

# ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

L'Infn, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, è l'istituto che promuove, coordina ed effettua la ricerca scientifica nel campo della fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare, nonché lo sviluppo tecnologico necessario alle attività in tali settori. Opera in stretta connessione con l'Università e nell'ambito della collaborazione e del confronto internazionale.

L'Istituto è nato l'8 agosto 1951 per iniziativa di fisici appartenenti alle università di Milano, Padova, Roma e Torino: l'obiettivo era proseguire e sviluppare le ricerche iniziate negli anni '30 dalla scuola di Enrico Fermi. Negli oltre 50 anni della sua storia, l'Infn ha progressivamente ampliato le proprie dimensioni e oggi ne fanno parte trenta tra sezioni e gruppi collegati, tutti con sede in dipartimenti universitari, quattro laboratori di rilevanza internazionale e un centro di calcolo nazionale. Inoltre, vicino a Pisa si trova l'osservatorio gravitazionale Ego, frutto di una collaborazione tra l'Infn e il Centro nazionale delle ricerche francese. All'attività dell'Istituto partecipano circa 5.000 persone, di cui 2.000 alla diretta dipendenza dell'Ente, 2.000 dipendenti universitari e oltre un migliaio di studenti e borsisti.

LE SEDI DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE:

• **4 LABORATORI NAZIONALI:**

Laboratori Nazionali di Frascati (LNF), Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL), Laboratori Nazionali del Sud (LNS).

• **19 SEZIONI** che hanno sede in dipartimenti universitari. Realizzano il collegamento diretto tra l'Istituto e le università e ne fanno parte sia dipendenti dell'Infn che dell'Università.

■ **11 GRUPPI COLLEGATI:** sono composti da dipendenti delle università e sono sempre collegati con una sezione o un laboratorio dell'Infn.

◆ **L'OSSERVATORIO GRAVITAZIONALE EUROPEO (EGO):** è il consorzio italo-francese che ospita il progetto Virgo, dedicato allo studio delle onde gravitazionali.

◆ **Il CNAF:** è il centro nazionale di calcolo che ha il compito di gestire, mantenere e sviluppare le attività informatiche e telematiche d'interesse generale.

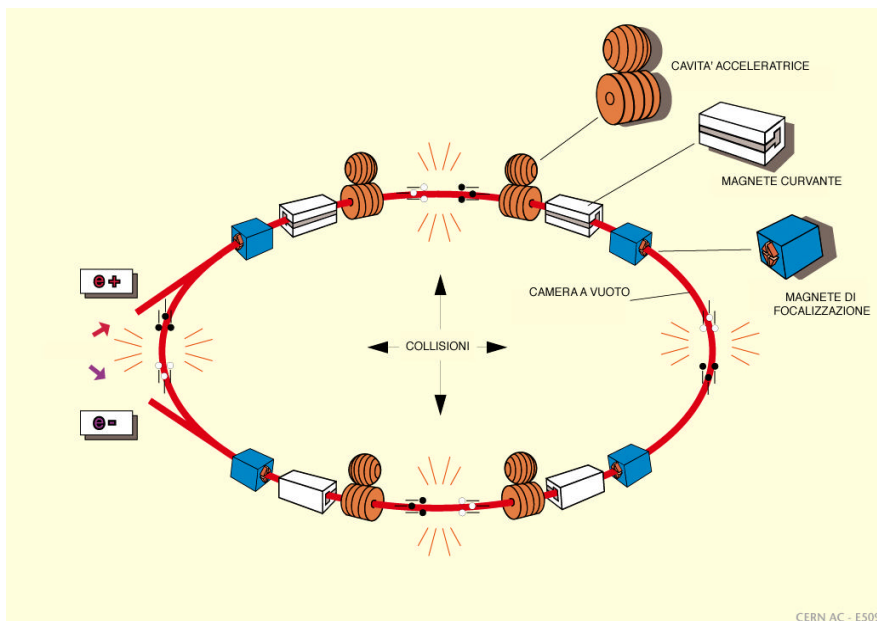


# LA RICERCA CON GLI ACCELERATORI

Lo strumento d'indagine fondamentale nella fisica subnucleare e nucleare è costituito dalla combinazione di collisori e rivelatori di particelle: l'obiettivo è fare avvenire scontri fra costituenti degli atomi – quali elettroni, protoni e nuclei – e studiarne le conseguenze per ricavare informazioni sulla loro struttura e la loro interazione. Il più elegante prototipo dei moderni collisori è AdA (Anello di Annichilazione), uno strumento inventato a Frascati nel 1960 per far collidere elettroni e antielettroni (particelle di antimateria, identiche agli elettroni ma dotate di carica positiva); in questi collisori si producono contatti ravvicinati fra elettroni e antielettroni in seguito ai quali essi si annichilano e quindi si trasformano in particelle e antiparticelle di tipo diverso.

Nei moderni collisori si tenta di fare avvenire urti fra particelle dotate d'energie sempre più elevate e per ottenere queste energie si utilizzano potenti sistemi di accelerazione, nei quali le particelle subiscono "spinte" successive per effetto di una serie di campi elettromagnetici, accelerando similmente a un surfista che cavalchi un'onda. I punti di collisione fra particelle sono circondati da rivelatori composti di diversi tipi di dispositivi, ognuno dei quali misura differenti proprietà delle particelle che a loro volta sono generate negli urti.

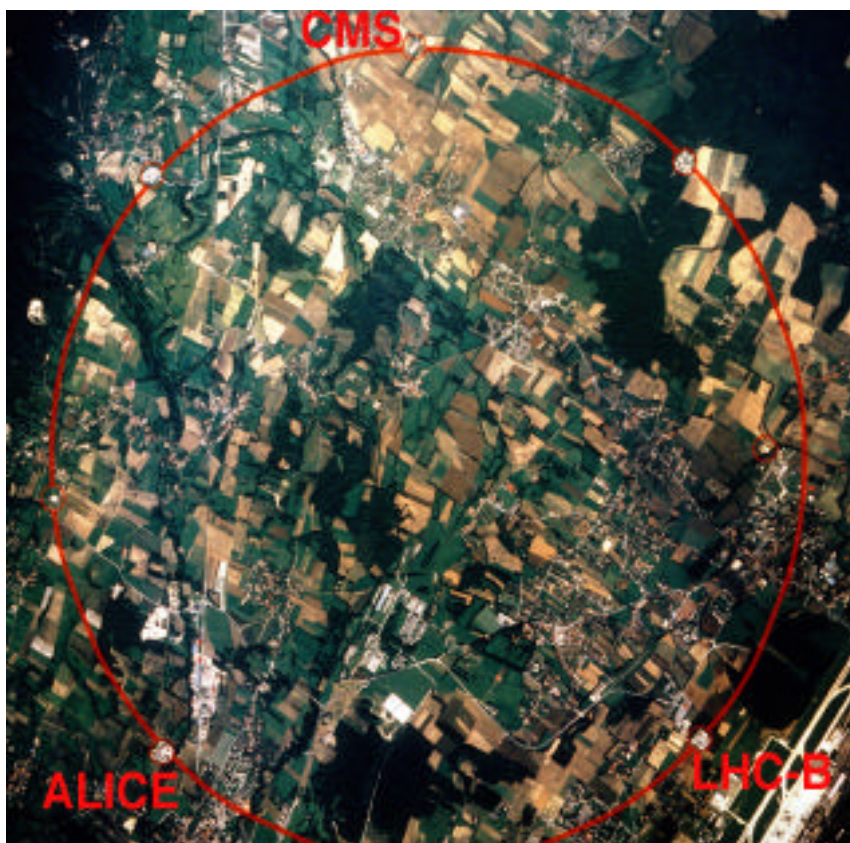
La necessità di utilizzare collisori e rivelatori sempre più grandi e complessi, ha avuto come conseguenza la concentrazione delle ricerche in fisica subnucleare e nucleare in grandi centri internazionali. Ciò ha gradualmente intensificato l'attività di ricercatori italiani all'estero, mentre è aumentata parallelamente la presenza di scienziati stranieri impegnati in progetti situati in Italia.



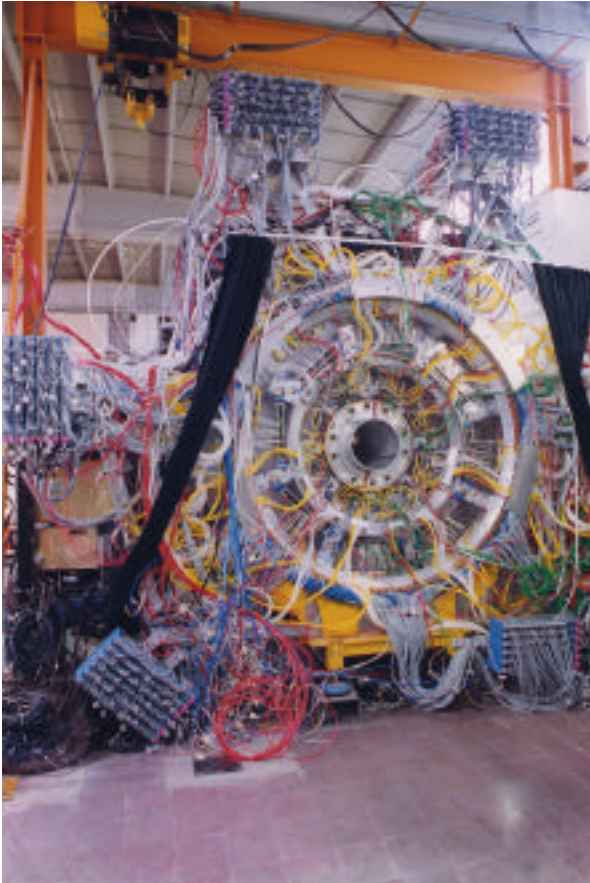
Schema di un collisore in cui vengono fatti scontrare elettroni e antielettroni

La sfida internazionale più ambiziosa dell'Infn è ora la partecipazione al progetto Lhc presso il Cern di Ginevra. Comprende un collisore, in cui saranno fatti scontrare fasci di protoni o di nuclei di piombo, e quattro rivelatori, progettati per registrare i prodotti degli scontri. L'intera infrastruttura strumentale avrà dimensioni e complessità senza precedenti nella storia della fisica fondamentale. L'obiettivo è generare urti che producono così tanta energia da permettere, per esempio, di osservare il bosone di Higgs: l'inafferrabile particella prevista da calcoli teorici ma fino a oggi mai osservata, probabilmente perché dotata di grande massa e dunque difficile da produrre negli attuali collisori. La ricerca del bosone di Higgs è cruciale per la fisica moderna. Oggi, infatti, non sappiamo ancora perché le particelle hanno massa e questa particella potrebbe fornirci la risposta.

In Italia, i laboratori nazionali di Frascati sono operativi dal 1959 e hanno ospitato esperimenti storici. Qui è stato concepito e realizzato il collisore AdA e poi Adone: lo strumento che ha fornito indizi fondamentali i quali hanno permesso di scoprire che ciascun quark può esistere in tre forme distinte chiamate "colori" (il "colore" è la proprietà che determina l'interazione forte dei quark, così come la carica elettrica determina l'interazione elettromagnetica). Nel 1997 è entrato in funzione Dafne, un collisore nel quale sono fatti scontrare elettroni e antielettroni in modo da generare intensamente i mesoni K e i mesoni anti-K (entrambe particelle formate da una coppia quark-antiquark).



Vista aerea della zona dove, a circa 100 m di profondità, è situato il tunnel di Lhc, l'anello di collisione protone-protone. La sua circonferenza è di 27 chilometri e ad esso saranno connessi quattro grandi esperimenti: Alice, Atlas, Cms, e Lhc-b, nelle posizioni mostrate. (foto Cern)



Dettaglio dell'esperimento Finuda, in funzione presso l'acceleratore Dafne di Frascati. Finuda è dedicato allo studio dei cosiddetti ipernuclei: nuclei che al posto di un protone o di un neutrone contengono una particella lambda, composta da un quark up, un quark down e un quark strano.

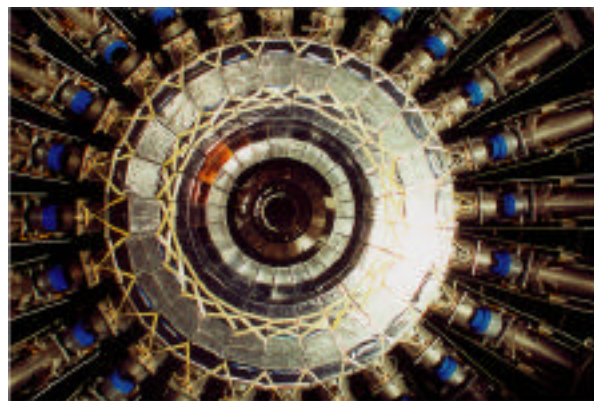
Presso Dafne si trova l'esperimento Kloe, il quale ha lo scopo di studiare l'asimmetria tra materia e antimateria e trarre informazioni su come mai, agli albori del nostro Universo, si siano create tutte le particelle che costituiscono la materia ordinaria, formata da protoni, neutroni ed elettroni. Secondo studi teorici, infatti, nei primi istanti successivi al Big Bang oltre alla materia esisteva una uguale quantità di antimateria, formata da particelle del tutto identiche a quelle della materia ma dotate di cariche opposte. Via via che l'Universo si espandeva e raffreddava, particelle e corrispondenti antiparticelle iniziarono a trasformarsi e infine annichilirsi, vale a dire a fondersi l'una con l'altra trasformandosi in energia. Da questo processo, per cause ancora non completamente note, "avanzò" un po' di materia: una quantità piccolissima rispetto a quella originaria, ma sufficiente a formare le stelle, i pianeti e tutto ciò che è conosciuto.

Per quel che riguarda gli studi della moderna fisica nucleare, possiamo immaginare che essi ripercorrono idealmente diverse fasi dell'evoluzione della materia, dal Big Bang fino a oggi.

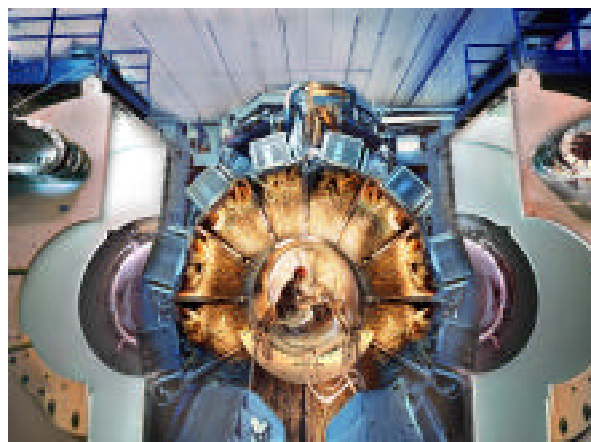


Pochi milionesimi di secondo dopo il Big Bang, nel giovanissimo Universo esisteva un particolare stato della materia, chiamato plasma di quark e gluoni, reso possibile da temperature dell'ordine di milioni di miliardi di gradi. In quel plasma primordiale i quark e i gluoni (le particelle responsabili della forza nucleare forte) erano liberi di muoversi su distanze relativamente grandi, ma dopo poche frazioni di secondo la temperatura scese al punto che essi si trovarono confinati all'interno dei neutroni, dei protoni e di altre particelle complesse.

Oggi sono in corso numerose ricerche che mirano a chiarire come si sia verificata questa transizione di fase, in particolare cercando di riprodurla tramite collisioni fra nuclei d'elementi pesanti. Al Cern, presso il collisore Lhc, facendo collidere nuclei di piombo sarà possibile dar vita, per pochissimo tempo, a una piccolissima bolla di plasma di quark e gluoni, la quale verrà studiata dall'esperimento Alice (*A Large Ion Collider Experiment*) che ne misurerà simultaneamente tutte le proprietà interessanti: una ricerca che rappresenta la frontiera della moderna fisica nucleare. Lo stesso meccanismo di confinamento, dei quark all'interno di particelle complesse come i protoni e i neutroni, non è ancora del tutto chiarito. Per studiare i quark "confinati", oggi i nuclei sono bersagliati con fasci di fotoni ed elettroni d'alta energia. I ricercatori dell'Infn sono impegnati in prima linea in questo tipo di ricerche, principalmente grazie ad acceleratori presenti presso il laboratorio Desy, ad Amburgo, e presso il laboratorio Thomas Jefferson, negli Stati Uniti.



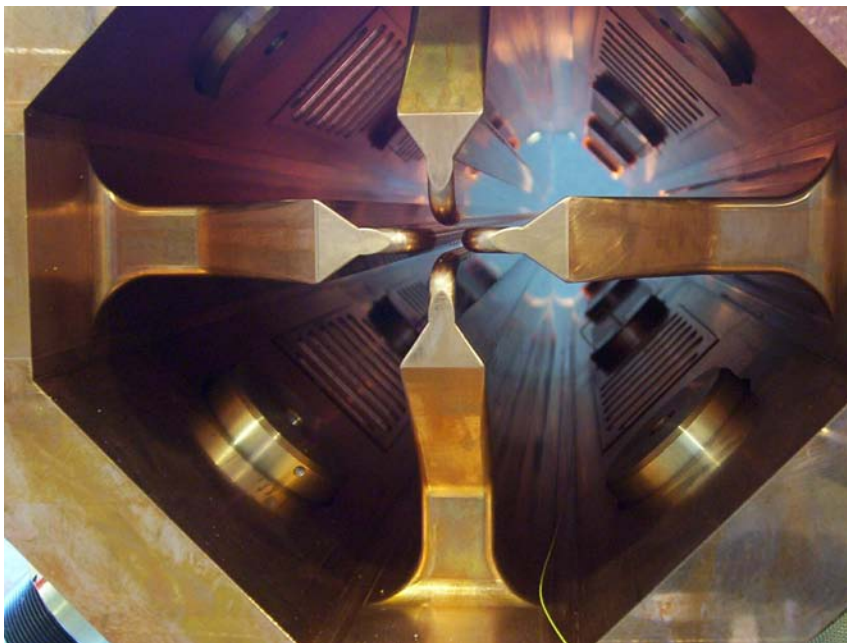
Medea (*Multi Element Detector Array*), installato presso i Laboratori Nazionali del Sud dell'Infn, è un rivelatore per lo studio dei raggi gamma e particelle cariche leggere prodotte nelle collisioni tra ioni pesanti.



Allestimento del rivelatore BaBar, ora in funzione presso il collisore elettrone-antielettrone del laboratorio Slac in California. Su BaBar lavorano anche diversi ricercatori dell'Infn. L'esperimento è dedicato allo studio del diverso comportamento di materia e antimateria: uno dei temi più affascinanti con i quali si confronta la fisica moderna, legato all'origine della materia che compone tutti gli oggetti che conosciamo. Nel 2003 presso BaBar è stata scoperta una nuova particella chiamata Ds (2317), dotata di una massa pari a circa 2,5 volte quella del protone.

Le stelle comparvero nel nostro Universo quando esso si fu sufficientemente espanso e raffreddato. Al loro interno, per via delle reazioni di fusione nucleare, iniziarono a formarsi nuclei sempre più complessi. Questi processi sono studiati nei laboratori nazionali del Gran Sasso grazie al piccolo acceleratore del progetto Luna: l'unico esperimento al mondo che consente di studiare la formazione dei nuclei a energie paragonabili a quelle che si trovano in una stella, molto più basse di quelle ottenute nei normali acceleratori. La localizzazione all'interno dei laboratori del Gran Sasso è cruciale perché essi si trovano nelle viscere di una montagna, sotto 1.400 metri di roccia: un luogo riparato dalla pioggia di particelle che dal Cosmo raggiunge in continuazione la Terra e che disturberebbe le delicate misure eseguite da Luna.

Un altro fenomeno molto interessante è la formazione dei nuclei di massa superiore a quello del ferro. Essi sono prodotti all'interno di stelle di grandi dimensioni, in processi nei quali un ruolo importante può essere giocato anche da nuclei molto instabili, ad esempio nuclei che hanno assorbito molta energia o che sono dotati di un anomalo rapporto fra il numero di protoni e di neutroni. Gli acceleratori situati presso i laboratori nazionali di Legnaro e presso quelli del Sud sono fra i più importanti al mondo dedicati alla produzione e allo studio di questi nuclei "in condizioni estreme".

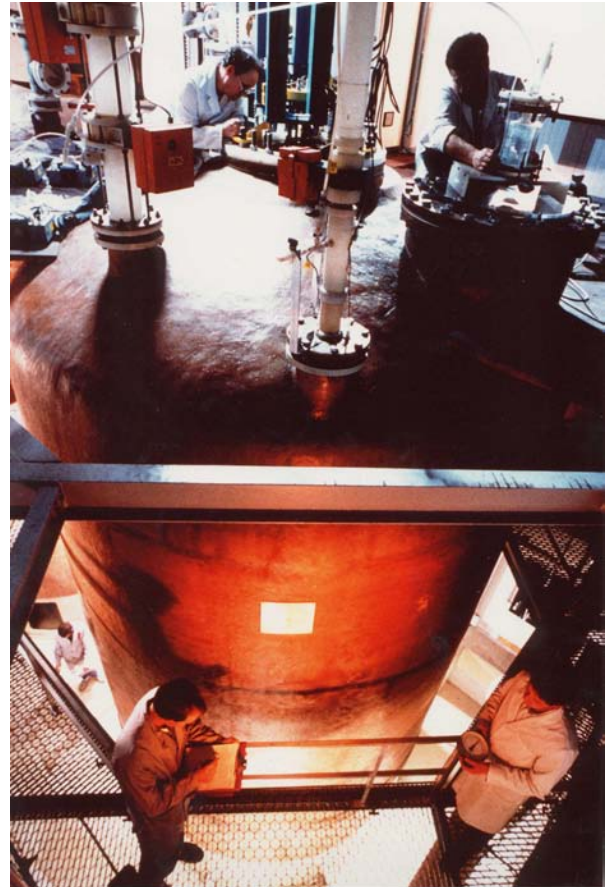


Speciale dispositivo superconduttore (Rfq) per l'accelerazione dei protoni del progetto Spes dei Laboratori Nazionali di Legnaro dell'Inf. Spes, ora in fase di progettazione, sarà dedicato a studi di fisica nucleare e permetterà applicazioni interdisciplinari, fra le quali un trattamento di tumori della pelle.

# LO STUDIO DELLA RADIAZIONE COSMICA: NEUTRINI E NON SOLO

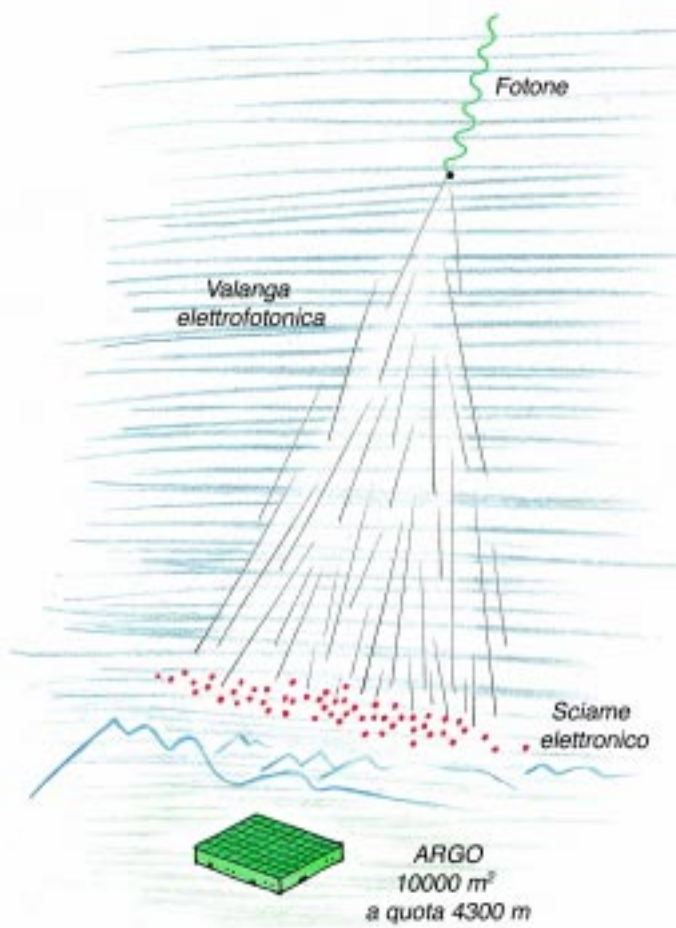
Lo studio dei neutrini è oggi alla frontiera delle conoscenze in fisica delle particelle e fisica astroparticellare. Quest'ultima è dedicata allo studio delle particelle che sono prodotte nei potentissimi "acceleratori naturali" presenti nel cosmo.

I neutrini sono particelle molto difficili da rivelare e, come si è scoperto di recente, sono dotate di una massa, seppure molto piccola (per molto tempo si è pensato che fossero addirittura prive di massa). L'elusività dei neutrini è dovuta al fatto che essi interagiscono solo molto debolmente con le altre particelle. Sono prodotti copiosamente all'interno delle stelle e quelli nati nel Sole raggiungono la Terra in gran quantità: in un secondo attraverso la punta di un dito ne passano ben 60 miliardi senza lasciare traccia! L'abbondanza dei neutrini nell'Universo è seconda sola a quella delle particelle di luce, i fotoni. La conoscenza approfondita dei neutrini riveste un enorme interesse scientifico: i neutrini potrebbero essere ad esempio la chiave per capire meglio sia il fenomeno dell'asimmetria tra materia e antimateria, sia l'unificazione delle interazioni fondamentali.

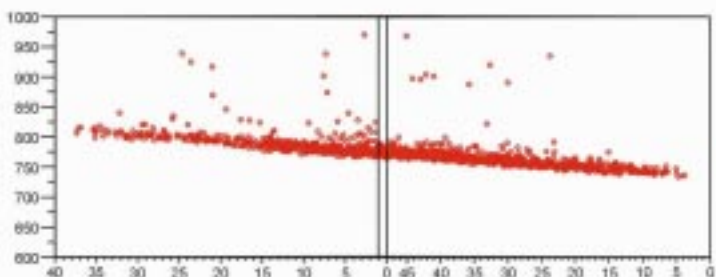


L'esperimento Gno si basa sul fatto che una piccolissima frazione dei neutrini che attraversano una cisterna piena di cloruro di gallio (in figura) interagisce con questa sostanza, trasformandola in cloruro di germanio. Contando il numero di queste reazioni, si possono allora ottenere informazioni sul numero e le caratteristiche dei neutrini che dal Sole raggiungono la Terra. L'esperimento al gallio è quello che ha offerto finora il risultato scientifico più prestigioso ottenuto al Gran Sasso, fornendo la prima inequivocabile indicazione dell'effettiva esistenza del fenomeno delle oscillazioni del neutrino.





L'Infn oggi occupa un posto di primo piano a livello internazionale nel campo della fisica dei neutrini, grazie ad alcune scelte lungimiranti compiute negli anni '70 e culminate con la decisione di dotare l'Italia dei laboratori nazionali del Gran Sasso, i laboratori sotterranei più avanzati al mondo per estensione e infrastrutture. Questi Laboratori sono situati sotto 1.400 metri di roccia cosicché solo alcuni tipi di particelle riescono a penetrare in un ambiente tanto schermato: in particolare i neutrini e, forse, particelle di materia oscura. Al Gran Sasso l'osservatorio Lvd è dedicato all'osservazione di un evento molto raro: il fugace bagliore di neutrini (dura circa un secondo) prodotto nei collassi gravitazionali che avvengono alla fine della vita d'alcune stelle. Tra gli esperimenti in preparazione vi è Borexino, il quale mira a studiare lo spettro d'energia caratteristico dei neutrini solari. Sono in fase di costruzione apparati per studiare un fascio di neutrini prodotti al Cern di Ginevra e diretti con precisione verso i laboratori del Gran Sasso dove, dopo un percorso sotterraneo di oltre 700 chilometri, saranno studiati. Lo scopo della ricerca è comprendere la singolare capacità dei neutrini di "trasformarsi" durante il viaggio: un fenomeno chiamato oscillazione e previsto da Bruno Pontecorvo.

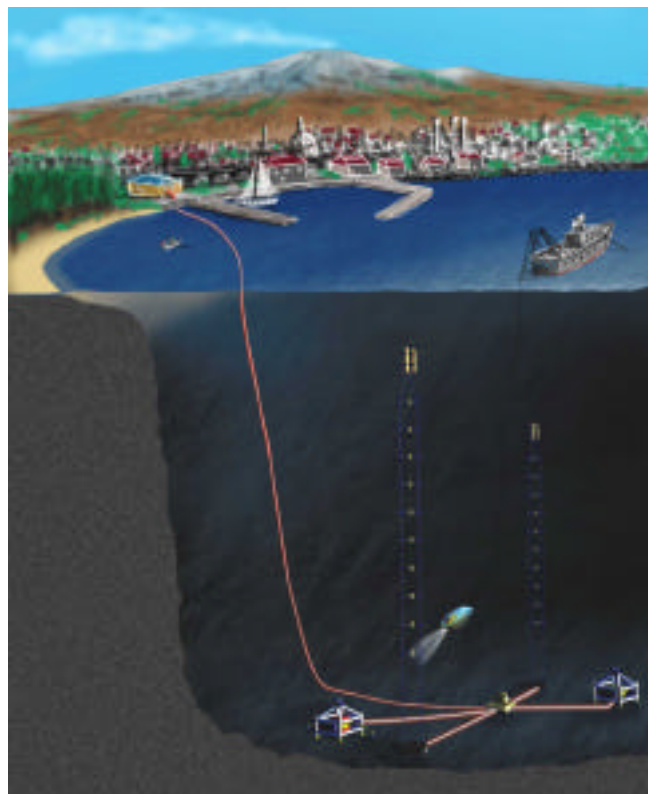


L'osservatorio astronomico Argo, costruito ad alta quota in Tibet dall'Infn in collaborazione con enti di ricerca cinesi, ha lo scopo di studiare le sorgenti cosmiche di fotoni di alta energia. Argo si trova 4.300 metri sopra il livello del mare e la sua posizione permette ai ricercatori di rivelare i raggi gamma in condizioni ottime, usando un rivelatore sviluppato in Italia. In figura, in alto a sinistra, una visione artistica di un fotone di alta energia che penetra nell'atmosfera e, attraverso una valanga elettrofotonica, produce uno sciame elettronico. In basso, il fronte di uno sciame atmosferico effettivamente registrato ad Argo (in ordinata ci sono i tempi di arrivo, in miliardesimi di secondo, in ascissa sono riportate le distanze tra le particelle, in totale circa 40 metri). È la prima volta che si riescono a "fotografare" le particelle dello sciame con questa precisione.



Gli abissi marini, come le profonde gallerie sotterranee, sono un ambiente protetto, particolarmente adatto allo studio dei neutrini cosmici d'alta energia. Il 18 novembre 2003 è stata inaugurata la stazione Antares (Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss Environment RESearch), situata nelle acque di Tolone e frutto di una collaborazione internazionale di cui è parte l'Infn. Si tratta di un pionieristico rivelatore di neutrini cosmici d'alta energia. Per tracciare una mappa dettagliata delle principali sorgenti cosmiche di neutrini d'alta energia, sarà tuttavia necessario uno strumento più importante. Il grande telescopio che verrà dopo Antares coprirà un volume di oltre 1 chilometro cubo e potrebbe essere situato al largo delle coste siciliane, ad opera di una futura collaborazione internazionale guidata dall'Infn e con base presso i laboratori nazionali del Sud. Presso questi laboratori è in atto il progetto di ricerca e sviluppo Nemo. E' già stata realizzata una stazione di prova situata a 25 chilometri al largo del porto di Catania, a circa 2.000 metri di profondità.

Nemo è un progetto interdisciplinare, come testimonia la collaborazione con l'Ingv (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).



Il telescopio sottomarino Nemo dovrebbe essere collocato a circa 3.500 metri di profondità nel Mar Mediterraneo ed essere dotato di circa 5.000 rivelatori in grado di captare i lampi di luce associati all'interazione dei neutrini con le particelle di materia che compongono l'acqua. I segnali registrati dai rivelatori saranno trasferiti a terra per mezzo di cavi a fibre ottiche di ultima generazione.

Nello Spazio, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ha in corso diversi esperimenti. Rivelatori di particelle sono installati su satelliti e stazioni spaziali, con lo scopo di rivelare direttamente le particelle d'antimateria e altre forme di radiazione presenti nel Cosmo.

Di particolare rilievo è il progetto internazionale Pamela, nel quale l'Infn ha un ruolo guida. Il rivelatore omonimo dovrebbe essere lanciato tra breve nello Spazio su un vettore russo. Esso è costituito da un raffinato apparato dotato di un potente magnete, il quale sarà in grado di rivelare le particelle che lo attraversano e misurarne carica ed energia. Anche l'esperimento Ams si avvale di un grande magnete superconduttore e di una eccellente strumentazione per l'individuazione delle particelle. L'apparato Ams-01 ha già volato a bordo dello Shuttle nel giugno del 1998 mentre il suo successore Ams-02 sarà installato a bordo della Stazione Spaziale Internazionale nel 2006. Prima di allora dovrebbe essere operativo l'esperimento Agile, frutto della collaborazione di vari enti di ricerca italiani. Esso è dedicato allo studio dei bagliori di raggi gamma: un fenomeno cosmico d'estrema violenza probabilmente associato ad eventi catastrofici come stelle che precipitano in buchi neri. Sempre ai bagliori di raggi gamma sarà prevalentemente dedicato l'esperimento Glast, il quale ha catalizzato una grande collaborazione internazionale e dovrebbe essere operativo nel 2006.

Magic (*Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov telescope*), con il suo specchio di 17m di diametro e 240mq di superficie, è un enorme rivelatore di particelle realizzato nell'ambito di una collaborazione internazionale, con il fondamentale contributo dell'Infn. Lo strumento è stato inaugurato nel 2003 e si trova sull'isola di La Palma, a 2200m sul livello del mare, presso l'Osservatorio *Roque de los Muchachos*. Magic consentirà lo studio dei raggi gamma provenienti da sorgenti galattiche ed extragalattiche. Si potranno così ottenere informazioni decisive sull'origine e la natura della radiazione cosmica e studiare con precisione i costituenti dell'Universo stesso, quali la materia oscura e l'energia oscura.



L'Esperimento Ams-02 (l'oggetto sulla sinistra in primo piano), nella posizione che dovrà occupare sulla Stazione Spaziale Internazionale.



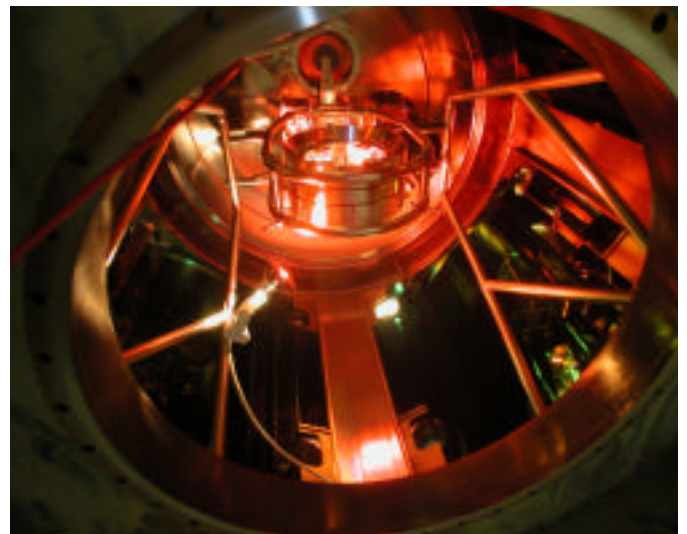
# LO STUDIO DELLE ONDE GRAVITAZIONALI

La forza di gravità è, fra tutte le forze, la prima per la quale è stata formulata una teoria. Ciò nonostante, ancora oggi molto della sua natura ci sfugge. Un tema di ricerca fondamentale riguarda l'esistenza delle onde gravitazionali, previste dalla teoria della relatività generale di Albert Einstein ma mai osservate direttamente.

Le onde gravitazionali sono perturbazioni dello spazio, generate da corpi materiali in movimento accelerato. Esse sono analoghe alle onde elettromagnetiche emesse da una particella elettricamente carica in movimento accelerato. Nel caso delle onde gravitazionali si tratta però di perturbazioni estremamente deboli e per questa ragione è difficilissimo captarle: nella migliore delle ipotesi possiamo sperare di registrare quelle prodotte da fenomeni cosmici di estrema violenza, come un collasso stellare gravitazionale, l'interazione fra una stella e un buco nero, o ancora la fusione di due stelle appartenenti a un sistema binario.

L'Infn dispone degli strumenti in grado, nel loro insieme, di garantire la massima copertura al mondo di segnali connessi con perturbazioni gravitazionali dello spazio. A Frascati e a Legnaro sono attive da molti anni le due barre ultra-criogeniche Nautilus e Auriga: si tratta di due rivelatori tenuti a una temperatura molto vicina allo zero assoluto (sono gli oggetti di grandi dimensioni più freddi nell'intero Universo). La bassissima temperatura permette alle barre di registrare eventuali deboli segnali provenienti dallo Spazio, essendo ridotte al minimo le perturbazioni dovute all'agitazione termica delle molecole al loro interno.

Il più innovativo strumento dedicato allo studio delle onde gravitazionali è l'interferometro Virgo, situato a Cascina, nei pressi di Pisa. Virgo è frutto di una collaborazione fra l'Infn e il Cnrs francese ed è stato inaugurato ufficialmente il 23 luglio 2003, alla presenza dei Ministri della ricerca italiana e francese. Si tratta di un raffinato sistema in grado di rivelare i minuscoli spostamenti, dovuti al passaggio di onde gravitazionali, di specchi sospesi al termine di due tunnel lunghi tre chilometri. Apparecchiature meccaniche avanzate permettono un adeguato isolamento dall'ambiente esterno, assorbendo le perturbazioni che potrebbero mascherare il passaggio dell'onda.



Specchio dell'interferometro Virgo. Il sistema di misura di Virgo si basa essenzialmente su un fascio laser che è suddiviso, da uno specchio "divisore di fascio", in due fasci identici perpendicolari tra loro, ognuno dei quali entra in una cavità ottica (cavità Fabry-Perot) composta da altri due specchi, uno vicino e il secondo posto a tre chilometri di distanza. Gli specchi hanno la caratteristica di possedere una eccezionale levigatezza (la loro "rugosità" è al livello di pochissimi atomi). Se un'onda gravitazionale investe le cavità ottiche, la distanza tra gli specchi varia e l'interferenza dei due fasci è perturbata. Dalla variazione dell'interferenza è quindi possibile rivelare il segnale prodotto da un'onda gravitazionale.



# LA MODERNA TEORIA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI

La teoria che oggi descrive con successo le particelle elementari e le loro interazioni, vale a dire le forze fondamentali che governano l'Universo, si chiama Modello Standard. Questa teoria ipotizza anche l'esistenza di particelle ancora mai osservate direttamente, come il bosone di Higgs.

Vediamo come il Modello Standard descrive l'universo microscopico che ci circonda e com'è nato l'Universo nel suo insieme.

La materia è formata da due tipi di particelle elementari: i leptoni e i quark. Queste particelle per quanto ne sappiamo sono entità indivisibili e non costituite dall'unione di altre componenti. Esistono sei tipi di leptoni e sei tipi di quark: sia i leptoni che i quark sono raggruppati in tre famiglie ognuna delle quali è costituita da due leptoni o due quark. I leptoni della prima famiglia sono l'elettrone e il neutrino elettronico, mentre i quark sono chiamati up e down. Alla seconda famiglia appartengono il muone, il neutrino muonico e i quark charm e strange, mentre la terza famiglia è composta dal leptone tau, dal neutrino tau e dai quark top e bottom. Tutti i nomi indicati sono di pura fantasia e spesso sono semplicemente utilizzate le lettere u, d, c, s, t, b. Le particelle della seconda e della terza famiglia hanno caratteristiche identiche a quelle della prima (a esempio hanno la medesima carica elettrica) ma sono dotate di massa più grande. Il mondo che conosciamo è composto esclusivamente da particelle appartenenti alla prima famiglia, mentre quelle delle altre due famiglie sono instabili e si producono unicamente in situazioni particolari, come al momento del Big Bang o negli acceleratori costruiti dai fisici.

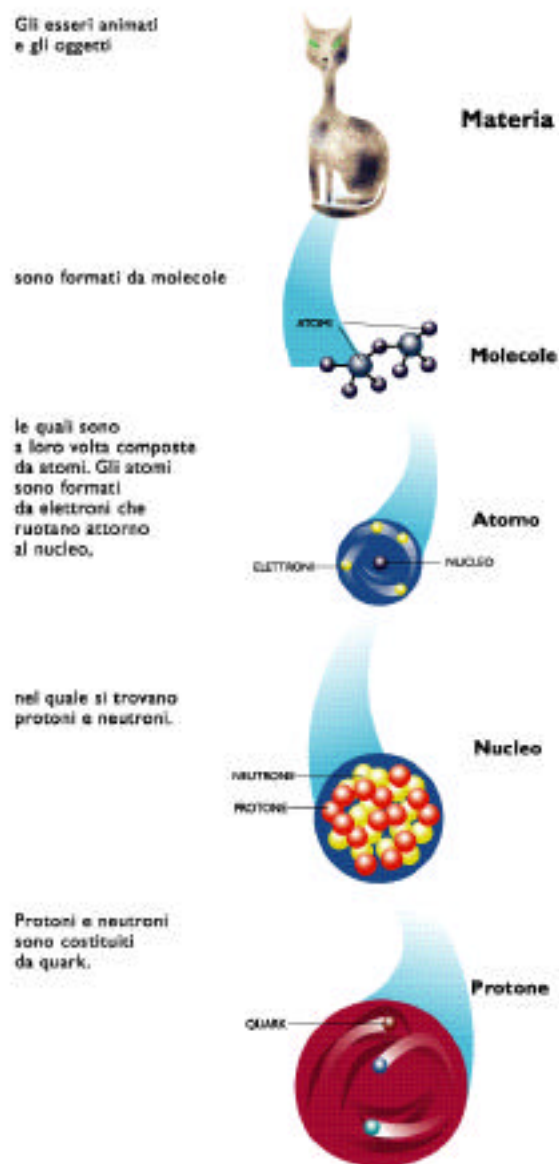
I quark, a differenza dei leptoni, sono particelle dotate della singolare caratteristica di non trovarsi mai isolate ma sempre strettamente unite ad altri quark in modo da formare particelle complesse, come i neutroni o i protoni. Un protone ad esempio è composto di due quark u e un quark d, mentre un neutrone contiene un quark u e due quark d. Protoni e neutroni a loro volta formano i nuclei degli atomi.

In natura esiste anche l'antimateria: per ciascuna famiglia di quark e leptoni esiste una corrispondente famiglia d'antiparticelle, del tutto identiche alle prime ma con cariche opposte. Questa forma di materia non si osserva quasi mai nel mondo che ci circonda, ma si produce negli acceleratori e probabilmente abbondava nell'Universo primordiale.

Le interazioni fra le particelle che costituiscono la materia, come la loro reciproca attrazione o repulsione, sono regolate da quattro forze fondamentali. Esse sono la forza nucleare forte, che tiene insieme i quark all'interno di protoni e neutroni e anche i protoni e i neutroni all'interno del nucleo, la forza debole, responsabile ad esempio dei decadimenti radioattivi e coinvolta nella fusione nucleare nelle stelle, l'elettromagnetica, che tiene gli elettroni legati al nucleo nell'atomo ed è responsabile dei fenomeni elettrici e magnetici, e la forza di gravità. Nel Modello Standard le forze che agiscono fra i costituenti della materia si manifestano attraverso lo scambio di altre particelle, chiamate bosoni mediatori. Ad esempio la forza elettromagnetica è il risultato del continuo scambio di fotoni.

L'unica forza fondamentale per la quale non è stata ancora verificata sperimentalmente l'esistenza di una particella mediatrice è la forza di gravità. La forza di gravità costituisce anche il punto più debole del Modello Standard, il quale non riesce a descriverla. Uno dei principali obiettivi della moderna fisica delle particelle è proprio capire come risolvere questo problema. I fisici inoltre aspirano a descrivere le quattro forze come manifestazioni di un'unica forza fondamentale. Oggi esiste una teoria considerata particolarmente promettente da questo punto di vista: la teoria delle corde (o stringhe), che riconduce sia le particelle che le forze a vibrazioni d'impercettibili filamenti. Le particelle, secondo questa teoria, potrebbero essere assimilate alle note prodotte pizzicando le corde di una chitarra. Tuttavia il problema del superamento del Modello Standard e dell'unificazione delle quattro forze è ancora lontano dall'essere risolto e i fisici dell'Infn sono intensamente impegnati in quest'affascinante ricerca.

Tutto ciò che è noto nell'Universo è formato da molecole, le quali sono, a loro volta, composte da atomi. Gli atomi sono formati da elettroni che circondano un nucleo, nel quale si trovano protoni e neutroni, costituiti da quark. Oggi non è possibile andare oltre in questa sorta di gioco di scatole cinesi, ma non è escluso che nel futuro la ricerca dimostri l'esistenza di costituenti della materia ancora più piccoli.

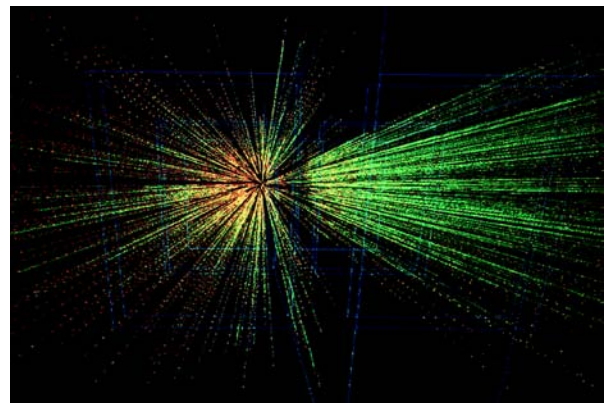


# LE RETI

L'esplosione dell'uso di internet è considerata uno degli eventi tecnologici più rivoluzionari mai avvenuti: ha prodotto un tale mutamento nei collegamenti tra le persone, nelle modalità di scambio di documenti e nell'accesso alle informazioni che oggi è difficile immaginare di svolgere molte attività senza di esso. Pochi tuttavia ricordano come la rete abbia preso forma e si sia sviluppata. Già dalla fine degli anni '70 i computer di molti ricercatori di diversi Paesi erano connessi fra loro e in grado di scambiarsi rapidamente informazioni. La nascita di internet è avvenuta all'inizio degli anni '80, ma gli utenti erano ancora pochi. Lo sviluppo della nuova invenzione era inizialmente frenato dal fatto che mancavano sistemi per passare agevolmente da un collegamento all'altro: per farlo occorreva conoscere ogni volta l'indirizzo esatto e bisognava che il computer interlocutore avesse caratteristiche compatibili con quelle del computer dal quale partiva la connessione. Il problema è stato risolto presso il Cern di Ginevra, dove lavora una comunità internazionale di fisici composta da molti ricercatori dell'Infn che in questo settore hanno dato contributi pionieristici. Al Cern, infatti, all'inizio degli anni '90, è stato sviluppato il web, sostanzialmente un'interfaccia, che consente un veloce collegamento anche tra computer dotati di sistemi operativi diversi. A partire da quel momento, internet ha cessato di essere uno strumento, sì fondamentale, ma al servizio di poche persone esperte e si è diffuso come risorsa utile per tutti i cittadini.

Effetto della collisione di nuclei di atomi di piombo in un esperimento svolto al Cern. Le collisioni tra nuclei pesanti sono utilizzate per studiare i primi istanti di vita dell'Universo, quando si calcola ci fossero energie tali da far esistere la materia nel cosiddetto stato di plasma di quark e gluoni. Gli esperimenti che si svolgeranno grazie all'acceleratore Lhc consentiranno di acquisire nuove informazioni anche in questo campo, ma i dati raccolti richiederanno enormi risorse di calcolo per essere esaminati. Per questa ragione è in corso di sviluppo il progetto Grid. (Foto Cern)

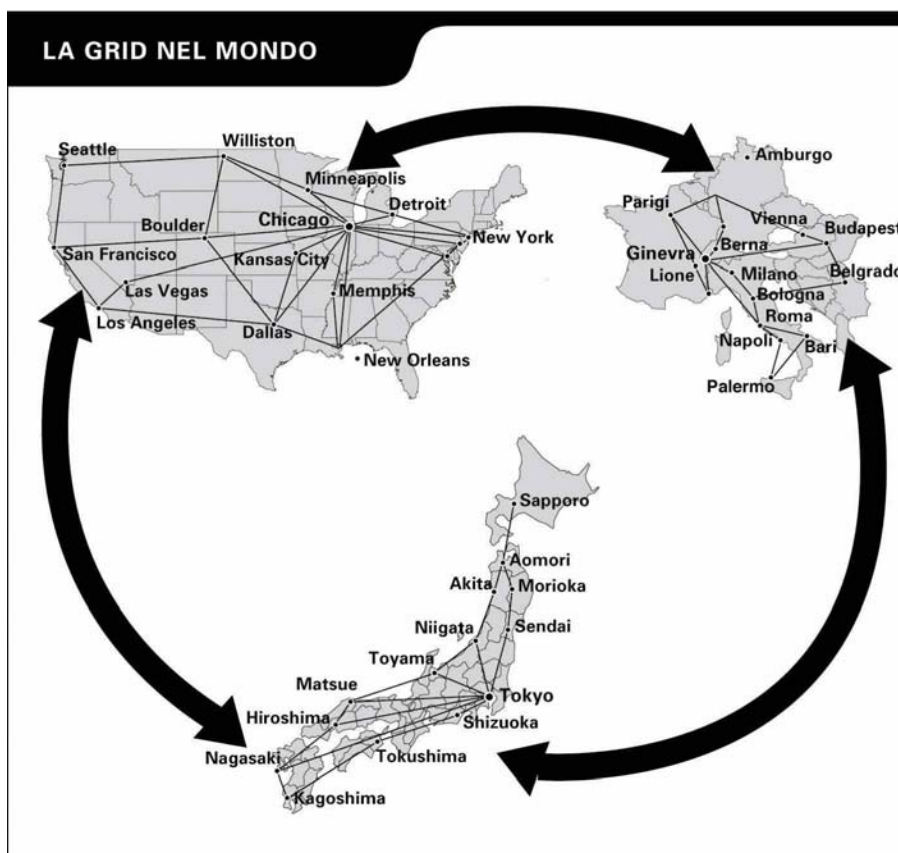
Oggi la comunità dei fisici si trova ad affrontare problemi di calcolo, per i quali occorrono reti di collegamento in grado di fornire prestazioni più avanzate di quelle disponibili. In particolare la prossima generazione d'esperimenti che si svolgeranno presso il Cern di Ginevra, grazie alla costruzione del nuovo acceleratore Lhc, imporrà di gestire una quantità di dati enorme e richiederà grandissime capacità di calcolo. Per far fronte a esse, è stato lanciato il progetto Grid, il quale mira a costruire un sistema che non si limiti a consentire solo lo scambio di testi e immagini, come il web, ma che permetta di condividere grandi risorse di calcolo e di accedere a banche dati di dimensioni ingenti. Nel 2002, grazie anche al fondamentale contributo dell'Infn per il progetto europeo DataTag, è stata fatta la prima dimostrazione di funzionamento congiunto fra la Grid europea e quella statunitense. In futuro, potrebbe persino divenire possibile fare a meno di calcolatori personali in grado di svolgere operazioni complesse: sarebbe sufficiente possedere una sorta di terminale dal quale accedere a risorse disponibili in centri esterni.





Dal 1998, per incarico del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Scientifica, l'Infn ha realizzato e sviluppato la rete informatica a larga banda Garr-B, a cui afferiscono le università e gli enti di ricerca italiani. Dopo che l'Istituto aveva assolto al proprio mandato, nel novembre 2002 è stato istituito il Consortium GARR, del quale fanno parte Infn, Cnr, Enea e, in rappresentanza delle Università, la Fondazione Crui. Lo scopo del Consortium è gestire e implementare la rete di telecomunicazioni per la comunità scientifica e accademica.

Oggi su questa rete la maggior parte delle informazioni viaggia a una velocità di miliardi di bit al secondo (gigabit), contro i circa 40.000 bit delle linee commerciali veloci. L'opera di costruzione di reti come Garr-B, sebbene sia concepita per i ricercatori, ha importanti ricadute sul mondo produttivo e in definitiva su tutti i cittadini, per esempio attraverso la formazione di giovani, che a loro volta sono in grado di diffondere nella società la conoscenza acquisita.



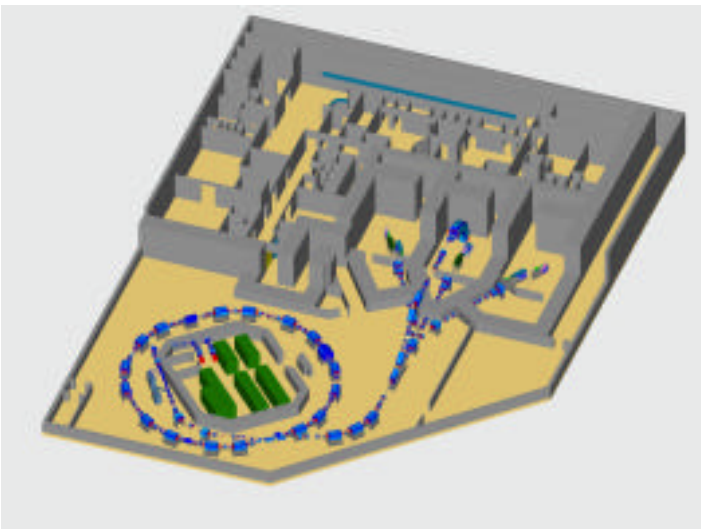
Schema dei Paesi attualmente connessi dalla Grid. L'immagine rappresenta anche alcuni dei possibili percorsi che possono compiere le informazioni nel viaggiare fra un punto e l'altro della rete.

## LE RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI

La comunità di ricerca in fisica nucleare e subnucleare sviluppa e costruisce i propri strumenti che spesso trovano una utile applicazione in campi molto diversi dalla fisica fondamentale, quali la medicina o la salvaguardia dei beni culturali e artistici.

Sul fronte medico, sono diversi i progetti che vedono impegnati ricercatori dell'Infn e fra questi è di particolare rilievo l'impegno per la partecipazione alla costruzione a Pavia di un avanzato Centro Nazionale d'Adroterapia Oncologica (Cnao). Nel novembre 2003 è stato stipulato un accordo di collaborazione fra l'Infn e la Fondazione Cnao, in virtù del quale l'Istituto è divenuto co-responsabile della costruzione del Centro, mettendo a disposizione la conoscenza e l'esperienza necessarie per realizzare l'acceleratore di particelle, lo strumento per la terapia.

L'adroterapia è una delle tecniche più avanzate oggi esistenti, basate sull'uso di fasci di particelle. Essa prevede che le cellule tumorali siano distrutte tramite irraggiamento con fasci di adroni: particelle formate dall'unione di altre particelle elementari chiamate quark e gluoni. In particolare nell'adroterapia sono usati protoni o nuclei leggeri. I fasci di queste particelle, rispetto a quelli di fotoni o d'elettroni usati di norma nelle radioterapie, hanno il vantaggio di poter essere dosati e diretti con grande precisione contro i tessuti tumorali, in modo da colpire con la massima efficienza le cellule alterate risparmiando quelle sane circostanti. Il Centro italiano, che sarà in funzione a Pavia a partire dalla fine del 2007, rappresenta una sfida dal punto di vista dell'applicazione ad altre discipline dei risultati della ricerca fondamentale in fisica. Il suo obiettivo è trattare i tumori con ioni carbonio, con i quali si può ottenere un fascio estremamente preciso e in grado di raggiungere e colpire i tumori anche più profondi. Nel mondo oggi esiste solo un altro centro, in Giappone, dove l'adroterapia utilizza gli ioni carbonio. Si tratta dunque di costruire una macchina di frontiera, senza rifarsi a strumenti già in uso in altri centri. Sempre nel campo dell'adroterapia, dal 2002 presso i laboratori nazionali del Sud dell'Infn è attivo il progetto Catana per il trattamento di un tumore dell'occhio, frequente e molto maligno, chiamato melanoma della coroide. Catana ad oggi ha trattato con successo circa 60 pazienti e con il suo avvio l'Italia è divenuta uno dei pochi Paesi al mondo in grado di eseguire l'adroterapia.

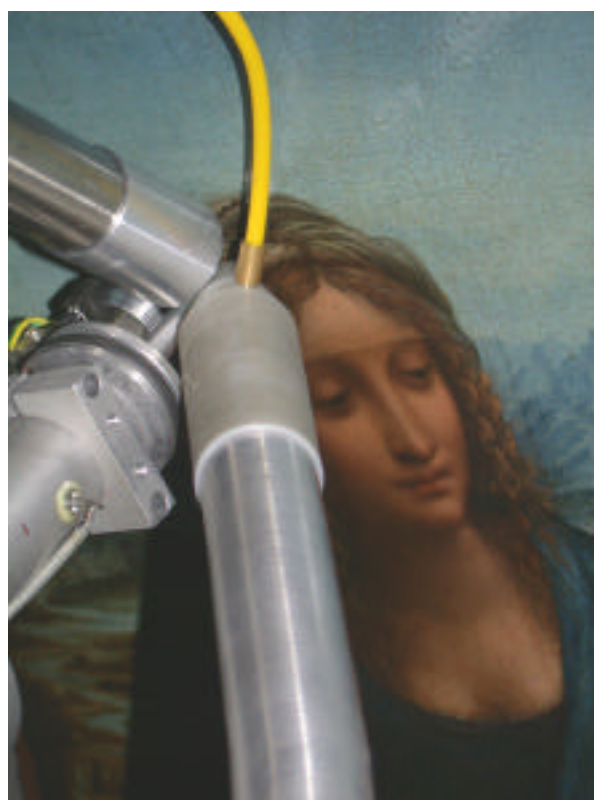


Struttura del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (Cnao) in costruzione a Pavia. L'acceleratore (in blu) produrrà un fascio di particelle che potrà essere diretto verso tre sale di trattamento.

Il progetto Calma (*Computer Assisted Library for Mammography*) ha invece l'obiettivo di sviluppare un software "intelligente", in grado di aiutare i radiologi specializzati in analisi mammografiche nel difficilissimo compito di individuare le lesioni sospette, le quali potrebbero essere indice della presenza di un tumore. Oggi il software di Calma è in fase di verifica presso diversi ospedali e sta dando risultati molto promettenti.

Diversi ricercatori dell'Infn sono impegnati anche nella salvaguardia dei beni artistici. Un gruppo di tecniche particolarmente utili sono quelle di *Ion Beam Analysis (Iba)*, le quali consentono di stabilire i materiali di cui è composto un oggetto senza che questo sia danneggiato. Esse consistono nell'inviare un fascio di nuclei atomici sull'opera che si vuole studiare, nell'analizzare la radiazione che gli atomi che la compongono emettono come reazione all'irraggiamento e, infine, nell'utilizzare le informazioni così ottenute per identificarli. La tecnica chiamata *Accelerator Mass Spectrometry (Ams)* permette invece di contare gli atomi di carbonio 14 presenti in un oggetto, analizzando un campione di appena un milligrammo. In questo modo si può datare un'opera, in pratica senza danneggiarla, mentre le normali analisi di carbonio 14 richiedono la distruzione di quantità consistenti del campione. Le tecniche Iba e Ams sono praticate da anni in diverse sedi dell'Infn. Ad esse è stata recentemente dedicata una apposita struttura: il laboratorio Labec a Firenze, la cui entrata in funzione è prevista nel 2004.

Sul fronte dell'ambiente, si segnala l'attività del gruppo di bassa attività a Milano Bicocca, che impiega le raffinate tecnologie messe a punto per gli studi di fisica del neutrino ai laboratori del Gran Sasso, per individuare la minima presenza di sostanze radioattive nell'ambiente.



La Madonna dei Fusi di Leonardo (versione *ex Redford*, collezione privata) analizzata con tecniche Iba. Le misure per l'analisi della Madonna dei Fusi sono state realizzate presso la sezione di Firenze dell'Infn, nell'ambito dell'*Universal Leonardo Project*, gestito dal *Leonardo Bureau* di Londra e coordinato dall'Opificio delle Pietre Dure di Firenze.



# COMUNICARE LA FISICA

L'Infn considera molto importante far conoscere la propria attività anche a chi non lavora nel campo della ricerca. I cittadini hanno, infatti, il diritto di conoscere come e a quale scopo sono investiti i fondi pubblici per la ricerca e inoltre vi è una sempre più diffusa curiosità del pubblico verso la scienza. L'Istituto dedica una particolare attenzione ai più giovani, in particolare agli studenti delle scuole: l'interesse verso la scienza e la scoperta in sé stessi d'attitudini verso la ricerca maturano, infatti, proprio negli anni scolastici e si sviluppano pienamente solo se valorizzati.

L'ufficio Comunicazione dell'Infn si occupa dei rapporti con la stampa e con il pubblico, attraverso la diramazione di comunicati stampa, la pubblicazione di materiale informativo e l'organizzazione di mostre e allestimenti interattivi. Fra l'altro è stato messo a punto "La Fisica su Ruote": un laboratorio itinerante nel quale lo spettatore è chiamato ad avere un ruolo attivo nell'esplorazione della fisica nucleare e subnucleare. Un gruppo di divulgatori e di ricercatori dell'Istituto guida il pubblico in un viaggio che parte dai semplici oggetti del mondo quotidiano e giunge ad esplorare l'infinitamente piccolo e le sue ricadute tecnologiche nella nostra vita di tutti i giorni. L'iniziativa è rivolta a un pubblico generico, ma è particolarmente adatta ai giovani ed è a disposizione delle scuole.

L'Ufficio Comunicazione cura inoltre la nuova rivista dell'istituto, Gluon, in corso di preparazione.

Ogni laboratorio nazionale si avvale di un ufficio per le relazioni esterne, che organizza attività specifiche volte ad interagire con il grande pubblico e con le scuole e a orientare i giovani nel mondo della ricerca. In particolare in tutti i laboratori sono organizzate visite guidate e giornate aperte al pubblico.



Una visitatrice di "La fisica su ruote" durante un esperimento sull'elettromagnetismo con un generatore elettrostatico di van der Graaff.

**Risultati ed eventi di rilievo nel 2002-03**

- *La determinazione precisa di uno dei parametri alla base della violazione della simmetria materia-antimateria nei mesoni B, da parte dell'esperimento BaBar a SLAC.*
- *Il contributo alla determinazione del momento magnetico anomalo del muone da parte dell'esperimento KLOE a DAFNE nei Laboratori di Frascati.*
- *La scoperta da parte dei fisici italiani nell'esperimento BaBar a SLAC di due nuove singolari particelle contenenti il quark "charm".*
- *La scoperta di una nuova particella costituita da cinque quark, da parte di esperimenti al TJNAF e a DESY, con il determinante contributo delle componenti italiane.*
- *L'inaugurazione del rivelatore di onde gravitazionali Virgo a Cascina, alla presenza dei Ministri della ricerca francese e italiano.*
- *L'entrata in funzione dell'esperimento FINUDA a DAFNE nei Laboratori di Frascati, dedicato allo studio degli ipernuclei.*
- *L'inizio della produzione dei dati dell'esperimento CHIMERA nei Laboratori del Sud, dedicato agli studi di multi-frammentazione nucleare.*
- *L'approvazione del progetto SPES per un acceleratore di protoni ad alta intensità nei Laboratori di Legnaro per lo studio di nuclei in condizioni estreme.*
- *La stipula dell'accordo con il CNAO per la partecipazione dell'INFN alla realizzazione del Centro nazionale d'adroterapia oncologica di Pavia.*
- *Il completamento della produzione da parte dell'industria italiana delle grandi bobine superconduttrici dei magneti toroidali per l'esperimento ATLAS a LHC al CERN.*

### **I principali obiettivi nel 2004**

- *Il ripristino delle condizioni per il normale svolgimento dell'attività al Gran Sasso.*
- *L'aggancio interferometrico stabile di VIRGO a EGO, a Cascina.*
- *Il raggiungimento degli obiettivi di costruzione programmati per gli esperimenti a LHC.*
- *I primi risultati di fisica degli ipernuclei di FINUDA su DAFNE a Frascati.*
- *L'entrata in funzione delle prime unità del calcolatore superveloce APEnext.*
- *La produzione del primo fascio di EXCYT nei Laboratori del Sud.*
- *La raccolta dati con il nuovo spettrometro PRISMA-CLARA ai Laboratori di Legnaro.*
- *L'attivazione del sistema di trasporto dati sottomarino per NEMO e GEOSTAR-INGV.*
- *L'entrata in funzione a Firenze di LABEC, laboratorio nucleare dedicato ai Beni Culturali.*

### **Struttura del documento**

**Prima parte: Presentazione dell'Istituto.**

**Seconda parte: Rapporto d'attività 2002-2003.**

**Terza parte: Piano d'attività per il triennio 2004-2006.**

**Appendice1: Rapporto del CVI.**

# INDICE

<b>1. L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE</b>	<b>1</b>
1.1 LA MISSIONE .....	1
1.2 IL QUADRO DELLE CONOSCENZE DELLA FISICA SUBNUCLEARE, NUCLEARE E ASTROPARTICELLARE.....	2
1.3 STRUTTURA E ORGANIZZAZIONE.....	8
1.4 ATTIVITÀ SCIENTIFICA E TECNOLOGICA .....	9
1.5 RISORSE DI PERSONALE.....	15
1.6 COLLEGAMENTI CON ALTRE ISTITUZIONI E CON LA U.E. ....	19
1.7 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO .....	21
1.8 VALUTAZIONE.....	23
1.9 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....	25
<b>2. RAPPORTO D'ATTIVITA' 2002-2003</b>	<b>28</b>
2.1 FISICA SUBNUCLEARE.....	28
2.2 FISICA NUCLEARE .....	37
2.3 FISICA ASTROPARTICELLARE.....	43
2.4 FISICA TEORICA.....	49
2.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI.....	56
<b>3. PIANO D'ATTIVITA' 2004-2006</b>	<b>59</b>
3.1 FISICA SUBNUCLEARE.....	60
3.2 FISICA NUCLEARE .....	66
3.3 FISICA ASTROPARTICELLARE.....	76
3.4 FISICA TEORICA.....	83
3.5 RICERCHE TECNOLOGICHE E INTERDISCIPLINARI.....	89
3.6 CALCOLO E SISTEMI INFORMATICI.....	93
3.7 FUNZIONAMENTO DELLE STRUTTURE.....	98
3.8 RISORSE UMANE .....	114
3.9 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO E INTERDISCIPLINARE.....	121
3.10 RISORSE FINANZIARIE .....	131
<b>PROFILO DI SPESA 2004-2006</b>	<b>134</b>
<b>APPENDICE</b>	<b>135</b>
1. RAPPORTO DEL COMITATO DI VALUTAZIONE INTERNO	



# 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 e tecnologica, innanzitutto tra i giovani.*
- *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 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

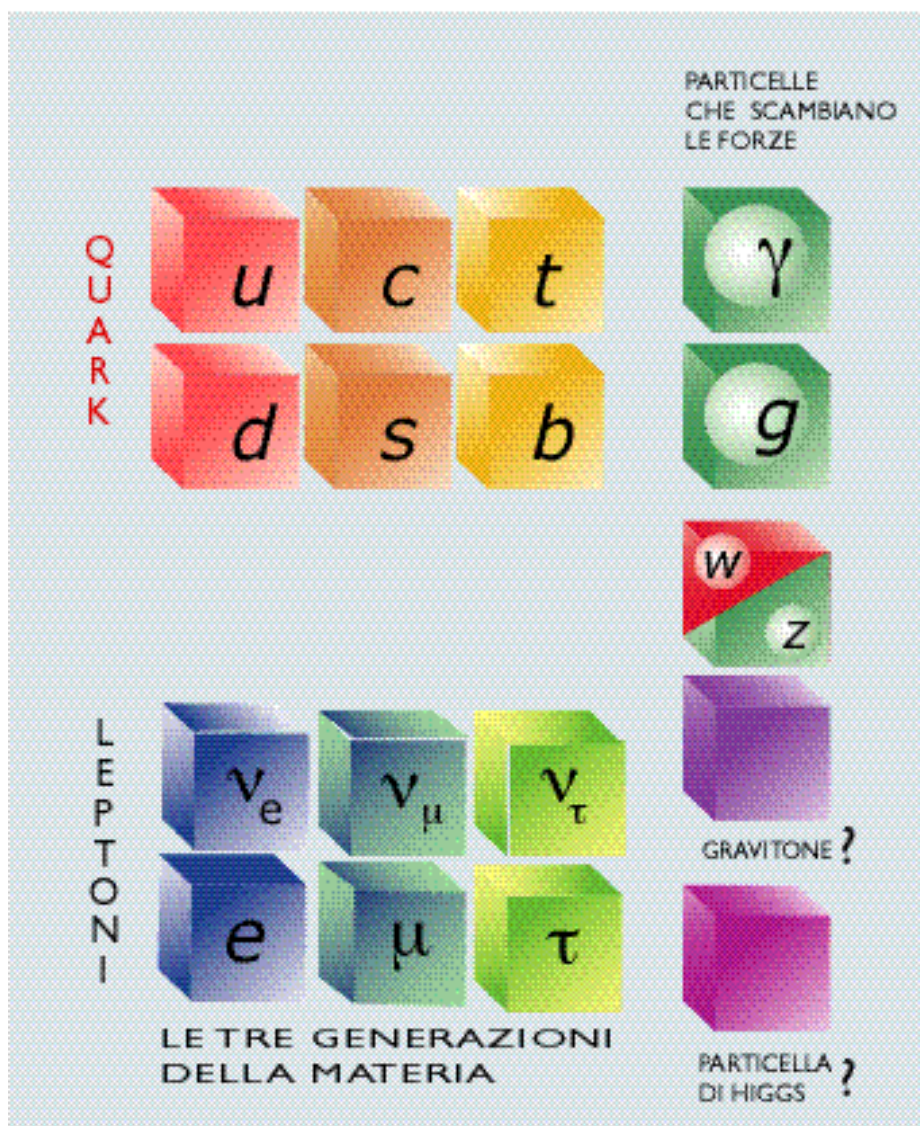
I costituenti elementari della materia si dividono in due classi (si veda la relativa figura):

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, 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. Le teorie più recenti collegano questa completa asimmetria a una violazione di CP analoga a quella già osservata nel comportamento delle particelle fondamentali, oltre che a un altro fenomeno fisico: l'instabilità generale della materia, in particolare del protone.

## 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 cromodinamica quantistica (QCD).

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

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

## LA FISICA ASTROPARTICELLARE

Un metodo complementare alla ricerca di nuove particelle con le macchine acceleratrici è quello di ricercare ad esempio la particella supersimmetrica più leggera (il neutralino) nella radiazione cosmica. Secondo le teorie attuali, il

neutralino potrebbe essere stabile, su tempi cosmologici, ed essere quindi presente nell'Universo attuale come residuo delle fasi iniziali del Big Bang (insieme ai neutrini fossili) e contribuire anch'esso alla materia oscura.

Gli esperimenti dedicati a questa ricerca sono basati sull'osservazione di eventi rari o segnali deboli e richiedono condizioni particolari, come quelle che si possono ottenere nelle sale sperimentali sotterranee dei Laboratori del Gran Sasso dell'INFN, al riparo del disturbo dei raggi cosmici.

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

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

Infine, un settore di ricerca che pure si colloca al confine tra lo studio delle interazioni fondamentali e l'astrofisica, nel quale i fisici italiani hanno svolto e svolgono un ruolo d'avanguardia, è la ricerca delle onde gravitazionali sia mediante antenne criogeniche a barra risonante, già ampiamente sviluppate, sia con lo sviluppo dei grandi rivelatori interferometrici, appena entrati in funzione,

tra cui spiccano l'italo-francese VIRGO a Cascina (Pisa), e gli statunitensi LIGO, in Louisiana e a Seattle.

### 1.3 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, illustrato dalla figura che apre il presente documento, è il seguente:

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

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 4 Laboratori e delle 19 Sezioni, da rappresentanti del MIUR, del Ministero delle attività produttive, del CNR, dell'ENEA e del personale dell'Istituto.

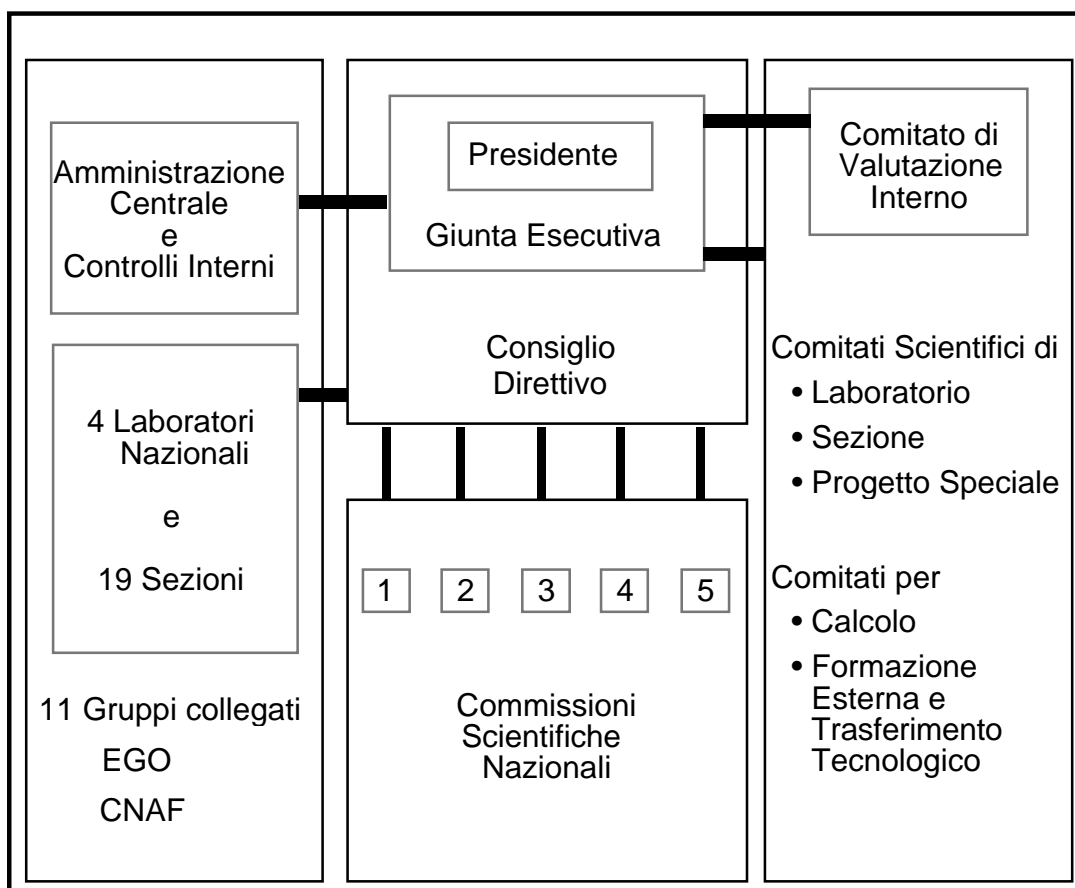
Per lo svolgimento dell'attività scientifica, l'Istituto si avvale di cinque Commissioni scientifiche nazionali, consultive del Consiglio direttivo. Esse coprono rispettivamente le seguenti linee scientifiche: fisica subnucleare, nucleare, astroparticellare, teorica, e ricerche tecnologiche e interdisciplinari.

Il Consiglio direttivo si riunisce, di norma, mensilmente e prende le sue decisioni a seguito di proposte del Presidente e della Giunta Esecutiva, elaborate a partire a loro volta dalle richieste degli stessi Direttori, nonché dalle raccomandazioni delle Commissioni scientifiche nazionali e degli altri comitati consultivi di programmazione e valutazione dell'attività, il tutto con l'ausilio dei Dirigenti dell'Amministrazione centrale.



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

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



#### 1.4 ATTIVITÀ SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

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

L'attività sperimentale nelle Sezioni normalmente riguarda la preparazione e la conduzione degli esperimenti presso i laboratori, nazionali o esteri, con particolare riguardo all'analisi dei dati. Le Sezioni possono essere sede di esperimenti, normalmente basati su apparati di piccola mole, con un'importante eccezione: il caso dell'interferometro gravitazionale italo-francese VIRGO, inaugurato nell'estate 2003, a Cascina presso Pisa. Nel 2000 l'INFN e il CNRS francese hanno costituito il consorzio EGO – *European Gravitational Observatory* – con sede a Cascina, quale struttura per ospitare VIRGO e future attività nel campo della gravitazione.

## I LABORATORI NAZIONALI

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

I Laboratori Nazionali di Legnaro, presso Padova, furono istituiti nel 1968 per lo studio della struttura e della dinamica dei nuclei atomici. Essi sono dotati di un

acceleratore Tandem e, dal 1994, di un acceleratore lineare di ioni, ALPI, basato su tecnologie superconduttive. Tali acceleratori attraggono una vasta comunità nazionale ed europea di ricercatori che vi conducono studi sulle collisioni fra ioni. Nel corso dell'ultimo decennio, i Laboratori hanno registrato importanti sviluppi tecnologici, ad esempio nella costruzione di cavità superconduttive, nella radiobiologia, nella scienza dei materiali. Da alcuni anni il laboratorio, in collaborazione con altre istituzioni italiane e straniere, è impegnato nello sviluppo di tecniche di produzione di fasci intensi di protoni, mirati non solo alla realizzazione di una futura infrastruttura per esperimenti di fisica nucleare, ma anche d'applicazioni in altri campi. Tali sviluppi hanno portato all'approvazione, da parte dell'Istituto nel 2003, del progetto SPES, un acceleratore di protoni ad alta intensità, con energia di 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. Quello del Gran Sasso è il terzo laboratorio europeo di fisica delle particelle dopo il CERN e DESY, frequentato da molte centinaia di ricercatori da tutto il mondo. Il tema scientifico di maggior rilievo nel futuro del laboratorio 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. E' notevole anche l'interesse d'altre discipline per l'infrastruttura sotterranea.

#### I PRINCIPALI CENTRI D'ATTIVITÀ ALL'ESTERO

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

Il CERN, l'Organizzazione europea di fisica subnucleare e nucleare di Ginevra, fondato nel 1954, è oggi il più importante laboratorio al mondo di fisica delle particelle con acceleratori. L'Italia è tra i suoi maggiori Paesi membri e i gruppi INFN sono tra i partecipanti di spicco all'attività scientifica. Il 2000 ha visto la conclusione dell'attività del LEP, il *Large Electron-Positron collider*, che ha operato, fino all'energia massima di 209GeV, quale sorgente di dati per i quattro esperimenti ALEPH, DELPHI, L3, OPAL. Sono in fase avanzata di costruzione LHC, il *Large Hadron Collider*, che prenderà il posto di LEP nel tunnel di 27Km, e i suoi esperimenti ALICE, ATLAS, CMS, LHCb. Proseguendo nella tendenza già



manifestata nelle ricerche a LEP, il progetto LHC del CERN ha assunto caratteri marcatamente mondiali, in particolare per la forte presenza e il rimarchevole contributo di risorse di Stati Uniti e Giappone. Di gran rilievo è anche il progetto CNGS, il cui fascio di neutrini illuminerà, a partire dal 2006, le sale sotterranee dei laboratori del Gran Sasso. Infine, in una prospettiva di lungo termine, il laboratorio è impegnato nello sviluppo di una tecnica innovativa per la realizzazione di CLIC, il *Compact Linear Collider* di fasci d'elettroni e positroni d'altissima energia.

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

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

Presso il laboratorio SLAC in California è entrato in funzione il collisore elettrone-positrone PEP 2, copiosa sorgente di mesoni B, presso cui è entrato in funzione l'apparato dell'esperimento BABAR per lo studio della simmetria materia-antimateria nei decadimenti dei mesoni B<sup>0</sup>. 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.

## LA FISICA ASTROPARTICELLARE

Gli esperimenti di fisica astroparticellare sono condotti, oltre che nei laboratori nazionali, innanzi tutto del Gran Sasso, e in EGO a Cascina (progetto Virgo), anche all'estero, quando è necessario disporre d'un sito dalle caratteristiche adeguate o quando l'Istituto partecipi a un progetto internazionale. Quali esempi al riguardo possono essere citati, rispettivamente, l'osservatorio italo-cinese ARGO, per gamma-astronomia d'alta energia alla quota di 4300m in Tibet, e l'esperimento AUGER, per la rivelazione di sciame cosmici estesi d'energie estreme in Argentina.

I satelliti nello Spazio sono anche sede d'esperimenti di fisica astroparticellare per lo studio dell'antimateria, della materia oscura e, in generale, della radiazione cosmica. Vari esperimenti sono progettati o condotti in collaborazione con l'ASI, l'ESA, la NASA e l'Agenzia Spaziale Russa.

## LA FISICA TEORICA

La fisica teorica delle interazioni fondamentali è un campo in cui l'Italia vanta una tradizione che risale ai tempi di Fermi e che si è mantenuta nell'INFN con una scuola attiva e riconosciuta. I temi di ricerca più importanti riguardano:

- fenomenologia delle particelle elementari, con particolare riguardo alle ricerche con i collisori di altissima energia
- ricerche sulle proprietà degli adroni e della cromodinamica quantistica, per mezzo di calcoli su reticolo
- studi sulle estensioni della teoria standard e sulla unificazione delle forze
- teoria dei campi e teoria delle corde quantistiche
- teoria e fenomenologia in fisica del nucleo
- fisica astroparticellare, incluse le onde gravitazionali
- fisica matematica
- ricerche teoriche sui sistemi complessi (reti neurali, transizioni di fase, caos)

## LA RICERCA TECNOLOGICA E INTERDISCIPLINARE

La ricerca tecnologica nell'INFN è finalizzata alla realizzazione d'esperimenti d'avanguardia ed è perciò motivata dalla necessità di sviluppare nuovi metodi per l'accelerazione e la rivelazione di particelle, per l'acquisizione e per l'analisi dei dati. Le attività tecnologiche dell'INFN coprono principalmente i seguenti settori: fisica degli acceleratori, criogenia e superconduttività, rivelatori di particelle ed elettronica associata, supercalcolo e reti ad alte prestazioni, griglie di calcolo.

L'Istituto è impegnato a stimolare il trasferimento delle conoscenze, delle metodologie e delle tecniche strumentali sviluppate nell'ambito della propria attività, verso altre discipline, quali la medicina, i beni culturali e l'ambiente. Presso la Sezione di Firenze è in fase avanzata di sviluppo il progetto LABEC, dedicato all'applicazione di tecniche nucleari ai Beni Culturali, in collaborazione con l'Università e il CNR. Il progetto è frutto dell'esperienza maturata nel campo nella Sezione di Firenze e nei Laboratori del Sud.

## **1.5 RISORSE DI PERSONALE**

Per lo svolgimento della propria attività, l'INFN si avvale di personale dipendente e di personale associato alle proprie ricerche, in massima parte dipendente dalle Università, mediante incarico di ricerca o di collaborazione tecnica. In tal modo si realizza quello stretto collegamento con l'Università che è caratteristica tradizionale dell'Istituto.

### **IL PERSONALE DIPENDENTE**

La dotazione organica del personale di ruolo dell'INFN è costituita da complessive 2.014 posizioni suddivise nei vari profili professionali come illustrato nel grafico.

La distribuzione tra le diverse strutture dell'Istituto dei posti disponibili per il completamento della dotazione 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 assicurino 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 di ruolo, quale loro necessario complemento, 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, d'alta qualificazione scientifica e tecnica.

La legge finanziaria del 2003 (n. 289 del 27 dicembre 2002) ha posto severe limitazioni al fabbisogno di personale dell'Istituto, confermando il blocco delle assunzioni del personale a tempo indeterminato, stabilendo l'indisponibilità dei posti liberi in pianta organica al 31 dicembre 2002 e fissando tetti massimi di spesa per il personale a termine dipendente e collaboratore.

Il presente piano triennale è stato formulato nell'ipotesi che dal 2004 tali vincoli siano almeno attenuati.

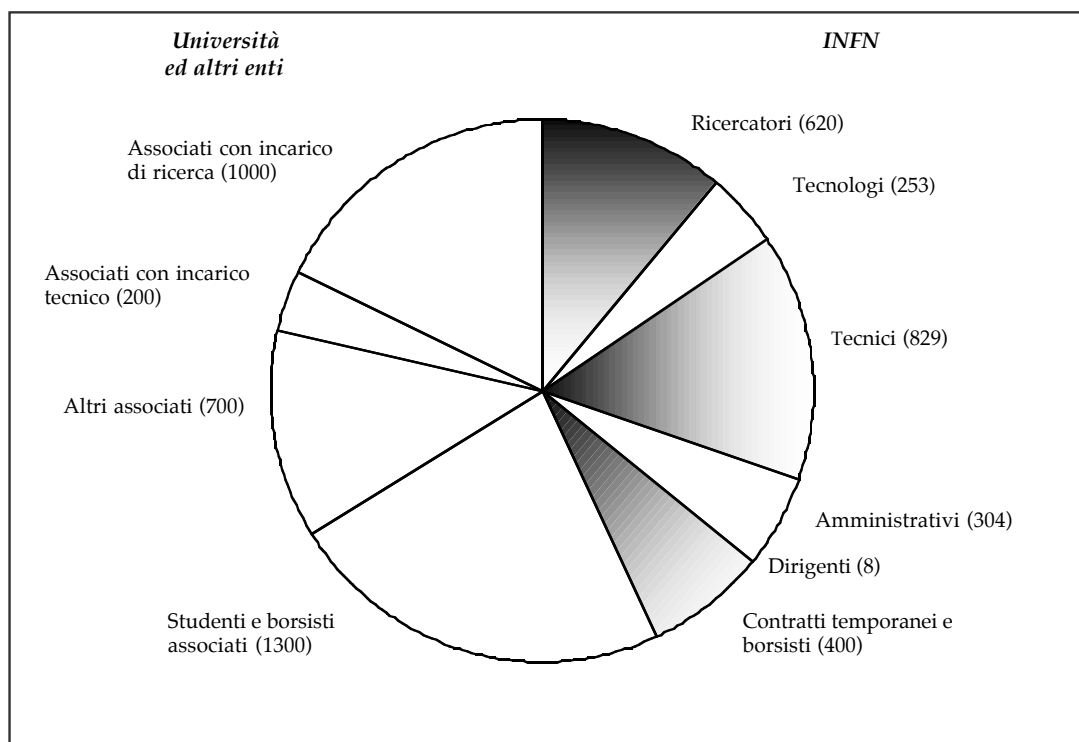
## IL PERSONALE ASSOCIATO

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 circa 1.000 tra professori e ricercatori universitari che svolgono la loro attività nell'ambito dei programmi dell'Istituto.

Circa 200 tecnici e amministrativi dell'Università, che collaborano a tempo pieno con l'INFN, sono associati mediante incarico di collaborazione tecnica.

Circa 1300 sono i giovani, tra laureandi, dottorandi e perfezionandi associati all'attività dell'INFN. Vi sono, infine, circa 700 professori e tecnici universitari associati che collaborano con l'Istituto solo per una frazione della loro attività di ricerca.



PERSONALE CHE SVOLGE LE ATTIVITÀ INFN

## LE COLLABORAZIONI ALL'ATTIVITÀ DI RICERCA

Uno strumento normativo relativamente recente ha consentito di attivare assegni per la collaborazione all'attività di ricerca per giovani ricercatori in possesso del dottorato di ricerca. E' prevista ogni anno la stipula, previa apposita selezione, di contratti di collaborazione quadriennali presso le strutture dell'INFN, e il cofinanziamento di analoghi contratti tramite apposite convenzioni con le Università.

## LA FORMAZIONE DEI GIOVANI

La formazione scientifica e tecnologica dei giovani è uno degli obiettivi istituzionali dell'Istituto.

A tal fine, l'INFN cura un programma annuale di borse di studio, di cui si riporta di seguito il programma relativo all'anno 2003.

### BORSE DI STUDIO INFN, PROGRAMMA 2003

n.	borse per	durata	selezione	da svolgere presso
15	Laureandi	annuale	titoli	Laboratori Nazionali dell'INFN e CNAF
20	Neolaureati	semestrale	titoli e colloquio	Strutture INFN
46	Borse dottorato	triennale	esami di ammissione al dottorato	Scuole di Dottorato di Ricerca
1	teorici	quadriennale	titoli	MIT <sup>(*)</sup>
5	Post-dottorato (teorici)	biennale	titoli e colloquio	Istituzioni estere
1	teorici	biennale	titoli	MIT <sup>(*)</sup>
1	sperimentali	biennale	titoli	SLAC (Stanford) <sup>(**)</sup>
30	Post-dottorato (stranieri) Sperimentali 20 Teorici 10	biennale	titoli	Strutture INFN
26	Indirizzo tecnologico Indirizzo elettronico, informatico, strumentale 12 Meccanico, impiantistico, elettronico, nucleare e dei materiali 13 Informatico <sup>(***)</sup> 1	biennale	titoli e colloquio	Strutture INFN

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

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

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

Inoltre, come già detto, l'INFN associa alle proprie attività un gran numero di laureandi, dottorandi e borsisti universitari.



L'Istituto partecipa, infine, ai dottorati di ricerca delle varie sedi universitarie dove sono presenti attività nei campi d'interesse dell'ente, finanziando borse di studio e collaborando con proprio personale allo svolgimento di corsi di alta qualificazione.

## PARI OPPORTUNITÀ

Il Comitato per le Pari Opportunità (CPO) dell'INFN è stato istituito, in accordo con quanto stabilito dal CCNL, 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, individuando possibili sperequazioni nel trattamento e proponendo azioni e strumenti contro 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. Le principali azioni positive contenute nel Triennale sono:

- Diffusione di dati sul personale dipendente e associato, organizzati per genere
- Diffusione d'informazioni e organizzazione d'iniziative finalizzate all'attuazione delle pari opportunità
- Pubblicazione della composizione degli Organi istituzionali dell'Istituto, di commissioni, comitati e gruppi di lavoro nominati dal Presidente, degli incarichi attribuiti dai Direttori e di tutte le cariche elettive locali; istituzione di un'anagrafe delle competenze del personale nell'Istituto, a cui riferirsi nella attribuzione di mansioni e incarichi
- Approvazione di un codice di comportamento per la tutela della dignità della persona nel luogo di lavoro
- Sperimentazione di tele-lavoro e orario flessibile, sostegno alla maternità e alla paternità per assegnatari di borse di studio e assegni di ricerca, studio di problematiche legate a lavoro e salute in ottica di genere.

Tra le iniziative realizzate fino ad ora dal CPO o in corso d'attuazione, di particolare rilevanza sono la redazione del Codice di comportamento,

l'elaborazione di un'anagrafe delle competenze, l'organizzazione di conferenze e seminari, l'organizzazione di incontri per esporre la situazione di genere del personale INFN, la pubblicazione di manifesti e articoli. A queste vanno aggiunte la periodica analisi statistica e la pubblicazione dei dati del personale in ottica di genere, la verifica dell'attuazione del Piano Triennale di Azioni Positive 2002-2004, la redazione della proposta del nuovo Piano.

## 1.6 COLLEGAMENTI CON ALTRE ISTITUZIONI E CON LA U.E.

L'INFN svolge attività in collaborazione con altri enti di ricerca italiani in diversi settori, nell'ambito di convenzioni bilaterali specifiche, in particolare con CNR, ENEA, INAF, INFN, INFM, INGV. Le ricerche nello spazio sono svolte in collaborazione con l'ASI. Le convenzioni citate prevedono la costituzione di comitati di raccordo che stabiliscono un contatto continuo tra i due Enti.

Per quanto riguarda i collegamenti con istituzioni straniere o internazionali, oltre a quelli con il CERN, del quale l'Italia è paese membro, e con il CNRS francese, partner nel consorzio EGO, l'INFN effettua riunioni di coordinamento, normalmente su base annuale, con l'IN2P3 francese, il Laboratorio DESY di Amburgo, il PPARC britannico, il DOE e la NSF statunitensi.

### COLLEGAMENTI CON L'UNIONE EUROPEA

Nel 2001 per iniziativa francese e italiana è stato costituito APPEC, *Astro-Particle Physics European Coordination*, da parte di INFN, IN2P3, PPARC britannico, BMBF tedesco, e NIKHEF olandese. L'idea alla base di APPEC è quella di costituire un coordinamento dell'attività astroparticellare europea, a livello delle istituzioni di finanziamento delle attività, che contribuisca alla nascita di un'Area di Ricerca Europea, offrendo all'Unione Europea un modello di organizzazione. APPEC opera attraverso uno *Steering Committee* e un *Peer Review Committee*. I primi tre anni di vita dell'organizzazione hanno consentito di raggiungere eccellenti risultati quali la preparazione della proposta del progetto ILIAS, approvato e finanziato dall'UE. Sulla scia di questo successo APPEC sta ora promuovendo la preparazione di un'analogha iniziativa coordinata nell'ambito dei *Design Studies* promossi dall'UE.

Nell'ambito della fisica nucleare un'analogha azione di coordinamento, seppure in forma più debole, è svolta dal comitato NUPECC, *NUclear Physics European Coordination Committee*.

Per quanto riguarda la fisica subnucleare, il CERN costituisce, dalla nascita, un'organizzazione che, di fatto, esplica un'azione di coordinamento dell'attività europea nel settore.

Le discussioni bilaterali con l'IN2P3/CNRS francese hanno portato all'interessante possibilità di proporre all'UE un nuovo modello d'entità scientifica europea: i Laboratori Europei Associati. L'idea è quella di preparare una proposta per la coppia dei rispettivi laboratori di fisica nucleare di Legnaro e Ganil.

I Laboratori Europei Associati di Legnaro e Ganil metterebbero a disposizione le proprie infrastrutture di ricerca in maniera congiunta e coordinata a livello UE, costituendo, visti i piani di rispettivo potenziamento, lo stadio intermedio nella prospettiva della futura infrastruttura europea di fasci radioattivi.

Un'analogia visione aprirebbe la prospettiva di costituire i Laboratori Europei Associati del Gran Sasso e Frejus, nel caso che, sulla base della prevista proposta congiunta INFN-IN2P3, venga realizzato un nuovo laboratorio sotterraneo nel tunnel del Frejus, con caratteristiche complementari a quelle del Gran Sasso. Questa iniziativa consoliderebbe il primato europeo nel settore della fisica astroparticellare e costituirebbe un'occasione di potenziamento del laboratorio sotterraneo italiano.

Oltre le iniziative citate, l'Istituto sta in generale intensificando l'impegno volto a potenziare la partecipazione di suoi gruppi ai programmi dell'UE. A tal fine è stato istituito presso l'Amministrazione Centrale un Servizio che si avvale dell'attività di promozione e organizzazione di ricercatori e tecnologi dei quattro laboratori nazionali.

Le azioni complessivamente intraprese sono le seguenti.

Sin dalle prime *call for proposal*, agli inizi del 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.

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 quali APPEC, NuPECC e ESGARD (European Steering Group on Accelerator R&D), prevedono la creazione di vere e proprie reti di infrastrutture di ricerca di valenza Europea utilizzando un nuovo strumento del 6PQ le "Integrated Infrastructures Iniziative (I3)". Tre progetti presentati in questo

contesto sono stati approvati e sono in fase di firma del contratto: uno per la fisica nucleare, uno per astroparticelle ed un sulle nuove tecniche di accelerazione e sono di durata quadriennale.

Il progetto sulla fisica nucleare (I3HP), coordinato dall'INFN, è un progetto che coinvolge circa 35 istituzioni Europee e 2200 ricercatori, il progetto prevede un finanziamento totale di circa 17,4MEuro di cui 4MEuro per l'INFN. Il progetto sulla fisica astroparticellare (ILIAS) coinvolge circa 21 istituzioni Europee e 1500 ricercatori, prevede un finanziamento totale di circa 7,5MEuro di cui circa 2,5MEuro per l'INFN. Infine al progetto sulle nuove tecniche di accelerazione (CARE), partecipano circa 21 istituzioni Europee e il finanziamento totale previsto è di circa 15MEuro di cui 2MEuro per l'INFN.

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.

Oltre ai suddetti progetti di ricerca fondamentale sono stati presentati anche progetti a carattere interdisciplinare, quale quello per lo sviluppo di rivelatori per la dosimetria nell'adroterapia, che coinvolge 24 istituzioni e punta a un finanziamento totale di circa 4MEuro.

Sul fronte delle risorse umane e della mobilità, sono stati presentati svariati progetti per *research and training network* e per borse di studio.

L'INFN continuerà a sfruttare le opportunità offerte dal 6 PQ per tutta la sua durata. Si stanno ad esempio preparando iniziative per i *design studies* di nuove *facilities*.

## **1.7 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO**

Per svolgere le ricerche in fisica nucleare, subnucleare e astroparticellare, è necessario sviluppare e realizzare acceleratori e rivelatori di particelle, inclusi l'elettronica, il calcolo e le reti informatiche associati, sotto la spinta costante all'innovazione necessaria per progredire nella conoscenza dell'universo microscopico.

I collisori e i rivelatori di particelle costituiscono, in maniera sempre più marcata, complessi strumentali di grandi dimensioni e di alto contenuto tecnologico. Nella costruzione in atto del collisore LHC e dei suoi rivelatori,

risultano impegnati migliaia di fisici, ingegneri e tecnici di tutto il mondo, in uno sforzo coordinato a livello mondiale, nella realizzazione di componenti alla frontiera della tecnologia, nei settori della meccanica di precisione, alto vuoto, criogenia, superconduttività, elettronica, reti informatiche e griglie di calcolo.

L'INFN è presente in posizione di piena competitività, in questa e in simili imprese internazionali, e vi coinvolge, con attenzione costante, le industrie nazionali, facendole partecipare alla competizione scientifica e tecnologica internazionale, e dunque ponendole in contatto con le frontiere della tecnologia in tutti i settori sopra citati.

Quest'azione direttamente collegata all'attività dell'Istituto, costituisce un meccanismo naturale di trasferimento di conoscenza che contribuisce a migliorare la competitività del sistema produttivo nazionale.

Un cospicuo trasferimento di conoscenza avviene attraverso i giovani che dopo un'esperienza di uno o più anni nell'attività dell'Istituto trovano impiego nelle aziende o altrove, portando con se non solo il bagaglio di conoscenze maturato ma anche l'atteggiamento mentale sviluppato, caratteristico del ricercatore, aperto all'innovazione.

Le ricerche tecnologiche e interdisciplinari, trattate a parte, danno luogo a ricadute in campi a elevato valore sociale quali la medicina, i beni culturali e l'ambiente.

Vanno anche considerate le partecipazioni dell'Istituto a progetti quali il CNAO, il Centro d'adroterapia oncologica di Pavia, anch'esse discusse altrove.

Negli anni più recenti si è intensificato lo sforzo per individuare azioni più sistematiche e organizzate, come quelle richiamate nel seguito.

*Liaison Officer tra il CERN e l'industria.* Al fine di facilitare la partecipazione dell'industria italiana alle forniture del CERN, in particolare in vista della costruzione di LHC e dei relativi apparati sperimentali, è stato creato un ufficio di collegamento tra il CERN stesso e l'industria italiana, con un accordo MIUR-INFN. Le industrie italiane sono presenti al CERN nei seguenti settori: ingegneria civile, criogenia e superconduttività, ingegneria elettrica ed elettronica, ingegneria meccanica, tecnologia del vuoto. Il ritorno industriale italiano, normalmente molto buono, è stato eccellente nel 2002.

*Programmi di R&D con imprese.* Sono in via di completamento i progetti congiunti tra gruppi INFN e imprese, con cofinanziamento da parte delle imprese, nell'ambito della legge 95/1995.

*Commissione per la formazione esterna e il trasferimento tecnologico.* È stata costituita nel 1999 con il compito di promuovere azioni su tutto il territorio nazionale al fine di consolidare il dialogo con le realtà del sistema produttivo. Sono state stipulate convenzioni con le principali organizzazioni industriali italiane per attività che concorrono a ottimizzare l'interazione tra centri di ricerca altamente qualificati e realtà produttive, nella prospettiva di sviluppare iniziative a carattere formativo per giovani diplomati, laureati e dottori di ricerca, in linea con i fabbisogni di ricerca e di professionalità del mondo produttivo. Le convenzioni stesse vogliono creare occasioni di collaborazione tra imprese e strutture INFN, anche per favorire lo sviluppo economico dei risultati della ricerca attraverso la promozione e lo sviluppo di start-up imprenditoriali.

*Master.* Collegati ad alcune Sezioni e Laboratori dell'Istituto sono stati istituiti Master universitari, basati su accordi con le Università, su temi tecnologici per i quali da una parte l'Istituto possieda competenze eccellenti, dall'altra ci sia un accertato interesse del mondo produttivo o di altri settori della società. Sono toccati temi quali: elettronica avanzata, calcolo e reti, tecniche nucleari, meccanica speciale.

*Diffusione della cultura scientifica.* L'Istituto da molti anni ha avviato un'attività che è in fase di costante potenziamento, assieme a quella condotta a livello locale, specialmente nei Laboratori nazionali. L'Istituto si è dotato nel 2002 di un ufficio comunicazione e ha istituito borse di studio per la formazione di giovani nel campo della comunicazione scientifica.

## **1.8 VALUTAZIONE**

I forti collegamenti internazionali che caratterizzano l'attività dell'Istituto hanno fatto sì che lo stesso, fin dalle origini, abbia sviluppato e progressivamente perfezionato al proprio interno un sistema di valutazione dell'attività basato sui criteri e i metodi di *peer review* dei maggiori Paesi.

I progetti scientifici e tecnologici dell'INFN sono vagliati, sia nella fase di proposta che in quella d'attuazione, dalle Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN), i cui membri sono eletti nelle unità operative dell'INFN dai ricercatori delle



rispettive linee di ricerca. Le Commissioni coprono l'intero arco d'attività di ricerca dell'Istituto:

- CSN 1: Fisica subnucleare
- CSN 2: Fisica astroparticellare
- CSN 3: Fisica nucleare
- CSN 4: Fisica teorica
- CSN 5: Ricerche tecnologiche e interdisciplinari

Le Commissioni si avvalgono per le proprie valutazioni di *referee* scelti nella comunità scientifica nazionale e internazionale. Esse propongono al Consiglio direttivo, organo deliberante dell'Istituto, l'adozione delle diverse iniziative di ricerca e l'erogazione dei relativi stanziamenti. Uno stretto collegamento, tra il vertice dell'Istituto e ciascuna Commissione, è stabilito attraverso un membro della Giunta esecutiva.

Iniziative di particolare importanza strategica sono condotte come Progetti Speciali, la cui attività è valutata da comitati scientifici internazionali, anche in questo caso con l'azione di collegamento da parte di un membro della Giunta. L'andamento dei Progetti Speciali è seguito anche dall'appropriata CSN.

Comitati Scientifici internazionali, nominati dal Consiglio Direttivo per ciascuno dei Laboratori Nazionali, hanno il compito di dare consulenza ai Direttori degli stessi laboratori sugli esperimenti in corso o in programmazione presso le loro strutture.

Nel 1995 l'Istituto ampliava il quadro della valutazione interna, prevedendo che una valutazione complessiva dell'attività scientifica fosse richiesta dal Consiglio Direttivo, almeno una volta ogni cinque anni, a un comitato di referenti composto da scienziati ed esperti italiani e stranieri. Nel 1996 veniva nominato il Comitato di esperti presieduto dal Prof. B. Richter, che affrontava tale compito fornendo il suo rapporto conclusivo nel 1997.

Nel 1998 un apposito comitato ministeriale presieduto dal Prof. E. Picasso effettuava una valutazione del Piano Quinquennale 1999-2003. Le conclusioni positive del rapporto portavano all'approvazione del Piano stesso con riferimento ai primi 3 anni, assicurando così un naturale passaggio alla pianificazione triennale ad aggiornamento annuale.

In seguito, la costituzione del CIVR ha comportato un'ulteriore evoluzione della valutazione complessiva dell'attività scientifica dell'Istituto.

Stabilita la cadenza annuale della valutazione, si è convenuto – in via transitoria – di affidare ad un rinnovato Comitato internazionale una valutazione delle attività svolte nel 1998. Il Comitato, presieduto dal Prof. Cabibbo, ha compiuto un primo esercizio di valutazione nell’ottobre 1999, sulla base di relazioni di settore curate dai componenti della Giunta esecutiva dell’INFN, producendo una relazione.

L’esperienza fatta e le indicazioni pervenute dal CIVR circa modalità e criteri per la costituzione e il funzionamento del Comitato interno di valutazione scientifica hanno portato all’attuale comitato di valutazione (CVI), composto da cinque esperti stranieri, un esponente del mondo produttivo e un esperto di economia, presieduto dal Prof. H.E. Montgomery.

Le nuove Linee Guida, presentate nella primavera del corrente anno, hanno completato il quadro delle procedure per la valutazione della ricerca in particolare attraverso l’introduzione di *Panel* esterni che sono previsti operare con cadenza triennale.

Sempre a partire dal 1995 l’Istituto si è dotato anche del Servizio di Controllo Interno per la valutazione della funzionalità amministrativa delle strutture. Nel 2000, in ottemperanza alle nuove norme sui sistemi di controllo nella Pubblica Amministrazione, è stato inoltre istituito il Servizio di Controllo di Gestione con il compito di monitorare la gestione amministrativa dell’Istituto.

## **1.9 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.

## 2. RAPPORTO D'ATTIVITA' 2002-2003

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

Obiettivo degli esperimenti di fisica subnucleare è il progresso nella conoscenza dei costituenti elementari della materia che ci circonda e che popola lo spazio cosmico, delle forze che essi scambiano tra loro, della storia dell'Universo nei suoi primi istanti di vita. Il Modello Standard rappresenta la sintesi delle attuali conoscenze. La sperimentazione al LEP ne ha costituito la verifica più stringente. Tra gli obiettivi prioritari attuali c'è la ricerca del bosone di Higgs, particella prevista dalla teoria. Di interesse almeno pari è la ricerca di nuove particelle, ad esempio quelle previste dalle teorie di supersimmetria, o nuovi fenomeni capaci di fornire indicazioni decisive per il superamento del Modello Standard. Per spingere

la frontiera della conoscenza verso limiti sempre più avanzati, i moderni esperimenti di fisica subnucleare impiegano infrastrutture strumentali di grandi dimensioni e complessità, basati sulle più raffinate tecnologie nel campo degli acceleratori, dei rivelatori di particelle, dell'elettronica di lettura dei segnali, dei sistemi di registrazione dei dati, delle reti informatiche e di calcolo.

I gruppi che sviluppano e costruiscono questi apparati strumentali sono composti di centinaia o migliaia di ricercatori e tecnologi, provenienti da istituti di fisica e laboratori di tutto il mondo, in uno sforzo senza precedenti di cooperazione internazionale. Di gran rilievo è il potenziale formativo di tali collaborazioni, nelle quali i giovani sono posti in contatto con le conoscenze scientifiche e tecnologiche più avanzate, in un ambiente intellettuale stimolante e attraente. In questo quadro d'attività i gruppi INFN sono inseriti con contributi d'eccellenza – e spesso rappresentati nei livelli più elevati della struttura organizzativa degli esperimenti – in tutte le fasi del lavoro, dalla fase iniziale di sviluppo delle idee e delle tecnologie tipico, passando attraverso quella di costruzione, sino a quella d'analisi dei dati.

#### INTERAZIONI ADRONICHE

Presso il laboratorio Fermi a Chicago è in funzione il Tevatron che fornisce agli esperimenti CDF e D0 fasci d'antiprotoni e protoni che collidono alle massime energie ora disponibili. Dopo una sosta durante la quale sia l'acceleratore che gli esperimenti sono stati migliorati è iniziata la seconda campagna di raccolta dati che, nel periodo 2001-08, ha l'obiettivo di fruire di una luminosità integrata più di venti volte superiore a quella finora accumulata dagli esperimenti. Tale messe di dati permetterà a CDF, attualmente guidato da un fisico dell'INFN, di proseguire la ricerca del bosone di Higgs, affinare gli studi del quark top, scoperto dallo stesso esperimento qualche anno fa, e studiare i parametri della violazione della simmetria CP. Nel corso del 2002 il funzionamento dell'acceleratore non è stato all'altezza delle previsioni, ma il perfetto funzionamento del rivelatore e l'introduzione, da parte del gruppo INFN, di un particolare meccanismo che permette l'identificazione in tempo reale d'eventi rari derivanti da produzione di quark pesanti, hanno permesso a CDF di pubblicare risultati interessanti. L'INFN è da più di 20 anni uno dei maggiori partner dell'esperimento, con circa 1/6 dei 600 partecipanti. Oltre alle rilevanti responsabilità su molte parti dell'apparato, quali il rivelatore di vertici al silicio, i ricercatori dell'INFN ricoprono anche importanti responsabilità nell'analisi.



La sfida della fisica delle particelle nei primi decenni del ventunesimo secolo è rappresentata dalla sperimentazione a LHC in preparazione al CERN di Ginevra. Le interazioni protone-protone all'energia nel centro di massa di 14.000Gev, pari a quasi 10 volte le più alte energie ora disponibili, assicureranno una messe di risultati che promettono un balzo in avanti delle nostre conoscenze.

Molti aspetti della sperimentazione a LHC rappresentano una sfida di dimensioni senza precedenti, sia come complessità e dimensioni degli apparati strumentali che come ampiezza dei gruppi di ricerca.

I gruppi degli esperimenti ATLAS e CMS nel corso del 2002 hanno proseguito nella costruzione degli apparati. ATLAS ha completato, presso l'ANSALDO di Genova, la costruzione delle bobine superconduttrici dei toroidi centrali, lunghe 25m, che saranno installati tra breve nell'apparato. Altre parti di responsabilità INFN sono in fase avanzata di costruzione o sono già completate, come nel caso del calorimetro adronico a *tiles* o quello ad argon liquido, e attendono ora di essere installate. Anche la costruzione del magnete centrale di CMS è in atto presso l'ANSALDO e si prevede la consegna del solenoide nei tempi stabiliti. Le attività di costruzione dei rivelatori di CMS sono anch'esse a regime e tra breve inizierà la fase d'installazione. I fisici dell'INFN rappresentano oltre il 10% delle due grandi collaborazioni e ricoprono importanti incarichi di responsabilità.

L'esperimento LHCb sta iniziando la fase di costruzione. Esso si basa su un dispositivo specializzato nella rivelazione d'eventi rari che esibiscano la presenza di quark b. LHCb nel 2002 ha ridefinito e ottimizzato il proprio layout e nel 2003 il gruppo INFN ha iniziato la costruzione dei rivelatori di muoni, una parte fondamentale di responsabilità italiana.

La suddetta attività di costruzione è accompagnata da un'intensa preparazione del complesso sistema di calcolo che sarà necessario per far fronte alla mole di dati che saranno forniti da LHC. Si stanno sviluppando tecnologie basate sull'idea di GRID, che permetteranno di distribuire il carico su una rete mondiale di calcolatori. Anche in questo campo i gruppi INFN, primo tra tutti quello del CNAF di Bologna, stanno collaborando ai *data challenge* che vengono organizzati per definire le strategie di calcolo.

#### SPERIMENTAZIONE AL LEP

La grande anello d'accumulazione elettrone-positrone del CERN, il LEP, ha cessato di funzionare nel 2000. E' proseguita l'analisi dei quattro esperimenti

ALEPH, DELPHI, L3 ed OPAL, considerate le interessanti informazioni di fisica che possono essere estratte dai dati in possesso delle collaborazioni. Ancora nel 2002 i risultati derivanti da analisi degli esperimenti al LEP costituivano circa il 50% delle presentazioni di nuovi risultati nelle più importanti conferenze del settore. Risultati di notevole rilievo sono stati raggiunti, spesso col determinante contributo di gruppi INFN, nel campo della misura della massa del bosone  $W$ , delle interazioni elettrodeboli e nella ricerca del bosone di Higgs. Per quest'ultima fondamentale analisi un debole segnale è stato osservato dalle collaborazioni al LEP, al limite d'energia della macchina e di rilievo statistico non definitivo. Tuttavia esso sarà 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 all'energia nel centro di massa pari alla massa del mesone  $\Phi$ . Questa macchina s'inquadra nel solco della tradizione INFN per questo genere d'acceleratori: è infatti a Frascati che nacque la prima macchina elettrone-positrone al mondo, AdA (Anello di Accumulazione), il prototipo 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 prodotto in termini di conoscenza nel campo della fisica delle particelle. A DAFNE è in funzione l'apparato KLOE che ha come obiettivo lo studio dei decadimenti rari del mesone  $\Phi$ , dei mesoni  $K$  nei quali lo stesso prevalentemente decade, della violazione della simmetria CP nei decadimenti dei  $K$  neutri. L'esperimento è il più complesso fra quanti operano in questa zona d'energia. Nel corso del 2002, grazie alle buone prestazioni della macchina, KLOE è riuscito a raddoppiare la mole dei dati a propria disposizione e dalla loro analisi emergono risultati spesso eccellenti. Le prospettive per il prossimo futuro sono ora incentrate sull'accumulo di luminosità sufficiente alla misura di violazione della simmetria CP.

Dedicato allo studio dei decadimenti rari dei mesoni  $K$  e della simmetria CP in questi sistemi è anche l'esperimento NA48 al CERN. L'esperimento, con larga partecipazione INFN sia nella progettazione che nella costruzione e analisi, ha pubblicato nel 2002 il risultato finale relativo allo studio dei mesoni  $K$  neutri, che ha portato alla determinazione della violazione diretta della simmetria CP nei decadimenti di queste particelle. Nel 2003 l'esperimento ha anche misurato alcuni

decadimenti rari dei mesoni K neutri; uno di questi – il decadimento in un pione neutro ed una coppia elettrone-positrone – è il decadimento più raro mai rivelato al CERN. La raccolta dati di NA48 è proseguita nel 2003 con fasci simultanei di mesoni K positivi e negativi ed è in corso l'analisi dei decadimenti rari di tali particelle.

Il collisore elettrone-positrone PEP2, simile ma d'energia più elevata rispetto a DAFNE, è in funzione presso i laboratori SLAC a Stanford. PEP2, funzionante all'energia nel centro di massa pari a quella della particella  $\Psi(4s)$ , è una sorgente copiosa di coppie particella-antiparticella del mesone B. Presso tale macchina è attivo l'esperimento BaBar che si prefigge lo studio dei decadimenti dei mesoni contenenti il quark b. La collaborazione BaBar, la cui componente INFN (pari a circa il 15% del totale) ha contribuito ad alcuni rivelatori fondamentali e annovera attualmente il responsabile dell'esperimento, ha presentato nel 2002 i risultati della prima campagna di raccolta dati. Dall'analisi di circa 80 milioni di coppie B-antiB neutri prodotte, l'esperimento ha permesso di osservare e misurare, per la prima volta, una violazione di simmetria CP nel decadimento di queste particelle.

Gli studi delle piccole violazioni di simmetria materia-antimateria sono di fondamentale importanza per la nostra conoscenza della storia iniziale dell'Universo. Si ritiene che processi di quel tipo siano all'origine di quella "anomalia" che, generando una prevalenza della materia sull'antimateria, ha portato all'Universo quale noi conosciamo oggi.

L'esperimento BaBar ha anche presentato nel corso del 2003 la scoperta di due nuove particelle. Questa scoperta, risultato di un'analisi dei gruppi italiani e successivamente confermata da altri esperimenti, ha sollevato un interesse notevole dei fisici teorici in quanto la natura di queste nuove particelle non è ancora chiara.

## 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 d'indagine.

Presso i laboratori DESY di Amburgo la macchina HERA accelera e porta a collisione positroni di circa 30GeV contro protoni di circa 1000GeV. Il rivelatore ZEUS studia tali interazioni fino a quadrimpulsi trasferiti così elevati da corrispondere ad indagare l'interno dei quark bersaglio con una risoluzione di circa  $10^{-18}$  cm. Al livello di tale risoluzione spaziale i quark non evidenziano alcuna struttura interna e appaiono dunque puntiformi quanto gli elettroni. Inoltre, in tali

estreme condizioni, si osserva che l'intensità delle interazioni elettromagnetiche e deboli si equivalgono, seguendo esattamente l'andamento previsto dal Modello Standard. Nel corso del 2002 è ricominciata, dopo una fase di *upgrade* della macchina e dell'esperimento, una seconda campagna di misura, mirata a decuplicare in cinque anni la mole di dati prodotta dall'esperimento, finalizzata allo studio d'eventi rari. Purtroppo un malfunzionamento dell'acceleratore, che generava un livello di radiazione spuria intollerabile, ha determinato una fermata nel corso del 2003, per ovviare all'inconveniente. La raccolta dei dati è prevista riprendere entro la fine del 2003.

Nell'esperimento COMPASS sono impiegati muoni polarizzati, nella zona nord dell'acceleratore SPS del CERN, per sondare, tramite urti su un bersaglio anch'esso polarizzato, la struttura dello spin del protone. Nel corso del 2002 l'esperimento ha condotto la sua prima campagna di misure di fisica. Nel corso della presa dati COMPASS ha registrato su *mass storage* circa 270.000Gbytes 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 ha evidenziato un segnale derivante dalla produzione di particelle contenenti quark c. I fisici INFN rivestono un ruolo fondamentale anche nell'esperimento COMPASS, nel quale sono responsabili, tra l'altro, di alcuni dei rivelatori più complessi e importanti.

Nel settore dedicato ai decadimenti rari, i ricercatori INFN hanno concluso nel 2002 la fase di R&D tesa a dimostrare la fattibilità tecnica dell'esperimento MEG e quindi, dopo l'approvazione, hanno iniziato la costruzione dell'apparato. Questo esperimento, la cui entrata in funzione è prevista per il 2006, ha come obiettivo la ricerca del decadimento del muone in elettrone e fotone. L'osservazione di questo decadimento, che violerebbe la conservazione del numero leptonico, sarebbe un'indicazione di fisica oltre il Modello Standard.

### ***Progetto speciale* NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE**

Il progetto speciale NTA raccoglie l'attività di R&D dell'Istituto dedicata allo sviluppo di collisori lineari elettrone-positrone d'altissima energia e luminosità, considerati i candidati più interessanti per il dopo LHC.

L'attività in TESLA-TTF, basata a DESY, è proseguita lungo le quattro linee nelle quali si articola la collaborazione INFN al progetto: i criomoduli nei quali sono alloggiate le cavità RF, le cavità stesse, il fotoiniettore dell'acceleratore e il sistema di *monitoring* del fascio. Sono stati montati e messi in opera due criomoduli

per TTF ed è stato realizzato il nuovo sistema di *monitoring* dei movimenti della massa fredda. Insieme a DESY sono stati sviluppati e caratterizzati attuatori piezoelettrici per la compensazione degli effetti indotti dalle forze di Lorentz nelle cavità ad alto campo. È continuata la produzione di catodi per l'iniettore e, nel contempo, sono state migliorate le tecniche di lucidatura dei catodi stessi per ridurre la corrente di buio ed è stato messo in funzione un estrattore elettrostatico per la caratterizzazione della corrente. Sono stati sviluppati e messi in opera i sistemi OTR per la caratterizzazione e il controllo del fascio d'elettroni in TTF. È stato, infine, sviluppato e messo in opera il sistema d'operazione remota di TTF.

Per quanto concerne il progetto CTF3, basato al CERN, il gruppo INFN ha contribuito alla messa a punto dell'acceleratore EPA che ha costituito la fase preliminare del progetto. I deflettori a radiofrequenza a 3GHz, progettati e realizzati dall'INFN, sono stati installati su EPA e hanno permesso la ricombinazione dei treni di impulsi con elevata efficienza. Sono stati inoltre progettati: le linee di trasferimento dal Linac al *Delay Loop* e questo stesso per la fase nominale di CTF3. Il progetto, basato sul massimo uso dei magneti esistenti nel complesso LIL-EPA, comprende lo studio della dinamica del fascio, la realizzazione del *layout* complessivo, la definizione delle caratteristiche della camera e del sistema di vuoto, il disegno del deflettore a radiofrequenza a 1.5GHz per il *Delay Loop*, il disegno del *wiggler*. Tutti gli elementi della linea di trasferimento da installare nel prossimo *shutdown* e parte di quelli del *Delay Loop*, sono stati progettati, disegnati e ordinati alle ditte costruttrici.

### ***Progetto speciale SPARC***

L'INFN sta iniziando la costruzione di un fotoiniettore ad alta brillantezza presso i Laboratori Nazionali di Frascati, nell'ambito della ricerca e sviluppo di nuove sorgenti laser (laser a elettroni liberi) a raggi X. Tale progetto, denominato SPARC (Sorgente Pulsata Autoamplificata di Radiazione Coerente), è stato approvato e finanziato parzialmente dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Il progetto è sviluppato da una collaborazione nazionale tra università ed enti di ricerca: INFN, ENEA, CNR, INFN, Università di Roma "Tor Vergata", nonché la Sincrotrone Trieste.

L'INFN è responsabile della costruzione di una sorgente avanzata di elettroni (fotoiniettore) in grado di produrre un fascio di elettroni di energia 150MeV, alta corrente di picco, 100-200A, e bassa emittanza, 1-2mm. A tale attività collaborano

ricercatori dei LNF e delle sezioni di Milano, Roma1, Roma2 e Napoli-Salerno con un impegno totale di 25 FTE.

Lo studio di principio del progetto SPARC è stato completato nel 2002 ed è in corso di stesura il rapporto tecnico con le specifiche di costruzione del sistema. Nel corso del 2003 sono stati avviati i primi test di manipolazione dell'impulso laser e sono stati realizzati i primi prototipi di dispositivi di diagnostica. Inoltre sono state avviate le gare per l'acquisizione delle parti principali del linac, il sistema laser, il cannone a radiofrequenza e le due sezioni acceleratrici con relativi sistemi di alimentazione di potenza (*klystron* e modulatori).

### ***Progetto speciale GRID***

L'INFN ha iniziato a sviluppare le tecnologie Grid e le relative infrastrutture a partire dalla seconda metà del 1999 (Progetto INFN Grid), quasi in contemporanea con la pubblicazione negli USA dell'ormai famoso libro edito da Ian Foster e Carl Kesselman "*The Grid*". La grid è una tecnologia generale che mira a soddisfare quella fondamentale esigenza delle moderne Società della Conoscenza di poter stabilire effettive collaborazioni tra gruppi di ricerca a livello d'eccellenza nel proprio campo specifico e distribuiti sul territorio nazionale. La Grid permette di 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: Calcolatori, 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* e *e-Government* nello stesso modo in cui il protocollo TCP/IP fornisce a scienza, industria, commercio e amministrazione un comune accesso a Internet.

Nel 2002-2003 INFN Grid ha continuato lo sviluppo di tutti le parti dell'infrastruttura Grid in particolare:

- lo sviluppo del *Middleware* Grid e l'integrazione internazionale con progetti finanziati dall'UE DataGrid e DataTAG, che ormai stanno giungendo alla loro conclusione avendo realizzato quell'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, la gestione delle Organizzazioni Virtuali, etc.
- 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 d'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 e Torino, si estende a tutto il mondo ed è uno dei primi esempi d'infrastruttura Grid di produzione ad essere operativa.

La Grid nazionale è oggi una realtà in fase di realizzazione grazie anche al progetto FIRB Grid.it, finanziato dal MIUR a partire dalla fine del 2002. In questo progetto l'INFN, come responsabile d'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. Per favorirne l'integrazione a livello Europeo il CERN e partners di 20 paesi Europei e 70 Istituzioni hanno presentato un nuovo progetto per il VI programma quadro EGEE (*Enabling Grid and Esience in Europe*) della Comunità Europea, che è stato approvato e finanziato con ~32MEuro. L'INFN è uno dei partners principali e coordina la partecipazione italiana che prevede anche contributi industriali. EGEE fornirà un'effettiva integrazione delle Grid nazionali all'interno dell'infrastruttura europea e promuoverà lo sviluppo delle comunità d'utenti a livello scientifico e industriale.

### ***Progetto speciale ELN***

Il progetto speciale ELN continua a possedere il primato, su scala europea se non mondiale, di essere l'unico progetto dedicato allo studio di fattibilità di una nuova macchina adronica, del tipo protosincrotrone superconduttore, di energia e luminosità ben al di là dei limiti di LHC, e allo studio delle implicazioni fisiche e tecnologiche di tale impresa. Il progetto si articola su una vasta collaborazione

internazionale. Le attività di ELN nel periodo 2002-2003 sono proseguite secondo le sue quattro linee tradizionali che sono: 1) studi teorici e fenomenologici sulla fisica a molte centinaia di TeV, partendo 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 sui magneti superconduttori di nuova generazione, con materiali ad alta e bassa temperatura critica; 4) R&D sui nuovi rivelatori (rivelatori di tracce e di vertici, calorimetri, rivelatori di muoni, rivelatori Cherenkov) capaci di operare in condizioni estreme.

Di particolare interesse sono stati i recenti workshop tematici del Progetto ELN, svolti presso il Centro di Cultura Scientifica "Ettore Majorana" di Erice: "*Physics of Hadronic Interactions with Nucleons and Nuclei at Extreme Energies*" e "*Innovative Detectors for Supercolliders*" che hanno messo a fuoco lo stato delle attività del Progetto in termini di obiettivi di fisica (in particolare, lo studio di un nuovo stato della materia sotto forma di un plasma di quark e gluoni) e tecniche sperimentali (in particolare, rivelatori RICH e camere MRPC). Un terzo workshop su "*Superconductors and Supermagnets*" si è concentrato sul tema cruciale dei magneti ad alto campo ( $> 12\text{T}$ ). Nel corso del workshop sono stati illustrati e discussi i risultati molto promettenti dei primi test di un prototipo di dipolo magnetico da 16T.

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

[http://www.pd.infn.it/Commissione1/esperimenti/esperimenti\\_CSN1.html](http://www.pd.infn.it/Commissione1/esperimenti/esperimenti_CSN1.html)

## **2.2 FISICA NUCLEARE**

Il programma sperimentale dell'INFN per la Fisica Nucleare è rivolto allo studio delle maggiori problematiche dibattute in questo momento nel campo a livello mondiale. Lo spettro degli argomenti è molto ampio: la struttura a quark dei nucleoni, la spettroscopia dei nuclei esotici, le reazioni di interesse astrofisico, la struttura dei nuclei e degli ipernuclei.

L'attività sperimentale richiede l'utilizzo di una vasta gamma di strumenti dedicati e la presenza in vari laboratori sparsi in tutto il mondo. Il programma svolto consente il mantenimento della cultura nucleare ai massimi livelli nel nostro paese, anche attraverso la formazione di più di cento studenti, annualmente coinvolti a vario titolo.

## IL PLASMA DI QUARK E GLUONI

Lo studio delle interazioni tra ioni pesanti ultrarelativistici è uno degli argomenti più importanti della moderna fisica nucleare: la produzione e la caratterizzazione del plasma di quarks e gluoni hanno evidenti aspetti fondamentali così come importanti implicazioni per la storia dell'Universo. La comunità Italiana partecipa attivamente alla sperimentazione al Cern. Recentemente è stato realizzato per l'esperimento NA60 (IPER) un sistema di rivelatori ad alta granularità per identificare e misurare i muoni direttamente sul bersaglio, migliorando la risoluzione in massa e la rivelazione dei mesoni contenenti il quark c. L'esperimento punta a raccogliere dati all'SPS del CERN nel 2003 utilizzando ioni Indio.

Il principale impegno nel campo in esame è la costruzione del rivelatore ALICE per lo studio delle interazioni di ioni al LHC: qui la partecipazione italiana è stata rafforzata dall'approvazione finale del Technical Design Report del sistema TOF di misura dei tempi di volo. Tale dispositivo, basato sulla tecnica delle camere RPC multiple sviluppate dal Gruppo di Bologna, sarà costruito in Italia: questa tecnica è caratterizzata da un'eccellente risoluzione temporale e rende possibile la costruzione di un sistema ad alta granularità (160000 canali) con un potere risolutivo temporale complessivo migliore dei 100ps necessari per identificare le particelle cariche negli eventi ad alta molteplicità.

Le altre parti del rivelatore a responsabilità italiana hanno registrato un progresso soddisfacente. Con riferimento al sistema ITS di tracciamento interno, sono entrati in funzione i centri di costruzione del rivelatore di vertice a Bari, Catania e Padova mentre la tecnica di produzione del rivelatore a deriva di silicio è stata verificata ed i gruppi sono ora pronti a sostenere la produzione intensiva che sta per iniziare. E' stata anche lanciata la produzione dei rivelatori a strisce di silicio, parte dei quali sarà fornita da un'industria Italiana. Sono stati anche completati il primo modulo del RICH "a focalizzazione di prossimità" da usare nel rivelatore HMPID per l'identificazione di particelle ad alto momento e il primo rivelatore di neutroni a zero gradi ZDC. Per quanto riguarda lo spettrometro per coppie di muoni in avanti, sono stati costruiti i prototipi della Cathode Strip Chamber e della camera di trigger RPC. Infine, nell'ambito del progetto GRID, è stato installato a Torino un centro sperimentale Tier2 che produce dati simulati con strumenti AliEn usando il codice ALIROOT sviluppato da ALICE.

Nel campo delle collisioni di ioni a energie relativistiche, lo spettrometro per coppie di elettroni HADES è stato completato ed è pronto ad acquisire dati al GSI: un gruppo italiano relativamente piccolo, ma molto attivo, ha partecipato allo sviluppo e alla costruzione dell'elettronica del tempo di volo.

#### LA STRUTTURA DEL NUCLEONE E DEGLI IPERNUCLEI

Lo studio della struttura a quark degli adroni e delle loro interazioni con sonde elettromagnetiche continua nell'ambito di un vasto programma di misure presso i laboratori internazionali di Francia, Germania e USA con una importante e qualificata partecipazione di ricercatori italiani. Tutti gli esperimenti sono in presa dati e l'interesse fisico dei risultati raggiunti è, tra l'altro, provato dall'alto numero di pubblicazioni sulle maggiori riviste scientifiche.

L'esperimento HERMES a Desy studia la struttura di spin del nucleone utilizzando un fascio di elettroni (positroni) polarizzati su bersagli di idrogeno e deuterio pure polarizzato. Gli ottimi risultati ottenuti in specifiche asimmetrie nella produzione di adroni e fotoni hanno prodotto le prime misure delle distribuzioni di Spin trasversali dei quark nel nucleone e consentiranno una misura diretta, nonostante il fondo radioattivo dominante, delle ampiezze DVCS (Deep Virtual Compton Scattering). Tali ampiezze sono rilevanti per lo studio delle nuove Distribuzioni Partoniche Generalizzate, le più generali funzioni di struttura che contengono, in principio, tutte le proprietà partoniche del nucleone. Lo stesso esperimento ha mostrato come la frammentazione degli adroni è modificata nel mezzo nucleare.

Al TJNAF, l'esperimento AIAE ha misurato accuratamente i momenti della funzione di struttura del protone  $F_2$ , mostrando, a basso  $Q^2$  e alto  $x$ , una nuova proprietà di scala compatibile con l'ipotesi di urto elastico degli elettroni su costituenti estesi (0.2 – 0.3fm) all'interno del protone. Lo stesso esperimento ha anche effettuato la prima misura completa della distribuzione angolare nella fotodisintegrazione del deutone tra 1 e 3GeV, fornendo una descrizione del processo in termini di un modello a quark ed ha studiato la fotoproduzione dei mesoni vettori. L'abbondanza e la qualità dei nuovi dati provenienti dal TJNAF è in buona parte un successo dell'apparato CLAS nel quale la collaborazione Italiana ha avuto un ruolo molto importante. La partecipazione Italiana al programma del TJNAF è completata da ELETTRON, che ha realizzato la misura della regola di somma GDH generalizzata su neutroni polarizzati. La collaborazione dell'esperimento GDHN a Mainz e Bonn ha pubblicato una misura sistematica

dell'assorbimento dei fotoni polarizzati dal protone tra 200MeV e 3GeV, confermando la validità della regola di somma GDH.

Alla nuova *facility* DAFNE dei LNF gli esperimenti con sonde adroniche sono in fase avanzata di svolgimento: FINUDA ha installato e provato con raggi cosmici il rivelatore nel solenoide, che è stato raffreddato e alimentato, e ha iniziato a prendere dati. DEAR è riuscito a ridurre con successo il rumore di fondo.

## ASTROFISICA NUCLEARE

Misure di sezioni d'urto nucleari, anche alle più basse energie tipiche dei processi stellari, sono state eseguite nell'ultimo anno da una collaborazione internazionale con una forte partecipazione italiana. LUNA al Gran Sasso ha concentrato la sua attenzione sulla reazione più lenta  $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$  del ciclo CNO e, a Bochum (Germania), ha studiato l'effetto schermante elettronico sulle sezioni d'urto a bassissima energia, trovandolo grande nei metalli e piccolo negli isolanti e nei semiconduttori, un fenomeno che ancora non ha trovato spiegazione. A causa delle incertezze sull'effetto di schermo elettronico la valutazione della sezione d'urto su un nucleo completamente ionizzato, richiesta dai calcoli d'interesse astrofisico, diventa difficile. Per ovviare a questo problema, ASFIN2 usa un metodo indiretto per misurare tali sezioni d'urto a energie veramente basse: le misure di reazioni  $^3\text{He}(d,p)\alpha$ , e  $^6\text{Li}(p,^3\text{He})^4\text{He}$  hanno già dimostrato la fattibilità del metodo.

Presso la *facility* nTOF al Cern sono in corso le misure delle sezioni d'urto neutroniche di interesse per l'astrofisica e la fisica dei reattori. L'apparato funziona bene e i risultati sulla reazione  $^{151}\text{Sm}(n,\gamma)$  dimostrano l'unicità della *facility* per le misure sui bersagli radioattivi.

Infine al Cern l'esperimento ATHENA, nel quale i ricercatori italiani hanno responsabilità nel progetto e nella realizzazione delle trappole e dei rivelatori, ha avuto successo nella produzione di un elevato numero di atomi di antidrogeno, un risultato che è stato largamente apprezzato dalla comunità scientifica internazionale e che ha avuto una vasta eco anche nella stampa.

## NUCLEI IN CONDIZIONI ESTREME

Le attività e le prospettive dei LNL e dei LNS, i due laboratori nazionali di fisica nucleare, sono state esaminate dal Comitato Internazionale di Coordinamento per la Fisica Nucleare, presieduto dal prof. Iachello (Università di Yale). A giudizio del Comitato i due laboratori possono rivestire un ruolo

importante nel contesto europeo sia nel medio periodo, che nel lungo periodo. Nel lungo periodo indicazioni specifiche sono state formulate basandosi sui progetti EXCYT e SPES, nel medio periodo è stata raccomandata la continuità delle attività con gli ioni stabili, nelle quali i laboratori italiani rivestono un ruolo di primaria importanza.

Lo studio della struttura nucleare con fasci stabili ha visto l'impiego degli spettrometri gamma EUROBALL e GASP che hanno acquisito dati al Vivitron (Strasburgo) e ai LNL: sono stati ottenuti nuovi risultati, in particolare sugli stati deformati con alto spin, sui nuclei esotici e su quelli ricchi di neutroni. GASP ha identificato due nuovi nuclei esotici lungo la linea dei nuclei speculari ( $N=Z$ ), non molto lontano dalla regione poco esplorata attorno al doppio magico  $^{100}\text{Sn}$ , e ha presentato risultati, che hanno suscitato profondo interesse, sulla possibile presenza di una nuova fase collettiva in questi nuclei dovuta alla interazione di accoppiamento neutrone protone (*pairing*). EUROBALL ha misurato il mescolamento di spin isotopico nella regione  $A \sim 60$  identificando una transizione gamma di dipolo elettrico nel nucleo speculare  $^{64}\text{Ge}$ : la conoscenza del grado di mescolamento è necessaria per valutare la transizione di Fermi super-permessa nel decadimento beta, che ha importanti conseguenze sulla matrice unitaria di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa.

Nel 2003 tutte le attività di spettroscopia nucleare sono confluite nell'esperimento GAMMA, che studierà nuclei lontani dalla stabilità, super-deformati e ricchi di neutroni, e simmetrie in spin isotopico. Questa collaborazione lavorerà nei LNL con fasci stabili, usando sia lo spettrometro GASP che un nuovo apparato ottenuto mettendo in coincidenza parte dei gruppi di rivelatori a germanio ceduti da EUROBALL, con lo spettrometro magnetico PRISMA di recente completato. Altri 15 gruppi di rivelatori di EUROBALL e 8 scintillatori al fluoruro di Bario saranno utilizzati al GSI con un fascio radioattivo ad alta energia, nell'apparato RISING. La collaborazione GAMMA ha anche aderito al progetto europeo per lo sviluppo di un sistema di nuova concezione di rivelatori segmentati HPGe (AGATA).

A energie di ioni più elevate, l'emissione di frammenti leggeri nelle collisioni nucleo-nucleo fornisce nuove informazioni sugli effetti statistici e dinamici nei meccanismi ad alta eccitazione. Un importante risultato in questo settore è stato l'entrata in funzione ai LNS nel 2002 del rivelatore CHIMERA a grande angolo e ad alta tecnologia. FORWARD ai LNS ha studiato la natura dinamica delle emissioni dalla regione di contatto (*neck*) nella interazione Ni Ni e l'emissione di fotoni ad

alta energia ( $>150\text{MeV}$ ) nella interazione  $\text{Ar}+\text{V}$  a  $44\text{MeV}$  per nucleone, evidenziando la natura collettiva del processo di produzione. FIASCO ha completato la ricerca delle emissioni statiche e dinamiche di particelle e frammenti pesanti: in particolare è stata evidenziata l'evoluzione con il parametro d'impatto e con il trasferimento di massa nella emissione di frammenti di media-velocità in collisioni semi periferiche. STREGA ai LNL ha effettuato esperimenti sulla termodinamica nucleare mostrando l'apertura di canali di multiframmentazione, collegati ad una transizione di fase tipo liquido vapore inaspettata a queste basse energie. STREGA ai LNL e FORWARD ai LNS hanno anche effettuato misure, rilevanti per la terapia adronica, sulle reazioni nucleari indotte da  $^{12}\text{C}$  e  $^{16}\text{O}$ .

La maggior parte dei gruppi interessati agli aspetti dinamici e termodinamici delle reazioni nucleari sono entrati recentemente a far parte dell'esperimento NUCL-EX, con un programma di misure che dovrà essere effettuato sia ai LNS che ai LNL.

Due progetti speciali per lo sviluppo dei fasci di ioni radioattivi (RIB) sono attualmente in corso. Il gruppo EXCYT ai LNS è riuscito ad operare ad alta potenza il ciclotrone superconduttore, ha provato con successo il bersaglio di conversione degli ioni a Ganil (Francia) e ha completato il sistema magnetico di trasporto degli ioni fino al tandem; l'inaugurazione del fascio dovrebbe avvenire nel 2004. Il gruppo SPES ai LNL ha ora completato il disegno di un acceleratore di protoni ad alta corrente da usare come fascio primario per fasci di ioni radioattivi di seconda generazione e per una sorgente di neutroni.

Una particolare attenzione è prestata dall'Istituto al trasferimento di tecniche nucleari verso progetti di interesse in altre discipline, soprattutto la Medicina, i Beni Culturali e l'Ambiente. Ai LNS, nell'ambito del progetto CATANA, circa 50 pazienti affetti da melanoma oculare sono stati trattati mediante il fascio di protoni del ciclotrone superconduttore, mentre un progetto per un ciclotrone a protoni di più alta energia per la terapia del cancro è al vaglio del Governo regionale, con la consulenza dei laboratori. Ai LNL è in corso una attività di Ricerca e Sviluppo sulla terapia oncologica BNCT, basata sulla cattura di neutroni su Boro, in collaborazione con ENEA. L'Istituto partecipa alla realizzazione del CNAO, il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica di Pavia. Presso la Sezione di Firenze sta per entrare in funzione LABEC, il Laboratorio di Tecniche nucleari dedicato ai beni culturali cui è collegata anche l'analoga attività dei LNS. Il Gruppo specializzato in misure di bassa attività presso l'Università della Bicocca – collegato alla Sezione di Milano – è



invece impegnato in misure di monitoraggio ambientale, nelle quali mette in gioco le proprie conoscenze avanzate sviluppate in particolare nella sperimentazione ai Laboratori del Gran Sasso.

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

<http://www.ct.infn.it/%7ewebcom3/esperimenti2001.html>

## **2.3 FISICA ASTROPARTICELLARE**

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

La recente scoperta delle oscillazioni dei neutrini implica che le loro masse siano diverse da zero. Questa scoperta ha dato notevole impulso a questo tipo d'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 dell'INFN, come CHORUS, NOMAD, MACRO, ora terminati ma ancora in fase d'analisi dei dati. Lo studio dei neutrini rimane una delle principali attività dell'Istituto.

Un altro campo di ricerca in forte sviluppo concerne lo studio della radiazione cosmica: origine, natura, meccanismi di produzione. Nell'ultimo decennio sono state osservate sorgenti localizzate di fotoni d'energia equivalente a mille volte la massa del protone. Questa scoperta ha intensificato lo sviluppo dell'osservazione dell'Universo attraverso la rivelazione di messaggeri di processi violenti, quali fotoni o neutrini d'altissima energia, oppure onde gravitazionali.

### **IL LABORATORIO DEL GRAN SASSO E LA FISICA DEI NEUTRINI**

Gli esperimenti sui neutrini sono concentrati principalmente nel laboratorio del Gran Sasso. L'infrastruttura sotterranea accoglie esperimenti per i quali è necessario avere una riduzione del fondo di raggi cosmici. La roccia sopra il laboratorio ne riduce il flusso di un fattore pari a circa un milione.

Recentemente alcuni esperimenti del laboratorio sono stati rallentati o fermati a causa dei problemi collegati a questioni connesse con lo smaltimento

delle acque. E' di primaria importanza che la normale attività sia ripristinata entro pochi mesi.

L'esperimento che ha più sofferto del rallentamento delle attività è BOREXINO. Esso è in attesa dei permessi necessari per riempire il rivelatore con lo scintillatore liquido. Lo scopo di BOREXINO è la rivelazione dei neutrini solari provenienti dal decadimento del Berillio. Tale esperimento può fornire informazioni molto importanti sulla natura delle oscillazioni dei neutrini essendo i neutrini del Berillio d'energia ben definita.

L'esperimento GNO ha rivelato i neutrini solari di bassissima energia completando un ciclo solare, pari a circa undici anni. GNO utilizza una versione migliorata dell'apparato GALLEX, l'esperimento che ha definitivamente confermato l'ipotesi del fenomeno delle oscillazioni dei neutrini elettronici del Sole.

Per uno studio approfondito delle oscillazioni dei neutrini muonici si sta preparando un fascio di neutrini al CERN di Ginevra, puntato nella direzione del Gran Sasso. Il fascio raggiungerà il laboratorio dopo un percorso sotterraneo di 720 chilometri, a partire dal 2006.

Gli esperimenti previsti al Gran Sasso per rivelare i neutrini provenienti dal CERN sono due: ICARUS e OPERA. Il primo modulo di ICARUS, contenente 600 tonnellate di Argon liquido, è stato recentemente completato a Pavia. L'infrastruttura necessaria per la sua installazione al Gran Sasso è in fase di studio, con particolare riguardo alla sicurezza. ICARUS600 è il primo passo verso la costruzione di un rivelatore più grande, dedicato a molti altri fondamentali temi di fisica, quali il decadimento del protone. L'altro rivelatore, OPERA, è dedicato alla ricerca dei neutrini di tipo tau che dovrebbero manifestarsi al Gran Sasso nel fascio proveniente dal CERN per il fenomeno delle oscillazioni. Tale obiettivo costituisce un passo fondamentale verso la completa comprensione del fenomeno delle oscillazioni. L'installazione dell'apparato OPERA è iniziata nella Sala C del laboratorio del Gran Sasso.

Lo studio del fenomeno delle oscillazioni permette la misura delle 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 tale attività. Ha avuto successo lo sforzo per

portare le sensibilità di questi esperimenti nella regione d'interesse per la misura delle masse dei neutrini.

#### IL LABORATORIO DEL GRAN SASSO E LA RICERCA DI FENOMENI RARI

Un altro metodo per la misura della massa del neutrino è collegato alla ricerca del decadimento beta doppio, 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. CUORICINO è il prototipo di CUORE, un rivelatore di 1000 cristalli di tellurite con massa totale di 770kg. L'obiettivo primario è la misura del decadimento beta doppio, con una sensibilità per la massa del neutrino dell'ordine del centesimo di elettronvolt.

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. Al Gran Sasso l'esperimento DAMA ha evidenziato una modulazione stagionale di segnali di bassissima energia indotti su un rivelatore costituito da 100kg di cristalli, molto puri, 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, portando la massa totale del rivelatore a 250kg. Il nuovo apparato, chiamato LIBRA è stato posto in funzione nel 2003.

L'osservatorio LVD al Gran Sasso è dedicato alla rivelazione dei bagliori di neutrini prodotti dalle esplosioni di *supernovae*. LVD ha continuato regolarmente a prendere dati. LVD è inserito nella rete mondiale di rivelatori di collassi gravitazionali.

#### LA RADIAZIONE COSMICA IN SUPERFICIE E IN MARE PROFONDO

I raggi cosmici sono stati scoperti più di un secolo fa, ma ancora molto s'ignora della loro origine e composizione, soprattutto ad altissime energie. A energie estremamente elevate sono necessari rivelatori di ampie dimensioni per registrare un numero di eventi significativo.

Un campo nuovo si è aperto lo scorso decennio con la scoperta di sorgenti localizzate di fotoni d'energia dell'ordine di mille volte la massa del protone e con la scoperta di misteriosi bagliori di fotoni, associati a fenomeni di energia estremamente elevata: i cosiddetti *gamma ray bursts*, la cui origine è ancora sconosciuta

Procede la costruzione dell'osservatorio italo-cinese ARGO a 4300m di quota in Tibet. Nel 2003 l'attività ha subito un ritardo dovuto per lo più alla SARS. ARGO occupa una superficie di 6500m<sup>2</sup> coperta con i rivelatori RPC di ideazione e costruzione italiana. ARGO si occuperà soprattutto dell'individuazione delle sorgenti di radiazione gamma e del fenomeno ancora misterioso dei *gamma ray bursts*.

L'INFN è anche impegnato nella costruzione di MAGIC alle Canarie, un potente telescopio basato sulla rivelazione di luce Cerenkov, per il quale ha sviluppato e ha fornito le parti del grande specchio da 17m di diametro e ha sviluppato il sistema di *trigger*. Questo telescopio, inaugurato nel mese di Ottobre, è in grado di misurare sciame cosmici a partire da 30GeV.

I grandi sciame prodotti da raggi cosmici d'altissima energia ( $>10^{19}$  eV) saranno misurati dall'apparato AUGER, in costruzione attualmente in Argentina da parte di una grande collaborazione internazionale. L'INFN partecipa alla costruzione dei rivelatori Cerenkov e dei rivelatori di fluorescenza.

Nello studio della radiazione cosmica d'alta energia i neutrini hanno un ruolo particolare: sono molto meno assorbiti, nell'attraversare il cosmo, dei raggi gamma e derivano principalmente da fenomeni adronici. Per essere rivelati richiedono la costruzione d'apparati di grandi dimensioni. Nell'emisfero nord, il progetto di ricerca e sviluppo NEMO è volto alla costruzione di un rivelatore Cerenkov da 1 chilometro cubo, alla profondità di 3500m nel mare al largo della costa sud-orientale della Sicilia. Il progetto è nella fase di sviluppo dei prototipi. L'INFN ha realizzato una stazione di misura al largo di Catania. Sono state fatte 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 di dimensioni equivalenti a circa il 10% dell'apparato sottomarino definitivo, al largo di Tolone in Francia. ANTARES rappresenta una tappa intermedia verso la realizzazione del rivelatore finale per il quale sarà fonte d'importanti informazioni. La collaborazione ha recentemente immerso in acqua a

grande profondità i primi fotomoltiplicatori e ha iniziato a raccogliere dati di prova, inviandoli a una stazione a terra attraverso un cavo a fibre ottiche.

## LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Lo studio dei raggi cosmici primari è condotto anche nello spazio, in assenza dell'ostacolo costituito dall'atmosfera terrestre, mediante palloni o satelliti. Questi esperimenti sono condotti in collaborazione con le agenzie spaziali, in particolare con l'ASI.

Su un satellite russo volerà nel 2004 l'apparato PAMELA. Il lancio ha subito ritardi intervenuti per la 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. Gli stessi temi scientifici saranno affrontati, con modalità complementari, da AMS, uno spettrometro magnetico caratterizzato da grande apertura angolare. AMS sarà installato sulla stazione spaziale internazionale. La realizzazione di AMS, nella quale sono fortemente impegnati gruppi italiani per la costruzione del tracciatore al silicio, del calorimetro elettromagnetico e del sistema di misura del tempo di volo delle particelle, è continuata regolarmente nel 2003.

L'INFN partecipa a due esperimenti su satelliti dedicati all'astronomia gamma: AGILE, iniziativa sostanzialmente italiana, e GLAST, a carattere internazionale e di sensibilità nettamente superiore. In entrambi i casi, sono largamente impiegate le tecnologie sviluppate entro l'INFN nel campo dei rivelatori al silicio. AGILE sarà lanciato nel 2005, dunque prima di GLAST, e sarà dotato anche di un rivelatore di raggi X.

Dal 2003 l'INFN partecipa a CREAM, un esperimento su pallone con voli di durata dell'ordine del mese, per la misura della composizione dei raggi cosmici nella regione d'energia attorno a  $10^{15}$  eV.

Gruppi INFN sono interessati alla partecipazione ad EUSO, un altro esperimento per la stazione spaziale, in fase di ricerca e sviluppo, per la rivelazione dei raggi cosmici d'altissima energia mediante la rivelazione 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 di possibili segnali, avendo tre barre risonanti (AURIGA, EXPLORER e NAUTILUS) e l'interferometro italo-francese VIRGO a Cascina, inaugurato nel mese di luglio 2003 alla presenza dei Ministri della ricerca italiano e francese.

Le barre, di cui due ultracriogeniche, mirano ad operare in coincidenza tra loro e con le altre barre esistenti per ridurre la frequenza di segnali spuri. In questo momento EXPLORER e NAUTILUS hanno sensibilità e stabilità mai raggiunte prima e sono in grado di garantire una presa dati continua, non ancora alla portata degli interferometri. La continuità dell'osservazione è necessaria per poter registrare fenomeni molto rari come l'esplosione di *supernovae* galattiche. Nel 2003 EXPLORER e NAUTILUS hanno operato regolarmente, mentre sono ancora in atto le modifiche di AURIGA per migliorarne la sensibilità.

VIRGO 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 su raggi di luce laser. L'apparato è dotato 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 d'onde gravitazionali su una banda di frequenza che spazia da qualche Hertz a migliaia di Hertz.

Il raggiungimento della sensibilità di progetto richiederà al gruppo VIRGO un attento lavoro di messa a punto dell'apparato. È in atto un programma di ricerca e sviluppo per migliorare le future prestazioni dello strumento.

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

L'INFN partecipa infine agli studi per la costruzione di LISA, un rivelatore interferometrico installato su tre satelliti in orbita eliocentrica nello spazio.

L'attività attuale, in collaborazione con ASI, ESA e NASA è rivolta al lancio di un satellite dimostratore delle tecnologie usate in LISA.

#### RICERCHE IN FISICA GENERALE FONDAMENTALE

Alcune attività sono relative ad esperimenti di fisica generale fondamentale. L'esperimento MAGIA si propone di effettuare una misura precisa della costante di gravitazione studiando la caduta di singoli atomi attraverso il loro comportamento ondulatorio. La misura si basa sulle tecniche di raffreddamento atomico recentemente sviluppate. E' stata realizzata la fontana atomica necessaria per l'esperimento.

L'esperimento GGG si propone una misura precisa dell'equivalenza della massa inerziale e di quella gravitazionale.

Altri esperimenti, come PVLAS e MIR, sono rivolti allo studio delle perturbazioni del vuoto quantistico.

#### COORDINAMENTO EUROPEO

L'istituzione di EGO si colloca nella linea di sviluppo di un coordinamento Europeo della ricerca per il quale la costituzione di APPEC, organismo di coordinamento per la fisica astroparticellare, rappresenta un esempio significativo.

L'INFN è uno degli enti fondatori di APPEC. Quest'ultimo ha coordinato la proposta ILIAS (*Integrated Large Infrastructure for Astroparticle Science*) per il sesto programma quadro europeo. In tale proposta sono rappresentate molte delle attività descritte in questo capitolo. Il finanziamento totale sarà di circa 7.5 milioni di Euro di cui il 28% per le attività dell'INFN.

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

<http://www.infn.it/comm2/schede/index.htm>

## 2.4 FISICA TEORICA

La fisica teorica italiana ha un'eccellente tradizione, riconosciuta a livello internazionale e diffusa in tutte le Sezioni, Laboratori e Gruppi collegati.

L'alto livello della ricerca si riscontra anche nella formazione dei giovani ricercatori attraverso tutti i livelli universitari. La solida preparazione si riscontra nel fatto che la maggior parte dei giovani teorici continuano le loro ricerche presso

Università e Laboratori stranieri ove sono molto apprezzati. Nell'anno corrente i fisici teorici italiani sono stati premiati dal programma "Rientro dei cervelli" che ha accolto diverse loro richieste. Un modo indiretto per valutare la solidità della formazione dei giovani teorici si ha notando che, in vari casi, essi rapidamente apprendono le conoscenze in settori non strettamente legati alla fisica teorica e qui danno contributi veramente significativi (architetture per il calcolo, biofisica computazionale etc., vedi <http://fisica.mib.infn.it/it/passepartout/>).

I fisici teorici contribuiscono con varie responsabilità alla gestione delle strutture di ricerca (sia teorica che sperimentale) nell'INFN, nei Laboratori internazionali, e nelle Università. L'integrazione con la ricerca nelle Università si svolge nel modo più efficiente.

La produzione delle ricerche di fisica teorica consiste principalmente nella pubblicazione di articoli. I dati bibliometrici del 2003 sono i seguenti. La produzione globale nel corso del 2003 consiste in 520 articoli su riviste internazionali (con referee) che corrispondono a un "Impact Parameter" (IP) totale di circa 1400. Sottraendo il contributo degli autori estranei all'INFN si ha un numero pesato di lavori di circa 420 e un IP di 1050. Questo corrisponde a un IP per autore INFN di circa 2.7. Il numero di lavori in collaborazione internazionale è di circa 220 con un IP corrispondente di circa 610.

La ricerca teorica viene coordinata in iniziative specifiche che operano in cinque settori (campi e corde, fenomenologia delle interazioni fondamentali, nuclei e materia nucleare, metodi matematici e fisica astroparticellare) e un progetto speciale (progetto APEnext). Le ricerche nei vari settori spesso si sovrappongono. In seguito agli sviluppi della ricerca a livello internazionale le varie iniziative sono in rapida evoluzione. Segue il rapporto delle attività specifiche.

## TEORIA DEI CAMPI E CORDE

Questo è il settore di ricerca più forte e attrae il maggior numero di giovani ricercatori specialmente nella teoria delle corde.

La teoria delle corde, la cui origine è stato il "modello duale" formulato da Gabriele Veneziano, costituisce il tentativo di superare i limiti concettuali della teoria relativistica dei campi quantizzati. Essa unifica la fisica quantistica e relativistica includendo la relatività generale. La sua struttura matematica è estremamente vincolata e quindi potenzialmente molto predittiva. Nel 2003 vi sono stati numerosi contributi, i più significativi sono stati su: 1) Dualità AdS/CFT e



connessione col confinamento del colore; 2) Compattificazioni e Supergravità; 3) Dimensioni extra ispirati dalla teorie delle corde; 4) Deformazione non commutative delle teorie di campo; 5) Teorie di campo e teorie efficaci su D-brane.

La teoria delle corde permette di inquadrare alcuni problemi fondamentali per la fisica delle particelle. Un esempio è il confinamento del colore in QCD attraverso la dualità in teorie di corda e campi. Essa ha recentemente ispirato teorie in extra dimensioni per superare varie difficoltà del Modello Standard tra cui lo spettro naturale delle scale di massa e di unificazione. I più significativi sviluppi in questa direzione si sono avuti nel 2003 nello studio di generalizzazioni della rottura di simmetrie su orbifoldi.

Dato che la teoria delle corde include la gravità quantistica, essa ha permesso in vari lavori di studiare problemi cosmologici, quali i buchi neri e l'universo primordiale. I più significativi sviluppi in questa direzione si sono avuti nel 2003 su scenari di mondi su brane.

La teoria dei campi quantizzati è il linguaggio "universale" della fisica per tutti i problemi a infiniti gradi di libertà. La complessità di questa teoria e la vastità delle applicazioni fa sì che i lavori pubblicati in questo settore sono ricchi di nuovi sviluppi. Significativi sono i lavori fatti nello studio non perturbativo della QCD su reticolo. I principali studi fatti nel 2003 sono: 1) Aspetti dello stato di vuoto e confinamento del colore. 2) Deconfinamento ad alta temperatura. Questo problema è connesso con esperimenti a LHC (ALICE) e RHIC che affrontano aspetti della fisica nucleare. 3) Studio delle proprietà non perturbative delle teorie di gauge supersimmetriche. 4) Densità finita (problema connesso con materia stellare ultradensa), struttura delle fasi, campi fermionici su reticolo e chiralità.

Gli studi della teoria dei campi quantizzati dal punto di vista non perturbativo sono stati possibili grazie alla disponibilità in varie sezioni di macchine APEmille per una potenza totale di quasi 1.5Tflops.

Tale disponibilità di calcolo ha permesso ai teorici di ottenere anche risultati in settori non connessi alla fisica delle particelle quali sistemi disordinati (importanti lavori nel 2003 sono stati su vetri di spin, ferromagneti casuali) e sistemi a bassa dimensionalità e biofisica computazionale.

Uno studio bibliometrico in questo settore (vedi argomenti sopra citati) ha evidenziato nel corso dell'anno 35 articoli di grande impatto (IP=206) con un totale di 473 citazioni. I ricercatori attivi in questo settore sono circa 220.

## FENOMENOLOGIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

Questo è un settore tradizionalmente forte che produce una stabile quantità di ricerca a alto livello internazionale. La base teorica fondamentale in questo settore è il Modello Standard che (a parte la gravità) unifica tutte le interazioni fondamentali. Il modello è estremamente vincolato da: le variabili fisiche di materia (quark, leptoni e mesoni di Higgs) e la simmetria  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$  con la sua rottura spontanea. In questo settore si possono individuare sostanzialmente due linee di sviluppo. Lo studio delle proprietà e predizioni fisiche del modello e le ricerche per la sua estensione e il suo superamento.

Nella ricerca per superare i punti di debolezza del Modello Standard si può riscontare una crescita negli sviluppi che sono ispirati ai risultati in teorie di corda. Nel corso del 2003 i risultati di maggior rilievo sono stati nei seguenti argomenti: 1) relazione tra osservabili fisiche e le masse dei neutrini; 2) rottura della simmetria elettrodebole in teorie supersimmetriche con dimensioni "extra" (addizionali) compatte. Limiti sulle dimensioni extra e produzione di nuove particelle; 3) gravità sulla scala del TeV; modello DGP e interazioni forti; modelli con brane e rottura della supersimmetria mediata dalla gravità; 4) limiti sulla massa di mesoni di Higgs in teorie supersimmetriche; limiti di supersimmetria in misure di precisione.

La seconda direzione su cui si concentra la ricerca è lo studio delle proprietà delle distribuzioni fisiche attraverso calcoli nel Modello Standard e sue estensioni. Lo strumento principale è la teoria delle perturbazioni. Per le quantità in cui la QCD interviene sono necessarie anche risommazioni parziali delle serie perturbative e calcoli non-perturbativi su reticolo. Questi ultimi riguardano calcoli per grandezze a lunga distanza quali i parametri fondamentali del Modello Standard. Nel corso del 2003 i risultati di maggior rilievo sono stati nei seguenti argomenti: 1) calcoli di alcune grandezze e parametri del Modello Standard su reticolo tra cui decadimenti dei mesoni K e B, masse dei quark pesanti, costante di accoppiamento di QCD. Possibilità di calcolo della matrice CKM; 2) calcoli esatti (analitici e numerici) a ordini elevati in QCD (molti jet, correzioni radioattive con quark pesanti, frammentazione e fotoproduzione di quark pesanti al Tevatrone e LHC); 3) risommazione di gluoni soffici nello stato finale e iniziale (frammentazione di quark leggeri e pesanti, produzione di Higgs, forma dei jet, distribuzioni dure in soglia, urti a alta energia); 4) programmi di Monte Carlo per urti duri basati su QCD e la teoria EW (estensioni oltre il Modello Standard, miglioramento di accuratezza includendo ordini elevati).

Uno studio bibliometrico in questo settore (vedi argomenti sopra citati) ha evidenziato nel corso dell'anno 19 articoli di grande impatto (IP=118) con un totale di 362 citazioni. I ricercatori attivi in questo settore sono quasi 140.

## NUCLEI E MATERIA NUCLEARE

In questo settore è continuato con successo la tradizionale linea di ricerca nello studio della struttura e delle reazioni nucleari. Vi è un ulteriore sviluppo della sua componente verso la fisica degli urti di ioni relativistici e la ricerca del plasma di gluoni e quark, uno sviluppo raccomandato dal CVI negli scorsi anni.

Il lavoro fatto nel 2003 nel campo del plasma di quark e gluoni è diventato visibile a livello internazionale. Esso è coordinato principalmente da una nuova Iniziativa Specifica formata dopo l'attività del gruppo di lavoro GISELDA. I risultati più importanti ottenuti nel 2003 riguardano: 1) studio del diagramma di fase in temperatura e potenziale-chimico; contributo di isospin alla dinamica; 2) deconfinamento dei quark, effetti osservabili a LHC (ALICE), comportamento statistico anomalo; simulazioni di collisioni di ioni relativistici.

Nel campo più tradizionale della struttura nucleare il punto centrale è costituito dallo studio di sistemi nucleari lontani dalla stabilità. I risultati più importanti ottenuti nel 2003 riguardano: 1) analisi di nuclei esotici con eccesso sia di neutroni sia di protoni; 2) eccitazione di risonanze giganti in collisioni a energie sia relativistiche sia intermedie; interazione di pairing; modelli a shell; 3) eccitazioni collettive in sistemi a molti fermioni; applicazione di metodi algebrici.

Nel tradizionale campo di ricerca sulle reazioni nucleari i risultati più importanti ottenuti nel 2003 riguardano: 1) dinamica della transizione liquido-vapore tenendo conto anche di effetti dello spin isotopico; 2) equazioni cinetiche relativistiche nelle regioni sia di stabilità sia di instabilità e uso di metodi di risposta lineare a partire da Lagrangiane efficaci; 3) equazioni del trasporto per collisioni relativistiche includendo quark.

La ricerca in questo settore svolge un ruolo importante nello studio delle stelle di neutroni. I lavori più significativi nel 2003 riguardano lo studio delle crosta superfluida.

I metodi della fisica nucleare trovano spesso applicazioni anche a sistemi diversi dalla fisica nucleare (agglomerati metallici, fullereni, piegamento di proteine). Nel 2003 vari gruppi hanno contribuito in questi campi.

Uno studio bibliometrico in questo settore ha evidenziato nel corso dell'anno 17 articoli di grande impatto (IP=69) con un totale di 170 citazioni. I ricercatori attivi in questo settore sono circa 85.

#### METODI MATEMATICI DELLA FISICA

Le ricerche in questo settore si intersecano con quelle nel settore campi e corde e anche con quello delle onde gravitazionali. Metodi della fisica teorica si applicano a una grande varietà di sistemi. Spesso questi studi riguardano strutture astratte ma esse forniscono la base per eventuali sviluppi successivi. Di particolare rilievo nel 2003 sono i seguenti lavori: 1) nuovi esempi di varietà non-commutative con caratteristiche globali non banali (algebra degli istantoni e deformazioni isospettrali). Questo tipo di geometria è diventata di interesse per via del ruolo che essa ha nella teoria delle corde; 2) generalizzazione del principio di minima dissipazione a stati di non equilibrio e interpretazione in termini di teoria di controllo ottimale. Fluttuazioni in stati stazionari di non equilibrio che entrano in processi irreversibili; 3) Onde gravitazionali, strutture non locali in relatività generale e buchi neri.

Uno studio bibliometrico in questo settore (vedi argomenti sopra citati) ha evidenziato nel corso dell'anno 10 articoli di grande impatto (IP=37) con un totale di 56 citazioni. I ricercatori attivi in questo settore sono circa 75.

#### FISICA ASTRO-PARTICELLARE E ONDE GRAVITAZIONALI

La ricerca in questo settore riguarda lo studio sulle astro-particelle, sulla cosmologia e sulle origini astrofisiche e cosmologiche delle onde gravitazionali. Queste ricerche hanno avuto un forte impulso, non solo per le raccomandazioni del CVI, ma anche per una successione di misure molto importanti di osservabili astrofisiche e cosmologiche e per uno sviluppo delle teorie delle corde in questa direzione. Risultati da segnalare nel 2003 sono stati su: 1) analisi dei dati sui neutrini solari nel contesto delle oscillazioni di neutrini con due sapori attivi; 2) oscillazioni di neutrini con sapori attivi nell'universo primordiale in presenza di asimmetrie leptoniche; 3) limiti sui parametri cosmologici in cosmologie piatte con energia oscura (o quintessenza) tracciante usando i dati esistenti sul fondo di radiazione cosmica a microonde; 4) scenario con perturbazioni adiabatiche e di isocurvatura prodotte durante l'inflazione che mostrano caratteristiche non gaussiane a causa delle loro correlazioni; 5) abbondanza di neutralini leggeri fossili e sezione d'urto neutralino-nucleone in un Modello Standard supersimmetrico minimale.

Nel 2003 sono stati pubblicati importanti rassegne su: 1) The pre-big bang scenario in string cosmology; 2) Neutrinos in cosmology; 3) Absolute values of neutrino masses: status and prospects.

Uno studio bibliometrico in questo settore (vedi argomenti sopra citati) ha evidenziato nel corso dell'anno 9 articoli di grande impatto (IP=44) con un totale di 198 citazioni. I ricercatori attivi in questo settore sono circa 70.

### *Progetto speciale APEnext*

Il progetto degli elaboratori APE (nei successivi stadi APE, APE100, APEmille fino all'attuale APEnext) 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 di nuovi processori, fin dal 1984 con la prima delle famiglie di computer APE, i fisici teorici italiani mantengono una posizione scientifica di grande rilievo internazionale nel settore delle ricerche in teorie di gauge su reticolo. I gruppi teorici che si dedicano allo studio della Teoria dei Campi con simulazioni al computer APEmille fanno parte delle Iniziative Specifiche RM22, RM12, TV11, PI12 e MI11.

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 0.6TFlops.

Il Progetto Speciale APE ha concluso la fase di costruzione del prototipo, macchine APEnext saranno tra breve disponibili per le applicazioni scientifiche. Il progetto si è sviluppato in modo che ogni gruppo potrà ottenere i migliori risultati da APEnext senza alcun periodo di aggiustamento dei programmi. Questo è dovuto alle seguenti due ragioni: i) 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; ii) vari gruppi teorici hanno contribuito direttamente al progetto con studi di efficienze e simulazioni di modelli architetturali.

E' continuata l'attività di sviluppo di interconnessioni veloci per PC commerciali. In particolare, è in fase di verifica la versione 3.0 della scheda che, adottando il nuovo protocollo di trasmissione PCIX, estende l'architettura tridimensionale delle connessioni di APEnext a clusters basati sull'uso di componenti di calcolo commerciali.

*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**

Lo studio delle interazioni fondamentali si spinge alla frontiera della conoscenza con esperimenti alle macchine acceleratrici, in siti sotterranei o nello spazio verso nuove frontiere di energia e precisione con difficili e sofisticati esperimenti. La realizzazione di questi esperimenti richiede, in un contesto di accesa competizione internazionale, nuovi e sempre più avanzati strumenti come strutture acceleranti, sensori, elettroniche e mezzi di calcolo. Queste frontiere sperimentali richiedono soluzioni tecnologiche nuove e uniche che vengono in seguito condivise in applicazioni interdisciplinari, in campo medico ad esempio ed in progetti di sviluppo verso applicazioni industriali ed il mercato. In questo contesto si sviluppano le attività di ricerca tecnologica ed interdisciplinare dell'INFN.

Attività queste che promuovono la formazione e l'autonomia dei giovani ricercatori. A contatto diretto con le tecnologie più avanzate e le loro applicazioni, proiettati in un campo di competizione internazionale essi trovano lo spazio formativo ideale.

I risultati conseguiti di recente in alcune delle linee di sviluppo sono stati evidenziati nel corso di workshops tematici che hanno messo in evidenza lo stato dell'arte e gli obiettivi prossimi in linee di sviluppo come gli acceleratori, le applicazioni di dosimetria e di imaging mammografico.

### **RIVELATORI, ELETTRONICA**

Il lavoro di R&S dedicato ai rivelatori ha concentrato il proprio interesse su nuovi progetti, in via di definizione, il Linear Collider, fasci di neutrini, esperimenti di ricerca di materia oscura, misure di onde gravitazionali. Questi progetti danno nuovi impulsi alle tecnologie dei rivelatori. Il lavoro è indirizzato a migliorare le caratteristiche degli strumenti (risoluzione di energia, tempo e posizione) e anche all'ottimizzazione dei costi per l'uso su larga scala delle tecnologie avanzate.

Nell'ambito dei rivelatori al silicio sensibili alla posizione, l'esperimento EPICS ha raggiunto due notevoli obiettivi: una alta resistenza alla radiazione (per raggi  $\gamma$  da una sorgente di  $\text{Co}^{60}$  a dosi che variavano tra 10 e 60Mrad) ed una ottima

risoluzione energetica (400eV per raggi X). Si tratta della migliore risoluzione energetica riportata in letteratura per rivelatori di questo tipo. Questo risultato è stato raggiunto, costruendo dei diodi Schottky su strati epitassiali di 4H-SiC cresciuti su substrati 4H-SiC, usando diversi metalli, strutture e processi. I risultati di questa attività hanno attratto l'attenzione dei radioterapisti per sviluppi di dosimetri di riferimento. Precise misure della sensibilità per raggi  $\gamma$  in funzione della dose nel range usato in radioterapia, in collaborazione con ricercatori del Reparto Radiologico dell'Ospedale Careggi di Firenze.

Nella microelettronica intelligente l'esperimento TOTEM ha ricevuto il primo premio per il miglior disegno di microelettronica in Italia. La complessità degli esperimenti di fisica delle alte energie può richiedere l'esistenza di sistemi capaci di fare una prima selezione ed elaborazione dei dati nella stessa parte dell'apparato che li ha acquisiti (sistemi di intelligenza distribuita). La collaborazione TOTEM ha sviluppato un chip neurale programmabile capace di elaborare in loco dati provenienti da un rivelatore. A seguito di questa realizzazione è sorto un interesse industriale e all'interno di TOTEM ed in sinergia con l'industria, è stato sviluppato un sistema che, integrando sensore di visione ed elettronica neurale, può essere applicato anche nell'industria dell'automobile. Il dispositivo esposto allo SMAU di Milano ha riscosso un notevole interesse.

## ACCELERATORI

L'attività in questo campo si è sviluppata con studi sulle cavità acceleranti per acceleratori compatti, su nuovi materiali superconduttori, su ottiche e dinamiche dei fasci e su i nuovi componenti legati alle future sorgenti di luce di tipo FEL.

E' stato verificato il corretto funzionamento del prototipo di LIBO presso il CERN di Ginevra e i LNS di Catania, misurando l'incremento di energia del fascio iniettato in LIBO. L'esperimento LIBO aveva come obiettivo la realizzazione di un prototipo di post-acceleratore lineare compatto che, posto in cascata a ciclotroni od altri acceleratori, porti l'energia degli adroni ai valori necessari per una terapia oncologica profonda (circa 200MeV per protoni).

E' stato costruito e provato il prototipo del fotoiniettore dell'esperimento COMBAT integrando un compressore a radio-frequenza per la generazione di pacchetti di elettroni ultracorti, circa 300 millesimi di millimetro che corrisponde ad una durata temporale (rms) inferiore al pico-secondo, ed ad alta brillantezza, cioè con un raggio medio di circa 50 millesimi di millimetro. Nell'ambito dello studio su

i nuovi componenti legati alle future sorgenti di luce di tipo FEL, l'obiettivo della collaborazione COMBAT era il progetto di un fotoiniettore per la produzione di fasci di elettroni ad alta brillantezza assieme a nuovi studi sull'accelerazione del plasma e sull'interazione fascio-plasma / fascio-radiazione.

#### ATTIVITÀ INTERDISCIPLINARI

Esiste una vasta gamma di attività interdisciplinari, di successo, finanziate dall'Ente, in diretto contatto con gli utilizzatori finali, nel campo medico per diagnostica e terapie mediche, della conservazione e restauro dei beni culturali ed in diverse altre attività che coinvolgono progetti di tipo applicativo.

L'esperimento GPCALMA ha installato, nell'anno 2003, tre stazioni di analisi automatica (Computer Aided Detection) di mammografie in tre diversi ospedali italiani. Queste stazioni permettono, usando connettività di tipo GRID, di effettuare analisi umane e/o automatiche di mammogrammi di screening e tele-diagnosi. La collaborazione GPCALMA ha trasferito, nell'ambito della tele-diagnosi applicata alla rivelazione precoce del tumore al seno, le tecniche di GRID, sviluppate dall'INFN per l'analisi dati dei grandi esperimenti ad LHC. I componenti di GPCALMA hanno dato l'avvio ad una collaborazione europea (MAMMOGRID) che ha come obiettivo l'applicazione delle tecniche di GRID alla epidemiologia del cancro del seno ed all'interno della quale si applicano i metodi e i risultati di GPCALMA. I risultati ottenuti rappresentano una dimostrazione del percorso virtuoso della ricerca interdisciplinare nell'INFN che prende l'avvio da temi di fisica nucleare per trasportarli, in stretta collaborazione con i medici utilizzatori, ad una effettiva applicazione.

L'esperimento SCRIBA ha applicato nel campo dei Beni Culturali le tecniche di IBA (Ion Beam Analysis) ed in particolare la PIXE (Particle-Induced X ray Emission). Queste tecniche hanno permesso di misurare la composizione chimica e strutturale di reperti artistici e/o archeologici. In collaborazione con l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze, il Museo Nazionale del Bargello di Firenze, le Sovrintendenze delle Antichità di Catania e Genova e con il Laboratoire de Recherche de Musées de France del Louvre sono state analizzate varie opere d'arte come ad esempio le ceramiche vetrificate dei Della Robbia. Da questa esperienza sono nati il progetto e la realizzazione, presso la Sezione INFN di Firenze, del Laboratorio di Tecniche Nucleari Applicate ai Beni Culturali.

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

[http://csn5.roma2.infn.it/web\\_grv/index.php](http://csn5.roma2.infn.it/web_grv/index.php)



### 3. PIANO D'ATTIVITA' 2004-2006

Le iniziative di ricerca dell'Istituto sono proposte da dipendenti e associati, che si costituiscono in gruppi, operano in collaborazioni nazionali o internazionali, individuano al proprio interno i rispettivi portavoce. Le proposte d'attività sono presentate al vaglio della Commissione Scientifica Nazionale (CSN) competente. Dopo la valutazione delle proposte sotto il profilo scientifico, programmatico e finanziario, con l'ausilio di *referee*, italiani o stranieri, la CSN ne propone l'approvazione agli Organi Direttivi. La Commissione provvede periodicamente alla valutazione dell'andamento delle iniziative in corso.

I temi in cui è tradizionalmente divisa l'attività di ricerca dell'INFN – a ognuno dei quali corrisponde una commissione – sono:

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

Iniziative di ricerca che comportano la costruzione di grandi apparati o che sono di particolare valore strategico possono essere organizzate in Progetti Speciali. In tal caso gruppi di esperti svolgono il ruolo delle CSN. Una di queste segue lo svolgimento delle attività.

L'attività di ricerca richiede l'impiego di strutture informatiche d'avanguardia mirate sia al calcolo scientifico, sia alla rapida trasmissione e messa in rete di dati e informazioni. Queste attività sono proposte e in seguito verificate in fase d'attuazione dalla Commissione Calcolo che, come le CSN, è consultiva degli organi direttivi.

Nel 1999 è stata costituita la Commissione nazionale per la formazione esterna e il trasferimento tecnologico, che conduce la propria attività in modo formalmente analogo a quello delle Commissioni su citate.

I paragrafi 3.1-3.6 espongono le attività di ricerca proposte per il prossimo triennio. Per ciascuna linea di ricerca è indicato il sito Web dove sono accessibili

informazioni dettagliate su ogni esperimento della stessa. Una tabella mostra la ripartizione dei ricercatori e dei finanziamenti per il 2004 nei settori di ricerca d'ogni linea. I profili di spesa triennali sono mostrati nella tabella riassuntiva nel paragrafo dedicato alle risorse finanziarie.

Il paragrafo 3.7 descrive le dotazioni e le attività di base dei Laboratori, delle Sezioni, dei relativi Gruppi Collegati, del Consorzio EGO e del CNAF; vengono anche presentati i profili di spesa richiesti per il loro funzionamento.

E' poi presentata, nel paragrafo 3.8, la programmazione triennale del fabbisogno di risorse umane con le relative spese, incluse quelle per la formazione, i contratti di lavoro a termine e la copertura del programma di borse di studio.

Nel paragrafo 3.9 è discusso l'impatto socio-economico e interdisciplinare delle attività scientifiche e tecnologiche dell'Istituto. Vengono anche illustrate le attività specificamente dedicate alla formazione esterna e al trasferimento di conoscenza.

Infine il paragrafo 3.10 è dedicato alle risorse finanziarie. Dal 2002 il meccanismo del fondo unico è operativo anche per il finanziamento dell'INFN. Il Piano d'attività qui proposto fa riferimento a un quadro finanziario che è la naturale evoluzione di quello che è venuto a svilupparsi a partire dal 1997, anno in cui fu introdotta la limitazione annuale del fabbisogno finanziario. Nei quasi 6 anni trascorsi, dall'inizio del 1997 a metà del 2003, l'Istituto ha dimostrato di saper controllare la nuova situazione che prevede la gestione dei bilanci di competenza e cassa, con il secondo rigidamente limitato su base annuale.

### **3.1 FISICA SUBNUCLEARE**

In vista dell'avvio della sperimentazione al collisore LHC nel 2007, il prossimo triennio vedrà lo sforzo decisivo da parte dei gruppi dell'INFN dedicato alla costruzione e installazione dei propri contributi strumentali agli esperimenti ATLAS, CMS e LHCb. Nello stesso periodo gli esperimenti BABAR, CDF, COMPASS, KLOE e ZEUS, proseguiranno l'attività aumentando sensibilmente la produzione di dati. L'esperimento EPSI concluderà la fase di raccolta dati nel 2004, mentre l'analisi sarà completata nel corso dei successivi due anni. La costruzione dell'apparato sperimentale MEG, dedicato allo studio della violazione del numero leptonico, avverrà negli anni 2004-2006. Nella seconda parte del 2006 è prevista la prima campagna di misura.

Dal 2007 partirà la sperimentazione a LHC, che si presenta come la più grande avventura scientifica e tecnologica mai intrapresa sinora nel campo della fisica subnucleare. La sua prima fase è prevista durare una decina d'anni.

È in discussione la possibilità di costruire una Super *B-Factory*. Una situazione analoga è prevedibile per la  $\Phi$ -factory di Frascati. In questo caso sarebbe verosimile la fine della fase di misura dell'esperimento KLOE verso il 2005-2006, dopo aver raggiunto gli obiettivi scientifici previsti. È anche in discussione un possibile *up-grade* dell'acceleratore – e di conseguenza dell'esperimento – la cui attuazione si situerebbe dopo il 2006.

Il panorama futuro della fisica subnucleare è oggetto di discussioni, cui l'INFN partecipa attivamente, 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 e Asian Committee for Future Accelerators*). Recentemente tale attività è stata anche discussa in seno all'OCSE da un gruppo di lavoro creato *ad hoc*. Nel corso di tali discussioni e di vari studi dedicati, la comunità scientifica internazionale ha riconosciuto che, stabilita la priorità dell'entrata in funzione di LHC, i successivi obiettivi siano l'innalzamento della luminosità fornita dallo stesso LHC e la costruzione di un collisore lineare elettrone-positrone con un'energia iniziale di almeno 400GeV. L'approvazione di quest'ultima iniziativa dovrebbe avvenire in tempi tali da permettere alla relativa sperimentazione di avere un periodo di sovrapposizione con LHC, con l'obiettivo di sfruttare in pieno la complementarità delle macchine. La comunità scientifica internazionale ha manifestato unanime consenso nel dare alta priorità alla continuazione del programma di R&D di tecniche d'accelerazione per le macchine appena citate e per altre che si profilano all'orizzonte (CLIC al CERN, un collisore di muoni ad alta energia, fasci di neutrini ad alta intensità).

L'INFN è impegnato in ricerche su nuove tecniche d'accelerazione e di rivelazione di particelle, le quali sono coerentemente inserite nel quadro internazionale su delineato di futuri progetti nel campo della fisica subnucleare.

In particolare l'Istituto è impegnato nello sviluppo di nuove tecniche d'accelerazione lineare d'elettroni, in vista della futura costruzione di un collisore lineare elettrone-positrone, come su accennato. Le linee di sviluppo tecnologico sono due, riferibili ai progetti TESLA e CLIC, rispettivamente basati a DESY e al CERN. Essi puntano a energie d'impiego molto diverse: sotto il migliaio di gigaelettronvolt il primo progetto, alcune migliaia il secondo. La scelta della tecnologia

è in pratica strettamente collegata alla posizione temporale della nuova iniziativa mondiale, nel senso che una decisione non tempestiva favorirebbe il progetto CLIC, a tecnologia meno matura ma a energia più elevata e dunque di più vasta portata scientifica.

#### INTERAZIONI ADRONICHE

Nel triennio in esame è previsto che il Tevatron al Fermilab fornisca agli esperimenti una luminosità annua crescente, approssimativamente pari a 300, 400 e 500 picobarn inversi rispettivamente nel 2004, 2005 e 2006. La collaborazione CDF ha l'obiettivo di accumulare su nastro gli eventi generati dagli urti antiprotone-protone e di avanzare di pari passo con l'analisi dei dati stessi. La suddetta luminosità permetterà 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 del potenziamento dell'apparato, previsto per la successiva fase di misura.

Le attività collegate ai grandi apparati sperimentali di LHC, il *Large Hadron Collider* del CERN, raggiungeranno la massima intensità negli anni 2004-06, puntando all'inizio della presa dati verso la metà del 2007. Le collaborazioni ATLAS, CMS e LHCb prevedono quindi di continuare, presso le varie sezioni INFN coinvolte, le costruzioni dei rivelatori di responsabilità italiana. Allo stesso tempo i rivelatori andranno trasportati al CERN, provati e integrati nei rispettivi apparati sperimentali. Su un altro fronte, i ricercatori INFN parteciperanno allo sforzo di definire, sfruttando le tecnologie GRID, la complessa rete di calcolatori che sarà necessaria a partire dal 2007 per distribuire, immagazzinare e analizzare l'enorme messe di dati fornita da LHC.

#### ESPERIMENTI AL LEP

Nel corso del 2004, le analisi dei dati dei quattro esperimenti a LEP saranno portate a termine e i risultati saranno pubblicati. In particolare sarà portata a termine la determinazione della massa del bosone W tramite l'analisi combinata dei quattro esperimenti e la determinazione finale dei limiti posti sulla massa del bosone di Higgs. L'intera massa dei dati degli esperimenti al LEP, opportunamente condensata, sarà poi archiviata, in modo da essere accessibile per eventuali future ricerche.

## VIOLAZIONE DI CP E DECADIMENTI RARI

Obiettivo dell'esperimento KLOE è quello di raccogliere nel periodo 2004-2005 una massa di dati corrispondente alla luminosità integrata di circa 2 femtobarn inversi fornita dalla macchina DAFNE di Frascati, al fine di procedere a una prima determinazione dei parametri di violazione della simmetria CP nel decadimento dei mesoni K neutri.

L'esperimento NA48 porterà a compimento la presa dati nel 2004, qualora il prolungamento sia approvato al CERN. Obiettivi primari di questa fase saranno la determinazione della violazione diretta della simmetria CP nei decadimenti dei mesoni K carichi e la misura di decadimenti rari degli stessi mesoni. Successivamente la collaborazione analizzerà tutto il campione di dati raccolto con l'obiettivo di concludere lo studio entro il 2006.

Il grado d'efficienza dell'esperimento BABAR dovrà essere mantenuto dalla collaborazione a un livello tale da poter sfruttare pienamente la luminosità che PEP2 è previsto fornire, rispettivamente pari a 60, 120 e 150 femtobarn inversi per gli anni 2004, 2005 e 2006. E' anche previsto che i nuovi rivelatori inseriti nel giogo di ferro a grande angolo siano installati entro il 2005. Tra le responsabilità dei fisici INFN ci sarà la ricostruzione geometrica di tutti gli eventi raccolti dall'esperimento, che saranno poi distribuiti dalle *farm* di calcolo INFN a tutti i collaboratori, sia in Europa che negli USA. I ricercatori INFN saranno anche impegnati nell'analisi dei dati raccolti.

L'esperimento MEG sarà costruito negli anni 2004 e 2005, per essere pronto per un primo periodo di prova dell'apparato a partire dal 2006.

## DIFFUSIONE PROFONDAMENTE ANELASTICA

E' previsto che nei prossimi due anni l'esperimento ZEUS possa contare su una luminosità integrata di circa 200 picobarn inversi l'anno. Sarà compito della collaborazione far sì che il rivelatore permetta il pieno sfruttamento di questa luminosità. E' previsto che l'analisi dei dati raccolti sia eseguita entro l'anno successivo, così da poter pubblicare la maggior parte dei risultati. Questa campagna di misure ha fra gli obiettivi principali la misura delle sezioni d'urto delle interazioni da correnti cariche e neutre, usando come sonde sia elettroni che positroni. E' anche prevista la misura delle funzioni di distribuzione dei partoni all'interno del protone bersaglio, nonché lo studio delle interazioni elettrodeboli usando fasci polarizzati.

Obiettivo dell'esperimento COMPASS nel 2004 sarà quello di prendere dati impiegando il fascio di muoni del CERN, con un'efficienza complessiva superiore al 70%. I dati saranno analizzati entro il 2005, puntando a una prima determinazione del contributo dei gluoni allo spin del protone. Durante la fermata degli acceleratori del CERN, prevista per il 2005, la collaborazione COMPASS potrà installare i rivelatori necessari per la seconda fase di misure dell'esperimento, a partire dal 2006.

### ***Progetto Speciale*** NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE

È prevista la partecipazione all'installazione e al messa in funzione dell'acceleratore lineare da 1GeV TTF2, la *TESLA Test Facility* di DESY, al cui funzionamento il gruppo INFN contribuirà anche per mezzo delle stazioni di operazione remota realizzate in Italia. Il gruppo contribuirà alle misure delle caratteristiche del fascio e all'ulteriore sviluppo della diagnostica. Per i fotocatodi dell'iniettore sono in programma sviluppi per migliorarne le prestazioni in termini d'uniformità, durata e corrente di buio. Saranno riesaminati criticamente i dettagli tecnici del criomodulo e delle sue parti attive, per adeguarli all'eventuale produzione di massa e incrementarne l'affidabilità. Proseguirà lo sviluppo dei sistemi d'accordo e stabilizzazione delle cavità a radiofrequenza basati su attuatori piezoelettrici o magnetostrittivi.

Per CTF3, la *CLIC Test Facility* del CERN, sarà sviluppata 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 relative linee di trasferimento. Il complesso sarà suddiviso in porzioni successive, per ognuna delle quali si prevede un periodo di installazione in genere concentrato nei periodi di *shutdown* invernale del CERN, seguito da un periodo di messa a punto e *commissioning*. Nel 2004, dopo l'installazione dello *stretcher*, si continuerà il *commissioning* del Linac, di cui la prima parte è già stata messa in funzione con successo nell'estate del 2003, sfruttando per lo studio della dinamica dei fasci l'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 e 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.

Infine, nell'ambito del progetto speciale NTA, sono allo studio due nuove attività, la prima mirata alla realizzazione di un sistema di riduzione dell'alone dei fasci di LHC per mezzo del *channeling* attraverso cristalli di silicio, la seconda allo sviluppo di sistemi innovativi d'accelerazione di particelle, mediante plasma.

### ***Progetto Speciale SPARC***

Nel corso del 2004 sarà portato a termine il progetto esecutivo del Linac completo degli impianti ausiliari. Si procederà allo sviluppo e all'acquisizione dei componenti necessari al completamento del fotoiniettore: la camera da vuoto, i dispositivi per la diagnostica e il sistema di controllo. Nella seconda metà del 2004 si avvierà l'installazione e test del cannone a radiofrequenza e del sistema laser utilizzato per la generazione di pacchetti d'elettroni corti al fotocatodo.

Nel 2005 saranno installati il sistema di potenza a radiofrequenza, le sezioni acceleratrici, i solenoidi di focalizzazione, i componenti di diagnostica del fascio per le misure di corrente, lunghezza del pacchetto, emittanza del fascio. I test di potenza saranno effettuati entro la metà dell'anno. Seguiranno le prime misure di caratterizzazione del fascio all'uscita del cannone a radiofrequenza a 7MeV, mediante un dispositivo dedicato. Nella seconda metà del 2005 sarà completata l'installazione del sistema di controllo, e sarà effettuato il collaudo dell'intero sistema, misurando le proprietà del fascio all'energia di 150MeV utilizzando, tra l'altro, un deflettore a RF di nuova concezione.

Nel 2005 si completerà anche lo sviluppo della linea di *bypass*, parallela all'ondulatore, ed il sistema di solenoidi focalizzanti sulle successive due sezioni acceleranti, che consentirà di comprimere il pacchetto mediante la tensione di radiofrequenza, raggiungendo correnti di picco di 200-300A, senza rilevante degrado dell'emittanza.

### ***Progetto Speciale ELN***

Nel triennio 2004-2006, il Progetto ELN dovrà trovare nuovo slancio, dato l'approssimarsi dell'inizio dell'entrata in funzione di LHC. E' importante che l'Istituto, nell'ambito di una collaborazione internazionale su scala mondiale, si preoccupi del futuro della fisica subnucleare mediante collisori adronici nell'era post-LHC, a prescindere dalle eventuali scoperte che LHC ci riserva.

In tale prospettiva, dovranno essere potenziati gli studi di fattibilità sul collisore adronico e sarà necessaria la costruzione di nuovi prototipi di dipoli

magnetici di grandi dimensioni (in particolare, longitudinali) e di alta intensità di campo (tramite l'utilizzo di materiali superconduttori innovativi per la realizzazione delle bobine), nonché di prototipi di cavità a radiofrequenza. Saranno necessari studi dettagliati sulle potenzialità fisiche del collider, con ampie simulazioni Monte Carlo tramite GRID. Per quanto riguarda i rivelatori di particelle, anche in questo caso saranno di cruciale importanza, da un lato, la costruzione di prototipi in grado di costituire punti di riferimento per ulteriori ricerche e sviluppi tecnologici, dall'altro, la verifica della loro possibile realizzazione su larga scala.

Settore	a	b	c	d	e	Totale
Ricercatori	58.0%	1.0%	28.0%	7.0%	6.0%	845 FTE
Finanziamento iniziale 2004	71.0%	0.5%	21.0%	6.5%	1.0%	33 MEuro

- a) Interazioni adroniche (CDFII, ATLAS, CMS, LHCb, TOTEM)
- b) Esperimenti al LEP (ALEPH, DELPHI, L3, OPAL)
- c) Violazione di CP e decadimenti rari (BaBaR, HERA-B, P-BTeV, KLOE, EPSI, FOCUS, KOPIO, MEG)
- d) Diffusione profondamente anelastica (COMPASS, ZEUS)
- e) Progetti Speciali (SPARC, NTA, ELN)

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

[http://www.pd.infn.it/Commissione1/esperimenti/esperimenti\\_CSN1.html](http://www.pd.infn.it/Commissione1/esperimenti/esperimenti_CSN1.html)

### 3.2 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. Nel 2005 sarà completata l'installazione di ALICE al Cern e nel 2007, con l'inizio della sperimentazione a LHC, partirà l'importante programma internazionale per lo studio del plasma di quarks e gluoni, un passo fondamentale per la comprensione del primo Universo. Ai LNF (DAFNE) lo sviluppo e il completamento del programma sulla spettroscopia degli ipernuclei, mediante il detector FINUDA installato nel 2003, porteranno il Laboratorio a un elevato livello di competitività internazionale sullo studio della materia nucleare strana. Nel medio termine, la disponibilità del nuovo iniettore PIAVE e il potenziamento dello spettrometro PRISMA renderanno i laboratori di Legnaro il punto di riferimento per la fisica degli ioni stabili in Europa. Ai LNS il prossimo *commissioning* nel 2004 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 e LNS.

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 iniziata la costruzione di un nuovo acceleratore di protoni ad alta intensità, per produrre un fascio di ioni radioattivi per la spettroscopia dei nuclei esotici e una sorgente di neutroni per sviluppi applicativi.

Va infine ricordato il crescente impegno dell'Istituto nella costruzione di infrastrutture di interesse medico basate sull'utilizzo di fasci adronici per la cura dei tumori, dopo il successo del progetto CATANA ai LNS. In tale ambito spicca la partecipazione dell'INFN alla costruzione del CNAO, il Centro nazionale di adroterapia oncologica di Pavia.

## IL PLASMA DI QUARK 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 nel prossimo triennio 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

triennio 2004-2006 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.

Il sistema di tracciamento interno (ITS), a responsabilità italiana, sarà composto di sei cilindri concentrici di rivelatori al silicio ad alta risoluzione spaziale. La produzione delle varie parti del sistema continuerà ininterrotta fino alla prima metà del 2005, quando saranno completamente assemblati.

Il complesso dei calorimetri in avanti (ZDC), per la misura della centralità dell'urto, completamente costruito in Italia, sarà costituito da due calorimetri per neutroni e due per protoni, accoppiati a due calorimetri elettromagnetici. I calorimetri per neutroni sono già stati ultimati, mentre entro il 2004 sarà pronto il primo calorimetro per protoni ed entro il 2005 la restante parte.

Il primo modulo del rivelatore a effetto *Cerenkov* per l'identificazione di particelle ad alto momento (HMPID) sarà pronto entro il 2004. Il rivelatore sarà completo entro il 2005.

Lo spettrometro in avanti, per la rivelazione di coppie di muoni, vede un'ampia partecipazione italiana per quanto riguarda le camere di tracciamento e di *trigger*. La costruzione delle stazioni dello spettrometro, iniziata nel 2003, proseguirà fino al 2005, mentre l'installazione nella zona sperimentale e i primi test di funzionamento sono previsti nel 2006.

L'innovativo apparato di misura di precisione del tempo di volo (TOF) basato sull'uso di rivelatori RPC a molti stadi e dedicato all'identificazione delle particelle prodotte nell'interazione, è stato interamente ideato e sviluppato in Italia. La costruzione del primo settore sarà completata nel 2005.

Il complesso sistema di calcolo che sarà impiegato per la simulazione e la raccolta dei dati, sarà sviluppato nel prossimo triennio. Nel 2004 e nel 2005 saranno effettuate analisi di dati simulati mediante strumenti GRID coinvolgendo centri di diverso livello. Negli stessi anni inizierà la costruzione della struttura finale di calcolo, che sarà completata nel 2006.

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 polarizzati, 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. L'esperimento ha già ottenuto rilevanti risultati e 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.

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 rivelare possibili risonanze composte da più di 3 quark (barioni pentaquark). Entro il 2005 sarà estesa, su iniziativa e sotto responsabilità di gruppi italiani, la copertura angolare di CLAS in avanti, per la misura nel 2006 della regola di somma GDH, un test importante delle teorie perturbative chirali.

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.

A Mainz nel 2004 entrerà in funzione il nuovo acceleratore che produrrà fotoni fino a 1,5GeV, consentendo lo studio delle risonanze barioniche in un intervallo poco conosciuto, per un'attenta verifica dei modelli a quark dei nucleoni.

La produzione d'ipernuclei mediante la sostituzione di un nucleone in un nucleo con una particella "strana" (dotata di quark s) è fonte d'informazioni importanti, sia sulla struttura dei nuclei sia sulle proprietà della materia "strana". Lo studio di precisione della spettroscopia degli ipernuclei sarà eseguito ai laboratori nazionali di Frascati dove il rivelatore FINUDA, entrato in funzione nel 2003, prenderà dati fino al 2006, 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 studiare la spettroscopia dell'idrogeno *kaonico*. L'assemblaggio del sistema finale a DAFNE e l'inizio delle misure è previsto per il 2006.

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 2010, aprirà certamente nuove interessanti prospettive ai ricercatori italiani alla frontiera della fisica adronica e degli ipernuclei.

E' in avanzata fase di discussione l'incremento d'energia del fascio d'elettroni al TJNAF in USA, che potrà offrire nuove interessanti 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 triennio 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 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.

Nuove prospettive in questo settore saranno aperte presso i LNS con l'entrata in funzione, a partire dal 2005, del fascio avanzato 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  ${}^8\text{Li}(\alpha,n){}^{11}\text{B}$ . Opportunamente potenziata per l'accelerazione di ioni più pesanti, sul più lungo termine EXCYT potrà rappresentare 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.

## 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 su fasci di ioni stabili nei Laboratori di Legnaro e del Sud e su fasci di ioni radioattivi prodotti ai Laboratori GSI (Germania) e Ganil (Francia).

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 attraverso lo studio della dipendenza del rapporto tra il numero di protoni e neutroni emessi nelle reazioni indotte da ioni. Per questo programma i LNS potranno usufruire di una strumentazione avanzata, unica in Europa, ideata e sviluppata per questo tipo di tematiche: CHIMERA, uno spettrometro a grande copertura angolare, di altissima qualità, in grado di selezionare i frammenti di reazione in massa, energia e geometria, è infatti entrato in funzione nel 2003 e consentirà per tutto il triennio un interessante programma di misure sia presso i LNS che presso laboratori stranieri.

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 inizieranno nel 2004 e resteranno operative per l'intero triennio presso i LNS e i LNL.

L'entrata in funzione nei LNS del nuovo fascio EXCYT di ioni radioattivi (prevista nel 2005), unitamente a quella dello spettrometro magnetico a grande angolo solido MAGNEX (a partire dalla fine del 2004), apriranno nuove interessanti prospettive per l'estensione sia degli studi sulla materia nucleare sia delle misure spettroscopiche in alcuni nuclei 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 a energie più basse anche presso il LNL,

mediante lo sviluppo di nuove tecniche di spettrometria gamma ad alta risoluzione, il potenziamento dei fasci esistenti di ioni stabili e il progetto di una nuova infrastruttura per ioni radioattivi.

In particolare l'estensione dello spettro in massa degli ioni accelerati con l'entrata in funzione (spostata al 2004 a causa di un incendio nella fase di smontaggio) della sorgente PIAVE a nuova tecnologia, e l'integrazione dello spettrometro magnetico PRISMA con rivelatori di raggi gamma al germanio, ceduti dalla collaborazione europea EUROBALL, potranno rendere Legnaro nei prossimi anni il Laboratorio di riferimento per la fisica degli ioni stabili in Europa. Un gran numero di ricercatori italiani ed europei confluiranno già nel 2004 nell'esperimento GAMMA che utilizzerà congiuntamente le strumentazioni scientifiche dei LNL e del GSI di Darmstadt per lo studio della struttura e della simmetria in nuclei ricchi di neutroni (LNL/PRISMA), le proprietà di stati collettivi nucleari (GSI/RISING) e quelle dei nuclei deformati triassiali (LNL/GASP). Un ulteriore contributo allo studio dei nuclei radioattivi sarà dato da EXOTIC, un fascio di prima generazione di ioni  $^{17}\text{F}$ ,  $^7\text{Be}$  e  $^8\text{B}$  a LNL, che prevede l'entrata in funzione entro il 2004 e la sperimentazione nel biennio 2005-2006.

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 a ioni 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 sottoinsieme (circa il 10%) di un futuro rivelatore europeo per la spettroscopia e il tracciamento dei raggi  $\gamma$ , con efficienza e potere risolutivo mai raggiunti in precedenza.

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 – parteciperà 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.

### *Progetto Speciale EXCYT*

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

La facility EXCYT è già nella sua fase finale di realizzazione e si sta attualmente completando l'installazione del separatore di massa isobarico ad elevato potere risolutivo. Stanno inoltre procedendo le attività di upgrading del ciclotrone superconduttore come driver primario con l'obiettivo di raggiungere il limite di 500 watt per fasci di ioni leggeri (C, N, O, Ne, S) con una energia fra 50 e 70 AMeV. Attualmente la macchina è capace di produrre fasci di questo tipo con una potenza massima di 50W. Il sistema bersaglio-sorgente è stato completato ed i primi test sono stati effettuati con successo presso i laboratori di GANIL in Francia. Utilizzando come fascio primario 400W di  $^{13}\text{C}$  a 70 AMeV sono stati prodotti  $10^6$ pps di  $^8\text{Li}$  e circa un ordine di grandezza meno di  $^9\text{Li}$ . Alla luce di questi incoraggianti risultati e considerate le prime richieste dei gruppi sperimentali si è deciso che il  $^8\text{Li}$  ed il  $^9\text{Li}$  saranno i primi fasci radioattivi che verranno prodotti. I piani di sviluppo prevedono nel 2004 il commissioning finale della facility e nell'anno successivo l'avvio della sperimentazione con particolare riguardo ai programmi di astrofisica nucleare ed allo studio dei meccanismi di reazione e delle struttura nucleare che potranno trovare grande impulso anche dalla disponibilità dello spettrometro magnetico ad elevato potere risolutivo MAGNEX il cui commissioning è previsto nel 2004. Nel 2005 alla luce dei risultati e delle intensità massime di fascio primario disponibili verrà completato lo studio e si passerà alla eventuale definizione delle caratteristiche di un nuovo acceleratore primario al fine di garantire intensità di fasci esotici di circa  $10^8$ pps particolarmente utili sia per gli esperimenti con MAGNEX che per l'evoluzione delle ricerche nel campo della astrofisica nucleare ed in quello dei meccanismi di reazione. La disponibilità di una nuova macchina come acceleratore di fascio primario con potenze di fascio di circa 10kW potrebbe permettere di migliorare le prestazioni in termini di intensità massima di fasci esotici e di aprire nuovi scenari di ricerca nel campo della fisica nucleare con fasci radioattivi. Si potrebbe anche trarre grande vantaggio dall'impiego dei grandi multirivelatori già funzionanti e disponibili ai LNS quali MEDEA-Multics e Chimera permettendo entro la fine del 2010 l'avvio di nuovi programmi di ricerca in fisica nucleare.

### *Progetto Speciale SPES*

Il progetto SPES, come descritto nel TDR pubblicato lo scorso anno, 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.



Tenendo conto delle risorse disponibili nei prossimi anni per lo sviluppo nel campo dei fasci radioattivi, e traendo vantaggio dall'integrazione in corso fra i programmi scientifici dei principali laboratori europei di fisica nucleare, è stata lanciata la realizzazione in cinque anni di una facility più limitata, denominata SPES Fase Iniziale, in grado di essere un primo significativo passo nella direzione di SPES e dell'alta intensità, ed al tempo stesso in grado di servire una comunità di utenti per quanto riguarda la fisica interdisciplinare e le applicazioni mediche.

SPES fase iniziale comprende:

1. La realizzazione di un iniettore di 5MeV ad alta intensità di protoni, basato sulla struttura RFQ sviluppata nell'ambito del programma TRASCO.
2. Lo sviluppo e la realizzazione della facility necessaria per la generazione, a partire da un fascio di protoni di 5MeV, del flusso di neutroni termici richiesto per la sperimentazione interdisciplinare e per i test legati alla BNCT (Boron Neutron Capture Therapy).
3. Lo sviluppo e la realizzazione di un linac superconduttore per protoni, con un'energia finale di 20MeV ed una intensità massima di 10mA.
4. La prosecuzione dell'attività di ricerca a sviluppo per i bersagli di produzione di fasci radioattivi.

I principali obiettivi per i prossimi tre anni sono:

2004: Produzione del Rapporto Tecnico Dettagliato, e della progettazione dell'edificio. Presentazione della documentazione relativa alla procedura di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio.

2005: Installazione, presso i LNL, della sorgente ad alta intensità TRIPS, e della linea LEBT (Low Energy Beam Transport), e test delle caratteristiche di corrente ed emittanza nei vari regimi di funzionamento ad alta e moderata intensità (30, 10 e 5mA). Test del prototipo di convertitore in Be tramite fascio di elettroni di alta potenza. Aggiudicazione gara per l'edificio.

2006: Conclusione della costruzione dell'RFQ, assemblaggio dei sei moduli, regolazione di frequenza ed omogeneità di campo. Completamento del test criogenico dei prototipi delle cavità superconduttive.

Nella parte rimanente del progetto (sino al 2008) verrà completato l'edificio, e verranno poste in opera e collaudate gradualmente le varie parti dell'acceleratore, delle linee di trasporto, del moderatore, dei servizi necessari.

magnetici di grandi dimensioni (in particolare, longitudinali) e di alta intensità di campo (tramite l'utilizzo di materiali superconduttori innovativi per la realizzazione delle bobine), nonché di prototipi di cavità a radiofrequenza. Saranno necessari studi dettagliati sulle potenzialità fisiche del collider, con ampie simulazioni Monte Carlo tramite GRID. Per quanto riguarda i rivelatori di particelle, anche in questo caso saranno di cruciale importanza, da un lato, la costruzione di prototipi in grado di costituire punti di riferimento per ulteriori ricerche e sviluppi tecnologici, dall'altro, la verifica della loro possibile realizzazione su larga scala.

Settore	a	b	c	d	e	Totale
Ricercatori	58.0%	1.0%	28.0%	7.0%	6.0%	845 FTE
Finanziamento iniziale 2004	71.0%	0.5%	21.0%	6.5%	1.0%	33 MEuro

- a) Interazioni adroniche (CDFII, ATLAS, CMS, LHCb, TOTEM)
- b) Esperimenti al LEP (ALEPH, DELPHI, L3, OPAL)
- c) Violazione di CP e decadimenti rari (BaBaR, HERA-B, P-BTeV, KLOE, EPSI, FOCUS, KOPIO, MEG)
- d) Diffusione profondamente anelastica (COMPASS, ZEUS)
- e) Progetti Speciali (SPARC, NTA, ELN)

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

[http://www.pd.infn.it/Commissione1/esperimenti/esperimenti\\_CSN1.html](http://www.pd.infn.it/Commissione1/esperimenti/esperimenti_CSN1.html)

### 3.2 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.

## LA FISICA DEI NEUTRINI NEI LABORATORI DEL GRAN SASSO

Gli esperimenti sulla natura dei neutrini sono concentrati principalmente nel laboratorio del Gran Sasso. 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. Si punta ad ottenere che la normale attività possa riprendere nel 2004. I programmi d'attività riportati nel seguito sono previsti nello scenario di ripristino della normalità.

Lo studio dei neutrini solari e atmosferici ha portato alla scoperta che queste particelle sono dotate di massa, aprendo un vasto campo d'indagine che è ora affrontato anche con fasci di neutrini prodotti agli acceleratori. In questo quadro il programma CNGS, l'invio di un fascio di neutrini dal CERN di Ginevra al laboratorio del Gran Sasso, per rivelare la presenza di neutrini di tipo tau formati durante il percorso per il fenomeno delle oscillazioni dei neutrini, è tra i più impegnativi a livello mondiale.

Gli esperimenti previsti al Gran Sasso per rivelare i neutrini del fascio proveniente dal CERN sono: ICARUS e OPERA.

ICARUS è un grande rivelatore di particelle ad Argon liquido. Il primo modulo da 600 tonnellate di Argon è stato approntato a Pavia e potrebbe essere trasportato al Gran Sasso. Lo studio delle infrastrutture necessarie per il suo funzionamento nel laboratorio sotterraneo, con particolare riferimento alla sicurezza, è in fase di completamento. La direzione del laboratorio sta valutando gli interventi necessari per l'installazione. Il modulo da 600 tonnellate, una volta installato, inizierà a prendere dati sui neutrini atmosferici e sul decadimento del protone. Questo rivelatore è il primo passo verso la costruzione di un grande rivelatore atto ad investigare molti problemi di fisica.

OPERA, è basato principalmente sulla tecnica delle emulsioni nucleari. OPERA non ha subito rallentamenti a causa della situazione del Gran Sasso. Nel 2004 continuerà l'installazione del rivelatore, il cui completamento è previsto per il 2006. Un punto molto importante del programma 2004 è la messa a punto della tecnica per la preparazione degli oltre 200.000 pacchetti di fogli alternati di emulsione e piombo.

Per lo studio dei neutrini solari, due esperimenti sono nell'attesa di riprendere le attività: GNO e BOREXINO.

L'esperimento GNO ha rivelato i neutrini solari di bassissima energia completando un ciclo solare (11 anni) d'osservazione. E' in fase di discussione la proposta di proseguimento dell'esperimento.

BOREXINO è l'esperimento che ha sofferto e sta soffrendo 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 costruzione dell'apparato durante il 2004 e iniziare la presa dati nel 2005.

#### STUDIO DI FENOMENI RARI NEI LABORATORI DEL GRAN SASSO

Con lo studio delle oscillazioni di neutrino si misurano solo le differenze del quadrato delle masse tra i diversi tipi di neutrino. La misura del valore della massa si deve fare con altri metodi sperimentali. In Italia, ad esempio, è stata sviluppata una nuova tecnica promettente basata su calorimetri a bassissima temperatura per la misura dei decadimenti beta del Renio-187. I due esperimenti in corso, MANU2 a Genova e MIBETA a Milano, si propongono una misura significativa al riguardo.

Un metodo molto importante per la misura della massa del neutrino è collegato alla ricerca del decadimento beta doppio, permesso se il neutrino e l'antineutrino coincidono. Nel laboratorio del Gran Sasso è entrato in funzione CUORICINO, un rivelatore criogenico costituito da 72 cristalli di tellurite, con massa totale 40Kg. L'obiettivo principale dell'esperimento è la misura del decadimento beta doppio senza neutrini del tellurio, ma l'apparato si presta anche ad altre misure di fisica, in particolare allo studio della materia oscura. Nel 2004 CUORICINO continuerà a prendere dati. Questi dati sono 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.

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 2004 il nuovo apparato, chiamato LIBRA continuerà a prendere dati

per verificare il segnale di DAMA. Altri esperimenti per la ricerca della materia oscura sono in una fase di ricerca e sviluppo.

L'esperimento LVD, presente nel laboratorio del Gran Sasso sin dalle origini, è dedicato alla ricerca di fiotti di neutrini prodotti dai collassi gravitazionali. L'osservatorio LVD è in funzionamento continuo ed è inserito nella rete mondiale di rivelatori dedicati a questi fenomeni. Come nel caso della supernova osservata nel 1987, ci si attendono importanti informazioni sulla natura dei processi in gioco e sulle proprietà dei neutrini in particolare.

## LA RADIAZIONE COSMICA NELLO SPAZIO

Lo studio a terra dei raggi cosmici primari è ostacolato dall'atmosfera terrestre. Pertanto gli esperimenti, soprattutto alle basse energie, sono condotti anche nello spazio, con palloni o satelliti, in collaborazione con le agenzie spaziali, in particolare con l'ASI.

Su un satellite russo volerà nel 2004 ed inizierà a prendere dati PAMELA. PAMELA è un grosso spettrometro magnetico ad alta risoluzione che permetterà di individuare il tipo di particella che lo attraversa, determinandone anche la carica e l'energia. L'INFN ricopre un ruolo guida in PAMELA, che vede la partecipazione di gruppi europei e statunitensi. PAMELA 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 da una grande accettazione angolare, previsto essere installato sulla stazione spaziale internazionale nel 2007. Rispetto alla data iniziale c'è un ritardo dovuto al noto incidente della navetta spaziale Columbia della NASA. La costruzione di AMS, nella quale sono fortemente coinvolti gruppi italiani per la costruzione del tracciatore al silicio, del calorimetro elettromagnetico e del sistema di misura del tempo di volo delle particelle, prosegue regolarmente. La costruzione delle singole parti dell'apparato è prevista terminare nel 2004. Esse saranno provate su fascio e la loro integrazione in un unico apparato è prevista nel 2005. Tutto l'apparato sarà sottoposto a prove di termovuoto ed a misure con fasci di particelle, per essere infine trasportato alla base di lancio ed essere installato sullo shuttle.

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 impiegano le tecnologie sviluppate entro l'INFN nel campo dei rivelatori al silicio. I due esperimenti sono resi complementari dal fatto che AGILE è previsto essere lanciato prima di GLAST. Inoltre AGILE dispone anche di un rivelatore di raggi X. La costruzione di AGILE occuperà tutto il 2004. Il lancio è previsto per il 2005. L'assemblaggio delle torri di silicio di GLAST, di responsabilità totalmente INFN, inizierà nel 2004, il lancio di GLAST è previsto per il 2007.

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

Nel 2004 continuerà la fase di studio e sviluppo prototipi di EUSO, un altro esperimento sulla stazione spaziale per la rivelazione dei raggi cosmici di altissima energia usando la luce di fluorescenza emessa nel passaggio attraverso l'atmosfera.

#### LA RADIAZIONE COSMICA IN SUPERFICIE E IN MARE PROFONDO

Eventi rari e/o d'altissima energia, vengono studiati a terra con apparati molti estesi.

Nel 2004 continuerà la costruzione dell'osservatorio ARGO realizzato in collaborazione con la Cina a 4300 metri di quota nel Tibet. ARGO avrà  $6500\text{m}^2$  coperti con i rivelatori RPC di costruzione italiana. ARGO si occuperà soprattutto dell'individuazione delle sorgenti di radiazione gamma e del fenomeno ancora misterioso dei *gamma ray bursts*. Il completamento dell'apparato è previsto per il 2006.

Nel campo dell'astronomia con fotoni d'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 parti del grande specchio da 17 metri di diametro ed ha realizzato il trigger. Questo telescopio è in grado di misurare sciame cosmici a partire da  $30\text{GeV}$ . Il 2004 sarà il primo anno dedicato alla raccolta dati. E' in preparazione la proposta per l'installazione di un secondo telescopio da affiancare al primo.

I grandi sciame prodotti da raggi cosmici d'altissima energia ( $>10^{19}$  eV) saranno misurati dall'apparato dell'esperimento AUGER, in costruzione attualmente in Argentina da parte di una grande collaborazione internazionale. L'INFN partecipa alla costruzione dei Cerenkov e dei rivelatori di fluorescenza.

Qualche difficoltà è stata riscontrata per i noti problemi finanziari del paese ospitante. Nel 2004 continuerà la costruzione dell'apparato, prevista terminare nel 2006.

Nello studio della radiazione cosmica d'alta energia i neutrini hanno un ruolo particolare: sono molto meno assorbiti dei raggi gamma e derivano principalmente da fenomeni adronici. Per essere rivelati richiedono la costruzione di apparati di grandi dimensioni. Nell'emisfero nord, il progetto NEMO si propone la costruzione di un rivelatore Cerenkov da 1Km cubo alla profondità di 3500 metri nel mare al largo della costa sud-orientale della Sicilia. Nel 2004 continueranno le campagne di misura sul sito, già iniziate negli anni precedenti, e inizierà la costruzione di un prototipo del rivelatore.

Al largo di Tolone in Francia gruppi italiani partecipano alla costruzione di ANTARES, un rivelatore sottomarino analogo a NEMO, notevolmente più piccolo ma di grande interesse per la realizzazione di quest'ultimo. Nel 2004 inizierà la costruzione delle 12 stringhe di fototubi che costituiscono il rivelatore e sarà calata in mare la prima stringa completa.

#### LA RICERCA SULLE ONDE GRAVITAZIONALI

L'INFN ha oggi la maggiore copertura al mondo di possibili segnali di Onde Gravitazionali, avendo tre barre risonanti (AURIGA, EXPLORER, NAUTILUS) e l'interferometro VIRGO, la cui costruzione è terminata nel 2003.

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 esse hanno sensibilità che è confrontabile con quella degli 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 3km, dovuti al passaggio d'onde gravitazionali ed osservati tramite sofisticate tecniche interferometriche di raggi di luce laser. L'apparato è dotato 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.

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.

VIRGO è gestito da EGO, il consorzio costituito dall'INFN e dal CNRS francese. EGO si propone anche per un'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 2004 prenderanno dati VIRGO e le tre antenne risonanti criogeniche AURIGA, EXPLORER, NAUTILUS. Sarà possibile correlare i segnali in modo da eliminare segnali spuri ed in particolare sarà possibile verificare l'indicazione di coincidenze riscontrata tra EXPLORER e NAUTILUS.

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

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) ove vi sono migliaia di possibili sorgenti note (binarie galattiche). Le sorgenti di maggiore interesse saranno quelle più esotiche come i buchi neri. L'attività attuale, in collaborazione con ASI, ESA e NASA, è rivolta al lancio di un satellite dimostratore delle tecnologie usate nel 2007.

#### RICERCHE IN FISICA GENERALE FONDAMENTALE

Alcune attività sono relative ad esperimenti di fisica generale fondamentale. L'esperimento MAGIA si propone una misura precisa della costante di gravitazione usando atomi singoli. La misura si basa sulle tecniche di raffreddamento atomico recentemente sviluppate. Durante il 2004, saranno eseguite 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 2004 continuerà inoltre l'attività sugli esperimenti per lo studio del vuoto quantistico. In particolare PVLAS cercherà di capire l'origine di un segnale anomalo che potrebbe essere considerato segnale di nuova fisica.



Settore	a	b	c	d	e	f	TOT
Ricercatori FTE	23.7%	5.5%	21.5%	29.4%	16.4%	3.5%	540 FTE
Finanziamento iniziale 2004	31.0%	6.3%	20.7%	25.2%	13.0%	3.8%	18.5 MEuro

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

### *Progetto Speciale* CNGS

Il lavoro di preparazione del fascio di neutrini dal CERN al Gran Sasso procede regolarmente. I lavori d'ingegneria civile sono terminati a giugno del 2003. E' iniziata la consegna dei magneti ed è stato firmato il contratto per la costruzione ed installazione della camera a vuoto per il decadimento degli adroni. Recentemente è stato completato il complesso di schermature per assorbire gli adroni. Sono in costruzione il corno ed il riflettore.

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

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

<http://www.infn.it/comm2/schede/index.htm>

## 3.4 FISICA TEORICA

Anche nel prossimo triennio la ricerca teorica viene coordinata in Iniziative Specifiche (IS) che operano nei cinque settori tradizionali (campi e corde, fenomenologia delle interazioni fondamentali, nuclei e materia nucleare, metodi matematici e fisica astroparticellare) e nel progetto speciale APE.

L'attività di ricerca coinvolgerà circa 600 FTE (fisici teorici equivalenti a pieno tempo). Questi comprendono un centinaio di dipendenti, circa 300 incaricati di ricerca e 200 associati, comprendenti prevalentemente dottorandi e borsisti.

In seguito agli sviluppi della ricerca a livello internazionale le IS si sono in parte evolute rispetto al 2003:

- Il gruppo di lavoro GISELDA, istituito un paio di anni fa su raccomandazione del CVI si è trasformato in Iniziativa Specifica (FI31). Si studia la fisica degli ioni ultra-relativistici, un nuovo settore di ricerca che affianca l'attività sperimentale su ALICE.
- Su proposta di un gruppo di teorici appartenenti a diverse Iniziative Specifiche, principalmente nel settore di campi e nucleare, è stato istituito un

Gruppo di lavoro (BF11) per lo sviluppo di applicazioni a sistemi biologici dei metodi della fisica teorica. Lo studio avverrà con tecniche di meccanica statistica e teoria dei campi quantistici e farà uso di metodi di calcolo tipici della fisica computazionale utilizzando prevalentemente macchine APEnext. Il gruppo di lavoro è previsto operare per 2 anni. Alla fine di questo periodo si apriranno tre possibilità: 1) il gruppo non verrà più finanziato; 2) il gruppo si trasformerà in una Iniziativa Specifica per studi di sistemi biologici complessi per quanto riguarda aspetti di meccanica statistica e teoria dei campi quantistici (non locali); 3) il gruppo consolida le collaborazioni con gruppi di biologi per costruire una comune forma di coordinamento (al di là della CMS4).

Una parte non trascurabile dell'attività del gruppo teorico sarà dedicata alla formazione di giovani ricercatori; tra le attività principali si hanno 1) i corsi organizzati dall'ICTP di Trieste sostenuti da un finanziamento ad hoc; 2) cinque seminari e congressini nazionali: due dei quali si tengono a Cortona e sono dedicati rispettivamente a Campi e Particelle e ai Nuclei, uno a Frascati, dedicato alle alte energie, uno a Vietri sul Mare, rivolto a problemi avanzati di fisica teorica e, infine, il Seminario Nazionale per dottorandi in Fisica teorica di Parma.

E' prevista anche per quest'anno la Scuola rivolta alla Fisica Astro-Particellare presso la Scuola Normale Superiore di Pisa; la Commissione Scientifica 4 prevede per il 2004 un cospicuo investimento di sostegno a questa Scuola.

Consideriamo nel seguito i progetti nel 2004 per le linee di ricerca delle 5 IS.

#### LA TEORIA DEI CAMPI E DELLE CORDE

Le 20 iniziative coinvolgono globalmente oltre 200 ricercatori FTE. Il Gruppo di lavoro BF11 è incluso in questo settore. Le ricerche, pur intersecandosi e sovrapponendosi a causa delle identità dei fondamenti metodologici, sono raggruppabili in 4 linee:

- Teoria dei campi con metodi analitici. (BO11, MI12, MI13, MI14, NA12, PG12, PI11, PI13, PR11, TO12, TS11). Lo scopo finale è l'unificazione delle interazioni forti ed elettro-deboli nell'ambito dei modelli di gauge. Queste ricerche riguardano in particolare le teorie di gauge, la gravità quantistica, la cosmologia e i modelli integrabili.
- Teorie delle corde e degli Oggetti Estesi. (MI12, MI13, PI11, PR11, TO12, TS11). La finalità è l'unificazione della gravità alle altre interazioni

fondamentali e l'analisi della struttura profonda dello spazio-tempo. Queste ricerche riguardano le proprietà di simmetria, i modi di eccitazione e le connessioni tra la teoria delle stringhe e la teoria dei campi.

- Analisi di modelli di teorie di campo con metodi computazionali. (MI11, GS11, PI11, PI12, TO12, TV11). Lo scopo finale è l'analisi nell'ambito della QCD della struttura della materia interagente fortemente. Con metodi di simulazione numerica si studiano i meccanismi di confinamento e rottura spontanea della simmetria chirale. Si studiano inoltre gli aspetti generali della teoria dei campi su reticolo nei limiti di accoppiamento forte e debole. Si studiano sistemi disordinati.

Tecniche di teoria dei campi in fisica della materia condensata. (BO12, FI11, LF11, PG12, PR11, TO12, RM12). Queste ricerche riguardano in particolare i sistemi critici, i sistemi disordinati, i vetri di spin e gli studi di reti neurali con le tecniche della teoria dei campi.

#### FENOMENOLOGIA DELLE PARTICELLE

Le 17 iniziative coinvolgono oltre 130 ricercatori FTE. Le ricerche sono raggruppabili in 5 linee:

- Modello Standard. (BO22, CT21, LF21, PD21, PI21, RM21, RT21, TO23). Le ricerche riguardano calcoli di alta precisione in QED, la particella di Higgs, la rottura spontanea della simmetria elettro-debole, i test di precisione del Modello Standard e il calcolo dei processi con quattro fermioni allo stato finale misurati a LEP200.
- Fisica oltre il Modello Standard. (FI21, LE21, PD21, PG21, PI21, RM21, RT21). Le ricerche riguardano gli scenari previsti per i prossimi acceleratori, in particolare la super-simmetria e i possibili segnali rilevabili agli acceleratori, il ruolo e le caratteristiche delle generazioni di particelle e le simmetrie ad esse correlate, i possibili segnali della teoria di stringa (grandi extra-dimensioni) alle energie del TeV.
- QED e QCD al livello perturbativo. (LF21, PG21, PR21, RT21, TO22, TO23). Le ricerche esplorano il regime in cui la libertà asintotica rende deboli le interazioni forti. In particolare si studiano: la produzione di quark pesanti negli anelli ad intersezione adronici, le funzioni di struttura, le correzioni di potenza ai calcoli perturbativi.
- Fisica degli adroni e fenomeni diffrattivi. (BA21, LF21, MI23, PR21, RM21, RM22, RT21, TO21, TO22). Le ricerche riguardano le proprietà delle particelle

fortemente interagenti e le loro interazioni ad alte energie e a piccoli angoli. In particolare si calcolano fattori di forma elettro-deboli, si studiano gli spettri adronici con tecniche di teoria di campo su reticolo, le applicazioni delle lagrangiane chirali (particolarmente alla fisica di DAFNE), i decadimenti rari e la violazione di CP, le sezioni d'urto elastiche e totali misurate al Tevatron e a HERA, gli effetti di polarizzazione nelle interazioni ad alta energia.

Fenomenologia del modello standard su reticolo. Questa linea, che riguarda una iniziativa specifica (RM22) e una decina di ricercatori. Si propone lo studio dei parametri fondamentali delle interazioni EW con tecniche di teoria di campo su reticolo. Lo sforzo principale è nel settore della fisica dei mesoni pesanti.

## FISICA TEORICA NUCLEARE

Le 12 iniziative coinvolgono globalmente oltre 80 ricercatori FTE. Le ricerche sono raggruppabili in tre linee:

- Fisica adronica e nucleare ad energie intermedie. (PD32, PG31, PI31, PV31, TN31). Le ricerche riguardano i sistemi di pochi nucleoni, le interazioni elettro-deboli e adroniche nei nuclei anche dal punto di vista della QCD e dei modelli chirali.
- Struttura Nucleare. (BO31, CT31, LS31, MI31, NA31, PI31). Queste ricerche riguardano la materia nucleare e altri sistemi a molti corpi; in particolare la materia nucleare nelle stelle di neutroni e in condizioni estreme di spin, spin isotopico e energia di eccitazione. Si studiano anche le applicazioni di metodi numerici e analitici a molti corpi ai micro-aggregati.

Fisica degli ioni pesanti. (CT31, FI31, LS31, PI31, GI31). Le ricerche riguardano la fisica degli ioni pesanti a energie intermedie e ultra-relativistiche; i fenomeni caotici e critici in collisioni di ioni pesanti; il plasma di quark e gluoni e la materia neutronica. Lo studio di interazioni di ioni ultra-relativistici e plasma di quark e gluoni sono organizzati nella iniziativa FI31.

## METODI MATEMATICI

Le 10 iniziative coinvolgono globalmente oltre 70 ricercatori FTE. Le ricerche sono raggruppabili in quattro linee:

- Equazioni differenziali non-lineari. (BO41, BO42, LE41, RM41, RM42). Queste ricerche riguardano le applicazioni delle equazioni differenziali non-lineari

alle teorie dinamiche non lineari, alla teoria dei campi e allo studio dei sistemi integrabili.

- Sistemi vincolati. (FI41, NA41). Le ricerche riguardano le applicazioni della geometria dei sistemi meccanici vincolati alle teorie di gauge, alla relatività generale e alla teoria delle corde.
- Meccanica Quantistica. (GE41, MI41, NA41, RM42). Le ricerche riguardano il caos quantistico, il calcolo quantistico e i fondamenti della meccanica quantistica.

Gruppi quantistici e geometria non commutativa. (FI42, NA41). Le ricerche riguardano le applicazioni dei gruppi quantistici, degli spazi omogenei quantistici e della geometria non-commutativa, alla fisica della materia, al modello standard e alla fisica statistica quantistica.

#### FISICA ASTROPARTICELLARE

Le 4 iniziative coinvolgono globalmente oltre 70 ricercatori FTE. Le ricerche sono raggruppabili in tre linee:

- Astrofisica delle Particelle. (FA51, PD51). Le ricerche riguardano i candidati di materia oscura, l'origine dei raggi cosmici ad alta energia e dell'asimmetria materia-anti-materia, i modelli inflazionari, la teoria dei campi a temperatura finita, le masse e le oscillazioni dei neutrini.
- Astrofisica Nucleare. (FA51, CT51). Le ricerche riguardano la struttura e le caratteristiche degli oggetti stellari compatti e della materia densa adronica.

Onde Gravitazionali. (OG51). Le ricerche riguardano lo studio delle origini astrofisiche e cosmologiche delle onde gravitazionali e dei segnali corrispondenti.

Settore	a	b	c	d	e	TOT
Ricercatori	39.2%	21.1%	12.7%	13.5%	13.5%	798 FTE
Finanziamento iniziale 2004	37.4%	21.0%	14.0%	15.3%	12.3%	3.5 MEuro

a) Teoria dei campi. b) Fenomenologia. c) Astroparticelle. d) Fisica dei nuclei. e) Metodi e fondamenti

#### *Progetto Speciale* APEnext

Il progetto speciale APE ha prodotto finora 3 famiglie di computer di altissime prestazioni per il calcolo scientifico, in particolare Lattice QCD. APEmille è al momento la macchina di calcolo principale, in ambito INFN, per quanto riguarda la fisica su reticolo. Il gruppo di ricercatori impegnati in questa attività è

di una sessantina di ricercatori in 5 IS che fanno capo a installazioni APE nelle seguenti sezioni:

Bari	65 GF
Milano	130 GF
GF Pisa	300 GF
GF Roma	500 GF
GF Roma II	130 GF
<b>Totale</b>	<b>1125 GF</b>

Anche in Germania, Francia e Inghilterra sono state installate macchine APemille per un totale di 600GFlops. Di fatto le macchine APE sono diventate lo strumento principale della ricerca europea nel campo della fisica su reticolo. La vita utile dei sistemi APemille dovrebbe estendersi a tutto il 2005.

Entro la fine del 2003 sarà funzionante il prototipo da 400Gflops di una quarta famiglia, APEnext con una potenza di picco che può giungere fino a svariati TFlops. Si prevedono installazioni in Italia per un totale di oltre 10TFlops e una simile potenza nel resto d'Europa. In questo modo la leadership delle macchine APE continuerà 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'HW e del SW 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 molto basse.

La necessità di avere strumenti di calcolo di altissima prestazione continuerà ad essere pressante anche su orizzonti temporali più lunghi (2010). E' tuttavia difficile prevedere l'evoluzione dei mezzi di calcolo su scala anche di soli 5 anni. E' però fondamentale, per poter fare le scelte giuste al momento giusto, conservare e sviluppare un patrimonio di competenze relative al calcolo scientifico ad alte prestazioni unico in Europa.

La continuazione del progetto speciale, tra l'altro avrà i seguenti benefici:

- non disperdere un bagaglio di competenze accumulate nelle sezioni che partecipano
- mantenere la competizione (alla pari) con i progetti simili negli Stati Uniti
- continuare a dare ai gruppi che hanno bisogno di grandi potenze di calcolo, macchine che sono state-of-the art nel campo dei computer paralleli.

Il prossimo passo nel campo del calcolo parallelo di grandi prestazioni è volto a raggiungere la scala dei 100TFlops. Questo al momento è un obiettivo che ha ancora bisogno di studio e analisi approfondite. L'evoluzione della attività prevede per il 2004 attività di R&D in vista di una proposta, nel 2005, per la realizzazione negli anni 2006-2008 di una tale macchina.

La collaborazione resta europea con la partecipazione di DESY e Orsay.

*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 d'innovazione e realizzazione che costituisce la base della sua forza tecnologica, promuovendo ricerche di nuovi dispositivi, materiali, tecnologie e processi, d'interesse per la propria attività sperimentale. Le nuove frontiere della ricerca in fisica fondamentale riguardano esperimenti che sviluppano una maggiore sensibilità e precisione, migliorando la capacità di generare e rivelare i fenomeni più rari e rilevanti. Molti sviluppi tecnologici traggono stimolo dall'obiettivo d'impiego in futuri apparati sperimentali e in applicazioni ad altre discipline.

Lo sviluppo di nuovi rivelatori e dell'elettronica associata riguarderà l'evoluzione delle strategie e dei grandi progetti sperimentali che impegnano l'INFN, al fine di realizzare strumenti avanzati in termini di precisione spaziale e temporale, sensibilità, resistenza alle radiazioni e consumo di potenza. Le prospettive di ricerca più stimolanti in tal senso riguardano: l'incremento di luminosità di LHC e la costruzione di un collisore lineare elettrone-positrone. Saranno sviluppate le tecniche di *quality assurance* e *space qualification*, sarà promossa la ricerca di sensori adatti allo spazio extraterrestre, nonché quella d'elettronica a basso consumo e resistente alle radiazioni.

Proseguiranno le attività sui materiali superconduttori ad alta temperatura per la realizzazione di nuove strutture acceleranti d'interesse per futuri acceleratori: fabbriche di neutrini, collisori lineari, fasci radioattivi.

La diffusione interdisciplinare delle tecniche sviluppate dall'INFN si consoliderà durante il triennio, con sviluppi nel campo dell'*imaging* medico e

diagnostico, dell'adroterapia e dell'analisi di reperti d'interesse artistico, archeologico e storico.

#### RIVELATORI DI PARTICELLE

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

Nello sviluppo di tecniche criogeniche si osserva la pressante richiesta di attività mirate a realizzare sensori spettroscopici di grande precisione e di sensori di particelle di materia oscura, eventualmente integrati.

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 d'interesse nella produzione di rivelatori. In proiezione futura, si pensa alla possibilità di deposizione su superfici di qualsiasi forma o d'implementazione di funzioni opto-elettroniche sullo stesso dispositivo.

Sempre a proposito di tecnologie avanzate di rivelazione di particelle, il prossimo triennio vedrà i primi studi d'applicazione di nanotecnologie come, per esempio, griglie a nano-tubi di carbonio impiegate come rivelatori di particelle. I nanotubi di carbonio sono sottili strisce di grafite, arrotolate in tubi di 10-100nm di diametro e diverse centinaia di micron di lunghezza. Sono ottimi conduttori e si possono ipotizzare griglie di nanotubi impiegate in sensori di radiazione con risoluzione inferiore al millimetro. Le potenziali applicazioni in fisica delle particelle vanno dal trasporto di fasci in acceleratori, a nano-sensori e nano-interfacce, a loro volta d'interesse anche per diagnostica medica non invasiva.

Altro tema d'interesse è la riduzione del rumore nel campo dei sensori di onde gravitazionali, quale quello indotto dalla pressione di radiazione laser sugli specchi delle cavità Fabry-Perot delle antenne interferometriche di prossima generazione.

#### ACCELERATORI DI PARTICELLE

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.



E' possibile ipotizzare una serie d'iniziative di ricerca connesse con il progetto SPARC di FEL a 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, è naturale ipotizzare uno sviluppo della ricerca nelle tecnologie legate alle strutture acceleranti d'interesse per le macchine di terapia oncologica, sia sul versante dello studio e progettazione di nuove macchine, che su quello dello sviluppo di *post*-acceleratori per la diffusione delle tecniche di terapia adronica in ambiente ospedaliero.

#### APPLICAZIONI INTERDISCIPLINARI

L'attività in questo campo si presenta molto vivace nel prossimo triennio. Esiste un ricco filone di strumenti di rivelazione, d'accelerazione e di calcolo che sono molto promettenti sul piano delle applicazioni, con particolare riguardo per il trasferimento di conoscenza verso il mondo medico, quello della conservazione dei beni culturali e ambientali, e quello industriale.

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 ricerche nel campo degli acceleratori, cresceranno gli studi di modellistica e radiobiologia, con impatto sull'attività umana nello spazio. E' presumibile la crescita d'iniziative riguardanti la BNCT (Boron Neutron Capture Therapy), visti 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 organizzazioni virtuali, utilizzando la struttura GRID, per l'analisi di immagini digitali, per la radioterapia e per i trapianti.

Tra gli strumenti di calcolo quelli di simulazione assumeranno un ruolo sempre più importante data la crescente complessità dei nuovi progetti per la fisica delle interazioni fondamentali. Sono interessanti le loro applicazioni per esempio agli studi sui farmaci virtuali.

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

Settore	a	b	c	TOT
Ricercatori	31.5%	19.8%	48.7%	400 FTE
Finanziamento iniziale 2004	34.5%	26.5%	39.0%	5 MEuro

1. Rivelatori di particelle, elettronica e informatica. b) Acceleratori e tecnologie associate.  
c) Fisica interdisciplinare.

### **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 reciproco confronto 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. E' ipotizzabile anche un'attività AMS di misura del  $^{10}\text{Be}$ , per la quale l'acceleratore installato è già predisposto. La misura del  $^{10}\text{Be}$  riveste grande interesse in problemi di tipo geologico, per la datazione di rocce in particolare. E' assicurata per questi problemi la collaborazione d'esperti geologi, che fin dall'inizio del progetto hanno dato la loro adesione.

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

[http://csn5.roma2.infn.it/web\\_grv/index.php](http://csn5.roma2.infn.it/web_grv/index.php)

### **3.6 CALCOLO E SISTEMI INFORMATICI**

Premesso che le esigenze specifiche di calcolo intensivo, connesse alle attività d'acquisizione dati on-line, analisi e simulazione dei singoli gruppi di ricerca e quelle di calcolo teorico, sono direttamente sotto il controllo e la supervisione delle Commissioni Scientifiche Nazionali di pertinenza, esiste la necessità per l'INFN di fornire in modo coordinato alle proprie Unità Operative sistemi sia hardware che software di avanguardia, sia in termini di mezzi di calcolo, sia in termini di infrastruttura di servizio.

Il modello distribuito di calcolo che, nato con l'apporto decisivo dell'INFN all'interno della comunità di fisica delle particelle, si è andato affermando nella comunità scientifica è basato su due elementi fondamentali:

- una rete di trasmissioni dati ad altissima capacità dotata di servizi avanzati (allocazione dinamica delle risorse, autenticazione, sicurezza, ecc.)
- una gerarchia di sistemi *fornitori di servizi* (calcolo, archiviazione dati, ecc.) non necessariamente omogenei tra di loro, ma coordinati e accessibili con procedure omogenee all'interno di una stessa comunità di utenti.

Dimostrazione dell'accettazione internazionale di tale modello è il fatto che, nell'ambito del 6° Programma Quadro, la Comunità Europea abbia deciso di sostenere in modo specifico ed esplicito sia la rete di trasmissione dati della ricerca, sia l'infrastruttura di servizio per l'accesso trasparente a risorse remote implementata su di essa (*GRID enabled network*).

Il modello di calcolo gerarchico, così come specificato per le esigenze individuate per gli esperimenti a LHC e per altri grandi esperimenti

internazionali, prevede la creazione – oltre ai centri di servizio internazionali, Tier0, presso i siti di produzione dei dati – di centri regionali di servizio Tier1, dove installare grandi risorse di elaborazione e archiviazione dei dati (vedi il relativo progetto speciale) e di centri locali, Tier2 e 3, dotati di risorse più limitate.

Questa gerarchia di centri di servizio dovrà ovviamente essere interconnessa da una rete di trasmissione dati, ad altissima capacità e dotata di servizi avanzati, attraverso la quale sarà possibile accedere in modo trasparente alle risorse di tali centri.

La realizzazione di questa complessa infrastruttura informatica, trasversale alle attività dei singoli gruppi di ricerca, richiede il coordinamento d'attività diverse e spesso indipendenti.

La Commissione Calcolo e Reti, ha il compito di favorire un equilibrato aggiornamento dei sistemi di calcolo comuni delle Sezioni e dei Laboratori, promuovere lo sviluppo e l'introduzione di servizi informatici necessari alle attività istituzionali dell'Ente, supportare l'aggiornamento delle piattaforme software sia commerciali che specifiche utilizzate, coordinare l'integrazione delle strutture di calcolo locali degli esperimenti, assicurarsi che i servizi di trasmissione dati disponibili presso le unità operative siano adeguati sia alle esigenze generali delle stesse, sia a quelle evidenziate dai singoli gruppi sperimentali.

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

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

### ***Progetto Speciale GRID***

L'INFN ha iniziato a sviluppare le tecnologie Grid e le relative infrastrutture a partire dalla seconda metà del 1999. Quella Grid è una tecnologia generale che mira a soddisfare quella fondamentale esigenza delle moderne Società della Conoscenza di poter stabilire effettive collaborazioni tra gruppi di ricerca a livello d'eccellenza nel proprio campo specifico e distribuiti sul territorio nazionale. 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 le risorse distribuite nella maniera più efficiente: Calcolatori, 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 INFN Grid ha continuato lo sviluppo di tutti i costituenti l'infrastruttura Grid in particolare:

- lo sviluppo del Middleware Grid e l'integrazione internazionale con progetti finanziati dall'UE DataGrid e DataTAG, che ormai stanno giungendo alla loro conclusione avendo realizzato quell'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, la gestione delle Organizzazioni Virtuali etc.
- 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, Catania, LNL, Milano, Padova, Roma e Torino –, si estende a tutto il mondo ed è uno dei primi esempi di infrastruttura Grid di produzione ad essere operativa.

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

Recentemente, INFN Grid è diventato il punto di riferimento per le future iniziative Grid del VI programma quadro Europeo IST. Il progetto IG-BIGEST, la

Grid Italiana per Business, Industry, Government, EScience&Technology, è la nuova iniziativa italiana coordinata dall'INFN, collegata al progetto FIRB Grid.it, allargata fino a comprendere praticamente tutte le organizzazioni scientifiche, Università e Centri di Calcolo italiani. Essa è finalizzata al coordinamento delle attività italiane in vista della creazione di una infrastruttura di supporto per l'Area Italiana della Ricerca (IRA) e alla partecipazione ai progetti Europei. L'integrazione di IRA nell'European Research Area (ERA) è perseguita attraverso lo sviluppo di un comune progetto di Iniziativa di Infrastruttura Grid Integrata.

Per favorire l'integrazione delle Grid nazionali a livello Europeo, il CERN e partners di 20 paesi Europei e 70 Istituzioni hanno presentato un nuovo progetto per il VI programma quadro EGEE (Enabling Grid and Escience in Europe) della Comunità Europea che ha concluso le negoziazioni con un finanziamento concordato per i primi due anni pari a ~32MEuro. Il progetto ha una durata prevista di 4 anni.

L'INFN è uno dei partners principali e coordina la partecipazione italiana finanziata dalla UE con ~ 5MEuro, che prevede anche contributi industriali, oltre che dall'ENEA e dalle Università di Lecce, Calabria e Napoli. E' il finanziamento maggiore ottenuto da un paese dopo il CERN che coordina il progetto.

EGEE fornirà un'effettiva integrazione delle Grid nazionali all'interno dell'infrastruttura europea e promuoverà lo sviluppo delle comunità d'utenti a livello scientifico e industriale.

Nel 2004 il progetto INFN Grid sarà notevolmente impegnato su molti fronti a livello internazionale:

- Conclusione dei progetti Europei DataGrid e DataTAG, entro il 31 marzo 2004, assicurando il completamento del Worload Management, del VOMS, Virtual Organization Management Service, del sistema GRIDICE di monitoring della Grid, del kit d'installazione automatica basato su LCFG sviluppato per il FIRB. L'INFN dovrà inoltre garantire il supporto di questi prodotti per tutto il 2004 per LCG ed il nuovo progetto Europeo per il VI programma quadro EGEE (di cui si parlerà in seguito), da cui sono stati adottati finché le nuove releases di questo non saranno disponibili (fine 2004). Dovrà anche continuare a perseguire l'interoperabilità del middleware usato nelle due sponde dell'Atlantico per cui è stata avviata un'attività congiunta da DataTAG con il progetto US International Virtual Data Grid Laboratory (iVDGL), denominato Global Laboratory Universal Environment (GLUE), che

ha già ottenuto importanti successi nel 2003 e che dovrà proseguire per LCG anche dopo la fine del progetto europeo.

- Realizzazione dei Data Challenges del progetto LHC Computing Grid (LCG) in collaborazione con il CERN, i maggiori laboratori di fisica delle particelle e gli esperimenti a LHC. LCG ha come compito la creazione di una infrastruttura Grid mondiale per LHC con qualità di produzione e lo sviluppo di soluzioni comuni per il software degli esperimenti. Le attività della prima fase di questo progetto coprono gli anni 2003-2005, in modo che gli esperimenti possano eseguire Data Challenges di crescente complessità fino a raggiungere il 20% delle risorse di calcolo previste per LHC. A tal fine l'INFN ha costruito un'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 i Tier3 delle altre sedi e che è operativa con continuità. LCG ha annunciato l'avvio della prima Grid di produzione alla fine dell'estate 2003.
- Partenza, il giorno 1 aprile, del nuovo progetto Europeo per il VI programma quadro EGEE, di cui l'INFN è stato promotore assieme al CERN e ad altri paesi. EGEE prevede come attività principali la re-ingegnerizzazione del middleware, l'inizio della costruzione dell'infrastruttura Grid di produzione Europea per tutte le scienze e la pianificazione e realizzazione delle attività di tutorials, disseminazione e costruzione di un'interfaccia generica per tutte le applicazioni. L'INFN ha assunto importanti responsabilità nello sviluppo del middleware di EGEE prendendo la leadership europea nello sviluppo di 2 delle 5 aree di attività previste che riguardano in particolare: Resource Access; Resource Management; Accounting.

Inoltre per quanto riguarda la realizzazione dell'infrastruttura vera e propria oltre alla responsabilità del Regional Operation Center (ROC) Italiano ha la responsabilità dello sviluppo di uno dei 4 Core Infrastructure Centers che devono garantire il funzionamento Globale della Grid Europea e la coordinazione generale dei 9 ROCs Europei. L'INFN è poi responsabile della attività di divulgazione in Italia, dello sviluppo di un'interfaccia generale per tutte le applicazioni non HEP o Biologia.

Inoltre a livello nazionale INFN Grid dovrà garantire nel 2004 lo

- Sviluppo 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 – in particolare del portale Genius in collaborazione con NICE – e della gestione delle organizzazioni virtuali VOMS in collaborazione con i progetti Grid US e del Monitoring della Grid GRIDICE in collaborazione con LCG.

Lo sviluppo della tecnologia di Grid, che questo progetto ha promosso pionieristicamente in Europa e che ora è diventata il fondamento di tutto il calcolo a LHC e non solo, ha una valenza che va al di là di questo e della fisica delle Alte Energie e potenzialmente è destinata ad avere un ricaduta su tutta la scienza e la società in generale.

Un ruolo cruciale sarà svolto dal Centro Nazionale al CNAF di supporto ai centri locali che fornirà integrazione internazionale e *know how*, anticipando l'allargamento al business, industria e governo.

Requisito necessario al funzionamento della Grid sono le connessioni in rete dei maggiori siti italiani che dovranno essere gradualmente portate a livello dei Gigabit per secondo di banda passante per permettere un effettivo inserimento di questi siti nelle attività di LCG.

Per il 2006 si prevede l'inizio della costruzione della vera infrastruttura di calcolo per gli esperimenti a LHC con un notevole incremento della potenza installata. Il progetto dettagliato per la realizzazione di questa infrastruttura inizierà nel 2004.

*La descrizione dettagliata del Progetto Speciale è disponibile al sito WEB:*

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

### **3.7 FUNZIONAMENTO DELLE STRUTTURE**

#### **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 6 mesi del 2003, DAFNE è stata oggetto di una massiccia campagna d'interventi sul complesso degli anelli, tesi a migliorare la luminosità della macchina di un fattore da 3 a 5. I cambiamenti messi in opera sono frutto dello sviluppo di raffinate tecniche di simulazione della macchina e di un esteso



programma di misure. I primi risultati dopo il riavvio di DAFNE, confermano la bontà delle ipotesi. Con questi interventi, effettuati utilizzando i normali fondi di gestione del Laboratorio, termina la fase di *upgrade* adiabatico di DAFNE.

I  $500\text{pb}^{-1}$  di dati accumulati da KLOE hanno consentito lo studio di molti canali di decadimento rari dei mesoni K, la prima misura assoluta delle asimmetrie nei decadimenti semileptonici dei mesoni  $K_s$  (un test della simmetria CPT) e la misura della sezione d'urto  $e^+e^-$  in adroni, che riveste un'importanza fondamentale nell'interpretazione della misura dell'anomalia muonica. L'esperimento progredisce inoltre nello studio degli errori sistematici della misura di  $\epsilon'/\epsilon$ .

L'esperimento DEAR ha completato la sua prima fase sperimentale, producendo la miglior misura mondiale sull'idrogeno kaonico. Nel corso dell'anno è iniziato il progetto di un nuovo apparato sperimentale (SIDDHARTA), basato su un sofisticato sensore a deriva in silicio, che permetterà di ottenere misure di ineguagliata precisione sugli atomi k-mesici.

FINUDA: l'apparato sperimentale dedicato allo studio degli ipernuclei, ha iniziato la presa dati su DAFNE e prevede di integrare entro i primi mesi del 2004 una luminosità di  $250\text{pb}^{-1}$ , che consentirà di produrre dei risultati di primissimo piano nello specifico campo di fisica.

Nel corso del 2003 è continuato l'uso delle tre linee di luce di sincrotrone, che hanno fornito anche un notevole numero d'ore a gruppi internazionali, nell'ambito del programma europeo TARI.

Si è anche intensificato l'uso del fascio di test d'elettroni (BTF), che è stato usato con successo da molti gruppi per misure di calibrazione di nuovi detectors.

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

- L'inizio della costruzione di SPARC, un iniettore d'elettroni ad altissima brillantezza, di 150MeV di energia.
- Lo studio di una macchina compatta per la produzione di luce coerente, da localizzare nei LNF.
- La continuazione della costruzione di parti di CTF3 (progetto speciale NTA), dove i LNF hanno la responsabilità del *Delay Loop* e delle linee di trasferimento.

- La progettazione di componenti per la macchina del Centro Nazionale di Adroterapia.
- Lo studio di *kickers* veloci per i futuri *linear colliders* e le *super-factories*.

Nel 2003 è anche iniziata l'attività di studio per esaminare il programma di fisica e la fattibilità di una super  $\phi$ -factory ad altissima luminosità ( $L > 10^{34}$ ) e/o di un *upgrade* di DAFNE a 2.2GeV.

Il rivelatore d'onde gravitazionali a barra criogenico NAUTILUS, che ha recentemente prodotto interessanti risultati in coincidenza con il suo analogo EXPLORER localizzato al CERN, ha ripreso la sua campagna di misura, dopo un periodo di *shutdown* per migliorarne la sensibilità.

I Laboratori hanno naturalmente continuato a fornire una base per l'attività di ricerca in fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare presso laboratori internazionali, quali il CERN, FermiLab, SLAC, DESY e TJNAF e presso il LNGS e VIRGO. Importanti contributi strumentali per gli esperimenti a LHC e ai LNGS sono in avanzata fase di costruzione/progettazione nelle facilities dei LNF.

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

Nel corso del 2003 un risultato di particolare rilievo è stato il successo di molti progetti europei che vedono coinvolti i LNF, nell'ambito del VI programma quadro dell'UE. In particolare l'iniziativa integrata di fisica adronica I3HP, che ha come capofila i LNF, è stata valutata al primo posto in Europa per i progetti di fisica.

Infine si sono svolti con successo nei LNF due corsi Master di II livello in tecniche nucleari ed in IT, operati assieme alle università di Roma Tor Vergata e Roma La Sapienza.

Il piano per il prossimo triennio è il seguente:

- Il pieno utilizzo di DAFNE – incluse le linee di luce di sincrotrone – con il raggiungimento della luminosità di progetto e la continuazione dello studio per un *upgrade* di DAFNE in luminosità e/o energia, con l'obiettivo di giungere ad una decisione agli inizi del 2005.
- 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 previsto un finanziamento su fondi appositi 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 e costruzione della macchina del Centro Nazionale di Adroterapia.
  - d) la continuazione del progetto CTF3 al CERN, finalizzato allo sviluppo di una sorgente RF basata sul concetto di Two Beam Accelerator (progetto di collisore lineare compatto CLIC);
  - e) Lo svolgimento dei programmi europei del VI programma quadro del progetto CARE, approvato nel corso del 2003.
- Il proseguimento dei programmi di ricerca nel campo delle onde gravitazionali.
  - Il proseguimento delle attività di ricerca già intraprese presso laboratori nazionali e internazionali, con attenzione a nuove iniziative.
  - Lo svolgimento del programma europeo I3HP (Hadron Physics) 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 due corsi di Master, assieme alle università di Roma "La Sapienza" e Roma "Tor Vergata".

Il profilo di spesa triennale comprende le spese per il funzionamento, i servizi e le attrezzature di base, nonché i miglioramenti da apportare all'anello di accumulazione DAFNE.

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

<http://www.lnf.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.

Il Laboratorio ha già fornito risultati di grande rilievo per la fisica delle particelle elementari, avendo dato 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 comprendere a fondo il fenomeno delle oscillazioni, stabilire tra quali specie di neutrini avvengono i fenomeni d'oscillazione, misurare accuratamente le masse e "i parametri di mescolamento". Questi studi hanno potenzialmente conseguenze di grande rilievo 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 di Ginevra, prevede la costruzione di una sorgente di neutrini agli acceleratori del CERN. Il fascio prodotto sarà indirizzato nella direzione del Gran Sasso e raggiungerà il Laboratorio attraversando la Terra per una distanza di 720km. La costruzione del fascio al CERN è iniziata e prosegue secondo il programma che prevede il completamento nella primavera del 2006. Due esperimenti sono in corso di realizzazione, OPERA ed ICARUS, da parte di grandi collaborazioni internazionali. OPERA è in corso d'allestimento nella sala C dei Laboratori. Per quanto riguarda ICARUS, che si propone un vasto spettro di ricerche, un modulo di 600 t di massa, costruito presso la Sezione di Pavia e sottoposto con successo a vari test, sarà trasportato al Gran Sasso nel corso del 2004. Si stanno studiando – alcuni sono già iniziati – i lavori di adeguamento delle strutture dei laboratori sotterranei necessari per l'installazione di questi esperimenti – con particolare riferimento alla sicurezza – e, ancora per questi, si è iniziata la realizzazione di un nuovo edificio per uffici e laboratori.

- Esperimenti sui neutrini solari di maggior sensibilità, capaci di misurarne l'energia in tempo reale. Il successore di GALLEX, GNO, ha pubblicato i risultati di 5 anni di presa dati. La costruzione di BOREXINO, che ha subito un serio rallentamento, causato dal noto incidente, si conta possa essere ultimata nel 2004. LENS è nella fase di ricerca e sviluppo.
- L'osservatorio LVD con una massa sensibile di più di 1000 tonnellate attende l'esplosione di una supernova per rivelarne il fiotto di neutrini. La struttura modulare ha permesso di ottenere un "tempo vivo" del 99.3 %.
- Un'altra linea importante è la ricerca della "materia oscura" di cui è costituito per gran parte l'Universo. L'esperimento DAMA ha concluso l'analisi di sette anni di dati e ha fornito l'indicazione molto interessante di un effetto di modulazione annuale che è possibile sia dovuto ad interazioni con particelle di materia oscura. E' in corso il nuovo esperimento LIBRA, utilizzando la stessa tecnica, ma di maggiori dimensioni. Esperimenti che utilizzano approcci complementari sono pure in corso: CRESST2 e HDMS. Nuove proposte sono allo studio.
- Le nuove caratteristiche dei neutrini indicano che essi hanno massa e che è possibile che coincidano con le loro antiparticelle. In questo caso diviene possibile un fenomeno rarissimo, il decadimento doppio beta senza neutrini. La misura assoluta della massa del neutrino può essere eseguita studiando questi decadimenti, e il laboratorio del Gran Sasso è il luogo ideale per queste ricerche, divenute di eccezionale attualità. L'attività prosegue su due linee complementari: con gli esperimenti Heidelberg-Mosca, GENIUS-TF (e la proposta GENIUS) da un lato e MIBETA, CUORICINO (e la proposta CUORE) dall'altro.
- 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. Il nuovo acceleratore di LUNA2 è in funzione e prosegue la sperimentazione.

Continueranno infine gli esperimenti di geologia e quelli sul comportamento delle cellule in condizioni di bassa radioattività.

E' in corso un potenziamento degli impianti e delle procedure per la sicurezza nei laboratori. Parallelamente è in corso un intervento da parte governativa, nell'ambito dello stato di emergenza dichiarato la scorsa estate per il

sistema Gran Sasso, mirato a garantire l'impermeabilità delle reti idriche negli ambienti del laboratorio e dell'autostrada.

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

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

## LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO

I Laboratori Nazionali di Legnaro costituiscono un polo scientifico e tecnologico di rilievo europeo, con un'attività centrale dedicata alla fisica nucleare ma con una spiccata vocazione per ricerche multidisciplinari e applicative. Orientati ad un'utenza sia nazionale che internazionale, essi occupano una posizione unica nel loro campo in Europa, attraverso una vasta offerta di fasci di ioni (dall'idrogeno alle specie isotopiche più pesanti, con energie fino a 20MeV/A) e di sistemi di rivelazione. Caratteristica del laboratorio è la linea di sviluppo di cavità acceleratrici basate su tecniche superconduttive, linea che ha condotto alla realizzazione di ALPI e su cui si basa l'attuale sviluppo di PIAVE, che colloca i laboratori alla frontiera tecnologica per acceleratori ad alta intensità, quali SPES e, sul lungo periodo, EURISOL. Priorità nel triennio 2004-2006 sarà data al progetto SPES, che prevede la costruzione di un acceleratore di protoni ad alta intensità di 20MeV d'energia. Nella prima fase il fascio sarà utilizzato per produrre una sorgente di neutroni. Gli elevati flussi di neutroni prodotti saranno poi utilizzati in diversi settori, quali la fisica della materia condensata e l'adroterapia basata sulla cattura dei neutroni da parte del boro (BNCT). La ricerca collegata alla terapia BNCT del melanoma cutaneo, principale applicazione medica della prima fase di SPES, in collaborazione con i centri ospedalieri della regione Veneto, l'IOV e l'ENEA, costituirà parte dell'impegno del laboratorio nel triennio.

Per il triennio 2004-2006 i laboratori avranno inoltre come impegno programmatico quello di mantenere un'elevata affidabilità per il complesso di acceleratori (Tandem, Alpi, Piave, 7MV-CN, 2MV-AN2000) sostenendo campagne sperimentali degli apparati PRISMA, GASP, GARFIELD e 8PLP. L'apparato GASP (per il quale il laboratorio s'impegna in tale periodo in una manutenzione straordinaria da effettuarsi nel primo semestre 2004) raccoglie il principale bacino di utenza dei laboratori e vede come proiezione a lungo termine il progetto AGATA con lo sviluppo di nuovi rivelatori al Le segmentati per il "tracking gamma". D'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, 8PLP e PRISMA.

Per l'anno 2004 si prevede l'entrata in funzione del complesso PIAVE-ALPI (primo semestre 2004), la realizzazione del progetto dei prototipi dei costituenti del nuovo acceleratore ad alta intensità (SPES) e la realizzazione dei prototipi delle cavità a radiofrequenza di SPES. Si passerà poi alla fase di costruzione del prototipo di convertitore (protoni/deuterio-neutroni) di SPES utilizzando Be (5MeV) e  $^{12}\text{C}$  (20MeV). Quest'ultimo rappresenta la dimostrazione della fattibilità di sorgenti di neutroni di media potenza (centinaia di kilowatt) a convertitore solido, da accoppiarsi con target di UCx per la futura produzione di fasci esotici.

Per quanto riguarda gli apparati sperimentali, nel primo semestre 2004 si prevede l'entrata in funzione del Clover-Array (CLARA), in operazione congiunta con lo spettrometro PRISMA ad alta accettazione angolare. Nel secondo semestre 2004 si prevede l'entrata in misura dell'apparato EXOTIC. Tale progetto, in collaborazione con le Università di Napoli e di Padova, prevede la produzione d'alcuni nuclei di ioni instabili, attraverso reazioni di fusione e evaporazione su bersaglio gassoso.

Nello stesso periodo è inoltre prevista la ripresa dell'attività dell'antenna gravitazionale AURIGA. Interventi alle parti sospese ed al sistema d'estrazione dei segnali hanno permesso un aumento della sensibilità unito a una maggiore affidabilità del sistema.

Per l'anno 2005 si prevede la conclusione dello sviluppo di prototipi delle cavità e delle parti critiche del LINAC di SPES, la definizione del *lay-out* dell'acceleratore, la progettazione del sistema di raffreddamento e di stabilizzazione in frequenza dell'RFQ, la progettazione dell'edificio per la BNCT.

Si prevede nel primo semestre la presa dati della trappola magneto-ottica (MOT) per atomi neutri, con la localizzazione di atomi di Francio per misure di efficienza di intrappolamento.

Per l'anno 2006 si prevede la progettazione dettagliata degli edifici di SPES e il relativo appalto. Accanto ai bersagli di conversione del LINAC di SPES, saranno sviluppati i prototipi dei bersagli di produzione basati su  $^{238}\text{U}$ , insieme alla progettazione del sistema di moderatore per la BNCT. Saranno poi effettuate campagne di misure dosimetriche per il monitoraggio delle dosi terapeutiche di radiazione.

Per quanto riguarda la strumentazione si prevede il test del primo prototipo di rivelatore dell'apparato AGATA, basato sul principio del "tracking di raggi gamma".

Nell'ambito dell'attività di ricerca sulle onde gravitazionali è inoltre prevista la conclusione del *design study* del progetto DUAL.

Sul lungo periodo i Laboratori prevedono di completare lo sviluppo di SPES per la produzione di fasci esotici con il metodo ISOL e di portare avanti la progettazione e i relativi programmi di sviluppo per i settori di cui sono responsabili nel progetto EURISOL (il *driver* a protoni, e il convertitore solido di potenza). Questi progetti costituiscono i passaggi e i necessari sviluppi per la realizzazione di un acceleratore ad alta intensità dedicato alla produzione di ioni instabili. Basato su un acceleratore lineare di protoni o ioni che inietta in una sorgente ISOL, esso fornirà una naturale valorizzazione delle competenze presenti nei laboratori e la risposta alle future esigenze scientifiche del settore.

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

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

## LABORATORI NAZIONALI DEL SUD

I Laboratori Nazionali del Sud, sono dotati di due acceleratori di ioni, il Tandem e il Ciclotrone Superconduttore (CS), in grado di fornire fasci in un ampio intervallo d'energie e masse, così costituendo una delle infrastrutture, per esperimenti con fasci di ioni, più complete 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 d'eccellenza scientifica come i LNS contribuisce alla diffusione della cultura scientifica e allo sviluppo di tecnologie avanzate nella realtà locale, come ben dimostrato dagli sviluppi delle iniziative nel campo dell'adroterapia e dall'applicazione di metodi d'analisi con tecniche nucleari nel campo d'interesse dei beni culturali.

Sistemi di rivelazione avanzati, quali CHIMERA, il complesso MEDEA-MULTICS-SOLE-MACISTE e lo spettrometro MAGNEX, manterranno nel triennio la sperimentazione presso i LNS competitiva a livello internazionale. In particolare MAGNEX, che entrerà in operazione 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 ed energia.

Nel corso del 2003 i LNS hanno già conseguito l'importante obiettivo programmato di avviare l'inizio della sperimentazione con il multirivelatore CHIMERA che nella sua configurazione completa, porterà a compimento nel triennio l'importante programma sperimentale presso i LNS e eventuali Laboratori stranieri.

La disponibilità, presso i LNS, di un fascio di protoni da 62MeV, ha reso possibile lo sviluppo della prima *facility* di protonterapia italiana, dedicata al trattamento di pazienti affetti da melanoma oculare. Sono stati trattati con fasci di protoni, nel periodo marzo 2002–luglio 2003, 52 pazienti italiani affetti da tale neoplasia. L'attività è svolta in collaborazione, per quanto attiene alla parte clinica e dosimetrica, con l'Università degli Studi di Catania (Dip. di Fisica ed Astronomia, Istituti di Oftalmologia e Radiologia) e proseguirà nel 2004.

Alla luce dell'esperienza fin qui acquisita, proseguiranno anche le attività di ricerca e sviluppo presso i LNS sia nel campo dello studio d'acceleratori per ioni leggeri da impiegare in campo terapeutico sia nel campo della dosimetria e della diagnostica di fasci clinici.

Per l'immediato futuro è previsto nel 2004 il completamento del 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 d'elevato potere risolutivo in massa di prossima installazione. I piani di sviluppo dei LNS prevedono nel 2004 il commissioning finale della facility EXCYT e nell'anno successivo l'avvio della sperimentazione con particolare riguardo ai programmi d'astrofisica nucleare e allo studio dei meccanismi di reazione e della struttura nucleare. Questi programmi troveranno grande impulso dall'entrata in funzione dello spettrometro magnetico ad elevato potere risolutivo MAGNEX, il cui commissioning è previsto nel 2004, e che verrà impiegato nel 2005-2006 per studi di spettroscopia ad alta risoluzione di nuclei leggeri ricchi di neutroni.

Nel 2005, anche alla luce dei risultati e delle intensità massime di fascio primario ottenute, sarà completato lo studio di 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.

Procede inoltre l'attività del progetto NEMO che ha in programma la realizzazione di un sistema per la validazione delle tecnologie che potranno essere utilizzate per la realizzazione di un telescopio sottomarino per neutrini d'alta energia nella scala del km<sup>3</sup>. Il sistema sarà installato al largo delle coste di Catania usufruendo dell'infrastruttura già disponibile presso il porto di Catania, costituita da una laboratorio di terra e da un cavo elettro ottico lungo circa 25km e verrà collegato in linea con i LNS.

L'attività per la realizzazione del 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, a una profondità di 2100 metri, dei sottocomponenti modulari di un telescopio sottomarino del tipo km<sup>3</sup>.

Si realizzeranno 3 *Junction Box* complete d'elettronica di trasmissione dati, sistema d'alimentazione e distribuzione della potenza collegate insieme tramite *jumper* elettro-ottici, di due torri munite di moduli ottici, sistema di trasmissione dati, sistema di distribuzione della potenza, sistema di posizionamento acustico.

Per il completamento del progetto sono state presentate due richieste di cofinanziamento al MIUR. Una per la realizzazione dell'infrastruttura del test site denominata progetto LAMS, già approvata, ed una per la realizzazione di 2 prototipi di torre modello NEMO denominata progetto SIRENA, in fase di valutazione.

Durante l'anno 2003 l'attività si è incentrata nella progettazione preliminare dei sottosistemi principali del progetto.

Entro l'anno 2004 si prevede il completamento dell'attività di progettazione esecutiva dei singoli sottosistemi con particolare riferimento al progetto della torre modello NEMO. Sempre nell'anno 2004 saranno realizzate alcune parti relative alle junction box, in particolare il sistema di distribuzione della potenza e parte della meccanica.

Per l'anno 2005 è prevista l'integrazione delle *Junction Box* e la costruzione e integrazione di una mini-torre modello NEMO. I sistemi integrati saranno depositati e collegati sul fondo del mare, mediante connettori elettro-ottici, al cavo elettro-ottico principale proveniente dalla stazione di terra. Entro la fine del 2005

sarà quindi installata sul fondo del mare la rete di 3 *junction box*, cui sarà connessa una mini-torre necessaria per valutare la fattibilità tecnica del modello completo della torre stessa.

Per l'anno 2006 si prevede l'integrazione e la realizzazione, nel caso di approvazione del progetto SIRENA, di due torri modello NEMO che saranno collegate alla rete di *junction box*.

Durante questi anni proseguirà il monitoraggio geofisico e oceanografico del sito al largo di Capo Passero, candidato all'installazione del telescopio sottomarino Km<sup>3</sup>.

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

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

## LE SEZIONI E I GRUPPI COLLEGATI

Le Sezioni sono Unità operative con sede presso i Dipartimenti di fisica universitari. Ad alcune Sezioni sono associati Gruppi collegati con sede presso Dipartimenti di fisica di altre Università.

Le Sezioni e i Gruppi collegati costituiscono lo stretto collegamento con l'Università e i suoi giovani. Tale collegamento costituisce un aspetto essenziale della struttura dell'INFN, sin dalla sua istituzione.

Le Sezioni (con i relativi Gruppi collegati citati tra parentesi) sono: Trieste (Udine), Padova (Trento), Milano (Parma), Pavia (Brescia), Torino (Alessandria), Genova, Bologna, Ferrara, Firenze, Pisa (Siena), Perugia, Roma (Istituto Superiore di Sanità), Roma2, Roma3, Napoli (Salerno), Bari, Lecce, Catania (Messina), Cagliari. Il Gruppo Collegato dell'Università dell'Aquila è associato ai LNGS e quello dell'Università di Cosenza ai LNF.

Alle Sezioni è affidata una consistente parte dell'attività di ricerca dell'Istituto, condotta dal personale dipendente e associato, prevalentemente universitario, che fruisce delle infrastrutture tecniche e amministrative fornite dall'INFN. Le infrastrutture tecniche sono a disposizione anche della generale attività di ricerca dei Dipartimenti.

L'attività di ricerca delle Sezioni è prevalentemente svolta presso i laboratori nazionali dell'INFN, il consorzio EGO, il CERN di Ginevra, i maggiori laboratori stranieri dotati d'acceleratori, gli speciali siti che ospitano gli esperimenti di fisica

astroparticellare, incluso lo Spazio. Le Sezioni sono esse stesse sedi delle attività di ricerca teorica, di ricerca e sviluppo strumentale e tecnologico, eventualmente in collegamento con altre discipline; Quando il tipo di ricerca lo permette, esse possono essere sede anche d'attività sperimentale.

Le Sezioni sono largamente dotate di mezzi di calcolo e sono intensamente impegnate nel loro sviluppo. Ciò consente lo svolgimento in sede dell'attività di sviluppo di progetti scientifici e d'analisi dei dati prodotti dagli esperimenti condotti presso i laboratori nazionali o altrove.

Le Sezioni sono anche dotate delle infrastrutture di base per lo sviluppo e la costruzione dei rivelatori e dell'elettronica da impiegare negli esperimenti.

In tabella finanziaria sono mostrate le spese di funzionamento e potenziamento delle infrastrutture di base per le Sezioni e i Gruppi Collegati.

*La descrizione dettagliata dell'attività delle Sezioni è disponibile ai siti WEB:*

<http://www.ba.infn.it>  
<http://www.bo.infn.it>  
<http://www.ca.infn.it>  
<http://www.ct.infn.it>  
<http://www.fe.infn.it>  
<http://www.fi.infn.it>  
<http://www.ge.infn.it>  
<http://www.le.infn.it>  
<http://www.mi.infn.it>  
<http://www.na.infn.it>  
<http://www.pd.infn.it>  
<http://www.pv.infn.it>  
<http://www.pg.infn.it>  
<http://www.pi.infn.it>  
<http://www.roma1.infn.it>  
<http://www.roma2.infn.it>  
<http://www.roma3.infn.it>  
<http://www.to.infn.it>  
<http://www.ts.infn.it>

## EGO, L'OSSERVATORIO GRAVITAZIONALE EUROPEO

Il consorzio italo-francese 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 divenuto ormai completamente operativo.

Il consorzio si è dotato nel corso del 2002 degli ordinamenti necessari al suo funzionamento e ha reclutato gran parte del personale indispensabile al perseguimento dei suoi scopi.

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, 3km, 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) che si presume potrà prendere circa un anno.

Compito iniziale di EGO è fornire a VIRGO il necessario supporto tecnico e realizzare le necessarie infrastrutture per il suo funzionamento. In particolare EGO dovrà dotare 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 74TB e nel corso del 2004, è prevista l'installazione di capacità di calcolo per 300Gflops, destinata all'analisi on-line dei dati sperimentali, mentre per l'analisi off-line si farà ricorso alle capacità di calcolo e di immagazzinamento dati presso i centri di calcolo di Bologna per l'INFN e di Lyon per il CNRS.

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.

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&S partecipano, oltre alla maggior parte dei laboratori partecipanti a VIRGO, anche numerosi altri laboratori attivi nella ricerca di onde gravitazionali in Europa.

Il finanziamento previsto per i prossimi tre anni per il consorzio, 50% CNRS francese e 50% INFN, è per quanto attiene all'INFN, quello della tabella del Profilo di Spesa 2004-2006.

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

<http://www.ego-gw.it>

## CNAF

IL CNAF è il Centro nazionale dell'INFN dedicato alla ricerca e allo sviluppo nel campo delle discipline informatiche e telematiche, applicate alle 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, DataGRID, DataTAG, EGEE). In tale ambito contribuisce sia allo sviluppo software sia alla realizzazione d'infrastrutture 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).

Il CNAF è anche una delle sedi che partecipano al progetto pilota GARR-G (rete GARR alla velocità dei Gigabit), proseguendo così nell'attività che l'ha visto coinvolto, negli ultimi venti anni, alla frontiera della sperimentazione di rete in Italia e nel mondo.

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.

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

1. Sperimentazione nel settore GRID per lo sviluppo di nuovi servizi e architetture 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 un *Regional Operation Centre* a livello Italiano e un *Grid Operation Centre* a livello Europeo.
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.

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

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, passerà nella nuova sala macchine.

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

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

### 3.8 RISORSE UMANE

La realizzazione dei programmi di ricerca previsti dal presente piano triennale richiederà un notevole impegno, oltre che sul piano delle realizzazioni strumentali, anche in termini di risorse umane.

La dotazione organica complessiva del personale di ruolo dell'INFN è costituita da complessive 2.014 posizioni, tutte afferenti ad un'unica area scientifica, alle quali devono aggiungersi i contratti a tempo determinato, entro i limiti imposti dalla normativa vigente.

Le linee essenziali che si ritengono compatibili all'attuazione del presente piano possono essere così sintetizzate:

- assenza di vincoli legislativi alla assunzione di personale a tempo indeterminato e determinato dipendente e con contratti a progetto;
- progressivo completamento nel triennio dell'attuale dotazione organica complessiva sulla base delle esigenze di sviluppo previste e del correlato fabbisogno di personale;
- utilizzazione dei contratti a termine almeno in misura pari a quella attualmente consentita;
- sostanziale conservazione dell'attuale rapporto tra spesa di personale e spesa complessiva.

L'andamento previsto nel triennio nell'avvio delle procedure di reclutamento di personale a tempo indeterminato, fino al completamento della dotazione organica, è il seguente:

2004	2005	2006
195	20	4

Nel triennio saranno altresì attivate procedure concorsuali con cadenza biennale per il I e II livello dei profili di Ricercatore e Tecnologo, i livelli apicali per ciascun profilo, i passaggi a livello superiore nel profilo per il personale tecnico-amministrativo secondo le modalità riportate nelle tabelle seguenti:



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

Profilo	Livello	Posti a concorso		
		2004	2005	2006
Dirigente di Ricerca	I		15	
Dirigente tecnologo	I		6	
Primo Ricercatore	II	30		20
Primo tecnologo	II	15		10

### Progressioni economiche nel livello apicale

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2004	2005	2006
CTER	IV		11	
Operatore tecnico	VI			
Ausiliario tecnico	VIII			
Funzionario di amm.ne	IV		6	
Collaboratore di amm.ne	V		6	
Operatore di amm.ne	VII			
Totale			23	

### Passaggi al livello superiore nel profilo

Profilo	Livello	Posti a selezione		
		2004	2005	2006
CTER	IV			28
CTER	V	11		46
Operatore tecnico	VI	2		
Operatore tecnico	VII			2
Ausiliario tecnico	VIII			
Funzionario di amm.ne	IV	2		1
Collaboratore di amm.ne	V	3		10
Collaboratore di amm.ne	VI	11		5
Operatore di amm.ne	VII			
Operatore di amm.ne	VIII			
Totale		29		92

La ripartizione sul territorio nazionale del personale a tempo indeterminato nei singoli anni del piano è prevista essere la seguente:

	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Nord	791	800	802
Centro	875	885	887
Sud	324	325	325
<b>Totale</b>	<b>1.990</b>	<b>2.010</b>	<b>2.014</b>

La spesa complessiva, in milioni di Euro, prevista per il personale (incluso in essa anche le spese per la formazione, i contratti a termine e il programma di borse di studio e assegni di ricerca) è riassunta nella tabella che segue:

	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Spesa per le risorse umane	119	120	121
Spesa complessiva	304	312	316
% delle spese di personale sul totale	39.2	38.5	38.3

In maggior dettaglio la consistenza numerica e i relativi costi sono indicati nei quadri A, B e C allegati.

- Il quadro A riporta, oltre alla dotazione organica vigente suddivisa nei profili professionali, la situazione del personale in servizio prevista al 31 dicembre 2003 e relativi costi suddivisi nelle tipologie indicate.
- Il quadro B riporta la programmazione del triennio 2004-2006 del fabbisogno di personale nelle varie tipologie.
- Il quadro C, infine, riepiloga la spesa complessiva prevista nel triennio per le risorse umane.

Va ricordato che la partecipazione all'attività dell'Istituto del personale – in massima parte universitario – con incarico di ricerca o di associazione, viene svolta a titolo gratuito.

## QUADRO A - SITUAZIONE DEL PERSONALE AL 31.12.2003

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

Profilo	Dotazione organica	In servizio al 31.12.2003	Costo 2003 (in migl. di Euro)
DIRIGENTE I FASCIA	3	1	131
DIRIGENTE II FASCIA	5	3	264
RICERCATORE	624	565	35.630
TECNOLOGO	254	218	12.106
COLL. TEC. E.R.	646	570	19.692
OPERATORE TECNICO	160	147	4.362
AUSILIARIO TECNICO	9	9	244
FUNZIONARIO AMM.NE	81	69	2.587
COLLABORATORE AMM.NE	222	188	5.792
OPERATORE AMM.NE	10	10	283
<b>TOTALE</b>	<b>2.014</b>	<b>1.780</b>	<b>81.091</b>

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

Tipologia di personale	Profilo	In servizio al 31.12.2003 (*)	Costo 2003 (in migliaia di Euro)
Personale a contratto di alta qualificazione o assunto in relazione ai programmi di attività	Ricercatore	35	2.089
	Tecnologo	79	3.716
	Coll. Tec. E.R.	45	1.483
	Operatore Tecnico	2	58
	Collaboratore Amm.ne	47	1.438
	<b>Totale</b>		<b>208</b>
Personale a contratto trimestrale per esigenze di carattere straordinario	Coll. Tec. E.R.	10	337
	Operatore Tecnico	13	340
	Ausiliario Tecnico	1	28
	Collaboratore Amm.ne	23	699
	<b>Totale</b>		<b>47</b>

(\*) espresso in anni-persona

### A.3 - COLLABORAZIONI

Tipologia della collaborazione	Nuovi contratti al 31.12.2003	Costo 2003 (in migliaia di Euro)
Assegni per la collaborazione all'attività di ricerca (art. 51 legge 27.12.97 n° 449)	60	650
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

### A.4 - BORSE DI STUDIO

n. borse assegnate al 31.12.2003	Costo 2003 (in migliaia di Euro)
250	3.150

### A.5 - PERSONALE ASSOCIATO a titolo gratuito previsto al 31.12.2003

Incarichi di ricerca	952
Incarichi di associazione	1.865
Incarichi di collaborazione tecnica	143
Incarichi di associazione tecnica e tecnologica	374

## QUADRO B - PROGRAMMAZIONE TRIENNALE DEL FABBISOGNO DI PERSONALE

B.1 PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO INDETERMINATO	Costo 2003 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2004			FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006		
		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	131		1	131		1	131		1	131
Dirigente II fascia	264		3	264	2	5	334		5	440
Ricercatore	35.630	55	620	37.164	5	625	38.424		625	38.625
Tecnologo	12.106	38	256	13.034	2	258	14.071	1	259	14.161
Collaboratore Tecnico Enti Ricerca	19.692	65	635	20.537	7	642	21.829	3	645	22.238
Operatore Tecnico	4.362	7	154	4.436		154	4.532		154	4.541
Ausiliario Tecnico	244		9	244		9	244		9	244
Funzionario Amm.ne	2.587	5	74	2.663	4	78	2.823		78	2.899
Collaboratore Amm.ne	5.792	38	226	6.264		226	6.873		226	6.914
Operatore Amm.ne	283		10	283		10	283		10	283
<b>Totale personale a tempo indeterminato</b>	<b>81.091</b>	<b>208</b>	<b>1.988</b>	<b>85.020</b>	<b>20</b>	<b>2.008</b>	<b>89.544</b>	<b>4</b>	<b>2.012</b>	<b>90.476</b>

B.2 PERSONALE DIPENDENTE A TEMPO DETERMINATO	Costo 2003 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2004			FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006		
		Incrementi previsti	Personale in servizio (*)	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Personale in servizio (*)	COSTO (migliaia di Euro)	Incrementi previsti	Personale in servizio (*)	COSTO (migliaia di Euro)
<b>Pers. di alta qualific o assunto per i programmi</b>										
Ricercatore	2.089		35	2.089		35	2.089		35	2.089
Tecnologo	3.716		79	3.716		79	3.716		79	3.716
Collaboratore Tecnico Enti Ricerca.	1.483		45	1.483		45	1.483		45	1.483
Operatore Tecnico	58		2	58		2	58		2	58
Collaboratore Amm.ne	1.438		47	1.438		47	1.438		47	1.438
<b>Totale</b>	<b>8.784</b>		<b>208</b>	<b>8.784</b>		<b>208</b>	<b>8.784</b>		<b>208</b>	<b>8.784</b>
<b>Contratti trimestrali per esigenze straordinarie</b>										
Collaboratore Tecnico Enti Ricerca	337		10	337		10	337		10	337
Operatore tecnico	340		13	340		13	340		13	340
Ausiliario Tecnico	28		1	28		1	28		1	28
Collaboratore Amm.ne	699		23	699		23	699		23	699
<b>Totale</b>	<b>1.404</b>		<b>47</b>	<b>1.404</b>		<b>47</b>	<b>1.404</b>		<b>47</b>	<b>1.404</b>
<b>Totale personale a tempo determinato</b>	<b>10.188</b>		<b>255</b>	<b>10.188</b>		<b>255</b>	<b>10.188</b>		<b>255</b>	<b>10.188</b>

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

<b>B.3 COLLABORATORI</b>	Costo 2003 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2004			FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006		
		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	470	15	75	731	8	83	856	8	91	942
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
<b>Totale collaborazioni</b>	<b>1.775</b>	<b>15</b>	<b>130</b>	<b>2.036</b>	<b>8</b>	<b>138</b>	<b>2.161</b>	<b>8</b>	<b>146</b>	<b>2.247</b>

<b>B.4 BORSE DI STUDIO</b>	Costo 2003 (migliaia di Euro)	FABBISOGNO 2004			FABBISOGNO 2005			FABBISOGNO 2006		
		Incrementi previsti	Borse assegnate	COSTO migliaia di Euro	Incrementi previsti	Borse assegnate	COSTO migliaia di Euro	Incrementi previsti	Borse assegnate	COSTO migliaia di Euro
<b>Totale borse di studio</b>	2.700		250	3.150		250	3.150		250	3.150

## QUADRO C - RIEPILOGO DELLE SPESE PER RISORSE UMANE

RISORSE UMANE	COSTO (migliaia di Euro)			
	2003	2004	2005	2006
<b>PERSONALE DIPENDENTE</b>				
Personale a tempo indeterminato	81.091	85.020	89.544	90.476
Personale a tempo determinato	10.188	10.188	10.188	10.188
Fondo liquidazione e previdenza	7.500	7.700	7.800	7.950
Benefici di natura assistenziale e sociale	1.200	1.200	1.200	1.200
Formazione del personale dipendente	1.600	1.600	1.600	1.600
Fondo rinnovi contrattuali	3.300	3.300		
<b>COLLABORATORI</b>	1.955	2.036	2.161	2.247
<b>BORSE DI STUDIO</b>	3.150	3.150	3.150	3.150
<b>CONTRIBUTI E COFINANZIAMENTI ALLE UNIVERSITA'</b>				
Contributi alle università per borse di dottorato	2.500	2.900	2.900	2.900
Assegni di ricerca in cofinanziamento con le università	1.700	1.700	1.700	1.700
<b>TOTALE</b>	<b>114.184</b>	<b>118.794</b>	<b>120.243</b>	<b>121.411</b>

### 3.9 IMPATTO SOCIO-ECONOMICO E INTERDISCIPLINARE

In questo paragrafo illustreremo l'evoluzione prevista nei diversi canali d'impatto socio-economico e interdisciplinare dell'Istituto: da quelli naturalmente collegati all'attività di ricerca, a quelli risultanti da un'azione mirata al trasferimento di conoscenza.

#### TRASFERIMENTO DI CONOSCENZA ATTRAVERSO I GIOVANI

Una consistente frazione dei laureandi, borsisti, dottorandi e collaboratori di ricerca associati alle attività dell'Istituto trova occupazione nell'industria, portando con se la conoscenza acquisita in uno dei filoni tecnologici dell'Istituto, spesso arricchita da esperienze internazionali e unita all'attitudine mentale tipica della ricerca, aperta all'innovazione.

La crescente consapevolezza dell'importanza di quest'aspetto dell'attività di ricerca costituisce stimolo a migliorarne l'efficacia. Ne sarà stabilizzato il monitoraggio e approfondita l'analisi.

## TRASFERIMENTO TECNOLOGICO ATTRAVERSO LE FORNITURE

Le ricerche dell'Istituto richiedono l'ideazione, lo sviluppo e la costruzione d'apparecchiature a tecnologia avanzata. L'Istituto svolge tale attività nell'ambito della collaborazione e competizione internazionale, e cura di coinvolgere le industrie nazionali, soprattutto piccole e medie, traendo vantaggio dalla loro collaborazione e nello stesso tempo contribuendo a migliorarne la competitività in settori quali l'elettronica, l'informatica, la superconduttività, la criogenia, l'alto vuoto e la meccanica.

Nel prossimo triennio, la costruzione di LHC e dei suoi quattro apparati sperimentali – certamente la massima impresa mai affrontata in fisica subnucleare – entrerà nella fase conclusiva. Si segnalano gli impegni dell'industria italiana nella realizzazione dei grandi dipoli superconduttori di LHC lunghi 15m, delle gigantesche bobine superconduttrici di ATLAS lunghe 28m, del solenoide superconduttore di CMS ad altissimo campo, dei sofisticati rivelatori traccianti al silicio, degli alimentatori di alte tensioni di precisione, dell'elettronica resistente alla radiazione per la lettura e l'elaborazione rapida dei segnali, della meccanica ultraleggera di sostegno e posizionamento dei rivelatori. Tali impegni industriali possono svilupparsi nei due modi seguenti. Nel primo caso essi sono il risultato dell'azione diretta, nella costruzione dei rivelatori per gli esperimenti a LHC, dei gruppi di ricerca INFN; nel secondo gli impegni industriali costituiscono forniture al CERN per la costruzione di parti dell'acceleratore LHC, con il supporto degli esperti dell'Istituto. Nell'ultimo caso l'attività del *Liaison Officer* per l'industria italiana al CERN, promossa e sostenuta dall'Istituto, contribuisce visibilmente a mantenere elevato il ritorno in Italia dei finanziamenti al CERN attraverso le forniture.

Oltre agli impegni di costruzione per LHC, vanno tenuti presente quelli collegati alle altre attività dell'Istituto:

- In fisica subnucleare e nucleare presso altri acceleratori di particelle in Italia e all'estero
- In fisica astroparticellare nello Spazio, nei laboratori del Gran Sasso, in Ego e in altre sedi
- In fisica teorica, con lo sviluppo dei calcolatori APE
- Nelle ricerche tecnologiche e interdisciplinari.



## TRASFERIMENTO DI CONOSCENZA IN CAMPO INFORMATICO

La ricaduta tecnologica di maggior impatto sulla Società risultante dalle ricerche di fisica subnucleare è certamente stata, negli ultimi decenni, l'invenzione del Web al CERN, frutto delle esigenze di rapido collegamento e scambio d'informazioni dei grandi gruppi internazionali di ricerca a LEP.

I ricercatori dell'INFN hanno dato un contributo decisivo allo sviluppo del Web, in particolare con la realizzazione della rete telematica INFNet, sviluppata in precedenza per le analoghe esigenze dei gruppi italiani.

In virtù delle competenze così acquisite l'INFN, secondo quanto stabilito da una convenzione con il MURST del 1998, ha attuato il progetto GARR-B, la rete informatica a larga banda per le università e la ricerca scientifica in Italia. Alla fine del 2002 è stato costituito il *Consortium* GARR, al quale l'INFN ha trasferito la conduzione del progetto stesso. Per via del ruolo su ricordato, l'INFN rappresenta la comunità scientifica italiana nell'ambito della programmazione e del coordinamento nello sviluppo delle reti a livello internazionale. Di particolare rilevanza sono i progetti europei GEANT, 6NET, EUMEDIS.

Le eccezionali richieste di calcolo degli esperimenti a LHC al CERN hanno portato al lancio del progetto *Grid* per l'uso in rete delle risorse distribuite di calcolo. L'idea è strutturalmente analoga a quella del Web: sviluppare il *middleware* capace di rendere facilmente accessibili al generico utente in rete non solo informazioni, ma anche grandi quantità di dati assieme alla potenza di calcolo necessaria per elaborarli.

L'Istituto è intensamente impegnato nello sviluppo della *Grid* attraverso un progetto speciale, nell'ambito del quale particolare attenzione viene rivolta allo sfruttamento del cospicuo potenziale d'impatto su altre discipline e sul sistema produttivo, anche attraverso la formazione di giovani (si veda il paragrafo dedicato al progetto speciale).

## TRASFERIMENTO DI CONOSCENZA ALLA MEDICINA, AI BENI CULTURALI E ALL'AMBIENTE

La medicina rappresenta un fertile e tradizionale campo d'applicazione della fisica nucleare e subnucleare, dall'impiego degli acceleratori nella cura dei tumori, a quello dei rivelatori di radiazione e delle tecniche di ricostruzione d'immagini nella diagnostica medica.

Nei prossimi anni il massimo impegno dell'INFN in campo medico sarà la partecipazione alla costruzione del Centro nazionale d'adroterapia oncologica di Pavia. Nel 2003 l'INFN ha stipulato con la fondazione CNAO l'accordo quadro che getta le basi della collaborazione. Il progetto del Centro trae origine dall'attività di ricerca e sviluppo ATER dell'INFN. L'Istituto darà un contributo essenziale al progetto attraverso le proprie conoscenze nel campo degli acceleratori, in particolare di quelli della fisica nucleare, e attraverso l'esperienza direttamente acquisita nel settore dell'adroterapia con il progetto CATANA nei laboratori del Sud.

L'INFN si propone di sostenere il CNAO nel raggiungimento dei suoi obiettivi, tra i quali, oltre alla costruzione di un Centro avanzato d'adroterapia, c'è la ricerca tecnologica, sia nel settore degli acceleratori di particelle, in vista di successivi sviluppi del Centro, sia nel settore dei rivelatori, elettronica e informatica, d'interesse nel relativo settore diagnostico.

La collaborazione con il CNAO avverrà innanzitutto attraverso i tre laboratori nazionali dotati d'acceleratori di Frascati, Legnaro e del Sud. E' anche previsto il contributo di un gruppo della sezione di Torino e altri, da altre sezioni, si potranno aggiungere. Un ruolo di particolare rilievo potrà essere svolto dalla sezione di Pavia, situata nell'Università che ospiterà il Centro.

Per quanto sopra detto, la collaborazione dell'INFN sarà diffusa e potrà utilmente avvalersi dell'azione della CSN5, per la promozione e il coordinamento dell'attività di ricerca e sviluppo nel settore degli acceleratori e dei rivelatori.

La struttura distribuita della collaborazione tra l'Istituto e il CNAO rende necessaria un'azione di coordinamento che è affidata al co-responsabile di parte INFN, previsto dall'accordo.

Numerose altre attività sono previste per l'applicazione delle tecniche nucleari e subnucleari alla medicina e ad altre discipline, quali i beni culturali e l'ambiente. Per esempio nel 2004 entrerà in funzione LABEC, presso la sezione di Firenze, il laboratorio di tecniche nucleari applicate ai Beni Culturali e all'Ambiente. Per la loro descrizione si rinvia ai paragrafi dedicati ai laboratori nazionali e alla linea di ricerca tecnologica e interdisciplinare.

## FORMAZIONE ESTERNA E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

L'Istituto si è dotato dal 1999 della Commissione per la formazione esterna e il trasferimento tecnologico, con lo scopo di promuovere azioni mirate al trasferimento di conoscenza al sistema produttivo.

Sono stati conseguiti ottimi risultati, in particolare per quanto riguarda la formazione, con i numerosi corsi organizzati in diverse sedi dell'Istituto e con quelli organizzati in collaborazione con associazioni industriali.

La commissione ha promosso la stipulazione di convenzioni con imprese che mirano a stabilire rapporti di collaborazione aventi come obiettivi da una parte il trasferimento di conoscenza alle imprese stesse, dall'altra lo sviluppo di dispositivi e processi d'interesse per l'Istituto.

Sulla base dell'esperienza finora maturata, le principali linee d'azione future sono le seguenti:

- Progettazione, promozione e monitoraggio di corsi di formazione e di *stages* formativi in collegamento con imprese
- Individuazione d'azioni volte all'attuazione degli accordi esistenti con organizzazioni industriali, nonché promozione di nuovi accordi
- Sviluppo di modelli di collaborazione con le imprese
- Promozione d'iniziative atte a favorire l'avvio di nuove imprese, in collaborazione con le locali università e le agenzie a ciò dedicate
- Ideazione d'iniziative al fine di migliorare l'inserimento delle PMI in campo europeo e internazionale.

## COLLABORAZIONE CON ENTI LOCALI E IMPRESE

Tra i vari accordi di collaborazione con imprese di particolare rilievo è quello stipulato con BRACCO. E' stato notevole l'impegno necessario per giungere a formulare un accordo, sia funzionale, sia rispondente alle esigenze delle parti.

L'INFN e la Provincia Autonoma di Trento hanno recentemente concordato l'avvio di due programmi di ricerca, nell'ambito della convenzione sottoscritta nel 2001.

Alla base della decisione c'è la lunga tradizione di collaborazione dell'INFN con Istituti trentini di ricerca scientifica e tecnologica, quali l'IRST e l'ECT\*, sostenuti dal governo provinciale.

I due programmi sono:

1. SAE, finalizzato allo sviluppo di sistemi di calcolo avanzato, riguardante la realizzazione di un sistema di calcolo parallelo, che utilizza tecnologie innovative per l'interconnessione ad alta velocità tra i nodi della rete locale.
2. MEMS, finalizzato allo sviluppo di microsistemi innovativi per la realizzazione per esperimenti d'alta energia, attività spaziali e altro. Il progetto prevede sviluppi nelle seguenti quattro aree d'interesse congiunto INFN/ITC-irst: rivelatori di radiazione in silicio ad alta resistività con elettrodi tridimensionali, matrici di micro-fotomoltiplicatori al silicio per la rivelazione di luce, matrici di microbolometri, rivelatori a proiezione temporale in silicio a bassa temperatura.

La Giunta Provinciale di Trento, nella riunione del 30 dicembre 2003, ha approvato un impegno di spesa di 3.690.000,00 Euro, per la realizzazione di tali programmi, comprendenti il finanziamento di sei borse di studio triennali.

I dettagli operativi dei due programmi sono in corso di definizione da parte dei responsabili scientifici dell'INFN e saranno sottoposti nel mese di gennaio all'approvazione dello stesso Istituto.

#### MASTER IN COLLABORAZIONE CON L'UNIVERSITÀ

Dal 2002 l'Istituto ha attivato, in collaborazione con le università di Roma della Sapienza e di Tor Vergata, la prima edizione di due Master, basati nei laboratori di Frascati, allo scopo di costituire un efficace canale per il trasferimento di conoscenza verso il mondo produttivo, nell'ambito di filiere tecnologiche caratteristiche dell'INFN.

Nell'autunno 2003 è terminata la prima edizione dei due Master, rispettivamente in *Information Technology* e in Tecniche Nucleari per industria, ambiente e beni culturali, che ha visto la partecipazione di 25 studenti. In entrambi i Master, l'attività per le tesi è stata svolta presso ditte e enti di ricerca, riguardo a "prodotti funzionanti". Le imprese coinvolte hanno apprezzato molto la collaborazione degli studenti che in alcuni casi ha portato alla loro assunzione.

Sulla scia del felice avvio di questi esperimenti formativi è stata rinnovata la convenzione con le due Università romane per la seconda edizione dei master e si è rafforzata l'intenzione di esplorare sistematicamente le potenzialità di questo

canale di trasferimento di conoscenza anche in altre sedi e nell'ambito d'altre filiere tecnologiche dell'INFN.

Analoga esperienza è stata condotta a Padova, con il Master INFN-Università, nell'anno accademico 2002-03, sui "Trattamenti di Superficie per applicazioni meccaniche innovative per l'Industria". Gli iscritti sono stati quattro, laureati in Scienza dei Materiali, sponsorizzati da altrettante aziende interessate all'inserimento nel loro organico di personale specializzato nei trattamenti di superficie.

Per l'anno accademico 2003/04 il Master è stato ripresentato e accettato dall'Università di Padova e sarà indirizzato, secondo quanto richiesto dall'industria delle tecniche di galvanica, alle deposizioni PVD-CVD e alle tecniche di pulizia elettrochimica delle superfici.

#### TRASFERIMENTO TECNOLOGICO ATTRAVERSO LE LEGGI 95/95

L'INFN partecipa ai programmi della Legge 95/1995, concepiti per promuovere il contatto tra ricerca e industria, con l'obiettivo di migliorare la competitività di quest'ultima, e giunti alla fase conclusiva.

Il programma "criogenia e superconduttività", con accordo stipulato nel 1997, è concluso e ha coinvolto con successo Europa Metalli, Ansaldo Energia, Zanon, e Air Liquide Italia. Il programma "strumentazione scientifica", con accordo stipulato nel 1998, si è articolato su temi di frontiera della strumentazione della fisica subnucleare e astroparticellare, con la partecipazione di ST.Microelectronics, ALENIA, LABEN e CAEN. Tutti i suddetti progetti hanno consentito di definire i processi e le tecnologie costruttive per la produzione, in atto, di un gran numero di parti dell'acceleratore LHC e degli apparati ATLAS, CMS, ALICE, LHCb (a LHC) e ICARUS (ai LNGS).

Il Programma TRASCO/ADS (L. 95/1995 e Fondi per i progetti strategici, art. 51.9 legge 27.12.1997, V Programma Quadro EURATOM) riguarda lo studio di un acceleratore superconduttivo di protoni ad alta potenza e di un sistema sottocritico, da esso sostenuto, per bruciare residui radioattivi ed è svolto insieme all'ENEA. L'INFN si occupa della parte relativa all'acceleratore. Lo studio ha lo scopo di dimostrare, attraverso lo sviluppo di tecnologie adeguate e con la realizzazione di prototipi di componenti cruciali, la fattibilità di un acceleratore di protoni con una potenza di fascio dell'ordine delle decine di megawatt e con caratteristiche di affidabilità, disponibilità e riparabilità ben al di là degli standard degli acceleratori

usati per la ricerca nucleare e subnucleare. La prima parte del programma è terminata. E' stato sviluppato un disegno concettuale di linac superconduttivo di 1GeV e corrente fino a 25mA e sono stati realizzati prototipi di parti rilevanti dell'acceleratore, quali la sorgente, l'RFQ e le cavità RF superconduttive. Sono state coinvolte con successo CINEL, CESI, HITEC-SISTEC, SAES e ZANON. Sono in corso attività volte alla realizzazione completa dell'iniettore, di una prima sezione dell'acceleratore di energia intermedia, di un modulo accelerante multicavità, completo di criostato e del linac superconduttivo finale. E' in corso, anche, uno studio accurato dell'affidabilità di diverse parti critiche dell'acceleratore.

Il programma "Elettronica e Rivelatori di Particelle per Ricerche Spaziali", è sviluppato in collaborazione con varie università e con le industrie attive nel settore spaziale. Il programma è finalizzato alla progettazione e realizzazione di sistemi ad alta tecnologia, per applicazioni scientifiche e commerciali nello spazio, e al trasferimento alle industrie del settore delle conoscenze acquisite dall'INFN nel campo di dispositivi elettronici e dei rivelatori di particelle. Il programma ha comportato la realizzazione di una memoria di massa di grandi dimensioni, di un processore veloce per acquisizione ed elaborazione dati, di dispositivi elettronici per il trattamento dei segnali di rivelatori di particelle, di sistemi di alimentazione elettrica, di strutture meccaniche leggere e di rivelatori al silicio. I dispositivi realizzati hanno trovato il loro utilizzo nelle missioni spaziali a scopo scientifico PAMELA e ALTEA, già in fase di test pre-lancio, ed in AMS, in stato di avanzata costruzione. Parte di questa strumentazione è anche utilizzata in missioni destinate al monitoraggio del territorio e a fini commerciali, mentre l'attività di progettazione ha permesso alle industrie partecipanti di competere in gare internazionali e di ottenere commesse di rilevante valore.

#### IL LABORATORIO SOTTOMARINO NEMO

E' un apparato da realizzarsi a grande profondità nel Mediterraneo finalizzato all'osservazione di neutrini di altissima energia di origine galattica ed extra-galattica. Questo rivelatore deve avere un'area efficace minima di  $1\text{km}^2$  ed un volume dell'ordine di  $1\text{km}^3$ , inoltre, per l'esiguità dei flussi deve essere ben protetto dalla radiazione cosmica e da qui la necessità di collocarlo a 3000-4000 metri di profondità nel mare.

Gli studi effettuati dall'INFN in vari siti del Mediterraneo hanno portato all'individuazione al largo di Capo Passero (Sicilia) di una zona perfettamente rispondente, per caratteristiche oceanografiche e per l'eccezionale trasparenza delle

acque, alle esigenze del progetto. Si è avviato, inoltre, un programma avanzato di R&S presso la stazione di prova sottomarina dei LNS , che prevede la realizzazione di prototipi e la verifica delle tecniche di *deployment*. Il programma ha ottenuto un cofinanziamento di 3MEuro sui fondi PON 2000-2006 (bando 68/2002) ed ha in fase di valutazione, presso il Ministero della Ricerca, un'ulteriore richiesta di cofinanziamento di 1.8MEuro sui fondi del Decreto Direttoriale n. 1105/2002. E' anche emerso un forte interesse multidisciplinare con la partecipazione d'altri enti (INGV, OGS, CNR) in programmi riguardanti lo studio ed il monitoraggio on-line di fenomeni ambientali e sismologici a grandi profondità marine, che ha portato l'INFN, in partnership con l'INGV a presentare una richiesta di finanziamento alla Regione Siciliana sulla Misura 3.15 Sottoazione C per "il potenziamento delle infrastrutture e laboratori esistenti".

Nel progetto è importante l'aspetto di ricerca industriale per l'attività sviluppata da aziende, sia di grande che di medio-piccola dimensione, interessate alla sperimentazione di nuove parti da realizzare per la costruzione del laboratorio sottomarino.

#### RICERCA INTERNAZIONALE E RELAZIONI TRA PAESI

Alcune attività dell'Istituto si segnalano per il potenziale d'impatto socio-economico che risulta dalla capacità d'instaurare contatti con paesi di particolare interesse per ragioni, ad esempio, politiche o commerciali. Citiamo al riguardo l'osservatorio italo-cinese ARGO per gamma-astronomia ad alta quota in Tibet e le attività in Libia nel settore dei beni Culturali.

#### BREVETTI

Come si è fin qui visto, l'attività dell'Istituto è tipicamente condotta da collaborazioni molto estese, a larga base internazionale, capaci di realizzare apparati strumentali di grandi dimensioni e complessità, alla frontiera più avanzata della tecnologia. Nello svolgimento della propria attività di ricerca, l'Istituto forma giovani e coinvolge imprese, migliorandone la competitività. Il progresso di conoscenza prodotto da tale attività ha permesso o permette il contributo della comunità di ricerca INFN a realizzazioni quali il Web, il GARR-B, la Grid, l'adroterapia oncologica.

La produzione di brevetti da parte dell'Istituto è invece alquanto limitata, per la struttura stessa delle attività dell'Istituto, appena ricordata, che risulta a tale riguardo poco adatta.

#### LA SCUOLA DI ERICE SU FISICA E INDUSTRIA

Molti degli aspetti prima toccati hanno fornito elementi di discussione in occasione del secondo Workshop di Erice su *"Physics and Industry: present status and future trends"*, che ha avuto luogo nel maggio 2002. Rappresentanti di industrie, del mondo politico, del Governo, assieme a ricercatori dell'INFN e rappresentanti di altri Enti, hanno discusso dell'impatto delle attività dell'Istituto e della ricerca in generale sul tessuto produttivo.

Nel mese di Aprile 2004 si terrà il terzo Workshop dedicato a "Fisica e Medicina". Sarà un'occasione per discutere molti tra i temi più interessanti affrontati in precedenza, nell'ambito della vasta partecipazione di soggetti interessati che l'iniziativa tradizionalmente attrae.

#### DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

Le principali attività dell'Istituto nel campo della divulgazione e della comunicazione della scienza si articolano in tre categorie: attività prevalentemente rivolte, rispettivamente, al grande pubblico, alle scuole e ai mezzi di comunicazione.

*Attività prevalentemente rivolte al grande pubblico:*

- Visite guidate ai Laboratori, nei quali si tengono anche giornate aperte al pubblico e seminari di carattere generale. Ricordiamo ad esempio che i laboratori del Gran Sasso vengono visitati da circa 17.000 persone all'anno.
- Allestimento di esposizioni e di piccoli laboratori dove possono essere compiuti facili esperimenti di fisica. Fra le iniziative del 2004 ricordiamo il laboratorio itinerante "La Fisica su Ruote" il quale, ad esempio, nelle due settimane del Festival della Scienza di Genova ha avuto una media di oltre 150 visitatori al giorno (corrispondenti al massimo delle sue possibilità di accoglienza).
- Progetto di pubblicazioni di divulgazione incentrate sulla fisica delle particelle, o supporto alla loro pubblicazione.
- Produzione di *brochures* e materiale informativo sulle attività dell'Istituto.



- Progetto e realizzazione di documentazione filmata delle attività dell'Istituto.

*Attività prevalentemente rivolte alle scuole:*

- Visite guidate ai Laboratori espressamente studiate per i più giovani.
- *Stage* per studenti delle scuole superiori, allo scopo di consentire agli studenti di entrare in contatto diretto con l'attività di ricerca.
- Percorsi di orientamento universitario.
- "Incontri di fisica": tre giorni di seminari di aggiornamento e di esperimenti che si svolgono presso i laboratori di Frascati e sono diretti agli insegnanti di scienza delle scuole.
- Pubblicazione della rivista *Gluon*.

*Attività prevalentemente rivolte ai giornalisti:*

- Regolare stesura e distribuzione di comunicati stampa.
- Organizzazione di conferenze stampa e d'incontri fra giornalisti e ricercatori.
- Creazione di un archivio fotografico a disposizione dei giornalisti.

L'Istituto dispone di un Ufficio Comunicazione che cura i contatti con la Stampa, le attività espositive, le attività editoriali (fra cui la rivista *Gluon*) e i documentari filmati. Inoltre in ogni Laboratorio si trova un Ufficio Relazioni con il Pubblico al quale sono affidate le visite guidate, gli *stage*, le conferenze e le altre attività di divulgazione di carattere locale.

### **3.10 RISORSE 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, anche 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 2002 lo stanziamento di competenza è stato di 286.6 milioni di euro, invariato

rispetto agli anni precedenti, e nel 2003 è stato di 280,9 milioni di euro, con una riduzione del 2% rispetto agli anni precedenti.

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, la Legge 23 dicembre 2000, n. 388 (Legge Finanziaria 2001) ha confermato anche per il triennio 2001-2003 i limiti ai prelevamenti di cassa, maggiorandone però gli incrementi annuali. L'assegnazione di cassa attribuita all'INFN è stata di 274 milioni di euro per l'anno 2002 e di 288 milioni di euro per il 2003.

È particolarmente 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.

Per il 2004 la situazione si presenta ancor più difficile a causa non solo degli effetti residui del meccanismo anzidetto ma anche a causa del ridotto stanziamento di competenza e delle restrizioni di spesa previsti:

- a) dal Decreto MIUR n. 1580 RIC del 17 settembre 2003 relativo alle indicazioni sul riparto del fondo ordinario per gli Enti e le Istituzioni di ricerca per gli anni 2004 e 2005, che prevedono un'ulteriore riduzione del 2% per ciascun anno;
- b) dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 30 settembre 2002, che ha ridotto i consumi intermedi del 10 per cento rispetto al consuntivo 2001;
- c) dalla Legge Finanziaria per il 2004, in via di approvazione, che prevede, oltre al mantenimento del blocco delle assunzioni (già attivo nel 2002 e 2003), pesanti limitazioni anche nelle spese di personale a tempo determinato ed inoltre limitazioni nell'utilizzo delle procedure negoziate per l'acquisto di apparecchiature scientifiche;
- d) dalla Circolare del Ministro dell'Economia e delle Finanze n. 33 del 6 novembre 2002, che prevede - per ogni esercizio finanziario - la costituzione di un fondo "congelato" per il pagamento del maturato nel momento dei rinnovi contrattuali del personale.

L'effetto dei vari provvedimenti suddetti è quasi certamente stato, 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 tutto quanto sopra ricordato è conseguita anche una rideterminazione in diminuzione delle previsioni di spesa degli anni 2004 e 2005 considerati nel piano attuale e già contenuti nel precedente piano triennale 2003-05.

In materia di controllo interno e controllo di gestione si ricorda che con deliberazione del Consiglio Direttivo n. 6764 del 31 marzo 2000, sono state apportate modifiche ad alcuni articoli del "Regolamento Generale" dell'Istituto in attuazione, per quanto compatibili con le attività istituzionali e le specificità organizzative dell'INFN, delle disposizioni di cui al D.Lgs 30 luglio 1999, n. 286.

L'INFN infine sta completando la messa a punto dell'analisi delle procedure per la realizzazione di un sistema di contabilità economica, basata su rilevazioni analitiche per centri di costo, compatibile con le particolari esigenze operative e gestionali delle attività scientifiche, come previsto dall'art. 10, comma 1, del D.Lgs 29 settembre 1999, n. 381. Per consentire il necessario adeguamento del proprio bilancio e del sistema contabile alle nuove disposizioni contenute nel DPR n. 97/03, pubblicato sulla GU n. 103 del 6 maggio 2003, l'avvio della fase di sperimentazione, inizialmente prevista per il 2003, è stata rinviata al 2004, e conseguentemente l'attuazione del nuovo sistema di contabilità avverrà nel 2005, in concomitanza con l'introduzione delle nuove procedure informatiche dell'Istituto.

Nel seguito viene riportato il profilo di spesa previsto per il triennio 2004-2006. Va notato che accanto alla naturale crescita delle spese di personale dovuta all'eventuale completamento della pianta organica, è previsto un aumento di qualche per cento 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 2004-2006

(in milioni di Euro)

	2004	2005	2006
<b>ATTIVITÀ DI RICERCA</b>			
Fisica Subnucleare	35,0	36,0	38,0
Nuove Tecniche di Accelerazione	2,0	2,5	2,5
SPARC	1,0	1,0	1,0
ELN	1,0	1,0	1,0
Fisica Astroparticellare	24,0	27,0	26,0
CNGS	1,0	1,0	1,0
Fisica Nucleare	18,0	19,0	21,0
EXCYT	1,0	1,5	1,6
SPES	1,5	1,6	1,0
Fisica Teorica	4,5	4,7	5,0
APE	2,5	1,0	1,0
Ricerche Tecnologiche	6,3	6,5	6,7
LABEC	0,2	0,2	0,2
Calcolo e reti	12,0	12,0	11,0
INFN-GRID	2,0	2,0	2,0
Diffusione cultura e innovazione	1,0	1,0	1,0
<i>Totale Ricerca</i>	113,0	118,0	120,0
<b>FUNZIONAMENTO E STRUTTURE</b>			
LNF	13,5	13,8	14,0
LNGS	9,5	9,8	10,0
LNL	8,0	8,3	8,5
LNS	8,0	8,3	8,5
Sezioni e Gruppi Collegati	15,0	15,3	15,5
CNAF	1,0	1,0	1,0
Organi Direttivi e Strutture Centrali	2,6	2,8	2,8
Fondi Centrali	9,0	9,0	9,0
Partecipazioni a Consorzi	5,4	5,7	5,7
<i>Totale Funzionamento e Strutture</i>	72,0	74,0	75,0
<b>RISORSE UMANE</b>			
Personale a tempo indeterminato	97,0	99,0	100,0
Personale a tempo determinato	12,0	11,0	11,0
Borse di studio e assegni di ricerca	10,0	10,0	10,0
<i>Totale Risorse umane</i>	119,0	120,0	121,0
<b>TOTALE ANNO</b>	<b>304,0</b>	<b>312,0</b>	<b>316,0</b>

## **APPENDICE**

**INFN INTERNAL REVIEW COMMITTEE (CVI): PROGRESS REPORT:**

**July 2003**

**Rome June 30, July 1,2, 2003**

**Contents**

Executive Summary

1. Introduction
2. The Scientific Programme: The National Committees:
3. The European Gravitational Observatory (EGO)
4. Resource and Financial Management
5. INFN Response to New CIVR Procedures
6. Conclusions, Remarks, Recommendations

Appendix A – Membership of the committee

Appendix B – Agenda of the INFN CVI Meeting Rome, 30 June-2 July 2003

## **Executive Summary**

The CVI of INFN met June 30-July 2, 2003. Of particular interest on this occasion was the reaction of INFN to the new CIVR guidelines. Therefore, in addition to listening to the reports from the INFN Executive and the Presidents of the five national scientific committees (CSN), the CVI heard an interesting discussion of the preparations for the CIVR evaluation.

The work of INFN is extremely impressive. It operates as full partner and leader on a world and European scale. Italy should take pride that collaboration with Italian physicists supported through INFN is very broadly sought. Thus, this Executive Summary can be concise.

INFN science continues to be strong. Its work in all of the scientific committees is of a very high quality, world class in many cases, European class in most. The resources of the institute are directed in a well chosen manner to the key forefront issues of physics. In turn, there being healthy internal competition for the resources, both financial and human, has led to a very well organised management of those resources. The system appears to be very responsive to the changing requirements of government.

It is not yet clear how well the new CIVR system matches to the work of an institution such as INFN. The CVI looks forward to a flexible implementation of the guidelines such that the global collaborative performance of INFN, and its worldwide partnerships, be well measured. Meanwhile, INFN is responding well to the new guidelines provided by the CIVR. It is anticipated that one year from now, the institute will stand ready to be a leading participant in the new evaluation system. In no small part this comes from a proactive approach for which INFN is to be commended.

Opportunities for the dissemination of technology to industry, to medicine, and to other science arise from advances in technology generated within INFN and its world collaborations. While INFN is clearly one of the strongest of the Italian scientific institutes, it is not possible for INFN to do everything. Realising these opportunities depends on INFN forging strong partnerships with the target communities. It is only by establishing strong bonds and by encouraging the exploitation of the results of its work by others, that INFN can maximise its impact on Italian, European, and world society.

## **1. Introduction**

The concept of international peer review committees is built into the INFN fabric at several levels. The concept is used 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. The current committee membership including three new members is given in Appendix A.

This year the CIVR approach is in transition. Future evaluation will be conducted on a triennial basis and the INFN submissions will include a report from the CVI. The committee will conduct its review in the non-reporting years, when it will produce a Progress Report. Since the first full triennial review of INFN is intended for 2004, the 2003 report is termed a Progress Report. Since the methodology is new, the committee had the opportunity to review the initial attempts to work with the new system and its prescriptions. For INFN, it represents an opportunity to get feedback on their approach.

The report, in Section 2, will first summarise and characterise the quality of the work being conducted under the auspices of INFN in each of the scientific lines. This is based on the ex-post facto consideration of the results. This year the committee was not provided with the three year plan, so did not formally evaluate that plan. Nevertheless, each of the lines is managed and monitored through a National Scientific Committee (CSN) and aspects of the future plans were included in the reports from those committees.

The Virgo gravitational wave interferometer is a major addition to the INFN portfolio. It is now under the umbrella of the European Gravitational Observatory, a joint France-Italy endeavour. The committee had a first opportunity to hear about this new organisational entity and will record its impressions in Section 3 of the Report.

An important aspect of an institution such as INFN is that it be well managed. Section 4 of the report covers resource management. In section 5, the committee records its views on how INFN is responding to the new CIVR procedures. Finally, in Section 6, we conclude with some remarks and recommendations.

In preparing this report, the committee was informed by a large volume of written material, well prepared by the INFN Directorate and by the individual scientific committees and their working groups. In addition the committee heard an excellent suite of presentations; the agenda for the three day meeting in Rome is included in Appendix B.

In all of its work the committee found that the INFN personnel and its Headquarters staff were impeccable in their approach and professionalism.

## **2. The Scientific Programme: The National Committees:**

The work of the INFN is organized according to five primary scientific lines. Associated with each of these lines is a national scientific committee with representation from all of the INFN entities (sections and laboratories) which manages the activities. The committee found that the situation in four areas merited a commentary as a result of their importance to the institute.



The Gran Sasso Laboratory was the first laboratory of its kind in the world and its construction and operation has placed Italy in a special position with respect to the rest of the world. During the past year defects in the infrastructure and operations at the Gran Sasso Laboratory have led to restrictions in the operations. Very recently INFN imposed an embargo on all operations involving unusual manipulation of liquids in the laboratory. This internal action occurred simultaneously with a court order, which applied imposed restrictions on one of the experimental halls. In order to move towards regularisation of the situation, a state of emergency has been declared which covers the Gran Sasso Laboratory and some of the surrounding region. Under the direction of a government-appointed commissioner, the infrastructure of the drainage system and aqueduct system and their interaction with the Laboratory and the tunnel will be expeditiously inspected and the mutual integrity of the systems re-established. Along with an aggressive approach to safety and environmental management by INFN and the Laboratory, it is hoped that these initiatives will result in a return to normalcy within months. Inside the last week, permission has been obtained which allows recommencement of the assembly of the OPERA experiment. The international community is very concerned that indeed these issues be resolved and that the very important physics opportunities be vigorously pursued.

During the course of the past few months, approval was accorded by the German government for the construction of a Free Electron Laser at the DESY Laboratory in Hamburg. No final decision was taken with respect to the related construction of a large linear electron-positron collider. In the light of these developments, the committee was interested in the strategy of INFN.

With respect to a Free Electron Laser, there are initiatives in Italy to construct an FEL, which, while smaller in energy and scale than that intended for DESY is nevertheless significant. Similar initiatives in several different countries could impact the DESY FEL, for which non-German funds would be required. The committee recommends that Italy continue to discuss its initiatives within the established European organisation(s) to ensure that it develops an approach to these exciting devices which is coherent with that of the rest of Europe. In particular the committee assumes that INFN, perhaps through the Italian representative, participates in the discussions in ESFRI ( European Strategy Forum for Research Infrastructures)

We also heard that INFN will continue its collaboration on linear collider research and development with DESY, in particular participating in the Tesla Test Facility, TTF2. In addition, INFN expects to sign a memorandum of understanding with CERN to participate in CLIC, which is a research and development project with a future potential in the arena of higher energy, multi-Tera-electron-Volt, linear colliders.

In a final general comment, the committee would like to remark that Italy has been a longstanding leader in the investigations into the use of Hadron Therapy for the treatment of cancer. In recent years there have been large scale and well focussed initiatives in several countries in Europe. The committee tends to the opinion that it may well take a strong initiative on the part of INFN to bring to fruition such a project in Italy. The clear candidate appears to be the CNAO project in Pavia. Strong leadership is required because the confluence of diverse interests, scientific, technical, medical and social, may not happen spontaneously.

## **2.1 Experimental Subnuclear Physics with Accelerators: CSN I**

The large European Laboratory, CERN, is the natural primary focus of the Italian work in sub nuclear physics with accelerators. For many years the LEP ( Large Electron Positron) collider experiments dominated the INFN activities at CERN. Today, while analyses continue to be finalised and published, the activities of those large groups have been deployed elsewhere. Currently at CERN, a new fixed target initiative, COMPASS,

which plans to work both with muon and hadron beams, has completed its first year of operation with the full apparatus. The data volume is impressive and presages interesting results.

INFN initially ensured a role in the search for understanding of CP violation in the quark sector, by participating in a series of successful kaon decay experiments at CERN. These appear to have largely achieved their goal of establishing the existence of the phenomenon of direct CP violation in the kaon sector. Future results on this issue will come from the KLOE experiment at the DAΦNE collider at Laboratori Nazionale di Frascati (LNF). The DAΦNE  $\phi$ -factory collider is now making great strides towards achieving the required luminosity. The yield of data on  $\phi$  meson decays is enormous.

Spectacular progress in CP-violation is coming from the BaBar experiment at Stanford Linear Accelerator Laboratory working within the Beauty or Bottom sector. Here also CP violation has been established. This experiment is very successful; the INFN technical contributions are large and the spokesman of the experiment is currently an INFN physicist. (INFN scientific leadership of the large, world-wide collaborations characteristic of this field is not unusual.) A future INFN presence in this subfield is ensured by strong INFN participation in both the LHC-B experiment at the future Large Hadron Collider at CERN and the new experiment, BTeV, being planned for the Fermilab Tevatron.

At Fermilab, the CDF experiment is taking data. New results are extending the work from the operations during the '90s. The experiment, again with strong INFN contributions to apparatus and analysis, is operating very well and a plethora of new results is expected at the summer conferences in 2003.

The past, and the present, both of which we have briefly described above, set the scene for the future. Four years from now, the LHC at CERN will operate with its mammoth Atlas and CMS experiments and the also impressive LHC-B and ALICE experiments (see the CSN III report). The scale of the experiments is unprecedented even for this field of archetypical "big science". Nevertheless, the state of advanced production, in some cases completion, of many subsystems speaks to a challenge, which has, in fact, been largely met. However, now is not a time for complacency; achievement of complete, installed, and operational experiments still remains. The end game in such enterprises often depends on innovation, since the solutions to problems are necessarily constrained by what already exists. The lien on resources will represent the most important strain, during the next three years, on the healthy sub-nuclear particle physics program.

In the longer term future, the field anticipates the construction somewhere in the world of a large linear electron-positron collider. Within Europe, INFN has been a strong collaborator with DESY and others in the Tesla R&D work. At the present time, the goal is to fully establish all the parameters to assure 500 GeV, and the potential to achieve approximately 1 TeV, of energy in the centre of mass. In this area, INFN confirms its partnership in the Tesla Test Facility at DESY. It is hoped that the particle physics field worldwide can make both a technology choice and generate bids-to-host such a machine inside the next few years. In the longer term, INFN participates in an R&D initiative (CLIC) based at CERN, which uses novel techniques to deliver the power to the beams. INFN foresees establishing a memorandum of understanding to formalise this work.

The technology advances in this general area of linear-electron accelerators has generated considerable interest in the potential for Free Electron Lasers based on these concepts. The science of materials, chemistry, and biology appears to have a considerable appetite in this realm. This presents both major opportunities and significant challenges for the accelerator community in many countries. We have

therefore raised the concern that a coherent approach be retained. This was addressed earlier in this section.

The scale of the computing foreseen for high energy physics experiments in the LHC era is unprecedented. It can be argued that it would be unachievable were physicists confined to pre-existing paradigms. The solution appears to be the maximal exploitation of distributed computing; the GRID. This approach has the added value that it obviates the need for all physicists to concentrate themselves at the site of the experiment. Rather, it permits the transport of the data, the analysis, and the excitement of the physics, back to the home countries and institutions. This has evident socio-economic impact. In the best traditions of the field, this initiative under the auspices of EGEE (Enabling Grids for E-science and industry in Europe), is a societal leader.

## 2.2 Astroparticle and Neutrino Physics: CSN II

INFN continues to play a leading role in astroparticle physics across the full spectrum of activities, to some of which we will come back in more detail below. The Committee notes with satisfaction that young INFN researchers were awarded the Shatki P. Duggal Award in recent years, and that conferences in the field of Astroparticle physics, that started as an Italian initiative, are now important international events (TAUP, AMALDI). The productivity and impact of the research performed under the auspices of CSNII has been measured in anticipation of the new national evaluation procedures and both are excellent in comparison to other large European countries.

Gran Sasso National Laboratory, the largest laboratory of its kind in Europe, is one of the focal points of the CSN II scientific activities with the potential of major impact or even major discoveries in particular in the field of dark matter searches, neutrinoless double beta decay, neutrino oscillations (CNGS: CERN Neutrino beam to Gran Sasso), low energy (solar) neutrinos. Some of the projects at the Gran Sasso national laboratory are experiencing delays because they have to wait for the conclusion of a procedure concerning safety rules and regulations. Hopefully this issue will be settled soon between the political authorities and the management of the laboratory.

INFN is consolidating its important role in determining the astroparticle physics agenda through its participation in ApPEC (Astroparticle Physics European Coordination) and by its prominent participation in a funding request to the EU in the 6<sup>th</sup> framework programme (ILIAS)

The astroparticle physics programme INFN is supporting is covering the entire field: gamma rays, neutrinos, cosmic rays up to the highest energies, and gravitational waves. We will not discuss the whole programme here in detail; in general the progress is excellent and many new results are to be expected in the coming years. Borexino is nearing completion (sensitive to  ${}^7\text{Be}$  solar neutrinos); OPERA is being installed (looking for appearance of  $\nu_\tau$  in the CERN beam to Gran Sasso, CNGS); Icarus has demonstrated its feasibility with a large potential for using CNGS and for looking for proton decay and dark matter searches; Cuoricino is starting to take data (sensitive to neutrino mass less than 1 eV; Cuore ultimately to reach 0.01 eV).

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 programme 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 take an active part in these developments. So we recommend the formulation of a long term strategy of the accelerator-based neutrino programme including CNGS and the longer term future.

The Cosmic Ray Physics, Gamma and Neutrino astronomy programme of CNS II is very rich with participation in a large number of leading initiatives. The exploratory nature of many of these projects, in the sense that new territory is being explored, justifies this broad programme. The latest addition to this field is a high energy neutrino observatory at the bottom of the Mediterranean Sea. INFN groups play a prominent role in Antares, to be installed in the coming years, and are further developing the underwater neutrino telescope concept in the NEMO collaboration, performing site studies near Sicily. It is very probable that after a successful start of Antares a Very Large Volume Neutrino Telescope will be built as a European initiative; a site off the Sicilian coast is a realistic possibility.

The gravitational wave programme, including resonant bars and the VIRGO interferometer, is very exciting and every effort should be made that INFN be part of the discovery of this phenomenon that will draw very much attention inside and outside the scientific community. The resonant bars will still be competitive for several years and simultaneous running with the aim of observing coincidences should be maximized.

In conclusion CNS II plays a very prominent role in the exciting fields of astroparticle physics and neutrino physics and we can look forward to many new results the future.

### **2.3 Nuclear Physics: CSN III**

The INFN program in nuclear physics has significant involvement in all key areas of today's forefront nuclear physics research. The Italian program in nuclear physics is highly international and of high quality. Following the recommendations from the committee's previous reports, the program has been further consolidated in terms of its number of experiments. The reduction results, to some extent, from the involvement in larger experiments, such as ALICE at the LHC. But there has also been a conscious effort to consolidate programs for higher research efficiency.

The key areas in nuclear physics research today are: i) the study of the quark-gluon structure and dynamics of hadrons ii) the exploration of the phase diagram of strong-interaction matter, including the transitions between the regimes of hadronic and quark-gluon matter, iii) the study of the atomic nucleus, including properties and reactions that play an important role in explosive nucleosynthesis and nuclear astrophysics; and iv) aspects of fundamental symmetries and interactions as revealed in the nucleus as a micro-laboratory, or in the deconfined, and chirally symmetric, quark-gluon plasma. In addition, nuclear physics has traditionally impact on other sciences such as nuclear medicine, surface and solid state physics, materials research, environmental physics, geology, and areas concerned with human history such as radioisotope dating and trace analysis in archaeology and art.

The studies in the area of quark and hadron dynamics involve 9 experiments with about equal share in electromagnetic and hadronic probes. Electromagnetic probes are employed at TJNAF in the A1ACE experiment with the highly successful CLAS spectrometer program, and the ELLETTRO high-resolution spectrometer to study spin structure functions and spectroscopy of hyperons and hypernuclei. At the GRAAL Compton backscattering apparatus at the ESRF beams of high-energy polarized photons are employed in vector meson investigations. Tagged polarized photons and polarized targets are at the heart of studies of the GDH sum rule at MAMI and ELSA. In HERMES at DESY, spin physics, transversity, and DVCS studies with polarized internal targets are providing interesting results (as does the COMPASS experiment which, however, is under the auspices of CSN I).

The program with hadronic probes is centred on the DEAR, and FINUDA experiments at DAΦNE, Frascati. Beams of kaons from phi decay are used in studies ranging from anti-kaon nuclear scattering lengths, to tests of chiral perturbation theory and hypernuclear spectroscopy. Further studies include the DIRAC experiment at CERN and reactions with low-energy pion beams at JINR (Dubna) .

A major activity in the Italian nuclear physics program, with nearly 40% of its researchers, is the study of hadronic matter phase transitions. This program has two distinct activities: one at low energy (i.e. one to about ten times the nuclear Fermi energy) and one at the highest energies (SPS to LHC). The SPS program is about to terminate. The major effort in the ultra-relativistic-energy program is now directed at the ALICE experiment at the LHC. Here the Italian effort, with 100% responsibility for the time-of-flight barrel and the zero-degree calorimeter, and with 30-50% responsibility in other key components, is central to the project.

The Italian nuclear physics program also plays a central role in the study of nuclear matter at low energies, i.e. the liquid-to-gas phase transition of nucleonic systems and the equation of state. At LNS, Italian scientists in international collaboration have developed unique instrumentation for these studies (FIASCO and CHIMERA). At the lowest energies, the PRISMA-CLARA experiment at LNL will make the connection to the energy region well below the FERMI energies. The Italian groups have also played major roles in related experiments at foreign facilities, such as the GSI synchrotron. The plan is to continue these studies, with the aim to explore the isospin degree of freedom with beams of short-lived ('radioactive'), very neutron-rich nuclei.

The nuclear structure program of the Italian groups is focussed on gamma-ray spectroscopy and takes a lead position in Europe, due to its earlier construction of the GASP detector and involvement in EUROBALL. The current program includes the RISING experiment at GSI (building on EUROBALL cluster detectors), a national setup at LNL (EUROBALL clover detectors, GASP and the PRISMA spectrometer), and developments for the future AGATA gamma-ray tracking detector.

The Italian low-energy nuclear physics program has the advantage of two national facilities: the tandem-superconducting linac system at LNL and the tandem-superconducting cyclotron facility at the LNS. INFN last year constituted a review and coordinating committee to assess the current status, future plans and opportunities and, in particular, the coordination of the two programs to maximize science output. The conclusions of that committee were that the two Italian laboratories indeed can play a major role, both in the medium-range and the long-range nuclear physics program within the European context.

To reach that goal, the coordinating committee found it important that the current projects to upgrade the facilities be completed in an expeditious way: the ALPI modifications and the positive-ion PIAVE injector at LNL, and the CHIMERA and the EXCYT projects at the LNS. This would provide the basis for LNL to become the leading laboratory in Europe for high duty-cycle, high-quality low-energy heavy-ion beams. At LNS, it would provide the instrumentation for a focussed program in nucleonic matter studies in the Fermi-energy regime and for selected reactions in nuclear astrophysics

The coordinating committee encouraged R&D towards future capabilities. In the committee's opinion this would best be aimed, at the LNL, at high-current proton linacs utilizing expertise in low-energy superconducting accelerating cavities. For the LNS it was felt that the laboratory's involvement in other activities (the CATANA therapy project and the NEMO neutrino detector) needs to be monitored to identify longer-term research directions.

Overall the Italian program in nuclear physics is of excellent quality. The program addresses key areas of today's nuclear physics research as, for example, summarized in various long-range plans (The DOE/NSF NSAC Long Range Plan, the upcoming NuPECC Long Range Plan, the NRC Decadal Assessment of the Physical Sciences, etc.). An important aspect that requires attention in the new future is the reorientation of the program towards upcoming major international facilities and opportunities. These long range planning efforts reinforce the need to continue the consolidation and coordination process at all levels.

#### **2.4 Theoretical physics: CSN IV**

Activities of this group have continued in all five branches of theoretical physics covered by INFN. Although the figures show considerable overall stability, some evolution across the subfields can be discerned.

Field and String theory remains a strong area of research and is attracting a growing number of young researchers, particularly in the latter subject. Although this can be felt at first as increasing the gap between the interests of CSN I and CSN IV, it should be stressed that 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.

Phenomenology of Fundamental Interactions, the other traditionally strong area of Italian theoretical physics, has also continued to produce a stable quantity of research at the highest international level. Because of the point made above one can identify, with satisfaction, an increase in the interaction between the Field and String Theory and Phenomenology efforts.

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 couple of years ago. Work in this area has become increasingly visible internationally.

The fast development of Astro-particle physics and Gravitational Waves is also perfectly in line with our previous recommendations. It covers a variety of subjects, from cosmological models, to neutrinos, to gravitational wave sources. In fact, the most recent figures show that this Sector has overtaken by now Mathematical Methods, which is probably also suffering from the competition from Field and String Theory. Nevertheless, this sector continues to produce high-quality results.

CSN IV has one special project, ApeNEXT. The project is following smoothly its course with a 0.4 Tflops prototype due for the fall of 2003. Existing software can be used to test the performance of the machine and a decision about constructing a large ApeNEXT system (with 10 Tflops capability) will be taken by the end of the year. There will be also an effort to make more commonly used languages (e.g. C) available on the machine.

#### **2.5 Technological and interdisciplinary research: CSN V**

The development of new instrumental technologies for experiments in nuclear, sub-nuclear and astroparticle physics as well as interdisciplinary applications of such technologies and the possible transfer to industrial applications opens a wide span of activities in CSN V. The research projects are divided in three fields, development for detectors, accelerators and interdisciplinary applications, with equilibrium between funding of each of the fields.

Interdisciplinary collaborations are well established between CSN V and several fields of research. Examples are SCRIBA for cultural heritage, NANO at the interface to material science, and BIOR in radiobiology. In all these areas the expertise in accelerator techniques, imaging, and software are successfully combined to study properties of various materials and interactions. The implementation of INFN research in the Universities as well as the use of the facilities provided by the INFN national laboratories provides a particularly fruitful environment for these interactions.

The impressive participation of CSN V in the field of mammography is particularly worthy of merit and illustrates the possibilities of collaboration between CSN V and the medical sector. The activities in this domain range from the development of digital detectors for improved radiography, to operating a facility using synchrotron light, to providing software tools based on HEP techniques for CAD, and to deploying GRID infrastructure for distant evaluation of images in an European wide network. The participation of eight INFN and Physics Departments and seven hospitals in the GPCALMA collaboration has ensured an adequate development of tools and their direct application in the medical sector.

Over the last 10 years, INFN has acquired considerable knowledge related to hadrontherapy with R&D programs in dosimetry, imaging and accelerator techniques and plans to further contribute in this field. The CATANA proton facility for the treatment of ocular tumors is a good example for the convergence of the various developments in an operational complex and illustrates the possibility to use the expertise within CSN V to develop future facilities. The CNAO project clearly offers a promising possibility for the future. The results from LIBO and the outlay of the PALME project represent an interesting approach to upgrade existing cyclotrons in hospitals in order to give them the possibility to treat deep seated cancers. The viability of these ideas is not yet clear. However, in these and other analogous approaches, the contact with potential users and private companies should be more clearly established to properly plan and realise the projects.

The most direct transfer of knowledge and technology between INFN and industry occurs through the education of students and post-doctoral researchers, from which a large fraction finds future employment in industry and through the industrial production of experimental equipment. Direct cooperation between INFN and industry could be facilitated by increased promotion of the INFN activities and clarifications on rights of intellectual property. However it has to be stressed, that in this field of collaboration between public research and industry, both parties need to gain experience and define the part of involvement possible within the frame of mutual competence and aims. Some reorientation of the existing INFN structures to recognise this need, may be appropriate.

### **3. The European Gravitational Observatory (EGO)**

EGO is a consortium with, for the moment, two members (INFN, Italy and CNRS, France), set up as a private company under Italian law. Its most immediate task is the completion, commissioning, and operation of the VIRGO interferometer at the Cascina site. EGO will also provide the necessary computing infrastructure for data analysis. Although its most immediate task is a very important one, which might lead to the discovery of gravitational waves, EGO's mandate goes beyond this. It aspires to be *the* European centre for gravitational wave research, and to exploit the new observational window far beyond the discovery of gravitational waves. To this end EGO would like to organise networks and promote, coordinate, and perform R&D for new antennas, for example an interferometer at liquid He temperature deep underground. In order to play this leadership role it will be necessary for EGO to enlarge its membership. It is unclear at the present time whether EGO is able to collect sufficient international support to realise its ambitious mission beyond VIRGO.

#### **4. Resource and financial Management**

Since 1997 INFN, like all the other Institutes of the Public Sector, is constrained by various limits, beginning with cash limits in 1997 and ending with staff limit:

- 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 derogation's);
- 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.

Past cash-flow limits to budget authorisation led, in the past to determined forced savings. This year, the accrued balance will allow INFN to reach the increased cash flow limit. For the first time in several years there is a reduction of 2% cut in the 2003 budget authorisation.

The medium term financial plan 2004-2006 has been developed assuming that the trend in budget authorisation and the restrictive cash limits will continue. 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; it has used forced savings as a flexible instrument by which to conditionally finance some large projects.

There is a 3% shift of money from personnel to research 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 capitals do not substitute each other but are mainly complementary; if staff recruitment limits should contract the entire field of research will be threatened.

#### **5. INFN Response to New CIVR Procedures**

The discussion of metrics, by which society may judge the worth of its initiatives, can be contentious. This year the CIVR has introduced a new methodology. The committee is somewhat concerned that the global performance of the institute, as compared for example, to that of individual University researchers, may not be well measured. Nevertheless, INFN has embraced the need to participate and, a straightforward approach has been adopted.

Along with the other subfields, CSN I has taken a rational approach to defining products for submission to CIVR. Thus far, it has included both publications and projects and this fits the field well. 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. Of note is the fact that, with the relative hiatus in physics results coming out of CERN, the evaluation process gives a place to the excellent contributions to the advance of the science represented by major collaborations on, for example, the Atlas Tracking system. It is already clear that the restricted set of products assembled in this preliminary exercise, exceeds the need both in number and in quality. Validation of these products should be straightforward.

We note with satisfaction that preparation for the evaluation of CSN II, is proceeding well and coherently, in particular through the selection of 'products' (e.g. papers, projects) and the preparation of 'product presentation cards'. We expect CSN II to contribute very positively to the forthcoming evaluation of INFN research by the CIVR.



The CSN III, Nuclear Physics preparations for the CIVR process are also well advanced. The group is currently working on a fairly rigorous selection procedure. This feature, that the potential numbers of products far exceeds the minimum requirements is common to all INFN sectors. The strong European character of the work in this group is also reinforced by its choice of projects.

In order to comply with the new guidelines, CSN IV has provided a list of about 90 “products” (meaning for CSN IV accepted publications) across the five areas, as well as examples of “cards” for presenting each product. The chosen format fits nicely in a single page and has the essential information with electronic links to more detailed data. It includes an estimate of the relative impact of the product based on citations (relative to top numbers in each specific area) that appears to be a useful parameter at least for CSN IV.

For CSN V, the richness and the wide-range of the activities is reflected in the variety of publications chosen for the CVIR review, which amounts to 60 papers, for 140 FTE in CSN V, selected for 2001/2002. The selected papers are equally distributed in the three fields with a mean impact factor of 1.53, corresponding to their publication in journals specialized in instrumentation and an average INFN property of 0.69. This reflects the international and interdisciplinary collaborations. The four projects selected for the CVIR review, SCRIBA, GPCALMA, ADROTERAPY and TAORMINA, particularly emphasise the interdisciplinary aspect and/or the potentially high socio-economic impact of the research activities. The preparation of the CIVR review is well underway.

Preparation for the new CIVR guidelines has led already to a rather uniform and recognisably coordinated format across all scientific committees. This is good and should be carried as far as possible. It also appears clear that the Chairmen of the scientific councils have participated strongly with their working groups. INFN should be complimented on this and encouraged to hold to the approach. To an outsider, the picture is of a very professional approach.

## **6. Conclusions, Remarks, Recommendations**

INFN science continues to be strong. Its work in all of the scientific committees is of a very high quality, world class in many cases, european class in most. The resources of the institute are directed in a well chosen manner to the key forefront issues of physics. In turn, there being healthy internal competition for the resources, both financial and human, has led to a very well organised management of those resources. The system appears to be very responsive to the changing requirements of government.

It is not yet clear how well the new CIVR system matches to the work of an institution such as INFN. The CVI looks forward to a flexible implementation of the guidelines such that the global collaborative performance of INFN, and its worldwide partnerships, be well measured. Meanwhile, INFN is responding well to the new guidelines provided by the CIVR. It is anticipated that one year from now, the institute will stand ready to be a leading participator on the new evaluation system. In no small part this comes from a proactive approach for which INFN is to be commended.

Opportunities for the dissemination of technology to industry, to medicine, and to other science arise from advances in technology generated within INFN and its world collaborations. While INFN is clearly one of the strongest of the Italian scientific institutes, it is not possible for INFN to do everything. Exploitation of these opportunities depends on INFN forging strong partnerships with the target communities. It is only by establishing strong bonds and by encouraging the exploitation of the results of its work by others, that INFN can maximise its impact on Italian, European, and world society.

## **Appendix A – Membership of the committee**

- Dr. U. Bassler, LNPHE- 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

Past Member: Prof. R.H.Siemssen, K.V.I., The Netherlands

Prof. L. Mandelli (Scientific Liaison), University of Milan, Italy

## Appendix B

### Agenda of the INFN CVI Meeting

Rome, 30 June – 2 July 2003

#### **Monday, June 30**

- 09:00 Welcome and Introduction from the President of INFN  
Discussion and approval of the Agenda  
*Closed session* *E. Iarocci*
- 09:30 Report on the status and achievements of the INFN  
and the new Guidelines for evaluation of research  
*Discussion* *E. Iarocci*
- Break*
- 11:10 Report on the experimental subnuclear physics  
with accelerators-CSN1 *U. Dosselli*  
*Discussion*
- 12:20 Report on the experimental subnuclear physics  
without accelerators, astroparticle and neutrino physics-CSN2 *F. Ronga*  
*Discussion*
- 13:30 *Lunch*
- 14:30 Report on the experimental nuclear physics-CSN3 *E. Chiavassa*  
*Discussion*
- 15:40 Report on the theoretical physics-CSN4 *C.M. Becchi*  
*Discussion*
- Break*
- 17:00 Report on the technological and interdisciplinary  
research-CSN5 *U. Bottigli*  
*Discussion*
- 18:20 *Closed Session*
- 19:15 Queries and questions to the INFN Executive Board and to the Scientific Committee  
Chairmen
- 20:30 *Social Dinner*

## ***Tuesday, July 1***

09:00 Report from the GLV on the evaluation procedure according to the new Guidelines

*A.Bertin*

*Discussion*

10:10 Report on the activities of the European Gravitational Observatory  
*Discussion*

*F. Menzinger*

*Break*

12:00 Responses to queries and questions posed to the INFN Executive Board and to the Scientific Committee Chairmen

12:30 Closed session

13:00 *Lunch*

14:00 Report on resource management: budget and personnel

*A.Scribano  
G.Ricco*

*Discussion*

15:30 Closing discussion with the Executive Board

17:00 Closed session (report drafting)

## ***Wednesday, 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)

## ***Thursday, July 3 and Friday, July 4***

Finalization of the report by H.E. Montgomery. Committee members may contribute.

### *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.