VIRGO, gravitational interferometer, has been designated as the European Gravitational Observatory. The latter came as a result of its already international structure; VIRGO is constructed and operated by a strong INFN-IN2P3 (France) collaboration.

7. Establishment's capacity to attract, manage and gain access to research related human, financial and material resources

INFN has received its funding predominantly from the Italian Government. However in addition to its primary mission, INFN was asked to perform the lead role in the development of the Italian network infrastructure. It is in this area that INFN has been a strong participant and has received funding from the EU, in particular for the EGEE project. There has been a concerted effort to develop a framework in which the participation in awards from such sources as those from the EU is consistent with the understood strategic directions of INFN.

8. The principle strengths and weaknesses with regard to research management and, where applicable with regard to quality and pertinence of all endeavours aiming at promoting research outcome and skills generated by it.

INFN has a rather sophisticated system of governance.

The basic work is generated by proposals from individual researchers, or groups of researchers within each of the five scientific fields. A proposal is scrutinised for quality and likelihood of success, for the consonance in direction with that of the institute, and is refereed in detail by other researchers, the first level of "peer review". If successful the proposal is brought before the relevant national committee where a decision is taken whether or not to fund the proposal. It should be noted that each of the national committees contains representatives from each of the sections of INFN and of each of the national laboratories.

In addition, the INFN Directorate may create a "special project". This is a device to provide support for a direction which may be broader than an individual field of research. It may also be that the initiative is a very large one and deserves to be steered by one of the members of the Directorate. This device is very effective in adjusting the direction of the institute. The "bottom-up approach normally in action is empirically inherently conservative. The top-down special projects often reflect a vision of the future adopted by, if not always generated by, the INFN Directorate.

9. Establishing a link between internal decision making and research program outcomes

As described in the comments above, the special projects are capable of generating major changes in the research program. One example is the VIRGO, gravitational interferometer at Cascina. It is the most advanced device of its type and has placed Italy, along with only the US and Germany, at the forefront of this field. A second example is the decision, taken eventually by the third national committee, for nuclear physics, but encouraged by the INFN Directorate, to have a major participation in the ALICE experiment at the Large Hadron Collider at CERN. This has effectively and substantially shifted the research emphasis within that sub-field in Italy. As a final example, the decision to approve Italian proponents of the BaBar experiment ensured a strong Italian participation in an experiment which was only possible at two facilities, one in Stanford, USA, the other in Japan. These

experiments have been among the most prolific producers of results over the past four years.

10. Conclusions and recommendations

The general conclusions of this report are very positive. INFN has strength in most of the areas of research in which it participates. In this respect it sees correctly that its competitors and partners are the four large countries of Western Europe, the United States and Japan. Increasingly the size of the installations is global and partnership has already overwhelmed competition as the *modus operandi*.

Italy is a full partner and exploits in the best possible way the available resources.

The work of INFN is outstanding.

Where INFN and the CVI both see opportunities is in the dissemination of technology to industry, to medicine, to other science, and to the populace in general. Over the past 5 years the CVI has seen this aspect of the work of INFN receive more attention. This matches the developments elsewhere in the world. It has become less and less acceptable that the secrets of the field be limited to a few aficionados; there is no room for an exclusive quasi-priesthood. Further, the technology which the field generates and of which it is such a facile practitioner is just the kind of faculty needed by modern society in general. An educated populace will take wiser decisions about the power over nature which it wields so carelessly.

The CVI advocates that INFN continue to search for ways to enhance its material contributions to Italian society both through dissemination of its techniques and its knowledge and to share its excitement in its work.

Contents

1. Introduction
2. The Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
3. The Scientific Programme: The National Committees:
4. The National Laboratories
5. Resource and Financial Management
6. Assessment Working Groups, GLV, and Product Validation
7. Self Assessment: Productivity
8. Self Assessment: Socio-economic impact
9. Conclusions, Remarks, Recommendations

Appendix A -- Membership of the CVI.

- **Appendix B -- Agenda of the INFN CVI Meeting Rome, 30 June-2 July 2004**
- **Appendix C -- Agenda of the INFN CVI Meeting Rome, 22-23 November, 2004**

1. Introduction

This 2004 report of the Comitato Valutazione Interno, CVI, of the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, INFN, is part of the new triennial evaluation of research conducted under the direction of the Comitato di Indirizzo per la Valutazione della Ricerca, CIVR.

During 2004, the CVI met twice. First in July 2004, the CVI met to hear reports from the scientific arms of the INFN, including all the five National Scientific Committees and the four national laboratories. Second, in November, the CVI heard reports on important self assessments of the productivity and of the socio-economic impact of the work of the institute. The current CVI membership, which rotates periodically, is shown in Appendix A. The agendas of the two meetings are shown in Appendices B and C, respectively.

In many ways the CVI is conceived as an International Peer Review of the INFN. This concept of international peer review is built into the INFN fabric at several levels. The concept is used both at the Program Advisory Committee level for the INFN accelerator laboratories, and at the Scientific Policy Committee level. Recently the larger sections have also adopted the practice of having international visiting committees. At the level of the institute itself, ad hoc international reviews were conducted at the request of the President. It was therefore natural for the INFN President to turn to this approach in conjunction with the CIVR evaluations introduced in 1999. Since that time, the internal evaluation committee, CVI, has met at least annually.

Following this introduction, we use the subsequent three chapters to describe and comment on the Institute as a whole, the scientific program and the four national laboratories. In chapter 5, we describe and comment on the handling of resources fiscal and human.

We use chapters 6, 7, and 8, to describe the way in which INFN has responded to the evaluation procedures and its self assessment of its productivity and the socio-economic impact of its work.

The CIVR produced guidelines highlighting ten elements, which INFN were to use to in developing a three year report. We use chapter 9 to provide our own summary assessment of the performance of INFN within that framework. This assessment is then also included in the Executive Summary of this report.

2. The Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

The INFN directs, manages, coordinates and conducts, sub-nuclear and particle physics, neutrino and astroparticle physics, nuclear physics, theoretical physics and technology within Italy through five national scientific committees, each associated with one of these elements.

As a research institute INFN relies heavily on the most advanced technologies including those which have impact beyond its immediate goals. These include superconductivity, advanced application-specific integrated circuits, computing and networking. As a result it has on occasion been charged with leading Italy in the construction of the next generation of infrastructure. A prominent example is that of networking where a strong national computer network initiative evolved into a strong participation in international networking and in the initial World Wide Web. Recently the institute was charged with directing the deployment of the next level of the computer Grid.

A large part of its mandate comprises the operation of the four national laboratory complexes at Frascati , LNF, Gran Sasso, LNGS, Legnaro, LNL, and Sud , LNS near Catania, and the European Gravitational Observatory, EGO, at Cascina near Pisa. Each of these institutions operates large scale devices which are used and exploited by the international physics community. They are discussed in somewhat more detail below.

In addition to the national laboratories, the institute consists of about twenty sections each of which is, in general, associated with a prestigious Italian University. The synergy between the universities and the sections is vital. The professors are associate members of INFN and the students progress from undergraduate study at the universities to graduate research in the sections. The ability of the sections to give research experience to undergraduate assistants spreads the awareness of high technological techniques and the scientific approach even among those who do not pursue physics for a career.

Over the course of the years 2001-2003, INFN researchers have led or participated in a number of important advances in all the fields of research in which they participate. These include the discovery of new elementary particles at several levels, the establishment of the violation of charge-parity symmetry in the b quark system and the establishment of operation for several exciting new pieces of equipment in particle physics, gravitational wave study and nuclear physics. For 2004-2006, we can look forward to similar panoply of successes which will include the deployment of the next generation of computing engines for theoretical calculations in lattice gauge theory which promises deep insight into the nature of the interactions observed by the experiments.

The institute has an annual budget approaching 300M€ and employs about 2000 people, many of them physicists with doctorates, and enjoys the membership of a comparable number of associated university researchers.

The annual salary budget for INFN is significantly less than 50% of its total funding. Compared to many research organisations around the world, this would speak to an organisation, which is relatively healthy. An organisation of this type, which is moribund, with little opportunity to invest appropriately in new equipment, new infrastructure and new experiments is characterised by its salary costs being a large fraction of its total budget. Of course, as we discuss later, the budgets of different types of organisations may be dominated by salary costs.

We consider and discuss the health of the INFN, in terms of its resources, in more detail later. Nevertheless, it is worth remarking that the three year plan advanced by INFN is predicated on its ability to fill the indicated complement of positions and to reach a total of 2014 permanent staff in 2006. An examination of the numbers suggests that this modest increase in investment in the vital human capital is essential.

INFN recently celebrated its 50th anniversary. During that time it has nurtured a remarkable number of world class physicists. It has created some of the most renowned physics techniques in use to day and it has established itself as the Italian partner in European and worldwide nuclear and particle physics. The contributions it has made and continues to make to international experiments at all the major laboratories of the world and the facilities it constructs at its national laboratories for use by the international physics community match the best in the world.

3. The Scientific Program

3.1 Experimental Sub nuclear Physics with Accelerators: CSN I

The past three years comprise the first of a new decade for particle physics and CSN I.

In many respects, 1991-2000 was a decade of operation for the LEP Collider at CERN, the SLC collider at Stanford Linear Accelerator Center and of the Tevatron at Fermilab and of HERA at DESY. The first two ended operations and have now completed analysis, the latter two underwent major upgrades to both accelerators and detectors and are now operating again with enhanced parameters. The newcomers to the field are the flavor colliders, PEP II at SLAC, its competitor KEK-B at KEK in Japan, and the DAΦNE collider at Frascati. The first two and their experiments probe the B system and DAΦNE probes the kaon system. CSNI supports leading experiments at several of these colliders.

The excitement with the LEP data came early in the three year period under consideration. That occurred when there were indications of anomalies in the data which might have presaged a very light Higgs boson. The final analyses yielded some rather solidly based limits on new physics. This was enhanced by exploiting the particularly straightforward production processes which can be postulated in electron-positron interactions. In addition the precise determinations of the parameters of the electroweak model, including the mass of the W boson, may well turn out to among the most enduring legacies of LEP.

A staple of European particle physics over forty years has been the fixed target experimental program at CERN. The number of experiments has reduced and the goals have become much more refined and focused. The NA-48 experiment executed a very successful series of measurements of charge parity violation in the neutral kaon system. It set the standard for both of its competitors, the KTeV experiment at Fermilab and the KLOE experiment at DAΦNE. Charge-Parity (CP) violation was

established at the level of seven standard deviations. In the past year the experiment has been transformed and enhanced to handle concurrent beams of charged kaons. The other surviving line of research is represented by the Compass experiment which has extended the series of important experiments over nearly thirty years in the CERN M2 muon beamline. Compass has taken data with a fully operational experiment; its initial emphasis is further investigation of the spin dependent structure functions of the nucleon. Extensive calibration work has resulted and first physics analyses are eagerly awaited.

During 2001-2002, the DAΦNE accelerator performance improved steadily and a substantial data set enabled the KLOE experiment to get into the regime of specific rare decays. The data were also exploited through initial state radiation to improve the world knowledge of the hadron production in electron-positron collisions. In 2003, KLOE has rested as other experiments took data. The future should see the data reach sensitivities comparable to NA48 and KTeV

Both the PEP II accelerator and the BaBar experiment have enjoyed stellar years. The luminosity has been high and rising. The impact of flaws in the experiment has been minimised and remediation is well under way; the parts of the muon system which did give some problems will have been replaced within about two years. CP violation has been well established in the B system with a solid measurement of the angle β . There is considerable discussion of the measurements relevant to the angle α . The measurements are more difficult as well as being more difficult to interpret and thus far agreement between the relevant measurements made by Belle and those from BaBar is not perfect. The Italian component of BaBar has performed rather strongly with Giorgi just completing a term as Spokesman. The challenge for the next couple of years will be to attempt to maintain the data doubling time below a couple of years or so. An interesting aspect of the data set is that it is very rich in conventional but unanticipated physics in the form of new states whose identity is not immediately obvious. One particular instance was the observation of a state with charm in its decays with a mass of 2320 MeV; the lead analysis was performed by an Italian group.

At the Tevatron, the period 2001-2 saw the upgraded CDF detector reestablish its credentials. One innovative new capability was the displaced vertex trigger. This device was the brainchild of Ristori who is currently the spokesman of the experiment and it represents a first for a hadron collider experiment. Rather surprisingly it led to a dramatic increase in the capability of the experiment not only in B physics but also in charm physics. The past year has seen a sharp change in the machine performance. With a record $10^{32} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$, and more than 500 pb^{-1} now delivered, the CDF experiment is starting to produce some very interesting new results. For example they recently released a measurement of the relative lifetimes of the long and short-lived B_s meson and found it to be surprisingly large. As well as having Ristori as spokesman after earlier terms in that position from Belletini and Bedeschi, other Italians have taken leadership of two of the physics analysis groups thus demonstrating their standing in the experiment.

At HERA, the experiment Zeus with a large Italian participation enjoyed considerable success in which it explored new regimes of QCD, particularly at low

x_{Bj} . It is worth noting that the inventors of QCD received the 2004 Nobel Prize for physics. Unfortunately the recent modifications to machine and experiment have not yet led to strong success. The DESY plan is to redouble their efforts to exploit HERA in the period until 2007 at which point several components of the accelerator complex have been earmarked for use as a third generation light source. CSN I management also points out that this accelerator was the venue for an experiment, HERA-B, which although surpassed by the dramatic success of the b factories, was left with significant options in complementary fields that the experiment has been able to exploit mostly as a result of the work of the INFN group

Of the major particle physics experiments currently operating across the world, INFN makes major contributions to most. Examples of minor or zero contributions are the Belle experiment at KEK in Japan, the H1 Detector at HERA and the Dzero experiment at the Tevatron. In each case the Italian contribution to the direct competitor is very strong. It can therefore be argued that INFN continues to maintain its forefront position in the current generation; we can thus look forward to this high level being maintained into the mature physics phases of these initiatives.

Thus, the scene is set for the next several years of operation. However, this is only part of the story. Several experiments, to run later, in the last couple of years of the decade, are already in an advanced state of preparation. The Large Hadron Collider brings a new scale of energy for colliders. Similarly the large experiments CMS and Atlas represent a new scale in experimentation and the collaborations which are building the experiment represent a new level of cooperation; there are more than 1500 physicists in each collaboration.

Both experiments, the CMS, Compact Muon Solenoid and ATLAS, A Toroidal Lhc ApparatuS, are now well advanced in the production of many systems. The projected date for initial collisions at the LHC is spring 2007. This may be difficult to achieve for the machine builders, nevertheless the strategy is to be ready with as much of the eventual apparatus as possible so that the experiments do not drive the schedule. Of course there are many challenges to be met over the next few years but they appear to differ, it is not the same issue in each experiment.

Both experiments incorporate large magnets. The solenoid of CMS is larger than any previous one and the goal is to operate with a field of 4 Tesla; progress is good. The barrel toroids in Atlas have been one the items causing the greatest concern. Almost "as usual", the issue was not one of high technology, rather it is one of detail in the final cryostat assembly which has caused some delay. During October 2004, the first of the barrel toroids was installed in the ATLAS pit. Italian industry has played a very large role in the current delivery of magnet components in particular the coils for both these elements.

The muon systems of each of the large experiments and indeed the other two smaller experiments at the LHC employ Resistive Plate Chambers (RPCs) and INFN has attempted, with some success to orchestrate the production of these elements across the experiments.

The electromagnetic calorimeter of CMS is constructed by assembling many crystals of Lead Tungstate in a honeycomb-like structure. In Italy this work involves

collaboration between INFN and ENEA. Although the eventual delivery of all the crystals required by CMS is one of the largest concerns, the assembly so far completed in Italy exceeds any previous crystal assembly for particle physics. The electromagnetic calorimeter for Atlas uses a contrasting approach with interleaved plates and electrodes immersed in liquid argon. Again a large Italian participation from both INFN and industry has been evident in the construction of these devices which have now been successfully mounted in their cryostatic containers and have been tested at CERN. This was a major milestone for Atlas.

Finally in the inner regions of the detector are the trackers and Italy has chosen to exploit a proven expertise with silicon detectors, which comprise the totality of the CMS tracking detector. These devices are assembled from many components and that assembly and associated quality assurance is time consuming. It also stresses the ability to maintain high yields in each of the steps in the sub-assemblies. If this does not happen, rework costs, and schedule spiral out of control. Although production lines across the world have been fed sufficient components to establish production capabilities, the complete line is not yet operating smoothly all of the time.

The gains from the higher energy at the LHC are less evident for the production of low mass particles such as B mesons. Nevertheless, the production rates are high enough that the LHC-b experiment feels it can outstrip the B factories. LHC-b has a relatively conventional design and looks like a large fixed target experiment; it profits from the transformation of rapidity, which is the relevant acceptance variable, to angle at large rapidity. An experiment at the Tevatron, BTeV, uses a superficially similar configuration. That experiment takes a step forward by using Lead Tungstate for its calorimeter to maximise its sensitivity to neutrals, but its key feature is a trigger based on an extensive pixel detector which would be contained within the machine vacuum. Participation in these two experiments will ensure a strong INFN participation in B physics well into the next decade; there are many who feel that new physics should appear in these experiments; the puzzle of the matter-antimatter (CP) asymmetry which is a prerequisite of our existence has not yet been solved.

All of these experiments rely on the new computing paradigm; the Grid. Just as networking transformed the way we communicated in the 80's, so the Grid is transforming the way we locate our computing resources. The current big experiments in which INFN participates, BaBar and CDF in the United States both are relying on widespread computing resources found in Padova or Bologna. For the LHC, this will be the way of life. Already demonstrations have been operating for more than a year. Atlas jobs run on CMS funded machines when they are idle, and vice versa. As a result of its manifest leadership among Italian research institutes, INFN was chosen to be the lead institution for the implementation of the Italian national computer network.

With the strong participation in the LHC and other experiments it would seem that CSN I has a well understood progression to about the middle of the next decade. Of course the LHC experiments will operate for fifteen to twenty years.

The further future has been the subject of much debate across the world in the past year. The possibility of a TeV scale Linear Collider has stimulated R&D for a

decade or more and a decision is expected in this calendar year as to the most promising technology. Italy has collaborated on all of the relevant technologies. However, that may not be the only way forward. Neutrino and other physics tends to point to powerful proton sources. These could also be the foundation for other devices such as neutrino factories. Italy has been a strong player organising a number of studies and workshops. There are also discussions about what would be the appropriate next machine in Italy. Would it be an upgraded DAΦNE, or a completely different machine? It is entirely appropriate that INFN should have cast its net wide in looking at these options. There are many ways in which narrow initiatives can fail and a single country no longer controls its own destiny completely; at least that is true if the country involved seeks to retain an influential position. This is manifestly the case for INFN.

In summary the years 2001-2003 have seen a very high level of production of results based both on mature programs which have now finished and on young programs just establishing operation. The foundations are in place for continued world partnership in particle experiments for the next five years and for the ten years beyond that. Discussions are in progress to plan a longer term thrust for CSN I.

- 3.2 Astroparticle and Neutrino Physics: CSN II

Astroparticle Physics and Neutrino Physics are fields where major developments have taken place during the past three years. As a consequence many new projects have been undertaken and therefore also the future of these fields will be dynamic with many interesting results to look forward to. INFN is very strongly present at the frontier of developments in Astroparticle Physics and Neutrino Physics and has arguably played a major role in the recent successes and in defining the future. The Gran Sasso National Laboratory (LNGS), the largest underground laboratory in the world, is of prime importance for many of the projects supported by CSN II.

Productivity and impact of the research sponsored by CSN II are large, as illustrated, for example, by comparison to other major European nations.

INFN is a founding member of ApPEC (Astroparticle Physics European Coordination), presently chaired by R. Petronzio. Under the auspices of ApPEC a funding request for an astroparticle physics European network, including several R&D projects, has been successfully submitted to the EU (FP6) and further initiatives (e.g. design studies) will follow.

The discovery of neutrino oscillations in atmospheric and solar neutrinos (Kamiokande and Superkamiokande in Japan), a few years ago, certainly has been a major breakthrough. INFN is extremely well placed to build on its past involvement in this field and continue a program of exploration of the physics of ‘oscillating’ (i.e. massive) neutrinos, a field wide open for new measurements (e.g. of neutrino mass differences and neutrino masses) and new discoveries (CP violation in the neutrino sector; the ‘Dirac’ vs. ‘Majorana’ nature of neutrinos).

The GNO experiment (at Gran Sasso) has completed data taking recently and measured solar neutrinos due to the pp reaction, the most abundant but hardest to measure. The Borexino experiment suffered a delay because infrastructural improvements relating to safety had to be put in place at LNGS, but is now ready to resume installation. It is mainly aimed at measuring ^7Be solar neutrinos, a monochromatic line at 863 keV.

The Opera experiment will, starting in 2006, measure $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ oscillations in an appearance experiment, certainly the most direct proof of neutrino oscillations. The Opera experiment will use a neutrino beam sent from CERN to Gran Sasso (CNGS), i.e. over a distance of 730 km. Also the Icarus experiment will receive this beam in its unique 600 (ultimately 3000) tons liquid Argon detector. (This detector has a larger physics program, including proton decay searches and more). The participation of INFN in K2K (neutrino beam from KEK to Kamiokande) naturally fits in the 'oscillation program' covered by Opera and Icarus.

We would like to comment on the accelerator-based neutrino programme. CSN II foresees a 10 year programme of CNGS (CERN neutrino beam to Gran Sasso) and wants to concentrate the efforts on this programme. The OPERA Collaboration, with a sizeable international component, will look for tau-neutrino appearance and has also some sensitivity to $\sin^2 2\theta_{13}$. Although the potential of Icarus is large it is not yet a truly international collaboration with a clearly defined timeline. We agree that CSN II concentrate on the exploitation of CNGS and that a 10 year program be worked out in detail, at the same time we see discussions in the neutrino community on superbeams, neutrino factories. These deliberations are occurring in many parts of the world. INFN physicists should continue to take an active part in these developments. So we recommend the formulation of a long term strategy of the accelerator-based neutrino program including CNGS and the longer term future.

The neutrino physics program of INFN furthermore contains highly relevant, but also particularly challenging projects aiming at measuring the ν_e mass (MI-BETA), neutrinoless double beta decay (CUORE, preceded by CUORICINO) and at finding direct evidence for dark matter interactions - an intriguing observation by DAMA, annual modulation of an 'unexplained' signal, will now be verified by LIBRA.

The cosmic ray program covered by CSN II is practically comprehensive and of particularly high quality. It covers high energy cosmic rays, high energy cosmic neutrinos and high energy gammas. It includes observatories in the sky (balloons, satellites), on the ground and under water. Although many of these projects are of an exploratory nature the scope for discoveries is large, because new windows on the universe are opened for the first time. Auger will measure the 'all cosmic ray spectrum' up to the highest energies with a Cerenkov tank array effectively covering 3000 km^2 , complemented with fluorescence detectors. Auger is 'modular' and started data taking, the full detector will be complete by the end of 2005. The ARGO project (a large RPC array in Tibet) will be operational in 2005 and look for high energy ($> 100 \text{ GeV}$) gamma ray sources. The MAGIC telescope at the Canary Islands has started data taking in October 2003 and has already observed continuous TeV gamma ray emission from the Crab nebula. The observation of 'direct' high energy cosmic neutrinos would represent a major discovery; it requires very large detectors, 1 km^3 of

water (or ice). It is clear that such a huge project requires a smaller ‘first step’ and INFN is involved, in a leading way, in the Antares project and is developing plans for the NEMO project close to Sicily, both in the Mediterranean.

INFN is involved in various ‘leading edge’ projects for detecting cosmic rays (including gamma rays) in space, thus avoiding absorption by and background from the earth atmosphere. AGILE will, following EGRET but with improved sensitivity, measure an all sky gamma ray map; it will be launched in 2005. GLAST (a collaboration involving NASA) will be launched in 2007 as the next step, putting a rather large ‘particle physics detector’ in space. AMS2 will be the first magnetic spectrometer in space using a superconducting magnet, following the successful test of AMS1 in 1998, using a permanent magnet. It will allow unique measurements of the cosmic ray spectrum.

A very important activity of CSN II is in the field of gravitational wave detection. Various INFN groups have made pioneering contributions to cryogenic resonant bar detectors and very intriguing coincidences have been observed by EXPLORER (located at CERN) and NAUTILUS (in Frascati). AURIGA2, implementing the latest technological improvements, started data taking in December 2003. The EGO consortium (between INFN and IN2P3, France) is operating the Virgo laser interferometer, this extremely challenging instrument is now in the commissioning phase. The (somewhat farther) future of gravitational wave detection will exploit an interferometer in space (LISA) and INFN is very well placed to participate in a leading way.

In conclusion the research conducted under the auspices of CSN II in the fields of astroparticle physics and neutrinos is of the highest quality and has a very promising future. We can look forward to (first) results of many of the new projects underway now or in the near future, at the next tri-annual review in 2007.

3.3 Nuclear Physics: CSN III

INFN plays a significant role in nuclear physics, within Europe and worldwide. The research ranges from the study of the nuclear building blocks, neutrons and protons (more generally hadrons) to complex nuclei representing the matter composition of our solar system and beyond, to extended nuclear matter in astrophysical scenarios such as neutron stars and supernovae, and finally to very hot and compressed matter as it should have existed in the first moments after the big bang, with a phase transition from a deconfined, chirally symmetric quark-gluon plasma to hadronic matter.

As a result the INFN research in nuclear physics is structured along four main programs: i) quark and hadron dynamics; ii) phase transitions of nuclear and hadronic matter; iii) nuclear structure and dynamics; iv) nuclear astrophysics and interdisciplinary researches. The total of 586 researchers (434 FTE's; 38% of the researchers from universities) distributes very roughly with comparable size over the first three areas, with the fourth less than half of the others.

There is a distinct trend over the last decade of about 50% of the researchers from the first area moving to the second (which now is the largest group). It reflects the increased interest in quark-gluon plasma physics, in particular in view of the large ALICE experiment now under construction at the LHC (CERN). Beyond the specific case of

ALICE, there is an overall trend in the field to consolidate efforts towards larger experiments, due to the complexity and technical challenges that forefront research in nuclear physics now requires.

In each of the four research areas listed above there have been substantial achievements over the past three years. In the area of hadron and quark dynamics, experiments at TJNAF provide important information towards our understanding of the theory of strong interaction, quantum chromo dynamics (QCD), in the non-perturbative regime, i.e. at the large distance and consequently low-momentum scales relevant for nuclear dimensions.

Specifically, in the AIACE experiment at TJNAF (at the large-acceptance CLAS detector) nucleon resonances and spin structure functions were pursued with precision, generalized parton distribution functions explored, and evidence established for new multi-quark hadron configuration. In the ELETTRIO experiment (a high-resolution spectrometer) new results on spin structure, relevant sum-rules, and hypernuclear productions were obtained.

In the large international experiment HERMES at DESY (large-acceptance spectrometer with polarized targets) polarized electron scattering provided important information and tests of theory for spin physics (first results on transversity; first glimpse on gluon contributions) and in-medium effects on form factors. GDH sum rules are studied at Mainz (MAMI) and Bonn (ELSA) and at Grenoble (ESRF).

At the DAPHNE facility high-luminosity phi-meson and thus secondary kaon beam production allowed important measurements with the DEAR detector (anti-kaon nucleon scattering, chiral perturbation theory tests) and the FINUDA set-up (lambda hypernuclear studies). The best measurements yet on kaonic hydrogen were obtained, and prospects for kaonic deuteron studies are quite exciting.

Future plans include programs targetted at the 12 GeV upgrade capability at TJNAF, the antiproton program at the FAIR facility, and PANDA detector at GSI. This will open opportunities for precision spectroscopy into the charm region, glueball searches, searches for new multi-quark hadrons, multi-strange hypernuclei etc., to mention just a few of the planned research goals.

The second area of research concerns the strong-interaction matter phase transitions. INFN has had a successful and growing involvement from low energies (liquid-to-gas nuclear transition) to the higher energies (quark-gluon phase transition). For the latter, at the SPS at CERN, key results were multi-strange hyperon production and J/Psi suppression. The data have been instrumental in what has been considered– together with other observables – as strong indication for the observation of the transition to the quark-gluon plasma.

The current effort is focussed on the future ALICE experiment at the LHC at CERN. The LHC will provide a factor 20 higher centre-of-mass energy than presently attainable with RHIC at Brookhaven. The expectation of a full realization of the weakly coupled (ideal) quark-gluon plasma is stimulating broad participation of the Italian community. Within CSN III this has become the largest effort. The Italian community is also strongly involved in the technical developments for ALICE: it has responsibility for

parts of the inner tracker (silicon drift, pixel, and strip detectors), the time-of-flight system (multi-gap RPC's), the di-muon spectrometer, the zero-degree calorimeters, and ALICE GRID computing. All of these are central to the ALICE program and give the Italian community a strong position in this experiment.

The INFN program in low-energy nuclear structure and dynamics is predominantly carried out at the INFN's own facilities, the Legnaro National Laboratory (LNL) and the National Laboratory Sud (LNS) in Catania. In addition, user facilities elsewhere are employed. The program, in general terms, addresses two key areas: nuclear matter at low energies and temperatures and the nuclear liquid-gas phase transition, and the study of nuclear structure at the extremes, i.e. excitation energy and angular momentum, but increasingly also in isospin, by moving away from stability with beams of short-lived nuclei ('radioactive' beams).

Interesting results have been obtained in the areas of sub-barrier fusion, fission dynamics and symmetry energy, multi-fragmentation at very low energies, two-body dissipation, nuclear transparency at Fermi energies, and isospin effects in cluster formation and the nuclear equation of state. Nuclear structure studies address neutron-rich light nuclei, isospin symmetry and mixing, nuclear shape phase transitions, exotic shapes, and dynamical symmetries. For both areas, powerful and innovative detector arrays have been constructed at both national laboratories, at LNL (for example GASP, 8pLP, GARFIELD, PRISMA) and at LNS (for example MAGNEX, CHIMERA).

The fourth research area within CSN III addresses issues of nuclear astrophysics and interdisciplinary research. This is the smallest of the four programs. In nuclear astrophysics this includes the pioneering low-energy accelerator(s) and research program at the Gran Sasso underground laboratory. In its background-free environment it has been possible for the first time to perform measurements at stellar energies, i.e. the actual thermal energies that prevail in the stellar environment. A new indirect reaction method (Trojan horse method) was developed at the LNS for measurements of key astrophysical reactions. Lithium-8 production, a key indicator for Big Bang nucleo-synthesis is in preparation at the EXCYT facility at the LNS which is nearing completion.

At CERN, neutron capture cross sections of importance for astrophysics were successfully carried out at the n-TOF facility, and anti-hydrogen studies performed at the antiproton decelerator (ATHENA experiment).

The research within CSN-III has led to interdisciplinary and technological developments of societal importance, which is addressed elsewhere.

The program has a noteworthy effort to disseminate science activities and scientific culture to the educational system and the general public. In particular the national laboratories attract high-school students and teachers at a level that compares well with large international laboratories that might be better known.

3.4 Theoretical physics: CSN IV

Activities of this group have continued in all five branches of theoretical physics covered by INFN.

Quantum Field Theory and Strings remains a strong area of research and is attracting a growing number of young researchers, particularly in the latter subject. String theory is indeed a promising and challenging framework for the construction of a theory that, encompassing the standard model, combines it with a quantum theory of gravity. There has been lately an evolution in the scope of string theory activity from mostly mathematical work to the understanding of its implications for accelerator and astro/cosmo-particle experiments. Other important activities in this sector are lattice gauge theories, till today the best tool for studying non-perturbative properties of QCD, such as confinement, high-temperature deconfinement, and QCD at high baryon density.

Particle Phenomenology, the other traditionally strong area of Italian theoretical physics, 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 perturbative QCD, and to extracting basic parameters of the standard model from lattice calculations (CKM and weak matrix elements, heavy-flavour parameters, signatures for the quark-gluon plasma).

The *Nuclei and Nuclear matter* group, while continuing successfully its traditional lines of research in Nuclear structure and Nuclear reactions, has shown the further development of its component addressing the physics of relativistic heavy-ion collisions and the search for the quark-gluon plasma, a development that was recommended by the CVI a few years ago. Work in this area has become increasingly visible internationally. It is hoped that more openings to young researchers in this area will be created in the near future.

Activity in *Astro-particle and Cosmology* has grown at a considerable pace over the last few years, as the result of the quantity and quality of challenging data recently harvested in the field. Its development within CSN IV is well in line with our previous recommendations. It covers a large spectrum of subjects, from cosmological models, to neutrinos, to gravitational-wave sources, to dark matter and energy. Job openings to young researchers in this field look satisfactory. The good quality of research in this field is substantiated by the high level of ISI-citations.

The share occupied by *Mathematical Methods* continues its slow shrinking. This is probably the result of competition from String Theory with which it has important points of overlap, e.g. in the study of non-commutative geometry. Other interesting areas are those of non-equilibrium thermodynamics and of foundations of Quantum Mechanics. The smaller numbers in ISI-citations in this sector mainly reflects the smaller size of its community.

CSN IV has one special project, *ApeNEXT*. While the APEmille network now totals about 1.8 Tflops distributed in different nodes in Italy, France, Germany and the UK, the ApeNEXT project will soon make computing resources of the order of 10

Tflops available at various locations. INFN, DESY and Bielefeld are already envisaging the acquisition of several ApeNEXT units. 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.

- 3.5 Technological and interdisciplinary research: CSN V

The mission of CSN V spans from developments of new technologies for future experiments in nuclear, particle and astroparticle physics, to the use of the technological know-how in these fields for interdisciplinary or industrial applications. This specific purpose requires providing the means for testing innovating ideas and creative applications, yet within a frame where the soundness of proposed projects is evaluated, their progress closely monitored and their evolution followed up to their final application. To fulfill this purpose not only technical expertise is essential, but also the possibility to establish the necessary contacts with other fields of research or industrial partners.

Activities of CSN V are structured in three fields: detectors and electronics, accelerators and related technologies, and interdisciplinary applications. In each field three to seven conveners evaluate, approve and follow the projects. Funding is close to equilibrium between the different fields. Over the last three years, the budget of interdisciplinary activities increased by 8% and reached 38% of the total, which is the highest share among the three sectors. Interdisciplinary studies are related to environment and space (48%), bio-medical applications (38%) and cultural heritage (16%).

In total more than 100 different projects are currently ongoing, generally with a lifetime of 2-3 years. Projects are present in all INFN units as well as all national laboratories. A database containing the achieved milestones, current status and plans of each project is an impressive source of information and an adequate tool to supervise the variety of projects.

During the year 2003, the productivity in terms of achieved milestones has been very good (85%) and is also reflected in terms of more than 250 publications and about the same number of conference presentations.

Major projects include developments for the SPARC Free Electron Laser (FEL) -facility in LNF or research for improvements in detector technologies such as particle induced X-ray emission (PIXI). Most experiments are cross-disciplinary, for example at the interface with material sciences, such as MABO studying properties and applications of superconducting MgB₂ and NANO manufacturing carbon nanotubes to realize field emitters.

One of the largest involvements in the bio-medical sector of CSN V is in cancer treatment, where the activities span over developments for dosimetry, imaging and particle accelerators, using innovative detector and computing techniques and providing facilities for research and clinical applications. After operating successfully the CATANA proton therapy facility at LNS, a hadron therapy institute is planned by the region of Sicily in Catania with a scientific collaboration of INFN. Besides, INFN has joined the CNAO foundation and is playing a central role in the construction of the most critical components for a new hadron therapy center in Pavia, which aims for first patient treatment in 2007. The CNAO-project is comparable to similar initiatives in Europe by GSI (Germany) and PSI (Switzerland) and will provide Italy with an adequate facility for this type of cancer treatment.

Traditionally CSN V has a close relationship with the domain of cultural heritage studies. The creation of a new laboratory in Florence provides ion beam analysis and atomic mass spectroscopy techniques for non-destructive analysis of historically and artistically important objects to provide accurate dating, to determine material compositions and to reveal used technologies. The involvement of CSN V in these fields allows optimising the use of equipment and technical expertise and is also internationally demanded.

Outreach initiatives are of vital importance in order to spread scientific culture within society. A good example in this area is ENVIRAD, a project to measure R_d -concentrations with high school students. Within this program, students acquire knowledge about radioactivity and effects on health as well as basic experimental skills. In view of the general decrease of students in the scientific domains, the importance of such programs can only be underlined.

The transfer of technologies developed within CSN V towards areas of research inside and outside INFN is well established. The implication of CSN V in the development of innovative technologies could in principle allow creating direct collaborations with industry. Initiatives have been taken from INFN and industry, but not without difficulties. It must be stressed, that the technology transfer to industry is not the main goal of the activities within CSN V. However efforts should be made to improve possible collaborations. A better knowledge on the activities of the "Committee for Technology Transfer" would be helpful. The role of such a committee could be to establish contacts with industrial partners, to give guidance in questions of intellectual property and to have a close link to similar structures outside Italy as for example the "Technology Transfer Office" at CERN.

4 The National Laboratories

4.1 Laboratori Nazionali di Frascati, LNF

The Frascati Laboratories were the first of the INFN laboratories to be established. This occurred almost 50 years ago. The major theme of the Laboratory, almost from its inception, has been the acceleration of electrons and subsequently the interactions between electrons and positrons in a storage ring collider. In this field INFN was a pioneer and Frascati acquired a worldwide reputation which it has never relinquished.

The Laboratory currently occupies about 135000 m² and employs 368 people. Of these more than 20% are physics researchers and 62 are highly qualified engineers or technologists. These staff members are complemented by more than 300 users (researchers from other institutions) of which about 20% are foreign. The activities of the Frascati researchers are not confined to the home laboratory. About 50% of the total budget of 42.5 M€ is expended on activities in other Laboratories both in Italy, in the rest of Europe and, quite prominently, in the United States.

Currently the flagship of the Laboratory is the DAΦNE storage ring which operates as a factory for ϕ mesons; these in turn decay into K mesons and the neutral kaons can be used for the study of Charge-Parity (CP) violation. The luminosity needed to compete with other techniques is very high. Over the past couple of years the device has made enormous strides and is on the threshold of reaching its goals. The machine is complemented by a beautiful detector (KLOE) which features a very large low mass tracking chamber and a beautiful calorimeter. The storage ring can be exploited for other experiments and is host of the FINUDA and DEAR experiments. These two experiments use the copious supplies of kaons to generate exotic states. In the case of FINUDA these states are hypernuclei in which a nucleon is replaced by a Λ hyperon, in the case of DEAR, they are kaonic atoms. The operations of the accelerator are compared with other facilities across the world and the performance indices, relative cost of human effort needed appear to be very good.

Electron storage rings are by now well known as sources of electromagnetic radiation by the synchrotron radiation. The DAΦNE facility is particularly versatile and produces Infrared, Vacuum Ultra Violet and X-ray beams. The far IR capability of this machine is relatively uncommon in the world.

At many accelerators, the eventual useful lifetime of the facility is determined by the time it takes the experimenters to double their existing data set corresponding to a significant advance in their science. This can be either in terms of the precision of their measurements or in their sensitivity to possible discoveries. The DAΦNE machine is entering its design regime which means that the data doubling time will soon get to two or three years. There are a number of possible options. Some involve relatively modest adiabatic changes but at some point these changes become a complete rebuild of the machine. Such an option is under study currently. There have been workshops to examine the potential physics gains; these are a necessary prerequisite.

Over the past few years advances in accelerator physics have resulted in the demonstration of the Free Electron Laser. A multi-institutional proposal has been developed by INFN, ENEA, CNR and the Tor Vergata University and submitted to MIUR. The approved R&D would lead to the construction of a high performance linear accelerator (SPARC) and an undulator. The latter would allow to study the coherent SASE production of power. If successful this could be continued by coupling the SPARC injector with the existing DAFNE LINAC, to produce a SASE Free Electron Laser in the VUV-Soft X-Ray wavelengths.

These accelerator projects lead to the participation of Frascati accelerator physicists in many projects and project designs across the world. In the realm of the linear electron positron colliders (LC), Frascati participated in the TESLA

collaboration whose work was recently recognised by the choice of this technology for a TeV scale collider. For higher energies one possible option which is in its infancy involves the use of high power low energy beams as the power source for the main linear acceleration. Frascati is in the process of taking on some particular responsibilities to assist the lead laboratory in this novel approach dubbed CLIC (Compact Linear Collider). All these accelerator based efforts are the basis for the Frascati Director being a member of ICFA, the International Committee on Future Accelerators. Thus far this body with a membership of about ten Laboratory Directors from around the world has set the direction of particle physics for about forty years.

The broad range of technologies needed to operate an accelerator complex for high energy particle physics are rarely found in other facilities. Thus the relative ease with which cryogenic expertise can be tapped has led to a program of gravitational wave research using a large metal bar cooled to cryogenic temperatures. This is just one example of a sub-dominant but broad program of physics research enabled by the facilities and expertise demanded by the primary mission.

Within Europe, Frascati participates strongly; it was recognized in FP5 as a Large Research Infrastructure, has successfully competed for funding and has delivered on the projects awarded.

In addition to its research activities, Frascati is a major educational centre. In any given year it provides 170 courses, awards eight Masters Degrees and ten doctorates.

4.2 Laboratori Nazionali del Gran Sasso, LNGS

The Gran Sasso National Laboratory (LNGS) is the largest underground laboratory in the world for astroparticle and particle physics. It was designed with the vision of receiving neutrino beams from CERN, a possibility that, indeed, will be realized in 2006, when CNGS becomes operational. LNGS attracts a large, international user community, presently nearly 800 scientists from about 25 countries. It is a large research infrastructure, recognized as such by the European Union. The laboratory has a permanent staff of 66 persons.

Operation of the laboratory has been temporarily and partly suspended at the end of 2002, because of an incident that led to a renewed assessment of infrastructure and rules and regulations related to safety. A number of infrastructural improvements have meanwhile been realized. In the course of 2004 practically all activities have been resumed.

The main research lines of LNGS are: neutrino physics (mass, oscillations, stellar physics); dark matter; nuclear reactions of astrophysical interest. There are also activities in geophysics and biology.

The scientific activities in astroparticle physics and neutrino physics have been reviewed as part of the program carried out under the auspices of CSN II. We only repeat here that this scientific program is of the highest quality, internationally competitive and attractive with a very ambitious and promising future program.

LNGS has an active ‘outreach’ program and a very active and successful ‘visitors program’.

LNGS is an underground facility with an excellent international reputation, an established part of the European, and, indeed, global research infrastructure, with a very exciting scientific program.

4.3 Laboratori Nazionali di Legnaro, LNL

The activities over the past three years at the Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL) have, on the one hand, continued along established key programs: nuclear physics research, R&D of super-conducting radio-frequency structures, accelerator physics, interdisciplinary studies in solid-state and geophysics, biomedical studies, gravitational wave searches and general irradiation services. In addition, a major new project was initiated in 2003 with the funding of the 20MV section of a high power (5 MW) (partially) superconducting linear accelerator. This represents the front-end of the proposed radioactive beam (or rare isotope) facility, SPES, and will provide the neutron source for boron neutron capture therapy (BNCT), a novel medical application. The dual task of continuing with a successful research program and developing a major new facility represents a major challenge and requires careful planning and priority setting.

Central to most of LNL’s research are four accelerator facilities: the XTU tandem, the super-conducting linac ALPI, and two smaller machines, namely two single-stage Van De Graafs. Beams of most stable isotopes between hydrogen and ruthenium are now available. Altogether, about 10 000 hours of beam on target annually is provided by the set of accelerators with more than half from the two larger facilities. The latter two can also operate in two modes, stand-alone for the tandem or coupled with the tandem as injector. Stand-alone mode for the linac will also soon be available (see below).

The two smaller machines, i.e. the Van De Graafs, are essentially exclusively used for interdisciplinary and applied nuclear physics research. Instrumentation dedicated to cell irradiation, micro-dosimetry, and radiation hardness tests of electronic components and of detectors attract large numbers of researchers from other national research institutions and universities not directly associated with INFN. In particular the two micro-beam facilities for solid state and geology experiments, respectively , provide unique infra-structure capabilities sought by various research groups.

The two large accelerators, the XTU tandem and the sc-linac, are mostly engaged in fundamental nuclear physics research. The new superconducting high-charge state injector for heavy ions, PIAVE, was completed in 2003 and commissioning is expected to be completed in 2004. PIAVE will provide a major enhancement in ion-beam capabilities, in particular for heavier masses, and will allow full stand-alone mode for the sc linac.

Forefront detectors at the XTU/ALPI accelerator system, some just coming into full operation, are enabling an exciting research program. Isospin symmetry and isospin mixing, wobbling motions of super-deformation and search for hyper-

deformation, giant resonances on exotic shapes and rotational damping, deep-inelastic processes populating nuclei off stability, and high-spin studies near unstable doubly-magic nuclei are being performed. This involves the GASP multi-detector gamma array and the new PRISMA wide angle magnetic spectrometer, often coupled to the CLARA gamma-array.

A recent program on low-energy nuclear break-up and nuclear (multi) fragmentation and on the fusion-fission process uses the GARFIELD and 8piLP charged-particle spectrometers. The magneto-optical atom trap for fundamental symmetry studies is operating and first studies to produce, via fusion-evaporation reactions, the francium isotopes needed for these studies have started.

In addition to the research carried out at the four accelerator facilities, LNL has a strong program in certain technology developments, such as low-beta superconducting rf structures and cryogenics, material surface modifications, cell cultivation, and construction of major detector components for large-scale experiments at the LHC, including the CMS and the ALICE experiments.

Furthermore, there is an experimental program in general relativity (gravitational wave search) and exploration of the quantum vacuum. The ultracryogenic bar detector AURIGA has recently been upgraded to higher sensitivity and is expected to be back in full operation soon. LNL hosts the coordination of IGEC, the International Gravitational Event Collaboration. The PVLAS apparatus (consisting of a slowly rotating 6-Tesla dipole magnet and a large optical cavity) has begun experiments to explore the QED prediction of the quantum vacuum as a birefringent medium.

The current program is of high quality and addresses many important issues in various areas of research. The laboratory and its management are to be congratulated that they have been able to serve these many functions successfully in the past. It is also clear, however, that the increasingly conflicting requirements from such a broad program, and in particular the additional large task of constructing the 20MV proton driver and BNCT therapy facility, will challenge the laboratories resources critically. It seems absolutely necessary to further establish clear priorities and define the mid-term and long-term key programs.

4.4 Laboratori Nazionali del Sud, LNS

With the combination of the two accelerators available at the LNS, the tandem and the super-conducting cyclotron, the laboratory has unique potential in certain areas of low-energy research with ion beams, in particular in the areas of nuclear structure and dynamics.

Over the past three years (2001-03) the laboratory's focus was first of all on ensuring reliable and continuous operation of the accelerators and thus to satisfy the increasing demand from the users for high quality ion beams, in particular also at the higher energies available from the super-conducting cyclotron (SC). The latter was crucial for the effective use of the high performance multi-detector system

CHIMERA in its recently completed full configuration of 1200 detectors inside the CICLOPE vacuum chamber. Several beams were delivered for calibration and tests of CHIMERA and finally, in 2003, for a series of eight experiments performed by large international collaborations. The series of experiments provided unique data for the study of multi-fragmentation and the nuclear matter equation-of-state. The data are under analysis; in the meantime data taken previously with the multi-detector MEDEA indicate surprising results in the production of high-energy protons and suggest strong cooperative effects in the reaction dynamics. It is noteworthy that the international collaborations performing the experiments with CHIMERA have very strong contingents from the leading laboratories in this subject area in the US, which testifies to the unique experimental opportunities and attraction provided by the combination of accelerator and detector system at the LNS.

Particularly noteworthy in the experimental program at the LNS tandem accelerator is also a series of experiments in nuclear astrophysics that uses an indirect method ('Trojan horse') to measure reaction rates. The method was pioneered at the LNS and allows to deduce important parameters in reactions of astrophysical interest and to study, in particular at the lowest energies, the difficult to calibrate effects of atomic screening on cross sections of nuclear reactions.

A major effort at the LNS was focussed on the completion of the EXCYT radioactive beam facility. The main goal of EXCYT is to produce radioactive beams of light nuclei for studies in nuclear physics and astrophysics. The LNS cyclotron is the (primary) beam production driver and the 15 MV tandem is the post-accelerator for the radioactive beams. In 2001 and 2002, the main components were designed and manufactured. In 2003 the target-ion source was built and tested at GANIL (France), confirming design values for lithium beams (neutron rich lithium beams will be the first radioactive beams anticipated for EXCYT). At the same time, major steps forward were achieved in cyclotron beam intensity, delivering as much as 100 watt of carbon beam on target. A license for up to 500 watt is being applied for. Commissioning of the full system is expected to start towards the end of 2004.

To have the critical spectrometer, MAGNEX, ready for experiments with first beams from EXCYT, major effort was put into completion of this important device. Design of the large momentum and large angle acceptance magnets was completed in 2001 and the magnets manufactured and mounted in 2002. The focal plane detector was developed together with French researchers, mounted and tested. The scattering chamber was designed and is now under construction. The full system should be ready for experiments with EXCYT as planned.

A further important activity concerned the completion of the high intensity proton source TRIPS for the national TRASCO/ADS project.

Several studies in applied areas were performed. Of these, the most significant is the completion and implementation of the CATANA proton therapy facility. Construction and preliminary testing and certification were completed in 2001 and at the beginning of 2002 first patient treatments were begun. Up to now 77 patients have been treated.

Several of the activities described have conflicting requirements, in particular the delivery of beams to the experimental program and the construction of EXCYT which use much of the same space. A decision was made during the last 3 years to concentrate the experimental activities during the first 7 months of the year and use the remaining time for the development of EXCYT. This allowed also a better scheduling and use of the available (and limited) technical manpower. The overall number of hours beam on target did not suffer, just the opposite: in 2002 the overall number of hours was the same as in 2001, and even higher in 2003 for the superconducting cyclotron, while for the tandem it was even twice as high in 2002 and 2003 as compared to 2001. This was a prudent move by the management and should be applauded.

Finally, an important activity at the LNS is the NEMO project, an R&D program aimed at the realization of a km-cubed high-energy, under-water neutrino detector. Major developments have been achieved, including the determination of a suitable site, characterizations of short (and long) term optical properties (optical background, water transparency) and oceanographic parameters (currents, biological activity, sedimentation). A feasibility study has been made, including development of electro-optical cable, detector structures, data transmission etc. In 2005 the integration of subsystems, with deployment and connection of a prototype detector tower, will be carried out, and in 2006 a full tower will be completed and deployed.

In summary: the LNS program is unique in many respects, due to the availability and combination of two ion beam accelerators. It is also unique with regard to its location for the potential NEMO underground water neutrino detector. The accelerators are performing well now. The future plans are well-developed and focussed on selected priority programs: experimental studies with stable beams, fully utilizing the CHIMERA and MAGNEX detectors; commissioning of EXCYT and start of the program in nuclear astrophysics with radioactive beams from EXCYT and using MAGNEX; continuation of the successful CATANA tumor treatment program; and developments – within a large international collaboration – towards the under-water neutrino detector in the Mediterranean sea near the laboratory.

5. Resource and Financial Management

This section concerns both human and capital resources.

A large fraction of the personnel of the INFN consists of physicists with doctorates, the educational instinct is almost identical to that of University Professors. In fact the cadre of INFN researchers is considerably enhanced by about 1000 associated University teachers. The influence of INFN on the scientific education of the general public is treated elsewhere. However, there are issues associated with the training of researchers within INFN. At the level of the Ph.D. there are about 300 scholars in formation at any one time and the duration of the Ph.D. training is three years. In order for the research of INFN to maintain a healthy balance between capital investment and personnel, there must be a path for entry to the institute and for growth within the institute. Under normal situations, this would lead to the acceptance of the selected few for permanent positions a few years after Ph.D. Unfortunately, as a result of restrictions on personnel management coming from the government, it has been very difficult to manage this situation in a healthy manner and the age at which

the successful applicant receives her or his permanent position has risen by more than ten years over the past 30 years.

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 are limited at 90% of the 2001 level and procurements are centralised by a public corporation;
- increases in permanent staff are forbidden;
- temporary staff is limited to 90% of the average of the 1999-2001 level.

As we noted in the previous report (2003), past cash-flow limits to budget authorisation led to an increasing forced saving, which reached a peak in 2002; in 2003, since the rate of increase of cash flow limits (5%) is greater than the funding on accrual basis (2%), cash expenses reached the accrual funding. The medium term financial plan (2005-2007) estimates that the forced saving of the previous years will allow an increase of total cash expenses in 2005 and a slight decrease in 2006 and 2007. Even in the case that the rate of growth of cash will be reduced by new financial law from 5% to 2%; the estimated expenses may remain under the cash limits. Of course when the forced saving will finish the constraining limit will be the funding on accrual basis; if the rate of growth will remain at 2% level, this will imply a decreasing share of resources relative to GDP.

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. It is hoped that the restrictions are indeed temporary. Meanwhile, INFN has coped with these restrictive rules and used the forced savings as a flexible instrument by which to conditionally finance some large projects.

From 2002 to 2003, as we noted in the previous report, there was a 3% shift of money from personnel to other expenses as a result of the above limits. This creates a real danger of a worsening of the human capital (mainly young researchers), which is as important as physical capital; in fact in the research field, physical and human capital are not substitutes for each other; rather, they are mainly complementary; moreover a general observation may be appropriate: staff recruitment and term contracts are the main item of budget expenses in many Institutes of the public sector in general, and also in Institutes of the research field; Institutes of statistical or economic, or research in humanities, direct 80% or more of their total expenses to human capital; the case of INFN is very different, since less than 40% covers personnel costs; this depends obviously on the cost of fixed capital and operational expenses. For this reason the use of the same limits (to human capital) for Institutes that have so different cost structures, may lead to difficulties and inefficiencies; perhaps those limits should take a account of the different distributions of the budget within the different Institutes.

At the time of writing (23-11-04), the financial bill for 2005 is still very uncertain, but will likely be agreed by the end of the year. It seems unlikely that this bill will

offer any release from the constraints on recruitment. If the bill is not passed we can expect a continuation with month by month allocations which will impose further stress to INFN's work.

6. Assessment Working Groups, GLV, and Product Validation

Starting from 2000, the CIVR has developed a process for evaluating Italian research structures. The process considered ten criteria in the evaluation. Initially the emphasis was on the scientific criteria; subsequently the socio-economic impacts were considered. The current revision, envisages a triennial pattern and the identification of a certain (large) number of research products. This new methodology was introduced in 2003. There have been a number of clarifications up to June 2004.

INFN has identified a total research participation of 1319 FTE. The formula then requires that 660 products be identified by INFN and validated by the CVI. The guidelines specify a number of product types and INFN has recognized its selected products as belonging to three of these types: Equipment(s), Projects (designs, plans), and Publications. There is a specified format for a Product Card associated with each product. The large numbers involved pointed to a data-base solution. INFN has designed a database for which the utility will extend beyond the immediate evaluation process. The hope is that it can be integrated as a tool useful for the management of each of the scientific areas. The total number of qualified products from INFN is very large, for example an estimated 4400 papers have been written in this period. Initially INFN identified an excess of products for initial consideration before reduction to a final 660.

CSN I has included 206 publications, 13 pieces of equipment, and 6 projects; all 225 been validated. This permits the field to demonstrate well the breadth of the results of the research work. It gives a place for the very impressive technical contributions to the large experiments at the B Factories, at the Tevatron and at the LHC. The evaluation period of three years results in a balanced mix of products including the final phase of publications from the now ceased experiments at the large Electron Positron Collider (LEP) at CERN, the currently operating programs, especially at the B Factories and Tevatron, and the preparation work for the suite of new experiments, most noticeably at the Large Hadron Collider. The pieces of equipment included a number of major contributions to the world investment in this physics. The obvious example is DAΦNE, the high intensity electron positron collider at Frascati.

CSN II chose 114 papers and 8 pieces of equipment. CSN II covers the broad field of neutrinos and astroparticle physics, and as has often been remarked, this is a relatively young field. There are lots of initiatives as researchers examine what are the most productive paths for the astroparticle investigations. The publications well reflect the underlying excitement of this field. Among the pieces of equipment we can identify the equipment, which will enable the exploitation of the Cern-to-Gran-Sasso (CNGS) neutrino beam, which is itself featured, and other important initiatives. All of the 122 products have been validated.

CSN III covers Nuclear physics. The numbers of accelerators in the world available to researchers is larger than in particle physics. Among the 4 pieces of

equipment submitted was the FINUDA experiment at the DAΦNE accelerator. The 127 publications demonstrate at one and the same time, the diversity of the field but also the way in which individual experiments mesh together into coherent sub-fields. These include a strong program understanding the many facets of the internal structure of the nucleon and the structure of the nuclear many-body system, through to examination of nuclear matter under extreme conditions of energy and density. The latter is exemplified by the ALICE experiment at the LHC, which is so large as to be a clear phase change in the sociology of the nuclear physics field. All 131 products have been validated.

The products submitted by the Theoretical physics group (CSN IV) are naturally dominated by the 110 publications. Nevertheless, they included one (1) piece of equipment, the APE lattice gauge computing system. This computing engine and its replicas are in use in several countries, particularly Germany, in addition to Italy. All the 111 products have been validated.

For technology and interdisciplinary research (CSN V), projects are not included since all the CSN V projects are, by definition, research projects and inadmissible within the CIVR rules. CSN V includes 5 pieces of equipment along with its 66 publications. As expected the publications are dominated by articles in Nuclear Instruments. Among the pieces of equipment one notices items of significant socio-economic impact such as the cancer treatment facility, Catania, at the Laboratori Nazionali del Sud at Catania. All 71 products have been validated.

In all, and as mentioned above, the grand total is 660 products.

The impact factor of the publications provided involves the particular INFN contribution to the paper. However, within a subfield, for example particle physics, the contributions follow rather closely the total numbers of researchers from each country. Consequently the dominant driver of the impact factor comes from the choice of journal in which the field publishes. There are also peaks of the impact factor distributions at the values driven by the various individual journals. These considerations are what result, for example, in the impact factors for CSN V, technology, being lower than those of other groups; the dominant journal, Nuclear Instruments, ranks lower than, for example, Physics Letters.

The CVI has examined the list of products provided by INFN. In all cases, a documented description, or the product itself was provided. This considerably facilitated the validation process. The committee also examined in a little more detail, some of the actual products. This gave a very positive though subjective view of the work of INFN. For example, it is clear that publications in both bottom and strange quark physics indicate the strong participation of INFN in attempts to understand fully the charge parity symmetry violation in quark physics.

It was remarked above that the total number of publications produced by INFN researchers far exceeds that required. The publications are predominantly in Physical Review Letters, Physical Review, Physics Letters, Nuclear Physics and The European Physical Journal with technical publications appearing in Nuclear Instruments. All these are high quality refereed journals. Three of the publications were in Nature, which is a relatively rare occurrence for any of the INFN fields. One

might ask whether the chosen publications have a dramatically larger impact factor than those not chosen. For experimental particle physics the impact factor for the selected papers was about 4.75, however that for all papers was 3.46, lower but not excessively lower. The overall quality therefore also appears to be high.

The selection criteria adopted by INFN were as follows:

- for publications,
 - quality and scientific importance of the product, international level of the journals and bibliometric indexes;
- for projects and equipments,
 - outstanding quality, recognized scientific/technological significance, important involvement of INFN researchers.

In fulfilling its mandate, the CVI has had an opportunity to examine the process of identification and evaluation of products. Initially, the committee was somewhat concerned that the global performance of the institute, as compared for example, to that of individual University researchers, might not be well measured. However the process does permit one to develop a good impression of the actual quality of the work being executed and the results being obtained. In addition, INFN has embraced the need to participate and, a straightforward approach has been adopted; it is hoped that the resulting data base system will be of considerable internal value.

The CVI membership comes in large part from competitor or collaborator countries and institutions and has repeatedly praised the quality of the INFN research. The evaluation described here confirms that view but based on objective measures.

In conclusion, INFN has completed its identification of the research effort, the consequent requisite number of research products. The CVI has validated all the products individually.

7. Self Assessment: Productivity

Introduction and overall comments

In preparation for the CVI evaluation of the scientific programs of INFN, the institute developed a rather comprehensive summary using such objective measures as the numbers of publications per full time equivalent researcher and the impact factor associated with those publications. Comparisons were made in various ways in the context of international research since for the institute these are the primary ways in which it measures itself. In addition to the criteria associated with individual collaborations, the institute considered both the organisation of, and the presentations at, international conferences. Further measures of the internationalisation used were the fraction of work executed in international collaboration and the fraction of funding

devoted to those efforts. Finally, the extent to which INFN researchers took positions of leadership in these international efforts was considered.

Subnuclear Physics

We have written in the earlier narrative chapters that the work in sub-nuclear physics (CSN-I) is of a very high quality with participation in at least one of the large collaborations in any of the key facets of the subject from the energy frontier, through to physics, especially the determination of CP violation, in the Beauty(Bottom) and Kaon systems.

The qualitative judgement is amply demonstrated by the numbers. A certain degree of innovation has been used to find a measure which differentiates the performance of INFN compared to the international partners. They find that in examples of experiments which are in direct binary competition, for example Zeus versus H1, BaBar versus Belle, CDF versus D0, those in which INFN participates compete well quantitatively with those in which it does not.

The level of internationalisation is extremely high, in the range 86% to 95%, depending on whether the measure used is participation, investments or publications.

Some measures of leadership in different areas are as follows: in the experiments in which they participate, INFN researchers occupy 24% of the leadership roles. A measure of front line participation is the number of contributed talks at international conferences. On a basis of 735 talks, INFN researchers with 11.8% exceed all countries except the US, and, in Europe, Germany, with which they achieve parity.

Over all the quantitative measures applied, the scientific productivity in his sub-field is outstanding.

Astroparticle Physics

All quantitative indicators show that the quantity and the quality of the scientific productivity of CSN-II is excellent and stands out favorably in international comparisons. This is true for the 508 articles produced during the three-year period covered by the review and it is particularly true for the 114 selected, outstanding papers. The explicit degree of internationalisation is 64%, and is influenced by the excellent facilities in Italy, available at the Gran Sasso Laboratories giving a consequent imbalance towards purely Italian groups, and the European Gravitational Observatory, EGO at Cascina, which is home to the Virgo experiment. At the Gran Sasso Laboratories, the number of non-Italian researchers equals that of Italians, and they come from all over the world.

The milestones, as defined by the various projects in the framework of the INFN internal funding procedure, are achieved on time at the level of 80%. This is a positive result, emphasizing that the projects have ambitious goals.

In conclusion, the INFN scientific activities in the field of astroparticle physics and neutrino physics score high in terms of productivity and quality. All major projects are well embedded internationally; the rate at which projects are concluded

successfully and at which new projects are undertaken underlines the dynamic nature of this field of research.

Nuclear Physics

As in the other research areas within INFN, the statistical numbers on the activities within CSN-III reflect, overall, on the following three performance characteristics: i) the scientific impact factors and the productivities per researcher rank among the top group of the science organizations worldwide with major involvement in this area of research; ii) in this group, the Italian science participation shows above average scientific leadership responsibility (also internationally); iii) the latter is also true in terms of the INFN funding fraction which reflects well (being noticeably smaller than the leadership fraction) on the overall cost-to-benefit ratio of the program. An extensive study of publications shows that Italy, with slightly less than 13%, has a comparable fraction of publications to France. Both are significantly less than Germany which is recognised to emphasise investment in this field and twice that of the United Kingdom.

This good performance has to be seen within the context of the program to operate and maintain the two Italian national laboratories in nuclear physics (LNL and LNS), which requires substantial infrastructure efforts and resources (plus the involvement in selected activities at the two other national laboratories not directly within CSN-III, but with supporting commitments). Direct measures of the degree of internationalisation yield 98% as the fraction of the budget, 93% of the researcher involvement, and 91% of the publications.

Theoretical Physics

The five sectors within CNS-IV have shown stable productivity over the last three years and sustained impact in their respective areas. The overall productivity corresponds to 3-4 papers signed on average by each FTE in a year. This is a very good score, even when compared with that of the theory group at CERN, a pure research-oriented group, whose number is only 30% higher. Similarly, the average impact factor of 2.8 for CNS-IV papers is only about 30% lower than the one of CERN/PH-TH. INFN's share of invited talks at International Conferences is also quite impressive (about 15.4% even in a sample that excludes Conferences held in Italy).

Out of a total of about 2400 publications 110, covering all five sectors, were selected. They are of very high quality and typically classify well within the top-cited ten papers in their respective areas. The single product of CNS IV, the APE project of a dedicated computer, is attracting much interest among lattice-gauge-theory practitioners across Europe.

The amount of internationalization is very good, with basically every *Iniziativa Specifica* operating within an international context. Almost half of the produced papers have at least one foreign affiliation, and about half of the budget is spent to foster international collaborations.

Innovation in CNS IV is excellent, perhaps also as a result of the smaller inertia of theoretical projects over long-term experimental ones. An international referee system guarantees that the approved projects are well tuned to tackle the most challenging problems as they arise. Over the period being reviewed three new initiatives were activated in astroparticle and cosmology and one in the theory of the QCD phase transition and its application to physics at LHC-ALICE.

Innovation and Technology

The work under the auspices of this scientific committee is characterised by the relatively small collaborations and their relatively short duration. The journals are international, for instance, Nuclear Instruments and Methods but they do not enjoy the cachet, except among the specialists, of Physical Review Letters. The primary contributors are INFN, France, Germany, Japan, Russia, the UK and USA. Italy produces essentially the same fraction as France and somewhat in excess of the UK.

Operationally, this is a very difficult field to manage. Research and Development has, by definition, nothing that is sure to work. Therefore the achieved rate of 84% of milestones agreed between researchers and referees is excellent. One of the goals of this research is to provide an understanding of detectors and their construction which will inform and influence the primary physics research experiments. Quantification of this “fallout” suggests that better than 20% of all CSN V experiments have an effect on primary experiments.

The field occupied by INFN is characterised by the rapid adoption of new detector techniques. To play a role, the CSN V researcher has to work at presenting the new ideas and results. The success of CSN V in this area is indeed reflected in a very healthy number of contributed talks, two rising to three over the evaluation period.

Consistent with the short term, frontier, nature of the work about 30% of the experiments were new in each of 2002 and 2003 rising to nearly 50% for 2004. The field is also remarkable for its ecumenical mix of technologies; there are substantial contributions to new materials, software, electronic, detectors and sources for particle accelerators.

Summary

The general level of scientific productivity of INFN is impressive. The resources are well used and it is noteworthy that the appreciation of the worth of the INFN participation is reflected in a participation in the international leadership which is more than proportional to the resources invested.

The primary measure of productivity, publications, compare favourably with those of institutes in other countries. It is a relatively straightforward conclusion that INFN places Italy in the top 5-7 countries worldwide in the relevant fields.

As a routine part of their process, the INFN researchers, define, in advance a number of milestones against which they are to be measured. The fraction of these milestones

achieved by the predefined date is in the range 75-85%. This demonstrates two things; first the researchers are not setting for themselves goals, which are too easily achieved, rather they have challenged themselves; second, they are nevertheless achieving a considerable respectable fraction of their goals so they are not making falsely impossible goals.

In a word the work of INFN, as gauged by quantitative measures, is outstanding.

8. Self Assessment: Socio-economic Impact

Different fields are identified to evaluate the socio-economic impact of INFN. A first part is the communication and dissemination of scientific culture to the general public, up to the training of students, in particular to allow the preparation of diplomas such as the Laurea or the Dottorato (PhD). Further on, particular research projects have an interdisciplinary character, where the role of INFN is mainly to apply high level technologies for research in other fields, provide facilities or computational power and infrastructure. Finally the development of experimental equipment at the cutting edge of technology requires a collaboration with local industry and the fall-out of some technological developments can find industrial applications in other sectors and be commercially exploited.

Dissemination of scientific culture to the general public has several aspects: the organization of exhibitions and public events like "open days" or conferences aimed at a wide audience, up to the interaction with medias, journals, scientific magazines or radio and TV. These efforts are organized since 2002 by a communication office within INFN, comprising a staff person with scientific and journalistic background as well as four temporary fellowship positions. In each section or laboratory of INFN a person is in charge of public relation and in close contact with the central office, which ensures the liaison with other Italian and international institutions as well. The impact generated is impressive: about 70000 visitors attended events organized at the national laboratories, including events particularly targeted to High Schools, such as meeting with High School teachers or stages for High School students, which reached more than 700 schools. The importance of the interactions with High Schools can not be underlined enough in view of the decreasing number of University Students in the scientific sector. The coverage of INFN in the medias reached up to 60 articles worldwide in a month for the inauguration of VIRGO, however continuous attention is given also to local newspapers, covering events in the neighboring laboratories and creating a valuable contact with the local structures.

Via the close association of most INFN sites with Universities through the associated researchers as well as personal teaching by INFN staff, INFN contributes directly to the high level education in Italy. An integral part of the INFN activities is the supervision of research activities of students preparing a Laurea or doctoral degree. During the period of 2001-2003 close to 1100 Laurea diplomas were prepared in association with INFN and about 360 PhD theses. This is an impressive number, with in average fifteen Laurea and five PhD degrees per INFN-site and year. A study carried out on the professional evolution outside INFN after obtaining a degree, has shown that about 60% of the post-Laurea stayed within research either in Italy or abroad, and about 20% joined private industry or software companies. The possibilities for post-graduates to find work in the private sector should be enlarged, which requires to promote the faculties acquired during the preparation of a PhD, in order to increase the awareness in the private sector of

the potential of candidates coming from physics. This can be achieved in particular by encouraging cross-training of students between INFN and a company, but also by organizing encounters between students and industrial representatives or keeping a contact list of former students working in industry.

Some of the projects carried out by INFN are focused on interdisciplinary research. The main contribution of INFN is to provide facilities, technological solutions or computing infrastructure to be used in other fields. Some projects to mention are the creation of a cultural heritage, a low radioactivity and a deep sea laboratory. Applications of nuclear technologies allow contributions in the domains of civil security, such as detection of explosives, and also in the treatment of nuclear wastes. With the pioneering work of INFN building the first synchrotron, a major contribution of INFN to multidisciplinary research is the use of synchrotron light sources. A major investment for INFN will be the future project of building a SPARC/SPARX multipurpose X-ray Laser with Ultra-High Brilliance, for which 96 Meuros have been already allocated by the Italian Government and which will allow Italy continue to be one of the few worldwide facilities that respond to the increasing demand on high intensity light sources from both public research and industry. Accelerator technology is also used in other domains, and Italian groups have been the initiators of the use of particle beams in cancer treatment. The facility Catania, in Catania, Sicily, which is in operation, as well as the CNAO-project applies the know-how available within INFN directly in the medical sector. The use of advanced computer architecture and the development of worldwide network infrastructures for data analysis in the primary domain of INFN, has built up an expertise that lead to the realization of projects like GARR, APE or the GRID, which have been particularly appreciated by the Italian industry.

The huge variety of possible spin-offs reflects the intellectual and technological richness within INFN and the importance of providing a playground to experiment on new ideas. The annual school on Science and Industry, organised in Erice, Sicily, is a valuable meeting ground on which dialogues and contacts can be initiated. However to carry out the development of fall-out products through to industrial use, partners from industry are necessary and it is only possible in a few poles of excellence. The deposition of patents is to be further encouraged and the creation of a support structure to ease this process shows the concern of the institute to pursue this direction. Currently ideas are discussed on possibilities to facilitate the cooperation and transitions between researchers and companies.

The majority of interactions between INFN and industry occur via the acquisition of supplies and services from companies in order to built and exploit experiments. INFN purchases in particular high-technology items for which 68% of the budget allocated for experimentation is invested, and about 55% of this fraction are spent, in Italy. Among those supplies, 20% require a customized solution and 23% require some R&D. An analysis of the economic impact of INFN has been carried out using Leontief's model. The outcome shows that 1 euro spent by INFN on high-technology produces in average a return of 1.65 euros, with a particularly favorable return in the case of joint R&D, where the return factor reaches 2.73 euros. Another indicator of the positive socio-economic impact is the ratio of the Italian contribution to CERN, which has been 12.6% of the total budget in average from 2001-2003, and the fraction of the contracts awarded to Italian companies by CERN of 14.2%, leading to a return factor of 1.13, comparable to France, one of the host countries, and about twice as large as for Germany, the UK or Spain.

Overall the socio-economic impact of INFN can only be judged positively, even though a further increase of its role within the Italian society is anticipated and should be encouraged. Initiatives to spread scientific culture should be promoted by both providing enough means for communications as well as recognition of the individual efforts made by researchers. The importance of education in the modern society does not need to be stressed and the implication of INFN in this domain is most important and up to the level required. The contacts with industry are especially established in the sector of high technology and the development of customized products or common R&D are the most direct ways of collaboration and technology transfer, generally judged positively by the industrial partners. Interest in further improvements and extensions of the collaborations are expressed from both sides, and even if it is not the primary mission of INFN, the potential for INFN to act as an incubator for new technologies in some fields is clear.

9. Conclusions, Remarks, Recommendations

The CVI of INFN met June 30-July 2, 2004, and November 22-23, 2004. This report is written following the new CIVR guidelines which foresee a triennial basis for the evaluation of the activities of the several research institutes and of the universities. The report is based on summary reports of INFN activities and plans for the future, received this year and in previous years.

The CVI heard presentations from both the departing and incoming Presidents of INFN since the term of President Iarocci ended on June 30, 2004 and the start of that of President Petronzio occurred on July 1, 2004. E. Iarocci concentrated on the status during the past year while R. Petronzio gave his vision of the future. The committee also heard presentations from the presidents of all the five scientific committees and from the directors of each of the National Laboratories, those of Frascati, Gran Sasso, Legnaro and Sud.

A description of the activities of the self assessment working group was provided. This set the activities of both the CVI and the INFN in the context of the requirements of the CIVR. The number of potential products of the research of INFN far exceeds that requested by the CIVR. A selection procedure was adopted. Rather than concentrating entirely on refereed publications, INFN chose also to select a number of projects and pieces of equipment. The methodology applied to the choice of papers paid some attention to the impact factor of the publication but also gave some importance to the judgment as to the importance in terms of setting a direction for the research.

In the presentations of the leaders of the individual committees and laboratories, the CVI developed a judgment about the key areas of importance called out by the CIVR for evaluation. The CVI appreciated greatly the preparation, with this in mind, of the triennial report of the INFN. In this Executive Summary, we briefly address each of the points.

1. Scientific performance

The physics research which falls within the purview of the INFN has been marked by a phenomenal share of the Nobel prizes in physics over the past fifty years. The INFN was one of the first national organisations to form covering this field and its existence has coincided with this “*belle époque*”. Two recent examples of major discoveries in particle physics, that of the agents, the W and Z bosons of the weak force, and of the heaviest of the quarks, the top quark were marked by a very strong and recognised Italian participation. The work of the INFN in particle physics is among the strongest in the world. The innovation which has marked the relatively young field of astroparticle physics has been particularly important with the development of the Gran Sasso Laboratories and a series of seminal experiments. Nuclear physics has undergone considerable consolidation as a field and INFN has followed this consolidation and has embraced the new opportunities to study nuclear matter offered by the heavy nuclear beams soon to be available at the Large Hadron Collider. The drive of this experimental work has been complemented by a very strong Italian theoretical physics school often recognised across the world for its close ties to understanding the experimental results. In turn, the experiments themselves are underpinned by innovative technological approaches which also enhance the impact of the science on society.

2. The socio-economic impact arising as a result of research

As discussed in Chapter 8, the work of the INFN is consonant with the use of technologies which are at the cutting edge of what is possible. This is particularly true for the employment of advanced electronics and computing. The field has largely been defined by its use of accelerators. However, today, the majority of accelerators operate in the service of a broad spectrum of applied physics and medicine. The sensitivity of the field to this aspect of its work has continued to develop. The institute is aware that it is necessary to develop its ability to inform and help industry to a level at which there is a sense of full partnership by all.

3. Review of management and steering policies especially with regards to strategic planning and research implementation programs

There are two approaches to setting the direction for the research of the institute. The first involves the initiatives of the individual researchers, who generate ideas and self-organise into groups which, along with like minded groups elsewhere, in Europe or other parts of the world, decide to propose an experiment which the institute then considers carefully at multiple levels before approving support. The second involves the identification of strategic opportunities, especially with respect to innovative infrastructure, by the Directorate. These initiatives are then discussed within the Directorate and eventually by the Board of Directors. The system seems to have an excellent balance with the two approaches complementing each other and ensuring a vibrant program.

4. Appraisal of allocated human resources including aspects related to researcher training and growth.

Human resources are a key issue for the institute. INFN has demonstrated its capability as a fertile training ground for highly competent researchers with a top class Ph.D. program as its base. Nevertheless, the career path for physicists in INFN is hampered by the external constraints imposed by the fiscal laws. These are intended to prevent the unbridled growth of an unproductive bureaucracy. In the case of INFN, which relies on a healthy balance between salary costs and research investment costs, these external constraints have resulted in career paths which compete poorly with institutes in other parts of the world and indeed, within Italy, do not match the possibilities within industry.

5. State of international liaisons and research cooperation ventures

The largest part of the research, in both theoretical and experimental areas of the INFN, is conducted in concert with international partners. In many cases these are collaborations of researchers from a large number of countries who self organize to create the combined resources to embark on the execution of major experiments costing many hundreds of millions of Euros at one of the large laboratories of the world. Several experiments operate at the leading laboratories in Europe, for instance at CERN, Geneva, GSI, Darmstadt and DESY, Hamburg. Italian groups are active in experiments on other continents, primarily at several United States national laboratories but also in China and in South America. Finally an international collaboration in particle physics operates an experiment at the Laboratori Nazionali di Frascati, and other enterprises use the other INFN national laboratories; this demonstrates that the collaborations are bi-directional and that Italy plays its full role in also providing valuable contributions to the physics resources of the world.

6. Appraisal of research infrastructure and related services, with great emphasis on deployment of high technology.

The most prominent aspects of the INFN infrastructure are the four national laboratories and the European Gravitational Observatory at Cascina.

Each of the national laboratories has a distinguishing feature. LNF have been the leaders in colliding (electron-positron) beam machines since the first example AdA more than forty years ago. Currently the DAΦNE complex is the highest intensity of its energy range and, when attention is paid to the effect of energy in the calculation of luminosity, the performance is comparable to that of the highest luminosity performance of the B factories.

The Laboratori Nazionali del Gran Sasso are the youngest of the laboratory complexes and represented a major advance which made Italy world leaders in Astroparticle physics and other fields which demanded a well developed underground infrastructure. The support for sophisticated and large experimental structures in the low background underground environment continues to be competitive on a world scale. Currently several of the larger experiments have

substantial non-Italian participation and contributions, in particular from the US and from Japan.

The Laboratori Nazionali di Legnaro is primarily a nuclear physics laboratory and, along with LNS, it operates accelerators which form key components of the European network of such accelerators. The special nature of its facilities have also lent themselves to use as a fabrication centre for the CMS experiment being constructed at the Large Hadron Collider at CERN.

At the Laboratori Nazionali del Sud, the high quality nuclear physics experiments performed on the accelerators are augmented by a very active program of treatment of cancer of the eye using proton based radiation therapy.

The VIRGO, gravitational interferometer, has been designated as the European Gravitational Observatory. The latter came as a result of its already international structure; VIRGO is constructed and operated by a strong INFN-IN2P3 (France) collaboration.

7. Establishment's capacity to attract, manage and gain access to research related human, financial and material resources

INFN has received its funding predominantly from the Italian Government. However in addition to its primary mission, INFN was asked to perform the lead role in the development of the Italian network infrastructure. It is in this area that INFN has been a strong participant and has received funding from the EU, in particular for the EGEE project. There has been a concerted effort to develop a framework in which the participation in awards from such sources as those from the EU is consistent with the understood strategic directions of INFN.

8. The principle strengths and weaknesses with regard to research management and, where applicable with regard to quality and pertinence of all endeavours aiming at promoting research outcome and skills generated by it.

INFN has a rather sophisticated system of governance.

The basic work is generated by proposals from individual researchers, or groups of researchers within each of the five scientific fields. A proposal is scrutinised for quality and likelihood of success, for the consonance in direction with that of the institute, and is refereed in detail by other researchers, the first level of "peer review". If successful the proposal is brought before the relevant national committee where a decision is taken whether or not to fund the proposal. It should be noted that each of the national committees contains representatives from each of the sections of INFN and of each of the national laboratories.

In addition, the INFN Directorate may create a "special project". This is a device to provide support for a direction which may be broader than an individual field of research. It may also be that the initiative is a very large one and deserves to be steered by one of the members of the Directorate. This device is very effective in

adjusting the direction of the institute. The “bottom-up approach normally in action is empirically inherently conservative. The top-down special projects often reflect a vision of the future adopted by, if not always generated by, the INFN Directorate.

9. Establishing a link between internal decision making and research program outcomes

As described in the comments above, the special projects are capable of generating major changes in the research program. One example is the VIRGO, gravitational interferometer at Cascina. It is the most advanced device of its type and has placed Italy, along with only the US and Germany, at the forefront of this field. A second example is the decision, taken eventually by the third national committee, for nuclear physics, but encouraged by the INFN Directorate, to have a major participation in the ALICE experiment at the Large Hadron Collider at CERN. This has effectively and substantially shifted the research emphasis within that sub-field in Italy. As a final example, the decision to approve Italian proponents of the BaBar experiment ensured a strong Italian participation in an experiment which was only possible at two facilities, one in Stanford, USA, the other in Japan. These experiments have been among the most prolific producers of results over the past four years.

10. Conclusions and recommendations

The general conclusions of this report are very positive. INFN has strength in most of the areas of research in which it participates. In this respect it sees correctly that its competitors and partners are the four large countries of Western Europe, the United States and Japan. Increasingly the size of the installations is global and partnership has already overwhelmed competition as the *modus operandi*.

Italy is a full partner and exploits in the best possible way the available resources.

The work of INFN is outstanding.

Where INFN and the CVI both see opportunities is in the dissemination of technology to industry, to medicine, to other science and to the populace in general. Over the past 5 years the CVI has seen this aspect of the work of INFN receive more attention. This matches the developments elsewhere in the world. It has become less and less acceptable that the secrets of the field be limited to a few aficionados; there is no room for an exclusive quasi-priesthood. Further, the technology which the field generates and of which it is such a facile practitioner is just the kind of faculty needed by modern society in general. An educated populace will take wiser decisions about the power over nature which it wields so carelessly.

The CVI advocates that INFN continue to search for ways to enhance its material contributions to Italian society both through dissemination of its techniques and its knowledge and to share its excitement in its work.

Appendix A – Membership of the committee

- Dr. U. Bassler, LPNHE- U. Paris VI/VII, France
- Prof. C. Castellano, ESAOTE SpA, Genova, Italy
- Prof. J. Engelen, Nikhef, The Netherlands
- Prof. W. F. Henning, G.S.I., Darmstadt, Germany
- Dr. H.E.Montgomery(Chair), Fermi National Accelerator Laboratory, U.S.A
- Prof. R. Paladini, University Roma 1, Italy
- Prof. G. Veneziano, CERN., Geneva, Switzerland

PROF. L. MANDELLI (SCIENTIFIC LIAISON), UNIVERSITY OF MILAN, ITALY

Appendix B

Agenda of the INFN CVI Meeting

Rome, 30 June - 2 July 2004

Wednesday, June 30

- | | | |
|-------|---|---------------|
| 09:00 | Welcome and Introduction from the President of INFN
Discussion and approval of the Agenda
<i>Closed session</i> | E. Iarocci |
| 09:30 | Report on the status and achievements of the INFN | E. Iarocci |
| | The 2005-2007 INFN Plan
<i>Discussion</i> | R. Petronzio |
| | <i>Break</i> | |
| 11:10 | Report on the experimental subnuclear physics
with accelerators-CSN1
<i>Discussion</i> | U. Dosselli |
| 12:20 | Report on the experimental subnuclear physics
without accelerators, astroparticle and neutrino physics-CSN2
<i>Discussion</i> | F. Ronga |
| 13:30 | <i>Lunch</i> | |
| 14:30 | Report on the experimental nuclear physics-CSN3
<i>Discussion</i> | E. Chiavassa |
| 15:40 | Report on the theoretical physics-CSN4
<i>Discussion</i> | G. Marchesini |
| | <i>Break</i> | |
| 17:10 | Report on the technological and interdisciplinary
research-CSN5
<i>Discussion</i> | U. Bottigli |
| 18:20 | Closed Session | |
| 19:15 | Queries and questions to the INFN Executive Board and to the Scientific Committee
Chairmen | |
| 20:30 | <i>Social Dinner</i> | |

Thursday, July 1

- 09:00 Report on the activity of the GLV
Discussion A. Bertin
- 10:20 Report on the Frascati National Laboratory S. Bertolucci
- 10:40 Report on the Gran Sasso National Laboratory E. Coccia
- Break*
- 11:15 Report on the Legnaro National Laboratory G. Fortuna
- 11:35 Report on the South National Laboratory E. Migneco
- Discussion*
- 12:15 Responses to queries and questions posed to the INFN Executive Board
and to the Scientific Committee Chairmen
- 12:45 Closed session
- 13:30 *Lunch*
- 14:30 Report on resource management: budget and personnel A. Scribano
G. Ricco
- Discussion*
- 15:45 Closing discussion with the Executive Board
- 17:00 Closed session (report drafting)

Friday, July 2

- 9:00 Closed session (report drafting and preparation of closeout presentation)
- Break*
- 11:30 Closed session (report drafting and preparation of closeout presentation)
- 13:00 *Lunch*
- 14:00 Closeout: Comments and remarks by the CVI members
Discussion
Closure of the official part of the meeting
- 15:00 Closed session (draft of the final report)

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.

Appendix C

Agenda of the INFN CVI Meeting

Rome, 22-23 November, 2004

Monday 22 November 2004

09:00 Welcome and Introduction from the President of INFN R. Petronzio
Discussion and approval of the Agenda

Closed session

09:45 GLV report on the scientific activity and on the socio-economic
impact of the INFN research A.Bertin

10:45 Data used for the CIVR report U. Dosselli

11:30 *Break*

12:00 Discussion and closed session

12:45 *Lunch*

14:00 Closed session

15:00 Queries and questions to the INFN Executive Board

15.30 *Break*

16:00 Report drafting and preparation of closeout

20:00 *Social Dinner*

Tuesday, November 23

09:00 Responses to queries and questions posed to the INFN Executive Board

09:30 Closed session (Report drafting)

11:30 Closeout: Comments and remarks by the CVI members
Discussion

12:30 Closure of the official part of the meeting

13:00 Lunch

14:00 Closed session (draft of the final report)

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.