

## Fisica dei nuclei

**Gruppo terzo**

La Fisica Nucleare nell'ambito dell'INFN copre una vasta gamma di interessi nell'intento di studiare il comportamento della materia adronica partendo dai suoi costituenti più elementari. I programmi di ricerca includono lo studio della struttura dei nuclei e dei nucleoni (liberi o nei nuclei), della dinamica delle reazioni nucleari e dei cambiamenti di fase della materia nucleare ed adronica. Gli esperimenti esigono perciò l'uso di sonde di tipo diverso e a seconda dell'interazione, della massa e dell'energia coinvolta, di apparati sperimentali differenti tra loro in dimensioni e tecniche utilizzate.

Le ricerche di struttura nucleare e di dinamica delle reazioni si svolgono essenzialmente nei laboratori Nazionali di Legnaro e del Sud in cui si ha accesso ad un supporto scientifico e tecnologico di alto livello. Le ricerche con sonde di alta ed altissima energia si svolgono invece nei principali laboratori internazionali quali il CERN, DESY, TJNAF dove i ricercatori italiani sono coinvolti con gruppi fortemente strutturati che sono responsabili di parte o di interi apparati. In ogni caso la partecipazione italiana corrisponde a forti impegni nella gestione degli esperimenti.

Le ricerche sono state suddivise in 4 diversi settori seguendo lo schema di classificazione europeo:

- 1 Dinamica dei quarks e degli adroni
- 2 Transizione di fase della materia nucleare e adronica
- 3 Struttura nucleare e dinamica delle reazioni
- 4 Astrofisica nucleare e ricerche interdisciplinari

Le ricerche sono state condotte da 550 ricercatori e tecnologi, 416 a pieno tempo equivalente (FTE), per un totale di 45 esperimenti. Tutti gli esperimenti finanziati hanno avuto l'approvazione dei Comitati Internazionali dei Laboratori in cui si svolgono. Partecipano alle ricerche 40 dottorandi e 60 laureandi. Tra il 1999 ed il 2000 hanno ottenuto la laurea in Fisica 53 studenti e 16 hanno conseguito il dottorato, confermando lo stretto legame di collaborazione tra INFN ed Università. L'alto livello di attività è dimostrato da più di 100 pubblicazioni in riviste internazionali e dalle numerose presentazioni a importanti conferenze internazionali.

I fondi impegnati nelle attività afferenti alla Commissione sono 30.696 milioni di lire di cui 27.068 milioni impegnati dagli esperimenti e 3.628 milioni impegnati dalle dotazioni di gruppo delle diverse sezioni. Questi ultimi sono stati utilizzati per permettere l'acquisizione di strumentazione di uso comune agli esperimenti, manutenzioni varie, la mobilità non direttamente legata ai singoli esperimenti ed in alcuni casi la partecipazione ad esperimenti per i quali non è stato reputato necessario l'apertura di una sigla. Tutti gli esperimenti finanziati dalla Commissione operano in laboratori nazionali e internazionali; nel proporre i finanziamenti la Commissione ha tenuto in considerazione il parere dei referee scientifici appositamente nominati per ciascun esperimento e il giudizio dei comitati internazionali dei singoli laboratori.

I fondi impegnati dagli esperimenti risultano divisi come segue nei diversi settori di ricerca:

### **1. Dinamica dei quark e degli adroni**

6.387 milioni di lire che rappresentano il 21 % del totale di cui 3.965 milioni impegnati dalle ricerche svolte con sonde elettromagnetiche e 2.422 milioni da quelle con sonde adroniche. In questa linea operano 119 FTE in 14 esperimenti.

### **2. Transizione di fase della materia nucleare ed adronica**

12.819 milioni di lire che rappresentano il 42 % del totale di cui 11.475 milioni impegnati dalle ricerche svolte con ioni ultrarelativistici, 413 milioni con ioni relativistici e 931 milioni con ioni di energia intermedia. In questa linea operano 150 FTE in 10 esperimenti.

### **3. Struttura nucleare e dinamica delle reazioni**

6.272 milioni di lire che rappresentano il 20% del totale di cui 2.126 milioni impegnati dalle ricerche di struttura e 4.146 milioni dalle ricerche di dinamica delle reazioni e dalla costruzione di spettrometri. In questo settore operano 111 FTE in 17 esperimenti.

### **4. Astrofisica nucleare e ricerche interdisciplinari**

1.590 milioni di lire che rappresentano il 5% del totale di cui 1.087 milioni impegnati dalle ricerche di interesse astrofisico e 503 milioni dalle altre. Nel settore operano 36 FTE in 4 esperimenti.

Per quanto riguarda i capitoli di spesa la divisione in percentuale dei fondi assegnati è risultata la seguente:

Materiale inventariabile	17.9%
Costruzione apparati	25.7%
Consumo	23.9%
Manutenzioni	1.0%
Missioni estere	21.9%
Missioni interne	8.2%
Altre	1.4%

L'elenco degli esperimenti è contenuto nell'allegato A; qui di seguito vengono riportati i principali risultati conseguiti nelle diverse linee.

## **1. DINAMICA dei QUARKS e degli ADRONI**

Questo settore raggruppa gli studi della struttura adronica in termini di gradi di libertà subnucleonici e comprende esperimenti che si svolgono sia con sonde elettromagnetiche che adroniche. Lo studio della struttura degli adroni mediante trasferimento di impulsi dell'ordine della loro dimensione fornisce uno strumento per estrapolare la teoria di QCD, verificata alle alte energie in sistemi di quark e gluoni interagenti. I temi centrali di questo settore sono:

### **a) Fisica dello spin dei nucleoni**

La fisica dello spin è studiata con fasci e bersagli polarizzati. In questo campo va segnalato l'esperimento HERMES-NUCSPIN che studia il deep inelastic scattering di elettroni da 27.5 GeV su nucleoni polarizzati e non ed in alcuni casi su nuclei leggeri. Si tratta di un esperimento di vasta risonanza internazionale in cui il contributo dei ricercatori italiani è rilevante nella costruzione e gestione dei rivelatori e dei bersagli polarizzati. Tra i molti risultati ottenuti si segnala la prima evidenza sperimentale del contributo dei gluoni allo spin dei nucleoni, la misura delle funzioni di distribuzione dei quark polarizzati e quella degli effetti nucleari sul deep inelastic scattering.

La regola di somma GDH è studiata da più esperimenti; in particolare l'esperimento GDH ha completato l'analisi delle misure di assorbimento di fotoni polarizzati di energia tra 200 ed 800 MeV su protoni polarizzati. Le misure fino a 3 GeV a Bonn hanno subito un ritardo a causa di problemi al bersaglio criogenico.

### **b) Produzione di adroni**

Al TJNAF (Virginia) AIACE, usando lo spettrometro CLAS, ha preso dati sulla elettro e foto produzione di mesoni isoscalari ed isovettoriali su p, d,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ , e  $\text{CH}_2$ . Sono state completate le analisi di assorbimento di fotoni di .5 e 2.6 GeV su nuclei e di elettro e foto-produzione su protoni e nuclei. È stato montato il bersaglio polarizzato di H/D (in gran parte opera dei gruppi italiani) e presi i primi dati.

Nella Hall A ELETTRO ha partecipato alla presa dati con lo spettrometro ad alta risoluzione con misure sul fattore di forma del deutone, sul momento magnetico del neutrone e sulla regola di somma GDH.

Va notato che questi due esperimenti rappresentano il principale contributo italiano alla sperimentazione negli USA nel campo della fisica nucleare.

Usando un fascio di  $\gamma$  polarizzati di energie tra 200 e 1600 MeV al ESRF di Grenoble GRAAL ha studiato la fotoproduzione ed il decadimento di stati eccitati del nucleone e la produzione di mesoni. La misura di asimmetria del fascio ha permesso di mettere in evidenza il contributo della risonanza  $D_{13}$  (1520) nella interazione  $\gamma p$ .

In presa dati DUBTO che a DUBNA studia con una camera a streamer l'interazione  $\pi$ -nucleo a bassa energia.

Stanno infine terminando l'analisi dati OBELIX con importanti risultati sulla spettroscopia di mesoni e DISTO che ha pubblicato risultati sulla produzione di mesoni vettori e su osservabili di spin nella produzione di  $\Lambda$  in interazione  $p-p$ .

### c) Stranezza nei nuclei

Nel prossimo futuro FINUDA inizierà lo studio a DAΦNE della produzione di ipernuclei  $\Lambda$  prodotti da K originati dal decadimento del mesone  $\phi$ . Questo complesso esperimento, che rappresenta il maggiore sforzo operato dalla Commissione in questo campo di ricerca, è pronto ad entrare in misura non appena il fascio sarà operativo.

Prossimamente lo studio degli ipernuclei verrà iniziato anche al TJNAF dall'esperimento ELETTRO, che ha in costruzione per tale scopo un contatore RICH.

CLAMKAON ha terminato le misure con interessanti risultati sulla produzione di  $K^+$  nella interazione di protoni da 1.2 GeV su nuclei.

### d) Misura di grandezze fondamentali

A DAΦNE ha iniziato misure di fondo DEAR che studia le caratteristiche delle riga X dell'idrogeno e deuterio kaonico con l'intento di valutare la lunghezza di diffusione antikaone-nucleone. L'apparato ha lavorato correttamente, ma il fondo è apparso troppo elevato. Importante la realizzazione di un monitor di k.

Infine al PS del CERN DIRAC ha iniziato la presa dati su Ni e Pt ottenendo una statistica che permetterà una accuratezza del 20% della vita media dell'atomo dimesonico con conseguente valutazione al 10% della lunghezza d'onda di diffusione  $\pi\pi$  in onda s.

## **2. TRANSIZIONE di FASE della MATERIA NUCLEARE e ADRONICA**

Questo settore di ricerca contiene tre diverse linee bene individuabili dall'energia degli ioni usati come proiettili.

### **a) Ioni ultrarelativistici**

In questo campo i ricercatori italiani operano al SPS del CERN negli esperimenti NA50 (IPER) ed NA57 e partecipano alla costruzione del rivelatore ALICE per l'LHC.

Nel 2000 i primi due esperimenti hanno ottenuto risultati notevoli riguardanti la produzione del mesone  $J/\Psi$  e dei barioni strani e multistrani nella interazione Pb-Pb a 158 GeV e 40 GeV per nucleone. Questi risultati hanno contribuito in modo determinante alla dichiarazione fatta nel febbraio 2000 dal CERN della avvenuta creazione di un nuovo stato di materia in cui quark e gluoni sono deconfinati.

La partecipazione italiana nei due esperimenti è molto qualificata sia in fase di costruzione della strumentazione sia in quella di presa ed analisi dati. Entrambi gli esperimenti hanno preso dati nel 2000.

La ricerca in questo campo è proseguita con la partecipazione alla costruzione del rivelatore ALICE che studierà l'interazione Pb-Pb al LHC. In questo esperimento lavorano 71 FTE con un finanziamento (pari al 38% del totale impegnato) che rappresenta il maggiore impegno economico assunto dalla Commissione. I fisici italiani occupano posti di grandi responsabilità nella costruzione e gestione dell'esperimento e sono impegnati nella costruzione delle seguenti parti di apparato: ITS (Internal Tracking detector), HMPID (High Momentum Particle Identifier), ZDC (Zero Degree Detector), DIMUON ARM ( $\mu$  Spectrometer), TOF (Time of Flight Barrel).

Tutti questi apparati hanno presentato i relativi TDR (Technical Design Report) e costruito prototipi. In particolare il rivelatore Cerenkov ha messo in funzione un prototipo nell'esperimento STAR a RHIC. Per il rivelatore TOF è in corso la stesura di un addendum che conterrà ulteriori sviluppi di R&D necessari per la definizione del progetto operativo.

In conclusione questa linea di ricerca ha ottenuto notevoli risultati e costituisce in questi anni di costruzione di ALICE il maggiore impegno finanziario della Commissione.

**b) Ioni Relativistici**

In questo intervallo di energia opera al GSI HADES2 che ha la costruzione ed installazione del rivelatore TOF, e svolto test che ne hanno dimostrato l'ottimo funzionamento.

**c) Ioni ad energia intermedia  $10 \text{ A MeV} < E < 80 \text{ A MeV}$** 

L'attività si svolge principalmente al CS dei laboratori Nazionali del Sud. In questo intervallo di energia la materia nucleare viene spinta in stati di alta temperatura e densità da cui può poi decompimersi e raffreddarsi passando dallo stato liquido a quello gassoso. Le misure sono tese a comprendere sia la dinamica del processo che porta alla formazione del nucleo caldo sia la natura del susseguente decadimento che determina la produzione di multiframmenti. Lo scopo ultimo è lo studio della equazione di stato (EOS) della materia nucleare nella regione della transizione di fase liquido-vapore. Occorre per questo avere apparati capaci di rivelare particelle leggere, frammenti, neutroni e  $\gamma$ ; in sostanza bisogna operare uno studio della reazione il più esclusivo possibile in modo da riconoscere senza ambiguità le varie fasi della reazione dal pre-equilibrio alla fusione e alla evaporazione. Per rendere possibile tali studi la Commissione ha finanziato nel passato la costruzione di complessi rivelatori che sono ora operativi.

L'esperimento REVERSE usa il rivelatore a  $4\pi$  CHIMERA per carichi e frammenti montato nella camera a vuoto CICLOPE; i primi dati sono stati presi sull'interazione  $^{114}\text{Sn}-^{64}\text{Ni}$  e hanno mostrato un buon funzionamento dell'apparato.

FORWARD fa uso di un insieme di rivelatori (MEDEA, MULTICS, SOLE, MACISTE) che lo rendono un potente apparato per la rivelazione simultanea di fotoni, frammenti, particelle leggere e residui di fusione. Tra i primi risultati vanno citati l'innescarsi di oscillazioni di densità nel sistema intermedio formato nelle collisioni centrali, l'emissione di frammenti ricchi di neutroni e l'evidenza di processi cooperativi nella produzione di protoni.

Lo scopo dell'esperimento FIASCO è quello di studiare effetti di non equilibrio in urti dissipativi, utilizzando un rivelatore che rivela frammenti e particelle leggere che originano nella zona di contatto (Neck). L'apparato è pronto a prendere dati.

Nel 2000 queste attività hanno subito un certo rallentamento dovuto a problemi di funzionamento del CS, superati nell'ultima parte dell'anno.

HOTC1 ha fatto misure a GANIL sulla produzione di elettroni veloci.

### **3. STRUTTURA NUCLEARE e DINAMICA delle REAZIONI**

#### **a) Dinamica delle reazioni**

Uno dei campi di maggior interesse nella fisica nucleare con ioni di bassa energia è tuttora lo studio della dinamica delle reazioni nucleari indotte. Solo una conoscenza approfondita dei meccanismi di reazione può permettere lo studio delle proprietà della materia nucleare formatasi nella reazione consentendo quindi la descrizione della equazione di stato nell'intervallo energetico al di sotto della soglia della transizione liquido-vapore. Occorre studiare l'evoluzione temporale del sistema composto ed in particolare gli effetti del canale di ingresso dipendenti da gradi di libertà quali l'asimmetria di massa o di isospin. Tra gli effetti dinamici da studiare sono di particolare interesse quelli riguardanti la competizione tra evaporazione e fissione nel canale di uscita della reazione che dipendono fortemente da effetti dovuti alla viscosità nucleare. L'attività del settore si svolge in gran parte ai laboratori di Legnaro e del Sud.

In particolare a Legnaro sono attivi gli esperimenti EDEN e STREGA che fanno uso di apparati finanziati in precedenza dalla Commissione e di fasci di ioni di energia tra 5 e 20 A MeV. EDEN ha fatto secondo quanto previsto misure a LNL per studiare problemi di fissione, di barriera di emissione e di break up con il rivelatore  $8\pi\text{LP}$  e misure sulla deccitazione dei nuclei al TAMU (Texas University). STREGA usando l'apparato GARFIELD ha eseguito le prime misure al LINAC. Sempre a Legnaro SERPE ha eseguito misure su reazioni prodotte da  $^{32}\text{S}$  e  $^{36}\text{S}$  su  $^{96}\text{Mo}$ .

A LNS TRASMARAD studia l'emissione di raggi  $\gamma$  nella regione della GDR in sistemi con diversi valori  $Z/N$ . A Louvain la Neuve il gruppo ha messo a punto una tecnica con Si monolitico a strip per la rivelazione dei residui di fusione in reazioni indotte da ioni radioattivi. CICLOFUS, che studia la reazione di fusione completa e incompleta in sistemi asimmetrici, ha completato la costruzione dell'apparato.

Infine COSTHIR al NAC ha misurato il Doppler shift dei  $\gamma$  emessi nell'interazione di  $^{12}\text{C}$  su  $^{63}\text{Cu}$  a 400 MeV e studiato lo spettro dei frammenti prodotti dall'interazione di  $^{16}\text{O}$  su  $^{59}\text{Co}$  e  $^{93}\text{Nb}$  nell'intervallo di energia tra 5 e 35 A MeV per ottenere una descrizione completa delle reazioni sia dal punto di vista teorico che sperimentale.

In conclusione la comprensione della dinamica delle reazioni esige ancora un notevole sforzo sperimentale che va accoppiato con lo sviluppo di modelli teorici in grado di spiegare i dati. Lo sviluppo di fasci esotici contribuirà in modo importante alla soluzione di questi problemi.

Non va dimenticato che lo studio di meccanismi di reazione, oltre alla sua importanza conoscitiva della materia nucleare ha numerose implicazioni in altri settori quali l'astrofisica nucleare, la formazione di nuclei super-heavy e applicazioni nucleari.



## b) Struttura Nucleare

L'attività scientifica dell'INFN nell'ambito della struttura nucleare ha l'obiettivo primario di studiare i fenomeni fisici che si verificano quando il nucleo si trova in condizioni estreme di isospin, massa, spin e temperatura.

Numerosi esperimenti di spettroscopia gamma sono stati eseguiti utilizzando l'apparato EUROBALL al Vivitron di Strasburgo e GASP ai LNL volti a ricavare informazioni sulla forma dei nuclei e di come questa si evolva in funzione del momento angolare e dell'energia di eccitazione, e su come i moti collettivi nucleari più semplici siano influenzati dal fatto che il nucleo si trovi ad energia di eccitazione finita.

In collegamento allo studio di forme esotiche, sono state identificate nella regione dei nuclei delle terre rare (come ad esempio negli isotopi del Lu e di Hf) bande rotazionali in nuclei superdeformati con deformazione triassiale. Nel caso di nuclei quasi sferici sono state invece identificate eccitazioni di tipo ottupolare e di tipo magnetico (vedi ad esempio Gd) e in alcuni casi è stato studiato il fenomeno delle "band termination" ad alto spin (nei nuclei con  $A \approx 100$ ). Le proprietà di simmetria di isospin e del pairing neutrone-protone sono state studiate in nuclei con  $N \approx Z$  con masse medio-leggere. Evidenza di correlazione di pairing neutrone-protone è stata trovata nei nuclei (con numero di massa  $A = 40-50$ ); per questi nuclei la shell  $f_{7/2}$  è piena ed è quindi possibile realizzare calcoli microscopici di modello a shell. Va rilevato che ben 14 condotti ad LNL con GASP sono stati eseguiti da gruppi stranieri.

Per quanto riguarda le proprietà dei moti collettivi al variare dell'energia termica, sono stati studiati il problema dello smorzamento del moto rotazionale in diverse regioni di massa e quello della popolazione di nuclei superdeformati da parte del decadimento della risonanza gigante di dipolo. In particolare, il confronto dei dati ottenuti per diversi nuclei hanno permesso di studiare la regione di transizione tra il sistema ordinato quantistico a quello completamente caotico mettendo in luce gli effetti dovuti alla densità dei livelli e all'interazione residua nel meccanismo di mescolamento delle bande rotazionali. La risonanza gigante di dipolo a temperatura finita e le sue proprietà di smorzamento sono studiate anche in esperimenti complementari e preparatori a quelli realizzati con EUROBALL, che sono realizzati presso i laboratori di Legnaro e di Argonne (esperimento PARIDE).

Lo studio dei nuclei lontani dalla valle di stabilità riguarda in generale nuclei con valori anomali del rapporto di  $N/Z$ . La ricerca in questo campo richiede in generale l'uso di fasci radioattivi, ma in alcuni casi particolari è stato possibile raggiungere la proton drip line e misurare il decadimento protonico usando fasci stabili. Questa tematica è portata avanti dall'esperimento EXOTIC e ha misurato ai LNL il decadimento in protoni del  $^{126}\text{Pm}$ . Lo stesso esperimento ha studiato nuclei poco legati misurando a Louvain La Neuve la reazione  $^6\text{He}$  su  $^{238}\text{U}$  e ai LNL la reazione di break up del  $^6\text{Li}$  su Pb.

Altri esperimenti sono COSA (LNS), ELCOM2 (LNL), SPREAD (KVI) e TRARE (Garching) che studiano stati del nucleo a simmetria mista, omologhi od eccitazioni di spin-isospin per i quali esistono precise previsioni teoriche.

Per concludere è importante sottolineare che la notevole mole di informazioni sperimentali riguardante le molteplici e diverse eccitazioni del nucleo fornisce la possibilità di raffinare sempre di più le teorie a multi-corpi. Questo ha una ricaduta in altri campi come ad esempio quello dei cluster metallici le cui proprietà vengono descritte con estensioni delle teorie di struttura nucleare.

Infine continua la costruzione di apparati per dotare i due laboratori nazionali di strumentazione adatta alla sperimentazione sia con i fasci attuali sia con fasci di ioni radioattivi. Lo spettrometro PRISMA sta terminando la sua costruzione nei tempi previsti ai LNL avendo montato la piattaforma rotante e completato i disegni dei rivelatori. MAGNEX ai LNS ha indetto la gara per i magneti e studiato il sistema di rivelazione. Infine il progetto del rivelatore tracciante MARS ai LNL ha continuato il suo sviluppo avendo acquisito un prototipo del rivelatore al ge altamente segmentato.

#### **4. Astrofisica nucleare e ricerche interdisciplinari**

Le misure di sezioni d'urto di interesse astrofisico hanno avuto negli ultimi anni un forte sviluppo con una attività ben coordinata sul piano nazionale. Gli esperimenti interessati sono LUNA2, ERNA e ASFIN2 che si svolgono rispettivamente ai LNGS (Gran Sasso), Bochum, LNS e Louvain La Neuve e sono focalizzati allo studio sperimentale delle più importanti reazioni nucleari che presiedono alla combustione dell'idrogeno e dell'elio nelle stelle ed in particolare nel sole. Le tematiche scientifiche vanno dall'evoluzione stellare alla produzione di energia nelle stelle, al problema del neutrino solare, all'electro screening. Sono state misurate diverse reazioni tra cui  $d(^3\text{He},p)^4\text{He}$  (LUNA2) e  $^7\text{Li}(p,\alpha)^4\text{He}$  (ASFIN2) per le quali sono stati estratti i fattori astrofisici ed i potenziali di screening. Notevole impulso riceverà questa attività dall'utilizzo del nuovo acceleratore da 400 KV presso i LNGS, di cui sono già stati effettuati i tests di accettazione. La costruzione del separatore di ioni dell'esperimento ERNA a Bochum procede nei tempi programmati e permetterà a partire dal 2001 la misura della reazione  $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$  che gioca un ruolo importante nella evoluzione stellare.

Tra gli altri esperimenti ATHENA all'AD del CERN studia le proprietà spettroscopiche dell'antiidrogeno. L'esperimento ha conseguito i primi risultati intrappolando  $10^4$  antiprotoni con energia cinetica minore di 5 keV per bunch di  $10^7$  antiprotoni. Va infine notato che la Commissione ha incoraggiato la partecipazione italiana al progetto Neutron Time Of Flight facility (n-TOF) al CERN, che misurerà le sezioni d'urto di reazioni indotte da neutroni prodotti da interazioni dei protoni del PS. Queste misure sono interessanti sia in ambito astrofisico, sia nei campi della trasmutazione delle scorie nucleari e della produzione di energia.

ESPERIMENTI	LABORATORI	SEZIONI	FTE	FONDI IMPEGNATI (ML)
AIACE	TJNAF (USA)	LNF, Ge	15,4	962,278
CLAMKAON	The Svedberg Laboratory (Uppsala, Sweden)	Ct	2,8	34,641
DEAR	LNF DAFNE	LNF, Ts	4,2	364,701
DIRAC	CERN PS	LNF, Ts	4,4	248,424
DISTO	Laboratoire National SATURNE (Saclay, France)	To	4,2	47,28
DUBTO	JINR (Dubna, Russia)	To	4	56,898
ELETTRO	TJNAF (USA)	ISS, Ba	4,1	278,955
EOSIT	BNL AGS (USA)	Ct	2,7	21,935
FINUDA	LNF DAFNE	To, Ba, LNF, Pv, Ts	29,2	1576,679
GDHN	MAMI (Mainz, Germany)	Pv	4,4	183,17
GRAAL	ESRF (Grenoble, France), NSLS (Brookhaven, USA)	Rm2, Ge, LNF, LNS, ISS, To	13,4	1177,594
HERMES	DESY (Hamburg, Germany)	LNF, Fe	14,9	1076,544
NUCSPIN1	DESY (Hamburg, Germany)	ISS, Ba	4,3	286,902
OBELIX	CERN LEAR	Pv, Bo, LNL	5,3	71,011
ALTRI			5,4	
<b>TOTALI</b>			<b>118,7</b>	<b>6387,012</b>

ESPERIMENTI	LABORATORI	SEZIONI	FTE	FONDI IMPEGNATI (ML)
ALICE	CERN LHC	Ca, Ba, Bo, Ct, LNL, Pd, Rm, Sa, To, Ts	70,6	10432,653
CHIMERA	LNS	LNS, Ct, Me, Mi	9	306,014
FIASCO	LNS	Fi	8,1	264,994
FORWARD	LNS	LNS, Mi	6,7	132,142
HADES	GSI (Germany)	LNS, Mi	5,9	327,141
HOTCT1	LNS, GANIL (France)	Ct	2,2	79,174
IPER	CERN SPS	To, Ca	17,2	525,589
NA57	CERN SPS	Ba, Ct, Pd, Rm1, Sa	13,6	517,013
REVERSE	LNS	Ct, Bo, LNS, Na	10,1	147,894
SIS1	LNS, GSI (Germany)	LNS, Ct	5,3	86,107
ALTRI			1,3	
<b>TOTALI</b>			<b>150</b>	<b>12818,721</b>

ESPERIMENTI	LABORATORI	SEZIONI	FTE	FONDI IMPEGNATI (ML)
CICLOFUS	LNS	Ct	2,3	39,894
COSA	LNS	LNS	3,05	28,391
COSTHIR	National Accelerator Centre (Faure, South Africa)	Mi	4,4	88,625
EDEN	LNL, Texas University TAMU	LNL, Na, Fi, Mi, Pd	10,6	522,538
ELCOM2	LNL, CERN ISOLDE	Fi	2,6	62,106
EUROBALL	VIVITRON (Strasbourg, France)	Mi, Fi, Ge, LNL, Na, Pd, Pg	16,4	995,951
EXOTIC	LNL, Munich (Germany), RIKEN (Japan), Louvain la Neuve (Belgium)	Na, Mi, Pd, Ud	5,8	216,96
GASP	LNL	Pd, Fi, LNL	11,2	473,276
MAGNEX	LNS, IPN Orsay (France)	LNS, Ct	9,4	1885,388
MARS	LNL	Pd, LNL, Mi	7	124,416
PARIDE	LNL, Argonne National Laboratory (USA)	Mi	3,6	89,057
PRISMA	LNL	LNL, Na, Pd, To	10,9	991,522
SERPE	LNL	Na, LNS	2,3	100,8
SPREAD	KVI Groningen (The Netherland), MTU Garching (Germany)	Mi, Ba	3,1	58,485
STREGA	LNL	LNL, Bo, Fi, LNS, Mi, Na, Ts	10,2	361,448
TRARE	LMU e TUM Garching (Muenchen, Germany)	Mi	2,8	78,124
TRASMARAD	LNS, Louvain la Neuve (Belgium)	Ct, LNS	5,8	155,43
<b>TOTALI</b>			<b>111,45</b>	<b>6272,411</b>

ESPERIMENTI	LABORATORI	SEZIONI	FTE	FONDI IMPEGNATI (ML)
ASFIN2	LNS, Zagreb (Croatia), Louvain la Neuve (Belgium)	LNS	5,3	76,255
ATHENA	AD CERN	Pv, Ge, Na, Pi, Rm1	11,8	489,018
ERNA	Bochum (Germany)	Na	3,9	232,266
LUNA2	LNGS	Ge, LNGS, Mi, Na, Pd, To	8,3	778,564
ALTRI			6,6	13,531
TOTALI			35,9	1589,634
TOTALI GEN.			416,05	27067,778