APPENDICE

DINAMICA DEI QUARK E DEGLI ADRONI

ESPERIMENTI	LABORATORI	FASCIO	SEZIONI	FTE
AIACE	TJNAF (USA)	e-,γ	Ge, LNF	13
DEAR	LNF DAFNE	k	LNF	5,1
DIRAC	CERN PS	p	LNF, Ts	3,7
DISTO	Laboratoire National SATURNE (Saclay, France)	p	Al, To	3,2
DUBTO	JINR (Dubna, Russia)	π	To	2,4
ELAPP	CERN AD	anti p	To	4,7
ELETTRO	TJNAF (USA)	e-,γ	ISS, Ba	6,7
FINUDA	LNF DAFNE	k	To, Ba, LNF, Pv, Ts	26,6
GDHN	MAMI (Mainz, Germany), ELSA (Bonn, Germany)	γ polarizzati	Pv	3,4
GRAAL	ESRF (Grenoble, France), NSLS (Brookhaven, USA)	γ polarizzati	Rm2, Ge, ISS, LNF, LNS	10,9
HERMES	DESY (Hamburg, Germany)	e+ e- polarizzati	LNF, ISS, Ba, Fe	21,9
OBELIX-1	CERN LEAR	anti p	Pv, Bo	4,3
STRAD	CERN AD	anti p	Pv, To	5,8
ALTRO				0,7
TOTALE				**112,4**

TRANSIZIONI DI FASE NELLA MATERIA NUCLEARE

ESPERIMENTI	LABORATORI	FASCIO	SEZIONI	FTE
ALICE	CERN LHC	ioni ultrarelativistici	Ca, Al, Ba, Bo, Ct, LNL, Pd, Rm, Sa, To, Ts	90,3
FIASCO	LNS	ioni energia intermedia	Fi	9,6
FORWARD	LNS	ioni energia intermedia	LNS, Mi	6,5
HADES2	GSI (Germany)	ioni relativistici	LNS, Mi	5,15

HOTCT1	LNS, GANIL (France)	ioni energia intermedia	Ct	2
IPER	CERN SPS	ioni ultrarelativistici	To, Ca	13,9
NA57	CERN SPS	ioni ultrarelativistici	Ba, Ct, Pd, Rm1, Sa	11,5
REVERSE	LNS	ioni energia intermedia	Ct, Bo, LNS, Me, Mi, Na	18,2
SIS2	LNS, GSI (Germany)	ioni relativistici	LNS, Ct	5
TOTALE				**162,15**

STRUTTURA NUCLEARE E DINAMICA DELLE REAZIONI

ESPERIMENTI	LABORATORI	FASCIO	SEZIONI	FTE
CICLOFUS	LNS	ioni energia intermedia	Ct	3,1
COSTHIR	National Accelerator Centre (Faure, South Africa)	ioni energia intermedia	Mi	4
EDEN	LNL, Texas University TAMU	ioni bassa energia	LNL, Ba, Fi, Na, Pd	12,1
EUROBALL	VIVITRON (Strasbourg, France)	ioni bassa energia	Mi, Fi, Ge, LNL, Na, Pd, Pg	19,9
EXOTIC	LNL,Munich(Germany,RIKEN (Japan),ANL (USA),GANIL (France)	ioni bassa energia	Na, Mi, Pd	5,4
GASP	LNL	ioni bassa energia	Pd, Fi, LNL	8,5
MAGNEX	LNS, IPN Orsay (France)	ioni bassa energia	LNS, Ct	12,7
MARS	LNL	ioni bassa energia	Pd, LNL, Mi	5,85
MISSIVE	LNL	ioni bassa energia	Fi	3,5
PARIDE	LNL, Argonne National Laboratory (USA)	ioni bassa energia	Mi	3,45
PRISMA	LNL	ioni bassa energia	LNL, Na, Pd, To	9,6
SERPE	LNL	ioni bassa energia	Na	2,6
SPREAD	KVI Groningen (The Netherland), MTU Garching (Germany)	p polarizzati, d	Mi, Ba	2,9
STREGA	LNL, LNS	ioni bassa energia	LNL, Bo, Fi, LNS, Mi, Na, Ts	8,8
TRARE	LMU e TUM Garching (Muenchen, Germany)	p polarizzati e non	Mi	3,3
TRASMARAD	LNS, Louvain la Neuve (Belgium)	ioni energia intermedia	Ct, LNS	4,4
ALTRO				0,6
TOTALE				**110,7**

ASTROFISICA NUCLEARE E RICERCHE

INTERDISCIPLINARI

ESPERIMENTI	LABORATORI	FASCIO	SEZIONI	FTE
ASFIN2	LNS, Bochum (Germany)	ioni leggeri bassa energia	LNS	8,5
ATHENA	AD CERN	anti p	Ge, Pi, Pv	9,8
ERNA	Bochum (Germany)	ioni leggeri bassa energia	Na	4,2
LUNA2	LNGS	ioni leggeri bassa energia	Ge, LNGS, Mi, Na, Pd, To	10,7
NTOF	CERN Neutron Time Of Flight facility	n	Ba, Bo, LNL, Ts	6,3
TOTALE				**39,5**

TOTALE GEN.	**424,75**

FISICA TEORICA

Nel 2001 la Commissione Scientifica Nazionale IV ha coordinato le ricerche di circa 895 fisici teorici, corrispondenti a circa 661 ricercatori effettivi a pieno tempo, in qualità di dipendenti (circa 110), incaricati (circa 280) e associati di ricerca, distribuiti nelle unità operative e nei gruppi collegati.

Il finanziamento assestato per le ricerche di fisica teorica è stato di 6.150 milioni di lire, così suddivisi:

	(in milioni di lire)
Dotazione ordinaria	3.130
Iniziative specifiche	2.870
Fondo scambi internazionali	18
TOTALE	**6.150**

La cifra riguardante le dotazioni contiene le spese per il calcolo; la cifra globale assegnata al capitolo inviti di ricercatori stranieri è stata di 700 milioni di lire.

In molti casi i consuntivi economici preparati dalle singole sezioni presentano in entrata contributi elargiti dalla CEE per finalità particolari e non note alla CSN4, fondi non impegnabili e fondi provenienti da riassegnazioni dell'avanzo 2000; dal confronto fra le proposte di assegnazione della CSN4 e l'assestamento definitivo della voce entrate non è stato possibile valutare la riassegnazione globale. Va inoltre ricordato che una cifra dell'ordine di 2.800 milioni di lire è stata impegnata per la realizzazione delle attrezzature riferite al gruppo teorico previste nell'ambito del progetto APEmille.

Le cifre sopra indicate non tengono conto dell'impegno APEmille e sono state ridotte alla sola competenza impegnabile con l'aggiunta al netto della riassegnazione, per cui non è stato possibile ottenere dati affidabili, pur dopo un esame meticoloso che ha richiesto il confronto di tutti i dati disponibili.

A fronte delle entrate sopra elencate va considerato un avanzo a fine anno di 463 milioni di lire pari al 7.5 % delle entrate. Tale dato è assolutamente fisiologico e appare inferiore a quello del 2000 e fortemente ridotto rispetto agli anni precedenti.

Per quanto riguarda le uscite, globalmente sui capitoli 102061 (inviti) e 212010 (attrezzature) si sono spesi rispettivamente 661 milioni di lire e 1.312 milioni, sulle missioni estere 2.563 milioni e su quelle interne 919 milioni. Le cifre corrispondenti riferite al 2000 sono state di 606 milioni, 1.015 milioni, 2513 milioni e 841 milioni. Dal confronto appare chiaramente la tendenza alla normalizzazione della gestione economica.

La spesa per il grosso calcolo ai Consorzi è stata azzerata. Si ha invece una spesa di manutenzione di 43 milioni nettamente inferiore a quella dell'anno precedente (63 milioni).

Dotazione ordinaria

Ha coperto, come negli anni precedenti, le spese di base e ha anche finanziato, in parte, missioni e partecipazioni a scuole o conferenze. Comprende la maggior parte della spesa riguardante le attrezzature per il calcolo.

Fondo Iniziative Specifiche

Ha finanziato viaggi ed inviti nell'ambito di progetti di ricerca con un programma comune. Il numero di ricercatori equivalenti afferenti a 60 iniziative specifiche è stato dell'ordine delle 610 unità equivalenti, ripartiti per il 37% in iniziative di Teoria dei Campi, il 24% in ricerche di Fenomenologia, il 14% in ricerche di Fisica Adro-nucleare, 12% in Metodi Matematici e il restante 13% in Fisica Astro-particellare. A questa suddivisione corrisponde rispettivamente un finanziamento del 36%, 24 %, 16,%, 11% e 13% del totale relativo alle Iniziative. Si noti che circa 50 ricercatori equivalenti a pieno tempo svolgono la loro attività di ricerca a livello individuale con spese piuttosto ridotte, ma con produttività sicuramente apprezzabile.

CONSUNTIVO SCIENTIFICO

Le linee di ricerca, coordinate dalla Commissione IV, anche nel corso del 2001 sono proseguite lungo le linee tradizionali della fisica nucleare e sub-nucleare. Naturalmente alcune vertono anche sui metodi e sulle tecniche matematiche in uso. La produttività totale del gruppo, corretta per le collaborazioni estere circa il 22%, ammonta a 1300 unità di "impact parameter" (IP) corrispondente a una produttività specifica media di circa 2. Il confronto con gli anni precedenti mostra stabilità della produzione.

Nel seguito elencheremo i principali temi di ricerca raggruppandoli per comodità di esposizione secondo le cinque tematiche. Tuttavia a volte le differenze non sono così nette e sono soggette a progressiva evoluzione.

In generale il consuntivo mostra che le linee programmatiche e gli obiettivi posti a preventivo sono stati realizzati; d'altra parte, com'era da attendersi, i campi di attività non si discostano da quelli degli anni precedenti, sia come tipo di risultati che come distribuzione nelle varie sedi.

TEORIA DEI CAMPI

Le attività del settore, cui partecipano circa 225 ricercatori, sono raggruppate, per la maggior parte, in 19 Iniziative Specifiche. La produttività totale del settore è stata di 430 IP, quella specifica: 1.9. Si possono suddividere in tre grandi filoni di ricerca:

- teorie di campo (teorie di gauge, e di gravità, modelli integrabili) studiati con metodi analitici,
- studio delle teorie di stringa e oggetti estesi, delle loro simmetrie e dei modi di eccitazione; relazioni fra teorie di stringa e teorie di campo
- applicazioni alla meccanica statistica dei sistemi critici e ai sistemi complessi (vetri di spin, reti neurali).

Tra i risultati di maggior risonanza in questo settore citiamo:

M. Bertolini, P. Di Vecchia, M. Frau, A. Lerda, R. Marotta, I. Pesando.
FRACTIONAL D-BRANES AND THEIR GAUGE DUALS
JHEP 0102:014,2001

SETTORE F - FENOMENOLOGIA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

I progetti di ricerca in questo campo vedono coinvolti circa 145 ricercatori italiani su 17 Iniziative Specifiche. La produttività totale del settore è stata di 350 IP, quella specifica: 2.41.

Le linee base di ricerca non sono cambiate rispetto al 2000, si riassumono di seguito le attività principali nei diversi settori.

Rottura spontanea della simmetria elettro-debole e verifiche di precisione del modello standard: calcolo di processi con 4 fermioni nello stato finale rilevanti per LEPII.

Fisica oltre il modello standard: aspetti non-perturbativi delle teorie supersimmetriche; modelli di rottura della supersimmetria e possibili segnali agli acceleratori; implicazioni di possibili simmetrie di sapore nelle teorie unificate; possibili conferme della teoria della stringa (extra dimensioni) alla scala del TeV.

QCD perturbativa: produzione di quark pesanti ai collider adronici; reazioni inclusive; correzioni ai calcoli perturbativi.

Fisica adronica: calcolo di elementi di matrice e spettri adronici con tecniche di reticolo e metodi analitici; applicazioni delle lagrangiane chirali, in particolare alla fisica di DAΦNE; decadimenti rari del B e violazione di CP, nel modello standard e oltre; produzione diffrattiva; sezioni d'urto elastica e totale, in connessione con i dati di Hera e del Tevatron.

Tra i risultati di maggior risonanza in questo settore citiamo:

Guido Altarelli, Ferruccio Feruglio.
SU(5) GRAND UNIFICATION IN EXTRA DIMENSIONS AND PROTON DECAY.
Phys.Lett.B511:257-264,2001

M. Ciuchini, G. D'Agostini, E. Franco, V. Lubicz, G. Martinella, F. Parodi, P. Roudeau, A. Stocchi.
2000 CKM TRIANGLE ANALYSIS: A CRITICAL REVIEW WITH UPDATED EXPERIMENTAL INPUTS AND
THEORETICAL PARAMETERS.
JHEP 0107:013,2001

Riccardo Barbieri, Lawrence J. Hall, Yasunori Nomura.
A CONSTRAINED STANDARD MODEL FROM A COMPACT EXTRA DIMENSION.
Phys.Rev.D63:105007,2001

FISICA ADRO-NUCLEARE

Prosegue molto attivamente la ricerca nell'ambito della fisica adro-nucleare con interessanti sviluppi verso la fisica degli ioni ultrarelativistici, la fisica alle "energie intermedie" e l'astrofisica. In quest'ambito sono impegnati circa 85 ricercatori organizzati in 10 Iniziative Specifiche. La produttività totale del settore è stata di 162 IP, quella specifica: 1.9.
Si possono notare cinque linee portanti:

Fisica nucleare e adronica ad energie intermedie; interazioni elettro-deboli e adroniche nei nuclei (anche alla luce della QCD e dei modelli chirali), sistemi a pochi nucleoni.

Strutturistica nucleare con particolare riferimento alle condizioni estreme di spin , isospin ed energia di eccitazione.

Fisica degli ioni pesanti alle energie intermedie; fenomeni caotici e critici in collisioni tra ioni pesanti, modelli di materia neutronica

Fisica degli ioni pesanti ultrarelativistici; plasma quark-gluone e ripristino della simmetria assiale.

Applicazioni delle tecniche analitiche e numeriche delle fisica dei sistemi a molti corpi a macromolecole e micro-aggregati

Molte ricerche vengono svolte in stretto collegamento con le attività sperimentali presso i Laboratori Nazionali di Legnaro e del Sud.

Tra i risultati di maggior risonanza in questo settore citiamo:

D. Kharzeev, M. Nardi.
HADRON PRODUCTION IN NUCLEAR COLLISIONS AT RHIC AND HIGH DENSITY QCD.
Phys.Lett.B507:121-128,2001

METODI MATEMATICI

Il quarto filone di ricerca riguarda le applicazioni di particolari metodi matematici alla soluzione di problemi di interesse fisico in vari settori. Queste ricerche coinvolgono circa 70 ricercatori organizzati in 10 Iniziative Specifiche. La produttività totale del settore è stata di 71 IP, quella specifica: 1.

Si possono notare cinque linee principali:

- lo studio di equazioni differenziali non lineari con applicazioni allo studio dei sistemi dinamici.
- la trattazione dei sistemi vincolati, le applicazioni della geometria non commutativa, le osservabili di "loop" della gravità quantistica e la struttura delle teorie di gravità in 2+1 dimensioni.
- il caos quantistico, i fenomeni dell'ergodicità a livello quantistico, l'effetto tunnel risonante e non lineare, i sistemi di matrici casuali e sistemi su reticoli quasi periodici.
- le applicazioni della teoria dei gruppi quantici , le algebre di Hopf, gli spazi quantistici omogenei e le statistiche quantistiche.
- i fondamenti della meccanica quantistica considerando in particolare le teorie con variabili nascoste e il ruolo delle fasi geometriche.

ASTROFISICA PARTICELLARE E ONDE GRAVITAZIONALI

I progetti di ricerca in questo campo vedono coinvolti circa 80 ricercatori italiani su 4 Iniziative Specifiche. La produttività totale del settore è stata di 155 IP, quella specifica: 1.9.

Le ricerche sono organizzate su due filoni di ricerca principali:

- astrofisica particellare: candidati per la materia oscura; masse e oscillazioni di neutrini (sia fenomenologia che modellistica); origine dei raggi cosmici di alta energia; modelli per la generazione dell'asimmetria materia-antimateria; aspetti delle teorie di campo a temperatura finita; modelli inflazionari anche in collegamento col problema della costante cosmologica;

- sorgenti di onde gravitazionali di origine stellare e cosmologica.

Tra i risultati di maggior risonanza in questo settore citiamo:

G.L. Fogli, E. Lisi, D. Montanino, A. Palazzo.
MODEL DEPENDENT AND INDEPENDENT IMPLICATIONS OF THE FIRST SUDBURY NEUTRINO OBSERVATORY RESULTS.
Phys.Rev.D64:093007,2001

Anche durante il 2001 sono stati organizzati convegni sulle varie tematiche e scuole a livello avanzato, alcune in collaborazione con l'ICTP di Trieste.

Le ricerche risultano ben inserite sia nell'ambito universitario italiano che in un ampio contesto scientifico internazionale, con frequenti contatti col gruppo teorico del CERN e con università straniere. Il gruppo IV contribuisce pertanto in modo determinante a tenere alto il prestigio di cui gode l'INFN in ambito nazionale ed internazionale.

Va infine ricordata che sono stati messi in funzione ulteriori sistemi APEmille di grandi dimensioni portando la potenza di calcolo globalmente disponibile a circa 1 TeraFlops.

ATTIVITÀ DIDATTICA E FORMATIVA

Nell'ambito dell'attività scientifica del gruppo si sono inserite nell'anno 185 tesi di laurea e 44 tesi di dottorato. Sono inoltre stati associati alle ricerche del gruppo 136 dottorandi distribuiti sui tre cicli dal XV al XVII e 127 borsisti post dottorali.

RICERCHE TECNOLOGICHE

1) INTRODUZIONE

La Commissione 5 ha una funzione di precursore ed incubatore per progetti di strumentazione dedicata agli esperimenti dell'INFN: è la comunità di ricercatori che sviluppa materiali, dispositivi, processi nuovi o sostanzialmente migliorati o, più in generale, tecnologie di frontiera per esperimenti di fisica nucleare sub-nucleare e di astro-particelle. Il lavoro si svolge su tre linee direttrici:

- **Rivelatori di particelle, tecnologie elettroniche e di calcolo**
- **Acceleratori di particelle, tecnologie elettroniche e calcolo**
- **Applicazioni interdisciplinari delle tecniche di frontiera INFN.**

In ogni progetto che la Commissione valuta e sostiene vengono considerati con particolare attenzione i seguenti aspetti:

Acquisizione di leadership ed autonomia progettuale in sviluppi tecnologici di frontiera.

Diffusione nell'ambito interdisciplinare (funzione di volano).

Formazione di giovani ricercatori nei campi dell'elettronica, dei sensori, degli acceleratori e del calcolo.

Trasferimento tecnologico, attraverso collaborazioni scientifiche con l'industria o altri Enti e partecipazione al lavoro di qualifica e consolidamento dei prodotti ad alto contenuto di tecnologie avanzate, facilitandone la diffusione.

L'attività per lo studio dei futuri acceleratori (neutrino factory, Linear Collider, FEL) stimola studi nel campo degli acceleratori, delle sorgenti, dei rivelatori, dei sistemi di read out. Il considerevole aumento di attività nell'ambito della ricerca nello spazio induce una crescita delle attività di R&S, caratterizzazione, qualifica e sviluppo di rivelatori, materiali ed elettroniche che rispondano a richieste tecniche di sopravvivenza in condizioni estreme come nelle fasi del lancio o nello spazio.

Cresce costantemente l'interesse per le applicazioni interdisciplinari in campo medico, strumenti di diagnosi, Imaging, adroterapia. Continuano anche sviluppi nell'analisi di reperti di interesse artistico, archeologico e storico. Nuove applicazioni si rivolgono ai grandi temi in campo ambientale.

Si riconosce ai temi di comunicazione scientifica il ruolo che loro compete anche nell'ambito dei progetti del Gruppo 5. È iniziata una discussione che dovrà portare a progetti di "out-reach" per permettere di diffondere la cultura scientifica in modo efficace.

È importante, nel descrivere il consuntivo scientifico, dare risalto all'attività che nel corso del 2001 ha coronato sforzi meticolosi e costanti con un successo molto significativo. L'esperimento **TAORMINA** ha raggiunto nel campo della radioterapia la fase più impegnativa e concreta, il trattamento di pazienti. Il giorno 19 dicembre 2001, per la prima volta nel mondo, il gruppo di ricerca TAOrMINA ha applicato la terapia studiata nel pluriennale programma di ricerca finanziato dall'INFN. La procedura e' felicemente riuscita per quanto riguarda l'aspetto biofisico ed il previsto piano di trattamento. A distanza di una decina di giorni l'esame della TAC ha evidenziato che le metastasi contenute nel fegato del paziente erano in condizioni di necrosi, mentre il tessuto normale appariva ben preservato.

Dalla radioterapia con BNCT (Boron Neutron Capture Therapy), è nata una serie di nuove importanti prospettive per la cura del cancro, grazie alla tecnica che usa un fascio di neutroni per distruggere le cellule neoplastiche e risparmiare quelle sane.

Si tratta di un esempio di stretta collaborazione tra fisici che operano nell'ambito della CSN 5 dell'INFN, guidati dal prof. Pinelli, ed il prof. Aris Zonta che ha guidato l'equipe chirurgica del Policlinico S. Matteo di Pavia che, per la prima volta al mondo, ha applicato la nuova metodologia. A venti settimane dal primo intervento su un fegato affetto da metastasi, e dopo un costante monitoraggio delle condizioni postoperatorie del paziente, i medici possono esprimere soddisfazione.

L'efficacia della tradizionale radioterapia è fondamentalmente legata all'esistenza di caratteristiche favorevoli dell'accumulo neoplastico: la presenza cioè di una neoplasia localizzata, in posizione accessibile e di forma compatta, caratterizzata da una definizione spaziale chiaramente riconoscibile rispetto al tessuto sano circostante.

Il nuovo metodo di BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) cambia tutta la prospettiva, consente di ottenere non solo una totale specificità di azione ma anche la distruzione di accumuli minimi, non localizzati e non noti di cellule neoplastiche in un organo isolato. Il principio della BNCT si fonda sulla constatazione che quando un neutrone colpisce il nucleo dell'isotopo 10 del Boro, il nucleo stesso si spezza dando origine ad una particella alfa ed a uno ione di Litio, entrambi provvisti di forte potere ionizzante. La capacità distruttiva espressa da questa reazione è enorme: una cellula neoplastica arricchita di Boro e colpita dai neutroni viene distrutta, mentre la contigua cellula sana, non caricata di Boro, viene risparmiata. La difficoltà consiste dunque nell'individuare una molecola capace di veicolare il Boro all'interno della cellula neoplastica piuttosto che nella cellula sana. I ricercatori hanno individuato questo trasportatore nella Borofenilalanina, un aminoacido (fenilalanina) modificato con l'introduzione di Boro. Di questo tipo di sostanza è avida la cellula tumorale che, crescendo a ritmo impazzito, "cattura" l'aminoacido a scapito della cellula sana, alla quale tende a sottrarre nutrimento. L'organo così trattato viene esposto ad un fascio di neutroni caratterizzato in modo da ottenere i migliori risultati in pochi minuti di irraggiamento.

Tutte le indagini postoperatorie eseguite fino ad oggi sul paziente confermano non solo l'azzeramento dei marcatori neoplastici, ma anche la presenza, al posto degli ammassi neoplastici, di lacune e segni cicatriziali che possono essere attribuiti solo all'azione dei neutroni sugli accumuli di Boro. Per le sue caratteristiche e la sua efficacia, la nuova tecnica si presta ad essere applicata a neoplasie di organi come il rene o il polmone, in cui l'attacco dei neutroni può essere rivolto anche contro localizzazioni tumorali che i mezzi diagnostici (Tac, ecografia, Rmn) non avessero evidenziato.