

istituto nazionale di fisica nucleare
laboratori nazionali di Frascati

1990

RAPPORTO DI ATTIVITA'

LNF-91/065 (IR)
Ottobre 1991

*Servizio Documentazione
Laboratori Nazionali di Frascati
P.O.Box 13 - I-00044 Frascati (Italia)*

Enzo IAROCCHI

Direttore LNF

Rinaldo BALDINI CELIO

Direttore Divisione Ricerca

Gaetano VIGNOLA

Direttore Divisione Acceleratori

Coordinatore Scientifica

Vincenzo VALENTE

Redazione

Luigina INVIDIA

Copertina:

DAΦNE - Elaborazione CAD

Laboratori Nazionali di Frascati

INTRODUZIONE.....	1
DIVISIONE RICERCA	2
1. FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI.....	3
ALEPH	3
CDF	6
FENICE	8
FLATEV.....	10
SLD	12
UA2	14
2. FISICA PASSIVA DELLE ALTE ENERGIE.....	15
MACRO	15
MASS	21
WiZard	25
3. FISICA NUCLEARE.....	27
LABORATORIO JET TARGET.....	27
ASSO.....	30
MENFI.....	33
4 π BGO.....	34
ATTIVITA' PRESSO LABORATORI ESTERNI.....	36
FOMAMI	36
II LABORATORIO LADON	37
La facility LADON.....	37
LABRO	39
4. RADIAZIONE DI SINCROTRONE.....	40
PULS	40
1 - Attività su ADONE	40
2 - Attività presso E.S.R.F. (GILDA)	43
3 - DAFNE	44
PWA	46
1. - Introduzione.....	46
2. - La Linea BX1	46
3. - La Linea BX2-S	54
4. - La Linea BX2-L	57
5. - La Stazione per esperimenti di "Diffrazione su polveri" (contratto CEE)	61

5. FISICA GENERALE E DIVERSI	65
F A D D	65
FRA-TO	66
HTSCPIR	73
N I D	75
SCCF	76
SURF	77
6. FISICA TEORICA	79
FISICA ALLA ϕ -FACTORY.....	79
FENOMENOLOGIA DEI COLLIDERS ADRONICI	79
FENOMENOLOGIA DEI COLLIDERS AD ELETTRONI E POSITRONI	81
TEORIA DEI CAMPI.....	82
FISICA NUCLEARE.....	82
TEORIE DI GAUGE SU RETICOLO.....	82
TEORIA DELLE STRINGHE E WORMHOMES	84
FISICA MATEMATICA	85
STRUTTURA DELLA MATERIA.....	86
DIVISIONE ACCELERATORI	89
D A Φ NE.....	89
ADONE	91
LISA e PROGETTO ARES	91
Servizio FISICA ACCELERATORI	95
Servizio ELETTRONICA, CONTROLLI E DIAGNOSTICA	95
Servizio RADIOFREQUENZA	96
Servizi MECCANICA-IMPIANTI E VUOTO.....	97
Servizio INGEGNERIA CAD/CAE.....	98
Servizio INGEGNERIA ELETTROTECNICA.....	99
Servizio OPERAZIONE	99
Servizio MAGAZZINI.....	100
Servizio ARES-L	101
SERVIZI DI CENTRO	104
FISICA SANITARIA.....	104
MEDICINA DEL LAVORO.....	104
BIBLIOTECA E DOCUMENTAZIONE	105
PUBBLICAZIONI-LNF	106

Laboratori Nazionali di Frascati

INTRODUZIONE

Il presente Rapporto illustra l'attività dei Laboratori Nazionali di Frascati per l'anno 1990.

Il 1990 è stato caratterizzato dall'inizio dell'attività finalizzata alla costruzione di DAFNE, il nuovo acceleratore dei LNF.

DAFNE, il cui disegno è andato concretizzandosi nel corso dell'anno, è costituito da due anelli separati, uno per elettroni e l'altro per positroni, con due sezioni di intersezione che ospiteranno gli esperimenti. Esso è progettato per lavorare all'energia di produzione del mesone Φ (1020 MeV nel centro di massa) con una altissima luminosità.

Il suo obiettivo principale è consentire esperimenti sulla violazione di CP nel decadimento dei K prodotti, a loro volta, dal decadimento del Φ .

Nel 1990 gli studi per DAFNE, oltre interessare l'attività di Fisica degli Acceleratori, hanno stimolato ricerche sia teoriche che strumentali in vista dei futuri esperimenti.

La normale attività sperimentale dei LNF comprende ricerche di Fisica Subnucleare e Nucleare, Fisica degli Acceleratori, Superconduttività, Fisica Atomica e Molecolare e Fisica dello Stato Solido con l'utilizzazione della Luce di Sincrotrone.

Il gruppo teorico dei Laboratori, svolge anche un'attività ad ampio raggio su QCD, Teoria dei Campi (sia nel continuo che sul reticolo), Teoria delle Superstringhe, Fisica Nucleare, Fisica dello Stato Solido, eccetera.

La ricerca sperimentale è effettuata da gruppi locali, o da collaborazioni nazionali ed internazionali, sugli acceleratori dei LNF (Linac ed Adone) e su quelli di altri Laboratori nazionali ed internazionali.

Le attività di ricerca sperimentale locali utilizzano l'anello di accumulazione Adone a elettroni-positroni con energia di 1.5 GeV per fascio. Su Adone, per quello che riguarda il funzionamento ad un solo fascio, sono operanti una Jet-Target e un'apparecchiatura (LADON) per la generazione di fasci di fotoni quasi monoenergetici e polarizzati mediante la diffusione Compton all'indietro di luce laser.

L'attività con due fasci collidenti: è dedicata all'esperimento FENICE che studia la produzione di coppie neutrone antineutrone.

Circa un terzo del tempo attivo dell'anello è dedicato alla produzione di Luce di Sincrotrone. Sono in operazione due Laboratori: PULS con cinque linee di fascio provenienti da un magnete curvante e PWA con tre linee provenienti da un Wiggler da 2 Tesla. Un considerevole numero di gruppi universitari italiani ed alcuni gruppi stranieri utilizzano la sorgente di Luce di Sincrotrone, sia nell'ambito dell'INFN che nel quadro di una Convenzione fra il CNR e l'INFN.

Le attività esterne sono soprattutto incentrate sul laboratorio sotterraneo del Gran Sasso, sugli acceleratori LEP, HERA, e di Saclay in Europa e, negli USA, sul Collider di Fermilab e su SLC di Stanford. La costruzione, assemblaggio e prova di tutte le parti degli esperimenti che sono di responsabilità dei LNF sono generalmente effettuate localmente usando le attrezzature dei Laboratori.

I Laboratori, per meglio affrontare l'impresa DAΦNE, hanno modificato la loro struttura organizzativa articolandosi in due Divisioni:

- La Divisione Ricerca che si occupa di tutte le attività di Fisica Nucleare, Subnucleare e Stato Solido, compresa la costruzione di attrezzature sperimentali e di rivelatori.
- La Divisione Acceleratori che si occupa del funzionamento degli acceleratori locali e di tutte le attività di Fisica degli Acceleratori. Essa gestisce i servizi tecnici e gli impianti dei Laboratori e sviluppa le tecnologie richieste, principalmente nel campo degli acceleratori di particelle.

I Servizi Generali gestiscono le attività d'interesse comune e curano l'amministrazione.

Alla fine del 1990 il personale dei LNF consisteva di circa 300 unità di cui 80 ricercatori. Inoltre, è attivo nei Laboratori un numero considerevole di ricercatori e tecnici delle Università (associati all'INFN), di ospiti stranieri, borsisti e laureandi.

Il presente rapporto di Attività è diviso in tre sezioni, in corrispondenza alla suddivisione dei Laboratori in Divisioni e Servizi Generali.

Maggiori dettagli sui momenti salienti dell'attività dei LNF nel 1990 si possono trovare nei singoli contributi al rapporto stesso.

DIVISIONE RICERCA

Direttore

R. Baldini Ferroli

Segreteria

R. Morani, F. Scacchi

1. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI

ALEPH

Componenti del gruppo

*A. Antonelli, R. Baldini, G. Bencivenni, G. Bologna (Ass.), F. Bossi (Ass.),
P. Campana, G. Capon, V. Chiarella, B. D'Ettorre Piazzoli, G. Felici, P. Laurelli
(Resp), G. Mannocchi (Ass.), F. Murtas, G. Nicoletti, M. Pepe, P. Picch*

Tecnici

M. Anelli, M. Carletti, G. Corradi, M. Santoni

Collaborazioni con

*Barcelona, Bari, Beijing, CERN, Clermond-Ferrand, Copenhagen, Demokritos, Ecole
Polytechnique, Edinburgh, Firenze, Florida, Glasgow, Heidelberg, Imperial College,
Innsbruck, Lancaster, Mainz, Marseille, MPI-Munich, Orsay, Pisa, Royal Holloway
College, Rutherford Laboratory, Saclay, Sheffield, Siegen, Trieste, Wisconsin*

Il primo anno di presa dati al LEP è stato coronato da un notevole successo per le ottime prestazioni sia della macchina che dell'esperimento. Sono state raccolti più di 10^5 decadimenti adronici e leptonici della Z^0 (Fig. 1) con luminosità che hanno raggiunto valori di $6 \cdot 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$.

I principali risultati ottenuti hanno permesso la determinazione del numero delle famiglie di neutrini, forniscono test della teoria elettrodebole ad un nuovo livello di sensibilità, pongono limiti sulla massa del top, forniscono limiti inferiori alla massa per le nuove particelle, in special modo lo Higgs, aprono nuove possibilità per lo studio dei mesoni B.

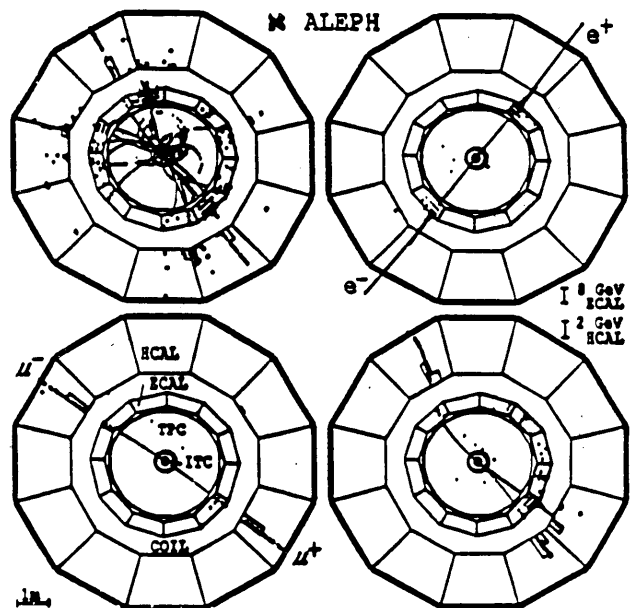


FIG. 1

Dalla misura della larghezza dello Z^0 è stato possibile determinare il numero delle famiglie di neutrini, difatti ricordiamo che:

$$\Gamma_Z = \Gamma_h + 3 \Gamma_l + N_\nu \Gamma_\nu$$

Ogni neutrino addizionale aumenta la larghezza del 6.8%.
Poichè:

$$\Gamma_Z = \sqrt{\frac{12\pi \Gamma_l \Gamma_h}{m_Z^2 \sigma_h^{\text{peak}}}}$$

se ne deduce che

$$N_\nu = \frac{\Gamma_l}{\Gamma_\nu} \left(\sqrt{\frac{12\pi \Gamma_h}{m_Z^2 \sigma_h^{\text{peak}} \Gamma_l}} - \frac{\Gamma_h}{\Gamma_l} - 3 \right)$$

m_Z e Γ_h/Γ_l sono stati misurati, Γ_l/Γ_ν è preso dalla teoria elettrodebole.

Da un fit a tre parametri della

$$\sigma_h(s) = \frac{\sigma_h^{\text{peak}} m_Z^2 \Gamma_Z^2}{\left| (s - m_Z^2) + i \frac{s \Gamma_Z}{m_Z} \right|^2}$$

si ricavano (Fig. 2) i valori di

$$m_Z = 91.186 \pm 0.013 \pm 0.030 \text{ GeV}$$

$$\Gamma_Z = 2506 \pm 26 \text{ MeV}$$

$$\sigma_h^{\text{peak}} = 41.78 \pm 0.63 \text{ nb}$$

Per le larghezze leptoniche (Fig.3) si ottengono i seguenti valori

$$\Gamma_e = 84.9 \pm 1.1 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_\mu = 80.7 \pm 2.2 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_\tau = 81.8 \pm 2.2 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_l = 84.2 \pm 1.0 \text{ MeV}$$

$$R = \Gamma_h/\Gamma_l = 20.95 \pm 0.31 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_h = 1764 \pm 24 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_{\text{inv}} = 489 \pm 22 \text{ MeV}$$

Utilizzando la $\Gamma_\nu = 166.7 \pm 0.7 \text{ MeV}$ della teoria elettrodebole si ottiene :

$$N_\nu = 2.91 \pm 0.12$$

Altro capitolo interessante della fisica prodotta al LEP è quello della asimmetrie forward-backward e di polarizzazione. Per la prima si ottiene (Fig. 4)

$$(v/a)_l^2 = 1/3 A_{\text{FB},l} = 0.0069 \pm 0.0022$$

Per la seconda studiando i canali $\tau \rightarrow \nu_\tau + \pi$, $\tau \rightarrow \nu_\tau + l + \nu_l$, $\tau \rightarrow \nu_\tau + \rho$ si ottiene

$$\langle p \rangle = A_{\text{pol},\tau} = -0.151 \pm 0.087$$

da questa misura è possibile ricavare il valore

$$\sin^2 \theta_w(m_Z^2) = 0.231 \pm 0.011$$

Combinando i risultati di LEP con quelli di UA2, CDF, CDHS e CHARM (Fig. 5), con l'assunzione della $m_{\text{Higgs}} = 200 \text{ GeV}$ e $as = 0.12$ si ottiene la migliore previsione per la massa del top

$$m_t = 127 \pm 34 \pm 17(m_{\text{Higgs}}) \text{ GeV}$$

e

$$\sin^2 \theta_w = 0.2325 \pm 0.010 \pm 0.0005(m_{\text{Higgs}})$$

Per la massa dello Higgs è stato possibile portare il limite inferiore a 42 GeV.

I dati in corso di analisi e quelli che verranno raccolti nei prossimi anni permetteranno di investigare meglio tutte la problematiche ancora aperte.

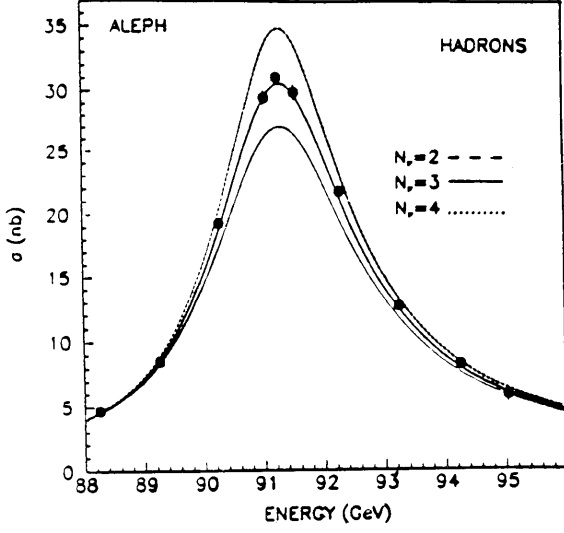


FIG. 2

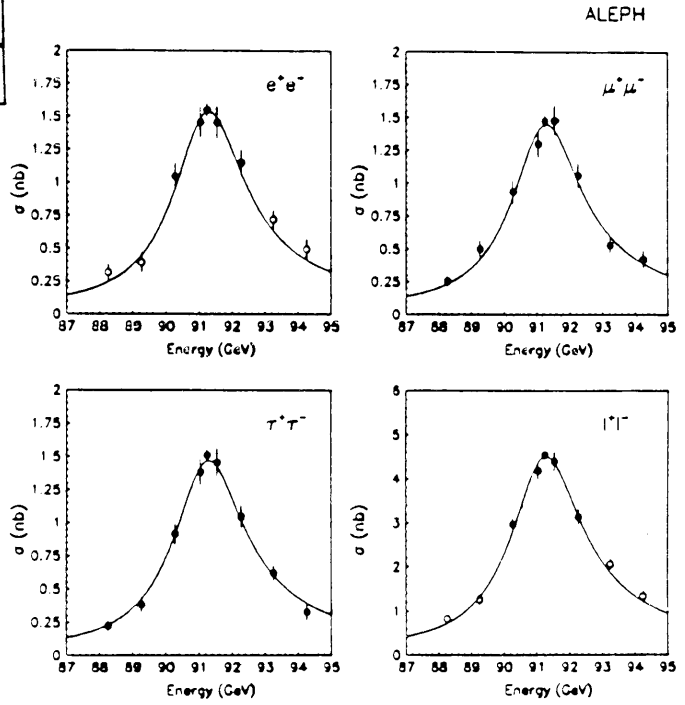


FIG. 3

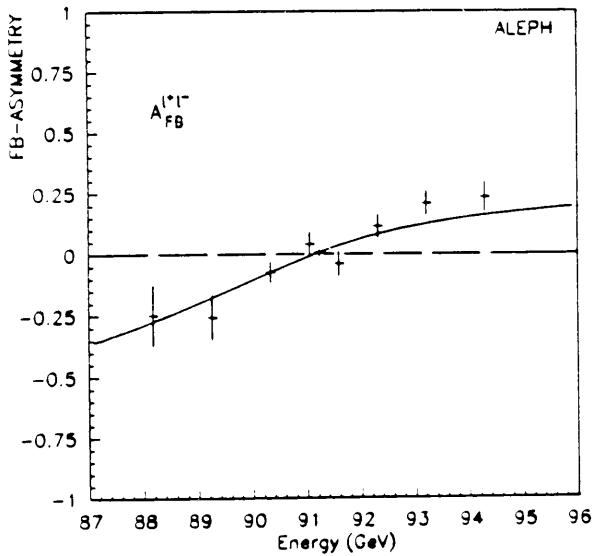


FIG. 4

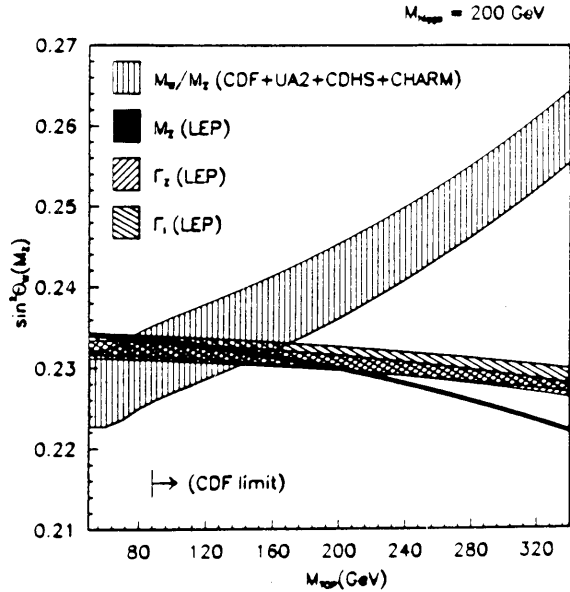


FIG. 5

Pubblicazioni

- 1) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Properties of hadronic events in e+e- annihilation at square root s 91 GeV. Phys. Lett. **B234**, 209 (1990).
- 2) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Determination of leptonic branching ratios of the Z. Phys. Lett. **B234**, 399 (1990).
- 3) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for the neutral higgs boson from Z0 decay. Phys. Lett. **B236**, 233(1990).
- 4) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for supersymmetric particles using acoplanar charged-particle pairs from Z0 decays. Phys. Lett. **B236**, 86 (1990).
- 5) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, A search for new quarks and leptons from Z0 decay. Phys. Lett. **B236**, 511 (1990).
- 6) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for excited leptons in Z0 decays. Phys. Lett. **B236**, 501 (1990).
- 7) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for neutral higgs bosons from supersymmetry in Z decays. Phys. Lett. **B237**, 291 (1990).
- 8) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, A precise determination of the number of families with light neutrinos and of the Z boson partial widths. Phys. Lett. **B235**, 399 (1990).
- 9) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for the neutral higgs boson from Z0 decays in the higgs mass range between 11 and 24 GeV. Phys. Lett. **B236**, 86 (1990).
- 10) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for decay of the Z0 decays into photon and a pseudoscalar meson. Phys. Lett. **B241**, 635 (1990).
- 11) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, ALEPH: A detector for electron-positron annihilations at LEP. Nucl. Instr. and Methods in Phys. **A294**, 121 (1990).
- 12) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, A Search for pair-produced charged higgs boson in Z0 decays. Phys. Lett. **B241**, 623 (1990).
- 13) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Heavy flavour production in Z decays. Phys. Lett. **B244**, 551 (1990).
- 14) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for neutralino production in Z decays. Phys. Lett. **B244**, 541 (1990).
- 15) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for a very light higgs boson in Z decays. Phys. Lett. **B245**, 289 (1990).
- 16) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for standard higgs boson. Phys. Lett. **B245**, 289 (1990).
- 17) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Measurement of electroweak parameters from Z decays into fermion pairs. Zeitschrift fuer Physik C - Particles and Fields **48**, 365 (1990).
- 18) D. Decamp et al., ALEPH-Collaboration, Search for excited neutrinos in Z decays. Phys. Lett. **B250**, 172 (1990).
- 19) M.G. Catanesi et al., Hadron showers in an iron-streamer tube sampling calorimeter. Nucl. Instr. Meth. **A292**, 97-112 (1990).

CDF

Componenti del gruppo

*S. Bertolucci, G. Chiarelli, M. Cordelli, P. Giromini (Resp.), S. Miscetti (Ass.),
A. Sansoni*

Tecnici

P. Locchi, A. Rutili

Collaborazione con

*Argonne National Laboratory, Brandeis University, University of Chicago, Fermi
National Accelerator Laboratory, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (LNF) Frascati,
Harvard University, University of Illinois, The Johns Hopkins University, National
Laboratory for High Energy Physics (KEK), Lawrence Berkeley Laboratory, University
of Pennsylvania, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Pisa, Purdue University,
University of Rochester, Rockefeller University, Rutgers University, Texas A&M
University, University of Tsukuba, Tufts University, University of Wisconsin*

L'esperimento CDF, al collider di Fermilab, è dedicato allo studio delle collisioni protone antiprotone alla massima energia attualmente raggiunta di 1.8 TeV nel centro di massa.

Il rivelatore, che copre il completo angolo solido, è stato progettato per poter studiare un vasto spettro di argomenti di fisica relativi alle interazioni $p\bar{p}$ e permette la ricostruzione completa dell'evento. È costituito dalle camere a drift centrali per la ricostruzione delle tracce, dai calorimetri

per l'identificazione di elettroni, jet adronici e neutrini tramite la misura dell'energia mancante, e da camere per la rivelazione dei μ .

Il rivelatore è stato completato nel 1986 e la responsabilità del gruppo di Frascati è stata quella della costruzione, calibrazione e manutenzione del calorimetro adronico centrale costituito da 576 torri proiettive costruite secondo la tecnica del sandwich ferro scintillatore. Successivamente il gruppo ha costruito l'apparato per la misura della sezione d'urto totale $p\bar{p}$ costituito da camere a drift e Roman Pots a piccolo angolo rispetto ai fasci.

Il primo run nel 1987 ha fornito i primi risultati di fisica. La luminosità raggiunta dall'acceleratore è stata di 10^{29} cm²/sec e la luminosità integrata da CDF di 30nb⁻¹. Nel secondo run del 1988-1989 l'acceleratore ha superato la luminosità di 10^{30} cm²/sec e la luminosità integrata è stata di 4.4pb⁻¹. Questo run ad alta statistica ha permesso lo studio sistematico della produzione di jet adronici, ha fornito test dello standard model tramite lo studio dei bosoni $W^\pm$ e Z^0 e ha spinto il limite inferiore sulla massa del quark top a 89 GeV.

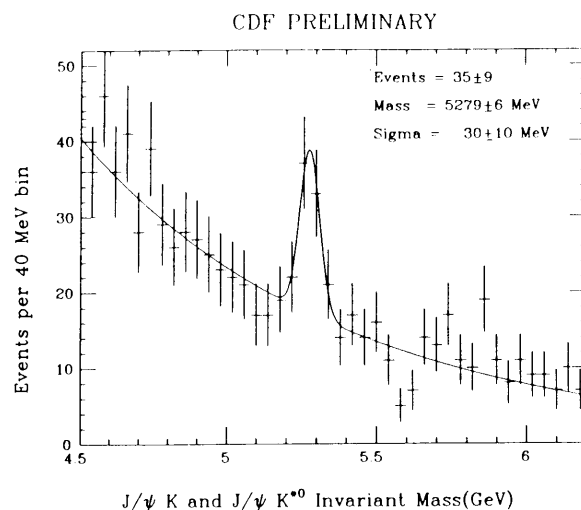
I componenti di Frascati del gruppo CDF sono attualmente impegnati nella misura della sezione d'urto totale $p\bar{p}$ e nell'analisi degli eventi con produzione di J/Ψ .

La sezione d'urto totale $p\bar{p}$ viene misurata, indipendentemente dalla conoscenza della luminosità, sfruttando il teorema ottico tramite la misura del rate di eventi anelastici e l'estrapolazione del rate elastico a $t = 0$. Negli eventi elastici il protone è deviato ad angoli minori di 1 mrad rispetto ai fasci, tali eventi vengono rivelati usando uno spettrometro costituito da cinque stazioni di Roman Pots distribuiti fra i magneti del Tevatron. Il rivelatore per gli eventi anelastici è costituito da piani di camere a piu' grande angolo. Speciali run in high beta sono stati fatti alle energie di $\sqrt{s} = 300, 540, 1000$ e 1800 GeV e i risultati preliminari dell'analisi confermano l'andamento crescente della sezione d'urto all'aumentare dell'energia.

L'interesse degli eventi con produzione di J/Ψ , rivelata tramite il decadimento $J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$, risiede nel fatto che una grossa frazione di J/Ψ viene prodotta indirettamente dal decadimento di adroni con beauty $B \rightarrow J/\Psi X$. Fino ad ora solo i mesoni $B^\pm$ e B^0 sono stati rivelati e studiati ai colliders $e^+ e^-$ mentre gli stati piu' pesanti come i mesoni B_s, B_c e i barioni con beauty non sono stati ancora rivelati.

Grazie all'ottima risoluzione in impulso di CDF sono stati ricostruiti, per la prima volta ad una macchina adronica, decadimenti di B sfruttando i canali $B^\pm \rightarrow J/\Psi K^\pm$ e $B^0 \rightarrow J/\Psi K^{*0}$, Fig. 6. Questo dimostra che la J/Ψ è un ottimo tagging per la produzione di B e può essere usato, nel prossimo run con piu' alta statistica, per la ricerca degli stati piu' pesanti non ancora scoperti.

FIG. 6 - La Figura mostra la somma delle distribuzioni di massa invariante $J/\Psi K^\pm$ e $J/\Psi K^{*0}$ con un evidente picco alla massa del B di 5279 MeV.



FENICE

Componenti del gruppo

*A. Antonelli, R. Baldini, M.E. Biagini, S. De Simone, M.L. Ferrer, S. Guiducci,
M. Preger, M. Spinetti*

Tecnici

A. Balla, A. Cecchetti, A. Di Virgilio, B. Dulach

Collaborazioni con

Cagliari, Ferrara, Padova, Roma I, Roma II, Torino, Trieste, Udine

Lo scopo principale dell'esperimento FENICE ad ADONE e' la misura del fattore di forma time-like del neutrone, ovvero la misura della sezione d'urto della reazione

$$e^+ e^- \rightarrow n \bar{n}.$$

Attualmente non esiste alcun dato sperimentale su questo fattore di forma e le predizioni teoriche sono contrastanti. Se si considera il rapporto $r = \sigma(e^+ e^- \rightarrow n \bar{n}) / \sigma(e^+ e^- \rightarrow p \bar{p})$ si ha, ad esempio, che la QCD perturbativa prevede $r = 0.25$ (V.L. Chernyak, I.R. Zhitnitsky, Nucl. Phys. B 246 : 52 (1984); S.J. Brodsky, Nucleon Structure Workshop Frascati (October 1988)) mentre i fits basati sulla dominanza dei mesoni vettoriali prevedono $r > 1$ (R. Gatto, N. Cabibbo, Phys. Rev. 124 : 1577 (1961); R. Felst, Internal Note DESY 73/56 (1973); J.G. Korner, M. Kuroda, Phys. Rev. D 16 : 2165 (1977); P. Cesselli, M. Nigro, C. Voci, Proc. of Workshop on Physics at LEAR Erice (1982); S. Dubnicka, Nucleon Structure Workshop Frascati (October 1988)), nonostante le attuali incertezze sulle ricorrenze dei mesoni vettori. Un calcolo recente (in corso di pubblicazione) basato sull'unica misura eseguita da DM2 del fattore di forma time-like della Λ (A. Castro, Nucleon Structure Workshop Frascati (October 1988); D. Bisello et al., Internal Note LAL 88-58 (1988), submitted to Zeit. für Phys. C.), sui rapporti di decadimento della J/Ψ in barioni strani e sull' U-spin conservato nelle interazioni elettromagnetiche, prevede un fattore di forma time-like del neutrone uguale o piu' grande del protone in soglia, ma con una decrescita con l'energia totale assai piu' ripida.

Ci si propone inoltre di misurare i fattori di forma dei barioni strani ed allo stesso tempo la sezione d'urto totale multiadronica, per confermare o meno strutture in corrispondenza alla soglia nucleone-antinucleone.

APPARATO SPERIMENTALE

L'apparato sperimentale è stato già descritto nel precedente rapporto di attività. Sommariamente, esso è costituito di 4 quadranti indipendenti, montati ciascuno su una struttura di sostegno mobile, che ne permette l'apertura. Ogni quadrante, partendo dall'interno verso l'esterno, è composto da:

- una sequenza di 18 piani di tubi a streamer (LST) intervallati con 17 piani di ferro, di spessore 0.5 cm, e 4 strati di scintillatore plastico, il tutto sia per visualizzare con buona risoluzione la stella di annichilazione dell'antineutrone sia per la misura del tempo di volo di questo rispetto all'istante in cui i fasci si sono incrociati;
- una sequenza di 13 piani di LST e 3 piani di scintillatori spessi, per un totale di 17 cm, allo scopo di rivelare il neutrone in una frazione degli eventi in cui e' stato rivelato l'antineutrone;
- una corona di scintillatori sottili e di 4 piani di LST con lettura del tempo di drift, il tutto solidale con la ciambella di ADONE, allo scopo di localizzare meglio le tracce in prossimità della zona di interazione dei fasci.

Tutto l'apparato e' poi racchiuso da una casamatta in cemento rinforzato con Bario, per uno spessore di 1 m, all'esterno della quale è posto un doppio strato di Resistive Plate Counters, che viene usato per anticoincidere i cosmici che, al livello di trigger, simulano una stella di annichilazione.

Sono stati realizzati due trigger per l'acquisizione degli eventi:

- un trigger neutro che richiede la stella di annichilazione dell'antineutrone, definita come un numero minimo di scintillatori in coincidenza, concentrati in zone dell'apparato, e con il tetto di RPC in anticoincidenza,
- un trigger carico per gli eventi multiadronici o collineari carichi, che fa uso dei primi 8 piani di LST e di una speciale memoria associativa (MEMA), allo scopo di identificare al livello di trigger configurazioni di tracce provenienti dalla zona di interazione dei fasci.

ATTIVITA'

Nei primi mesi dell'anno e' stata completata la messa a punto dell'apparato, del sistema di acquisizione e delle condizioni di trigger, utilizzando i raggi cosmici e i turni di ADONE per Luce di Sincrotrone per quanto riguarda lo studio della reiezione dei fondi.

In un periodo di 3 settimane, nei mesi di aprile e maggio, dedicate alla messa a punto di ADONE come anello $e^+ e^-$, sono stati raccolti dati ad una energia nel c.m. di 2.0 GeV, per un totale di circa 15 nb^{-1} . In una settimana nel mese di luglio sono stati raccolti altri 7 nb^{-1} , essenzialmente ad una energia nel c.m. di 2.1 GeV e per fare uno scanning in energia alla ricerca della J/Ψ allo scopo di calibrare l'apparato con adroni.

Risultati preliminari, concernenti le prestazioni dell'apparato e alcuni eventi candidati come $e^+ e^- \rightarrow n \bar{n}$, sono stati presentati alla conferenza LEAP 90.

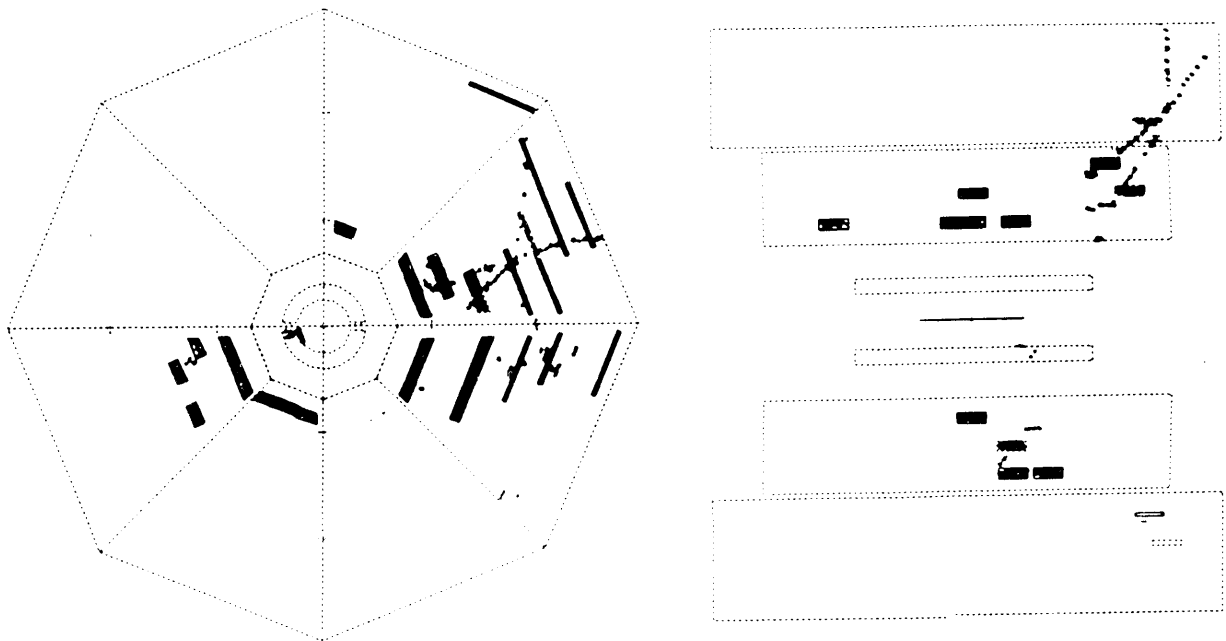


FIG. 7 - Un candidato $n \bar{n}$ visto in FENICE.

FLATEV

Componenti del gruppo

S. Bianco (Ass.), M. Enorini (Ass.), F.L. Fabbri (Resp.), A. Spallone (Ass.), A. Zallo

Tecnici

L. Daniello, M. Giardoni, M. Passamonti, V. Russo

Collaborazioni con

Bologna, Colorado, Fermilab, Illinois, Milano, Northwestern, Notre Dame, Pavia, Puertorico

Nel corso del biennio 1989-1990 l'attività del gruppo FLATEV (esperimento E687 al TEVATRON per lo studio della fotoproduzione ad alta energia di charm e beauty) si è incentrata sia sulla analisi dei dati del primo run (1988), sia sul lavoro strumentale mirato alla prima fase della seconda presa dati (maggio-agosto 1990).

Durante il 1989 è stata completata la ricostruzione dei 7×10^7 eventi acquisiti. Responsabilità del gruppo di Frascati è stata l'identificazione dell'elettrone e la ricostruzione di fotoni e π^0 nei calorimetri elettromagnetici. Nonostante il calorimetro esterno fosse stato privato delle ultime 5 lunghezze di radiazione delle 19 totali, è stato in grado di fornire buona identificazione dell'elettrone, raggiungendo un fattore di reiezione $e/\pi \sim 10^2$ in eventi adronici ad alta molteplicità. Il calorimetro esterno fornisce anche una buona ricostruzione di fotoni: Fig. 8 mostra lo spettro di massa invariante di due fotoni, con il segnale del π^0 . Esempi di segnali di mesoni con charm in canali con elettroni identificati dai calorimetri e.m. e con fotoni sono mostrati in Figg. 9, 10 per i decadimenti $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ e^+ \nu^+$ e $D^{*0} \rightarrow \gamma D^0$. L'analisi fisica dei dati raccolti ha prodotto la misura ad alta statistica delle vite medie di Ds e Λ_c (1), nonché di sezioni d'urto e rapporti di diramazione (2, 3, 4, 5, 6 e 7), a partire da 10.4 eventi con charm ricostruiti.

Il 1990 ha portato un grande impegno strumentale a tecnici e fisici del gruppo FLATEV Frascati.

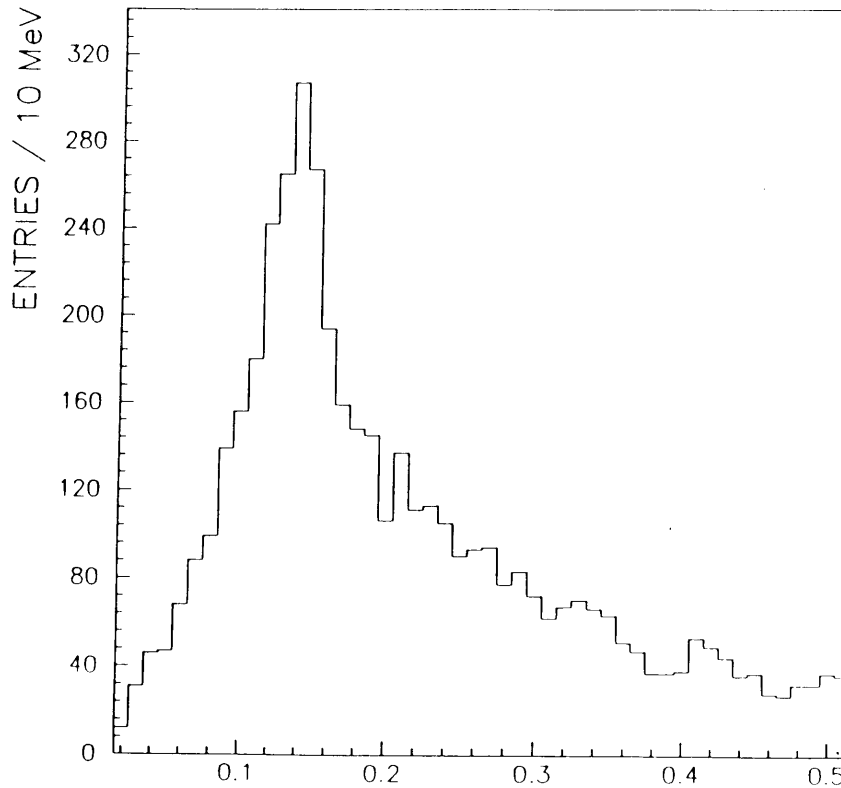
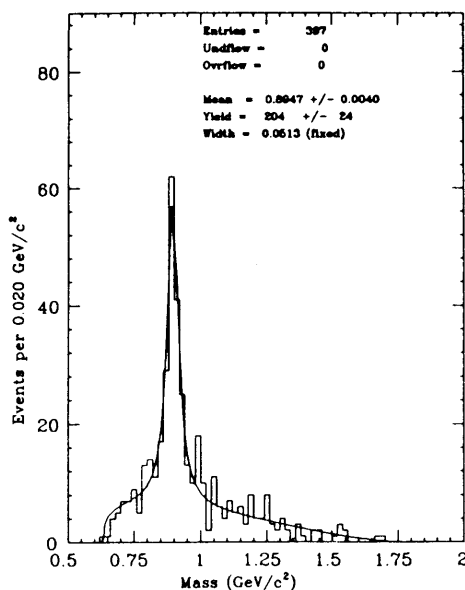


FIG. 8

$M(\gamma\gamma)$ (GeV)

$$D^+ \rightarrow K^+ \pi^+ e^+ \nu (+c.c.)$$

$K^+ \pi^+$ Mass, e^+ tag (right sign)



$K^+ \pi^-$ Mass, e^+ tag (wrong sign)

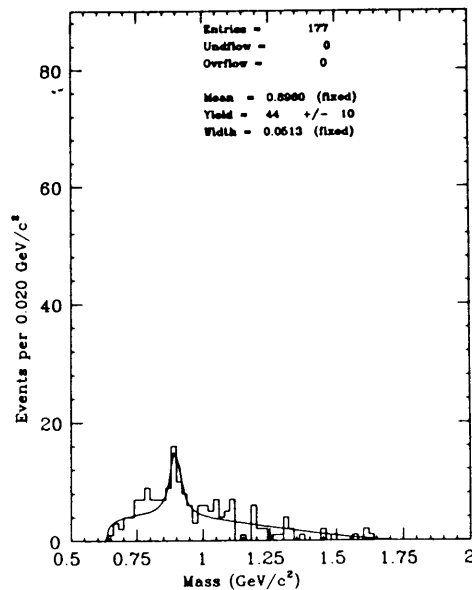


FIG. 9

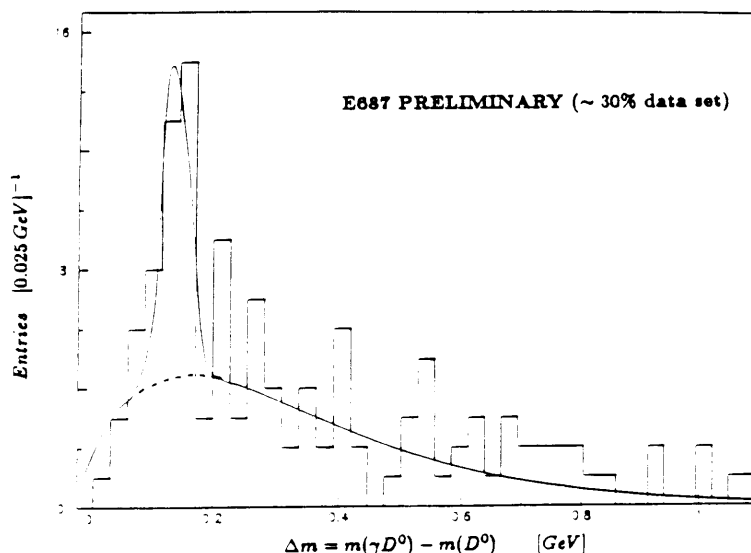


FIG. 10

Il calorimetro esterno é stato ricostituito dopo il parziale disassemblaggio del 1988, volto alla realizzazione del calorimetro interno distrutto dall'incendio. É stata quindi effettuata la revisione dei 1500 canali di lettura del rivelatore, ed installato il sistema di controllo a LASER. É stato anche realizzato un segnale di trigger per l'elettrone, a partire dalla somma logica di segnali da opportuni sottoquadranti del calorimetro. Nella prima fase della seconda presa dati (Maggio-Agosto 1990) sono stati raccolti circa 3×10^2 eventi. Durante gli ultimi mesi del 1990 é iniziato il lavoro di riattivazione e aggiornamento dei programmi di ricostruzione, per l'uso in ambienti UNIX.

Una seconda fase di presa dati (5 mesi) é prevista per il maggio 1991.

Pubblicazioni

- 1) P.L. Frabetti et al., Measurement of the Λ_c And D_s Lifetimes, Phys. Lett. B251, 639 (1990).
- 2) The E687 Collaboration (P.L. Frabetti et al.), Photoproduction of D Mesons, Fermilab note FN-555, presented at the XXV International Conference on High Energy Physics, Kent Ridge, Singapore, August 2-8, 1990.

- 3) The E687 Collaboration (P.L. Frabetti et al.), Some Lifetimes and Branching Ratios for Charmed Hadrons Produced in the Fermilab Wideband Photon Beam, Fermilab note FN-557, presented at the XXV International Conference on High Energy Physics, Kent Ridge, Singapore, August 2-8, 1990.
- 4) The E687 Collaboration (P.L. Frabetti et al.), Description of Fermilab Experiment E687, Fermilab note FN-553, presented at the XXV International Conference on High Energy Physics, Kent Ridge, Singapore, August 2-8, 1990.
- 5) The E687 Collaboration (P.L. Frabetti et al.), Measurement of the J/Ψ Elastic Photoproduction from 100 GEV to 400 GEV in the Experiment E687 at Fermilab, Fermilab note FN-554, presented at the XXV International Conference on High Energy Physics, Kent Ridge, Singapore, August 2-8, 1990.
- 6) The E687 Collaboration (P.L. Frabetti et al.), Recent Results on Charm from Fermilab Experiment E687, Fermilab Conf-90/261-E, proceedings of the XXV International Conference on High Energy Physics, Kent Ridge, Singapore, August 2-8, 1990.
- 7) S. Bianco et al., A Study of Short-Term Rate Effect in Philips XP-2008 Photomultiplier Tubes, Frascati note LNF-90/038 (P) (1990), to appear on Nucl. Instr. and Methods.

SLD

Componenti del gruppo

A. Calcaterra, R. De Sangro, P. De Simone (Ass.), I. Peruzzi (Ass.), M. Piccolo (Resp)

At the end of 1990 the Warm Iron Calorimeter (WIC) in SLD is completely installed. This detector, designed by a collaboration of MIT and SLAC with INFN groups of Bologna, Ferrara, Frascati, Padova, Perugia and Pisa, will be used as a muon identifier and tracker, and will also measure the energy of the tails of hadronic showers developed in the main part of the SLD calorimetry.

The WIC (G. Callegari et al., SLAC-PUB-4461, Oct.1987. A.C. Benvenuti et al., Nucl. Instr. and Meth. A276 (1989) 94. S. Cartwright et al., Nucl. Instr. and Meth. A277 (1989) 269. A.C. Benvenuti et al., Nucl. Instr. and Meth. A284 (1989) 339) has been built by inserting into the yoke of the SLD magnet ~ 600 chambers, made assembling a suitable number of Limited Streamer Tubes between two layers of readout electrodes, shaped as longitudinal strips for μ tracking, and as pads (to be summed in projective towers) for calorimetry.

The detector is subdivided in a barrel, two endcaps, and a system of "45° chambers" to insure complete coverage of the gaps between barrel and endcaps.

The readout (F. Beconcini et al., Nucl. Instr. and Meth. A277(1989)222) is actuated by ~ 3000 32-channels SGS cards, whose building block is a fast two-stage preamplifier realized on a custom CMOS chip. The cards also include the discriminators and shift-registers, accept an external threshold and output the digital OR of all 32 channels, which can be daisy-chained to other cards to form a fast signal for triggering.

The cards are operated via a set of intelligent controllers (N. Bacchetta et al., IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-36 (1989) 1657), which can drive up to 10 daisy-chains of 12 cards each, distributing an appropriate threshold to each chain, and able to form a variety of sub-trigger patterns, to be further combined in a WIC general-purpose muon trigger.

A FASTBUS-operated HV pulsing system, designed to help in identifying bad connections, will be installed during the summer of 1991.

For the pad readout the signals from towers are sent via shielded cable to 64 VME cards, housing the preamplifier hybrids and sample-and-hold devices, and are read out serially under the control of 16 VME cards containing ADCs and timing functions. The number of problem channels

in the detector is below the 1% level; most of these are due to hardware shorts to ground, or towers shorted together, and can easily be recovered.

The major effort during 1990 has been devoted to the debugging and understanding of the detector. The behavior of the WIC as a calorimeter, as well as preliminary results of its performance, are extensively reported in [6]. One typical event is shown in Fig. 11: the two lego-plots refer to the twofold segmentation in depth of the WIC towers, and the two axes of each plot (ϕ and θ channel number) cover the entire solid angle. The two peaks correspond to the entrance and exit points.

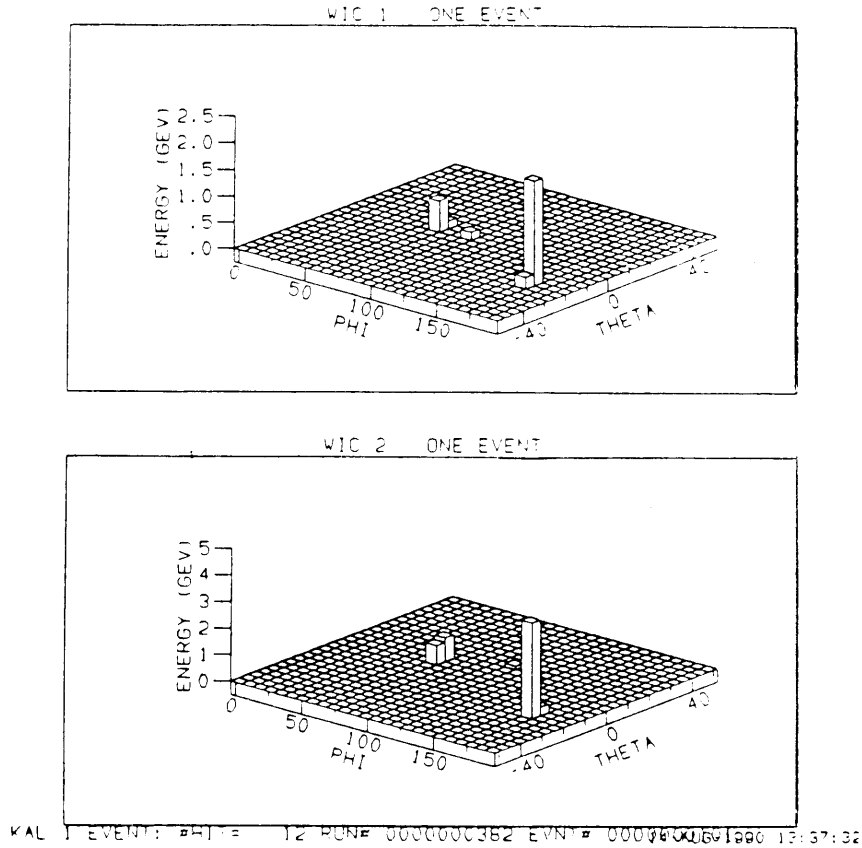


FIG. 11

The single-layer efficiency and average cluster size have been studied, using muon tracks, as a function of the threshold on the strip discriminators. Fig. 12 shows that the efficiency is stable over the whole range of thresholds from 2 to 8 mV. The average value of 85% is in good agreement with expectations from earlier measurements, taking into account the dead zones between chambers in the same layer. The average cluster size decreases smoothly with increasing threshold, and the optimal setting point is at 2–3 mV. In fact, while efficiency does not decrease appreciably raising the thresholds beyond this level, the rate of clusters with two consecutive strips to the "normal" 3–strips clusters becomes higher, affecting adversely the resolution.

A preliminary measurement of the spatial resolution obtainable from WIC strips is given in Fig. 13, showing the difference between the measured point in one layer, and its expected position (from a fit of all other layers to a straight line). The central part has been fitted to a gaussian having $\sigma = 4.4$ mm, and the tails are due to low momentum muons, the trajectories of which are more affected by multiple scattering, and more bent by the magnetic field in the iron.

Work on software alignment of chambers is still in progress, and data taking both with field on and off will help to reach the design resolution in the near future.

As of now (June 1991) the SLD is on the beamline, and the SLC is starting its first period of data taking.

FIG. 12

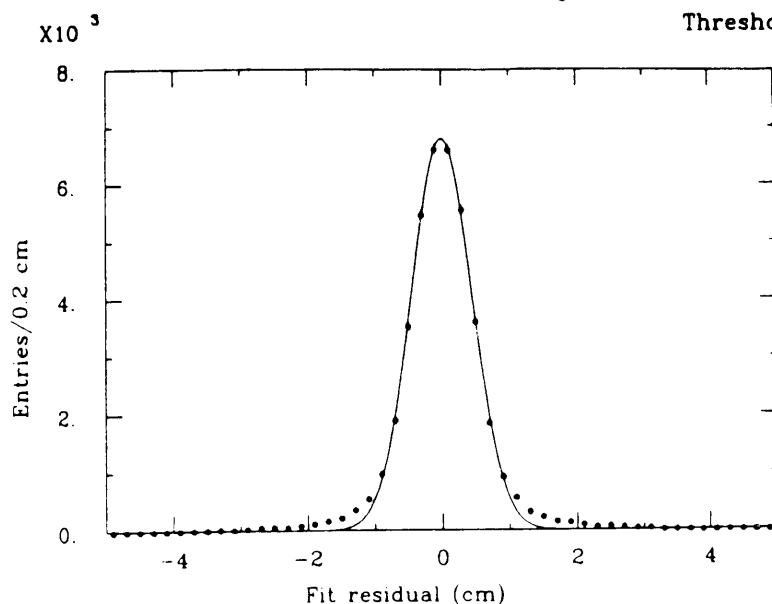
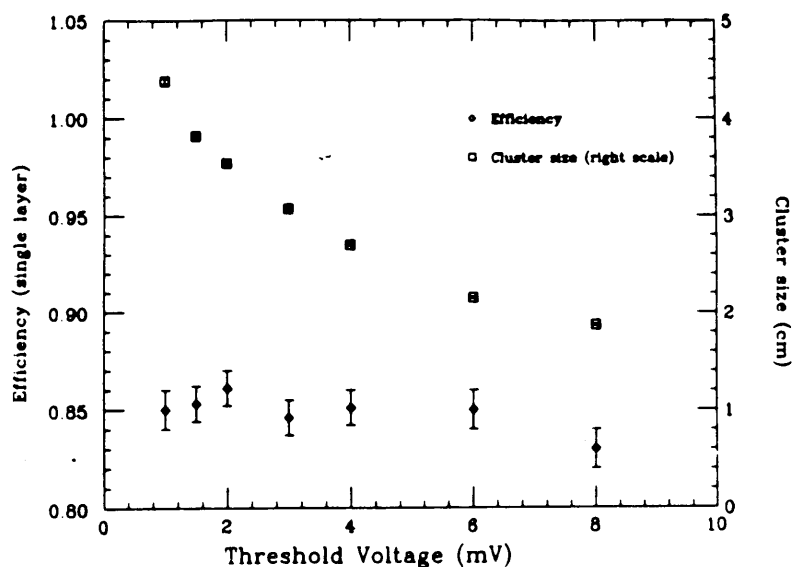


FIG. 13

Pubblicazioni

- 1) A. C. Benvenuti et al., Nucl. Instr. and Meth. A289 (1990) 463.
- 2) A. C. Benvenuti et al., Nucl. Instr. and Meth. A284 (1989) 339.
- 3) A. C. Benvenuti et al., Nucl. Instr. and Meth. A290 (1990) 353.
- 4) A. Calcaterra et al., Nucl. Instr. and Meth. A289 (1990) 449.
- 5) A. C. Benvenuti et al., Nucl. Instr. and Meth. A289 (1990) 577.
- 6) P.N. Burrows et al., SLAC-PUB-5305, Aug. 1990.
- 7) A.C. Benvenuti et al., SLAC-PUB-5332, Nov. 1990.

UA2

Componenti del gruppo

M. Curatolo, B. Esposito (Resp.)

Collaborazioni

Berna, Cambridge, Cern, Heidelberg, Milano, Orsay Pavia Perugia, Pisa, Saclay

La partecipazione all'esperimento UA2 è iniziata nel 1990.

Il run ad alta luminosità al Collider SPPS del CERN, l'ultimo previsto per l'esperimento UA2, è iniziato, come programmato, a metà Settembre 1990 ed è durato sino alla fine dell'anno. Con il run del 1990 è stata raccolta una luminosità integrata di 5 pb inversi.

La partecipazione dei ricercatori di Frascati ha riguardato sia la fase preparatoria del run (runs di cosmici, tests del detector, allineamento delle camere di vertice) che la presa dati.

L'analisi dei dati raccolti nel run del 1990 è attualmente in corso.

2. - FISICA PASSIVA DELLE ALTE ENERGIE

MACRO

Composizione del gruppo

G. Battistoni, H. Bilokon, C. Bloise, P. Campana, V. Chiarella, C. Forti, A. Grillo, E. Iarocci (Ass.), A. Marini, V. Patera, F. Ronga, L. Satta, M. Spinetti (Resp.), V. Valente

Staff tecnico

D. Cosson, U. Denni, G. Mazzenga, A. Mengucci

Collaborazione con

Bari, Bologna, Boston, Caltech, Drexel, Indiana, LNGS, L'Aquila, Lecce, Michigan, Napoli, Pisa, Roma, Texas A&M, Torino, Virginia

Il rivelatore MACRO (Fig. 14), che sta per diventare completamente operativo presso i LNGS, è in grado di misurare la perdita di energia per ionizzazione, la velocità e la traiettoria della radiazione penetrante con una accettazione prossima a $10000 \text{ m}^2 \text{ sr}$ per flussi isotropi di particelle. Il rivelatore è costituito da contatori a scintillatore liquido, da tubi a streamer e da rivelatori a track-etch, disposti in una struttura modulare (supermoduli) che consente la raccolta dei dati sui supermoduli completamente equipaggiati e la realizzazione della restante parte del rivelatore.

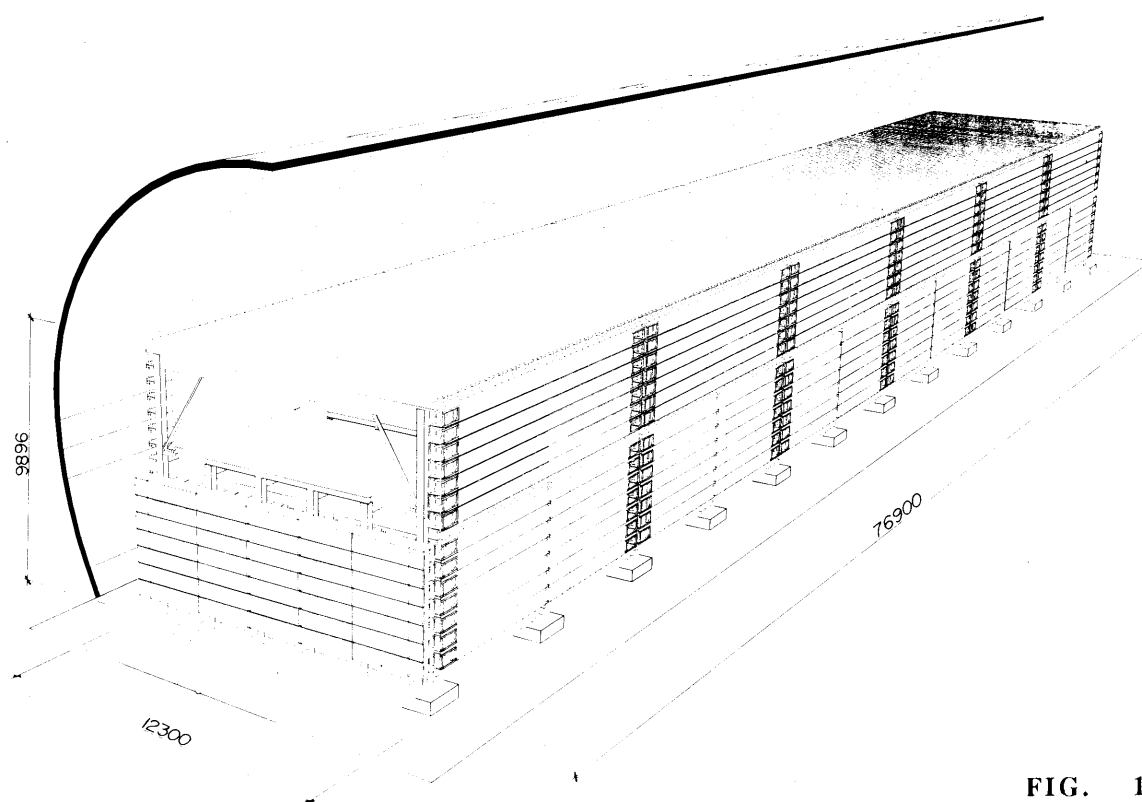


FIG. 14

MACRO è stato progettato specificatamente per la ricerca di fenomeni rari nella radiazione cosmica (particelle supermassive con carica magnetica e/o elettrica), per l'osservazione di sorgenti cosmiche puntiformi di gamma di alta energia e neutrini, per uno studio sistematico di muoni e

multi-muoni nei raggi cosmici e per la rivelazione di bursts di neutrini di bassa energia da collassi gravitazionali di stelle nella nostra galassia.

L'approccio modulare alla realizzazione dell'apparato ha consentito, nel corso del 1989, di iniziare la raccolta dei dati su un supermodulo ($S\Omega \approx 800 \text{ m}^2 \text{ sr}$) e di proseguire in parallelo nel completamento della struttura meccanica per l'intero dispositivo sperimentale e nella installazione dei rivelatori.

La prima fase di raccolta dati ha permesso l'acquisizione di notevole esperienza sugli aspetti gestionali dell'apparato e la conoscenza delle sue prestazioni. È stato così possibile inserire senza problemi nel sistema di acquisizione i successivi supermoduli immediatamente dopo il loro completamento. Questo esperimento è avvenuto nel corso del 1990: infatti per la fine dell'anno, quattro dei sei supermoduli previsti nel progetto iniziale dell'apparato stanno raccogliendo dati. Fino ad ora sono stati registrati circa due milioni di eventi. Una buona parte di questi dati (quella raccolta con i primi due supermoduli) è stata analizzata ed i risultati ottenuti sono stati pubblicati e presentati in diverse Conferenze. I risultati più significativi ottenuti sono riportati nel seguito.

1) Ricerca di monopoli massivi

È stato posto un limite superiore al flusso (Fig. 15) pari a $4 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (90% c.l.), che per valori di $\beta \leq 10^{-3}$, costituisce già il limite più stringente ottenuto da apparati utilizzando la tecnica della scintillazione/eccitazione.

2) Fisica dei muoni

- Misura del flusso verticale

A partire dalle distribuzioni angolari azimutale e zenitale di un campione costituito da eventi con un muone singolo, attraversante entrambi i piani di scintillatore che delimitano orizzontalmente l'apparato, e facendo uso della mappa altimetrica dell'area sovrastante il laboratorio è stato misurato il flusso verticale dei muoni in funzione dello spessore di roccia attraversata (Fig. 16). Un fit del tipo $I_0(h) = A \exp(-h/h_0)$ ha fornito i valori $A = (1.13 \pm 0.05) \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}$ e $h_0 = (278 \pm 3) \text{ m}$.

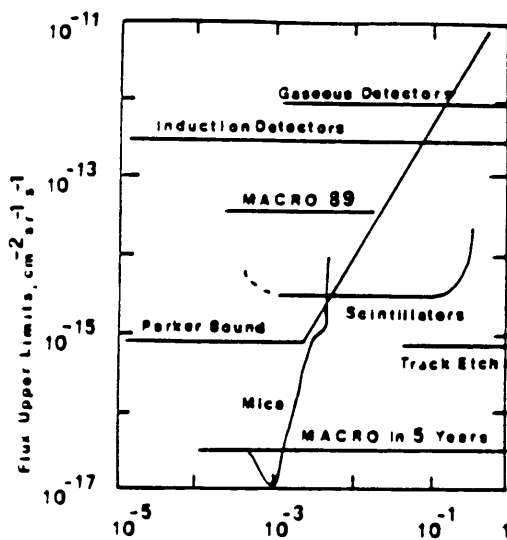


FIG. 15

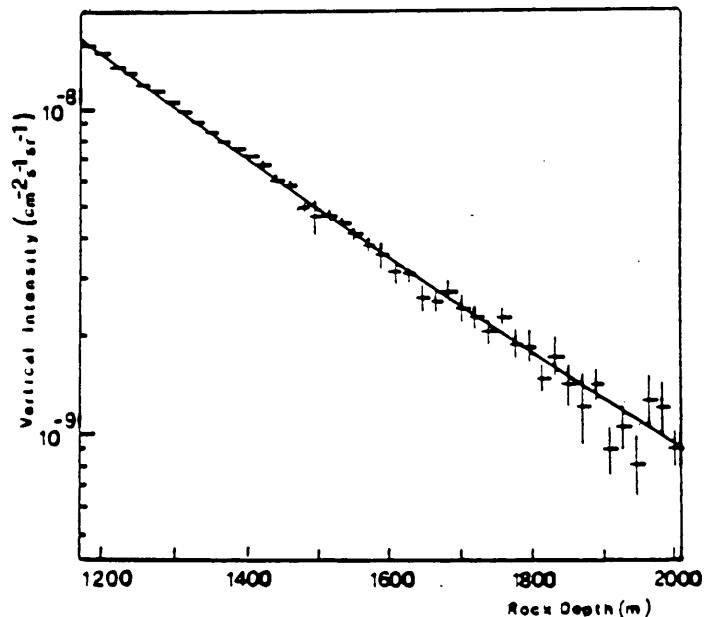


FIG. 16

- *Eventi a multi-muoni*

In MACRO due muoni paralleli sono risolti se la loro distanza proiettata è maggiore di 3 cm e nel caso che non diano luogo ad interazioni elettromagnetiche nell'apparato. Le Figure 17 e 18 mostrano rispettivamente un esempio di evento con un gruppo di 12 muoni ed una distribuzione preliminare della molteplicità osservata dei muoni in un singolo evento.

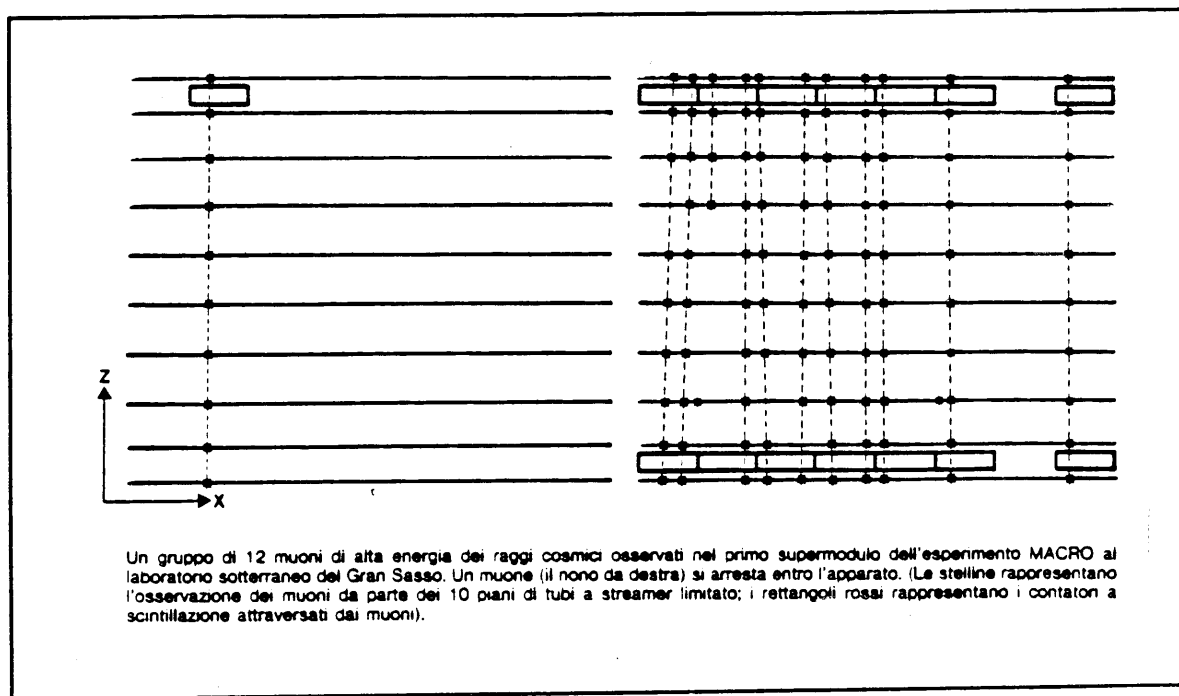
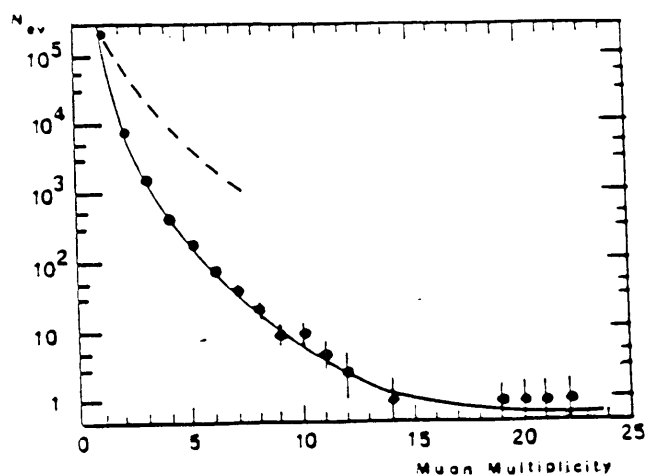


FIG. 17

FIG. 18



- *Ricerca di sorgenti puntiformi di alta energia*

La buona risoluzione angolare di MACRO (intrinseca 0.2° , estesa a 0.6° per effetto dello scattering multiplo nella roccia) consente lo studio di sorgenti puntiformi di raggi cosmici di alta energia. Nella ricerca di anisotropie strette, effettuata in intervalli di declinazione ed ascensione retta di $3^\circ \times 3^\circ$, non sono stati rivelati eccessi

sul fondo superiori a 3.5σ ; il corrispondente limite superiore sul flusso da sorgenti puntiformi è $7.6 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (90% c.l.).

È stato anche ricercato un possibile segnale proveniente dalla direzione di Cyg X-3; dall'analisi in fase dei muoni contenuti in una finestra di $10^\circ \times 10^\circ$ (Fig. 19) è stato posto un limite superiore (90% c.l.) sul flusso di un segnale modulato proveniente da Cyg X-3 pari a $4.3 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Fig. 20).

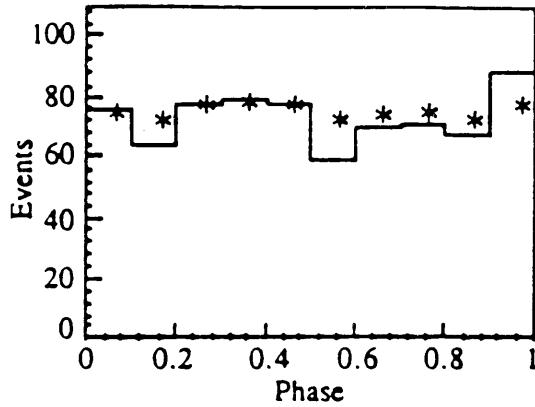


FIG. 19

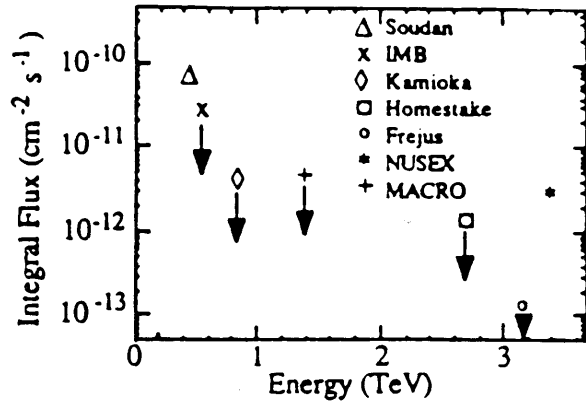


FIG. 20

- Studio dei muoni provenienti dal basso

Tali muoni sono generati da interazioni di neutrini, prodotti da interazioni di raggi cosmici nell'atmosfera od originati da sorgenti puntiformi, nella roccia sottostante l'apparato. Il loro flusso è 5 ordini di grandezza minore del flusso dei muoni proveniente dall'alto. Tenendo conto che il tempo necessario ad una particella con $\beta=1$ per attraversare l'apparato è 15 ns, la loro discriminazione è assicurata dalla buona risoluzione in tempo di volo, $\sigma_t=1.7 \text{ ns}$, unitamente alla possibilità di conoscere i contatori a scintillazione intersecati mediante la ricostruzione spaziale delle tracce.

Sono stati finora individuati 17 muoni provenienti dal basso.

- Studio delle correlazioni temporali fra muoni

La distribuzione dei tempi di arrivo dei raggi cosmici sulla superficie terrestre è casuale. È tuttavia possibile che particolari sorgenti, come pulsar o eventi di tipo supernova, iniettino nella galassia raggi cosmici con ritmo periodico, determinando una modulazione dei tempi di arrivo.

Su circa un milione di eventi la distribuzione della separazione temporale fra muoni consecutivi è stata misurata per intervalli che vanno da alcuni millisecondi a diverse centinaia di secondi. Essa risulta consistente con una funzione di distribuzione casuale.

È stato anche effettuato lo studio della differenza temporale fra i muoni di uno stesso evento (per molteplicità maggiori di uno). Le differenze osservate sono compatibili con la risoluzione sperimentale e, entro la statistica, non vi sono effetti dovuti a particelle ritardate (fino a 200 ns) entro uno sciame di muoni.

3) Correlazioni MACRO-EASTOP

L'osservazione simultanea di sciame estesi in superficie e di muoni in profondità costituisce un efficace metodo per lo studio della composizione chimica dei raggi cosmici primari. Da parte dei due esperimenti è stata messa a punto la tecnica della selezione dei dati, basata su una coincidenza temporale offline degli eventi, il cui potere risolutivo è di un microsecondo. Il numero degli eventi di coincidenza osservati con due supermoduli è di circa 70 al giorno, con un contributo di accidentali pari al 2%.

Nel settore della realizzazione dell'apparato la componente dei LNF del gruppo MACRO ha continuato il suo impegno nella supervisione al montaggio della struttura meccanica, nell'assemblaggio, test ed installazione delle camere a tubi streamer, nella messa in opera del sistema di distribuzione e purificazione del gas.

L'inizio della raccolta dati con un supermodulo è coincisa con la finalizzazione del sistema di acquisizione dati, di cui i LNF sono responsabili all'interno della collaborazione. Inoltre la componente dei LNF è stata impegnata nella realizzazione dei programmi per la ricostruzione geometrica delle tracce e di monitoraggio delle prestazioni dell'apparato ed ha dato un contributo importante allo studio della maggior parte dei temi di analisi indicati.

Attualmente la struttura meccanica dell'apparato è completa, e tutti i rivelatori sono stati installati. Quattro dei sei supermoduli sono collegati al sistema di acquisizione e raccolgono dati. È quasi completata l'installazione dell'elettronica sui due ultimi supermoduli.

Pubblicazioni

- 1) AN ACQUISITION SYSTEM BASED ON A NETWORK OF MICROVAX'S RUNNING THE REALTIME DEC VAXELN OPERATING SYSTEM.
I. D'Antone, G. Mandrioli, P. Matteuzzi, G. Sanzani (Bologna), C. Bloise, A.F. Grillo, A. Marini, F. Ronga (Frascati), A. Baldini (Pisa), G. Mancarella, O. Palamara, A. Surdo (Lecce), E. Lamanna, S. Petrerà (Roma).
IEEE Transaction on Nucl.Science, **36** (1989), 1602-1607.
- 2) RESULTS FROM THE FIRST RUN OF THE FIRST SUPERMODULE OF THE MACRO DETECTOR AT THE GRAN SASSO LABORATORY.
MACRO Collaboration.
R. Bellotti, F. Cafagna, M. Calicchio, G. De Cataldo, C. De Marzo, O. Erriquez, C. Favuzzi, N. Giglietto, E. Nappi, P. Spinelli (Sezione INFN, Dipartimento di Fisica dell'Università, Bari, Italy), S. Cecchini, G. Giacomelli, G. Mandrioli, A. Margiotta-Neri, P. Matteuzzi, B. Pal, L. Patrizii, F. Predieri, G.L. Sanzani, P. Serra, M. Spurio (Sezione INFN, Dipartimento di Fisica dell'Università, Bologna, Italy), S.P. Ahlen, D. Ficenec, E. Hazen, S. Klein, D. Levin, A. Marin, J.L. Stone, L.R. Sulak, W. Worstell (Physics Department, Boston University, Boston, USA), B. Barish, S. Coutu, J.T. Hong, G. Liu, C. Peck, D. Solie, J. Steele (Lauritsen Laboratory, Caltech, Pasadena, USA), C. Lane, R. Steinberg (Physics Department, Drexel University, Philadelphia, USA), G. Battistoni, H. Bilokon, C. Bloise, P. Campana, V. Chiarella, C. Forti, A. Grillo, E. Iarocci, A. Marini, V. Patera, J. Reynoldson, F. Ronga, L. Satta, M. Spinetti, V. Valente (Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN, Frascati, Italy), C. Bower, R. Heinz, S. Mufson, J. Petrakis (Physics Department, Swan Hall West, Indiana University, Bloomington, USA), P. Monacelli (Dipartimento di Fisica dell'Università de L'Aquila, L'Aquila, Italy), P. Bernardini, G. Mancarella, O. Palamara, P. Pistilli, A. Surdo (Sezione INFN, Dipartimento di Fisica dell'Università, Lecce, Italy), M. Longo, J. Musser, C. Smith, G. Tarlè (Michigan U.), M. Ambrosio, G.C. Barbarino, F. Guarino (Sezione INFN, Dipartimento di Fisica, Mostra d'Oltremare, Napoli, Italy), A. Baldini, C. Bemporad, V. Flaminio, G. Giannini, M. Grassi, R. Pazzi (Sezione INFN, S. Piero a Grado (Pisa), Italy), G. Auriemma, P. Chrysicopoulou, M. De Vincenzi, M. Iori, E. Lamanna, P. Lipari, G. Martellotti, S. Petrerà, L. Petrillo, G. Rosa, A. Sciubba, M. Severi (Sezione INFN, Dipartimento di Fisica dell'Università, Roma, Italy), P. Green, R. Webb (Physics Department, Texas A&M University, College Station, USA), V. Bisi, P. Giubellino, A. Marzari-Chiesa, M. Masera, M. Monteno, L. Ramello (Sezione INFN, Dipartimento di Fisica dell'Università, Torino, Italy). Published in "Workshop on Theoretical and Phenomenological Aspects of Underground Physics 1989", Editions Frontieres, 49-54.

- 3) FIRST COINCIDENCES BETWEEN EXTENSIVE AIR SHOWERS AND UNDERGROUND MUONS AT THE GRAN SASSO LABORATORY.
MACRO and EASTOP Collaborations.
Published in "Workshop on Theoretical and Phenomenological Aspects of Underground Physics 1989", Editions Frontieres, 67-72.
- 4) STUDY OF THE PRIMARY COSMIC RAY AT $E_0=10^{13}$ - 10^{16} eV BY SIMULTANEOUS OBSERVATION OF EXTENSIVE AIR SHOWERS AND UNDERGROUND MUONS AT THE GRAN SASSO LABORATORY.
MACRO and EASTOP Collaborations.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 9, 331-334.
- 5) SIMULTANEOUS OBSERVATION OF EXTENSIVE AIR SHOWERS AND UNDERGROUND MUONS AT THE GRAN SASSO LABORATORY.
MACRO and EASTOP Collaborations.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 9, 335-338.
- 6) MULTIPLE MUON PHYSICS WITH THE MACRO DETECTOR AT GRAN SASSO.
MACRO Collaboration.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 9, 356-359.
- 7) SINGLE MUON PHYSICS WITH THE MACRO DETECTOR.
MACRO Collaboration.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 9, 371-374.
- 8) A SEARCH FOR MAGNETIC MONOPOLES WITH THE MACRO DETECTOR AT GRAN SASSO.
MACRO Collaboration.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 10, 75-78.
- 9) THE TRACK-ETCH DETECTOR FOR THE MACRO EXPERIMENT AT THE GRAN SASSO LABORATORY.
MACRO Collaboration.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 10, 252-255.
- 10) OVERVIEW OF THE MACRO DETECTOR AT THE GRAN SASSO LABORATORY.
MACRO Collaboration.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 10, 256-259.
- 11) SEARCH FOR STELLAR COLLAPSE WITH THE MACRO DETECTOR.
MACRO Collaboration.
Proceedings of 21th ICRC, Adelaide, 10, 260-263.
- 12) SIMULTANEOUS OBSERVATION OF EXTENSIVE AIR SHOWERS AND DEEP-UNDERGROUND MUONS AT THE GRAN SASSO LABORATORY.
MACRO and EASTOP Collaborations, R. Bellotti et al., M. Aglietta et al.
Preprint INFN/AE-89/7
Phys. Rev. D 42 (1990),1396-1403.
- 13) STUDY OF PENETRATING COSMIC RAY MUONS AND SEARCH FOR LARGE SCALE ANYSOTROPIES AT THE GRAN SASSO LABORATORY
MACRO Collaboration, S.P. Ahlen et al.
Preprint LNF-90/037 (P)
Phys. Lett. B 249 (1990) 149.
- 14) STATUS REPORT OF THE MACRO EXPERIMENT AT GRAN SASSO.
MACRO Collaboration., M.Calicchio et al.
Nuclear Physics B (Proc. Suppl.), 13 (1990) 368-371.
- 15) MACRO AT GRAN SASSO: RESULTS AND PERSPECTIVES.
MACRO Collaboration, R. Bellotti et al.
Proceedings of the Second International Workshop on Neutrino Telescopes, Venezia 1990, 183-193.
- 16) COMBINED MEASUREMENTS OF DEEP UNDERGROUND MUONS AND OF THE ELECTROMAGNETIC COMPONENTS OF EXTENSIVE AIR SHOWERS.
MACRO and EASTOP Collaborations. R. Bellotti et al., M. Aglietta et al.
Proceedings of the Second International Workshop on Neutrino Telescopes, Venezia 1990, 209-217.
- 17) FIRST RESULTS FROM THE MACRO EXPERIMENT AT THE GRAN SASSO LABORATORY
MACRO Collaboration, R. Bellotti et al. [presented by G. Giacomelli]
Invited paper at the Neutrino 90 Conference, CERN, Geneva,
Physica D 666 (1990) 1-9

MASS

Componenti del gruppo

*G. Basini, E. Bonaviri (Ass.), F. Bongiorno (Ass.), F. Massimo-Brancaccio (Ass.),
M. Ricci (Resp.)*

Collaborazione

*ASI (Agenzia Spaziale Italiana), Firenze, Louisiana University, NASA-Goddard Space
Flight Center, New Mexico State University, Perugia, Roma-Tor Vergata*

L'esperimento MASS (Matter-Antimatter Space Spectrometer) è rivolto alla ricerca sistematica di antimateria nei raggi cosmici ad alta quota (~40 km) misurando lo spettro di antiprotoni da 200 MeV ad oltre 10 GeV e di positroni da 10 GeV scendendo fino ad almeno 4 GeV.

Il problema dell'abbondanza di antiprotoni cosmici primari è tra i più controversi in astrofisica e cosmologia; in effetti, sembrerebbe esserci evidenza di un eccesso di antiprotoni nei raggi cosmici⁽¹⁻³⁾ non spiegabile come produzione secondaria per mezzo del processo $p + p \rightarrow p + \bar{p} + \text{anything}$, secondo i modelli standard di propagazione dei raggi cosmici⁽⁴⁾ che permettono di calcolare il flusso di $\bar{p}$ a partire dal flusso di protoni, dalle sezioni d'urto di produzione di antiprotoni e dalla quantità di materia attraversata. Pure modificando leggermente questi modelli non è possibile rendere conto appieno di tale eccesso, per cui sono stati proposti e studiati nuovi e più esotici meccanismi di produzione come, ad esempio, le oscillazioni di neutrone⁽⁵⁾, l'evaporazione di buchi neri primordiali⁽⁶⁻⁷⁾, l'annichilazione di coppie di fotini⁽⁸⁻⁹⁾ e la generazione di antiprotoni extragalattici in antigalassie in un universo simmetrico rispetto a barioni e antibarioni^{(6),(10-11)}.

D'altra parte, alcuni dati recenti, raccolti nelle campagne di lancio di palloni condotte durante l'87-88⁽¹²⁻¹³⁾, non hanno mostrato alcuna evidenza di antiprotoni nella regione di bassa energia. La situazione attuale è rappresentata in Fig. 21 dove vengono mostrati sia i modelli teorici che i dati sperimentali (o i limiti superiori); la difficoltà nel discriminare tra gli ultimi risultati delle osservazioni e quelli precedenti, dovuta principalmente alla bassa statistica ed alle limitazioni degli apparati utilizzati, ha determinato la necessità di eseguire nuove e più precise misure.

MASS è un esperimento di seconda generazione con un nuovo apparato ottenuto dall'inserimento di un calorimetro tracciante in uno spettrometro magnetico dotato di un magnete superconduttore, con determinazione del tempo di volo ed una buona accettazione geometrica (100 cm² sr); per la sua completezza un simile apparato è in grado di misurare lo spettro di antiprotoni e positroni con una sensibilità più elevata e con sufficiente statistica.

Il gruppo italiano ha contribuito all'esperimento con la costruzione del calorimetro tracciante inserito nell'apparato mostrato in Fig. 22 che è costituito da un magnete superconduttore, un gruppo di 8 camere proporzionali multifilo (MWPC), contatori per tempo di volo e un contatore Cerenkov a Freon.

Il calorimetro (dimensioni (53x66x50) cm³) è costituito da 40 piani (20 nella vista x, 20 nella vista y) di tubi a streamer in ottone (sezione 6.5x5 mm²) (Fig. 23, Fig. 24) per un totale di 2560 canali di lettura. Ciò permette di ottenere, oltre alla misura calorimetrica dell'energia totale rilasciata, una chiara segnatura degli eventi di annichilazione dell'antiprotone e di interazione delle altre particelle (sciame elettromagnetici e adronici) con ricostruzione del vertice.

Un particolare sforzo è stato prodotto nel progetto e nella realizzazione di un sistema di lettura il più possibile compatto e a basso consumo (15 mW/canale) in modo da soddisfare le richieste di un volo su pallone.

Nel settembre '89 è stato eseguito con successo il lancio dal sito di Prince Albert (Saskatchewan, Canada) alla cui latitudine il cutoff geomagnetico è di 0.65 GeV (rigidità magnetica), corrispondenti ad un'energia cinetica per protoni di ~200 MeV: il pallone ha raggiunto una quota di 36 km (corrispondenti a ~ 4.7 g/cm² di atmosfera residua) e la durata complessiva della missione è stata di 12 ore. Sono stati raccolti circa 8×10^5 trigger da cui sono state selezionate 2×10^5 particelle per le quali è stato possibile ricostruire il tracciamento. L'analisi dei dati raccolti, mentre è in fase di ultimazione per quanto riguarda lo spettro di antiprotoni nel range 0.2-12 GeV, si è conclusa relativamente al flusso di elettroni nel range 2.5 - 20 GeV fornendo come risultato

$J_{e^-} = 247 E^{(-3.2 \pm 0.12)}$ elettroni/m² sr s GeV (dove E è l'energia dell'elettrone) (Fig. 25) e per la misura del rapporto $R = [e^+ / (e^+ + e^-)]$ nel range 4 - 10 GeV, dove il risultato è $R = (0.1 \pm 0.03)$. Come risultato aggiuntivo dell'esperimento sarà pure possibile fornire una valutazione del flusso di muoni a terra rilevato durante le procedure di test che hanno preceduto il lancio.

L'attività di analisi dei dati si è svolta e procede in parallelo ad una nuova fase di "upgrading" dell'apparato (modifiche e migliorie al calorimetro, al tempo di volo, al sistema di tracking e al Cerenkov alla ricerca di una più elevata affidabilità in volo) in preparazione di un secondo lancio che sarà effettuato nell'autunno del '91 dal New Mexico.

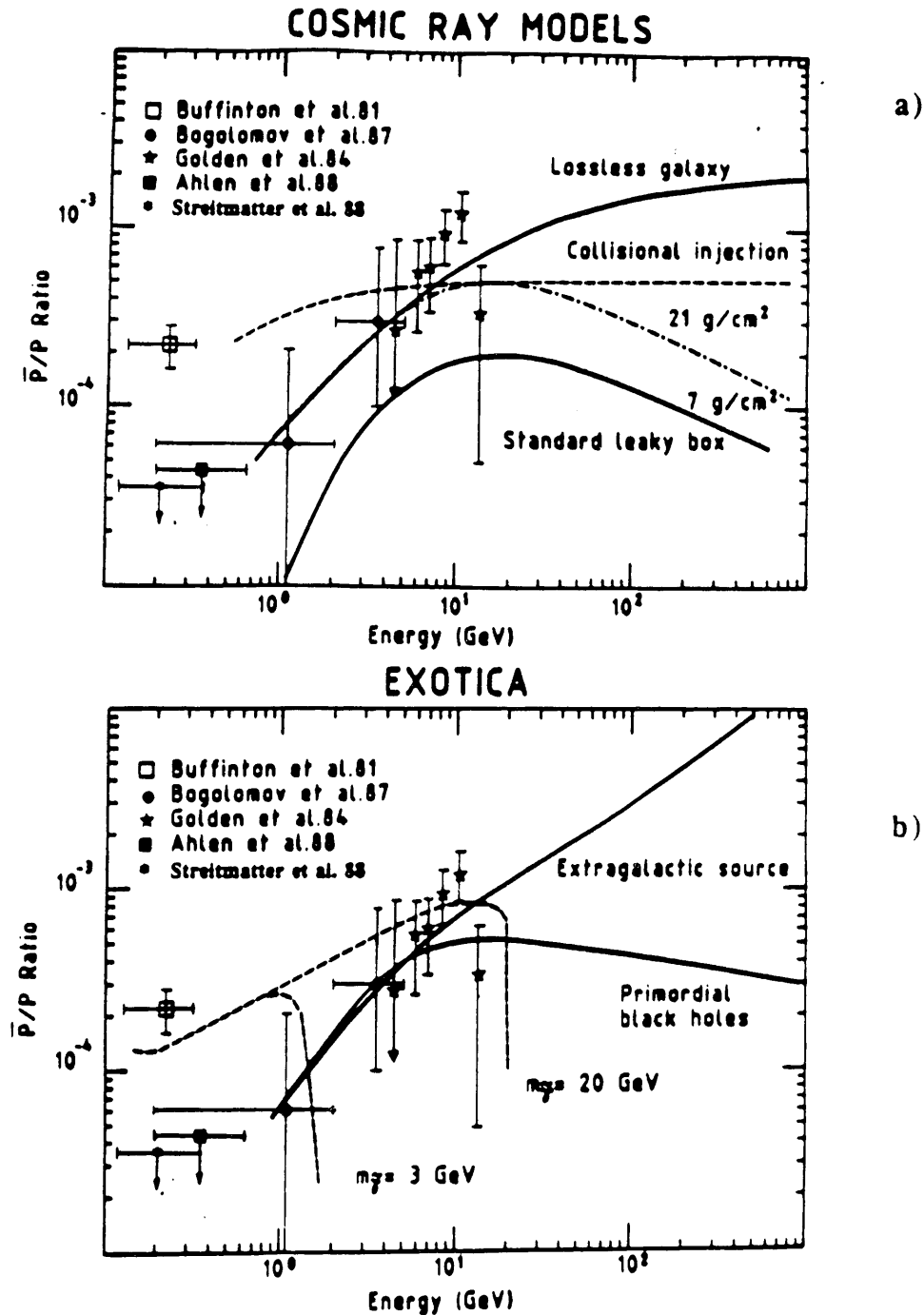


FIG. 21 - I punti sperimentali (vedi legenda più sotto) sono mostrati confrontandoli con i differenti modelli per il rapporto $\bar{p}/p$: i modelli di raggi cosmici, mostrati in Fig. 21a, comprendono l'ipotesi della "galassia senza perdite"⁽¹⁵⁾, la produzione nella fase densa iniziale dell'esplosione di una Supernova (curva "collisional injection")⁽¹⁶⁻¹⁷⁾ e modello standard "leaky box"⁽¹⁸⁾ con una densità di materia attraversata di 7 g/cm² e 21 g/cm²; altri modelli più esotici, come descritti nel testo (6-11) sono mostrati in Fig. 21b.

Legenda per i punti sperimentali: Buffington et al., 1981⁽³⁾, Bogolomov et al., 1987⁽²⁾, Golden et al., 1984⁽¹⁴⁾, Ahlen et al., 1988⁽¹²⁾, Streitmatter et al., 1989⁽¹³⁾.

FIG. 22 - Schema della configurazione dell'apparato per il volo.

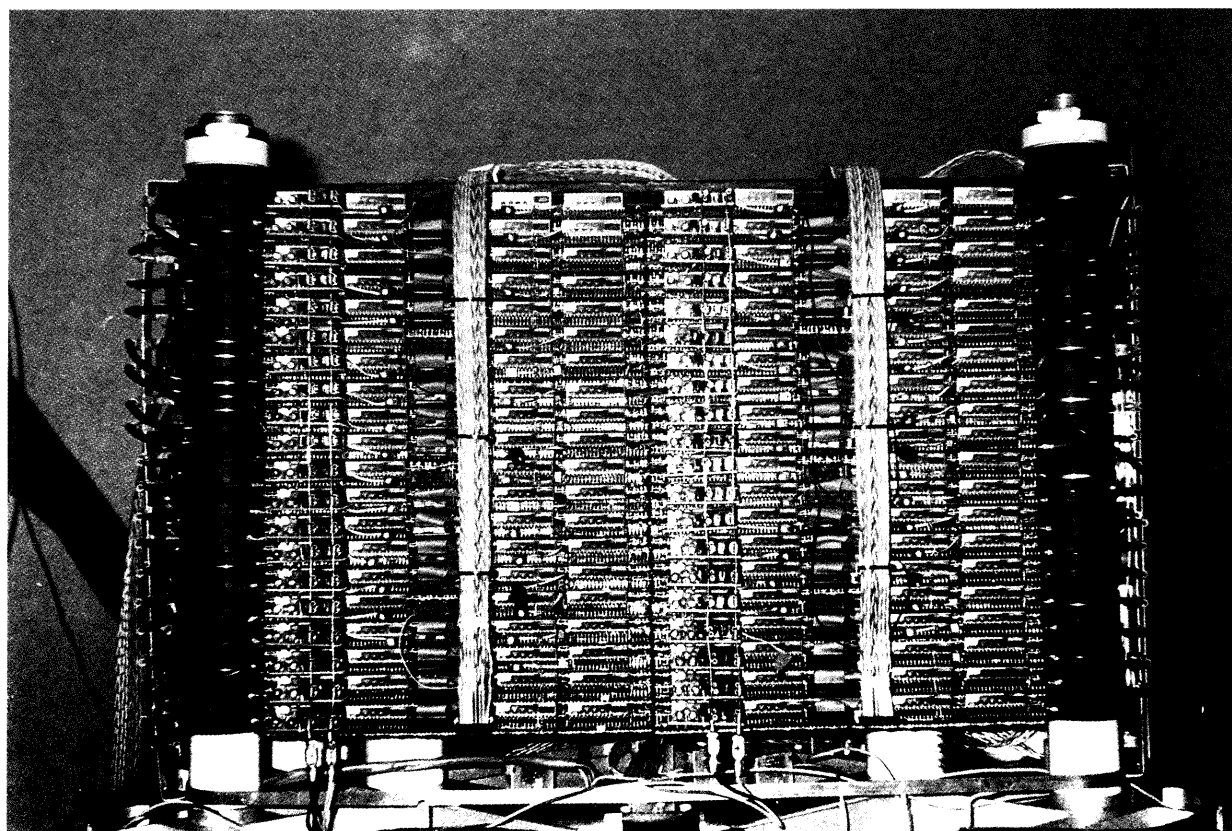
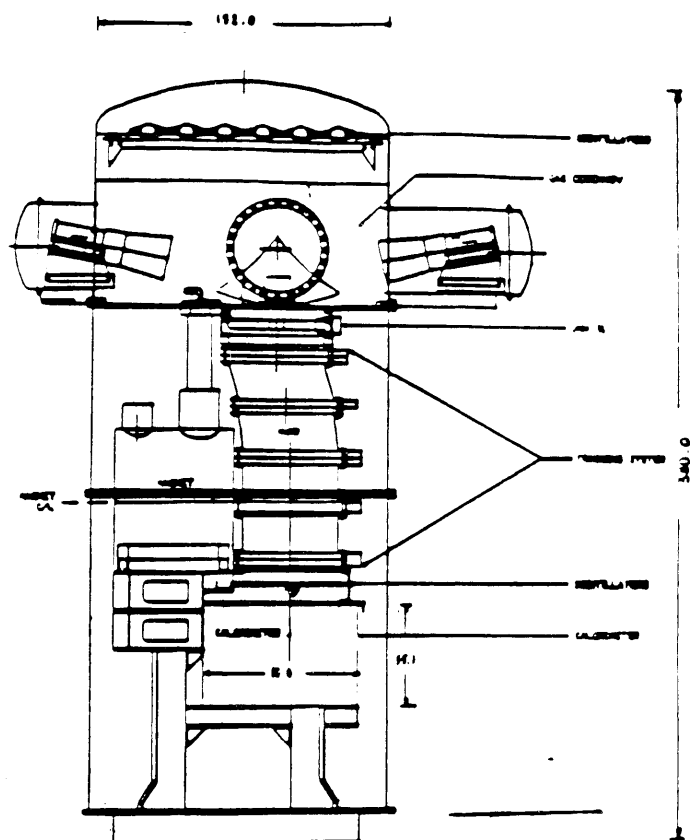


FIG. 23 - Il calorimetro.

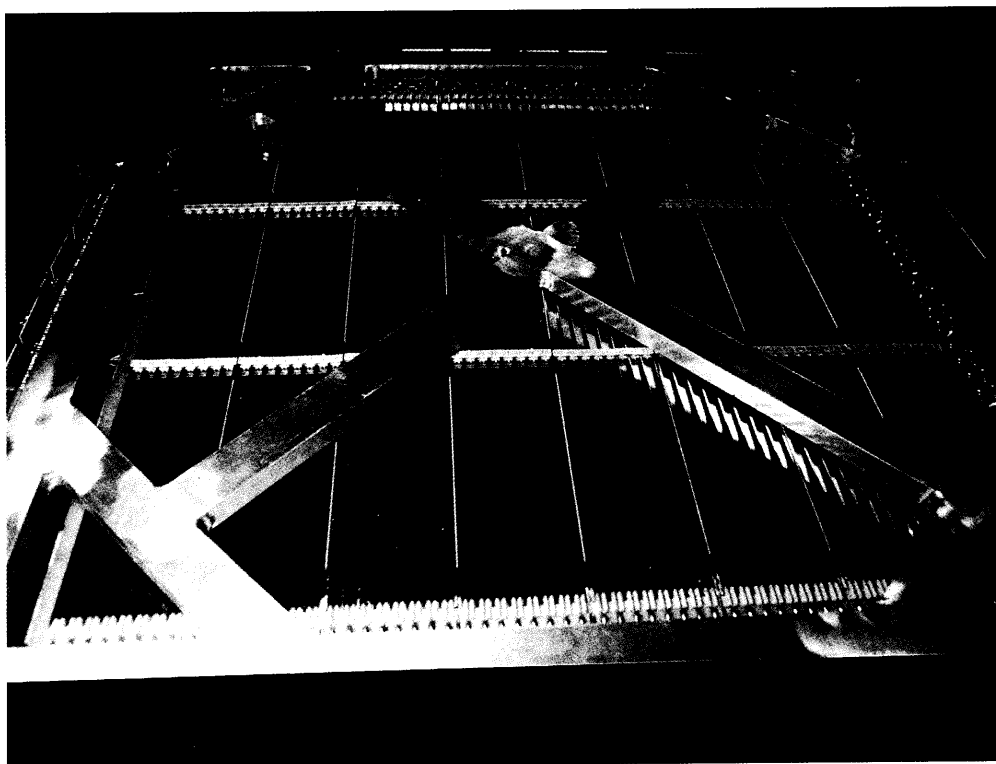


FIG. 24 - Un singolo piano di tubi a streamer in ottone.

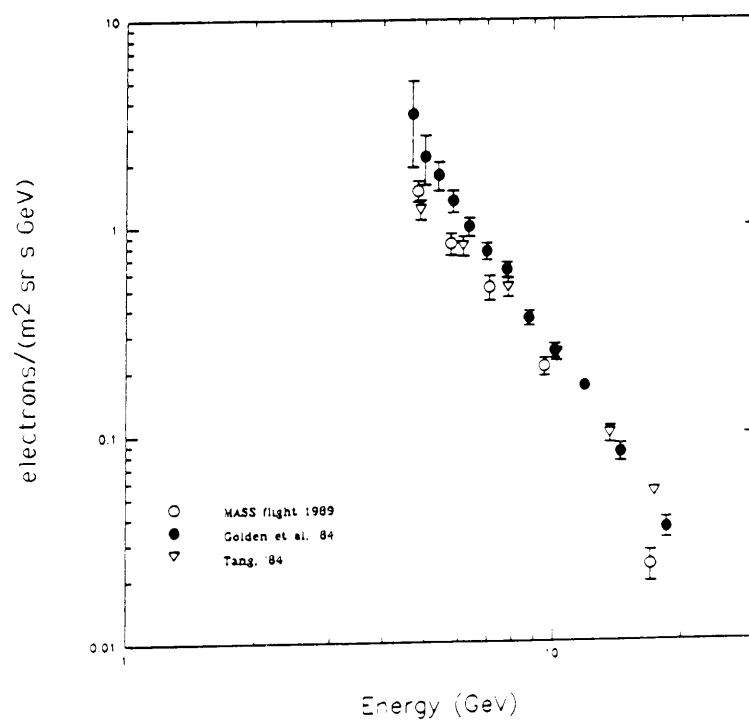


FIG. 25 - Flussi di elettroni misurati con esperimenti su pallone; Golden et al. 1984⁽¹⁴⁾, Tang 1984⁽¹⁹⁾.

WiZard

Componenti del gruppo

G. Basini (Resp.), F. Bongiorno (Ass.), F. Massimo-Brancaccio (Ass.), M. Ricci

Collaborazione con

ASI (Agenzia Spaziale Italiana), Bari, Boston Univ., California Univ., CNR-Cosmogeofisica Torino, Firenze, NASA-Goddard Space Flight Center, Indiana Univ., New Mexico State University, Naval Research Lab., Perugia, Roma I, Roma-Tor Vergata, Siegen, Trieste

Oltre all'esperimento MASS, il gruppo di Frascati, insieme alle altre istituzioni coinvolte ha proseguito nell'attività riguardante l'esperimento WiZard⁽²⁰⁾ da eseguire con la facility ASTROMAG da installare su strutture orbitanti nello spazio (Stazione Spaziale Freedom della NASA o satelliti dedicati) e prevista entrare in funzione entro il 1999.

Obbiettivi primari dell'esperimento WiZard sono la ricerca di antimateria primordiale, la misura degli spettri di antiprotoni, elettroni, positroni e nuclei ad alte energie con sensibilità e precisione mai raggiunte prima; altri obbiettivi complementari sono lo studio dei "solar flares", le correlazioni Sole-Terra, l'anisotropia galattica, gli effetti geomagnetici, gli spettri di nuclei più pesanti (dal Carbonio al Ferro) e l'astronomia dei raggi gamma.

L'esperimento WiZard utilizza una serie di rivelatori di particelle montati ad uno dei due lati del sistema magnetico Astromag; la configurazione dei rivelatori, mostrata in Fig. 26, comprende rivelatori per tempo di volo (TOF), un sistema di tracciatura (camere MWPC e Drift), un rivelatore a radiazione di transizione (TRD) ed un calorimetro a silicio.

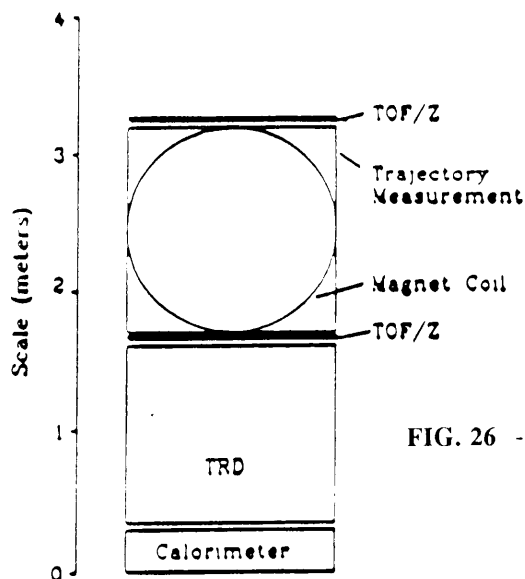


FIG. 26 - Configurazione dei rivelatori di WiZard.

Nel 1989-90 sono state definite le linee operative dell'intera collaborazione internazionale; per quanto riguarda più specificamente la parte italiana, è stata eseguita una serie di test al CERN sui primi prototipi di TRD e calorimetro a silicio (su una torre di 20 piani formati da un singolo rivelatore a silicio ed alternati con tungsteno per un totale di 20 lunghezze di radiazione) e, nelle singole sezioni, sono stati eseguiti e proseguono i test di funzionalità sull'elettronica di read-out e dei singoli rivelatori a silicio.

Bibliografia

- 1) R.L. Golden, S. Horan, B.G. Mauger, G.D. Badhwar, J.L. Lacy, S.A. Stephens, R.R. Daniel and J.E. Zipse: Phys. Rev. Lett., **43**, 119 (1979).
- 2) E.A. Bogolomov, G.Y. Vasilyev, S.Yu. Krut'kov, N.D. Lubyanyaya, V.A. Romanov, S.V. Stepanov and M.S. Shulakova: Proc. of the XX International Cosmic Ray Conference, **Vol 2** (Moscow, 1987), p. 72.
- 3) A. Buffington, S.M. Schindler and C.R. Pennypacker: Astrophys. J., **248**, 1179, (1981).
- 4) T.K. Gaisser and R.H. Maurer : Phys. Rev. Lett., **30**, 1264 (1973).
- 5) C. Sivaram and V. Krishan: Nature, **299**, 427 (1982).
- 6) P. Kiraly, C. Szabelski, J. Wdowczyk and A.W. Wolfendale: Nature, **293**, 120 (1981).
- 7) M.S. Turner: Nature, **297**, 379 (1982).
- 8) J. Silk and M. Srednicki Phys. Rev. Lett., **53**, 624 (1984).
- 9) F.W. Stecker, S. Rudaz and T.F. Walsh Phys. Rev. Lett., **55**, 2622 (1985).
- 10) F.W. Stecker, R.J. Protheroe and D. Kazanas: Astrophys. Spa. Sci. **96**, 171 (1983).
- 11) S.A. Stephens: Proc. of the XVIII International Cosmic Ray Conference, **Vol.9** (Bangalore, 1983), p.167.
- 12) S. Ahlen, S. Barwick, J.J. Beatty, C.R. Bower, G. Gerbier R.M. Heinz, D. Lowder, S. McKee S. Mufson, J.A. Musser, P.B. Price, M.H. Salamon, G. Tarlé, A. Tomasch and B. Zhou Phys. Rev. Lett., **61**, 145 (1988).
- 13) R.L. Streitmatter et al., Adv. Spa. Res. **12**, 65 (1989)
- 14) R.L. Golden, B.G. Mauger, S. Nunn and S. Horan : Astrophys. Lett. **24**, 75 (1984).
- 15) B. Peters and N.J. Westergaard: Astrophys.Spa.Sci. **48**, 21 (1977).
- 16) G.E. Moraal and W.I. Axford: Astron. Astroph. **125**, 204 (1983).
- 17) B.G. Mauger and A. Stephens: Proc. of the XVIII International Cosmic Ray Conference, **Vol 2** (Bangalore, 1983), p.95.
- 18) F.W. Stecker, R.J. Protheroe, D. Kazanas: Proc. of the XVII International Cosmic Ray Conference, **Vol. 9** (Paris, 1981), p. 211.
- 19) K. Tang, Astrophys. J., **278**, 881, (1984).
- 20) R.L. Golden et al.: Nuovo Cim. **105B**, 191 (1990).

Pubblicazioni

- 1) G. Basini et al.: "A fast, low power consumption readout system for a space based calorimeter", Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. **A276**, 367, (1989).
- 2) G. Basini, A. Morselli e M. Ricci: "Matter and antimatter in the same universe?", Riv. Nuovo Cim., **4** (1989).
- 3) G. Basini et al.: "A balloon flight from an antarctic base to get the best conditions in the search for cosmic antiprotons", Nuovo Cim., **101A**, 659 (1989).
- 4) G. Basini et al.: "Simulation of low-energy interactions in a sampling calorimeter", Nuovo Cim., **103B**, 319 (1989).
- 5) G. Basini et al.: "Wizard 2, a proposal to complement Wizard detector with two further modules of tracking calorimeter and an accurate spark counter TOF system", Nuovo Cim., **103B**, 625 (1989).
- 6) G. Basini et al.: "A cosmic antimatter detector on a polar orbit satellite", Nuovo Cim., **103B**, 635 (1989).
- 7) G. Basini et al.: "Wizard: a program to measure cosmic-ray antiprotons and positrons and search for primordial antimatter", Nuovo Cim., **105B**, 191 (1990).
- 8) R. Golden et al.: "Performance of a balloon-borne magnetic spectrometer for cosmic ray studies", NMSU-PAL Tech. Note # 223 (1990), subm. to Nuclear Instr. and Meth.
- 9) R. Golden et al.: " Performance of a focused Gas Cherenkov detector used for cosmic ray studies", NMSU-PAL Tech. Note # 224 (1990), subm. to Nuclear Instr. and Meth.
- 10) R. Golden et al.: " Observation of comic ray electrons and positrons using an imaging calorimeter", (1990) subm. to Astrophys. J.

3. - FISICA NUCLEARE

II LABORATORIO JET TARGET

La facility JET TARGET

Componenti del gruppo

Ricercatori

N. Bianchi, E. De Sanctis (Resp.), A. Fantoni (Bors. INFN), C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon

Tecnici

M. Albicocco, L. Falco, A. Macioce, A. Orlandi, W. Pesci, A. Viticchiè

Collaborazione con

Genova (M. Anghinolfi, P. Corvisiero, G. Ricco, M. Ripani, M. Sanzone, M. Taiuti, A. Zucchiatti); ISS (S. Frullani, F. Garibaldi, P. Rossi, G.M. Urciuoli); Torino (G. Gervino)

Questo programma di ricerca, avviato nell'autunno 1985, prevedeva la progettazione, costruzione ed installazione su Adone di un fascio molecolare condensato di Argon allo scopo di:

- i) studiare le interazioni del fascio circolante di elettroni con il getto di Argon;
- ii) produrre un fascio monocromatico di fotoni di alta energia (200-1200 MeV) con la tecnica del tagging della bremsstrahlung, per lo studio di processi di fotoreazione (esperimenti ASSO e MENFI).

Il bersaglio usato come radiatore è un fascio molecolare condensato di Argon (installato fin dal gennaio 1988), consistente in un getto di gas che si muove a velocità supersonica (da cui deriva il nome di *jet target*) in seguito all'espansione del gas nel vuoto da un recipiente ad alta pressione attraverso un ugello di geometria speciale. A causa del raffreddamento associato all'espansione, gli atomi di Argon condensano in aggregati di 10^5 - 10^6 atomi che si muovono con alta direzionalità e con minima divergenza angolare.

Gli elettroni che hanno irraggiato sono infatti analizzati in impulso dal successivo dipolo curvante dell'anello e rivelati da due file di contatori a scintillazione in coincidenza, posti dentro la gap del dipolo, tra la ciambella da vuoto dell'anello e il giogo di ritorno di flusso. Gli scintillatori definiscono 76 canali in energia, e hanno dimensioni differenti per fornire la stessa risoluzione in energia (=1% a 1500 MeV) su tutto il range del tagging $k=(0.4-0.8) E_0$.

Nel corso del 1990 sono state completate le misure con il fascio delle caratteristiche del getto di Argon lo studio delle interazioni getto-fascio e le misure delle caratteristiche del sistema di tagging.

Le condizioni di lavoro del bersaglio sono: pressione e temperatura iniziali 1 ± 20 bar e circa 300 °K, rispettivamente; diametro della gola dell'ugello 70 μm e semiapertura angolare 3.5° . Da un flusso totale iniziale di $\approx 10^{20}$ atomi/s di Ar che espancono dall'ugello, un sistema di collimazione seleziona circa 10^{17} - 10^{18} atomi/s, che corrispondono a un getto di spessore 1 ± 10 ng/cm² ($\varnothing=6$ mm) nel punto di interazione con il fascio di elettroni (ossia a una distanza di ≈ 25 cm dall'ugello).

In Fig. 27 è mostrata la dipendenza dalla pressione iniziale dello spessore, ρ , del getto di Argon nel punto di interazione; il valore di ρ riportato in ascisse è stato determinato usando l'espressione:

$$\rho = \frac{m\Phi}{Sv}$$

dove m è la massa molecolare (in g), S e v sono l'area della sezione e la velocità del getto nel punto di interazione, Φ è il flusso del getto condensato, dato dal prodotto ($v_s \cdot P_s$) della velocità di pompaggio per la pressione nella camera di recupero del getto. Come risulta dalla Figura, la

transizione dalla fase gassosa a quella condensata si verifica per un valore della pressione iniziale di circa 5.5 bar, e provoca un subitaneo innalzamento della densità del getto.

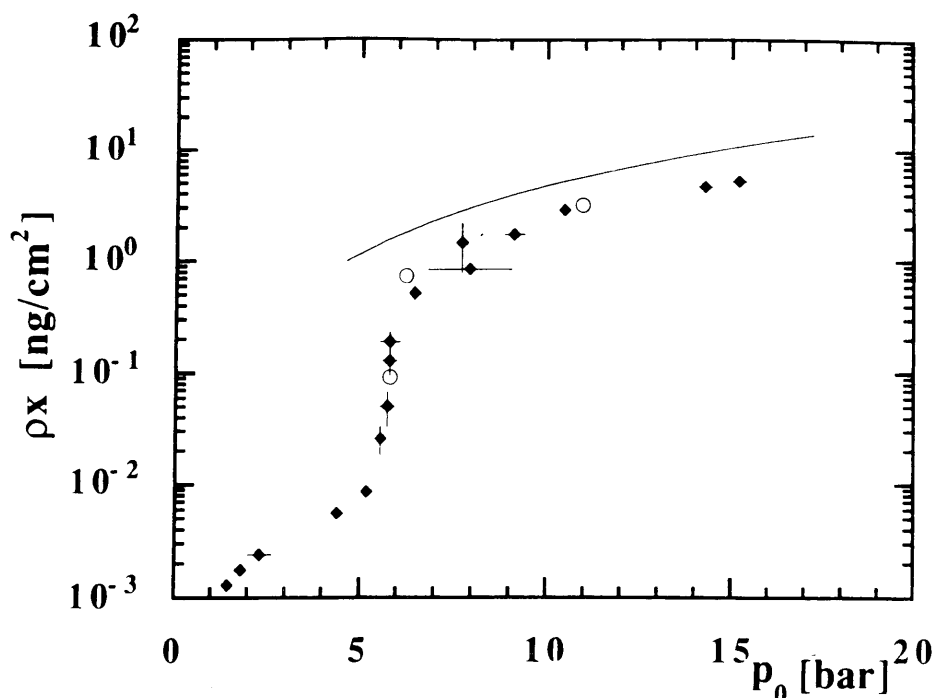


FIG. 27 - Andamento dello spessore del getto di Argon al variare della pressione iniziale. I tre punti a cerchio vuoto sono le densità ricavate da misure di vita media. La curva è il risultato di un calcolo.

La Fig. 28 mostra il profilo del getto misurato spostando radialmente il fascio di elettroni, parallelamente all'asse della sezione dritta di ADONE, e registrando i conteggi dei contatori di tagging, che sono proporzionali all'integrale di convoluzione dell'intensità del fascio di elettroni circolante con la sezione del getto. La curva a tratto pieno è per l'appunto il risultato di questa convoluzione in cui si è assunto che il fascio di elettroni ha una distribuzione gaussiana di intensità, con larghezza $\sigma=1.5$ mm a 1500 MeV, e il getto una distribuzione cilindrica uniforme con raggio di 6 mm circa.

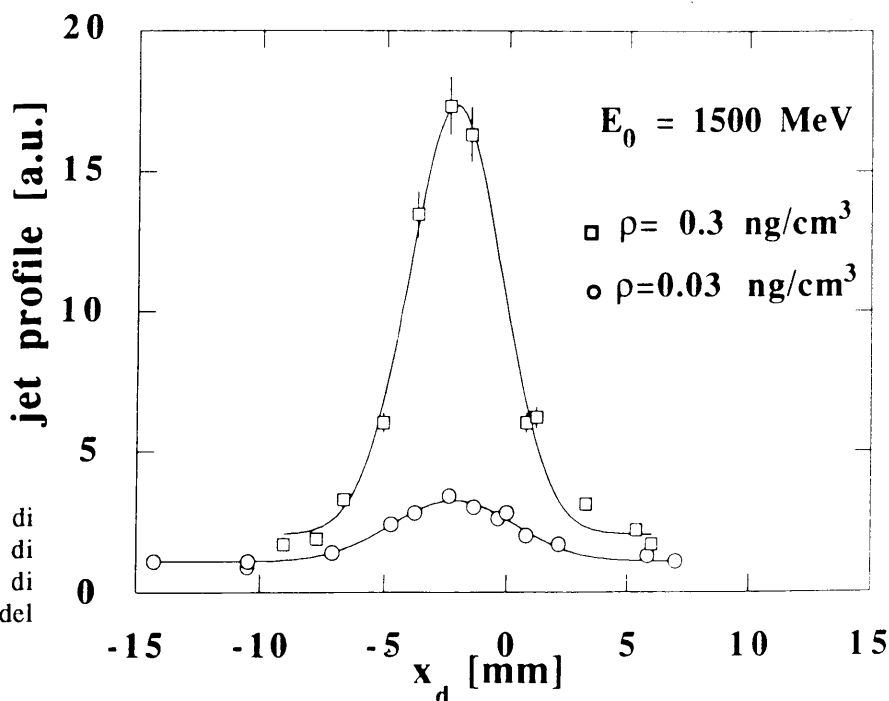


FIG. 28 - Profilo del getto di Argon misurato nel punto di interazione con il fascio di elettroni e per due densità del getto.

Dopo l'iniezione del fascio di elettroni nell'anello e l'innalzamento all'energia di lavoro, il getto di Argon viene "sparato" attraverso la ciambella di ADONE. Le interazioni tra gli elettroni circolanti e gli atomi di Argon provocano una riduzione della vita media del fascio circolante al valore $\tau = T_0/(\sigma_E \rho)$, dove T_0 è il periodo di rivoluzione, σ_E la sezione d'urto dei processi di rimozione di elettroni, e ρ lo spessore del getto. La sezione d'urto di rimozione di elettroni è determinata soltanto da quei processi di bremsstrahlung in cui gli elettroni perdono un'energia maggiore dell'accettanza ϵ della cavità RF ($\epsilon = 0.01 \cdot E_0$). Questo fatto risulta chiaramente dalla Fig. 29 in cui i valori della vita media del fascio circolante, misurati per diversi spessori del getto e diverse correnti di elettroni, sono confrontati con i risultati di un calcolo effettuato utilizzando la precedente relazione, $T_0/(\sigma_E \rho)$, e ponendo σ_E pari alla sezione d'urto di bremsstrahlung integrata tra $\epsilon = 0.01 \cdot E_0$ ed E_0 (curva a tratto pieno).

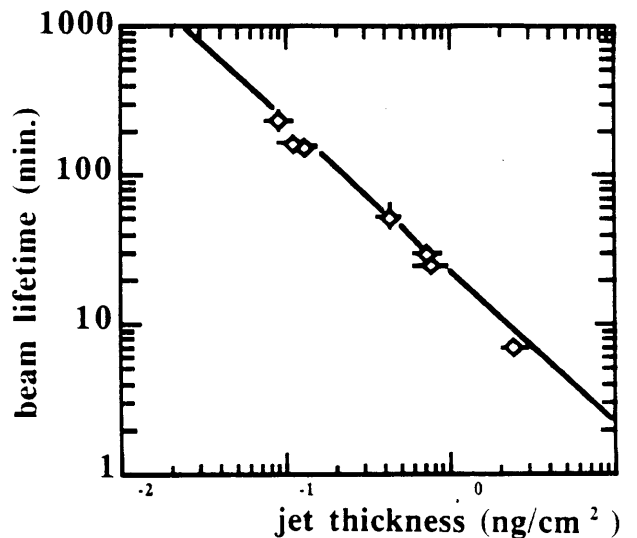


FIG. 29 - Vita media del fascio circolante in ADONE in presenza di un getto di Argon di diverso spessore, ρ . La curva a tratto pieno rappresenta la relazione $\tau = T_0/(\sigma_E \rho)$, dove σ_E è la sezione d'urto di bremsstrahlung integrata tra $\epsilon = 0.01 \cdot E_0$ ed E_0 (T_0 e E_0 sono rispettivamente il periodo di rivoluzione e l'energia della macchina).

L'intensità massima del fascio di fotoni nell'intervallo di energie $(k_2 - k_1) = (0.8 - 0.4) \cdot E_0$ accettato dal sistema di tagging con una corrente immagazzinata di ≈ 60 mA e uno spessore del getto $\rho = 5$ ng/cm², risulta essere $N_\gamma = 6 \cdot 10^7$ fotoni/s, ossia circa $7.5 \cdot 10^5$ fotoni/s per canale di energia.

La misura dell'efficienza e la calibrazione del sistema di tagging viene effettuata con un fascio di fotoni di bassa intensità e utilizzando uno spettrometro costituito da quattro cristalli di BGO (ciascuno di 9.5 cm di diametro e 8 cm di lunghezza), allineati uno dietro l'altro in modo da offrire uno spessore complessivo di 29 lunghezze di radiazione al fascio di fotoni. Ciascun cristallo è accoppiato a sei fotomoltiplicatori per garantire una migliore raccolta di luce.

In Fig. 30 sono mostrati i valori della efficienza di tagging misurata a 1500 MeV e a bassa intensità, e la curva di calibrazione in energia, confrontata con il valore previsto. La leggera diminuzione di efficienza sui canali di bassa energia è dovuta all'aumento dell'apertura angolare della bremsstrahlung e dall'aumento del contributo dei fondi.

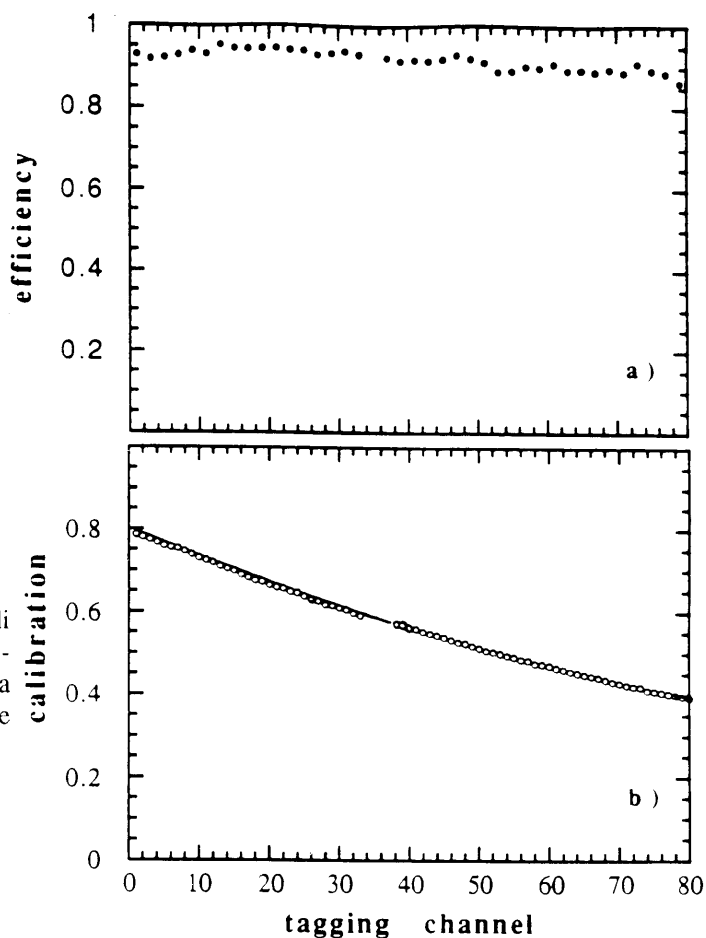


FIG. 30 - a) Efficienza dei contatori di tagging misurata a 1500 MeV. b) Calibrazione in energia dei contatori; la curva rappresenta il valore calcolato dalle proprietà magnetiche dello spettrometro.

Pubblicazioni

- (1) E. De Sanctis et al., Frascati Internal Report LNF 90/001 (P).
- (2) M. Anghinolfi et al., Frascati Internal Report LNF 90/010 (P).
- (3) V. Muciifora et al., Nucl. Inst. and Meth. A295 (1990) 65.
- (4) M. Taiuti et al., Nucl. Inst. & Meth. A297 (1990) 354.

ASSO

Ricercatori

*N. Bianchi, E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini (Resp.),
V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon e P. Rossi (Ass.)*

Tecnici

M. Albicocco, L. Falco, A. Macioce, A. Orlandi, W. Pesci e A. Viticchiè

Collaborazione con

*Sezione INFN e Università di Genova; Sezione INFN e Laboratori di Fisica dell'ISS di
Roma, Sezione INFN di Torino*

Lo scopo dell'esperimento ASSO consiste nella misura della sezione d'urto totale fotonucleare per nuclei leggeri e pesanti nella regione d'energia da 200 MeV sino a 1.2 GeV, utilizzando il fascio di fotoni etichettati (*tagged*) prodotti dalla bremsstrahlung degli elettroni circolanti in ADONE su un convertitore interno gassoso (Jet Target) di Argon.

Le motivazioni fisiche di questo esperimento sono lo studio di: regole di somma, relazioni di dispersione, presenza e propagazione delle risonanze nucleoniche nei nuclei, fluttuazione del fotone (sonda elettromagnetica) in un mesone vettoriale (sonda adronica), con conseguente transizione della sezione d'urto totale fotonucleare da un andamento proporzionale al numero A di nucleoni ad uno proporzionale ad $A^{2/3}$ (effetto di *shadowing*).

Il metodo di misura scelto differisce secondo il nucleo studiato. Per nuclei leggeri si usa la tecnica della trasmissione: misura dell'intensità del fascio di fotoni con e senza bersaglio assorbitore inserito, con sottrazione del contributo di assorbimento atomico, calcolabile, per nuclei leggeri, con ottima precisione.

L'apparato sperimentale per questa misura consiste in un rivelatore di fotoni formato da un calorimetro elettromagnetico di 4 cilindri di BGO allineati ($\varnothing=98$ mm e lunghezza 80 mm, ciascuno) per un totale di 29 lunghezze di radiazione, circondato da un anello di NaI di spessore 150 mm. La sua stabilità è controllata per mezzo del segnale di calibrazione di 9 Led (tre per ogni cristallo). Il rivelatore, con l'elettronica associata e la piattaforma di supporto inseribile su fascio da comando remoto, si trova installato nella sala sperimentale Jet Target a ≈ 20 m dal bersaglio assorbitore, il quale è posto tra le espansioni polari di un magnete ed inseribile con comando remoto su fascio.

Nel corso del 1990, si è ultimata la disposizione in sala dell'apparato sperimentale. In particolare: è stato costruito ed installato un sistema di collimatori di diverso diametro da inserire su fascio in modo remoto; si è provveduto alla costruzione installazione e test di un monitor d'intensità di fotoni ad alta stabilità per la normalizzazione assoluta delle misure, si è completata la linea di trasporto sotto vuoto del fascio gamma sino all'ingresso dello spettrometro di fotoni (≈ 15 m) con l'installazione di un secondo magnete pulitore (posto dopo il bersaglio) con possibilità di inserimento in esso (sotto vuoto) di un secondo collimatore. Inoltre si è messo a punto il software per la simulazione dell'esperimento con l'utilizzo del programma GEANT 3.

Nel corso dei run di misura che si sono potuti effettuare nel 1990, si è misurata la risposta del rivelatore di fotoni a varie energie, in coincidenza con lo spettrometro di Tagging, per la misura della sua funzione di risposta e della risoluzione (Fig. 31). Inoltre, sono state eseguite misure preliminari di spettri di bremsstrahlung, con e senza bersaglio di ^{12}C , alle seguenti energie di ADONE: 650 MeV, 1100 MeV e 1500 MeV: le misure alle due energie più alte sono servite per studiare la contaminazione di fotoni secondari che eventualmente raggiungono il rivelatore. La misura all'energia di testa di 650 MeV è stata invece utilizzata per una analisi preliminare dei dati che ha permesso di estrarre la sezione d'urto fotonucleare sul ^{12}C in una zona energetica (risonanza Δ) ove esistono già dati sperimentali in letteratura e consentire così una verifica complessiva della disposizione sperimentale e della stabilità del rivelatore di fotoni. In Fig. 32 è riportato il risultato ottenuto con tali dati sperimentali preliminari, confrontati con i valori medi esistenti in letteratura: come si vede, entro gli errori di misura, l'accordo è buono e sembra mostrare l'affidabilità della configurazione sperimentale installata.

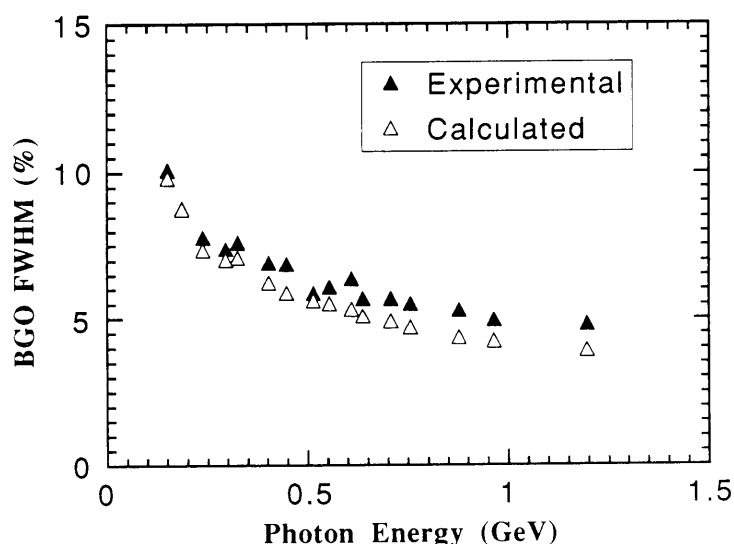


FIG. 31 - Risoluzione sperimentale e calcolata con una simulazione Monte Carlo che usa il codice GEANT 3 della FWHM (%) del BGO in funzione dell'energia del fotone, usando come radiatore il vuoto residuo di ADONE. Alla risoluzione ottenuta contribuiscono tanto la risoluzione intrinseca (statistica) del BGO, quanto la larghezza in energia dei canali dello spettrometro di Tagging, nonché effetti quali: dimensioni del fascio di fotoni sul rivelatore, risposta dei fototubi e diversità di calibrazione tra i quattro cristalli di BGO. Questi ultimi due effetti non sono tenuti in conto nel calcolo e possono spiegare le differenze alle più alte energie con i dati sperimentali.

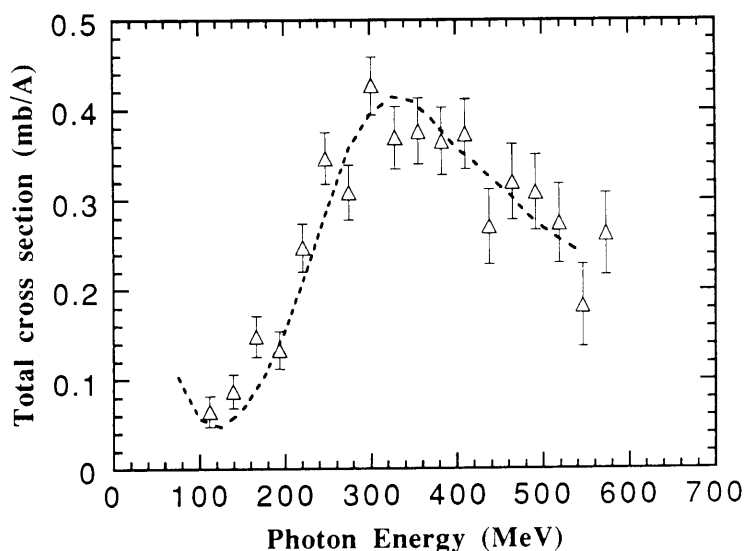


FIG. 32 - Risultati preliminari della sezione d'urto fotonucleare su ^{12}C (normalizzata al numero di nucleoni del nucleo bersaglio) misurata con il metodo della trasmissione (triangoli), confrontata con i dati esistenti in letteratura, ottenuti da vari laboratori, con differenti metodi e su diversi nuclei (linea tratteggiata), che mostrano la proporzionalità, in questa zona energetica, della sezione d'urto fotonucleare al numero atomico A .

MENFI

Ricercatori

*N. Bianchi, E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini (Resp.),
V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon e P. Rossi*

Tecnici

M. Albicocco, L. Falco, A. Macioce, A. Orlandi, W. Pesci e A. Vitticchiè

Collaborazione con

Sezione INFN e Università di Catania; I.N.R. di Mosca

Lo scopo dell'esperimento MENFI è lo studio dei processi di eccitazione dei nuclei con successiva diseccitazione attraverso il canale di fissione.

Le motivazioni fisiche di questo esperimento sono lo studio di nuclei in stati ad alta energia di eccitazione formati in seguito all'assorbimento di fotoni di energia dell'ordine di ≈ 1 GeV. Il canale di fissione è particolarmente adatto a questo studio, poichè, essendo la fissione un processo lento sulla scala temporale tipica delle interazioni nucleari, dovrebbe provenire da uno stato nucleare che ha fatto in tempo a raggiungere l'equilibrio termodinamico, in cui cioè l'energia della sonda primaria si è ripartita statisticamente tra tutti i nucleoni. Il fotone, d'altra parte, risulta una sonda particolarmente adatta per trasferire energia sin all'interno del nucleo, a causa della sua "debole" interazione elettromagnetica.

In particolare, si intende studiare: i) l'andamento con l'energia del fotone delle distribuzioni in massa ed energia dei frammenti di fissione di nuclei actinidi (come l'Uranio); ii) la distribuzione d'impulso del nucleo composto formatosi in seguito all'interazione del fotone con il nucleo bersaglio. Dalla conoscenza di queste due quantità è possibile dedurre la distribuzione nell'energia di eccitazione e nella composizione nucleonica del nucleo composto formatosi e confrontarne i risultati con le previsioni teoriche calcolate per mezzo di un programma Monte Carlo che descrive l'intero processo di interazione del fotone col nucleo bersaglio, cascata intranucleare e successiva diseccitazione. Alle energie accesibili con il fascio etichettato di Jet Target su Adone, è possibile creare nuclei con energie di eccitazione dell'ordine di 700÷800 MeV, alle quali sono previsti possibili cambiamenti di fase nucleari che possono essere indicate da deviazioni dei risultati sperimentali rispetto alle previsioni basate sui tradizionali modelli di fissione.¹

È stata realizzata una camera di fissione, capace di ospitare, sotto vuoto, i rivelatori previsti per questo studio (rivelatori a stato solido al Si a barriera di superficie, camere a ionizzazione e PPAC), e fornita di due bracci laterali per misure di tempo di volo. La camera è munita di movimento su tre assi, a comando remoto, ed equipaggiata, alle finestre d'entrata ed uscita del fascio, di due camere a fili per la misura on-line del profilo del fascio, in modo da permetterne la perfetta centratura su di esso, poichè ciò influenza fortemente le velocità di conteggio dell'esperimento. Essa è stata installata nella sua posizione di misura, nella nuova sala sperimentale Jet Target.

Allo scopo di ottenere velocità di conteggio più elevate di quelle consentite dall'apparato sperimentale sopra descritto e poter quindi raccogliere una statistica significativa nei tempi più stretti dovuti alla anticipata fine attività di ADONE, si sono inoltre presi contatti con un gruppo sperimentale dell'I.N.R. di Mosca che possiede un rivelatore adatto allo scopo della misura, già utilizzato su fascio di fotoni a Novosibirsk, che consentirebbe una velocità di conteggio ≈ 20 volte superiore, per esplorare la sua possibilità di utilizzo sul fascio di fotoni etichettati da Jet Target di Frascati.

Pubblicazioni

1) V. Lucherini *et al.*, Frascati Internal Report LNF - 90/019 (R), 26 Marzo 1990.

4 π BGO

Componenti del gruppo

Ricercatori

D. Babusci, N. Bianchi, E. De Sanctis, P. Levi Sandri (Resp.), V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon

Tecnici

M. Albicocco, E. Cima, L. Falco, M. Iannarelli, A. Macioce, A. Orlandi, W. Pesci, E. Turri, A. Viticchié

Collaborazione con

Genova (M. Anghinolfi, M. Castoldi, P. Corvisiero, E. Durante, G. Giuliano, L. Mazzaschi, F. Parodi, G. Ricco, A. Rottura, M. Sanzone, M. Taiuti, A. Zucchiatti); Roma II (L. Casano, A. D'Angelo, G. Nobili, P. Picozza, C. Schaerf); ISS (S. Frullani, F. Garibaldi, B. Girolami, P. Rossi, G.M. Urciuoli); Catania (V. Bellini, M.L. Sperduto); Torino (G. Gervino)

Scopo della collaborazione è la costruzione di un rivelatore a grande angolo solido ($\approx 4\pi$) dedicato principalmente alla rivelazione di particelle neutre (γ, π^0) attraverso la misura degli sciame elettromagnetici e, secondariamente, alla rivelazione di particelle cariche, prodotte nell'interazione di fotoni di energie fino a ≈ 2 GeV con i nuclei.

Nel corso dell'anno sono stati eseguiti i seguenti lavori:

- Sono stati costruiti i 24 cestelli in fibra di carbonio per il contenimento dei cristalli di BGO; ogni cestello conterrà 20 cristalli. Le pareti di carbonio hanno spessore di 0.36 mm tra cristallo e cristallo e di 1.08 mm tra cestello e cestello. I cestelli e l'intera sfera, sostenuti esternamente da una struttura di alluminio in avanzata fase di costruzione, potranno essere suddivisi lungo un piano verticale che contiene la linea di volo del fascio: inoltre le due metà della sfera potranno scorrere lungo binari ed essere separate fino a una distanza di 1 metro. Infine ogni cestello potrà essere singolarmente estratto dalla struttura, usando un braccio meccanico espressamente progettato ed in corso di realizzazione, e sostituito con eventuali altri rivelatori.
- È stata studiata e definita nelle linee generali la parte centrale del rivelatore che dovrà permettere l'identificazione dei carichi attraverso la misura del $\Delta E/\Delta x$ e una migliore risoluzione angolare per i carichi stessi. Il progetto prevede l'uso di fibre scintillanti (sezione quadrata di 1 mm di lato) ed eventualmente di un presciamatore in BGO. Sono stati eseguiti dei test preliminari sulle fibre scintillanti usando come coincidenza il segnale dello spettrometro di tagging del fascio Jet Target. La costruzione ed il disegno definitivo del rivelatore centrale sarà legata alla scelta del fascio su cui la sfera opererà. Infatti, la diversa intensità e forma dello spettro in energia di fasci ottenuti attraverso la diffusione Compton inversa di fotoni da laser su elettroni accumulati in un anello (GRAAL) rispetto a fasci di bremsstrahlung (Jet Target), e la diversa disponibilità di tempo macchina possono suggerire l'uso di bersagli liquidi più piccoli per i quali il rivelatore centrale risulterebbe di molto semplificato.
- Sono proseguiti gli studi preliminari sul rivelatore di massa (misura di $\Delta E/\Delta x$) che sarà formato da 32 scintillatori plastici. L'accoppiamento del segnale della sfera con il segnale dei plastici consentirà una buona identificazione dei protoni, mentre la separazione tra pioni ed elettroni potrà essere ottenuta solamente usando un presciamatore del tipo di quello progettato per l'esperimento ESCAF. Sono state misurate le omogeneità di risposta di

scintillatori di forma, spessore e materiali diversi ottenendo informazioni utili al progetto definitivo. Le prime misure effettuate con un prototipo di presciamatore hanno fornito risultati incoraggianti per quanto concerne la possibilità di riconoscere e separare pioni carichi ed elettroni.

- Sono iniziati i primi test sui fotomoltiplicatori multianodici per la lettura delle fibre scintillanti. In particolare si stanno studiando i problemi di cross-talk e le caratteristiche di guadagno dei multianodici della Philips (XP4702 a 64 canali) e della Hamamatsu (HT3835-01 a 88 canali).
- Sono state introdotte modifiche al package GEANT3 per permettere un corretto trattamento delle interazioni di adroni di bassa e media energia in BGO. Infatti la parte adronica del codice GEANT3 è stata scritta principalmente per trattare in modo corretto le cascate multiadroniche che non sono importanti per le energie che ci interessano. In particolare, quando una interazione inelastica genera un gran numero di particelle secondarie, né la conservazione dell'energia né la conservazione del numero barionico, sono controllate passo per passo nella versione standard di GEANT3; se ad alte energie (> 5 GeV) l'errore introdotto risulta minore del 10% ed è quindi tollerabile, per energie inferiori l'errore tende ad aumentare (fino al 50% in alcuni casi) e non può più essere tollerato. Le modifiche apportate al codice si sono rivelate molto efficienti ed hanno consentito un'eccellente riproduzione degli spettri sperimentali esistenti (per protoni e per pioni negativi) incidenti su cristalli di BGO.
- È stata definita nelle sue linee generali la struttura dell'elettronica di acquisizione e dei trigger. In particolare sono stati eseguiti studi approfonditi riguardanti le previste velocità di conteggio ed il problema dell'impilamento di segnali di origine prevalentemente elettromagnetica su eventi nucleari. La frequenza e l'ampiezza di questo impilamento dipendono fortemente dal tipo di fascio incidente (energia massima) e dal suo spettro energetico. Per il caso tipico di un fascio di bremsstrahlung etichettata da 1.5 GeV di energia massima e con intensità 10^{-7} s^{-1} si è dimostrato che un trigger basato sulla misura veloce dell'energia totale raccolta dalla sfera consente un drastico taglio degli eventi non nucleari. A questo scopo è stato costruito ed è attualmente in fase di prova un sommatore lineare resistivo per la misura veloce dell'energia totale raccolta (E_{tot}) per evento che consentirà di aprire un trigger di primo livello di acquisizione quando $E_{\text{tot}} > 10\% E_{\text{in}}$.
- Sono proseguite le misure relative alle caratteristiche di omogeneità e risoluzione dei cristalli di BGO. Per i primi 80 cristalli, forniti dalla Quarz & Silice Holland, i valori medi ottenuti per la risoluzione e per l'uniformità di risposta al ^{137}Cs sono risultati migliori dei valori massimi stabiliti dal contratto di acquisto. In particolare l'uniformità media è risultata del 3% mentre la risoluzione media trovata è stata del 17% FWHM.

Pubblicazioni

- 1) The BGO Collaboration Progress Report 1990, LNF-90/084(R);
- 2) L. Mazzaschi et al., Simulation of Particle Interactions in BGO, NIM, in corso di stampa.

ATTIVITA' PRESSO LABORATORI ESTERNI

FOMAMI

Componenti del gruppo

Ricercatori

G.P. Capitani, A.R. Reolon (Resp.)

Tecnici

M. Albicocco, L. Falco, A. Orlandi, A. Viticchiè

Collaborazione con

Sezioni INFN di Genova, Roma II

Lo scopo dell'esperimento FOMAMI è la misura dello scattering elastico dei fotoni dal protone nella regione energetica della risonanza Δ . La conoscenza accurata di questo processo è di fondamentale importanza per la conoscenza del processo di scattering elastico da nuclei più complessi dove l'assenza di effetti di distorsione nello stato iniziale e finale rende lo studio dei gradi di libertà nucleari e subnucleari di più semplice interpretazione.

I più recenti esperimenti in questa regione di energia sono stati fatti a Bonn (H. Genzel et al., Z. Physik A 279 (1976)) e Tokyo (T. Ishii et al., Nucl. Phys. B. 165 (1980) 189). Il metodo sperimentale applicato in queste misure non ha permesso una buona separazione fra i canali di reazione competitivi ($\gamma\gamma$) e (γ, π_0). Per questo motivo, attualmente, nonostante i numerosi dati sperimentali esistenti, l'ampiezza di scattering elementare da protone non è conosciuta accuratamente per un largo range di angoli e di energie. In particolare i valori della sezione d'urto di scattering elastico misurata a 90° nella zona energetica della risonanza Δ risultano sempre marcatamente inferiori al valore calcolato mediante una analisi in onde parziali come quella fatta da Pfeil et al. (W. Pfeil et al., Nucl. Phys. B73 (1974) 166, I. Guisasu et al., Annals Phys. 114 (1978) 296).

Allo scopo di chiarire se le discrepanze fra dati sperimentali e la teoria derivino da una cattiva separazione fra i vari canali di reazione oppure da approssimazioni nei calcoli teorici che non prendono in considerazione gradi di libertà quark gluonici del sistema, abbiamo proposto di misurare il processo a vari angoli utilizzando un fascio di fotoni etichettati e di rivelare in coincidenza i protoni di rinculo per discriminare il fondo dovuto ai fotoni di decadimento del π_0 (G.P.Capitani et al., INFN/BE-89/6).

L'apparato di rivelazione è costituito da telescopi di scintillatori plastici del tipo dE, E per la rivelazione dei protoni e da vetri al piombo ad effetto Cerenkov da utilizzare come rivelatori di fotoni.

L'esperimento sarà effettuato presso il microtrone di Mainz dove sarà disponibile a partire dal prossimo anno un fascio di fotoni etichettati e linearmente polarizzati nell'intervallo di energia tra 200 e 800 MeV.

Nel corso dell'anno 1990 è stato completato il montaggio dell'apparato di rivelazione presso la sala sperimentale dell'università di Mainz.

È stata portata a termine la realizzazione di una camera di scattering che permetterà di mettere sotto vuoto il ramo protoni e la targhetta di idrogeno liquido. Quest'ultima è in fase di realizzazione.

È stato completato il sistema di gestione dell'elettronica mediante calcolatore e si sta completando la realizzazione del sistema di raccolta e analisi dati.

È stata inoltre ultimata la messa a punto del sistema di calibrazione e controllo di stabilità dei rivelatori mediante luce laser.

L'inizio delle misure è previsto per il prossimo anno, quando sarà disponibile il fascio di fotoni etichettati.

II LABORATORIO LADON

Componenti del gruppo

Ricercatori

D. Babusci

Tecnici

E. Cima, M. Iannarelli, E. Turri

Collaborazione con

Sezioni INFN di Roma I, Roma II, Sanità

La facility LADON

Il gruppo LADON dispone di un fascio di fotoni completamente polarizzati per lo studio delle reazioni fotonucleari di energia intermedia. Tale fascio è realizzato tramite la diffusione Compton all'indietro dei fotoni emessi da un laser ad Argon ($\lambda = 514.5$ nm) da parte degli elettroni circolanti in Adone. In funzione dell'energia di quest'ultimi l'energia del fascio di fotoni prodotti varia tra 5 e 80 MeV.

A partire dal 1989 il fascio LADON è stato dotato di un sistema di tagging (D.Babusci et al., Progress in Particle and Nuclear Phys. 24, 119 (1989)) nel quale la rivelazione degli elettroni diffusi in coincidenza con i gamma prodotti viene effettuata tramite una microstrip posta al centro della prima coppia di quadrupoli a valle del magnete successivo alla sezione dritta in cui avviene l'interazione. La microstrip utilizzata ha un'area attiva di 6.24 cm x 2 cm, uno spessore di 450 μ m ed è costituita da 96 diodi con pitch pari a 650 μ m. Essa insieme ai relativi preamplificatori, è posta in aria all'interno di un pozzetto estraibile in modo che sia possibile lasciare libera la camera da vuoto di Adone in fase di iniezione.

Nella Fig. 33 è riportato lo spettro registrato dallo spettrometro a coppie situato nella sala sperimentale in coincidenza con il segnale di una singola strip, per diversi canali della microstrip.

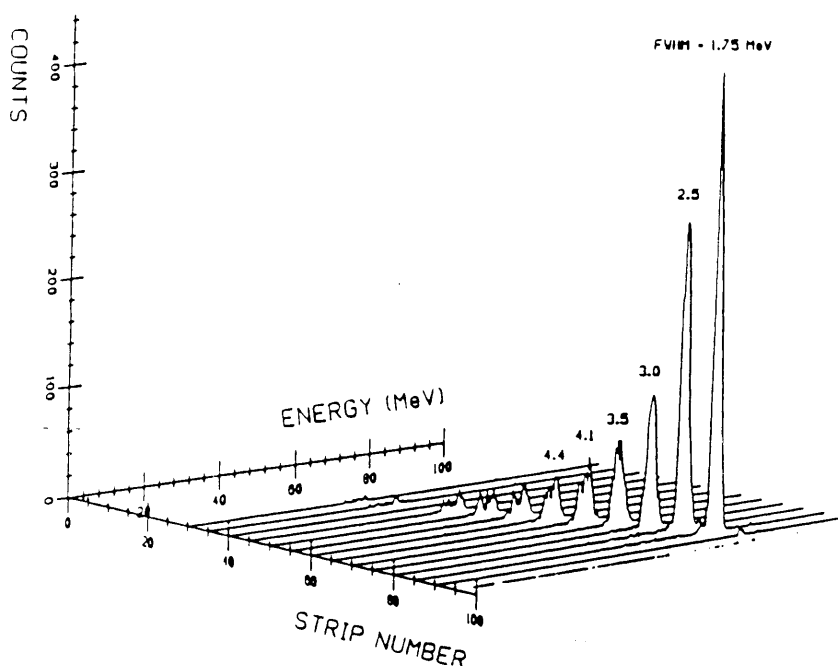
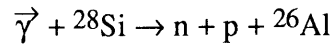


FIG. 1 - Spettro registrato dallo spettrometro a coppie situato nella sala sperimentale in coincidenza con il segnale di una singola strip, per diversi canali della microstrip.

Studio della reazione $A(\vec{\gamma}, np)(A-2)$

Con l'esperimento in corso presso il gruppo LADON si intendono misurare la sezione d'urto differenziale e totale della reazione:



per energie del fascio LADON incidente, comprese tra 30 e 80 MeV.

Lo scopo principale dell'esperimento consiste nella determinazione della correlazione angolare tra il protone e il neutrone emessi nella reazione in esame per valutare la validità di un modello teorico, noto come modello a quasi-deutone, che descrive le fotoreazioni nucleari ad energie intermedie, ovvero nell'intervallo di energia tra la risonanza gigante e la soglia di fotoproduzione di pioni.

Questo modello è basato sull'ipotesi che il fotone incidente, per energie relativamente alte, venga assorbito prevalentemente da una coppia di nucleoni correlati del nucleo bersaglio. Per motivi sia statistici che legati allo sviluppo in multipoli del campo elettromagnetico del fotone incidente, tale coppia è prevalentemente una coppia np, quindi la reazione più probabile in questa regione di energia è la (γ, np) .

Più in generale tale processo è strumento di indagine per le correlazioni N-N nello stato fondamentale nucleare.

La scelta del Si come nucleo bersaglio è dovuta essenzialmente a due fattori:

- a) verificare la validità del modello a quasi-deutone su nuclei medio-pesanti;
- b) il silicio può essere usato oltre che come bersaglio anche come rivelatore di particelle cariche.

Nelle due settimane di turni del mese di luglio sono state realizzate: a) la messa a punto dell'elettronica di acquisizione; b) alcune misure preliminari di fattibilità dell'esperimento.

In tali misure abbiamo ottenuto una velocità di conteggi in coincidenza di circa 1 evento per $10^8 \gamma$ con un flusso di fotoni incidenti di circa $2 \cdot 10$ gamma/sec. Tutto ciò è in accordo con i risultati numerici ottenuti con il programma MonteCarlo di simulazione dell'esperimento, da cui si ottiene, utilizzando i due modelli dinamici dello spazio delle fasi e del quasi-deutone, una previsione di conteggi che varia tra 3 e 13 in un'ora di misura con questa intensità.

I risultati sperimentali fino ad oggi noti riguardo al modello a quasi-deutone sono relativi a nuclei leggeri come il ${}^6\text{Li}$ e ${}^{12}\text{C}$ ottenuti con fascio di Bremsstrahlung nel primo caso, e con un fascio di Bremsstrahlung etichettato nel secondo caso. In base a tali dati sono stati individuati un certo numero di parametri sperimentali per mezzo dei quali si può valutare l'effettiva validità del modello a quasi-deutone; esempi di questi parametri sono l'angolo di apertura θ_{n-p} e l'impulso $\vec{p}_{||} = \vec{p}_{\gamma} - \vec{p}_n - \vec{p}_p$ che in linea di principio permette di individuare la shell del quasi-deutone nel nucleo bersaglio prima dell'interazione.

La polarizzazione lineare del fascio LADON ci consente inoltre di misurare il parametro di asimmetria nella distribuzione angolare:

$$A = \frac{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{||} - \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\perp}}{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{||} + \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\perp}}$$

Tale parametro, nell'ipotesi in cui il meccanismo di reazione sia quello ipotizzato dal suddetto modello teorico, deve presentare un andamento in funzione dell'energia simile a quello del deuterio libero, consentendo un confronto diretto con le misure da noi effettuate, nel 1985, su deuterio.

LABRO

Componenti del gruppo

Ricercatori

G. Matone (Resp.), G. Giordano

Tecnici

E. Cima, M. Iannarelli, E. Turri

Collaborazione con

BNL, Roma II "Tor Vergata"

Durante la seconda metà del 1990 abbiamo ultimato l'acquisizione dati per l'esperimento di fotodisintegrazione del deuterio con fotoni lineari nella zona di energia (100-300) MeV.

Per quanto riguarda l'analisi dei dati raccolti abbiamo ultimato il lavoro per la parte riguardante l'intervallo di energia (100-200) MeV e ne stiamo ora pubblicando i risultati.

I dati sulla sezione d'urto "non polarizzata" confermano sostanzialmente quelli di Bonn di qualche anno fa ed indicano una chiara preferenza per il "Paris potential" rispetto al "Bonn potential". Mentre esistono alcuni dati sull'asimmetria, la differenza tra le sezioni d'urto misurate con fotoni ortogonalmente polarizzati non è mai stata misurata e pertanto i nostri dati rappresentano una novità assoluta. Le previsioni fatte per questa quantità col "Paris potential" sono quelle che meglio riproducono i nostri dati ma nell'intervallo angolare (60-120) gradi all'energia di 200 MeV rimane un sostanziale disaccordo.

L'analisi dei dati raccolti con l'energia massima del fascio a 300 MeV è appena iniziata e ci consentirà di chiarire ulteriormente l'effetto misurato a 200 MeV. In Aprile inizierà la presa dati sull'esperimento di fotodisintegrazione dell' ^4He la cui preparazione è stata ultimata da tempo. Contemporaneamente abbiamo lavorato anche sulla meccanica ed i rivelatori per la misura di diffusione elastica di fotoni su nucleoni la cui presa dati inizierà nel prossimo autunno.

In parallelo a questa misura prenderemo dati anche sulla misura della polarizzabilità del pione carico su cui abbiamo recentemente ultimato uno studio teorico molto accurato. Da questo studio risulta che esiste attualmente un sostanziale disaccordo tra dati sperimentali e previsioni teoriche chiralì. La cosa è di notevole interesse sia per la misura che inizieremo a BNL nel prossimo autunno sia per la possibilità di studiare la stessa cosa nel canale incrociato a DAΦNE tra qualche anno.

Per la costruzione di un ring laser a Nd-Yag quadruplicato in frequenza da utilizzarsi sia al LABRO a BNL sia al GRAAL a Grenoble abbiamo presentato e discusso il progetto con varie ditte sia in Europa che negli Stati Uniti. Alla fine abbiamo individuato una ditta americana (Spectra Technology Inc.) ed una ditta italiana (Quanta System) disposte ad eseguire uno studio di fattibilità che chiarisca il limite massimo a cui si può pensare di arrivare. Stiamo ultimando in questi giorni i dettagli di un accordo con ambedue le ditte. Prevediamo che lo studio sia finito nel prossimo autunno e che potremo disporre del nuovo laser all'inizio del 1992.

4. - RADIAZIONE DI SINCROTRONE

PULS

Componenti del gruppo

F. Boscherini, I. Davoli (Ass.), A. Filipponi (Ass.), A. Marcelli, S. Mobilio (Resp.), S. Pascarelli (Borsista), A. Pinto (Bors.) e A. Savoia

Tecnici

R. Bolli, F. Campolungo, L. Sangiorgio, V. Sciarra, V. Tullio, A. Zolla

Collaborazioni

Nel 1990 il gruppo PULS ha ricevuto l'apporto del personale dell'Istituto di Struttura della Materia (ISM) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) nell'ambito della Convenzione INFN-CNR, mediante la collaborazione di quattro ricercatori: P. Chiaradia, G. De Stasio, C. Quaresima e N. Zema, e di tre tecnici: M. Brolatti, M. Capozzi e S. Priori. Ha inoltre collaborato: M. Fanfoni (Seconda Università di Roma). Infine tre laureandi dell'Università di Roma (F. D'Acapito, R. Gunnella, C. Meneghini) ed uno dell'Università di Catania hanno svolto la loro attività di tesi nel gruppo.

Il gruppo gestisce la facility di luce di sincrotrone PULS, operante nell'ambito della convenzione INFN-CNR. La facility consta di cinque linee di fascio originanti dal medesimo magnete curvo di ADONE (per una descrizione si veda il rapporto di attività del 1987), più la linea CALF su un magnete separato, in fase di ultimazione. Le linee sono disponibili agli utenti esterni su base gratuita. Durante il 1990 il gruppo ha usufruito di quattro settimane di tempo macchina dedicato e di due settimane di parassitaggio LADON. Le cinque settimane previste per l'autunno non sono state utilizzate a causa della rottura dell'iniettore di ADONE.

Oltre alla attività su ADONE la componente INFN del gruppo è impegnata nella collaborazione "GILDA" per la costruzione di una linea di fascio sulla macchina di luce di sincrotrone europea ESRF di Grenoble.

1 - Attività su ADONE

1.1 - Novità del 1990

Illustriamo brevemente in questa sezione gli sviluppi di strumentazione più significativi del 1990.

Durante il 1990 la linea raggi X ha sfruttato la nuova strumentazione installata durante l'anno precedente: il nuovo sistema di controllo ed acquisizione basato su VME ed il porta-cristalli per due cristalli indipendenti di InSb (L. Moretto, F. Boscherini, e S. Mobilio, Monocromatore per raggi X molli con cristalli di InSb, LNF 89/075 (NT)) che permette di estendere l'intervallo energetico verso il basso fino a 1800 eV e include quindi la soglia K del Si. È inoltre proseguita la messa a punto dell'apparecchiatura dei spettroscopia di assorbimento in geometria dispersiva (A. Balerna, S. Mobilio, and A. Merlini, EXAFS in a dispersive mode, LNF 86/25 (NT)). Questo apparato permette di eseguire spettri di assorbimento su campioni di ridotte dimensioni (il fuoco ha dimensioni dell'ordine del mezzo millimetro) in tempi molto minori rispetto alla tecnica di scansione normale (frazioni di secondi invece di decine di minuti). L'apparato di Frascati è uno dei tre esistenti al mondo (gli altri si trovano al LURE ed ad HASYLAB). Questa è l'unica tecnica con la quale si possono studiare fenomeni dinamici (per esempio la cristallizzazione). Il test dell'apparato è quasi ultimato, e le ultime prove verranno effettuate durante l'inizio del 1991. Nelle

Fig. 34 è illustrato il principio di funzionamento dell'apparato ed in Fig. 35 è riportato uno spettro EXAFS del Co ottenuto in 400 millisecondi; usando la tecnica di scansione normale uno spettro simile si ottiene in circa 20 minuti.

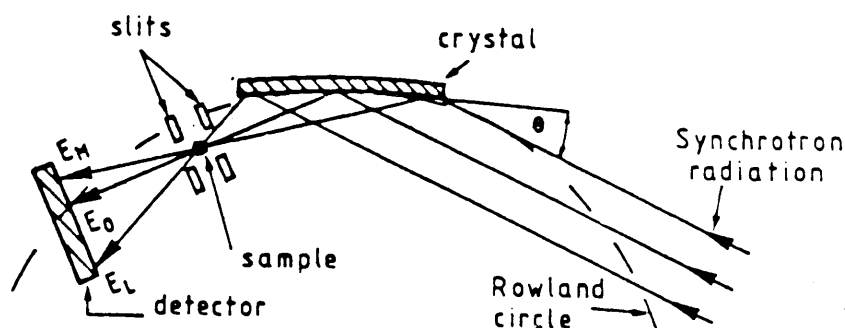


FIG. 34 - Principio di funzionamento dell'apparato di EXAFS dispersivo. Il cristallo è un Si(111) ed il detector un array di 1024 fotodiodi RETICON.

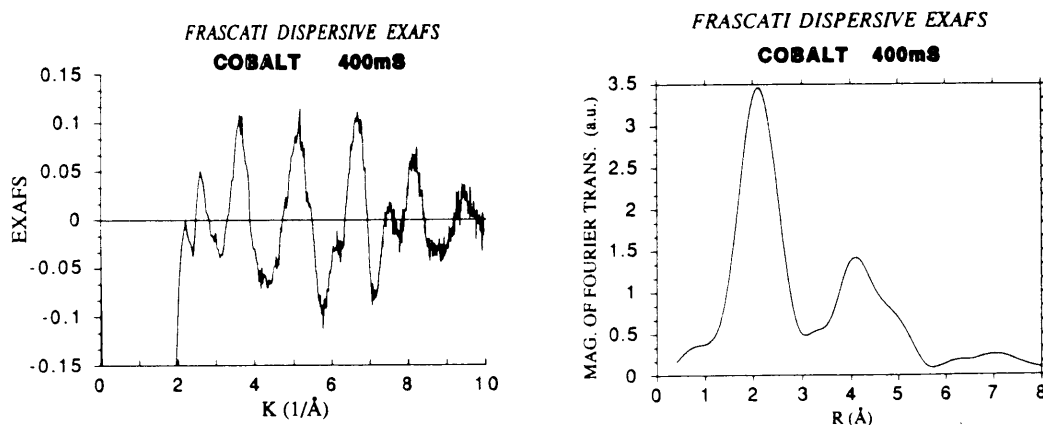


FIG. 35 - Spettri EXAFS su lamina di Co ottenuti in 400 millisecondi. A sinistra l'EXAFS estratto ed a destra la trasformata di Fourier.

PLASTIQUE è il nuovo canale dedicato a misure di fluorescenza risolta in tempo su campioni biologici (G. De Stasio, N. Zema, A. Savoia, T. Parasassi, and F. Antonangeli, submitted to Rev. Sci. Instr.). Il canale è stato aperto ad utenti esterni nel 1990. PLASTIQUE ha un'emissione spettrale compresa fra 200 ed 800 nm, intervallo particolarmente indicato per eccitare molecole fluorescenti nell'ultravioletto (UV) di interesse biologico e biochimico; di rilevanza che nell'intervallo 200 - 280 nm questa linea è l'unica sorgente al mondo per misure di fluorometria di fase. Su questa linea, tramite un fluorometro di fase in multifrequenza, è possibile misurare tempi di vita di fluorescenza dell'ordine di nanosecondi con la precisione di un picosecondo. La misura della fase risulta essere stabile durante l'acquisizione, entro 0.1° , mentre in fluorometri convenzionali essa oscilla entro 5° . Questo è dovuto alla stabilità del sintetizzatore che guida la cavità a radiofrequenza di ADONE e che fornisce il riferimento esterno per la modulazione del guadagno dei fotomoltiplicatori. Hanno contribuito alla realizzazione N. Rosato del Dipartimento di Medicina sperimentale e Scienze Biochimiche della Seconda Università di Roma e T. Parasassi

dell'Istituto di Medicina Sperimentale del CNR, Roma. Nella Fig. 36 mostriamo lo schema a blocchi di funzionamento e nella Fig. 37 delle misure di tempi di vita su membrane esposte a diverse dosi di radiazione in presenza ed assenza di ossigeno.

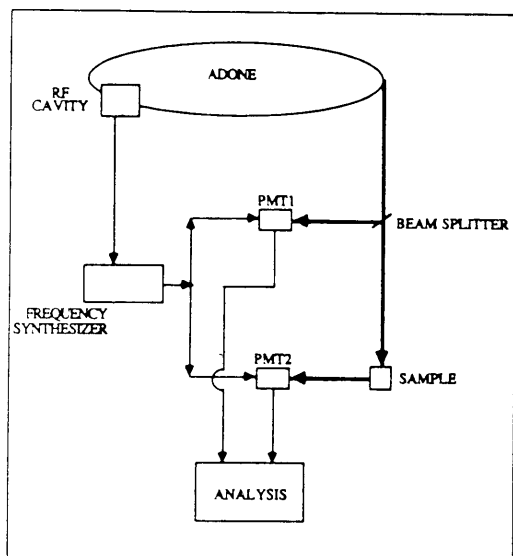


FIG. 36 - Schema a blocchi di funzionamento di PLASTIQUE.

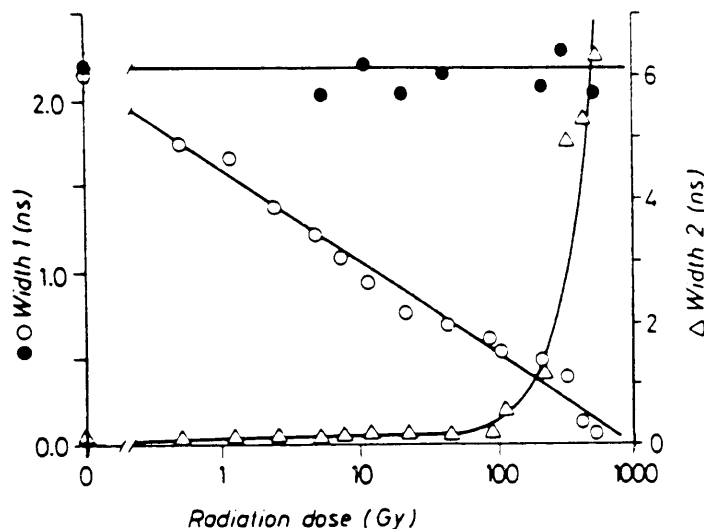


FIG. 37 - Larghezza delle componenti di decadimento lunghe (cerchi) e corte (triangoli) in membrane dopo irraggiamento con raggi X, effettuato in presenza (simboli vuoti) e in assenza (simboli pieni) di ossigeno; per maggiori dettagli si veda il riferimento 25.

CALF (Canale ad ALto Flusso) è un canale di luce in corso di ultimazione per misure di fotoemissione e assorbimento nell'ultravioletto da vuoto. La particolarità del canale è di raccogliere una divergenza orizzontale di emissione di ADONE elevata, in modo da ottenere un alto flusso di fotoni. Il canale raccoglie 20 mrad dal magnete curvante N.9. L'intervallo spettrale utilizzabile è compreso tra 10 e 400 eV con un potere risolutivo medio previsto di $5 \cdot 10^{-4}$; il monocromatore utilizzato è un TGM. Lo schema ottico di questa linea focalizzata è stato studiato mediante "ray-tracing" ed è composto da tre specchi piani opportunamente sagomati in modo da assumere una forma ellittica quando vengono piegati. Durante il 1990 la linea è stata montata fino al muro perimetrale di ADONE ed è stata allestita l'area sperimentale nella sala conteggio. Si conta di completare l'installazione nel 1991.

Sugli altri canali sono state effettuate alcune modifiche per migliorarne le prestazioni. Sulla linea Hilger&Watts la nuova torretta porta reticoli permette di usufruire agevolmente, mediante tre reticoli preallineati, dell'intero intervallo spettrale accessibile al canale e un nuovo specchio di rifocalizzazione permette un migliore accesso all'area sperimentale. Sul canale Grasshopper sono stati installati due nuovi specchi che hanno permesso di guadagnare un ordine di grandezza nel flusso di fotoni; inoltre sono stati montati un nuovo manipolatore ed un migliore sistema di introduzione dei campioni. Infine, sulla linea Jobin-Yvon è stata definito l'acquisto di un nuovo monocromatore di tipo TGM che permetterà di estendere l'intervallo spettrale con una migliore risoluzione.

1.2 - Turni di misura

Circa 30 gruppi sperimentali si sono alternati sulle linee in operazione, con un totale di circa 120 ricercatori degli enti di ricerca e delle università italiane ed estere. Elenchiamo qui brevemente le tematiche affrontate.

Per il canale raggi X:

- Struttura di semiconduttori amorfi;
- Vetri di interesse geologico;
- Struttura dello zolfo liquido polimerico;
- Vetri metallici;
- Semiconduttori ternari;
- Cluster di gas nobili in Si;
- Intercalati di grafite;
- Nanocristalli;
- Fattore DW in AgI e CuBr₂;
- Superconduttori;
- Sistemi idrogenati di terre rare;
- Eccitazioni multiple;
- Struttura del Cu nel glutatione.

Per il canale Hilger&Watts

- Proprietà ottiche nell'ultravioletto di particolati con proprietà di polvere cosmica;
- Riflettività di composti misti II-VI con Mn e Fe;
- Spettroscopia con luce UV di microparticelle solide;
- Studio delle proprietà ottiche di ioni (ns)² in fluoroperovskiti.

Per il canale Grashopper

- Soglie di assorbimento L_{2,3} in film metallici epitassiali di Fe e Co;
- Fotoemissione da substrati di Si con vari trattamenti;
- Interfacce metallo semiconduttore;
- Banda di valenza del GaP.

Per il canale Plastique

- Struttura, dinamica ed energy transfer delle dermorfine e dei peptidi che le compongono;
- Struttura e dinamica del super ossido dismutasi umana e bovina;
- Struttura e dinamica della proteina S100;
- Distribuzione dei tempi di vita del DPH (diphenil hexatriene) in fosfolipidi in presenza di perossidi;
- Transizione ad alta temperatura di cristalli liquidi tramite misure di polarizzazione dinamica;
- Variazione della distribuzione dei tempi di vita del DPH in membrane di cellule irraggiate da basse dosi di radiazione.

Per il canale Jobin-Yvon

- Studio del meccanismo di crescita dell' antimonio sulla superfice (110) di semiconduttori del gruppo III-V (InP, GaAs);
- Studio dello stato di valenza del rame in superconduttori ad alta T_c del tipo Nd_{2-x}Ce_xCuO₄;
- Interfacce metallo/semiconduttore;
- Catalisi eterogenea.

2 - Attività presso E.S.R.F. (GILDA)

Il progetto GILDA (Grenoble Italian Line for Diffraction and Absorption) prevede la costruzione di una linea di fascio di luce di sincrotrone ad ESRF (Grenoble). Il progetto è finanziato dall'INFN e dal CNR e vi aderiscono numerose Università italiane (Cagliari, Catania, Roma 1, Roma 2, Trento, Parma, Camerino, L'Aquila) e gli istituti LAMEL ed ITSE del CNR. In questo programma la componente INFN del gruppo è impegnata nella supervisione generale del progetto, nella progettazione e realizzazione dell'ottica della linea (specchi e monocromatori), del canale, di una delle due stazioni di misura principali (per misure di diffrazione e diffusione su amorfi e

polveri) e di una stazione per misure di Refl-EXAFS. L'intero apparato sarà pronto nella metà del 1993 per utilizzare il primo fascio disponibile a Grenoble. Nel corso del 1990, dopo l'approvazione definitiva della proposta da parte di ESRF, è stata finalizzata l'ottica della linea, consistente in due specchi ad incidenza radente ed un monocromatore a doppio cristallo con foccheggiamento sagittale. La realizzazione del monocromatore è affidato ad una ditta esterna e durante l'anno è stato completato il progetto meccanico. Sono state inoltre studiate le caratteristiche richieste al goniometro della stazione di diffrazione ed è stato finalizzato l'acquisto di uno strumento commerciale. Per sviluppare le tecniche necessarie per questa stazione è stato inoltre messo a punto un apparato per misure di diffusione su materiali amorfi operante con un anodo convenzionale; sono state eseguite misure su campioni di leghe amorfe silicio carbonio, in collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma.

3 - DAΦNE

Citiamo, infine, che la componente INFN ha svolto, in collaborazione col gruppo PWA, studi preliminari sulle potenzialità tecnico-scientifiche nell'ambito della luce di sincrotrone dell'anello di accumulazione DAΦNE, di prossima costruzione a Frascati. Tale attività proseguirà nel 1991 con la elaborazione di una proposta concreta che sfrutti l'elevato flusso di fotoni disponibile su DAΦNE nell'ultravioletto.

Pubblicazioni

- 1) S. Pascarelli, F. Boscherini, S. Mobilio and F. Evangelisti "Short range order in hydrogenated amorphous silicon carbon alloys studied by EXAFS", E-MRS conference, Strasbourg, November 1990 and submitted to Phys. Rev. B.
- 2) F. Evangelisti, P. Fiorini, and F. Boscherini "Trends in amorphous semiconductors", in "Current trends in the Physics of Materials, Course CVI of the Enrico Fermi School of Physics", ed. by G.F. Chiarotti, F. Fumi and M. Tosi, North-Holland, 1990.
- 3) M. Sanchez del Rio, F. Boscherini and A. Savoia "Ray tracing results for a doubly focussing independent crystal x-ray monochromator". Nucl. Instrum. and Meth. A291, 209 (1990).
- 4) F. Boscherini, S. Mobilio, F. Evangelisti, A.M. Flank "EXAFS determination of the local bonding configuration of P in a-Si:H", Proceedings of the 2nd European Conference XSR 89 (Roma,1989), Nuovo Cimento 25, 635 (1990).
- 5) C. Coluzza, P. Rudolf, P. Lagarde, A.M. Flank and A. Marcelli "XANES study of structural disorder in amorphous silicon" J. Non-Crystall. Solids 116, 27 (1990).
- 6) K.B. Garg, R.K. Singhal, U. Chandra, A. Marcelli and A. Bianconi "Valence fluctuation in $\text{Sm}_{0.85}\text{Eu}_{0.15}\text{S}$ system", Rev. Solid State Science 4, 119 (1990).
- 7) R. Gunnella, M. Benfatto, A. Marcelli and C.R. Natoli, "Application of a complex potential to the interpretation of XANES spectra. The case of Na K-edge in NaCl", Solid State Commun. (1990).
- 8) J. Chaboy, J. Garcia, A. Marcelli and M.F. Ruiz Lopez, "An experimental and theoretical study of multielectron excitations at the L3 absorption edge in some rare earth alloys and their hydrides" Chem. Phys. Lett. 174, 389 (1990).
- 9) A. Bianconi and A. Marcelli "Surface XANES", cap. A2 in: Synchrotron Radiation Research: Advances in Surface Science, eds. R. Z. Bachrach, (Plenum Press, New York, 1990) and LNF Report 89/073(P).
- 10) A. Marcelli "High resolution polarized x-ray absorption spectroscopy: symmetry of the hole state in the high Tc superconductors", in: Studies of high temperature superconductors, Vol.4, eds. A.V. Narlikar, (Nova Science, New York, 1990) and LNF Report 89/074(P).
- 11) R. Gunnella, M. Benfatto, C. Natoli and A. Marcelli, "K-XANES of highly ionic materials" Proc. of the 2nd European Conference XSR 89 (Roma,1989), Nuovo Cimento 25, 39 (1990).
- 12) K.B. Garg, K.V.R. Rao, H.S. Chauhan, R.K. Singhal, A. Marcelli, I. Davoli and A. Bianconi "XANES and EXAFS study of the electronic structure and ordering in $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TeO}_2$ system", Proc. of the 2nd European Conference XSR 89 (Roma,1989), Nuovo Cimento 25, 671 (1990).
- 13) J. Chaboy, J. Garcia, J. Bartolomè, D. Fruchart, S. Miraglia and A. Marcelli "Hydrogen induced effect on L1 and L3 absorption edge of rare earths: electronic properties and structural changes", Proc. of the 2nd European Conference XSR 89 (Roma, 1989), Nuovo Cimento 25, 777 (1990).

- 14) A. Bianconi, P. Castrucci, M. De Simone, A. Fabrizi, M. Pompa, A. Marcelli, A.M. Flank and P. Lagarde, "Polarized Cu L3 X-ray absorption edge of Bi₂Ca₂Sr₂Cu₃O_{10+d} superconductors", Proc. of the 2nd European Conference XSR 89 (Roma,1989), Nuovo Cimento 25, 737 (1990).
- 15) K.B. Garg, R.K. Singhal, M. Fanfoni, A. Marcelli, A. Bianconi, U. Chandra, H.S. Chauhan and K.V.R. Rao, "RESPES and XAS study of some cerium intermetallics", Proc. of the Inter. Conf. on the Physics of the Highly Correlated Electron System (Santa Fé,1989) Physica B 163, 581 (1990) 76, 109.
- 16) G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca and S. Mobilio: "Correlation effects in the extended X-ray absorption fine structure Debye-Waller factors of AgI" Phys. Rev B41, 9668 (1990).
- 17) G. Faraci, S. La Rosa, A. R. Pennisi, S. Mobilio, I. Pollini "Islandic in-plane structure and vibrational behavior of NiCl₂ intercalated in graphite" Phys. Rev B, in press;
- 18) G. Faraci, S. La Rosa, A.R. Pennisi, S. Mobilio, G. Tourillon: "Evidence for crystalline overpressurized Ar clusters in Al and Si" Phys. Rev B Rapid Commun, in press.
- 19) A. La Monaca, P. Ottonello, M. Piacentini, G.A. Rottigni, N. Zema, "Use of CCD optical sensors as image analysis tool for the low energy synchrotron radiation beams", Nucl. Instr. and Meth., A292, 191 (1990).
- 20) D. de Viry, M. Casalboni, M. Palummo, and N. Zema, "VUV excitation levels of Cr⁺ luminescence in Indium fluoride garnet", Solid State Commun., 76, 1051 (1990).
- 21) M. Sancrotti, F. Ciccacci, M. Fanfoni, and P. Chiaradia, "Kinetics study of the GaP(110)/Cu interface via P L2, 3VV Auger Lineshape and X-ray photoemission Spectroscopies" Phys. Rev. B 42, 3745 (1990).
- 22) E. Paparazzo, M. Fanfoni, C. Quaresima, and P. Perfetti, "Evidence of SiO_x suboxides at Ar ion etched silica surfaces" J. Vac. Sci. Technol. A 8, 2231 (1990).
- 23) G. Curatola, G.Zolese, R. Donato, I. Giambanco, Arch. of Biochem. and Biophys., 1990, submitted.
- 24) G. De Stasio, N. Zema, F. Antonangeli, A. Savoia, T. Parasassi, N. Rosato, Rev. Sci. Instrum, 1990.
- 25) T. Parasassi, O. Sapor, A.M. Giusti, G. DeStasio, and G.Ravagnan, Int. J. Radiat. Biol, 1990.
- 26) I. Davoli and E. Paris, "Principles and Potentials of XANES Spectroscopy" in "Absorption Spectroscopy in Mineralogy" edited by A. Mottana and F. Burragato, Elsevier, 1990, Amsterdam.
- 27) M. Pedio, M.G. Betti, C. Ottaviani, C. Quaresima, and M. Capozzi: "Cation surface Excitons in Sb/III-V Interfaces", Phys. Rev. B in press.
- 28) E. Paparazzo "Synchrotron radiation photoemission and x-ray photoelectron spectroscopy studies of Ar⁺ ion etched SiO₂ surfaces" J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 50, 47 (1990).
- 29) N. Rosato, G. Mei, E. Gratton, J.V. Bannister, W.H. Bannister and A. Finazzi-Agrò, "A time resolved fluorescence study of human cooper-zinc superoxide dismutase", Biophysical Chemistry, 1990.

LABORATORIO PWA

Componenti del Gruppo

E. Burattini (Resp.), A. Balerna, E. Bernieri, A. La Monaca, S. Simeoni, G. Cappuccio (Ass.), A. Grilli (Ass.), C. Mencuccini (Ass.), A. Raco (Ass.), A. Reale (Ass.), R. Rinzivillo (Ass.).

Collaboratori

*A. Bianconi, A. Congiu Castellano, S. Salvetti
Dip. di Fisica, Università di Roma "La Sapienza", Roma
M. Barteri
Dip. di Chimica, Università di Roma "La Sapienza", Roma
F. Carbonara, F. Visco, G. Paternoster
Dip. di Scienze Fisiche, Università di Napoli
S. Sciuti, G. Gigante
Dip. di Energetica, Università di Roma "La Sapienza", Roma
M. Colapietro
Dip. di Chimica, Università di Roma "La Sapienza", Roma
A. Pifferi, R. Spagna
Istituto di Strutturistica Chimica "G. Giacomelli", CNR, Montelibretti
G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, P. Maistrelli
Dip. di Fisica, Università di Trento
P.L. Indovina
Istituto Superiore di Sanità, Roma
O. Raimondi, M. Gambaccini, M. Marziani
Dip. di Fisica, Università di Ferrara
S. Lagomarsino, F. Scarinci, A. Tebano, S. D'Angelo, G. Luce
Istituto di Elettronica dello Stato Solido, CNR, Roma*

1. - Introduzione

L'Attività sperimentale con Luce di Sincrotrone è proseguita su tutte e tre le linee (BX1, BX2-S, BX2-L) nel mese di gennaio, mentre durante il mese di giugno sono state attive solo le linee BX1 e BX2-S. Infine, a causa di un lungo "shut-down" sofferto dall'acceleratore lineare, gli esperimenti programmati per il mese di ottobre non hanno avuto luogo. La Linea BX2-L, rimasta produttiva solo durante il mese di gennaio ha fornito ottimi risultati nel campo della litografia a raggi X utilizzando "resist" sia positivi che negativi. Successivamente la linea e la relativa area sperimentale sono state ristrutturate per consentire l'installazione del monocromatore a "multilayer", previsto dal programma di ricerche in Microscopia a raggi X, e per realizzare una camera bianca di classe 100.

Hanno eseguito esperimenti sulle linee operative ricercatori provenienti da circa una trentina fra Università ed Enti di Ricerca sia italiani che esteri.

2. - La Linea BX1

L'attività sperimentale su questa linea si è svolta su tutte le stazioni sperimentali ad essa connesse. Particolarmente intenso è stato il programma di ricerche in "Spettroscopia di assorbimento nella regione dei raggi X svolto sulla stazione EXAFS".

L'apparato per "Analisi di elementi in traccia" è stato migliorato in alcuni suoi aspetti ed ha fornito nel campo dell' "archeometria" e dell' "inquinamento atmosferico" risultati molto interessanti.

Una nuova stazione, sempre per esperimenti nel campo della fluorescenza indotta da LDS, in avanzata fase di realizzazione, permetterà di eseguire "Analisi di elementi presenti in traccia" ponendo la targhetta ad una incidenza radente rispetto al fascio di raggi X. In questo modo si possono acquisire dati in "riflessione totale" condizione che permette di abbassare il valore del "Minimum Detectable Limit" almeno di un fattore dieci.

La stazione sperimentale per "Diffrazione su polveri" riportata in Fig. 38 (Contratto CEE) è stata completamente realizzata e la sua installazione sulla linea è prevista per l'inizio del 1991.

Sono stati, infine, eseguiti sulla stazione di "Small Angle Scattering" alcuni esperimenti su collagene che hanno dimostrato come la tecnica della diffusione a piccolo angolo, sfruttando sia il fenomeno del "crimping" che le caratteristiche della LDS, è in grado di eseguire datazioni di pergamene con un buona precisione.

FIG. 38 - L'apparato sperimentale per diffrazione su polveri.



2.1 - Unità del GNCG "Biostrutture e Radiazione di Sincrotrone"

- *Dipartimento di Fisica, Università "La Sapienza" di Roma*
- *Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza" di Roma*
- *Dipartimento di Medicina Sperimentale Università dell'Aquila*
- *Lab. PWA - Laboratori Nazionali di Frascati*

Sono stati studiati, mediante esperimenti di spettroscopia XANES ed EXAFS eseguiti sulla linea BX1, gli effetti di leganti allosterici sulla struttura locale della emoglobina umana, di cavallo ed in particolare, dell'emoglobina di cammello nelle forme ossigenate, deossigenate e legate con la molecola NO. È stato messo in evidenza che le variazioni nella struttura terziaria rivelate mediante misure di cinetica e di dicroismo circolare non sempre si accompagnano ad una variazione nella struttura quaternaria.

È proseguito lo studio della struttura locale della proteine del rame, in particolare della emocianina di Octopus nella forma ossigenata deossigenata e legata con molecole di iodio, bromo e cloro, ponendo in evidenza la variazione della struttura locale nei due siti non equivalenti del rame al variare dello stato di valenza dello ione metallico indotto da vari leganti. Queste proteine sono state esaminate sia allo stato liofilizzato che in soluzione. Allo scopo di interpretare le strutture XANES sono stati esaminati composti inorganici del rame con diverse simmetrie di legame. Un interessante ampliamento della nostra ricerca è consistita nello studio parallelo delle emocianine eseguendo esperimenti di diffusione a piccolo angolo sulle apparecchiature presenti sulla stessa linea.

Le caratteristiche strumentali dell'apparato, che è dotato di un rivelatore bidimensionale, hanno permesso di ricavare informazioni sui parametri molecolari e sulla anisotropia di tali composti confermati successivamente dalla microscopia elettronica.

È proseguita infine, sulla linea BX2, la messa a punto della stazione per misure di fluorescenza risolta in tempo e di EXAFS in riflessione su membrane biologiche. Questa stazione dovrebbe diventare operativa con i prossimi turni di luce di sincrotrone.

2.2 - La stazione per esperimenti di diffusione a piccolo angolo

- *Lab. PWA - Laboratori Nazionali di Frascati*
- *Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza" di Roma*
- *Istituto di Fisica, Università di Bristol*
- *Dip. di Biologia, Università di Padova*
- *Dipartimento di Chimica, Università di Bologna*

Il lavoro svolto nell'anno 1990 sull'apparato di SAXS connesso alla linea BX1 e dotato di rivelatore di area a camera a drift nel BX1 ha riguardato essenzialmente la continuazione degli esperimenti di diffrazione a basso angolo precedentemente avviati (vedere rapporto di attività 1988) in collaborazione con l'Istituto di Fisica dell'Università di Bristol (U.K.) e il Dipartimento di Chimica dell'Università di Bologna.

L'apparato costruito è risultato adatto per questi studi avendo consentito di sviluppare per la prima volta alla presenza del rivelatore elettronico di area e alle caratteristiche della luce di sincrotrone la presenza di "crimps" su tessuti di collagene. Tale effetto, che consiste nello "splitting" dei riflessi di uno stesso ordine di diffrazione, è relazionato alla traiettoria ondulata (con segmenti lineari di 10-50 μm) delle fibrille impacchettate nel collagene. Successive misure su tessuti di tendini di tacchino non calcificato con evidenze di "crimping" in più ordini di riflessioni sono stati presentati alla "International Conference on Synchrotron Radiation, SR-90, Moscow".

Nello stesso tempo, in collaborazione con il dipartimento di Fisica e con quello di Chimica dell'Università "La Sapienza" di Roma e il dipartimento di Biologia dell'Università di Padova, si è dato l'avvio ad una nuova serie di esperimenti di diffusione continua a piccolo angolo per lo studio della determinazione strutturale e morfologica di alcune proteine (emocianine, transferrine) di fondamentale interesse biologico.

Le prime misure effettuate sull'emocianina nativa 49S di *Octopus Vulgaris* liofilizzata hanno confermato in modo chiaro il modello a cilindro cavo e le relative dimensioni della molecola come suggerite dalla microscopia elettronica. Gli effetti anisotropici di diffrazione, riportati in Fig. 39, evidenziati per la prima volta grazie all'uso del rivelatore di area, oggetto di ulteriore indagine sperimentale sono dovuti probabilmente a qualche forma di cristallizzazione della proteina in una certa direzione vicino a quella dell'asse equatoriale di diffrazione. Nuovi risultati sono stati ottenuti con l'emocianina "half-met" dissociata. Per la prima volta si sono determinate le dimensioni dei frammenti dissociati e abbiamo stabilito un modello "rod-like" per questi, che costituiscono le unità basilari nella formazione della emocianina nativa. I "raggi di girazione" di aggregati complessi sono stati anche misurati ed i risultati sono stati presentati alla "2nd London Conference on Position Sensitive Detectors", London 1990.

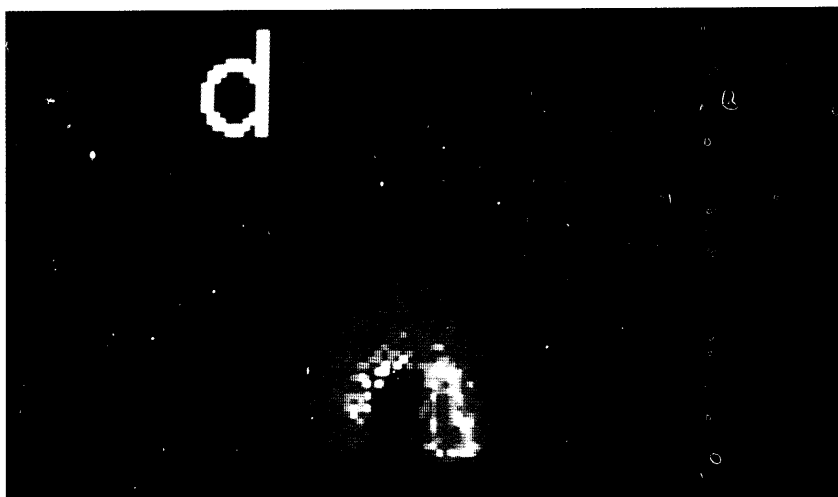


FIG. 39 - Effetti anisotropi presenti nello spettro di diffrazione a piccolo angolo ottenuto dall'emocianina nativa di *Octopus*.

2.3 - Applicazioni della Luce di Sincrotrone in campo radiologico: Rapporto segnale rumore in immagini radiografiche ottenute con LDS

- *Lab. PWA - Laboratori Nazionali di Frascati*
- *Dipartimento di Fisica e Sezione INFN di Ferrara*
- *Dipartimento di Fisica, Università di Napoli e Sezione INFN di Napoli*

Ogni esame radiologico deve essere condotto con un'energia ben definita (energia ottimale) per ottenere il massimo valore del rapporto segnale-rumore e la minima esposizione per l'organo. L'energia ottimale dei raggi X dipende da: tipologia dell'organo e/o tipo di mezzo di contrasto) e sistema di registrazione.

Scopo della ricerca é quello di determinare l'energia dei raggi X ottimale per la mammografia, cioè di trovare il valore dell'energia in corrispondenza del quale il quadrato del rapporto segnale-rumore (SNR) a parità di fluena fotonica incidente assume valore massimo.

Con un fascio monocromatico sono state realizzate numerose radiografie di un fantoccio simulante una mammella, utilizzando per l'irradiazione la disposizione schematizzata in Fig. 40, fascio di radiazione di sincrotrone (linea BX1) cristallo diffrattore, monitor per il fascio monocromatico, fantoccio, sistema di registrazione e un dispositivo per il movimento del fantoccio e del sistema di registrazione perpendicolarmente rispetto al fascio.

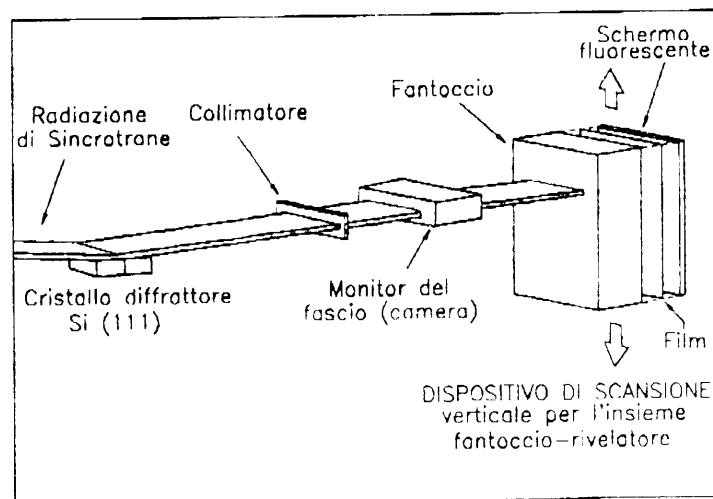


FIG. 40 - Schema del dispositivo usato per l'irraggiamento.

Il fantoccio (con superficie di ingresso di $3 \times 10 \text{ cm}^2$), realizzato in un materiale solido (BR12) equivalente in peso a 50% di grasso + 50% acqua (composizione standard ICRU) contiene sulla superficie anteriore un dettaglio cilindrico con diametro 3 mm e spessore $t = 5 \text{ mm}$; il dettaglio è composto da materiale solido (WT1) equivalente all'acqua (per simulare un tumore).

La sezione del fascio è $9 \times 1.4 \text{ mm}^2$ e il sistema di registrazione utilizzato è una combinazione film-schermo (3M T2-FM) usata per gli esami mammografici.

Definendo il segnale in funzione dell'intensità di luce trasmessa dalle radiografie e il rumore come le fluttuazioni della fluena fotonica assorbita dallo schermo di rinforzo, il quadrato di SNR normalizzato alla fluena fotonica incidente sulle immagini radiografiche si ottiene dalla relazione:

$$\frac{(\text{SNR})^2}{n(E)} = \left[\left(\frac{L_1}{L_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} - 1 \right]^2 \cdot A \cdot \eta(E) \cdot e^{-\mu(E)t} \quad (1)$$

dove:

L_1 è l'intensità luminosa trasmessa dal film attraverso l'area del dettaglio;

L_2 è l'intensità luminosa trasmessa dal film attraverso la regione adiacente;

γ è il gradiente medio del film riferito alle densità in corrispondenza dell'area del dettaglio e alla regione adiacente;
 η è l'efficienza di assorbimento dello schermo (3M T2);
 A è l'area del dettaglio;
 μ è il coefficiente di attenuazione lineare del BR12;
 t è lo spessore del fantoccio.

L_1 e L_2 sono state misurate sulle immagini radiografiche digitalizzate con un processore per immagini costituito da una telecamera CCD, un digitalizzatore di immagini a 8 bit e un personal computer; il valore di γ è stato ottenuto, per ogni immagine, dalla curva caratteristica del film, i valori di η e μ sono stati misurati nel range da 10 a 26 keV utilizzando la radiazione monocromatica di sincrotrone e una camera a ionizzazione come rivelatore.

I risultati sono stati confrontati con un modello teorico proposto da Jennings, che descrive, in assenza di scattering, il rapporto segnale-rumore relativo al dettaglio:

$$\frac{(SNR)^2}{n(E)} = [\Delta\mu(E) \cdot t']^2 \cdot A \cdot \eta(E) \cdot T(E) \quad (2)$$

$\Delta\eta$ è la differenza tra il coefficiente di attenuazione lineare del fantoccio e del dettaglio (acqua);

t' è lo spessore del dettaglio;

A è l'area del dettaglio;

$\eta(E)$ è l'efficienza di assorbimento del sistema di registrazione;

$T(E)$ è la trasmissione di un fantoccio composto da 50% di grasso + 50% acqua ($\rho = 0.953 \text{ g/cm}^3$);

$n(E)$ è la fluena fotonica incidente sul fantoccio.

In quest'ultimo caso i calcoli sono stati effettuati utilizzando i coefficienti di attenuazione di Hubbell.

Il confronto tra i valori di $(SNR)^2$, normalizzato alla fluena fotonica incidente, è illustrato in Fig. 41 per simulatori con spessore di 3 e 5 cm. La linea tratteggiata rappresenta i risultati ottenuti tramite l'equazione (2) per un rivelatore ideale ($\eta=1$), mentre la linea continua si riferisce ad uno schermo intensificatore di Gd_2O_2S con uno spessore di 0.034 g/cm^2 . Gli asterischi sono relativi ai valori sperimentali di $(SNR)^2/n(E)$, calcolati sfruttando l'equazione (1).

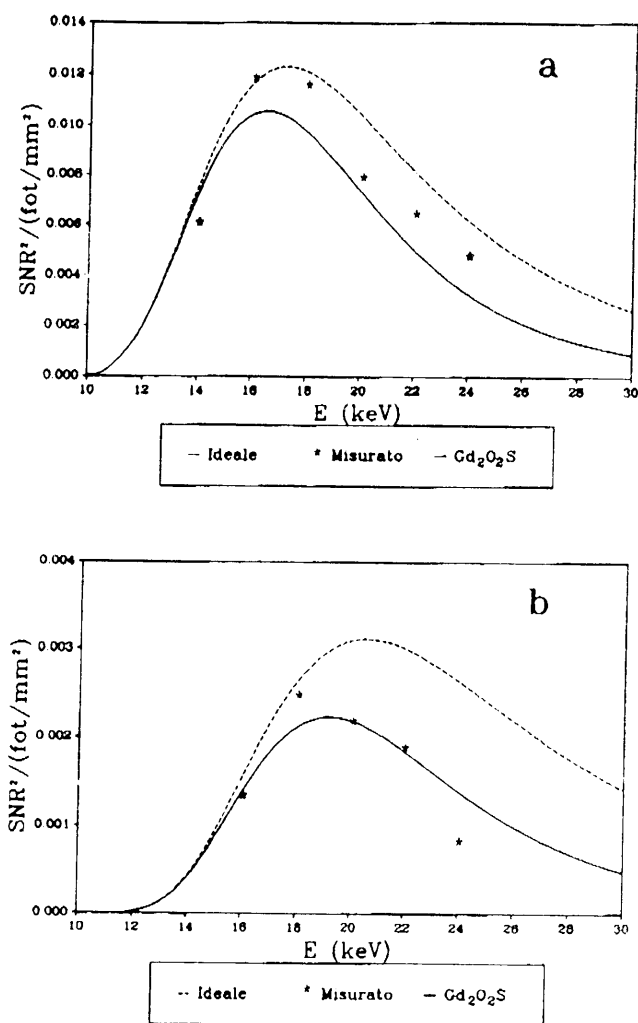
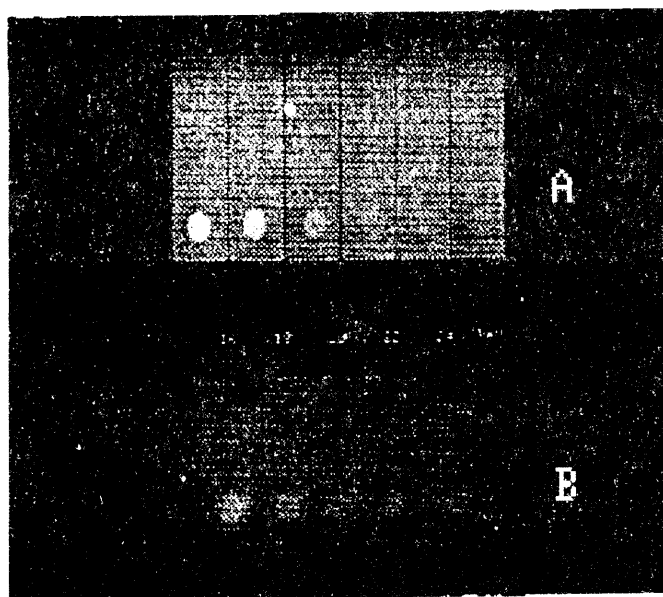


FIG. 41 - $(SNR)^2$ normalizzato alla fluena fotonica incidente, in funzione dell'energia: linea tratteggiata = rivelatore ideale; linea continua = rivelatore a Gd_2O_2S ; * = valori misurati; a) fantoccio da 3 cm, b) fantoccio da 5 cm.

I dati sperimentali forniscono come energia ottimale circa 16 keV per un fantoccio dello spessore di 3 cm e circa 19 keV per un fantoccio spesso 5 cm, confermando i valori ottimali per l'energia ottenuti sulla base dell'equazione (2) del modello teorico. L'energia ottimale è più evidente per il fantoccio di spessore minore.

Le immagini radiografiche corrette per la non uniformità del fascio sono presentate in Fig. 42. Le immagini in Fig. 42b sono relative solamente a cinque valori di energia, poichè a 14 keV la fluenza fotonica trasmessa dal fantoccio spesso 5 cm era troppo bassa per ottenere una radiografia in tempo accettabile. Il contrasto del dettaglio diminuisce rapidamente all'aumentare dell'energia: questi risultati sono significativi anche per casi clinici reali poichè la composizione atomica e gli spessori del fantoccio simulano un organo reale (ICRU).

FIG. 42 - Immagini radiografiche ottenute con radiazione di sincrotrone a diverse energie; A) fantoccio da 3 cm; B) fantoccio da 5 cm.



2.4 - Analisi di elementi in tracce con sistemi on line di tipo non distruttivo: Apparato SIXRF di Adone

- Lab. PWA - Laboratori Nazionali di Frascati
- Dipartimento di Energetica, Università "La Sapienza", Roma
- Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza", Roma
- Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli e Sezione INFN di Napoli,
- Dipartimento di Energetica, Università "La Sapienza", Roma
- Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza", Roma
- Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli e Sezione INFN di Napoli

Il Dipartimento di Energetica dell'Università "La Sapienza" di Roma e il Dipartimento di scienze Fisiche dell'Università di Napoli in collaborazione con il Laboratorio PWA dei LNF hanno costruito, installato e messo a punto una stazione per analisi non distruttive di elementi in traccia presso la linea BX1.

La strumentazione assemblata è costituita da:

- 1) una camera di irraggiamento sotto vuoto con porta campioni;
- 2) un rivelatore della radiazione diffusa di fluorescenza a cristallo Si(Li);
- 3) un sistema di acquisizione VME (un crate modulo mem. ADC, I/O unit, etc.) operante in parallelo con un multicanale;

4) un supporto della camera dotato di movimenti fini.

Sono stati preparati ed esposti diversi campioni, anche nell'ambito di collaborazioni scientifiche con gruppi universitari e con Enti non partecipanti alla messa a punto della stazione.

Sono state condotte misure particolarmente significative per la caratterizzazione della metodologia, pur nella minima disponibilità di tempo macchina avuta nel passato anno. Le misure eseguite sono state fino ad oggi rivolte alla esplorazione sistematica delle varie possibilità analitiche della metodica. Innanzi tutto, è stata determinata la sensibilità in varie condizioni sperimentali, con particolare riguardo alla eccitazione con fotoni monocromatici a diverse energie ed impiegando campioni tarati sottili. Una serie di misure ha permesso di determinare il minimo limite di rivelazione (MDL) per alcuni metalli in traccia in determinate tipologie di bersagli sottili e semisottili (polveri compresse) di tipo biologico e archeometrico.

Operando sotto vuoto di rotativa è stato ottenuto un MDL di 0.5 nanogrammi ($5 \cdot 10^{-10}$ g) per elementi rivelati mediante righe K, cioè di numero atomico compreso tra 16 e 50, mentre per elementi rivelati mediante righe L, cioè con Z sopra 50, è stato ottenuto un MDL di 6 ng ($6 \cdot 10^{-9}$).

Sono in corso analisi di tipo non distruttivo su ossidiane provenienti da varie regioni del bacino mediterraneo (Palmarola, Lipari, ecc.) e reperti archeometrici, provenienti dal Museo Archeologico di Napoli e dagli Scavi di Pompei, concenrimenti pigmenti dei dipinti, ceramiche etrusche, tessere di mosaici e ossa di umani e di animali. In Fig. 43 sono riportati gli spettri ottenuti irraggiando due frammenti d'interesse archeometrico.

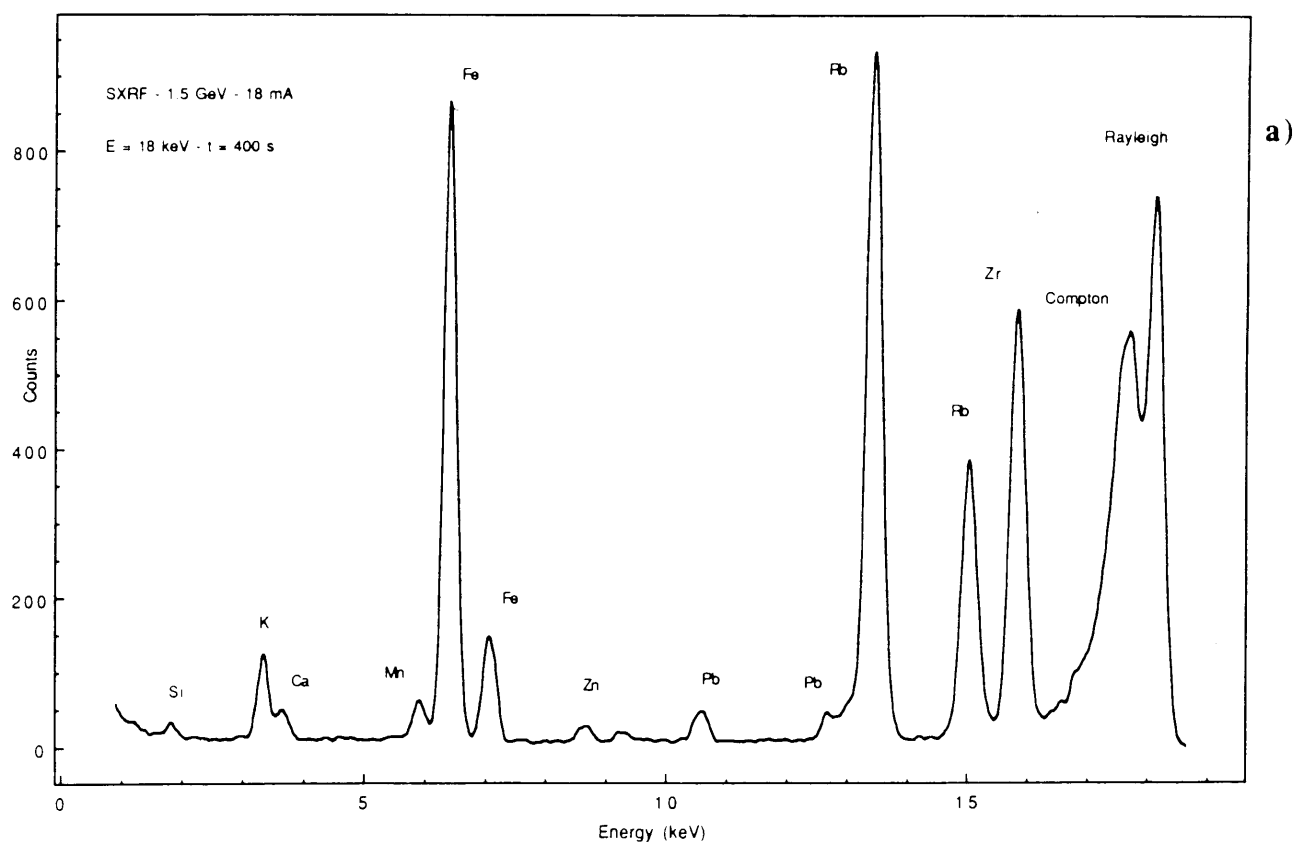


FIG. 43 - Spettro ottenuto su ossidiana Aagol (Asia Minore) a) e spettro ottenuto da un frammento di ceramica etrusca b).

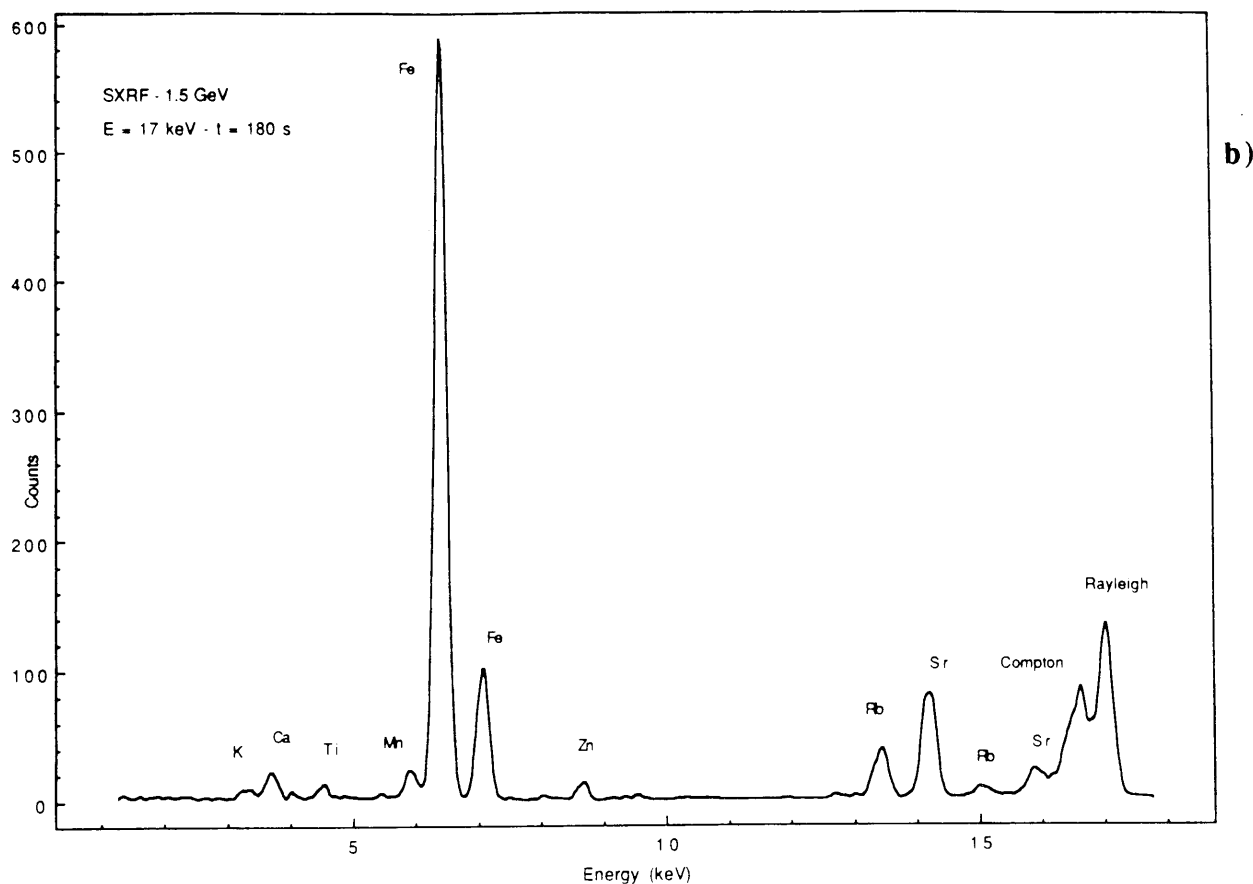


FIG. 43 - Spettro ottenuto su ossidiana Aagol (Asia Minore) a) e spettro ottenuto da un frammento di ceramica etrusca b).

2.5 - Spettroscopia di assorbimento risolta in temperatura: Studio della transizione dello Ioduro d'Argento alla fase superionica mediante spettroscopia EXAFS

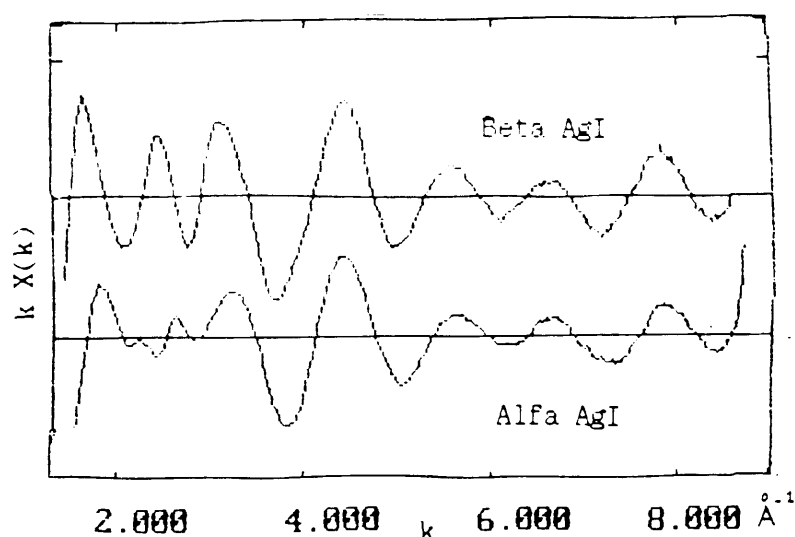
- Dipartimento di Fisica, Università di Trento
- Lab. PWA - Laboratori Nazionali di Frascati

La spettroscopia EXAFS in assorbimento consente di seguire l'evoluzione della struttura locale intorno alle specie assorbenti indotta da cause modificatrici. Lo ioduro d'argento (AgI) è un composto che a temperatura ambiente presenta due modificazioni strutturali coesistenti: wurtzite (beta AgI) e zincoblenda (gamma AgI). Aumentando la temperatura al di sopra di 420 K l'AgI subisce una transizione di fase del primo ordine che vede mutare la struttura da fcc in bcc (Alfa AgI). In questa fase l'AgI è un ottimo conduttore superionico: il sottoreticolo degli atomi di Ag è fuso e gli Ag sono liberi di muoversi nel sottoreticolo degli atomi di Iodio; ogni atomo di iodio ha quattro atomi di Ag primi vicini.

Misure EXAFS alla soglia L_3 dello iodio nell'AgI hanno consentito di evidenziare con chiarezza la transizione di fase, per la prima volta, con questa tecnica. A differenza della soglia K dell'Argento, già esaminata da Hayes e Boyce nel 1983, l'EXAFS alla soglia L_3 contiene informazioni sia sulla prima shell di coordinazione Ag-I, che sulla seconda I-I. L'EXAFS alla soglia L_3 dello I è quindi sensibile al cambiamento strutturale il quale si manifesta oltre che attraverso il damping delle strutture EXAFS anche come modifica della forma delle strutture XANES come viene mostrato in Fig. 44. Le due curve si riferiscono a due misure EXAFS eseguite prima (415 °K) e dopo (425 °K) la transizione di fase. Lo studio dell'EXAFS e delle

XANES, prima e dopo la transizione di fase, consentirà di approfondire la discussione sui modelli microscopici di conduzione ionica nell'AgI presenti in letteratura.

FIG. 44 - Andamento della funzione $X(k)$ in corrispondenza della soglia L_3 dello iodio di un campione di AgI, prima e dopo la transizione di fase.



3. - La Linea BX2-S

Durante il mese di giugno sono proseguite le operazioni di messa a punto del monocromatore e di allineamento sia dell'apparato sperimentale di "spettroscopia di fluorescenza" che di quello per esperimenti di onde stazionarie entrambi operanti nella regione dei raggi X aventi energia compresa tra 4 keV e 20 keV. L'insieme monocromatore-apparati ha tuttavia evidenziato l'esigenza di alcuni interventi necessari per ottimizzare e la gestione del monocromatore da parte di più utenti e la raccolta ed analisi dati.

Infine un incidente verificatosi al monocromatore durante i turni di giugno ha richiesto interventi sia sul goniometro che sulle fenditure, interventi portati a termine entro la fine dell'anno.

3.1 - Simbio2

- Istituto Superiore di Sanità e Sezione INFN Sanità- Roma
- Dipartimento di Fisica Univ. e Gruppo coll. L'Aquila-LNGS - L'Aquila
- Dipartimento di Fisica Univ. e Sezione INFN Perugia - Perugia

Nel 1990 sono proseguite le nostre ricerche sul ruolo degli ioni metallici come determinanti strutturali e funzionali nelle macromolecole biologiche, mediante analisi EXAFS e XANES (globalmente indicate come XAFS = X-ray Absorption Fine Structure) con radiazione di sincrotrone.

Il nostro interesse riguarda principalmente gli acidi nucleici ed i nucleotidi, e particolarmente l'adenosin-trifosfato, ATP. Lo studio dei complessi metallo-ATP è importante sia per la loro rilevanza biologica intrinseca, sia perché essi costituiscono dei modelli più semplici dei complessi dei metalli con gli acidi nucleici.

L'analisi XAFS getta luce sulla struttura locale del sito di legame dello ione metallico del quale studiamo la soglia K, e consente di riconoscere la geometria del sito, gli atomi più vicini ai quali è legato lo ione, il numero di coordinazione, e di dare una valutazione delle vibrazioni termiche e del disordine statico. Uno dei più importanti aspetti di questo metodo di studio, è la possibilità di studiare strutture macromolecolari in soluzione acquosa, in condizioni praticamente fisiologiche, che non possono generalmente essere studiate mediante le usuali tecniche diffrattometriche.

Nell'ultimo anno i metodi di analisi sono stati ulteriormente perfezionati, migliorando la valutazione degli effetti di scattering multiplo nel calcolo delle fasi e ampiezze di scattering con onde sferiche e migliorando i programmi di calcolo.

Il dispositivo per la raccolta di spettri di fluorescenza sulla linea BX2-S ha cominciato, nei turni di giugno, a dare i primi risultati ma la situazione, già difficile per la poca disponibilità di tempo macchina, ha avuto un ulteriore aggravamento per gravi danni al monocromatore provocati da un cattivo uso di esso da parte di altri sperimentatori. Ciò ha costretto ad eseguire le relative riparazioni e ad introdurre sistemi di controllo e sicurezza per prevenire, in futuro, casi simili. Per rendere più efficiente l'acquisizione dei dati sperimentali è stato sviluppato un software particolarmente complesso che permette il controllo del monocromatore e di fare misure in fluorescenza e in assorbimento sia a tempo che a statistica prefissata.

La fermata di ADONE per problemi di guasti nel sistema di iniezione ha impedito, infine, di riprendere le misure.

Il sistema di rivelazione della fluorescenza attualmente funzionante sulla linea BX2-S è un classico sistema di due fotomoltiplicatori di NaI (TI) da 2", con finestra di Berillio, disposti perpendicolarmente al fascio entro una camera portacampioni che può essere riempita di elio per ridurre lo scattering dell'aria.

Ogni fototubo è collegato ad una catena elettronica classica con preamplificatore, discriminatore, e ad una scheda Metrabyte inserita su computer Olivetti opportunamente programmata. Per ottimizzare il rapporto segnale/rumore, è stato necessario inserire uno splitter per inviare il segnale in parallelo anche ad un analizzatore di ampiezza, allo scopo di situare convenientemente la soglia di discriminazione tagliando gli impulsi a più bassa energia dovuti allo scattering Compton. La linearità del sistema è stata controllata con sorgenti di raggi X standard e con le soglie K di alcuni metalli.

In questo modo è stato possibile ottenere spettri EXAFS ben analizzabili anche su campioni di soluzioni diluite, ad esempio con concentrazione di 1 mM di CuCl_2 .

In Fig. 45 è riportato lo spettro di fluorescenza di una lamina di Cu mentre in Fig. 46 sono riportati gli spettri di due soluzioni rispettivamente 10 e 1 mM di CuCl_2 ; in particolare lo spettro più diluito richiederebbe di essere raccolto con una miglior statistica, ma dà ugualmente l'idea della possibilità di scendere a tali concentrazioni osservando la struttura fine della soglia.

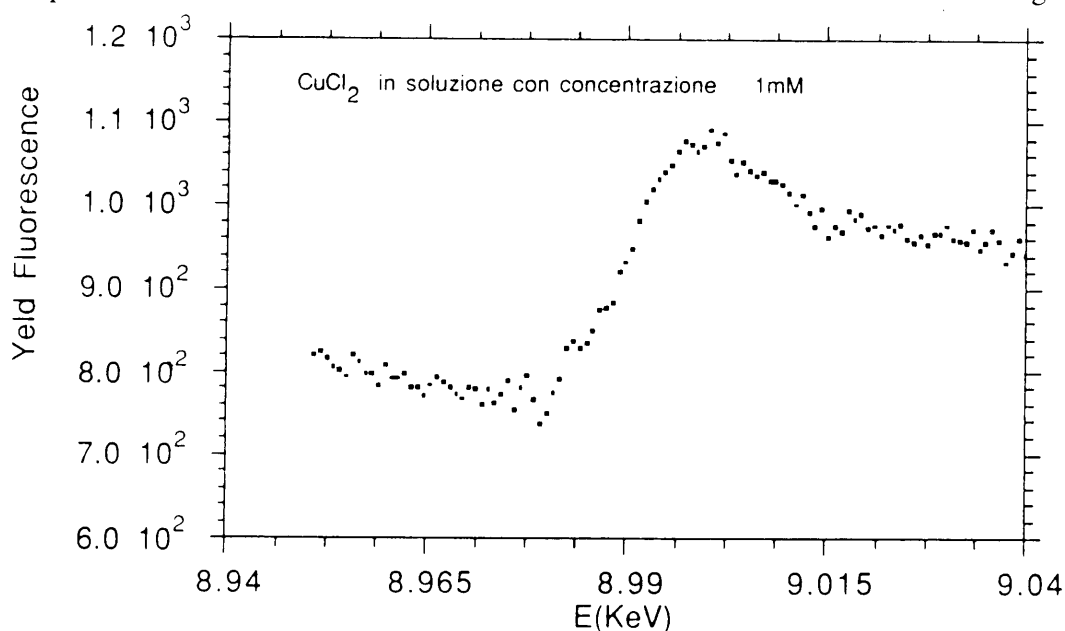


FIG. 45 - Spettro di fluorescenza di una lamina di Cu.

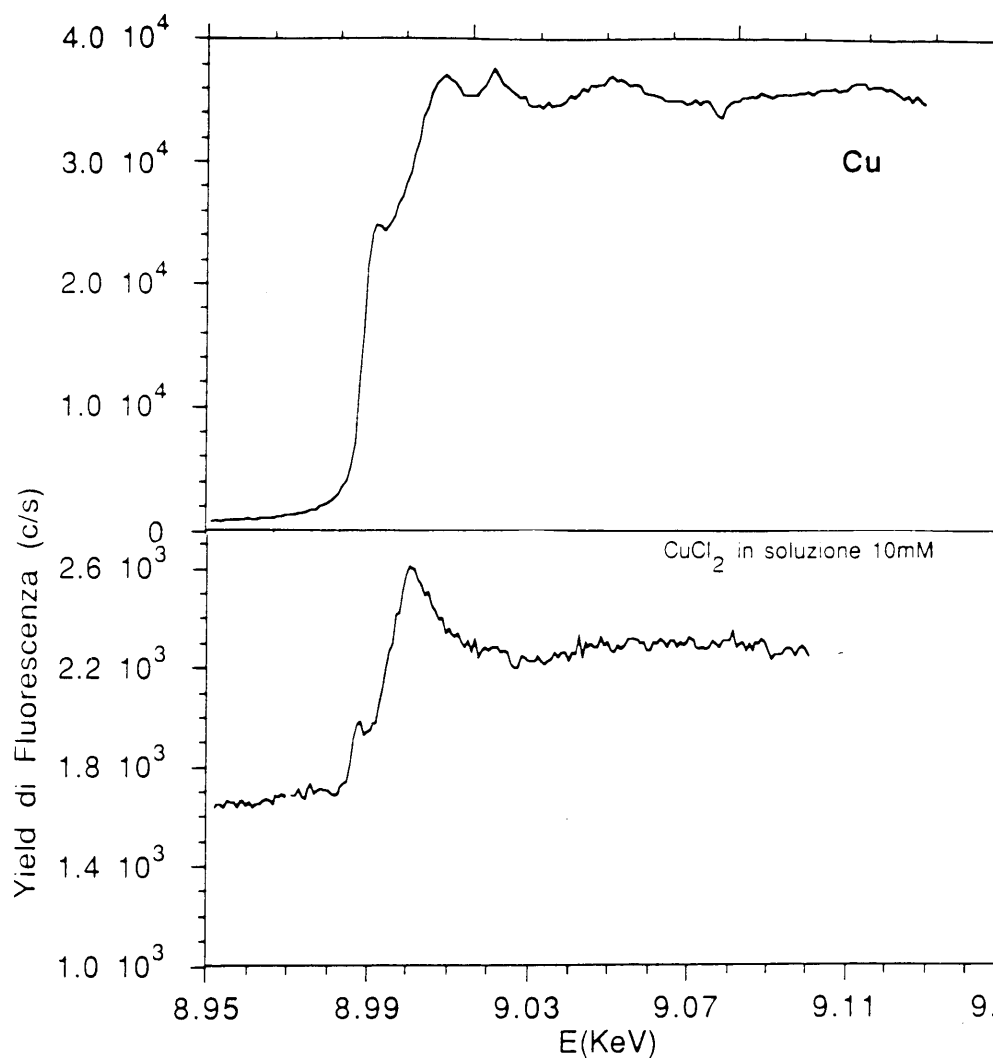


FIG. 46 - Spettri di due soluzioni di CuCl_2 di concentrazione pari a 10 mM ed 1 mM rispettivamente.

3.2 - L'apparato sperimentale di "Onde Stazionarie": A new experimental method for surface spectroscopies using the Borrmann effect

- IESS, CNR, Roma
- Dip. Mat. e Fis., Università di Camerino
- MAI, CNR, Monterotondo

One of the most important experimental problem of Surface spectroscopies is the overlayer us. substrate signal. The large penetrating depth and the strong interaction of the incident beam with the substrate give in general a high background level that can hinder the weak signal originating from the adsorbate. We carried out an experiment which shows that an improvement of the Signal-to-Background ratio can be obtained taking advantage of the Borrmann (or Anomalous Transmission) effect of X-Rays, using at the same time the substrate itself as a monochromator. The principles is the following: if a (perfect) crystal is set in diffraction in the transmission geometry, two standing waves are generated in the crystal, one of which has nodes on the atoms and the other has antinodes. The first one has therefore a limited interaction with the crystal, the

second an enhanced interaction. In the case of a thick crystal ($\mu t \geq 10$ where μ is the normal photoelectric absorption coefficient and t the crystal thickness), only the standing wave with a limited interaction with the substrate can reach the exit face where the adsorbate has been deposited. In this way an overlayer vs. substrate signal improved with respect to the standard conditions of incidence can be obtained. Moreover, the substrate itself can be used as a monochromator, with a better intrinsic energy resolution than in normal reflection conditions.

The experiment was carried out at the wiggler beam line BX2-S of Adone in Frascati using the experimental station for X-ray Standing Waves. The substrate was a Si(111) crystal about 1.7 mm thick. A Ge layer about 200 Å thick was deposited on the substrate. The experiment was composed of two parts: in the first one the energy of the incoming beam was higher than the Ge absorption edge. The ratio between the signal (the Ge fluorescence) and the background (the Compton + Thermal Diffuse Scattering) was measured in the standard reflection conditions and in the anomalous transmission conditions, with the Ge layer on the exit face of the Si substrate. The ($2\bar{2}0$) reflection in the Laue (transmission) geometry was used μt was about 10. An improvement of a factor about 2.7 was obtained in the anomalous transmission geometry. In the second part the Ge K-absorption edge was measured using the substrate as monochromator. A complete white beam can not be used because higher energy components could pass through the Si sample. Taking into account all the geometrical factors (angular widths of the pre-monochromator and of the substrate, and the divergence of the incident beam) the total resolution is $1.4 \cdot 10^{-4}$, with an improvement of a factor about 2.3 compared to the energy resolution of the only Si(111) premonochromator. The monochromatization properties of the Borrmann effect can however be used also in the absence of a pre-monochromator, if the incoming radiation has a band width of some percent (for example in the case of an undulator). The intrinsic resolution of the ($2\bar{2}0$) reflection in the anomalous transmission case is $2 \cdot 10^{-5}$, to be compared with intrinsic resolution of the same diffracting planes in the standard reflection case ($6 \cdot 10^{-5}$).

4. - La Linea BX2-L

La linea BX2-L dedicata ai processi litografici submicrometrici con luce di sincrotrone e a ricerche nel campo della microscopia a raggi X è stata operativa solo durante il mese di gennaio. Successivamente sia la linea che l'area sperimentale sono state ristrutturare per consentire la costruzione di un'area pulita di "classe 100" dove, come illustrata in Fig. 47, al suo interno è stato installato lo stepper MAX-1, acquistato per predisporre la tecnologia necessaria per i processi litografici a più livelli. Lo stepper, infatti, è predisposto per essere connesso ad uno "split field microscope", apparato quest'ultimo necessario per allineare uno stesso "wafer" a maschere via via differenti. Durante il mese di giugno è stato connesso alla linea il monocromatore a specchi multistrato relativo al microscopio a raggi X ed è stata installata, nella relativa area sperimentale, gran parte del sistema ottico. La determinazione sperimentale della risposta spettrale del monocromatore prevista per il mese di ottobre, non si è potuta fare per lo shut-down a cui si è accennato.

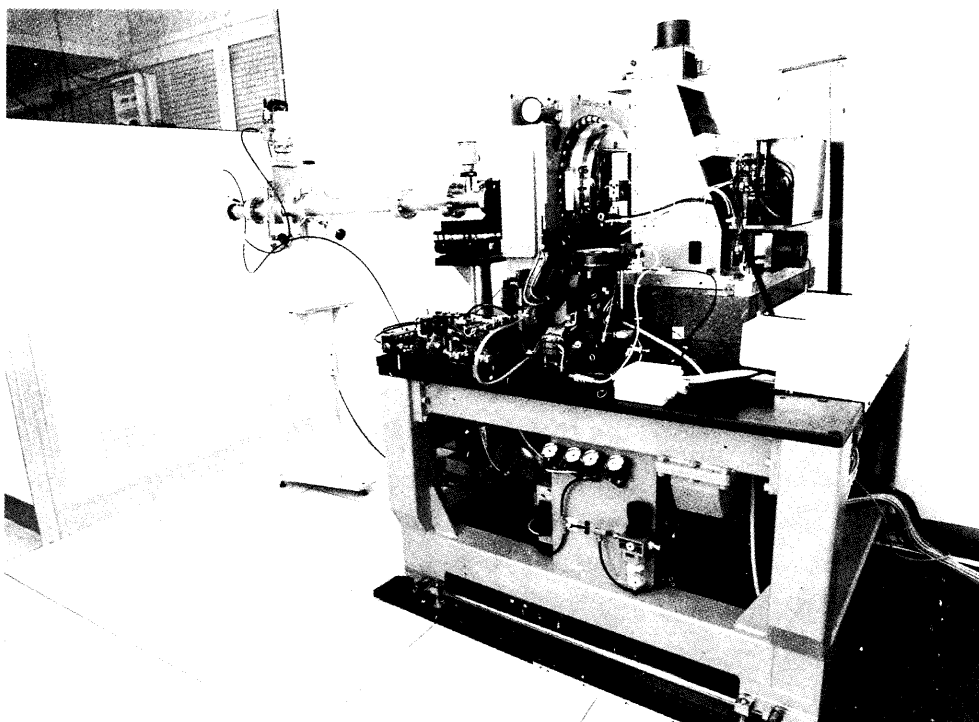


FIG. 47 - Camera bianca di classe 100 con lo stepper MAX 1, usato per le repliche litografiche ed attualmente installato sulla linea BX2-L.

4.1 - Il programma di ricerche in Litografia a raggi X

- *Lab. PWA - Laboratori Nazionali di Frascati*

Dopo gli incoraggianti risultati ottenuti durante il 1989 sono proseguiti gli esperimenti aventi lo scopo di determinare, con maggior accuratezza la densità di potenza trasportata dal fascio ottenendosi valori sperimentali in buon accordo con quelli teorici riportati in Tabella I dove sono riportate le densità di potenza incidenti ed assorbite da uno strato di spessore $1\mu\text{m}$ di PMMA, il resist inizialmente usato, in diverse configurazioni, indicate in tabella con i numeri 1,2,3.

TABELLA I - Potenza incidente P_i e potenza assorbita P_a da $1\mu\text{m}$ di PMMA nell'intervallo di energia $(0.54\div 6)\text{keV}$ nelle configurazioni: 1= sorgente; 2= $1 + 1.25\mu\text{m}$ di Be + 1 riflessione ad 1.5° di radenza su uno specchio d'oro; 3= $2+2\mu\text{m}$ Si.

Configurazione	P_i		P_a
	$\text{mW}/\text{mA}\cdot\text{mrad}$	$\text{mW}/\text{mA}\cdot\text{cm}^2$	$\text{mW}/\text{mA}\cdot\text{mrad}\cdot\mu\text{m}$
1	111.0	-	-
2	10.1	1.38	-
3	7.3	1.02	0.60

Sono quindi proseguite fino alla fine di gennaio le esposizioni utilizzando lo stepper MAX-1 e servendosi di due gruppi di maschere: un gruppo, realizzato presso il Franhofer Institut für Mikrostrukturtechnik di Berlino, utilizza membrane di Si dello spessore di $2\mu\text{m}$ su cui vengono realizzate "strutture in oro" di spessore compreso tra $(0.8\div 1)\mu\text{m}$ con ampiezza linea fino a $0.4\mu\text{m}$. Il secondo gruppo di maschere è stato, invece, realizzato presso l'Istituto di Elettronica dello Stato

Solido di Roma (CNR) ed utilizza membrane di BN spesse 4 μm , su cui sono presenti strutture d'oro spesse 0.7 μm con ampiezze di linea che arrivano fino a 0.15 μm .

Sono stati usati tre tipi di resist:

- a) PMMA: alta risoluzione - bassa sensibilità;
- b) FBM120: bassa risoluzione - alta sensibilità;
- c) HUNT - WX242: bassa risoluzione - alta sensibilità.

Il processo di deposizione dei resist sui wafer e i trattamenti termici e chimici per i vari resists sono riassunti in Tabella II

TABELLA II - Processi chimico-fisici per i vari resists usati.

SPINNING			
RESIST	PMMA	FBM-120	HUNT-WX-242
Velocità di rotazione dello spinner (RPM)	2200	500	4000
Tempo (s)	40	30	60
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	22-24	22-24	22-24
Spessore (μm)	1.0	1.0	1.0
PREBAKE (in aria)			
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	150	140	100
Tempo (min)	30	30	30
ESPOSIZIONE			
Dose (mA·min)	1500	120	200
SVILUPPO			
SVILUPPATORE	MIBK/PA	MIBK/IPA	LSI/DI
	1/1	1/125	1/1
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	22	22	22
Tempo (s)	60	120	120
POSTBAKE (in ore)			
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	100	55	100
Tempo (min)	30	30	30

La maschera ed i wafer sono stati allineati utilizzando il sistema computerizzato dello stepper e la distanza tra loro è variata tra 25 e 150 μm . Il fascio di raggi X dopo aver attraversato la finestra sottile che separa la porta finale della linea dall'ambiente esterno viaggia per circa 2 mm in aria prima di incidere sul complesso maschera-wafer.

La Fig. 48 e la Fig. 49 mostrano alcuni dei risultati ottenuti con il fascio operante in configurazione fissa e dopo ottimizzazione sia della dose assorbita dal resist che dei relativi processi chimico-fisici.

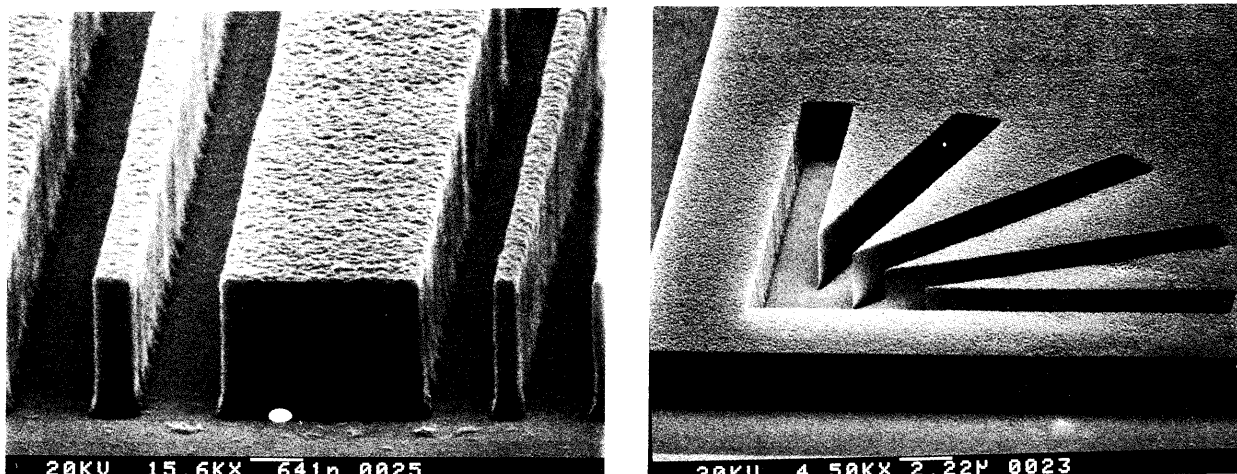


FIG. 48 e 49 - Strutture di X-ray resist del tipo "RAY PN" della Hoechst, replicate su wafer di silicio, da una maschera test per risoluzione.

La metallizzazione dei resist esposti e sviluppati così come l'analisi delle strutture replicate sono state fatte presso il Laboratorio PWA presso il quale sono stati installati sia un metalizzatore che un microscopio elettronico a scansione dotato di elaborazione elettronica delle immagini e ciò con lo scopo di analizzare le strutture replicate entro il tempo più breve possibile per limitare il loro naturale deterioramento. Le strutture riportate nelle Figure dimostrano che si è raggiunta una risoluzione migliore di $0.2 \mu\text{m}$ con un "aspect ratio" sempre molto buono.

4.2 MICROX

- *Lab. PWA - Laboratori Nazionali di Frascati*
- *Dip. di Fisica, Università di Napoli*

L'esperimento Microx si propone di realizzare un microscopio a raggi X, utilizzando la radiazione di sincrotrone prodotta dal wiggler di Adone.

La microscopia a raggi X consente di ottenere una maggiore risoluzione rispetto alla microscopia ottica e di analizzare sistemi non studiabili con la microscopia elettronica, in particolare, campioni biologici nel loro stato naturale.

Lo strumento che si intende realizzare è costituito da un monocromatore per raggi X molli, da un sistema ottico - il cui componente principale è una "zone plate" di Fresnel - per la produzione di uno spot di raggi X di dimensioni submicrometriche, da un sistema di scansione del campione e da un opportuno rivelatore.

L'esperimento, iniziato nel 1989, si articola in tre anni.

Nel corso del 1989 è stato realizzato il monocromatore, costituito da una camera da vuoto in cui sono alloggiati due multilayer di W/Si in grado di lavorare nell'intervallo spettrale compreso 3 nm e 0.6 nm.

Nel 1990 il monocromatore ed un sistema per il centraggio del fascio di raggi X al suo ingresso, sono stati installati sulla linea BX2-L.

Grazie ad una collaborazione con alcuni membri del King's College di Londra è stato possibile ottenere finestre di nitruro di silicio da 100 nm che serviranno per separare l'alto vuoto del monocromatore dal resto del microscopio.

Sono inoltre state acquistate delle "zone plate", la cui risoluzione non è molto spinta ma che serviranno per fare allineamenti e prove.

Nel 1991 è prevista la messa in opera del monocromatore, la caratterizzazione dei multilayer, l'installazione e test della "zone plate" ed infine la realizzazione del sistema per la scansione del campione.

5. La Stazione per esperimenti di "Diffrazione su polveri" (contratto CEE)

- *Laboratori Nazionali di Frascati*
- *Istituto di Strutturistica Chimica - Montelibretti - CNR*
- *Istituto di Teoria e Struttura Elettronica - Montelibretti - CNR*
- *Dip. di Chimica - Univ. di Roma "La Sapienza" - Roma*
- *LURE - Orsay - Parigi*
- *Istituto di Cristallografia di Grenoble*
- *Università di Saragoza*
- *Università di Barcellona*

Nel corso del 1990 si è lavorato con notevole impegno per portare a conclusione nei tempi previsti il progetto CEE. Entro i primi mesi del 1991 è preventivata l'installazione sul canale BX1 del diffrattometro per polveri ad alta risoluzione.

Il tavolo di supporto del diffrattometro presenta caratteristiche decisamente innovative. Le dimensioni di ingombro sono state contenute realizzando, per le varie piattaforme, una struttura di piani interconnessi, a coppie complanari. Questa configurazione, pur garantendo dimensioni di ingombro contenute, fornisce la massima flessibilità nel posizionamento della stazione rispetto al fascio di radiazione X incidente. La movimentazione dei piani, realizzata con motori asincroni, dotati di encoder, è controllata a distanza tramite un'unità PLC (Programmable Logic Control).

In collaborazione con la Seifert è stata realizzata, su nostre specifiche, una stazione di diffrazione a "tre assi", mediante un allestimento, fuori standard, del goniometro MZ-VI. Lo strumento è costituito da tre parti: un sistema primario di fenditure, un goniometro $\emptyset/2\emptyset$ in posizione verticale, un sistema di fenditure secondarie dotato di cristallo analizzatore. La stazione si caratterizza per una grande flessibilità e versatilità d'uso consentendo di realizzare varie geometrie di raccolta. Il sistema di fenditure primario prevede una fenditura orizzontale motorizzata per un controllo programmabile dell'ampiezza del fascio di raggi X incidente e un sistema di monitoraggio dello stesso mediante un rivelatore a scintillazione posto a 90° .

Il cerchio omega del goniometro è stato equipaggiato con uno speciale supporto che consente di usare sia i normali portacampioni per polveri sia testine goniometriche dotate di capillare.

Sul braccio $2\emptyset$ è collocato il sistema di fenditure secondario, il cristallo analizzatore piano (Ge [111]) e il rivelatore a scintillazione. La corretta posizione angolare del cristallo analizzatore, alle varie lunghezze d'onda della radiazione incidente, è realizzata tramite un motore passo-passo dotato di riduzione 1/20, che consente un posizionamento meccanico di 0.0014° per passo.

Poichè ad una elevata risoluzione negli spettri di diffrazione raccolti corrisponde una minima ampiezza a mezza altezza (FWHM) dei picchi, è determinante il valore che tale parametro presenta nella "rocking curve" del cristallo analizzatore. Per il Ge[111] da noi usato, la "rocking curve" misurata sul picco [333], ha fornito il valore particolarmente buono di $\text{FWHM} = 0.0056^\circ$ come mostrato in Fig. 50.

Per una valutazione globale sul raggiungimento delle specifiche di progetto, nell'ottobre 1990 si è svolto presso la Seifert, ad Ahrensburg in Germania, un primo test di collaudo di tutta l'apparecchiatura usando una sorgente convenzionale. Nel corso della prova, pur non potendo collocare il tubo a raggi X nella configurazione geometrica ottimale e pur utilizzando un cristallo analizzatore piano anziché curvo, come richiesto da una geometria di raccolta tipo Bragg-Brentano, si sono ottenuti degli spettri di diffrazione particolarmente interessanti.

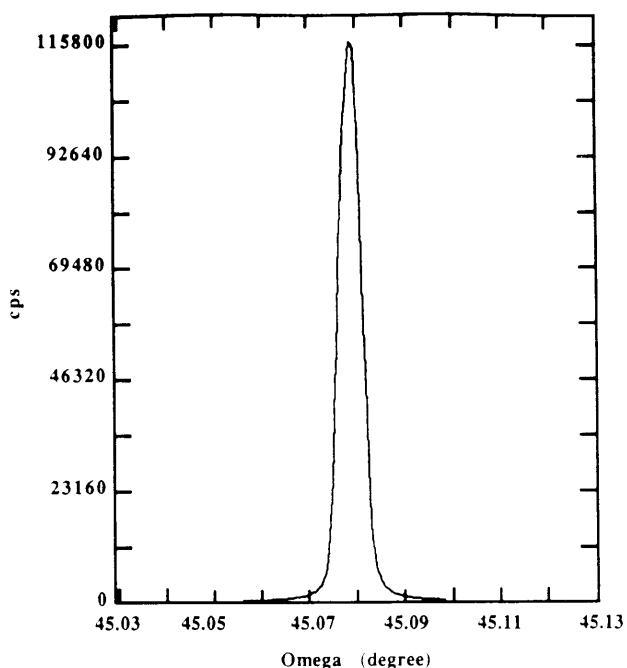


FIG. 50 - Rocking curve misurata sul picco [333] del cristallo analizzatore di G [111]; FWHM = 0.0056°.

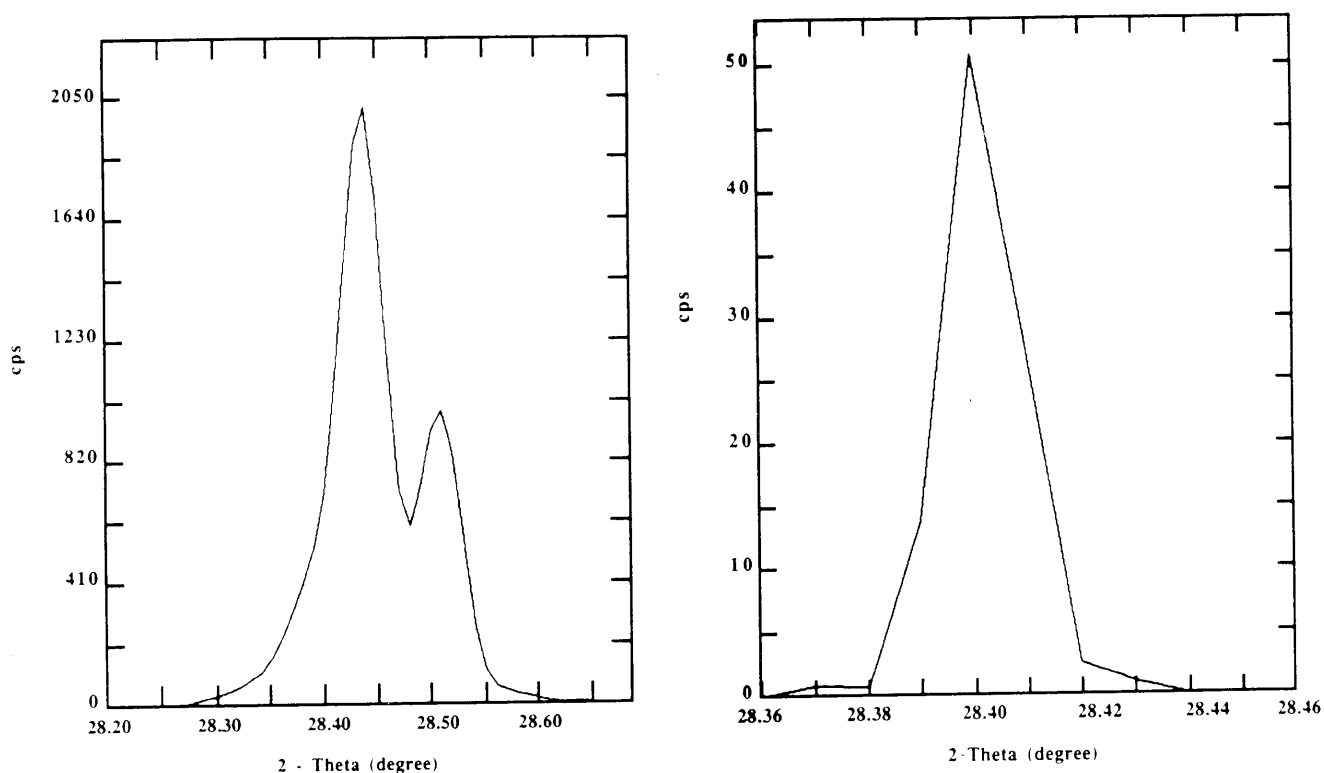


FIG. 51 - Spettro del picco [111] di una polvere di silicio (standard NBS 640-a) misurato: a)

Si è usato come campione uno standard N.B.S. 640-a, di polvere di Silicio. In Fig. 51a è mostrato lo spettro del picco [111] raccolto senza cristallo analizzatore mentre in Fig. 51b è mostrato lo stesso picco raccolto, in alta risoluzione, con cristallo analizzatore. Nel primo caso si è ottenuto un valore FWHM= 0.054° (si noti la presenza delle righe $K\alpha_1$ e $K\alpha_2$ dell'anticatodo di rame usato) mentre nel secondo caso, pur con una intensità di picco molto bassa, si è ottenuto un valore FWHM= 0.018°. Tale valore dimostra le potenzialità, in termini di risoluzione, raggiungibili

dal diffrattometro una volta inserito sulla linea di luce di sincrotrone traendo ulteriore vantaggio dalla maggiore intensità e dalla naturale collimazione della sorgente. Contemporaneamente allo sviluppo della strumentazione è stato ulteriormente implementato il pacchetto di programmi denominato "Mac Drust" cui verrà affidata l'elaborazione dei dati sperimentali raccolti. Sono state sviluppate procedure di smoothing, di azzeramento del fondo, di valutazione dei parametri caratteristici dei profili, nonché procedure di ricerca e confronto fra spettri raccolti e basi di dati.

Pubblicazioni

- 1) A Congiu Castellano, E. Burattini, M. Barteri, M. Dell'Ariceia, S. Della Longa, A. Bianconi, G. Amiconi, R. Santucci, M. Coletta, P. Ascenzi: "Structural-funtion relationship in the dromedary hemoglobin", Proc. Congresso Nazionale della SIBPA, Nuovo Cimento (1990).
- 2) A. La Monaca, M. Barteri, E. Borghi, A. Congiu Castellano, G. Cappuccio, M. Beltramini, B. Salvato, J.S. Shah: "Application of the improved area detector for continuou X-ray small angle scattering using synchrotron radiation", Proc. of 2nd London Conf. on Position Sensitive Detectors, Sept. 4th-7th, 1990) Nucl. Instr. and Meth. in press.
- 3) M. Barteri, E. Borghi, E. Burattini, A. Congiu Castellano, M. Beltramini, B. Salvato: "Subtle changes of the local structure in hemocyanins detected by XANES spectroscopy", Submitted to Biophysical J.
- 4) G. Amiconi, R. Santucci M. Coletta, A. Congiu Castellano, E. Burattini, M. Dell'Ariceia, S. Della Longa, M. Barteri, A. Bianconi: "Influence of the allosteric effectors on th heme conformations of ferrous dromedary nitrosyl hemoglobin detected by XANES spectroscopy", Sottoposto a Biochimica Biophysica Acta.
- 5) A. Kisiel, A.I. Dahr, P.M. Lee, G. Dalba, P. Fornasini, E. Burattini: "X-ray near edge structure of the II-VI group ternary compounds: Experimental and theroetical studies of $CdxZn(1-x)gi-xTe$ and $CdxZn(1-x)$ ", Phys. Rev. B 42, 17 (1990).
- 6) A. Kisiel, E. Burattini, M.P. Lee, G. Dalba and P. Fornasini: "XANES of Cd Fe Te and Hypothetical Zinc-Blende FeTe", Proc. 6th Inter. Conf. on "X-ray Absorption Fine Structure - EXAFS VI, York (1990).
- 7) E. Burattini, G. Cappuccio, P. Maistrelli, S. Simeoni: "Il progetto PO.DI.STA", Atti del Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Cristallografia, Genova (1990).
- 8) E. Burattini, P. D'Angelo, E. Giglio, N.V. Pavel: "EXAFS study of probe molecules in micellar solution". Submitted to Journal of Physical-Chemistry.
- 9) E. Burattini: "X-ray Lithography research at Frascati - Microlithography - High integration in microelectronics", World Scientific, 126 (1990)
- 10) E. Burattini: "Synchrotron radiation activities at Frascati and the related instrumentation - synchrotron light". World Scientific Publishing, 126 (1990).
- 11) J. Oleskievic, M. Podgory, A. Kisiel, G. Dalba, F. Rocca and E. Burattini: "The X-ray absorption spectroscopy of $CdMnTe$ ", Acta Phys. Polonika (1990).
- 12) M. Sanchez del Rio, J. Garcia, E. Burattini, M. Benfatto and C.R. Natoli: "Exact spherical wave analysis of EXAFS in transition metals octacdral water complexeses including multiple scattering", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 35 (1990).
- 13) E. Burattini, A. Balerna, E. Bernieri, S. Simeoni, A. Grilli, L. Mastrogiamco, M. Gentili, A. Raco, Kang-ShiXiu: "X-ray Lithography at Frascati: First results", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 295 (1990).
- 14) A. La Monaca, E. Burattini, G. Cappuccio, J.S.Shah, S. Simeoni, A. Stecchi, L. Trasati: "Improved performance of the drift-chamber detector at Adone wiggler", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 345 (1990).
- 15) J.S. Shah, A. La Monaca, A. Stecchi, L. Trasatti, E. Burattini: "Instrumentation for mapping structural and textural changes in fibres with stress by wide and low angle diffraction at Frascati", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 433 (1990).
- 16) G. Munuera, A.R. Gonzales-Elipe, J.P. Espinosa, J.C. Conesa, J. Garcia, E. Burattini: "Size Analysis of Small Ni Particles in Ni/TiO_2 .or from EXAFS Ni k Edge Absorption Spectrum", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 543 (1990).
- 17) J.C. Conesa, A. Lopez Agudo, J. garcia, A. Caballero, E. Burattini: "XAS study of doubly promoted MoO_3/Al_2O_3 Catalysts", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25,653 (1990).
- 18) G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Burattini: "On the local structure of superionic glasses studies by X-ray absorption spectroscopy", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 663 (1990).

- 19) A. Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, A. Kuzmin, J. Purans: "Local structure of amorphous tungsten oxide thin films and multilayers", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 679 (1990)
- 20) A. Kisiel, A.I. Ali Dahr, P.M. Lee, G. Dalba, P. Fornasini, E. Burattini: "XANES of the II-VI group ternary compounds: experimental and theoretical studies of Te L edges for $\text{Cd}_{0.5}\text{Hg}_{0.5}\text{Te}$ and $\text{Cd}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Te}$ ", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 851 (1990)
- 21) J. Oleszkiewicz, M. Podgorny, A. Kisiel, G. Galba, F. Rocca, E. Burattini: "X-ray absorption spectroscopy of Cd Mn Te ", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 863 (1990).
- 22) A. Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, P. D'Angelo, E. Giglio, N.V. Pavel: "Interaction of probes with micelles and X-ray absorption study", Conf. Proc. 2nd European Conf. on X-ray Synchrotron Radiation Research, SIF Vol. 25, 941 (1990).
- 23) J.S. Shah, A. La Monaca, A. Bigi, N. Roveri: "X-ray diffraction and continuous small angle scattering of turkey tendons with the improved area detector at Frascati", Inter. Conf. on Synchrotron Radiation, SR-90, Moscow 1990. To be published in Nucl. Instr. and Meth., 1990.
- 24) A. La Monaca, M. Barteri, E. Borghi, A. Castellano-Congiu, G. Cappuccio, M. Beltramini, B. Salvato, J.S. Shah: "Application of the improved area detector for continuous X-Ray small angle scattering using synchrotron radiation", 2nd London Conf. on Position Sensitive Detectors, London 1990. To be published in Nucl. Instr. and Meth. 1990
- 25) A. Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, A. Kuzmin, A. Lysis, J. Purans, P. Cikmach: "EXAFS Studies of MeO_{3-x} (Me= W, Mo, R, Ir) crystalline and amorphous oxides", In print on Nucl. Instr. and Meth.
- 26) A. Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, A. Kuzmin, L. Lysis, J. Purans, P. Cikmach: "XANES Studies of MeO_{3-x} (Me= W, Re; Ir) crystalline and amorphous oxides", In print on Nucl. Instr. and Meth.
- 27) L. Palladino, S. Della Longa, M. Belli, A. Scafati, G. Onori, A. Santucci, A. Balerna, E. Bernieri: "Quantitative measurement by XANES of the Cu site axial in Cu (II)-ATP complexes", Conf. Proc. vol 25, - 2nd Eur. Conf. on Prog. in X-ray Synchrotron Rad. Res.- A. Balerna, E. Bernieri, S. Mobilio Editors, SIF, Bologna 1990.
- 28) L. Palladino, S. Della Longa, A. Reale, M. Belli, A. Scafati, G. Onori, A. Santucci: "XANES of Cu(II)-ATP and related compounds in solution: Quantitative determination of the distortion of the Cu site". To be submitted to J. of Chem. Phys.

5. - FISICA GENERALE E DIVERSI

ESPERIMENTO F A D D

Componenti del gruppo
A. La Monaca

Collaborazione con
Università di Bologna, Università di Bristol-UK, Università 'La Sapienza' di Roma.

L'esperimento FADD di gruppo V nel 1990 ha completato il suo programma di costruzione di un rivelatore di posizione bidimensionale a camera a drift, di area $50 \times 50 \text{ mm}^2$, per diffrazione da usarsi con fasci pulsati di raggi X.

Il lavoro svolto in questo periodo ha riguardato essenzialmente:

- 1) il collaudo dell'apparecchiatura precedentemente realizzata (vedi rapporti di Attività 1988-1989);
- 2) il potenziamento del sistema elettronico di acquisizione dati, ARGO, produttore immagini diffratte su matrici quadrate di 256×256 pixels.
- 3) l'applicazione di questo sistema agli esperimenti SAXS con camera a drift di Adone (1, 2, 3);
- 4) il montaggio di una nuova rampa di miscelazione per CO_2 al precedente impianto a gas per il CF_4 ;
- 5) la progettazione e realizzazione meccanica di un micro-beam stopper a movimenti X-Y remotizzati. Il micro-beam stopper è posto sulla finestra del nuovo rivelatore a camera a drift per intercettare il fascio di luce primario di raggi X. Questo dispositivo, realizzato nei LNF dal Servizio SPECAS, usa dei micro-motori anti-induttivi in continua con alto rapporto di riduzione migliorare la precisione nei piccoli spostamenti ($< 10 \text{ mm}$). La semplicità di funzionamento di questi motori, il loro piccolo ingombro, l'assenza di rumore induttivo sul rivelatore, ed il loro basso costo sono stati i maggiori vantaggi ottenuti. È in corso di allestimento la catena elettronica di posizionamento con 'micro-encoders' incrementali e lettori numerici.

Il rivelatore FADD verrà applicato agli esperimenti di diffrazione a piccolo e medio angolo nel corso del 1991.

Pubblicazioni

- 1) A. La Monaca, E. Burattini, G. Cappuccio, J.S. Shah, S. Simeoni, A. Stecchi, L. Trasatti, "Improved Performance of the Drift-Chamber Detector at Adone Wiggler". '2nd European Conference on Progress in X-ray Synchrotron Radiation Research'. Conf. Proc. Vol. 25, pp.345-349. Eds A. Balerna, E. Bernieri and S. Mobilio. SIF, Bologna 1990.
- 3) J.S. Shah, A. La Monaca, A. Bigi, N. Roveri: "X-ray Diffraction and Continuous Small Angle Scattering of Turkey tendons with the Improved Area Detector at Frascati". 'Inter. Conf. on Synchrotron Radiation, SR-90', Moscow 1990. To be published in Nucl. Instr. and Meth., 1990
- 4) A. La Monaca, M. Barteri, E. Borghi, A. Castellano-Congiu, G. Cappuccio, M. Beltramini, B. Salvato, J. S. Shah: "Application of the Improved Area Detector for Continuous X-Ray Small Angle Scattering Using Synchrotron Radiation". '2nd London Conf. on Position Sensitive Detectors', London 1990. To be published in Nucl. Instr. and Meth., 1990

GRUPPO FRA-TO

Il gruppo FRA-TO svolge da diversi anni la propria attività di ricerca presso i LNF. Non essendo il suo campo di indagine, strettamente legato alla attività principale dei laboratori, si è pensato di inserirne una descrizione dettagliata.

N.d.R.

Componenti del gruppo

*G. Agnelli (Ass.), D. Nanni (Ass.), P. Picchi (Ass.), D. Trevese (Ass.),
F. Cardone (Osp.), R. Scaramella (Osp.), A. Vignato (Ass.)*

L'attività del Gruppo FRA-TO si è svolta nel campo dell'Astronomia Extragalattica. In particolare è stato oggetto di analisi la distribuzione della materia su larga scala (ammassi e superammassi) e le proprietà delle galassie, dei loro nuclei e degli oggetti quasi stellari.

La problematica connessa con questa fenomenologia è legata al problema della massa mancante, specialmente negli ammassi di galassie.

L'attività tecnologica del Gruppo si è sviluppata nel campo dei sensori CCD a largo campo, in grado di fornire, con un'efficienza quantica molto elevata immagini digitali profonde del cielo.

L'attività del Gruppo è descritta in dettaglio di seguito:

Variabilità dei Nuclei Galattici Attivi

Le proprietà della variabilità, quali ampiezza, tempi caratteristici, relazione con la luminosità o con il tempo cosmico, possono fornire importanti indicazioni sui processi fisici di emissione dei nuclei galattici attivi. La variabilità ottica inoltre può essere usata come criterio per identificare i nuclei galattici attivi (AGN). Tale criterio risulta indipendente rispetto ad altre tecniche basate sulla distribuzione spettrale dell'energia, ed è soggetto quindi a differenti effetti sistematici. Sulla base di una serie di lastre fotografiche di un campo dell'area selezionata SA57 prese al telescopio di 4 m di Kitt Peak nel corso di 13 anni si era dimostrata (Trevese et al. 1989) la possibilità di selezionare quasars, dall'apparenza puntiforme con affidabilità e completezza paragonabili a quelle raggiunte dai criteri basati sul carattere non stellare dei colori.

A partire da questi risultati si è estesa la ricerca alla individuazione di AGN di apparenza diffusa, per i quali non è applicabile un criterio basato sul carattere non stellare del colore, poiché includerebbe un numero troppo elevato di galassie normali (non attive).

Questa ricerca è motivata dalla necessità di comprendere la relazione fra quasar (QSO) di alta luminosità, in cui la galassia ospite è resa invisibile dalla predominanza del nucleo attivo, e galassie con nucleo attivo di bassa luminosità che appaiono, appunto, come oggetti estesi. Facendo uso del materiale osservativo su menzionato, si è quindi creato un campione di galassie variabili, di cui si sono studiati i colori.

Del più brillante di questi oggetti è stato osservato, al telescopio di 1.5 m di Kitt Peak, lo spettro che mostra trattarsi di un AGN a redshift 0.403 (Bershadsky, Trevese e Kron 1990). Sulla base di questi risultati si è ottenuto tempo per l'osservazione spettroscopica (marzo 1991) dell'intero campione, al telescopio di 4m di Kitt Peak.

Si è svolto inoltre uno studio della funzione di autocorrelazione temporale delle curve di luce dei QSO. Il principale risultato è che gran parte della correlazione decade in tempi scala brevi, dell'ordine di 0.5 anni, nel riferimento di quiete del QSO, ma una correlazione residua permane su tempi dell'ordine di 10 anni o più (Trevese e Kron 1990). Infine si è studiata la correlazione tra

l'ampiezza della variabilità della luminosità degli oggetti e il redshift, basandosi sui dati di Trevese et al. (1989) e su altri dati presi dalla letteratura.

Si è trovata una crescita della variabilità con il redshift (Giallongo, Trevese e Vagnetti 1990) di cui si è suggerita una possibile spiegazione in termini di variabilità spettrale (Giallongo, Trevese e Vagnetti 1990, 1991).

Come sviluppi futuri si prevede innanzitutto di analizzare gli spettri del campione di galassie variabili. Si sono anche ottenuti nuovi dati fotometrici nello stesso campo della SA57 con i quali si prevede di estendere lo studio delle curve di luce sia dei QSO già esaminati sia dei nuovi oggetti diffusi. Questi nuovi dati permetteranno inoltre un riesame della correlazione variabilità redshift. Un ulteriore sviluppo della ricerca consisterà poi nel correlare la variabilità con le proprietà spettrali degli oggetti e nello studiare le variazioni della distribuzione spettrale della energia nel corso delle variazioni di luminosità.

DISTRIBUZIONE A LARGA SCALA DELLA MATERIA

I) Spettro di assorbimento dei Quasar e Nubi Intergalattiche

Lo spettro dei quasar mostra, a frequenze maggiori della riga Ly- α in emissione, una distribuzione casuale di righe di assorbimento interpretate come Ly-alfa prodotte da nubi di materiale intergalattico (Ly- α forest). Ciò costituisce l'unica traccia diretta della distribuzione del materiale intergalattico fino a redshift dell'ordine di cinque, corrispondente ad un'epoca alla quale probabilmente si formano le galassie. Con lo scopo di studiare la completezza dei campioni di QSO selezionati mediante le caratteristiche di colore, si è calcolato l'assorbimento medio, funzione del redshift, dovuto alle nubi intergalattiche, tramite un modello basato sui dati statistici esistenti riguardo alla distribuzione ed evoluzione cosmologica delle nubi intergalattiche (Giallongo e Trevese 1990). Inoltre, mediante simulazioni Monte Carlo di spettri di assorbimento di QSO, si è analizzata la relazione fra alcune misure di assorbimento medio in determinate regioni spettrali e le proprietà statistiche della distribuzione delle nubi (Giallongo, Gratton e Trevese 1990), la cui densità cresce con il redshift indicando una forte evoluzione cosmologica della distribuzione di materia. Le correlazioni fra i redshift delle singole nubi, e la sua eventuale evoluzione cosmologica, possono, inoltre essere confrontate con le proprietà di correlazione della distribuzione delle galassie e con i modelli di crescita cosmologica degli addensamenti di materia.

Negli ultimi mesi, nuove osservazioni dello spettro dei QSO di alto redshift, eseguite da altri autori, per la prima volta ad una risoluzione corrispondente a una dispersione di velocità $v=6$ Km/s, hanno indicato l'esistenza di una correlazione tra dispersione di velocità e densità di colonna della nube assorbente, che viene interpretata come una indicazione di moti su larga scala. Ne consegue l'indicazione di una temperatura delle nubi più bassa di quella sino ad ora stimata con importanti conseguenze per la modellistica delle nubi. In relazione a questa problematica si è ottenuto tempo per l'osservazione spettroscopica di QSO di alto redshift, al 'New Technology Telescope' dell'ESO (Agosto 1991). I programmi futuri pertanto prevedono, oltre all'acquisizione ed elaborazione dei nuovi dati, lo sviluppo di software per l'identificazione automatica delle righe di assorbimento e per la determinazione dei loro parametri caratteristici (densità colonnari, dispersione di velocità ecc.). È inoltre previsto uno studio della completezza dei campioni di righe e degli effetti sistematici presenti nei processi di analisi statistica dei campioni, mediante simulazioni Monte Carlo di spettri secondo distribuzioni assegnate di righe di assorbimento.

II) Proprietà Morfologiche e Dinamiche degli Ammassi di Galassie Vicini

Le proprietà dei singoli ammassi di galassie sono soggette a forti fluttuazioni casuali derivanti dal numero relativamente basso di galassie presenti anche negli ammassi cosiddetti ricchi. Tali proprietà possono dunque essere definite soltanto in senso statistico studiando un gran numero di ammassi. Per questo si è intrapreso un programma per studiare in modo uniforme un campione di ammassi di galassie vicini ($z < 0.1$), per analizzare i profili di densità, la morfologia, le funzioni di luminosità, sulla base di un insieme di dati uniformi e con fissate procedure di riduzione dei dati. I dati provengono da 70 lastre del telescopio Schmidt da 48 pollici di Monte Palomar e contengono più di cento ammassi ricchi. Si sono prodotte delle immagini digitali di ogni ammasso mediante scansione delle lastre con un microdensitometro (PDS 1010G). Si sono sperimentati metodi per la definizione di vari parametri degli ammassi e delle galassie che li compongono e si sono ottenuti i primi risultati per otto ammassi di Abell (Trevese, Migliori e Flin 1991, Flin et al. 1991).

Si prevede di applicare questi metodi all'intero campione di ammassi. Si intende quindi studiare la correlazione esistente fra l'orientazione degli ammassi di galassie e l'orientazione delle singole galassie all'interno degli ammassi (effetto Binggeli) allo scopo di verificare se nella distribuzione delle galassie prevalga l'effetto della distribuzione a larga scala della materia dalla quale essi si sono condensate, ovvero si manifestino effetti d'interazione mareale nelle fasi successive.

Attività Osservativa: Ammassi di Galassie e Quasar

Nel 1990 si è completata l'analisi di 30 immagini fotografiche (digitalizzate in matrici di 8000X8000 pixel) della SA57 prese con il telescopio di 4 m dell'Osservatorio Nazionale americano del Kitt Peak. Oltre a queste immagini sono state acquisite ed analizzate 100 immagini CCD, che si riferiscono a zone di alta densità di galassie.

Tali immagini acquisite in diverse bande e in diverse epoche consentono, oltreché indagini di autoconsistenza sulla morfologia e sulla fotometria dei singoli oggetti, anche la ricerca di oggetti variabili e con colori peculiari, oltreché lo studio dei moti propri.

Le informazioni riguardanti i singoli oggetti provenienti da immagini di una identica zona sono state sintetizzate in un unico catalogo. Tali informazioni riguardano per esempio le coordinate, la morfologia e i profili fotometrici.

Tali risultati sono stati conseguiti mediante miglioramenti apportati al software di elaborazioni immagini le cui caratteristiche peculiari, adattate alle ricerche sviluppate dal gruppo, sono state più volte descritte ((D.Nanni, A. Vignato ESO/ST--ECF Data Analysis Workshop, April 17-19, 1989). Le innovazioni riguardano in modo particolare la valutazione del valore e della statistica del fondo cielo nella fase di detezione, di fotometria e di classificazione degli oggetti; è stato migliorato il programma di fotometria rapida (10⁵ oggetti in 10 minuti con il Vax 8650) con l'affinamento delle procedure necessarie a separare gli oggetti interagenti (campi affollati) e fotometrare gli oggetti deboli.

Il catalogo ottenuto è stato sottoposto ad indagini di accuratezza e completezza mediante il confronto con un catalogo generato da un'immagine più profonda (stacking fotografico e CCD): le migliori lastre J risultano complete fino alla magnitudine $J=24.5$.

Le ricerche condotte su questi dati riguardano essenzialmente la morfologia e le proprietà fotometriche di ammassi di galassie a varie epoche cosmiche e la ricerca mediante i criteri di variabilità e di colore degli oggetti quasi stellari.

Per mezzo dei redshift misurati spettroscopicamente circa 200 è stato infatti possibile ottenere una correlazione colore-redshift con una dispersione inferiore a 0.05 fino a $z = 0.7$. Tale risultato è stato conseguito utilizzando le quattro bande (U, J, F, N) osservate. Gli addensamenti di galassie trovati a z elevati (~ 0.5) sono attualmente allo studio sia su immagini fotografiche che CCD a disposizione e inoltre fanno parte di un programma di osservazione da condurre mediante CCD con i telescopi KPNO e di Calar Alto (v. più avanti).

Un altro argomento di ricerca riguarda la distribuzione in profondità delle galassie attraverso i conteggi in funzione della magnitudine e del redshift e la relazione $m-z$. Alcuni risultati preliminari riguardanti la quantizzazione del redshift sul nostro sample profondo sono stati esposti durante il convegno nazionale di astronomia extragalattica (Novembre 1990, Monteporzio).

È stata completata l'analisi del colore e della sua variazione per gli oggetti di forma stellare ed estesa per individuare i candidati QSO da studiare spettroscopicamente. Analizzando il campione di QSO (Koo and Kron 1988, Ap.J. 325, 92-102) nella SA57 il 30 per cento di QSO (con $1 < z < 3$) è risultato non stellare.

In collaborazione con F. Baier dell'Osservatorio di Babelsberg (Berlino) si è portata a termine la fotometria dettagliata (in U, B e V) per 35 galassie ellittiche situate nella zona centrale dell'ammasso Coma. Questo durante la permanenza di Baier presso i Laboratori di Frascati nel luglio 1990.

Questa ricerca è stata condotta con materiale fotografico proveniente dall'Osservatorio di Tautenburg (telescopio Schmidt di 2 m).

Esiste un programma di osservazione da compiersi con il telescopio di 3.5 m dell'Osservatorio di Calar Alto in grado di fornire immagini CCD ad alta risoluzione di galassie deboli nell'ammasso Coma. Questo consentirà di estendere la ricerca ad un numero di galassie 10-100 volte maggiore dell'attuale.

Tali ricerche permettono di:

- a) di definire, con un elevato grado di sicurezza, la morfologia delle galassie sia tramite il diagramma colore-colore che mediante il profilo di intensità. Questa definizione consente a sua volta di determinare (attraverso il rapporto M/L noto per ciascun tipo morfologico) l'andamento di densità dell'ammasso.
- b) determinare l'influenza dell'ambiente sulle proprietà di luminosità e di colore delle galassie e sulla correlazione fra proprietà geometriche e fotometriche.
- c) di determinare, almeno per le galassie ellittiche più brillanti, la variazione dell'orientazione e dell'ellitticità in funzione dell'intensità.

In collaborazione con A. Kalogdian si è proseguito lo studio degli ammassi vicini con le lastre prese con il telescopio di Byurakan.

In particolare per A98 è stata analizzata in dettaglio la distribuzione delle galassie in due condensazioni (subclustering).

Attività sperimentale: Sviluppo Camere CCD

Nel 1990 sono stati effettuati i controlli di laboratorio e la sperimentazione sul telescopio della Specola Vaticana di Castel Gandolfo di una camera CCD (chip EEV e Thomson, 385X576 e 512X512) raffreddata con un criostato basato su celle Peltier con scambiatore di calore ad acqua. Tale sistema ha permesso di raggiungere su tale camera la temperatura di circa 190 K stabili entro qualche 0.1 K.

Contemporaneamente, è stato dato un notevole impulso alla organizzazione del Nuovo Laboratorio Elettronico di Monteporzio, inserendovi nuovo personale ricercatore e tecnico e corredandolo con moderna strumentazione di base sia analogica che digitale.

È stato inoltre realizzato un nuovo criostato monoblocco, basato sempre su celle Peltier, progettato per essere usato sia con le chip P 88335 (1242X1152 pixel) della EEV che con le chip 2048 X 2048 (Ford Aerospace), di cui il primo esemplare è già in laboratorio avendolo ottenuto nell'ambito della collaborazione scientifica e tecnologica esistente tra l'Osservatorio di Roma e il Lick e concretizzata con un Memorandum of Understanding tra i due enti. Per utilizzare tale chip è stata ultimata la messa a punto di un nuovo controller in grado di gestire un singolo chip fino a un numero massimo di pixel 2048 X 2048.

Tale controller, pur progettato con tecnologie tradizionali, permette la scansione delle CCD nei modi: binning, windowing e del parallel-split frame, prestazioni tipiche dei nuovi controller basati su transputer e DSP. In particolare è possibile effettuare la scansione veloce della CCD su due canali a 20Kpixel/sec dimezzando gli usuali tempi di lettura dell'immagine.

Si pensa di poter ultimare la messa a punto e i test di laboratorio di questa camera entro Maggio dopo di che si passerà all'acquisizione al telescopio.

Abbiamo inoltre concluso lo studio di fattibilità di un controller più versatile, in grado di gestire sia una singola chip che un array composto fino a quattro chip da 2048 X 2048 pixel.

Data la disponibilità sempre maggiore di sistemi di sviluppo basati su microprocessori veloci e transputer abbiamo deciso di usare questi dispositivi (in accordo con i recenti trends internazionali) sia per la generazione programmabile dei clock della CCD (compresa la lettura {binning e a windowing}), sia per la trasmissione dei dati e delle altre funzioni di controllo (temperatura CCD, ecc.). In particolare sono stati esaminati il DSP (Digital Signal Processor) 56001 della Motorola e il transputer T222 della INMOS.

Dalle prove di questi dispositivi risulta evidente la possibilità di ridurre notevolmente l'elettronica cablata del controller (ottenendo minore dissipazione termica in prossimità del telescopio) e la possibilità di poter comunicare con altri processori dello stesso tipo e/o interfacce standard usando semplici link seriali (20 Mb/s per ogni canale).

L'analisi delle prestazioni relative è attualmente allo studio; alcune caratteristiche peculiari dei transputer, quali l'elevata velocità di calcolo e l'eccellente capacità di collegamento con altri sistemi, sembrano le più adatte per la costruzione del controller per un array formato da quattro chip 2048 X 2048 che potranno essere fornite dal Lick dove sono anche in fase di avanzata sperimentazione chip di dimensioni e risoluzione maggiori.

Tutto il nostro lavoro sui CCD risulta integrato nei programmi del gruppo nazionale {Working Group CCD} che ha definito gli standard per la costruzione delle camere CCD per il telescopio Galileo

Siamo determinati a proiettare questi sviluppi tecnologici basati sulla ben nota qualificazione del nostro gruppo e di altri gruppi dell'OAR nel campo della gestione e analisi di dati di grande formato (è stato sviluppato del software in grado di analizzare immagini di dimensioni massime 9000 X 9000 pixel), per costruire un centro di eccellenza globale nel campo dei rivelatori.

Formazione di grandi strutture nell'Universo

L'interesse principale è legato alle problematiche di formazione di strutture nell'Universo e si indirizza in due, relativi, filoni principali.

Il primo è di precipuo interesse Cosmologico ed ha come oggetto lo studio teorico del possibile impatto su fondo cosmico di microonde (CMB) di un campo di fluttuazioni di densità primordiali che può aver dato origine alla presente struttura. Questo studio, condotto in collaborazione con N. Vittorio (Università dell'Aquila), ha portato a miglioramenti nel formalismo, ad una più precisa comprensione dell'uso della statistica nei metodi di confronto tra dati teorici ed

osservativi, ad un confronto diretto sui dati osservativi dei risultati teorici derivati, nonché alla discussione di un segnale riportato come fluttuazione del CMB su grande scala angolare.

Al momento è in corso una collaborazione con R. Cen e J. Ostriker (Princeton University) tesa ad una valutazione quantitativa di anisotropie su piccola scala dovute a fenomeni non lineari, tramite i risultati di un codice idrodinamico+N-body.

Prossimi temi di ricerca su questo argomento saranno il derivare le configurazioni ottimali delle apparecchiature per la detezione di segnali cosmologici, e l'estensione del formalismo e dei risultati ai casi di campi di fluttuazioni primordiali con statistiche non-Gaussiane (in collaborazione con F. Lucchin, S. Matarrese e N. Vittorio)

Il secondo principale soggetto di ricerca è concentrato sulla distribuzione degli ammassi di galassie su grande scala. Il lavoro è stato finora sia teorico che interpretativo/osservativo. In collaborazione con S. Colafrancesco e A. Cavaliere si è sottolineato il fenomeno del secondary-infall e di effetti temporali nella derivazione teorica di funzioni di massa in scenari di clustering gerarchico.

In collaborazione principalmente con G. Vettolani (I.R.A./C.N.R. Bologna) e G. Zamorani (Osservatorio di Bologna), è stato continuato lo studio del nuovo catalogo sud di ammassi di galassie, nonché suggerite proposte osservative collegate alla struttura su larga scala ed in particolare al superammasso da noi scoperto oltre il Centauro. Un risultato di sicuro interesse cosmologico è il calcolo del "dipolo" della materia entro una distanza di 300 Mpc/h. I risultati dimostrano che l'accelerazione responsabile della velocità peculiare del Gruppo Locale di 600 km/s rispetto al CMB è in parte dovuta a scale molto più grandi di quanto sostenuto in precedenza. Inoltre si evince un raggiungimento della isotropia della distribuzione di materia su una scala di 180 Mpc/h.

Prossimi sviluppi in questo campo sono la riduzione delle lastre grism di questa regione tramite il telescopio Schmidt dell'E.S.O. e analizzare i redshift così ottenuti per le galassie in modo di avere una stima più precisa della overdensità del superammasso oltre il Centauro (lavoro in collaborazione con Munster ed Edimburgo), lo studio di una redshift survey di ammassi di galassie nella stessa regione (in collaborazione con l'Anglo Australian), e l'acquisizione di dati X tramite Rosat su 4 di questi ammassi.

È inoltre stato approvato un ESO K-project per lo studio della distribuzione di materia in una "superslice", tramite l'acquisizione del redshift di circa 4500 galassie (G. Vettolani principal investigator) di cui sono membro proponente.

Interpretazione della curva di rotazione delle galassie

Nel corso del 1990 è stato studiato il problema delle curve di rotazione delle galassie e la possibilità di una interpretazione della "massa mancante" mediante un contributo anche da parte della così detta "radiazione di punto zero". In tale contesto sono stati studiati ed analizzati i risultati delle misure della radiazione Compton inversa condotte al LEP del CERN da A. Melissinos et al e da G. Diambrini et al. (esperimento LEP 5).

I risultati di tali analisi pur non definitivi hanno permesso di stabilire un limite superiore alla radiazione di punto zero ed hanno portato alla stesura di vari lavori che per il momento non considerano gli effetti su scala galattica.

Inoltre è stato considerato il possibile contributo al problema della "massa mancante" dato dalla eventuale massa inerziale del fotone (teoria di Proca - Maxwell) sia per le radiazioni osservate sia per quella di punto zero.

Pubblicazioni

- E. Giallongo, D. Trevese, 1990 , Astrophys. J., 353, 24 "Quasar Colors: statistics and cosmological evolution".
- E. Giallongo, R. Gratton and D. Trevese, 1990, Mon. Not. Roy. Astr. Soc., 244, 450 "Average Lyman Absorption From Simulated QSO Spectra".
- F.W. Baier, D. Nanni and A. Vignato: " Detailed photometry of 35 elliptical galaxies in the central part of the coma cluster" , Inviata ad Astronomy and Astrophysics.
- A.T. Kalloghlian, D. Nanni e A.Vignato: "B and V Photometry of A 98 cluster of galaxies", in stampa su Astrophysics.
- D. Nanni: "UJF photometry of Galaxies and Quasars in the SA57"
- R. Scaramella e N. Vittorio, "Constraints on the Amplitude of Primordial Density Fluctuations from the Large Scale CMB Temperature Distribution" 1990, Ap. J. 353 372.
- G.Vettolani, G.Chincarini, R. Scaramella e G. Zamorani, "Redshift of Clusters in the alpha region" 1990, Astronomical Journal 99 1709.
- G. Chincarini, R. Scaramella e G. Vettolani, "Superclusters: "Dynamics and Models", 1990, The Reference Enciclopaedia of Astronomy and Astrophysics, P. Sobel (ed.), Van Nostrand Reinhold, in press.
- F. Cardone, "On a possible measurement of the zero point contribution to Plank's distribution by the scattering of LEP electron off thermal radiation" to be published on Hadronic Journal.
- F. Cardone, "On the zero point radiation and inverse Compton scattering" To be published on Nuovo Cimento.

HTSCPIR

Componenti del gruppo

F. Celani (Resp.), L. Liberatori, S. Pace (Ass.), B. Polichetti (Ass.), G. Sacerdoti (Osp.), A. Saggese (Osp.), A. Spallone

Collaboratori

S. Fortunati, P. Marini, M. Tului (Centro Sviluppo Materiali, IRI-Roma)

L'esperimento HTSCPIR si svolge nell'ambito degli sforzi rivolti alla realizzazione di materiali superconduttori ad alta temperatura critica ($T_C \cong 90\text{K}$) con valori di densità di correnti critiche di interesse tecnologico, (dell'ordine di 10000 A/cm^2 alla temperatura dell'azoto liquido, anche in presenza di un campo magnetico relativamente forte [$5000\text{-}10000\text{ Gauss}$]).

La realizzazione di tali composti ha interesse per le applicazioni nelle macchine acceleratrici (magneti superconduttori ad alto campo e cavità risonanti operanti a $T=77\text{K}$) e per nuovi rivelatori di particelle.

In linea di principio è possibile ottenere nuovi rivelatori di particelle ad altissima risoluzione energetica utilizzando i superconduttori classici sia in configurazione di giunzione tunnel (in strutture superconduttore-isolante-superconduttore) che in regime bolometrico. I maggiori problemi di tali rivelatori risiedono sia nella necessità di dover operare a temperature di almeno 1.5K (o addirittura nella regione tra 70 e 100 millikelvin), sia nella difficoltà a sopportare in modo completamente reversibile ripetuti cicli tra la temperatura ambiente e quella operativa. Le difficoltà e complessità nel raggiungere e mantenere tali temperature all'interno di un apparato complesso di misura pongono dei seri ostacoli alla loro utilizzazione, è ipotizzabile che per dispositivi superconduttori ad alta temperatura critica in regime tunnel, una temperatura operativa sufficientemente bassa possa essere quella dell'elio liquido (4.2K) ottenibile in modo semplice.

Nel 1990 l'interesse del nostro gruppo è stato rivolto:

- a) allo studio sperimentale delle proprietà magnetiche e di trasporto dei materiali superconduttori di tipo ceramico,
- b) alla fabbricazione di tali materiali, (principalmente composti sinterizzati tipo $\text{Re}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ in cui Re è una qualunque Terra Rara trivalente, in particolare composti con l'Y e il Gd), ed alle modifiche da apportare nei processi di fabbricazione di tali materiali per migliorarne le proprietà di trasporto,
- c) alla analisi dei fenomeni che in tali materiali limitano attualmente le correnti critiche ed ad uno studio di tipo fenomenologico sul comportamento di sistemi granulari superconduttori in presenza di campo magnetico.

La caratteristica principale dei composti sinterizzati è di avere una struttura granulare, costituita cioè da un aggregato di microcristalli superconduttori con caratteristiche pressoché ideali connessi tra di loro da materiale intergranulare di varia natura. Sperimentalmente è stato evidenziato che le proprietà magnetiche e di trasporto di queste ceramiche superconduttrici sono profondamente influenzate dalle caratteristiche chimico-fisiche del materiale intergranulare. Per questo motivo lo studio delle proprietà di tali materiali è stato effettuato ponendo particolare attenzione al problema delle connessioni tra grani.

I composti vengono preparati con il metodo della pirolisi di citrati e vengono sottoposti a cicli di cottura ad alta temperatura ($\cong 950\text{ }^\circ\text{C}$) in atmosfera di ossigeno arricchita con ozono in varie

concentrazioni. Tale procedura è stata da noi brevettata a livello internazionale in collaborazione con la Selenia S.P.A. ed il Consorzio I.N.F.M. I prodotti ottenuti con tale metodo, quando confrontati con quelli usuali, mostrano una maggiore resistenza agli agenti inquinanti esterni (principalmente umidità ed anidride carbonica) e migliori caratteristiche diamagnetiche.

In particolare l'attività di misura ha riguardato:

- a) misure di suscettività magnetica a.c. in funzione della temperatura su campioni sinterizzati di $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ e $Gd_1Ba_2Cu_3O_7$. Le misure di suscettività magnetica a.c. al variare della temperatura consentono di studiare il comportamento diamagnetico dei materiali. In particolare, consentono di stimare i valori della densità di corrente critica di trasporto in funzione del campo magnetico applicato. I risultati delle misure mostrano che i campioni sinterizzati in atmosfera ozonizzata hanno una minore dipendenza dal campo magnetico rispetto agli usuali campioni sinterizzati in ossigeno;
- b) misure di suscettività in funzione della frequenza del campo magnetico a.c. applicato. Tale studio viene effettuato per investigare sulle caratteristiche del materiale intergranulare. I risultati di questa prima serie di misure hanno messo in luce le condizioni necessarie per la separazione del contributo della dipendenza dalla frequenza della componente superconduttiva dal contributo delle correnti indotte nel materiale intergranulare. Tale separazione è indispensabile per avere indicazioni sulla natura del materiale intergranulare e poter quindi intervenire durante il processo di fabbricazione eliminando il materiale intergranulare ed aumentando così i valori delle correnti critiche di trasporto ⁽¹⁾.
- c) misure di levitazione magnetica. Queste misure sono state effettuate per stabilire il minimo campo magnetico necessario a far levitare campioni policristallini con dimensioni dell'ordine delle centinaia di micron alla temperatura di 77K. L'apparato di misura è costituito essenzialmente dal levitometro in dotazione al Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova. Tale strumento ha permesso di effettuare una prima serie di misure dirette di dM/dH su grani superconduttori, che verranno poi estese anche a polveri superconduttrici. Dalle misure effettuate su svariati campioni è risultato che il composto $Gd_1Ba_2Cu_3O_7$ ozonizzato al 1% ha un valore di campo magnetico minimo per la levitazione di 120 G. Tale valore corrisponde ad un miglioramento del 40% rispetto agli altri campioni finora misurati.

Sempre nell'ambito dell'attività sperimentale è stato avviato uno studio riguardante gli effetti sulle proprietà diamagnetiche e di trasporto dovuti alla variazione del tempo di permanenza in forno, alla temperatura di 950 °C, dei composti di tipo $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ sotto flusso di ossigeno arricchito con percentuale del 5% di ozono. Le indicazioni preliminari ottenute con microscopio a luce polarizzata e con microscopio elettronico, su una serie iniziale di campioni prodotti con differenti tempi di permanenza, danno un aumento delle dimensioni dei cristalli all'aumentare del tempo di permanenza.

Il problema delle connessioni intergranulari e del loro ruolo nel complesso comportamento magnetico dei superconduttori ceramici sono stati affrontati anche dal punto di vista fenomenologico sviluppando un modello che descrive il comportamento di tali materiali in presenza di campo magnetico. In particolare si è analizzato come il meccanismo di accoppiamento tra grani venga influenzato dalle correnti di trasporto e come ciò si rifletta sul comportamento diamagnetico del materiale^(2,3).

Inoltre è stato sviluppato un nuovo modello per spiegare i valori di densità di corrente dei superconduttori ad alta T_c . Introducendo un parametro, dato dal rapporto tra la lunghezza di

coerenza e la costante reticolare, è possibile distinguere i superconduttori ad alta T_c da quelli tradizionali in quanto tale parametro è minore di uno nel caso dei primi e maggiore di uno nel caso di quelli tradizionali.

Pubblicazioni

- 1) F. Celani, L. Liberatori, S. Pace, B. Polichetti, A. Saggese, A. Pallone, High Temperature Superconductivity, 3rd National Meeting (1990), World Scientific Publishing (Singapore) 326.
- 2) F. Celani, L. Liberatori, S. Pace, B. Polichetti, A. Saggese, in print on Physica C.
- 3) F. Celani, R. De Luca, L. Liberatori, S. Pace, A. Saggese, in print on IEEE Transaction on Magnetics.
- 4) G. Sacerdoti, R. Paggi, D. Sacerdoti, Il Nuovo Cimento, Vol. 12 D, N. 6 (1990) 857.

N I D

Componenti del gruppo
A. La Monaca

Collaborazione con:
CNR-Monterotondo, Università 'La Sapienza di Roma, Università di Bristol-UK.

L'esperimento NID di gruppo V è stato sviluppato seguendo il programma precedentemente stabilito (vedi rapporti di Attività '88-'89) realizzando un nuovo rivelatore ad immagine per raggi X capace di rivelare alti flussi fotonici senza subire danneggiamento per radiazione. Il rivelatore è formato da un rivelatore a gas scintillante, che converte i fotoni X assorbiti in fotoni ultravioletti. I fotoni di luce U.V. hanno una lunghezza d'onda maggiore di $2000 \text{ \AA}$ (1) e vengono collezionati da un CCD matriciale attraverso un sistema di fibre ottiche demagnificanti. Questo sistema ha lo scopo di connettere la piccola area del CCD all'area più grande del rivelatore di area e di non esporre il CCD direttamente ai raggi X.

Nel corso del 1990, l'attività NID ha riguardato il controllo della realizzazione meccanica:

- i) dell'impianto da vuoto dotato di compressore e purificatore di gas Xe e N_2 a circuito chiuso;
- ii) del relativo banco di supporto mobile dotato di movimenti di posizione x,y,z micrometrici;
- iii) della camera da vuoto portante il rivelatore;

e la scelta ed acquisizione della telecamera e del sensore a CCD.

Pubblicazioni

- 1) A. La Monaca, P. Ottonello, M. Piacentini, G.A. Rottigni, N. Zema: "Use of CCD Optical Sensors as a Image Analysis Tool of the Low Energy Synchrotron Radiation Beam". Nucl. Instr. and Meth, A292 (1990) 191.

SCCF

Componenti del gruppo

F. Celani (Resp.), A. Spallone, B. Polichetti (Ass.)

Collaborazione con

Dipartimento di Fisica, Università di Roma "La Sapienza"

Collaboratori

P. Marini, S. Fortunati (Centro Sviluppo Materiali, IRI-Roma)

Sono continuate, nel laboratorio sotterraneo a basso fondo di radiazioni del Gran Sasso, le ricerche iniziate ad aprile 1989 tese ad evidenziare possibili fenomeni nucleari in reticoli cristallini di metalli di transizione "riempiti" di deuterio sia a mezzo di elettrolisi che sotto pressione di gas. Tali ricerche sono comunemente note come "Fusione Fredda". Mentre nel 1989 l'attività svolta era tesa a ripetere, con limitate varianti ⁽¹⁾, gli esperimenti descritti da S.E. Jones e M. Fleischman, nel 1990 abbiamo deciso di seguire un approccio completamente nuovo studiando i fenomeni che avvengono quando si caricano con deuterio gassoso i nuovi materiali superconduttori ad alta temperatura critica. In particolare, sono stati studiati in un qualche dettaglio materiali di tipo $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ poichè l'Y ha le seguenti particolarità:

- 1) può assorbire (ad alte temperature) grosse quantità di H, D e Trizio (concentrazione H/Y fino a 3) e può quindi essere un buon candidato sostitutivo per il Pd o Ti generalmente usati;
- 2) ha una massa efficace degli elettroni fino a 5 volte quella "normale". Tale valore elevato di massa efficace potrebbe, secondo alcuni modelli teorici, favorire processi di fusione semplicemente tramite un aumento della probabilità di tunneling;
- 3) esistono alcuni modelli teorici che ipotizzano la possibilità di fusione a freddo proprio in materiali superconduttori ad alta temperatura critica data la loro ridotta dimensionalità.

Abbiamo quindi caricato con deuterio gassoso, ad alta pressione (40 bar) e temperatura (100-200 °C), "pasticche" sinterizzate di superconduttori ad alta temperatura critica. Tramite 2 rivelatori di neutroni ad 3He , efficienza $\cong 1\%$, nel laboratorio del Gran Sasso è stato possibile evidenziare ripetutamente deboli emissioni di neutroni durante cicli termici dalla temperatura dell'azoto liquido (-196 °C) a quella ambiente. Abbiamo osservato che le emissioni avvengono principalmente quando:

- a) il materiale è ciclato per la prima o prime volte;
- b) la temperatura del materiale è prossima a quella della transizione dallo stato superconduttore a quello normale (tra -180 °C e -170 °C).

Successivamente tali esperimenti sono stati ripetuti da S.E. Jones e collaboratori con rivelatori per neutroni ad alta efficienza ($\cong 32\%$) confermando i nostri pionieristici risultati.

Inoltre sono stati condotti esperimenti di emissione stimolata di neutroni su superconduttori deuterati, a temperatura ambiente, tramite neutroni provenienti da una debole sorgente (2.2KBeq) di Am-Be. Gli esperimenti sembrano dare risultati positivi anche se per ora con statistica non del tutto soddisfacente ⁽²⁾. Sono in corso sviluppi per implementare la acquisizione elettronica tramite computer.

Pubblicazioni

- (1) F. Celani, A. Spallone, S. Pace, B. Polichetti, A. Saggese, L. Liberatori, V. Di Stefano, P. Marini; *Fusion Technology*, Vol. 17, N.4 (1990) 718.
- (2) F. Celani, A. Spallone, L. Liberatori, B. Stella, F. Ferrarotto, M. Corradi, P. Marini, S. Fortunati, M. Tului, *Proc. of Anomalous Nuclear Effects in Deuterium/Splids Systems Conference*, 22-24 Oct. 1990, Provo (USA). In print by American Institute of Physics.

SURF

Componenti del gruppo

M. Castellano, A. Ghigo, P. Patteri (Resp.), C. Sanelli, M. Serio, F. Tazzioli

Collaborazioni

*INFN-Sezione di Napoli and Univ. di Napoli-Dipart. di Scienze Fisiche, Napoli,
ENEA-CRE Frascati, 0044 Frascati*

L'esperimento SURF, per realizzare un laser ad elettroni liberi (FEL) nell'infrarosso, é stato approvato nel 1989 con lo scopo di verificare e sfruttare al meglio l'elevata qualita' del fascio fornito dal linac superconduttore LISA, e per continuare la linea di ricerca sui FEL in cui i LNF sono impegnati dal 1980.

L'esperimento é condotto da una collaborazione tra INFN, con due gruppi provenienti da Frascati e Napoli, e l'ENEA, con il gruppo impegnato sui FEL al CRE-Frascati.

I parametri principali dell'esperimento FEL sono riportati in Tabella III.

TABELA III - Parametri dell'acceleratore LISA e del FEL.

Energia (MeV)	25
Lunghezza del microimpulso (mm)	2.5
Corrente di picco (A)	5
Duty cycle	<10%
Corrente media nel macroimpulso (mA)	2
Emittanza invariante (π m rad)	10^{-5}
Dispersione in energia @ 25 MeV	$2 \cdot 10^{-3}$
Frequenza del microimpulso (MHz)	50
Frequenza del macroimpulso (Hz)	10
Periodi dell'ondulatore	50
Lunghezza del periodo dell'ond. (cm)	4.4
Parametro dell'ond. K_{rms}	0.5 - 1.0
Lunghezza d'onda emessa @ 25 MeV (μ m)	11 - 18
Larghezza di riga del laser @ 15 μ m	0.5%
Guadagno a piccolo segnale @ 15 μ m	10.0%
Guadagno a piccolo segnale @ 5 μ m	2.5%

L'ondulatore é stato studiato dall'ENEA e dall'Ansaldo Ricerche. È del tipo ibrido con magneti permanenti di NdFeB. Il parametro dell'ondulatore K_{rms} puo' variare tra 0.5 e 1.0, corrispondente ad un intervallo di lunghezza d'onda per il FEL tra 11 e 18 micron a 25 MeV in prima armonica. L'ondulatore é stato completato all'inizio del 1991 e se ne prevede l'installazione a Frascati dopo il completamento delle misure magnetiche.

La cavita ottica é simmetrica, lunga 6m, con specchi con raggio di curvatura $R=3.4$ m. L'errore di allineamento degli specchi deve essere « 100 microradianti, corrispondenti a variazioni degli attuatori di circa 1 μ m. Per assicurare un controllo accurato su un esteso intervallo é stato disegnato un sistema a due stadi, composto da un traslatore micrometrico motorizzato, che copre un intervallo di 10 mm in passi di 1 μ m, e un piezoelettrico con variazione di 15 μ m in passi di

0.05 μm . Il disegno meccanico della cavita' e la sua costruzione sono compito del gruppo di Napoli. Si prevede di iniziare il montaggio e le prove preliminari di allineamento a meta' del 1991.

Parametri della cavita' ottica:	Lunghezza L_c (m)	6
	Lunghezza di Rayleigh Z_0 (m)	1.1
	Raggio di curvatura specchi R (m)	3.40
	1 ^a armonica (μm)	15
	Raggio minimo ($1/e^2$) w_0 (mm)	2.3
	Raggio sugli specchi (mm)	6.7
	Perdite in cavita'	1 %
	Estrazione	1 %
	Potenza di picco (MW)	1.2
	Potenza media nel macroimpulso (W)	500
	Potenza media (W)	50
	3 ^a armonica (μm)	5
	Raggio minimo ($1/e^2$) w_0 (mm)	1.3
	Raggio sugli specchi (mm)	3.8

Pubblicazioni

- M. Castellano et al., 'FEL using the linear accelerator LISA at LNF', Nucl. Instr. and Meth. A296 (1990) 159
- P. Patteri, M. Castellano, A. Ghigo, 'Study of LISA FEL operation with prebunched beam', Nucl. Instr. and Meth. A296 (1990) 164
- M. Castellano et al., 'Status report of the IR FEL project on the SC linac LISA at LNF-Frascati', LNF-90/082(P), to appear in Nucl. Instr. and Meth.
- P. Patteri, 'Design consideration on the optical cavity for SURF', Adone int. memo LIS-77

6. - FISICA TEORICA

Componenti del gruppo

F. Aversa, S. Bellucci, M. Benfatto, G. Dicarlo, E. Etim, A. Grillo, M. Greco, C.R. Natoli, F. Palumbo, G. Pancheri

L'attività del gruppo si articola lungo le seguenti linee di ricerca:

1. Fisica alla Phi-factory
2. Fenomenologia dei Colliders Adronici
3. Fenomenologia dei Colliders elettroni-positroni
4. Teoria dei Campi
5. Fisica Nucleare
6. Teorie di Gauge su Reticolo
7. Teoria delle Stringhe e Wormholes
8. Fisica Matematica
9. Struttura della materia

1. - FISICA ALLA PHI-FACTORY

M.Greco

PROGETTO ϕ -FACTORY

È stato portato a termine, in collaborazione con moltissimi colleghi sperimentali e teorici, uno studio delle possibilità di fisica relative alla realizzazione di una ϕ -Factory a Frascati, con luminosità $L = o(10^{33})$.

Primariamente ciò comporta lo studio della violazione di CP, ma include molte altre tematiche di fisica adronica (decadimenti rari di K, decadimenti radiativi spettroscopia adronica, (g-2), lagrangiane chirali,...). Questo studio ha portato, insieme allo studio preliminare della macchina, alla presentazione del progetto di Phi-Factory successivamente approvato dagli organi direttivi dell'INFN.

2. - FENOMENOLOGIA DEI COLLIDERS ADRONICI

G. Pancheri

Collaborazione con

A. Grau dell'Università di Barcelona, F. Halzen e T.Han dell'Università del Wisconsin a Madison, R.J.N. Phillips di Rutherford Laboratory, Y.N. Srivastava dell'Università di Perugia

Lo studio della fisica ai grandi colliders adronici è proseguito lungo tre linee di ricerca:

- (a) Il contributo dei minijets alla sezione d'urto totale.
 - (b) Il problema della regolarizzazione delle distribuzioni in momento trasverso in QCD.
 - (c) Fenomenologia del bosone di Higgs nella regione di massa intermedia.
-
- (a) La programmazione dei detectors per macchine ad alta energia ed alta luminosità si basa su predizioni accurate della struttura degli eventi di minimum bias, quali le sezioni d'urto totali,

distribuzioni in molteplicità e in momento trasverso, etc. All'aumentare dell'energia, i tipici processi "soft" della fisica adronica degli anni 70 sono vieppiu' contaminati da contributi di scattering hard e semihard, cioè da una percentuale (finora crescente) di minijets. A questo proposito è stata portata a termine, una formulazione di tipo eikonale del contributo dei minijets alla sezione d'urto totale, che incorpora i termini di QCD in un formalismo che soddisfa le condizioni poste dall'unitarietà.

In questo contesto è stato anche calcolato il contributo dei minijets al rapporto fra la parte reale e quella immaginaria dell'ampiezza di scattering avanti, che peraltro risulta piu' piccolo di quello misurato dalla collaborazione UA4 al SppS del CERN. Questo calcolo è stato oggetto della tesi di laurea dello studente Lorenzo Medici.

- (b) È stato portato a compimento lo sviluppo di un metodo per regolarizzare la struttura infrarossa delle distribuzioni in momento trasverso in QCD, utilizzando il metodo di Bloch e Nordsieck, e includendo nel calcolo anche termini che danno luogo ad un momento trasverso paragonabile alla massa prodotta. Questo formalismo è stato esteso al caso di distribuzioni doppie, in momento ed energia trasversa, ed è stato applicato ai dati sperimentali di UA1.
- (c) I limiti posti dalla collaborazione CDF sulla massa del top, hanno cambiato notevolmente gli studi fenomenologici sulla ricerca del bosone di Higgs. Gli ultimi limiti infatti indicano che il top sia piu' pesante del bosone W, con la conseguenza che il W diventa prodotto con una frequenza di tipica delle interazioni forti. Per poter identificare il bosone di Higgs si deve ricorrere allo studio di canali di decadimento senza W. Questo porta alla necessità di esaminare canali rari, con piccolissimi branching ratios. Nell'ambito di questa ricerca sono stati studiati i canali

- (i) $H \rightarrow Z^* Z^*$
- (ii) $H \rightarrow W^* W^*$
- (iii) $H \rightarrow t^* \bar{t}^*$
- (iv) $HZ \rightarrow \gamma \gamma Z$

e sono stati esaminati vari tipi di fondo "intrinseco", cioè dovuto a processi di QCD che hanno la stessa segnatura del segnale, quali

- (i) $q \bar{q} \rightarrow Z^* Z^*$
- (ii) $q \bar{q} \rightarrow Z \gamma^*$
- (iii) $\text{gluone gluone} \rightarrow Z \gamma^*$
- (iv) $q \bar{q} \rightarrow \gamma \gamma Z$

Il calcolo di cui al punto (iii) è in fase di stesura finale ed è stato fatto in collaborazione con A. Grau, Y.N. Srivastava e B. De Tollis.

Quanto al contributo alla larghezza del bosone di Higgs che viene dalla produzione di una coppia top-antitop, ma con un top fuori dal mass shell, si è visto che, contrariamente al caso dei bosoni intermedi, il contributo è assai piccolo. Questo lavoro è stato fatto in collaborazione con R.J.N. Phillips di Rutherford Laboratory, UK.

Il processo di produzione di Higgs associato con uno Z0 è stato studiato nel contesto dei gruppi di lavoro ECFA/LHC, dove si è messo in evidenza che questo processo può essere

interessante in quanto il fondo irriducibile dovuto alla doppia bremsstrahlung di QED che lo accompagna è trascurabile. Si è però notato che è caratterizzato da un numero di eventi assai basso, che lo rendono utilizzabile solo in colliders adronici ad altissima luminosità.

F. Aversa e M. Greco

QCD Perturbativa
Nuovi bosoni vettoriali alle energie dell'LHC

*Collaborazione con
P. Chiappetta e J.Ph. Guillet dell'Università di Marsiglia*

QCD PERTURBATIVA

Nel campo della QCD perturbativa è stato portato a termine in collaborazione con P. Chiappetta e J.Ph. Guillet, il calcolo analitico delle correzioni all'ordine α_s^3 nello scattering partone-partone, allo scopo di ottenere previsioni accurate per la produzione inclusiva di jets adronici al livello del (20-30)%.

In particolare è stato completato il calcolo di sezioni d'urto per la produzione di jet per un apparato rivelatore di forma arbitraria, integrando i risultati analitici sopra menzionati - validi per piccoli angoli di apertura del jet - con calcoli numerici, ottenuti integrando gli stessi elementi di matrice su una regione di spazio delle fasi priva di divergenze soffici e collineari. Si è mostrato come i risultati analitici - di grande semplicità per le applicazioni fenomenologiche - siano validi con una approssimazione del 10% fino a coni di semiapertura delta di circa (0.7-0.8) rad.

Successivamente le previsioni teoriche sono state confrontate con ottimo accordo con i dati sperimentali di UA2 e CDF, che utilizzano algoritmi di jet diversi, mostrando anche che la QCD al terzo perturbativo fornisca risultati molto stabili al variare dei parametri di scala non fissati univocamente dalla teoria.

FISICA ad LHC

Nell'ambito del gruppo di lavoro per LHC relativo alla possibile esistenza di ulteriori bosoni vettori, predetta da modelli di gauge estesa, composti, etc., è stata studiata la produzione ai colliders adronici futuri LHC e SSC dei bosoni di gauge WR e WI, associati a due gruppi di gauge di bassa energia originati dalla rottura della superstringa in E6.

Sono stati quindi calcolati i limiti per l'osservazione sperimentale a LHC e SSC usando le luminosità previste per tali macchine.

3. - FENOMENOLOGIA DEI COLLIDERS AD ELETTRONI E POSITRONI

F. Aversa e M. Greco

*Collaborazione con
G. Montagna e O. Nicrosini dell'Università di Pavia*

Nel campo della fisica elettrodebole, con particolare riferimento ai risultati di LEP/SSC, è continuata un'attività di supporto ai gruppi sperimentali, consistente nel migliorare il calcolo delle sezioni d'urto di QED, in particolare per lo scattering Bhabha, al livello di (0.5-1)%, tenendo

produzione di coppie di elettroni a grande angolo, e quindi per la misura dei relativi parametri elettrodeboli.

4. - TEORIA DEI CAMPI

F. Palumbo

*Collaborazione con
C. Becchi dell'Università di Genova*

- 1) Nell'ambito della proposta di Gribov ripresa da Dell'Antonio e Zwanziger abbiamo studiato l'effetto della restrizione dell'integrazione funzionale all'interno dell'orizzonte di Gribov in una gauge assiale completa in cui il determinante di Faddeev-Popov si può calcolare esattamente.
- 2) Per eliminare gli artefatti dovuti alla compattezza dei campi di gauge ed avere una regolarizzazione su reticolo agevole per calcoli perturbativi (realizzazione lineare della simmetria di gauge) abbiamo formulato una regolarizzazione in termini di campi di gauge non compatti. Tale regolarizzazione fa uso di campi ausiliari che si disaccoppiano nel limite del continuo.

5. - FISICA NUCLEARE

F. Palumbo

*Collaborazione con
N. Loiudice dell'Università di Napoli e S. Richter dell'Università di Darmstadt*

Il modello a due rotori che ha condotto alla predizione del modo a forbice nei nuclei deformati è stato modificato per tener conto a livello semiclassico della superfluidità nucleare.

6. - TEORIE DI GAUGE SU RETICOLO

G. Di Carlo e A.F. Grillo

*Collaborazione con
V. Azcoiti dell'Università di Zaragoza, Spagna*

L'attività principale del gruppo ha riguardato lo studio ad alta statistica della natura delle transizioni sia in teorie pura gauge che con campi di materia (bosonici e fermionici). A questo scopo abbiamo sviluppato ed utilizzato potenti metodi numerici.

Teoria Pura Gauge e con campi di materia bosonici

Abbiamo effettuato simulazioni ad alta statistica della teoria $U(1)$ (senza campi di materia) su reticolo, utilizzando un metodo che permette di utilizzare l'informazione completa sulla funzione di

partizione in un intorno del punto scelto nello spazio dei parametri della teoria. Questo metodo ha il vantaggio di non richiedere una simulazione separata per ogni valore della costante di accoppiamento.

L'uso di questo metodo, in reticoli fino a $L=14$, assieme all'applicazione della teoria del "finite size scaling" alle quantità termodinamiche ci porta a concludere che la transizione di fase della QED senza campi di materia è del primo ordine. Quindi il limite continuo della teoria non può essere raggiunto ad un valore finito della costante di accoppiamento.

In relazione a questo problema, abbiamo studiato una variante dell'azione di Wilson non periodica, ma espressa in termini di variabili a supporto compatto. La teoria, pur non essendo invariante sotto particolari classi di trasformazioni di gauge, ha una matrice di trasferimento positiva e riproduce la teoria standard nel limite (ingenuo) del continuo.

Infine, abbiamo studiato la natura delle transizioni di fase nella teoria $U(1)$ con campi di materia bosonici. La presenza dei campi di materia non cambia l'ordine della transizione deconfinante rispetto alla teoria pura gauge, mentre la transizione tra la fase di Coulomb e quella di Higgs è di secondo ordine (debole).

Simulazioni con fermioni dinamici

Proseguendo le ricerche sviluppate negli anni passati abbiamo sviluppato un nuovo metodo per la simulazione di sistemi fermionici. Nello spirito dei metodi descritti sopra, l'idea principale è quella di fattorizzare dalla azione fermionica la dipendenza dalla massa e numero di sapori dei fermioni, così come dalla costante di accoppiamento di gauge: quindi la parte del calcolo che richiede più tempo di CPU (cioè il calcolo del determinante fermionico) viene effettuata una sola volta. In pratica il metodo consiste nel calcolare il logaritmo del valor medio del determinante fermionico a fissata energia per placchetta, definendo così un'azione efficace da aggiungere al termine di gauge. Perché il metodo funzioni è necessario che le fluttuazioni dell'azione effettiva siano tali da consentirne una stima efficiente.

Con questo metodo, applicato alla QED su reticolo abbiamo riprodotto i risultati esistenti in letteratura usando una piccola frazione del tempo di calcolo dei metodi standard, ed abbiamo presentato nuovi risultati

Sviluppo di reti di Transputers

In relazione alle linee di ricerca su esposte, abbiamo sviluppato una rete di transputers, attualmente costituita da 10 Transputers collegati ad un MicroVax. Questo sistema ha una potenza di calcolo di 17 MFlops (8-10 VAX 8650). Attualmente il grosso del lavoro numerico è svolto su questo sistema. Inoltre, in collaborazione con l'Università di Zaragoza ed alcuni componenti del gruppo APE di Roma, stiamo sviluppando una scheda con 8 Transputers e 32 Mbytes di memoria totali.

7. - TEORIA DELLE STRINGHE E WORMHOMES

S. Bellucci

Abbiamo proseguito lo studio dei bosoni chirali e della supersimmetria (1,0). La bosonizzazione di fermioni chirali accoppiati alla gravità è stata il primo oggetto di indagine. Abbiamo quindi considerato la teoria di $O(N)$ bosoni chirali non abeliani accoppiati a campi di gauge e, in questo contesto, abbiamo ottenuto la soluzione del modello di Schwinger chirale [S. Bellucci, M.F.L. Golterman e D. Petcher, Nucl. Phys. B326 (1989) 307]. La formulazione (1,0) supersimmetrica di modelli di Thirring chirali con massa nulla è stata presentata, dando una versione generale in 4 dimensioni della stringa eterotica di Neveu-Schwarz-Ramond che si propaga in un background che contiene il gravitone, il campo di Kalb-Ramond, il dilatone, i campi vettoriali di gauge, e certi campi scalari di massa nulla [S. Bellucci, D.A. Depireux e S.J. Gates, Jr., Phys. Lett. 232B (1989) 67] [13].

Abbiamo presentato una modificazione, ottenuta per mezzo dell'accoppiamento di Liouville, della lagrangiana dei bosoni chirali che fornisce la realizzazione come teoria di campo delle algebre W chirali [37]. Questo sistema, costituito da due campi bosonici, uno dei quali possiede la autointerazione di Liouville, può essere importante per le stringhe- W , fuori della dimensione critica, e per la gravità W . Inoltre, si sono trovate nuove soluzioni non perturbative per la superstringa di Green-Schwarz in una dimensione, ottenute discretizzando la worldsheet e stabilendo il collegamento coi modelli di matrici [14]. Abbiamo poi ottenuto la soluzione, a tutti gli ordini della teoria delle perturbazioni, della rappresentazione discretizzata della superstringa unidimensionale, compattificando la teoria in termini di variabili matriciali definite su un cerchio di raggio finito [38]. Troviamo che la simmetria duale della teoria bosonica non è rispettata per la stringa supersimmetrica [39].

Abbiamo presentato un metodo generale che permette di includere, in modo manifestamente supersimmetrico, la forma di Lorentz Chern-Simons in tutte le possibili formulazioni della supergravità in 10 dimensioni [15]. Si è proposta una lagrangiana di Yang-Mills con derivate superiori che possiede le invarianze supersimmetrica e di Lorentz in $D=10$ e che descrive configurazioni del campo di gauge aventi proprietà topologiche non banali [16]. Considerando poi il modello sigma di Green-Schwarz accoppiato al superspazio curvo con campi di background fermionici e bosonici, abbiamo trovato una anomalia conforme di ordine 1-loop proporzionale al supercampo del dilatino [S. Bellucci, Phys. Lett. 227B (1989) 61]. Analizzando l'azione effettiva di questo modello sigma abbiamo discusso le proprietà di trasformazione di Lorentz nella quantizzazione ottenuta troncando i ghost [17]. È stato eseguito il calcolo di controtermini non invarianti di Lorentz nella azione effettiva, dovuti alla procedura di quantizzazione di Kallosh [S. Bellucci e R.N. Oerter, "Lorentz non-invariance in Kallosh quantization of the Green-Schwarz heterotic sigma-model", Frascati Preprint LNF-89/089(PT)]. Infine, sono state descritte nuove supergeometrie che hanno la funzione di semplificare i calcoli delle correzioni quantistiche a 1-loop dei modelli sigma di Green-Schwarz di tipo-II [S. Bellucci, S.J. Gates, Jr., B. Radak e S. Vashakidze, Mod. Phys. Lett. A4 (1989) 1985], [41].

Nell'ambito delle attività del gruppo di studio su nuovi bosoni di gauge a LHC, organizzato dall'ECFA tra maggio e ottobre 1990 al CERN, abbiamo studiato due gruppi di gauge di bassa energia che possono sorgere dalla rottura del gruppo E_6 della superstringa. Abbiamo analizzato la

produzione e la possibile rivelazione di nuovi bosoni W ai collider adronici LHC e SSC e abbiamo ottenuto discovery limits dell'ordine del TeV [35], [4].

Le possibilità di violazione del teorema di non rinormalizzazione e della naturalità di modelli supersimmetrici sono state analizzate, nel formalismo dei supercampi, utilizzando una parziale invarianza superconforme del modello di Wess-Zumino nello spazio-tempo di anti-de Sitter, per trattare perturbativamente gli effetti della curvatura di background [S. Bellucci e J. Gonzalez, Class. Quant. Grav. 6 (1989) 505]. Considerando il modello di supercampi chirali e supercampi di gauge reali in interazione si è mostrata, con semplici argomentazioni di power counting, la non rinormalizzazione a tutti gli ordini dei termini di massa e di autointerazione chirale nella azione [18]. Abbiamo studiato inoltre le modificazioni che la fisica dei wormholes impone sul potenziale effettivo ed in particolare la rottura della simmetria. Si è visto che vi sono fenomeni di restaurazione della simmetria simili a quelli che sono prodotti nella teoria di campo quantistica a temperatura finita. Attualmente, stiamo studiando i limiti per l'Higgs e il top-quark che possono essere estratti dalla fisica dei wormholes. Infine, l'effetto delle fluttuazioni topologiche dello spazio-tempo, date dai wormholes, sulle varie quantità fisiche di bassa energia è stato considerato nel caso delle teorie di gauge abeliane [42].

8. - FISICA MATEMATICA

E. Etim

Nell'anno 1990 abbiamo fatto delle applicazioni specifiche di alcuni studi matematici condotti negli ultimi 4-5 anni. Questi studi sono:

- I) Teoria di Linguaggi Asiomatichi.
- II) Regolarizzazione vista come problema di Sommabilità.

Le applicazioni sono state, rispettivamente:

- a) Radio protezione medica, in particolare, ai problemi degli effetti stocastici delle radiazioni ionizzanti.
- b) Diffrazione adronica.

Descriviamo qui molto brevemente queste applicazioni:

I) Teoria di Linguaggi Asiomatichi

Un linguaggio assiomatico è una estensione di ciò che nel passato veniva chiamato linguaggio formale, oppure, logica classica, oppure ancora, calcolo dei predicati (predicate calculus). L'estensione consiste nell'andare oltre la deduzione, che caratterizza la logica classica, e considerare anche l'induzione, la quale caratterizza tutte le scienze empiriche. L'orrida esattezza dei sillogismi aristotelici viene allora arricchita da plausibilità probalistiche inerenti ad ogni processo di imparare delle esperienze ("Learning from experince"). In breve, il Lexeme $\equiv$ (sintasi, semantica), vis-a-vis il pragma, va visto nello stesso modo come le coppie; (causa, effetto) $\sim$ (malattia, sintomo) $\sim$ (ipotesi, dati) $\sim$ (input, output), vis-a-vis la strategia (e.g. la diagnosi). Per strategia intendiamo ogni decisione, quindi azione, (da qui il pragma) intrapresa in condizioni di incertezza ("Decision making in the face of incertainties"). A proposito di strategie governate dal famoso ma controverso teorema di Bayes stabiliamo i seguenti risultati di natura fisica:

- a) Ad ogni operatore Hermitiano (e.g. la Hamiltoniana) H è associata una equazione di bilancio dettagliata ("equation of detailed balance"). Tale equazione è l'espressione generale del teorema di Bayes.
- b) Per il Lexeme $\equiv$ (causa, effetto) la sua diagnosi è un operatore reale, lineare ed involontario che trasforma la a priori distribuzione di probabilità di effetti in a priori distribuzione di probabilità di cause. È questa trasformazione che costituisce il punto di partenza per un nuovo metodo di analisi di effetti stocastici delle radiazioni ionizzanti. Il lavoro è stato presentato su invito al 4° Corso Avanzato di Radio Protezione Medica, (Bressanone 3-7 Settembre, 1990) e pubblicato come nota interna di Frascati LNF - 90/075 (PT).

II) Regolarizzazione vista come problema di Sommabilità

La regolarizzazione non è un problema esclusivo della teoria dei campi quantizzati. Essa è invece soltanto ed esclusivamente un problema matematico, dibattuto, sebbene confusamente, fin dai tempi di Enlero. Regolarizzazione è un'altro nome per sommabilità da noi studiato è quello secondo Cesàro. Esso è una generalizzazione quasi "obvia" dell'integrale secondo Cauchy. Esso viene applicato allo studio della diffrazione adronica. Sistemato con questo modo il problema di convergenza degli integrali per l'ampiezza di scattering troviamo che tale ampiezza è rigorosamente derivabile dal teorema di Bloch-Nordsieck. Quest'ultimo è il risultato nuovo. Il lavoro è stato fatto in collaborazione con A. Malecki, M. Pallotta e G. Satta ed è in corso di pubblicazione. Per la parte matematica vedi nota interna di Frascati, LNF- 90/079 (PT).

9. - STRUTTURA DELLA MATERIA

M. Benfatto, C.R. Natoli, W. Ziyu

Collaborazione con

C. Brouder, A. Di Cicco, A. Filipponi, D.L. Foulis, R.F. Pettifer, M.F. Ruiz-Lopez, T. Tyson

Il gruppo ha concentrato il proprio lavoro sulla generalizzazione della teoria della diffusione multipla, usata per il calcolo delle sezioni d'urto di foto-assorbimento, al fine di avere la possibilità di trattare "ab initio" tutti quei fenomeni legati alla dinamica interna del potenziale molecolare come per esempio i fenomeni di correlazione elettronica, di polarizzazione, di schermo etc.. Tali fenomeni sono di una certa rilevanza in tutti quei sistemi ad alta correlazione (per esempio sistemi contenenti terre rare, metalli di transizione etc..) ed in genere si sovrappongono al canale completamente elastico. Si è riusciti in tale progetto riscrivendo la teoria esistente in un ambito basato sull'interazione di configurazioni. Tale approccio ha permesso di introdurre la dinamica di correlazione interelettrone, senza alterare la forma delle equazioni di diffusione multipla, semplicemente introducendo un ulteriore indice di canale (indicante le differenti configurazioni presenti) nei propagatori e nelle matrici di scattering che entrano nella teoria. Si sono quindi riscritte le sezioni d'urto di fotoemissione e fotoassorbimento dimostrando tra le altre cose come il limite "sudden" della teoria sia rigorosamente quello di alta energia. L'utilizzo di tale approccio ha permesso di risolvere il problema delle doppie soglie nei composti a valenza mista. È in corso di elaborazione il relativo programma di calcolo almeno per il caso semplice di due canali interagenti con applicazione allo studio delle correlazioni interelettroniche nei superconduttori ad alta temperatura. Una versione semplificata di tale approccio consiste nell'utilizzo di un potenziale ottico

per la parte di scambio e correlazione (potenziale di Hedin e Lunsqvist). Tale potenziale è in grado di tener conto in modo statistico di tutte le eccitazioni di tipo inelastico e sembra in grado di riprodurre in maniera soddisfacente sia la posizione in energia che le intensità delle strutture dei spettri di assorbimento almeno nei sistemi in cui una sola configurazione è presente in maniera rilevante. Infatti si sono ottenuti risultati molto soddisfacenti nei casi "canonici" come le soglie K del sodio in NaCl, del silicio cristallino, del sistema ZnS e delle molecole di Bromo, tetracloruro di germanio etc..L'applicazione strutturale di tale approccio è immediata in quanto si riesce ad eliminare nelle procedure di fitting tutti quei parametri legati ad indeterminazioni sulle scelte dei potenziali usati nelle simulazioni teoriche. A tale proposito si è scritto, in collaborazione con alcune Università italiane ed estere, un programma per il calcolo del termine generale n-esimo della serie di diffusione multipla con scopi di determinazione strutturale.

Pubblicazioni

- 1) F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco and J. Ph. Guillet, "Jet Production in Hadronic Collisions to $\mathcal{O}(\alpha_s^3)$ ", *Z. Phys.* C46(1990)253
- 2) F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco and J.Ph. Guillet, "Jet Inclusive Production to $\mathcal{O}(\alpha_s^3)$: Comparison with Data", *Phys. Rev. Lett.* 65 (1990)401.
- 3) F. Aversa, M. Greco, G. Montagna and O. Nicrosini, "Two-loop QED Corrections to Bhabha Scattering Near the Z^0 ", *Physics Letters* B247(1990)93.
- 4) P. Chiappetta and M. Greco (conveners) et al., "New vector bosons at LHC", in Proceedings del "Large Hadron Collider Workshop", Aachen 4-9 ottobre 1990.
- 5) G. Pancheri con la Collaborazione UA1 "A study of the General Characteristics of proton-antiproton collisions at $\sqrt{s}=0.2$ to 0.9 TeV", *Nucl.Phys.*B335, 261 (1990).
- 6) G. Pancheri con la Collaborazione UA1 "Experimental Limits on the Decay $W+\pi^+-\gamma$ at the CERN proton-antiproton collider", *Physics Lett.* B241, 283 (1990)
- 7) G. Pancheri con la Collaborazione UA1 "A Study of the D^* content of jets at the the CERN proton-antiproton collider", *Phys. Lett.* B244, 566 (1990).
- 8) A. Grau, G. Pancheri and Y. Srivastava, 'Contribution of quark-antiquark annihilation to the production of Virtual Z^0 pairs in Hadron Collisions", *Phys. Letters* B247, 611 (1990).
- 9) R. Fletcher, F.Halzen, A.Grau, G. Pancheri e Y.Srivastava, "Do we Understand Soft Gluon Resummation?", *Physics Letters* B237, 113 (1990)..
- 10) A. Grau, G. Pancheri and Y. Srivastava, 'Bloch-Nordsieck Transverse Momentum Distributions in QCD", *Phys. Rev.* D41,3360 (1990).
- 11) A. Grau, G. Pancheri and R.J.N. Phillips, "Contribution of off-shell top quarks to Decay Processes", *Physics Letters* B251, 293 (1990).
- 12) A. Grau, G. Pancheri and Y.N. Srivastava , " $HZ \rightarrow \gamma \gamma 1+1^-$: A Possibility for an Extremely High Luminosity Collider" nei Proceedings del "Large Hadron Collider Workshop", Aachen , 4-9 October 1990.
- 13) S. Bellucci, "All you need to know about chiral bosons", in "The Standard Model and Beyond", proceedings del Fifth Lake Louise Winter Institute, (Chateau Lake Louise, 18-24 febbraio 1990, edito da A. Astbury et al., (World Scientific), p. 328.
- 14) S. Bellucci, T.R. Govindarajan, A. Kumar e R.N. Oerter, *Phys. Lett.* 249B (1990) 49.
- 15) S. Bellucci, D.A. Depireux e S.J. Gates, Jr., *Phys. Lett.* 238B (1990) 315.
- 16) S. Bellucci, *Prog. Theor. Phys.* 84 (1990) 728.
- 17) S. Bellucci, *Mod. Phys. Lett.* A5 (1990) 2253.
- 18) S. Bellucci e J. Gonzalez, *Prog. Theor. Phys.* 83 (1990) 1224.
- 19) F.Palumbo, *Phys.Lett.*B244 (1990)55
- 20) F.Palumbo, *Phys.Lett.*B243(1990)109
- 21) N.LoIudice, F.Palumbo,A.Richter and M.J.Wortche,*Phys.Rev.*C42(1990)241
- 22) V. Azcoiti, G. Di Carlo and A.F. Grillo: "Towards a precise determination of the order of the phase transition in compact pure gauge QED." *Phys. Lett.* 238B (1990) 355.
- 23) V. Azcoiti, G. Di Carlo and A.F. Grillo : " Non periodic, compact formulation of QED on the lattice." *Phys. Rev.* D42 (1990) 4186 .

- 24) V. Azcoiti, A. Cruz, G. Di Carlo and A. Tarancon " The partition function with dynamical fermions ". Talk given at the LATTICE 89, Capri (Italy), September 1989, published in Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 17 (1990) 727-730.
- 25) V. Azcoiti, G. Di Carlo and A.F. Grillo : " New proposal for including dynamical fermions in lattice gauge theory: the compact QED case" Phys. Rev. Lett. 65 (1990) 2239 .
- 26) C.R. Natoli, M. Benfatto, C. Brouder, M.F. Ruiz-Lopez, D.L. Foulis, Phys. Rev B42, 1994 (1990).
- 27) R. Gunnella, M. Benfatto, A. Marcelli and C.R. Natoli, Solid State Comm. 76, 109 (1990).
- 28) D.L. Foulis, R.F. Pettifer, C.R. Natoli and M. Benfatto, Phys Rev A41 6922 (1990).
- 29) R.F. Pettifer, C. Brouder, M. Benfatto, C.R. Natoli, C. Hermes and M.F. Ruiz-Lopez, Phys. Rev B42, 37 (1990).
- 30) A. Filipponi, A. Di Cicco, M. Benfatto and C.R. Natoli, Europhysics Letters 13, 319 (1990).
- 31) M. Benfatto, " A multiple-scattering scheme with complex potential for structural analysis of XAS spectra in condensed matter", Conference Proceeding "2nd European Conference on progress in X-ray Synchrotron Radiation Research" pag.3 (1990).
- 32) D.L. Foulis, R.F. Pettifer, C.R. Natoli and M. Benfatto, " Full-potential scattered wave XANES calculations for Chromium Hexacarbonyl", Conference Proceeding "2nd European Conference on progress in X-ray Synchrotron Radiation Research" pag.27 (1990).
- 33) Ph. Saintavit, J. Petiau, M. Benfatto and C.R. Natoli, " Full multiple-scattering theory applied to the determination of photoelectron mean-free path in zincblende and silicon", Conference Proceeding "2nd European Conference on progress in X-ray Synchrotron Radiation Research" pag.31 (1990).
- 34) F. Aversa, P. Chiappetta, L. Gonzales, M. Greco and J.Ph. Guillet, "Jet Cone Size Dependence of Inclusive Cross Section to $\alpha(a_3)$ ", preprint CERN-TH-5710/90, to be published on Z. Phys.
- 35) F. Aversa, S. Bellucci, P. Chiappetta, M. Greco, "Production of WR and WI Bosons from Superstring-Inspired E6 Model at Hadron Colliders", preprint LNF- 90/081PT, to be published in Phys. Letters B.
- 36) M. Giorgi, M. Greco and M. Piccolo (conveners), "Physics programme, Proposal for a Phi-Factory", LNF-90/031.
- 37) S. Bellucci e E. Ivanov, "Liouville realization of W-algebras", INFN-Frascati preprint LNF-90/046(PT).
- 38) S. Bellucci, "Duality transformation of the one dimensional supersymmetric string", INFN-Frascati preprint LNF-90/116(PT), in stampa in Phys. Lett. B.
- 39) S. Bellucci, "The discretization of D=2 surfaces and supersymmetry invariance", INFN-Frascati preprint LNF-90/073(PT), in stampa nei proceedings della "International Conference on Lattice Field Theory", Tallahassee, Florida 8-12 ottobre 1990.
- 40) S. Bellucci, "Higher derivative modifications of D=10 superspace Yang-Mills theories", in stampa in Z. Phys. C - Particles and Fields.
- 41) S. Bellucci, "Effective action approach to the Green-Schwarz superstring", INFN-Frascati preprint LNF-90/055(PT), in stampa nei proceedings della "Fourth Regional Conference on Mathematical Physics, Teheran 12-17 maggio 1990.
- 42) S. Bellucci e D. O'Reilly, "Wormholes and charged particles", INFN-Frascati preprint LNF-90/087(PT).
- 43) V. Azcoiti, G. Di Carlo and A.F. Grillo " High statistics study of the nature of the phase transitions of scalar, compact QED ". DFTUZ-90/11, to be published in Phys. Lett. B .
- 44) V. Azcoiti, A.Cruz, G. Di Carlo, A.F. Grillo and A.Vladikas " Simulating lattice fermions by microcanonically averaging out the non-local dependence of the fermionic action." LNF-90/088 (PT), to be published in Phys. Rev. D .
- 45) V. Azcoiti, A. Cruz, G. Di Carlo, A.F. Grillo and A. Vladikas " Testing a new procedure for simulating dynamical fermions: the compact U(1) case." Preprint ROM2F/90/50 .Talk given at the LATTICE 90, Tallahassee (USA), October 1990, to be published in Nucl. Phys. B(Proc. Suppl.) .
- 46) E. Etim, Nota Interna di Frascati, LNF-90/075 (PT).
- 47) E. Etim, A.Malecki, M.Pallotta e L.Satta , Nota Interna di Frascati LNF-90/079 (PT).
- 48) S. Angeretti and M. Benfatto, "Multiple scattering calculation of the XAS in the non-superionic phases of AgI", articolo presentato al congresso XAFS York, England (1990), da essere pubblicato.
- 49) C.R. Natoli, "Structure, many-body effects and their interrelation in inner-shell x-ray absorption spectra in condensed matter", articolo presentato al congresso XAFS York, England (1990), da essere pubblicato.

DIVISIONE ACCELERATORI

Direttore

G. Vignola

Direttori Aggiunti

M. Bassetti (DAΦNE), A. Cattoni (DAΦNE), M. A. Preger (ADONE), F. Tazzioli (ARES-L)

Assistenti di Direzione

P. Amadei, V. Chiarella, S. Faini, G. Modestino

Segreteria

S. Colasanti, G. Possanza

La Divisione Acceleratori è stata costituita lo scorso anno unendo le preesistenti Divisioni Macchine e Tecnica. Tale fusione è avvenuta per un utilizzo ottimale delle risorse dei Laboratori, a cui il Consiglio Direttivo dell'INFN ha deciso di affidare la costruzione dell'acceleratore DAΦNE.

DAΦNE è un collider ad elettroni e positroni ad altissima luminosità specificamente progettato per lavorare all'energia di produzione del mesone Φ (1020 MeV nel centro di massa) per esperimenti di violazione di CP. La sua entrata in funzione è prevista entro la fine del 1995. DAΦNE sostituirà l'acceleratore ADONE, entrato in funzione nel 1969. ADONE continuerà a funzionare per gli esperimenti fino al suo definitivo smantellamento, previsto per la fine del '92.

Le attività primarie della Divisione, a cui i differenti Servizi hanno contribuito secondo le loro competenze, sono state:

- 1) definizione dettagliata di tutti i parametri di DAΦNE ed inizio del disegno ingegneristico;
- 2) operazione di ADONE per esperimenti ad uno e due fasci;
- 3) costruzione ed assemblaggio dell'acceleratore LISA.

Quest'ultimo è un acceleratore lineare S.C. da 25 MeV che sarà il test bed per attività di ricerca e sviluppo nel campo delle cavità R.F. superconduttrici. A tale tipo di attività, svolta nell'ambito di una ampia collaborazione nazionale (Progetto ARES) supportata dall'INFN e descritta in maggior dettaglio nel seguito, la Divisione Acceleratori partecipa con un gruppo dedicato.

DAΦNE

DAΦNE (Double Annular Φ -factory for Nice Experiment) è il primo acceleratore in costruzione nel mondo il cui obiettivo primario è la Luminosità piuttosto che l'Energia.

E' costituito da due anelli di accumulazione (vedi Fig. 52) in cui elettroni e positroni circolano in opposte direzioni e collidono in due punti di interazione intorno a cui saranno allocati gli apparati sperimentali. Il valore minimo della Luminosità all'energia di 1020 MeV nel centro di massa è

$$L = 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$$

ma il disegno prevede la possibilità di raggiungere valori di Luminosità maggiori di almeno un ordine di grandezza. L'energia massima di funzionamento sarà di 1500 MeV nel centro di massa.

DAΦNE sarà dotato di un nuovo e moderno iniettore per elettroni e positroni costituito da un LINAC e da un accumulatore. Il LINAC potrà anche essere usato per la calibrazione degli apparati sperimentali.

Una planimetria schematica dell'intero complesso è mostrata in Fig. 53.

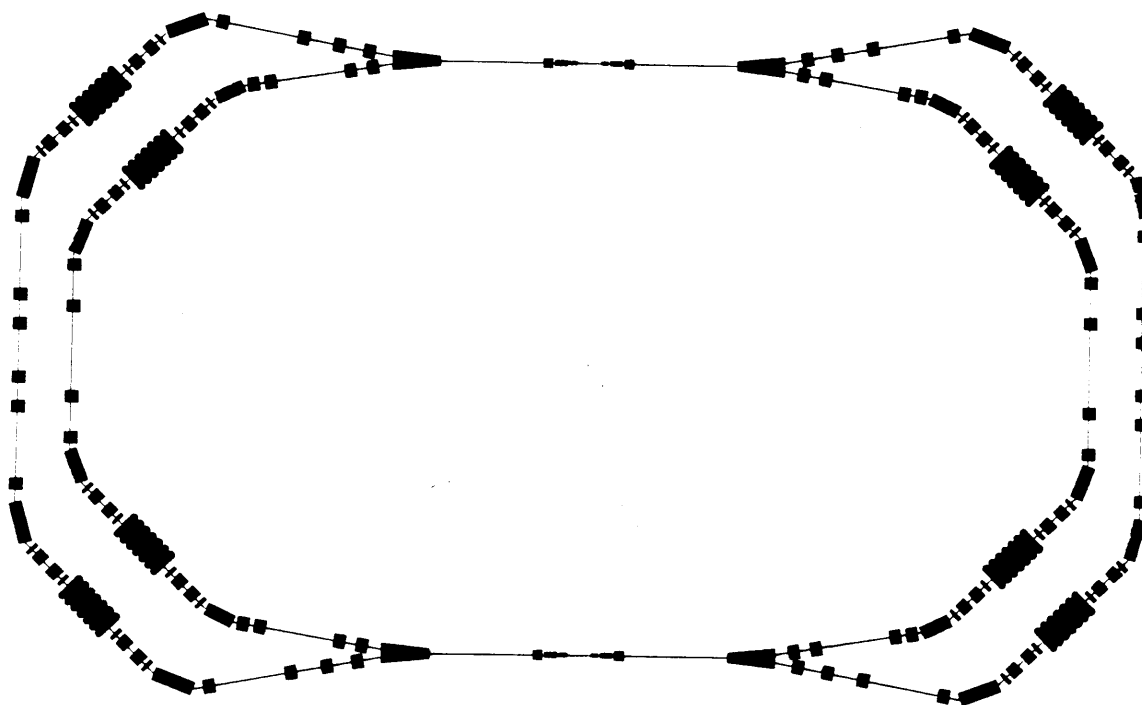


FIG. 52 - DAΦNE.

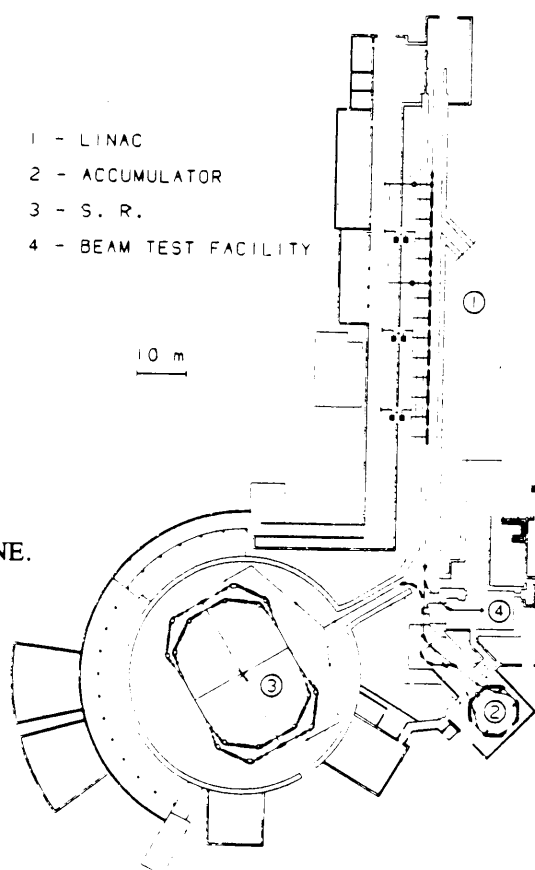


FIG. 53 - Planimetria d'insieme del complesso DAΦNE.

ADONE

L'attività di Adone nel corso del 1990 è stata caratterizzata dall'inizio del funzionamento a due fasci per l'esperimento FENICE, reso possibile dall'installazione, durante l'autunno dell'anno precedente, del nuovo sistema di iniezione a kickers rapidi.

Questo sistema, interamente progettato e realizzato dalla Divisione, è stato provato al termine della fermata di Settembre 1989, con ottimi risultati: il rendimento di iniezione dei positroni è migliorato di un fattore ≈ 15 rispetto al sistema precedente, raggiungendo una velocità di accumulazione di ≈ 2 mA/minuto, compatibile con le esigenze di FENICE nel modo di funzionamento ad un solo bunch di elettroni ed uno di positroni. Il nuovo sistema ha inoltre migliorato sensibilmente anche l'efficienza di iniezione degli elettroni, in modo tale da consentire un rate di ≈ 1 mA/secondo. Al termine di queste prove è stato quindi possibile accumulare contemporaneamente i due fasci, giungendo alla rivelazione, dopo oltre 12 anni di operazione a soli elettroni, dei primi eventi di interazione fascio-fascio.

È stata inoltre studiata e sperimentata, per il funzionamento a due fasci, una nuova struttura magnetica per Adone, con la periodicità dell'anello ridotta a 6 rispetto al valore normale di 12. Questa struttura permette di ottenere al centro di 6 sezioni dritte dell'anello un valore della funzione di betatrone verticale ≈ 3 volte inferiore a quello ottenibile con l'ottica precedente. In tal modo viene ridotta l'influenza dell'interazione fascio-fascio sulla stabilità della macchina, ed è quindi possibile aumentare la corrente accumulata e la luminosità. I risultati ottenuti sono stati molto soddisfacenti, consentendo sia un sensibile aumento della luminosità che un migliore andamento di quest'ultima in funzione della corrente accumulata.

Sempre nell'ambito dello studio del funzionamento di Adone a due fasci, è stato messo a punto e reso operativo l'apparato di rivelazione della bremsstrahlung singola fascio-fascio, necessario per ottenere una misura rapida della luminosità. Tale apparato ha la doppia funzione di determinare in tempo reale la costante di normalizzazione per l'esperimento Fenice e di fornire un feed-back immediato sulla variazione dei parametri ottici dell'anello per aumentare la luminosità. Il dispositivo consiste in un sistema di due contatori a "sandwich" di strati piombo-scintillatore, in grado di dare un segnale proporzionale all'energia dei fotoni incidenti. Dall'analisi dello spettro dei fotoni si risale al valore della sezione d'urto di rivelazione, e quindi dal numero di fotoni acquisiti alla luminosità.

Per quanto riguarda il funzionamento dell'anello a singolo fascio, particolare attenzione è stata dedicata ai problemi di allineamento del fascio, resi cruciali dai nuovi sistemi di tagging entrati in funzione sulle linee del Ladon e del Jet Target. Sono state inoltre calcolate, provate ed installate sul calcolatore di controllo della macchina le procedure per spostare il fascio nelle posizioni desiderate per più linee allo stesso tempo, in modo da rendere possibile il parassitaggio di un esperimento sull'altro.

LISA e Progetto ARES

L'attività del Progetto ARES riguarda uno degli sviluppi più interessanti nel campo degli acceleratori avanzati per elettroni e cioè sugli acceleratori lineari (LINAC) superconduttivi (SC).

La possibilità di ottenere da LINAC SC fasci continui con altissime intensità (ordine del mA) bassissime emittanze e risoluzioni energetiche dell'ordine di 10^{-4} apre un vasto panorama di appli-

cazioni in Fisica Nucleare delle energie intermedie ed in Fisica dei quark pesanti come ampiamente illustrate nel corso di vari Workshop e Conferenze [1], [2], [3]. Con riguardo alle applicazioni a macchine di altissima energia e/o ad alta luminosità, per lo studio delle particelle elementari, osserviamo che è grande l'interesse di programmi di R&S sulle cavità a RF superconduttive, per raggiungere campi acceleranti cinque o sei volte superiori a quelli attualmente ottenibili e fornire così la soluzione più pratica ed economica per realizzare collisori con energie di molti TeV [4]. Ne consegue l'interesse intrinseco dello sviluppo di tecniche, componenti, e sistemi di controllo che consentano, con lo studio in profondità delle ragioni che limitano le prestazioni a valori ancora lontani dai limiti teorici e delle possibilità di superarle, di migliorare sostanzialmente i valori di campo accelerante nelle cavità superconduttrici.

Il Progetto ARES, del quale LISA è inteso costituire il primo passo, ha come obiettivo a breve termine lo sviluppo delle tecniche suddette e a lungo termine la realizzazione di un acceleratore lineare superconduttivo avanzato da 500 MeV, con caratteristiche di fascio estremamente interessanti per le applicazioni di cui sopra. Il tunnel necessario per ospitare tale macchina può essere ricavato prolungando quello di Lisa.

LISA è un acceleratore lineare superconduttore il cui principale obiettivo è quello di acquisire esperienza su alcuni dei problemi dei Linac superconduttori e sui fasci d'elettroni di alta brillantezza nel quadro del programma ARES promosso dall'INFN nel campo della superconduttività a radiofrequenza applicata agli acceleratori.

L'energia di progetto della macchina è 25 MeV, la corrente media nell'impulso (della durata dell'ordine del millisecondo) è 2 mA. La ripetizione dev'essere compatibile con una potenza media di fascio dell'ordine di 1 KW. La struttura della macchina è stata ampiamente descritta nei rapporti di varie conferenze e nel rapporto d'attività dei LNF dell'88.

Il progetto ha subito qualche ritardo a causa del mancato completamento degli edifici e dei servizi ausiliari. Nel 1990 è stato comunque completato il corpo principale degli edifici e ciò ha permesso l'inizio dell'installazione degli impianti di radiofrequenza, refrigerazione e raffreddamento fin dal Settembre. Anche la realizzazione delle cavità superconduttrici e dei rispettivi criostati, che è stata interamente commissionata all'industria, ha incontrato qualche difficoltà. Le prime prove di potenza su tutti e quattro i moduli completi, effettuate nella seconda metà dell'anno, hanno fornito risultati insoddisfacenti (perdite eccessive a campi > 3 MV/m). Ciò ha comportato la necessità di interventi correttivi ed un ritardo nei tempi di consegna.

Sono invece proseguite le prove sul cannone termoionico (corrente = 200 mA, emittanza $< 10^{-5}$ m-rad), che hanno permesso di effettuare misure d'emittanza del fascio mediante l'analisi dell'immagine formata su una targhetta fluorescente al variare della corrente in un solenoide foccheggiante. Nella Fig. 54 è mostrata la stazione di prova del cannone e nella Fig. 55 un'immagine ottenuta attraverso una telecamera a CCD ed elaborata con il calcolatore.

Le parti (nuclei e bobine) degli elementi magnetici del canale d'iniezione erano già pronte e nel mese di Settembre hanno avuto inizio l'assemblaggio e le misure magnetiche dei componenti del canale d'iniezione. Nella Fig. 56 è mostrata la stazione di misure magnetiche del Servizio di Ingegneria Elettrotecnica con un quadrupolo di LISA in misura. Alla data di stesura del presente rapporto (Marzo 91) la macchina e i relativi impianti sono in piena fase d'installazione. Non sono

ancora state consegnate le cavità superconduttrici che tuttavia sono in corso di collaudo finale in ditta.

Per quanto riguarda più specificamente il Progetto ARES, nel 1989 è stata iniziata la realizzazione di alcuni prototipi di cavità SC per l'acceleratore lineare, in collaborazione con l'industria nazionale. Sono state commissionate due cavità SC prototipo a quattro celle da 500 MHz (la frequenza di LISA e di ARES), una in Nb massiccio e una in rame ricoperto con un film di Niobio. La consegna è prevista nella seconda metà del 1991. Per mettere a punto le tecniche di fabbricazione e pulitura chimica l'industria ha costruito, nel corso del 1990, una serie di celle singole la cui qualità è stata verificata presso i LNF con misure in criostato verticale. Nella Fig. 57 è mostrata una cella, montata su un apposito sostegno, pronta per essere calata nel criostato per la misura. Nella Fig. 58 è mostrato un diagramma sperimentale del fattore di merito in funzione del campo elettrico.

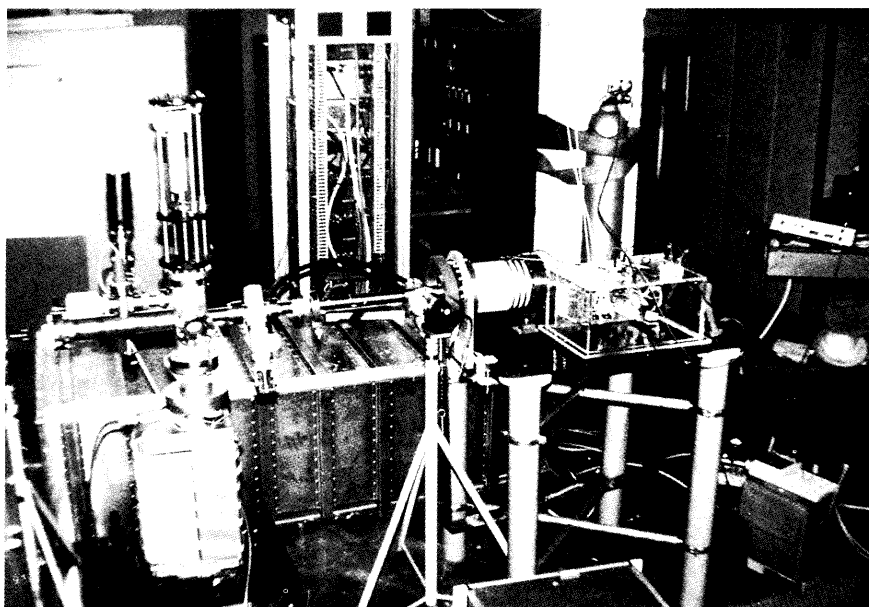


FIG. 54 - Stazione di prova del cannone.

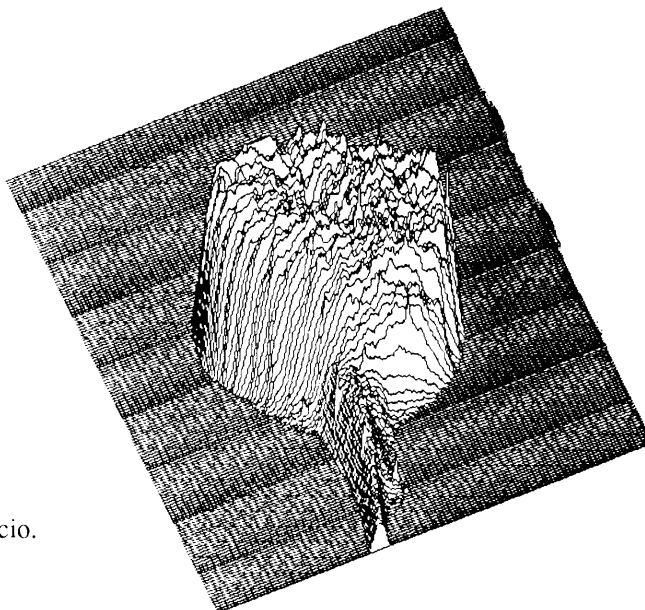


FIG. 55 - Immagine del fascio.

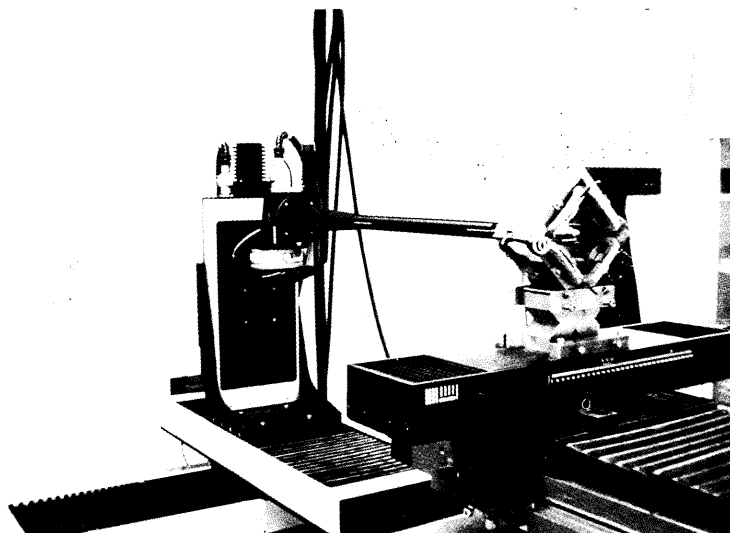


FIG. 56 - Misure magnetiche su un quadrupolo.

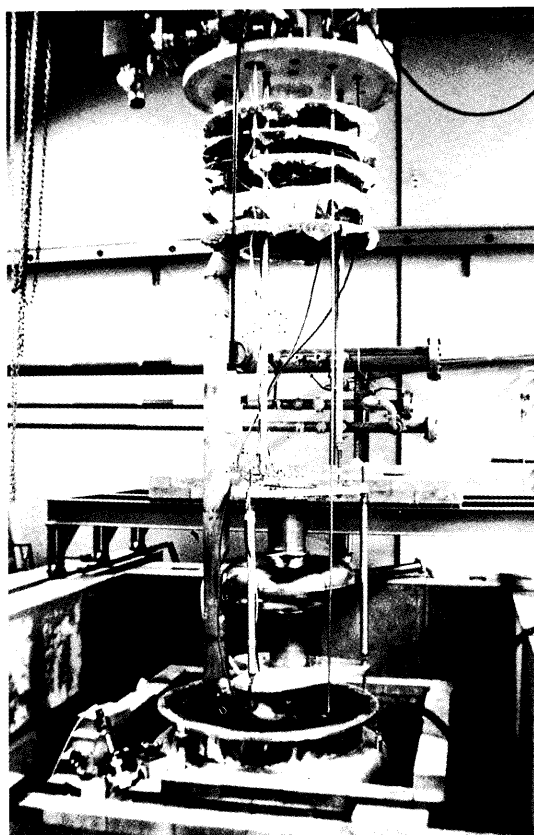


FIG. 57 - Cavita' monocella sul supporto.

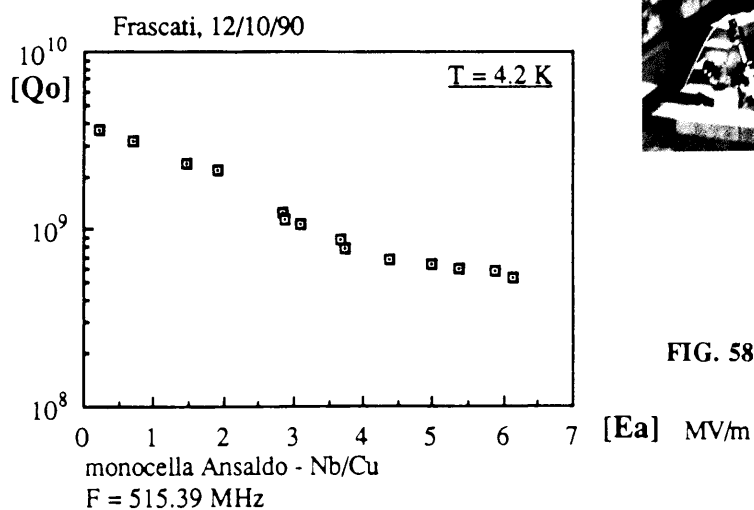


FIG. 58 - Fattore di merito vs. campo accelerante.

Nel corso del 90 è stata promossa presso l'industria la tecnica di deposizione di film sottili di Nb su rame. Tale tecnica promette notevoli vantaggi sia per l'ottenimento di campi più elevati con perdite minori, che per la possibile semplificazione del criostato. È stata costruita dall'industria una prima cella con tale tecnica e le misure hanno fornito risultati incoraggianti. La naturale estensione della ricerca in questa direzione riguarda lo studio di film di materiali superconduttori diversi dal niobio puro che offrano caratteristiche ancora più adatte all'ottenimento di campi acceleranti più elevati. Una tale ricerca è stata svolta presso i LNF, nel quadro di una collaborazione con il CERN e con varie Università italiane.

È in corso d'allestimento nei Laboratori una sala tecnologica dedicata, che verrà fornita di una camera pulita di alta classe, acqua ultrapura, apparati di radiofrequenza e sistemi per il pompaggio e il recupero dell'elio.

SERVIZIO FISICA ACCELERATORI

Componenti

*S. Bartalucci, M. Bassetti, M.E. Biagini, C. Biscari, A. Ghigo, S. Guicucci,
S. Kulinski, M. A. Preger, B. Spataro, G. Vignola (Resp.)*

L'attività del Servizio è stata imperniata sul completamento del disegno concettuale di DAΦNE e del suo sistema d'iniezione.

Altra attività importante è stata la partecipazione agli studi di macchina su ADONE necessari per commissionare la struttura low- β per il funzionamento a due fasci ed il nuovo sistema di iniezione a kickers rapidi.

SERVIZIO ELETTRONICA, CONTROLLI E DIAGNOSTICA

Componenti

*V. Andreassi, O. Coiro, S. De Simone, G. Di Pirro, G. Felici, U. Frascacco,
O. Giacinti, Wang Guicheng., C. Marchetti, C. Milardi, F. Ronci, F.V. Rubeo,
F. Sanelli, M. Serio (Resp.), L. Trasatti*

Il Servizio cura lo sviluppo e la realizzazione dei controlli e della diagnostica degli acceleratori, la manutenzione e gli ammodernamenti della strumentazione della Sala Controllo Adone, partecipa ai turni di misura e di messa a punto delle Macchine, e contribuisce all'attività del Magazzino Elettronica dei LNF. Il Servizio partecipa per le parti di competenza tecnica e scientifica al gruppo di progetto di DAΦNE ed a collaborazioni internazionali nel campo degli acceleratori di particelle.

Attività su Adone:

- realizzazione e messa a punto del sistema di temporizzazione per iniettare il fascio proveniente dal Linac in un qualsivoglia 'bucket' della radio-frequenza acceleratrice. L'iniezione in un singolo bunch comporta la sincronizzazione entro pochi nanosecondi dell'impulso del cannone di iniezione e del tempo di accensione degli impulsatori dei kickers (frequenza di ripetizione dei

due sistemi $\leq 2/\text{secondo}$) con la tensione acceleratrice della cavità di Adone (frequenza 51.4 MHz);

- multiplexer a larga banda per il sistema di misura di intensità e di posizione del fascio nell'ottica di trasporto dal Linac ad Adone (monitor a strip-line);
- installazione del sistema di deflessione elettrostatico per la separazione dei fasci nel modo collider;
- migliorie al sistema di feedback trasverso del fascio di positroni;
- supporto generale alla normale operazione e ai turni di misura e di messa a punto della macchina, anche con l'impiego di personale in turni continuati;
- manutenzione ordinaria;
- manutenzione straordinaria, riparazioni e modifiche in relazione a gravi guasti all'impianto di potenza di uno dei setti pulsati di iniezione.

Attività su Lisa

È stato sviluppato, in collaborazione con altri componenti del Gruppo LISA, il software di base di controllo dell'acceleratore. Una prima sperimentazione del sistema di controllo è stata effettuata per il sottosistema delle bobine di deflessione magnetica del fascio nel Linac di Adone:

- impostazione e realizzazione della Sala Controllo Lisa. Messa in opera delle alimentazioni e dei collegamenti dei cavi di controllo e di segnale;
- progetto, realizzazione dei prototipi e caratterizzazione di alimentatori di corrente programmabili (tipo debole da $\pm 2.5\text{A} @ \pm 12\text{V}$ e tipo forte da $\pm 6\text{A} @ \pm 35\text{V}$) per i quadrupoli e le bobine di correzione del canale di iniezione e di trasporto a 1 MeV;
- progetto e realizzazione dell'elettronica per la misura della posizione del fascio lungo il complesso dell'acceleratore lineare superconduttore LISA, derivata da monitor di posizione a strip-line da installare nei quadrupoli delle linee di trasporto e dell'acceleratore stesso. Il sistema è basato sulla cosiddetta "modulazione e demodulazione di fase", in cui la differenza di ampiezza di due segnali da un monitor di posizione, contenente sia l'informazione sulla posizione, che quella dell'intensità di corrente del fascio, viene trasformata in una differenza di fase fra due sinusoidi o pseudo-sinusoidi, dipendente solo dalla posizione e non dalla corrente. Dalla decodifica dello sfasamento fra le due tensioni si risale alla posizione del fascio. Il modulo è in grado di rendere la posizione del fascio su un range dinamico di 60 dB (segnali da 0.5 a 500 mVpp dal monitor) entro $\pm 0.15\text{mm}$ per un fascio fino a $\pm 4.0\text{mm}$ dal centro del monitor di posizione.

SERVIZIO RADIOFREQUENZA

Componenti

P. Baldini, R. Boni (Resp.), A. Gallo, F. Lucibello, S. Quaglia, A. Spreccacenero, T. Tranquilli.

L'attività del Servizio RF è dedicata allo sviluppo di sistemi a radiofrequenza e cavità risonanti per gli acceleratori di particelle. In particolare, la gestione e le migliorie al sistema RF di Adone sono attualmente l'attività principale.

Nel 1990, sono da segnalare alcune importanti modifiche fatte al sistema di feedback longitudinale di Adone a 22.8 MHz, fra cui l'installazione di nuovi circuiti nella catena amplificatrice.

Sono stati completati la realizzazione e i collaudi dei circuiti RF a bassa potenza dell'iniettore di LISA. Gli amplificatori di potenza a klystron e le guide d'onda per l'alimentazione delle cavità superconduttrici sono stati installati in sala modulatori LISA.

Alcune cavità in niobio a cella singola sono state collaudate a radiofrequenza e i loro parametri significativi sono stati misurati in ambiente criogenico.

Inoltre è iniziato lo studio del sistema RF e delle cavità acceleratrici per la macchina DAΦNE.

SERVIZI MECCANICA-IMPIANTI E VUOTO

Componenti Servizio Meccanica e Impianti

*A. Aragona (Resp.), G. Ceccarelli, R. Ceccarelli, A. Cupellini, G. Ermini,
G. Fontana, R. Lanzi, A. Mazzenga, E. Passarelli, P. Pellegrini, G. Serafini,
R. Sorchetti, A. Sorgi, M. Sperati*

Componenti Servizio Vuoto

*G. Carinci, V. Chimenti (Resp.), A. Clozza, N. De Sanctis, R. Di Raddo,
M. Di Virgilio, V. Lollo, C. Marini*

Le attività principali dei Servizi, costituiti alla fine del '90 per motivi funzionali ed organizzativi connessi con la costruzione di DAΦNE, sono state la manutenzione e lo sviluppo dei sistemi di vuoto, meccanica e impianti criogenici e fluidistici.

I Servizi hanno partecipato ai programmi di ricerca e sviluppo della Divisione, dando supporto di ingegneria e sviluppando nuove tecnologie nei campi di interesse.

I principali campi di attività sono stati:

- 1 - Adone-Linac
- 2 - Lisa
- 3 - E-Cooling
- 4 - Attività criogenica.

1 - Adone

Il 1990 è stato caratterizzato da un notevolissimo impegno dei Servizi volto a ripristinare adeguate condizioni di funzionamento della macchina, condizioni venute meno a seguito di alcuni incidenti accaduti nel corso dell'anno - da segnalare in particolare una rottura del vuoto sul cannone del Linac e la rottura di un passante ceramico sulla cavità RF. L'attenzione rivolta alla cura di questi fatti ha assorbito buona parte delle energie dei Servizi nella seconda metà dell'anno.

Durante il corso dell'anno si è sostituito il tratto del canale da vuoto di Adone relativo al tagging dell'esperimento Jet Target. Consiste questo tratto di una camera curva speciale, a due uscite e con una lunga finestra sottile, progettata, costruita e collaudata sullo scorcio dell'anno.

Oltre a varie modifiche apportate al sistema da vuoto e agli impianti di raffreddamento del Linac e di Adone, i Servizi sono stati impegnati, come di consueto, nella manutenzione ordinaria e straordinaria della macchina.

2 - Lisa

Sono proseguite la progettazione e la costruzione delle parti del canale da vuoto ed elementi connessi fino allo spettrometro da 25 MeV.

È stata avviata l'installazione degli impianti criogenici e di raffreddamento. Il completamento della macchina fino allo spettrometro da 25 MeV è previsto per il 1991.

3 - Electron Cooling

L'esperimento Electron Cooling è costituito da un canale UHV entro cui circola un fascio di elettroni a 700 KeV. Il sistema è in allestimento presso i Laboratori Nazionali di Legnaro.

Durante il 1990 è proseguita la fase di progetto e costruzione degli elementi costituenti il canale da vuoto. Una relazione su tale attività è stata presentata al Congresso Internazionale sugli Electron Cooling Devices tenuto presso i Laboratori Nazionali di Legnaro.

4 - Attività criogenica

Durante il corso del 1990 sono stati prodotti 12.000 litri di elio liquido prevalentemente utilizzati dal progetto ARES. La messa in funzione di un nuovo compressore a vite, ha permesso di conseguire un notevole aumento della capacità produttiva dell'impianto di liquefazione.

È stata garantita al Progetto ARES una fattiva collaborazione per le misure delle cavità SC, in particolare per quanto riguarda le operazioni di pulizia, montaggio, messa sotto vuoto e raffreddamento.

SERVIZIO INGEGNERIA CAD/CAE

Componenti

A. Battisti, A. Beatrici, F. Sgamma (Resp.), G. Raffone G. Sensolini, J. Wang, A. Zolla

Il Servizio ha esplicato una intensa attività di addestramento nell'uso dei programmi di CAD, sia bidimensionali che tridimensionali, rivolta a tutti gli utenti dell'INFN. Inoltre, in collaborazione con l'ITALCAD, ha continuato il programma di sviluppo dei programmi stessi.

Il Servizio, a partire dal settembre del '90, ha spostato il baricento della propria attività sul progetto di DAΦNE, di cui curerà la progettazione meccanica.

SERVIZIO DI INGEGNERIA ELETTROTECNICA

Componenti

F. Iungo, A. Riondino, C. Sanelli (Resp.), S. Vescovi

Il Servizio, costituito alla fine del 1990, svolge attività di progetto e sviluppo tecnologico nel campo dei magneti convenzionali e superconduttori per macchine acceleratrici e nel campo degli alimentatori di potenza. Cura inoltre la manutenzione e lo sviluppo dell'impiantistica elettrica convenzionale dei LNF.

Magneti ed Alimentazioni

L'attività in questo campo è stata principalmente rivolta a DAΦNE e a LISA.

Per DAΦNE è stata svolta una intensa attività di progettazione elettromagnetica per il dimensionamento preliminare del magnete sperimentale, dei magneti degli anelli principali e dell'accumulatore. È stato studiato un quadrupolo a magneti permanenti di tipo "ibrido", con polo in ferro e possibilità di tuno, per il quale è stato definito con l'Ansaldo Ricerche un contratto per la realizzazione di un prototipo.

In collaborazione con il Servizio Ingegneria CAD-CAE è stato avviato il disegno per la realizzazione di un prototipo di Split Field Magnet.

Nella prima metà del '90 si è provveduto al calcolo dei magneti di LISA e dei relativi impianti di alimentazione. Gli alimentatori sono stati tutti provati in laboratorio. Sono state effettuate le misure magnetiche sui 22 quadrupoli con la determinazione dello scostamento dell'asse magnetico dall'asse meccanico. Rimangono ancora da misurare i magneti curvanti dell'arco e del canale dello spettrometro. È stata avviata ed è in corso di realizzazione tutta l'impiantistica necessaria per il posizionamento, l'installazione e la messa in funzione di detti magneti. Sono state completate le commesse per la realizzazione dei dipoli e dei quadrupoli del canale a 25 MeV. È stata portata a compimento la parte generale di impiantistica elettrica relativa all'intero complesso LISA.

È stata regolarmente garantita la continua assistenza per manutenzione ordinaria e straordinaria sugli impianti di alimentazione dei magneti di Adone. Si è effettuata la completa sostituzione dei cavi di collegamento dei quadri convertitori ai trasformatori principali conseguente ad un principio di incendio.

Cabina Elettrica

Nell'ambito di questa attività si è provveduto alla gestione e all'assistenza elettrotecnica ai programmi dei LNF ed ai vari gruppi sperimentali.

SERVIZIO OPERAZIONE

Componenti

G. Baldini, M. Belli, B. Bolli, A. Cecchinelli, R. Clementi, M. Gentile, E. Grossi, M. Martinelli, M. Meli, V. Pavan, S. Pella, R. Pieri, G. Piermarini, P. Tiseo, R. Valtriani, M. Vescovi (Resp.), R. Zarlenga

Il Servizio è stato impegnato nella operazione di ADONE per esperimenti ad uno e due fasci.

Nel corso del 1990 si sono verificati sulla macchina due guasti molto seri, uno sul deflettore degli elettroni e l'altro sul gun del LINAC, i quali hanno richiesto due fermate, rispettivamente di 15 e 90 giorni, durante le quali il Servizio ha partecipato attivamente alla riparazione.

Nella seguente Tabella sono indicati i dati riassuntivi del funzionamento di Adone. I dati si riferiscono ai primi 7 mesi dell'anno, escludendo i 3 mesi di interruzione causati dal guasto al sistema di iniezione nel Linac.

Dati funzionamento Adone

Utente	Tempo assegnato (ore)	Fascio accumulato (ore)	Sala aperta Messa a punto (ore)	Iniezione guasti (ore)	Efficienza (%)
LADON	488	327	26	135	70.7
PULS/PWA	995	785	8	202	79.5
JET TARGET	649	415	31	91	67.2
FENICE	1399	684	249	466	59.4

Il Servizio è stato inoltre impegnato in:

- Preparazione e collaudi di potenza di sistemi "compressori di impulsi" per aumentare l'energia del LINAC.
- Prove e collaudi componenti di LISA con particolare riferimento al gun.

SERVIZIO MAGAZZINI

Componenti

*F. Bocale, D. Budano (Resp.), M. Campoli, B. Casagrande, R. Ciocca,
V. Crisanti, M. Giorgi, V. Luppino, M. Rossi*

Nel corso del 1990 è stata affinata la struttura del Servizio per far fronte con maggiore efficienza alla sempre più crescente richiesta dell'utenza.

I risultati più significativi conseguiti a tale scopo sono:

- completamento del programma di computerizzazione dei movimenti con l'installazione del sistema di "codifica a barre" a mezzo di terminalini portatili dotati di lettori ottici (già realizzato nel 1989) che consente una migliore e più corretta gestione delle operazioni di scarico e inventario delle giacenze;
- ristrutturazione completa del magazzino metalli che ha permesso il recupero di ulteriori spazi consentendo agli addetti di operare in condizioni di maggiore sicurezza;
- notevole ampliamento dei componenti elettronici grazie al contributo del 10% in più, oltre all'assegnazione iniziale, deciso dalla Direzione a favore dei magazzini;
- ulteriore ampliamento degli articoli di entrambi i magazzini che ha fatto aumentare il numero degli stessi portandoli ad un totale di 4.055 per un valore complessivo delle giacenze di ca. 1.200 MI ;

- realizzazione definitiva del "Catalogo Generale di Magazzino" con le caratteristiche tecniche degli articoli standardizzati disponibili nei Magazzini LNF: risultato finale importante del notevole lavoro di ristrutturazione del settore svolto dal Servizio negli ultimi due anni;
- inventario generale di fine anno;
- attività a servizio degli utenti che ha comportato l'emissione di 300 ordinativi di fornitura per attrezzature e reintegro scorte e ca. 50.000 operazioni di scarico per un valore complessivo di 460,0 Ml. di prelevamenti.

SERVIZIO ARES-L

Componenti

*M. Barone, M. Castellano, M. De Giorgi, G. Di Gioacchino, G. Fuga,
U. Gambardella, M. Minestrini, P. Patteri, T. Shintake, L. Siracusano, F. Tazzioli
(Resp.), C. Vaccarezza, Zhuang Jiejia*

Il Servizio ARES-L è dedicato interamente al progetto LISA ed al suo commissioning il cui inizio è previsto entro il 1991. Partecipa inoltre alle attività di ricerca e sviluppo del Progetto ARES.

E' supportato, compatibilmente con le esigenze di ADONE e DAΦNE, dagli altri Servizi della Divisione Acceleratori.

Referenze

- (1) C.Ciofi degli Atti " Nuclear Physics with Electron Beams in the GeV Region", Proc. Workshop on Physics Possibilities of a High Luminosity e+e- Facility of up to ≈ 12 GeV, Frascati, 22-23 April 1987. A.Molinari " Nuclear response explored with electrons", ibid.
- (2) Proc. Workshop on a Heavy Quark Factory and Nuclear Physics Facility with Superconducting Linacs, edited by E. De Sanctis, M.Greco, M.Piccolo, S.Tazzari; Courmayeur, 14-18 Dec. 1987.
- (3) U.Amaldi "Origin, development and status of the superconducting radiofrequency complex", Proc. Workshop on a Heavy Quark Factory and Nuclear Physics Facility with Superconducting Linacs, edited by M.Greco, M.Piccolo, S.Tazzari; Courmayeur, 14-18 Dec. 1987.
- [4] H. Padamsee " Superconducting accelerating structures for TeV colliders"-Proc. Workshop on the " Physics of linear colliders" - Capri, Italy, 1988 e inoltre "Superconducting RF cavity technology"- 1990 Linac Conference, Albuquerque.

Pubblicazioni e contributi Conferenze

- A. Cattoni, G. Raffone, C. Sanelli, "Magnets and power supplies for ARES", EPAC 90.
- S.Tazzari, "The ARES project", EPAC 90.
- L.Palumbo, "Analytical calculation of the impedance of a discontinuity", Particle Accelerators, 1990 Vol.25, pp. 201-216.
- A. Aragona, S. Bartalucci, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, G.Di Pirro, S. Faini, A. Gallo, U. Gambardella, A. Ghigo, S. Kulinski, M. Vescovi et al., "Status of the LISA superconducting LINAC project", EPAC 90.
- C. Biscari, A. Aragona, R. Boni, M. Castellano, V. Chimenti, A. Gallo, S. Kulinski, C. Sanelli, B. Spataro, F. Tazzioli, F. Tian, M. Vescovi, "Status of LISA injector", EPAC 90.
- A. Aragona, J. Bigolas, C. Biscari, R. Boni, V. Chimenti, A. Gallo, S. Getka, G. Getka, M. Vescovi et al., "1 MeV capture section for LISA injector", EPAC 90.
- R. Boni, D. Di Gioacchino, M. Ferrario, A. Gallo, U. Gambardella, M. Minestrini, C. Pagani, R. Parodi, L. Serafini, S. Tazzari, F. Tazzioli, C. Vaccarezza, "Progress report on SC cavities for ARES", EPAC 90.
- R. Boni et al.: "The RF system of the Frascati LISA 1 MeV injector", EPAC 90.

- S. Bartalucci, M. Bassetti, C. Biscari, S. Kulinski, L. Palumbo, P. Patteri, M. Preger, C. Sanelli, B. Spataro, F. Tazzioli, F. Tian, J. Xu, "LISA: beam transport and dynamics", EPAC 90.
- A. Aragona, V. Chimenti, S. De Simone, G. Felici, A. Ghigo, S. Guiducci, A. Odian, M. A. Preger, M. Serio, F. Tazzioli, M. Vescovi, "New injection system for ADONE", EPAC 90.
- P. Patteri, "An optical beam size monitor for ADONE", EPAC 90.
- S. Bartalucci, C. Biscari, L. Palumbo, B. Spataro, "Study of beam transport and dynamics in the ARES SC LINAC", EPAC 90.
- M. Barone, A. Cattoni, G. Modestino, M. Preger, C. Sanelli, "Status report on the superconducting Wiggler-insertion device on ADONE", EPAC 90.
- M. Castellano, L. Catani, N. Cavallo, F. Cevenini, G. Di Pirro, C. Milardi, M. Serio, F. Serlini, L. Trasatti, W. Gui Cheng, "Computer control and diagnostic equipment for the LISA project", EPAC 90.
- S. Bartalucci, M. Bassetti, M. Biagini, C. Biscari, S. Guiducci, M.R. Masullo, L. Palumbo, M. Preger, M. Serio, B. Spataro, G. Vignola, "Design criteria and lattice study for the LNF ϕ -Factory", EPAC 90.
- L. Serafini, "Design of the SC laser driven injector for ARES", Proc. EPAC 90.
- M. Barone, A. Cattoni, C. Sanelli, "Successful test of a superconducting Wiggler for the Frascati electron storage ring ADONE", Presented on the 11th International Conference on Magnet Technology (MT-11), Tsukuba, Japan.
- A. Aragona, S. Bartalucci, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, G. Di Pirro, S. Faini, A. Gallo, M. Vescovi et al., "The linear superconducting accelerator (LISA) project at Frascati INFN Laboratories", Presented at 1990 Linear Accelerator Conference, Sept.10-14,1990.
- A. Aragona, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, G.P. Di Pirro, A. Gallo, A. Ghigo, M. Vescovi et al., "The injector of the superconducting LINAC LISA", Linear Accelerator Conference Sept.10-14,1990.
- Mario Serio, "Tune measurement CERN accelerator school KFA-JULICH, Sept.90.
- V. Boffa, G. Paternò, C. Alvani, S. Casadio, U. Gambardella, C. Vaccarezza, "Effects of sintering conditions on the transport properties of YBaCuO pellets", Physica C 162-164, 913.
- R. Boni, D. Di Gioacchino, A. Gallo, U. Gambardella, M. Minestrini, F. Tazzioli, C. Vaccarezza, "Activities on superconducting cavities at LNF", 1990 Applied Superconductivity Conference, Snowmass Village, CO, Sept. 24-28.
- M. Barone, A. Cattoni, R. Marabotto, G. Masullo, R. Punzone, C. Sanelli, "The quench analysis of 6T S.C. wiggler for ADONE at Frascati", 1990 Applied Superconductivity Conf. Snowmass, Colorado, Sept. 24-28.
- G. Paternò, V. Boffa, U. Gambardella, "Transport properties of high critical temperature superconductors" Proc. 3rd National Conference Superconduttività ad Alta Temperatura di Transizione, SATT-3, Genova 12-14/90, C. Ferdeghini, A. Siri, Ed.s, World Scientific and ENEA internal report RT/NUCL/90/07.
- V. Boffa, F. Murtas, G. Paternò, C. Romeo, D. Di Gioacchino, U. Gambardella, C. Vaccarezza, C. Alvani, S. Casadio, "Magnetic Characterization of YBCO type superconductors, Proc. 3rd National Conference Superconduttività ad Alta Temperatura di Transizione, SATT-3, Genova 12-14/90, C. Ferdeghini A. Siri, Ed.s, World Scientific.
- A. De Ninno, P. Gilson, M. Marinelli, G. Paternò, G. Balestrino, "Transport critical currents in Bi-Sr-Ca-Cu-O pellets and single crystals", Physica C 162-164, 395.
- V. Boffa, F. Murtas, G. Paternò, C. Alvani, S. Casadio, M. Penna, Di Di Gioacchino, U. Gambardella, C. Vaccarezza, "Superconducting properties of high density YBaCuO sintered samples", ENEA internal report RT/NUCL/90.
- V. Boffa, F. Murtas, G. Paternò, U. Gambardella, P. Parodi, F. Licci, "Transport properties of Bi-Sr-ca-Cu-O and Y-Ba-Cu-O single crystals", ENEA internal report RT/NUCL/90.
- The FEL project in the Frascati INFN Laboratories- M. Castellano et al. Nucl. Instr.and Meth. in Phys. Res. A296 (1990) 159-163.

Note Tecniche

- S. Bartalucci, M. Bassetti, M.E. Biagini, C. Biscari, S. Guiducci, M.R. Masullo, L. Palumbo, B. Spataro, G. Vignola: "The Horizontal Versus Vertical Crossing Angle and the Crab Crossing Scheme for DAΦNE", G-1 (1990).
- M. Bassetti, M.E. Biagini, C. Biscari, S. Guiducci, M.R. Masullo, G. Vignola: "High Emittance Lattice for DAΦNE", L-1 (1990).
- M. Preger: "A Positron and Electron Accumulator for DAΦNE", I-1 (1990).
- S. Bartalucci, M. Bassetti, M.E. Biagini, C. Biscari, S. Guiducci, M.R. Masullo, L. Palumbo, B. Spataro, G. Vignola: "DAΦNE Design Criteria", G-2 (1990).

- G. Di Pirro, C. Milardi, A. Stecchi, L. Trasatti: "General Structure of the DAΦNE Control System", C-1 (1990).
- M. Preger: "Injection Scheme for the DAΦNE Main Ring", I-2 (1990).
- C. Sanelli: "The DAΦNE Split Field Magnet", M-1 (1990).
- R. Boni, A. Gallo: "The Radiofrequency System for DAΦNE", RF-1 (1990).
- L. Palumbo: "Double R.F. System for DAΦNE", RF-2 (1990).
- P. Baldini, F. Lucibello, "Sezione di cattura dell'iniettore di LISA: circuiti di controllo a radiofrequenza", LIS-67, 5/1/90.
- R. Boni, A. Gallo, "Studio di una cavità deflettente e del relativo sistema RF per la misura della lunghezza del bunch di LISA", LIS-68, 5/1/90.
- P. Baldini, F. Lucibello, "Linea di ritardo variabile (trombone) con azionamento a motore", RF-63, 10/1/1990.
- P. Baldini, F. Lucibello, "Inflector: sfasatore 50 MHz-270°", RF-64, 10/1/90.
- P. Amadei, "Civil engineering works", ARES-31, 12/1/90.
- L. Trasatti, "EPCS instrument protocol examples", LIS-69, 15/1/90.
- C. Sanelli, "Preliminary design of the Phi-Factory detector", ARES-32, 24/1/90.
- A. Gallo, "A formula to deduce the Q0 of a resonant cavity from a reflection measurement", RF-65, 29/1/90.
- P. Amadei, "Civil engineering works-up to dating of ARES-31", ARES-33, 6/2/90.
- P. Baldini, R. Boni, A. Gallo, F. Lucibello, S. Quaglia, "Prove di potenza e caratterizzazione del prebuncher 500 MHz-LISA", LIS-70, 8/2/90.
- P. Baldini, R. Boni, A. Gallo, S. Kulinski, F. Lucibello, S. Quaglia, B. Spataro, M. Vescovi, "Low power tests of LISA capture section", LIS-71, 8/2/90.
- P. Patteri, "Another arc for the 25 MeV transport line of LISA", LIS-72, 9/2/90.
- S. Kulinski, "Semianalytical formulas for extended fringing fields in 1 MeV LISA bending magnets", LIS-73, 9/2/90.
- S. Bartalucci, "Simulation of beam-beam effects: a first look", ARES-34, 12/2/90.
- F. Tazzioli, "Dimensioni del fascio da un cannone con effetti di carica spaziale", L-104, 12/2/90.
- M. Vescovi, "Situazione KLY's", L-105, 12/2/90.
- S. Vescovi, C. Sanelli, "Studio sulla stabilità del sistema di alimentazione AC/DC dei quadrupoli di ADONE sistema OCEM", MA-59, 20/2/90.
- C. Biscari, "Transport line between the capture section and the superconducting LINAC", LIS-74, 28/2/90.
- P. Patteri, "A reduced version of the 4-bending arc for LISA", LIS-75, 1/3/90.
- M. Preger, "Apparati sperimentali e strumentazione di macchina sulle sezioni dritte di ADONE", SC-138, 6/3/90.
- G. Raffone, "Valutazione del campo termico generato per assorbimento localizzato di energia", M-57, 20/3/90.
- G. Raffone, "Tensioni e deformazioni di un guscio assialsimmetrico", M-58, 21/3/90.
- A. Ghigo, "Sistemi laser per esperimenti FEL VUV", ARES-35, 28/3/90.
- C. Biscari, Tian Fang, "1.1 MeV arc sensitivity to errors and correction scheme", LIS-76, 6/4/90.
- P. Patteri, "Design consideration on the optical cavity for SURF", LIS-77, 11/4/90.
- S. Guiducci, M. Vescovi, "Misure sul LINAC per determinare le dimensioni del fascio di elettroni all'ingresso della sezione N° 5 (luglio 89)", L-106, 20/4/90.
- F. Iungo, C. Sanelli, S. Vescovi, "Misure Magnetiche campo disperso dei magneti pulitori di Jet Target", MM-20, 23/4/90.
- M. Castellano, N. Cavallo, "Definizione preliminare delle procedure per la messa in funzione del canale di iniezione di LISA", LIS-78, 3/5/90.
- M. Ferrario, C. Pagani, L. Serafini, "Un metodo numerico di supporto alla realizzazione delle cavità di ARES", ARES-36, 15/5/90.
- O. Coiro, "Alimentatore A.T. per piastre di separazione", SC-139, 31/5/90.
- G. Felici, "Circuito di timing per il trigger dei kickers", SC-140, 8/6/90.
- P. Patteri, "A direct transport line from the LINAC to the undulator", LIS-79, 24/7/90.
- L. Catani, G. Di Pirro, "Analisi e descrizione delle caratteristiche del terzo livello del sistema di controllo di LISA", LIS-80, 2/8/90.
- A. Ceccarelli, A. Gallo, "Caratterizzazione perturbativa di un sistema di controllo analogico della fase RF in una cavità risonante", RF-66, 28/8/90.
- A. Aragona, G. Serafini, R. Sorchetti, F. Tazzioli, M. Troiani, "Notes on the alignment of the LISA accelerator", LIS-81, 20/9/90.
- F. Iungo, M. Serio, F. Tazzioli, "Specifiche delle alimentazioni dei quadrupoli e delle bobine di correzione di LISA", LIS-82, 13/10/90.
- T. Shintake, "Proposal of nano-meter beam size monitor for e⁺ e⁻ linear collider", SC-141, 13/12/90.

SERVIZI DI CENTRO

UNITA' FUNZIONALE FISICA SANITARIA

Componenti del gruppo

R. Centioni, M. Chiti, A. Esposito, A. Gentile, C. Nuccetelli, M. Pelliccioni (Resp).

Nel corso del 1990 l'U.F. Fisica Sanitaria ha, come di consueto, garantito la sorveglianza fisica della radioprotezione in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa vigente.

Oltre alle normali azioni di routine si segnalano il completamento del collaudo del laboratorio Jet-target, le misure di competenza per alcune nuove apparecchiature del linac (cannone; cavità acceleratrice), le prove di accettazione del sistema di monitoraggio ed elaborazione dati per la sorveglianza dosimetrica intorno all'acceleratore Lisa, lo studio delle caratteristiche del sistema standard dosimetrico secondario per radiazione fotonica recentemente acquisito.

Approfitrando della fermata macchina, è stata inoltre effettuata una campagna straordinaria di rilevazione della radioattività ambientale in prossimità dei punti ove sono abitualmente installati i rivelatori per i controlli dosimetrici.

Per quanto riguarda le azioni di studio, in collaborazione con ricercatori della Sezione INFN di Torino, è stata portata a termine, presso il PTB di Braunschweig e il CRE ENEA di Frascati, la calibrazione del sistema per il monitoraggio ambientale dei neutroni messo a punto per la rete di sorveglianza intorno alle macchine dei LNF.

In collaborazione con ricercatori della Sezione INFN di Milano, sulla base dei risultati di simulazioni con il calcolatore precedentemente eseguite, si è dato infine inizio alla costruzione del prototipo di un rem-counter utilizzabile fino ad energie di parecchie centinaia di MeV.

Pubblicazioni

- 1) M. Pelliccioni, Esposizione Professionale, Federazione Medica, Aprile 1990, pag. 276.
- 2) C. Birattari, A. Ferrari, C. Nuccetelli, M. Pelliccioni, M. Silari, An Extended Range Neutron Rem-Counter, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A297, 250, 1990.
- 3) A. Esposito, C. Nuccetelli, C. Manfredotti, M. Pelliccioni, A. Zanini, Note sul Monitoraggio Ambientale dei Neutroni nei LNF, Nota Interna 90/078(R).

UNITA' FUNZIONALE DI MEDICINA DEL LAVORO

Componenti del gruppo

E. Righi (Resp.), P. Rufini

Associati

A. Del Nero (Università Roma 1), M. Di Pofi (ENEA)

Collaboratori Esterne

G. Altomano (medico autorizzato per la radioprotezione), R. Cozza (oculista), V. De Simone e M. De Simone (pronto soccorso), A. Picelli (protezione sanitaria nell'impiego dei videotermini).

Nell'anno 1990 l'Unità Funzionale di Medicina del Lavoro (U.F.M.L.) dei LNF ha effettuato la sorveglianza medica preventiva, periodica e straordinaria per il Personale dipendente o equiparato che svolge attività con esposizione professionale a rischio da radiazioni ionizzanti (D.P.R. n. 185/1964).

L'U.F.M.L. ha effettuato inoltre i controlli sanitari e di igiene ambientale per i rischi convenzionali (D.P.R. n. 303/1956) e ha partecipato ai lavori della Commissione di Sicurezza.

Dette attività di medicina del lavoro comprendono indagini cliniche utili anche ai fini dello screening di malattie a significato medico-sociale.

E' stato completato il programma di protezione sanitaria nell'impiego dei videoterminali.

Analoghe attività ambulatoriali di medicina del lavoro sono state espletate anche per la Sezione Sanità e per la Sezione di Roma II - Tor Vergata.

L'U.F.M.L. ha curato l'organizzazione del servizio di pronto soccorso (camera di medicazione ai sensi del D.P.R. n. 303/1956) in collaborazione con l'ENEA-CRE Frascati.

Accanto agli aspetti più propriamente operativi, l'U.F.M.L. ha svolto attività di studio e di approfondimento nel campo della Medicina del Lavoro e della Radioprotezione medica, in particolare:

1. studio degli indicatori biologici della dose (dosimetria citogenetica);
2. criteriologie di prevenzione oncologica in radioprotezione medica;
3. analisi del rapporto di causalità probabilistica tra esposizioni ionizzanti e tumori nel singolo individuo;
4. protezione nel campo delle radiazioni non ionizzanti (NIR) e dei campi magnetici statici;
5. promozione, didattica e coordinamento del 4° Corso avanzato di Radioprotezione medica organizzato dall'Università degli Studi di Padova con il patrocinio dell'INFN.

Pubblicazioni

1. E. Righi: I rischi associati agli apparati laser. Convegno su "Apparati laser: applicazioni e problemi di sicurezza", Università degli Studi di Tor Vergata, Roma 29 - 30 marzo 1990.
2. E. Righi: Presunzione d'origine delle malattie tumorali radioinducibili (art. 32 del DPR n. 411/1976). 1° Corso di formazione per dirigenti e funzionari amministrativi degli Enti pubblici di Ricerca organizzato dall'INFN, Bressanone, 29 maggio - 1° giugno 1990.
3. E. Righi: Le basse dosi: rischi, benefici, ottimizzazione ed esigenze mediche. Convegno sulla radioprotezione del paziente organizzato dall'AIRP, Levico Terme, 7 - 8 giugno 1990.
4. E. Righi: Sistemi ematologici complessi e modelli per la dosimetria biologica. Convegno nazionale AIRP su Modellistica dei Sistemi complessi e Radioprotezione, Sorrento, 11-12 Settembre 1990.
5. E. Righi: Lesività dei dispositivi laser e protezione sanitaria. Conferenza internazionale sulle applicazioni dei sistemi laser nell'industria, ATA, Torino, 7 - 9 novembre 1990.
6. E. Righi: Conoscenze attuali sugli effetti biologici dei campi elettromagnetici. Giornata di studio AIRM su Aggiornamenti in Radioprotezione Ospedale Niguarda Ca' Granda, Milano, 1° dicembre 1990.

UNITA' FUNZIONALE BIBLIOTECA E DOCUMENTAZIONE

Componenti del gruppo

A.F. Grillo (Resp.), L. Invidia, G. Leoni, M. Pacifici, G. Romagnoli

Nel 1990 la Biblioteca ha avuto un incremento di circa 600 volumi; il numero totale di titoli alla fine del 1990 assommava a circa 20.000. Gli abbonamenti a riviste non hanno subito particolari variazioni assommando a circa 240.

La Documentazione ha curato la pubblicazione, nel 1990, di 150 lavori di cui 86 /LNF, 64 /INFN e 34 lavori per Riviste, Proceedings di Conferenze, oltre l'edizione annuale del Rapporto di Attività 1989 per l'Istituto. Sono continuati i rapporti con Istituzioni straniere e italiane (circa 400).

Ha curato l'editing del Proceeding 'Les Rencontre de Physique de la Vallée D'Aoste', La Thuile, March 18-24 (1990). Ha inoltre pubblicato:

- "Giorgio Salvini e Frascati, Frascati 28 Maggio 1990,
- Seminar on Physics Beyond the Standard Model, Frascati, December 3-7 (1990).

PUBBLICAZIONI-LNF

- /001(P) E. De Sanctis, M. Anghinolfi, N. Bianchi, P. Corvisiero, S. Frullani, G. Garibaldi, G. Gervino, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, P. Rossi, M. Sanzone, M. Taiuti, G.M. Urciuoli, A. Zucchiatti
NUCLEAR PHYSICS AT FRASCATI WITH INTERNAL TARGETS
Invited talk at the "Terzo Convegno su Problemi di Fisica Nucleare Teorica"
Cortona (October 16-18, 1989). Presented by E. De Sanctis (PACS: 25.20.-x)
- /002(PT) M.E. Biagini, S. Dubnicka, E. Etim, P. Kolár
PHENOMENOLOGICAL EVIDENCE FOR A THIRD RADIAL EXCITATION OF $\rho(770)$
Il Nuovo Cimento
- /003(P) G.P. Capitani, M. Bernheim, M.K. Brussel, A. Catarinella, L. Chinitz, J.F. Danel, E. De Sanctis, S. Frullani, F. Garibaldi, F. Ghio, M. Jodice, J.M. Le Groff, J. Le Rose, A. Magnon, C. Marchand, R. Minehart, J. Morgenstern, J. Mougey, S. Nanda, C. Perdrisat, J. Picard, R.J. Powers, V. Punjabi, A. Saha, P. Ulmer, P. Vernin, A. Zghiche
MOMENTUM DISTRIBUTION AND TWO-BODY SHORT RANGE CORRELATIONS
IN $^{16}\text{O}(\text{e},\text{e}'\text{p})$
Presented by G.P. Capitani at "Topical Workshop on Two-Nucleon Emission Reactions" Elba International Physics Center, (September 19-23 1989)
EIPC Proceeding 1989
- /004(R) C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, V. Chimenti, S. Kunliski, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi
ARES PHI-FACTORY INJECTION ELECTRON AND POSITRON GENERATION
- /005(R) P. Amadei, A. Aragona, M. Barone, S. Bartalucci, M. Bassetti, M.E. Biagini, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, A. Cattoni, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, S. De Simone, D. Di Gioacchino, G. Di Pirro, S. Faini, G. Felici, M. Ferrario, L. Ferrucci, S. Gallo, U. Gambardella, A. Ghigo, S. Guiducci, S. Kulinski, M.R. Masullo, P. Michelato, G. Modestino, C. Pagani, L. Palumbo, R. Parodi, P. Patteri, A. Peretti, M. Piccolo, M. Preger, G. Raffone, C. Sanelli, L. Serafini, M. Serio, F. Sgamma, B. Spataro, L. Trasatti, S. Tazzari, F. Tazzioli, C. Vaccarezza, M. Vescovi, G. Vignola
ARES DESIGN STUDY-THE MACHINE
- /006(RT) F. Palumbo
EXACT EVALUATION OF THE FADDEEV-POPOV DETERMINANT IN A COMPLETE AXIAL GAUGE ON A TORUS
Physics Letters B Vol. 243 n° 1,2 109 (1990) (PACS: 11.15.Ha)
- /007(R) R. Baldini-Celio, M.E. Biagini, S. Bianco, F. Bossi, M. Spinetti, A. Zallo, S. Dubnicka
KAON PHYSICS AT A Φ FACTORY
- /008(PT) F. Palumbo
GAUGE INVARIANCE ON THE LATTICE WITH NONCOMPACT GAUGE FIELDS
Physics Letters B Vol. 244, n°1 55 (1990)

- /009(NT) A. Beatrici, F. Sgamma
IL MODELLATORE SOLIDO 3D-PSM ITALCAD Versione 3.1
- /010(P) M. Anghinolfi, N. Bianchi, P. Corvisiero, E. De Sanctis, S. Frullani, F. Garibaldi, G. Gervino, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, P. Rossi, M. Sanzone, M. Taiuti, G.M. Urcioli, A. Zucchiatti
IL PROGETTO JET-TARGET SU ADONE
Il Nuovo Saggiatore (PACS: 25.20.-x)
- /011(NT) L. Invidia, A. Stecchi, L. Trasatti
SPIN: A STANDARD FORMAT FOR INFN LNF INTERNAL REPORTS
- /012(PT) F. Aversa, M. Greco, P. Chiappetta, J.Ph. Guillet
JET INCLUSIVE PRODUCTION TO $o(\alpha^3_s)$ COMPARISON WITH DATA
Phys. Rev. Lett. (65, 401 1990)
- /013(NT) A. Beatrici, F. Sgamma
DRAFTING DEL S700-ITALCAD - Versione 2.1
- /014 S. Stizza, G. Mancini, M. Benfatto, C.R. Natoli, J. Garcia, A. Bianconi
STRUCTURE OF ORIENTED V_2O_5 GEL STUDIED BY POLARIZED X-RAY-ABSORPTION SPECTROSCOPY AT THE VANADIUM K EDGE
Phys. Rev. B Vol. 40 n.18, 12229 (1989)
- /015(PT) S. Bellucci
ALL YOU NEED TO KNOW ABOUT CHIRAL BOSONS
Talk invited at the Lake Louise Winter Institute "The Standard Model and Beyond" 18-24 February 1990 Chateau Lake Louise Alberta, Canada. (PACS: 11.17.+y)
- /016(R) L. Serafini, M. Ferrario, C. Pagani, A. Ghigo, P. Michelato, A. Peretti
X-VUV POSSIBLE FEL EXPERIMENTS WITH THE ARES SC LINAC
- /017 F. Celani, M. De Felici, F.L. Fabbri, L. Liberatori, A. Saggese, A. Spallone, V. Di Stefano, P. Marini, S. Pace, S. Bianco, L. Donati
RESULTS OF THE 1st GENERATION EXPERIMENTS, AT GRAN SASSO UNDERGROUND LABORATORY, ON NUCLEAR COLD FUSION
Conference Proceedings Vol. 24 "Understanding Cold Fusion Phenomena" R.A. Ricci E. Sindoni, F. De Marco (Eds.) SIF, Bologna 1989.
- /018 A. Filipponi, F. Evangelisti, M. Benfatto, S. Mobilio, C.R. Natoli
STRUCTURAL INVESTIGATION OF a-Si AND a Si:H USING X-RAY-ABSORPTION SPECTROSCOPY AT THE Si K EDGE
Phys. Rev. B Vol. 40 n.14 9636 15/11/1989
- /019(R) V. Lucherini, N. Bianchi, E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, P. Rossi, S. Aiello, E. De Filippo, G. Lanzanò, S. Lo Nigro, C. Milone, A. Pagano, A.S. Botvina, A.S. Ilijonov, M.V. Mebel
PROPOSAL OF MEASURING THE MECHANISMS OF NUCLEAR EXCITATION LEADING TO FISSION WITH THE ADONE JET-TARGET TAGGED PHOTON BEAM
- /020(PT) A. Grau, G. Pancheri, R.J.N. Phillips
CONTRIBUTIOS OF OFF-SHELL TOP QUARKS TO DECAY PROCESSES
Phys. Lett. (PACS: 14.80.Gt)
- /021(R) L. Trasatti
NEW LANGUAGES, HYPERCARD AND ADONE
(PACS: 06.50MK)

- /022(P) V. Muccifora, N. Bianchi, E. De Sanctis, M. Anghinolfi, P. Corvisiero, P. Levi Sandri, V. Lucherini, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, P. Rossi, M. Taiuti, G.M. Urciuoli, A. Zucchiatti
INTERNAL TARGET EFFECTS IN THE ADONE STORAGE RING
N.I.M. A295 65 (1990)
- /023 R.L. Golden, S.P. Ahlen, J.J. Beatty, H.J. Crawford, P.J. Lindstrom, J.F. Ormes, R.E. Streitmatter, C.R. Bower, R.M. Heinz, S. Mufson, T.G. Guzik, P.J. Wefel, S.A. Stephens, J.H. Adams, K.E. Krombel, A.J. Tylka, M. Simon, K.D. Mathis, P. Picozza, G. Barbiellini, G. Basini, F. Bongiorno, M. Ricci, A. Codino, C. De Marzo, B. Managelli, P. Galeotti, P. Spillantini, M. Bocciolini
WiZard: A PROGRAM TO MEASURE COSMIC-RAY ANTIPROTONS AND POSITRONS, AND SEARCH FOR PRIMORDIAL ANTIMATTER
Nuovo Cimento Vol. 105 B, n.2 191 (Feb. 1990)
- /024(R) C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, A. Gallo, B. Spataro
BUNCH LENGTH MEASUREMENT SYSTEM IN THE INJECTOR SECTION OF THE SC LINAC LISA
- /025(PT) E. M. Levin, M. G. Ryskin .
DEEP INELASTIC STRUCTURE FUNCTION AT LOW x
Phys. Lett. B
- /026(R) M. Anghinolfi, N. Bianchi, M. Bogliardi, M. Ripani, P. Corvisiero, E. De Sanctis, G. Gervino, P. Levi Sandri, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A. Reolon, G. Ricco, M. Taiuti, A. Zucchiatti
SCATTERING INCLUSIVO DI ELETTRONI DALLA JET-TARGET IN ADONE: INTERESSE FISICO E STUDIO DI FATTIBILITA' DELL'ESPERIMENTO
- /027(P) F. Celani, L. Liberatori, S. Pace, B. Polichetti, A. Saggese, A. Spallone
FREQUENCY AND FIELD DEPENDENCE OF THE A.C. MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF YBCO PELLETS FABRICATED BY A CITRATE PYROLYSIS AND OZONE ANNEALING
Presented at the Superconduttività ad Alta Temperatura di Transizione SATT 3, Genova 12-14 Febbraio 1990. To be published on Conf. Proc. "SATT 3" by World Scientific Publishing (Singapore)
- /028(P) M.E. Biagini, E. Pasqualucci, A. Rotondo
U-SPIN CONSIDERATIONS TO GUESS THE UNKNOWN TIME-LIKE NEUTRON FORM FACTORS
Submitted to Zeit. für Phys. C
- /029(RT) C. Basili, M. Pallotta
REGULARISATION OF IMPROPER INTEGRALS BY CESÀRO SUMMABILITY
- /030(NT) C. Milardi
CONSOLE SOFTWARE DESIGN FOR THE LISA ACCELERATOR CONTROL SYSTEM
- /031(R) M. Greco, M. Giorgi, M. Piccolo, et al
PROPOSAL FOR A Φ FACTORY
- /032(P) M. Taiuti, E. Durante, M. Anghinolfi, N. Bianchi, P. Corvisiero, E. De Sanctis, G. Gervino, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini, L. Mattera, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, P. Rossi, M. Sansone, G.M. Urciuoli, U. Valbusa, A. Zucchiatti
THE ARGON CLUSTER-BEAM INSTALLED IN THE ADONE STORAGE RING
To be published in Nucl. Instr. & Meth. in Physics Research A 297 (1990) 354-363
- /033(NT) L. Catani, O. Coiro, G. Di Pirro, C. Milardi, M. Serio, A. Stecchi, L. Trasatti
AUTOMATIC CONTROL AND MONITORING OF A SET OF STEERING COILS FOR THE LNF LINAC

- /034(P) F. Celani, A. Spallone, S. Pace, B. Polichetti, A. Saggese, L. Liberatori, V. Di Stefano, P. Marini
FURTHER MEASUREMENTS ON ELECTROLYTIC COLD FUSION WITH D₂O AND PALLADIUM AT GRAN SASSO LABORATORY
Submitted to Fusion Tech
- /035(R) P. Amadei, A. Aragona, M. Barone, S. Bartalucci, M. Bassetti, M.E. Biagini, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, A. Cattoni, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, S. De Simone, D. Di Giacchino, G. Di Pirro, S. Faini, G. Felici, M. Ferrario, L. Ferrucci, S. Gallo, U. Gambardella, A. Ghigo, S. Guiducci, S. Kulinski, M.R. Masullo, P. Michelato, C. Milardi, M. Minestrini, G. Modestino, C. Pagani, L. Palumbo, R. Parodi, P. Patteri, A. Peretti, M. Preger, G. Raffone, C. Sanelli, L. Serafini, M. Serio, F. Sgamma, B. Spataro, L. Trasatti, S. Tazzari, F. Tazzioli, C. Vaccarezza, M. Vescovi, G. Vignola
THE ARES SUPERCONDUCTING LINAC
- /036 F. Aversa, M. Greco, P. Chiappetta, J.Ph. Guillet
JET PRODUCTION IN HADRONIC COLLISIONS TO α_s^3
Z.Phys. C 46, 253-256 (1990)
- /037(P) The MACRO Collaboration
STUDY OF PENETRATING COSMIC RAY MUONS AND SEARCH FOR LARGE SCALE ANISOTROPIES AT THE GRAN SASSO LABORATORY
Phys. Lett.
- /038(P) S. Bianco, F.L. Fabbri, L. Passamonti, V. Russo, A. Spallone, A. Zallo
A STUDY OF SHORT-TERM RATE EFFECT IN PHILIPS XP-2008 PHOTOMULTIPLIERS TUBES
Nucl. Instr. & Meth
- /039(PT) V. Azcoiti, G. Di Carlo, A.F. Grillo
NON PERIODIC, COMPACT FORMULATION OF QED ON THE LATTICE
Phys. Rew.
- /040(P) F. Celani, R. De Luca, L. Liberatori, S. Pace, A. Saggese
DIAMAGNETIC PROPERTIES OF SUPERCONDUCTING GRANULAR SYSTEMS
Presented at the Superconduttività ad Alta Temperatura di Transizione SATT 3
Genova 12-14 Febbraio 1990. To be published on Conf. Proc. "SATT 3" by World Scientific Publishing (Singapore)
- /041(R) R. Barbieri, L. Maiani, G. Martinelli, L. Paoluzzi, N. Paver, R. Petronzio, E. Remiddi
RELAZIONE DEL GRUPPO DI STUDIO SULLA Φ -FACTORY
- /042(P) L. Kondratyuk, C. Guaraldo
PONTECORVO REACTIONS OF TWO-BODY ANNIHILATIONS $\bar{p}d$ AND $\bar{p}^3\text{He}$ AND MULTIQUARK STATES IN D AND ^3He
Phys. Lett. B256, n. 1 6(1991)
- /043 L. Palumbo
ANALYTICAL CALCULATION OF THE IMPEDANCE OF A DISCONTINUITY
Part. Acc. Vol. 25 201-216 (1990)
- /044(P) C. Guaraldo
ANTINUCLEON-NUCLEUS PHYSICS EXPERIMENTAL OVERVIEW
Invited talk presented at the First Workshop on Intense Hadron Facilities and Antiproton Physics October 23-25, 1989, Torino, Italy
To be published as a dedicated volume of the series "Atti delle Conferenze" by the Italian Physics Society

- /045(P) C. Guaraldo, L. Kondratyuk
SEMI-PONTECORVO REACTION $\bar{p} \ ^3\text{He} \rightarrow \pi^- pp$ AND MULTIQUARK STATES IN
HELIUM-3
Nuovo Cimento Short Notes Vol.103A n° 10 1503 (1990). (PACS: 13.75.Cs)
- /046(PT) S. Bellucci, E. Ivanov
LIOUVILLE REALIZATION OF W_∞ -ALGEBRAS
Physics Letters B
- /047(NT) A. Beatrice
UTILIZZO DEI BOTTONI ALL'INTERNO DEL S7000 ITALCAD
- /048(PT) A. Grau, G. Pancheri, Y.N. Srivastava
CONTRIBUTION OF QUARK-ANTIQUARK ANNIHILATION TO THE PRODUCTION OF
VIRTUAL Z_0 PAIRS IN HRADRON COLLISIONS
Phys Letters
- /049(PT) F. Aversa, M. Greco, G. Montagna, O. Nicrosini
TWO-LOOP QED CORRECTIONS TO BHABHA SCATTERING NEAR THE Z_0
Phys Lett. B247, 93 (1990)
- /050 V. Azcoiti, G. Di Carlo, A.F. Grillo
TOWARDS A PRECISE DETERMINATION OF THE ORDER OF THE PHASE TRANSITION IN
COMPACT PURE GAUGE QED
Phys Letters B238 355(1990)
- /051(R) P. Franzini
SIGNAL AND NOISE IN A HOMOGENEOUS, HIGH Z, LIQUID CALORIMETER
- /052(P) C. Forti, H. Bilokon, B. d'Ettore Piazzoli, T.K. Gaisser, L. Satta, T. Stanev
SIMULATION OF ATMOSPHERIC CASCADES AND DEEP UNDERGROUND MUONS
Phys Rev. D.42 n° 11 3668 (1990)
- /053(NT) A. Gallo
FREQUENCY LOCK IN HIGH-Q RESONANT CAVITY TESTS
(PACS: 29.15.Dt)
- /054(P) P. Baldini, R. Boni, F. Lucibello, A. Gallo, S. Quaglia, F. Tazzioli
THE RF SYSTEM OF THE FRASCATI LISA 1 MeV INJECTOR.
Presented to the "2nd European Particle Accelerator Conference" Nice, June (1990)
- /055(PT) S. Bellucci, T.R. Govindarajan, A. Kumar, R.N. Oerter
ON THE NONPERTURBATIVE SOLUTION OF $d=1$ SUPERSTRING
Phys. Lett. B 249 n° 1 49 (1990)
- /056(PT) S. Bellucci
EFFECTIVE ACTION APPROACH TO THE GREEN-SCHWARZ STRING
Invited talk at the "Fourth Regional Conference on Mathematical Physics"
Sharif University of Technology Tehran, 12-17 May 1990
- /057(P) M. Piccolo
THE CASE FOR A Φ -FACTORY
Talk presented at "Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste"
La Thuile, March 1990
- /058(R) C. Biscari, S. Kulinski, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi
MEASUREMENTS ON THE NEW INJECTION SYSTEM OF THE FRASCATI LINAC

- /059 G. Giordano, G. Matone
A RING-CAVITY FOR A QUADRUPLER Nd-Yag LASER
Il Nuovo Cimento Vol. 12D, N.7 (1990)
- /060(NT) A. Battisti, B. Dulach, D. Orecchini
HARGD's LAYOUT (HIGH ANGULAR RESOLUTION GAMMA DETECTOR) Dell'Esp. OBELIX
- /061(P) M. Anelli, G. Bencivenni, G. Felici, L. Magro
GLASS ELECTRODE SPARK COUNTERS
N.I.M.in Phys. Res.
- /062(PT) F. Palumbo, M.I. Polikarpov, A.I. Veselov
NUMERICAL STUDY OF GAUGE THEORIES ON A LATTICE IN THE POLAR
REPRESENTATION
Phys. Lett. B
- /063 R.F. Pettifer, C. Brouder, M. Benfatto, C.R. Natoli, C. Hermes, M.F. Ruiz Lopez
MAGIC-ANGLE THEOREM IN POWDER X-RAY-ABSORPTION SPECTROSCOPY
Phys. Rev.B Vol.42, N.11 42 (1990)
- /064 G. Basini, P. Spillantini
SEARCH FOR ANTIMATTER. GOALS AND TECHNIQUES
Kluwer Ac Pub 127-138 (1990)
- /065 C.R. Natoli, M. Benfatto, C. Brouder, M.F. Ruiz López, D.L. Foulis
MULTICHANNEL MULTIPLE- SCATTERING THEORY WITH GENERAL POTENTIALS
Phys. Rev. B Vol. 42, N. 4, 1944-1968 (1990)
- /066 MACRO and EAS-TOP Collaboration
SIMULTANEOUS OBSERVATION OF EXTENSIVE AIR SHOWERS AND UNDERGROUND
MUONS AT THE GRAN SASSO LABORATORY
Nucl. Phys. B 16 (1990) 495-496
- /067(P) A. Aragona, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, V.
Chimenti, G.P. Di Pirro, A. Gallo, A. Ghigo, F. Giacco, S. Kulinski, P. Patteri, B.
Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi
THE INJECTOR OF THE SUPERCONDUCTING LINAC LISA
Presented at the "1990 LINAC Conference" 10 September 1990, Albuquerque,
New Mexico
- /068(PT) Z.Y. Wu, M. Benfatto, C.R. Natoli
THEORETICAL CALCULATION OF X-RAY ABSORPTION NEAR EDGE STRUCTURE AT Sr
K-EDGE IN $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ COMPOUNDS
Phys. Rev. B
- /069(NT) R. Ceccarelli, M. De Giorgi, D. Di Gioacchino, U. Gambardella, C. Vaccarezza
CRYOGENIC REFRIGERATION OF THE LIS-A SUPERCONDUCTING CAVITIES
- /070(NT) A. Cecchetti, B. Dulach
CARRI DI SUPPORTO DEI TORROIDI PER L'ESPERIMENTO ZEUS SPECIFICHE TECNICHE
E PROCEDURE
- /071(NT) A. Cecchetti, S. Cerioni, B. Dulach
INFORMAZIONI E CRITERI DI SCELTA DEI MISURATORI DI PORTATA
- /072(NT) M. Anelli, A. Balla, M. Carletti, G. Corradi, G. Felici
UN TRIGGER DI PRIMO LIVELLO PER L'IDENTIFICAZIONE DI MUONI IN ALEPH

- /073(PT) S. Bellucci
THE DISCRETIZATION OF D=2 SURFACES AND SUPERSYMMETRY INVARIANCE
Invited talk at the "International Conference on Lattice Field Theory"
Tallahassee, Florida October 8-12, 1990
- /074(RT) M. Benfatto
ASSORBIMENTO DI RAGGI X DA STATI PROFONDI COME Sonda STRUTTURALE ED ELETTRONICA
Lezione tenuta alla "I^a Scuola Nazionale di Luce di Sincrotrone e Ricerca Chimica"
19-28 Settembre 1990, S. Margherita di Pula, Cagliari
- /075(PT) E. Etim
NON - BAYESIAN DIAGNOSTICS
Bressanone Contribution to the "Fourth Advanced Course of Radiation Protection"
Contributed paper
- /76(NT) O. Ciaffoni, M. Marsella
VALUTAZIONE DI HARDWARE E SOFTWARE DI COLLEGAMENTO TRA RETI APPLE TALK E ETHERNET
- /77(NT) O. Ciaffoni, M. Marsella
DESCRIZIONE E PROGETTO DI UNA RETE LOCALE IN AMBIENTE DIVERSIFICATO MEDIANTE L'UTILIZZO DEL PRODOTTO DECLANWORKS
- /78(R) A. Esposito, C. Nuccetelli, M. Pelliccioni, C. Manfredotti, A. Zanini
NOTE SUL MONITORAGGIO AMBIENTALE DEI NEUTRONI NEI LNF
- /79(R) E. Etim, A. Malecki, M. Pallotta, G. Satta
ON THE INTERNAL CONSISTENCY OF GEOMETRICAL MODELS OF HIGH ENERGY DIFFRACTION SCATTERING
- /80(P) D. Di Gioacchino, P. Fabbriatore, S. Frigerio, U. Gambardella, R. Musenich, R. Parodi, G. Paternò, S. Rizzo, C. Vaccarezza.
DC FEATURES AND RF LOSSES ON Nb-BASED SUPERCONDUCTING THIN FILMS
Presented at the 1990 *Applied Superconducting Conference*, Snowmass Village, CO., Sept. 24-28, 1990
- /81(PT) F. Aversa, S. Bellucci, M. Greco, P. Chiappetta
PRODUCTION OF W_R AND W_1 BOSONS FROM SUPERSTRING-INSPIRED E_6 MODELS AT HADRON COLLIDERS
Phys. Lett. B
- /82(P) M. Castellano, A. Ghigo, P. Patteri, C. Sanelli, M. Serio, F. Tazzioli, N. Cavallo, F. Cevenini, F. Ciocci, G. Dattoli, A. Dipace, G.P. Gallerano, A. Renieri, E. Sabia, A. Torre
STATUS REPORT OF THE IR FEL PROJECT ON THE SC LINAC LISA AT LNF-FRASCATI
Nucl. Instr. & Meth. in Physics Res.
- /83(NT) A. Bixio, M. Minestrini, C. Pagani, F. Terzi
REALIZZAZIONE DI UNA CAVITA' ACCELERANTE A 500 MHz IN Nb/Cu PRESSO L'ANSALDO-ABB COMPONENTI
- /84(R) RESEARCH COLLABORATORS:
M. Anghinolfi, D. Babusci, V. Bellini, N. Bianchi, L. Casano, P. Corvisiero, A. D'Angelo, E. De Sanctis, S. Frullani, F. Garibaldi, G. Gervino, B. Girolami, P. Levi-Sandri, V. Lucherini, L. Mazzaschi, V. Muccifora, P. Picozza, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, M. Ripani, P. Rossi, M. Sanzone, C. Schaerf, M.L. Sperduto, M. Taiuti, G.M. Urciuoli, A. Zucchiatti.
TECHICAL STAFF:

M. Albicocco, M. Castoldi, E. Cima, E. Durante, L. Falco, G. Giuliano, M. Iannarelli, A. Macioce, G. Nobili, A. Orlandi, F. Parodi, W. Pesci, E. Turri, A. Rottura, A. Viticchié

THE BGO COLLABORATION PROGRESS REPORT 1990

- /85(PT) A. Grau, T. Han, G. Pancheri
 $HZ \rightarrow \gamma\gamma^{+1-}$: A POSSIBILITY FOR AN EXTREMELY HIGH LUMINOSITY COLLIDER
Contribution to Workshop on ECFA/LHC
Aachen 4-9 October, 1990
- /86(P) F. Celani; R. De Luca, L. Liberatori, S. Pace, A. Saggese
FLUX CREEP IN JOSEPHSON JUNCTION ARRAYS
IEEE Transaction on Magn.
- /87(PT) S. Bellucci, D. O'Reilly.
WORMHOLES AND CHARGE PARTICLES
Nucl. Phys. B
- /88(PT) A. Azcoiti, A. Cruz, G. Di Carlo, A.F. Grillo, A. Vladikas.
SIMULATING LATTICE FERMIONS BY MICROCANONICALLY AVERAGING OUT THE
NON-LOCAL DEPENDENCE OF THE FERMIONIC ACTION
Phys. Rev. D
- /089(R) S. Bianco, F.L. Fabbri, M. Giaroni, L. Passamonti, V. Russo, A. Zallo
THE S.C.I.C. DETECTOR & Co: E.M. CALORIMETRY AT THE FRASCATI Φ FACTORY
- /090 R. Gunnella, M. Benfatto, A. Marcelli, C.R. Natoli
APPLICATION OF A COMPLEX POTENTIAL TO THE INTERPRETATION OF XANES
SPECTRA THE CASE OF Na K-EDGE IN NaCl
Solid State Commun. in Phys. Res. Vol. 76 n. 11, pp. 109(1990)
- /092 M. Benfatto
A MULTIPLE SCATTERING SCHEME WITH COMPLEX POTENTIAL FOR STRUCTURAL
ANALYSIS OF X-RAY ABSORPTION SPECTRA IN CONDENSED MATTER
Conf. Proc. Vol. 25 XSR-89, A. Balerna, E. Bernieri, S. Mobilio (Eds.)
SIF Bologna (1990) pag. 3
- /093 D.L. Foulis, R.F. Pettifer, C.R. Natoli, M. Benfatto
FULL-POTENTIAL SCATTERED-WAVE X.A.N.E.S. CALCULATIONS FOR CHROMIUM
HEXACARBONYL
c.s. pag. 27
- /094 Ph. Sainctavit, J. Petiau, M. Benfatto, C.R. Natoli
FULL MULTIPLE SCATTERING THEORY APPLIED TO THE DETERMINATION OF
PHOTOELECTRON MEAN-FREE PATH IN ZINCBLLENDE AND SILICON
c.s. pag. 31
- /095 M. Sánchez del Río, J. García, E. Burattini, M. Benfatto, C.R. Natoli
EXACT SPHERICAL WAVE ANALYSIS OF EXAFS IN TRANSITION METALS
OCTAHEDRAL WATER COMPLEXES INCLUDING MULTIPLE SCATTERING
c.s. pag. 35
- /096 R. Gunnella, M. Benfatto, C.R. Natoli, A. Marcelli
K-XANES OF HIGHLY IONIC MATERIALS
c.s. pag. 39
- /097 M. Benfatto, A. Gargano
THEORETICAL ANALYSIS OF THE XANES SPECTRA OF SiO₂ GLASSES AT THE OXYGEN
AND SILICON K-EDGE
c.s. pag. 43

- /098 E. Sobczak, S. Mobilio
EXTENDED X-RAY BREMSSTRAHLUNG ISOCHROMAT FINE STRUCTURE OF
PALLADIUM ANALYSED BY USING THE EXAFS METHOD
c.s. pag. 149
- /099 E. Burattini, A. Balerna, E. Bernieri, S. Simeoni, A. Grilli, L. Mastrogiacomo,
M. Gentili, A. Raco, K. Shixiu
X-RAY LITHOGRAPHY AT FRASCATI: FIRST RESULTS
c.s. pag. 295
- /100 M. Barone, A. Cattoni, G. Modestino, M. Perrella, C. Sanelli
DESIGN MANUFACTURING AND TEST OF A S.C. WIGGLER FACILITY FOR "ADONE" IN
FRASCATI
c.s. pag. 309
- /101 A. La Monaca, E. Burattini, G. Cappuccio, J.S. Shah, S. Simeoni, A. Stecchi,
L. Trasatti
IMPROVED PERFORMANCE OF THE DRIFT-CHAMBER DETECTOR AT ADONE WIGGLER
c.s. pag. 345
- /102 J.S. Shah, A. La Monaca, A. Stecchi, L. Trasatti, E. Burattini
INSTRUMENTATION FOR MAPPING STRUCTURAL AND TEXTURAL CHANGES IN
FIBRES WITH STRESS BY WIDE AND LOW ANGLE DIFFRACTION AT FRASCATI
c.s. pag. 433
- /103 A. Filipponi, A. Di Cicco, M. Benfatto, C.R. Natoli
X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY THE THREE-BODY CORRELATION FUNCTION IN
AMORPHOUS SILICON
c.s. pag. 603
- /104 F. Boscherini, S. Mobilio, F. Evangelisti, A.M. Flank
EXAFS DETERMINATION OF THE LOCAL BONDING CONFIGURATION OF P IN a-Si:H
c.s. pag. 635
- /105 A. Di Cicco, A. Filipponi, A. Bianconi
DETECTION OF STRUCTURAL VARIATIONS IN DIFFERENT AMORPHOUS SILICON
SAMPLES
c.s. pag. 643
- /106 M.R. Carroll, E. Paris, E. Davoli
XANES AND EXAFS STUDY OF AR AND XE BEARING SiO₂ GLASSES
c.s. pag. 647
- /107 G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Burattini
ON THE LOCAL STRUCTURE OF SUPERIONIC GLASSES STUDIED BY X-RAY
ABSORPTION SPECTROSCOPY
c.s. pag. 663
- /108 S. Mobilio, M.L. Fdez- Gubieda
EXAFS STUDY OF (Fe_xCo_{1-x})₇₅ Si₁₅B₁₀ METALLIC GLASSES
c.s. pag. 687
- /109 K.B. Garg, K.V.R. Rao, H.S. Chauhan, R.K. Singhal, A. Marcelli, I. Davoli,
A. Bianconi
XANES AND EXAFS STUDY OF ELECTRONIC STRUCTURE AND ORDERING IN V₂O₅-TeO₂
SYSTEM
c.s. pag. 671

- /110 A. Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, A. Kuzmin, J. Purans
LOCAL STRUCTURE OF AMORPHOUS TUNGSTEN OXIDE THIN FILMS AND
MULTILAYERS
c.s. pag. 679
- /111 K. Lawniczak-Jablonska, S. Mobilio, J. Inoue, K. Tohyama
INFLUENCE OF ORDER-DISORDER TRANSITION ON VALENCE BAND STRUCTURE IN
MoNi₃ ALLOYS
c.s. pag. 701
- /112 A. Bianconi, P. Castrucci, M. De Simone, A. Fabrizi, M. Pompa, A. Marcelli,
A.M. Flank, P. Lagarde
POLARIZED Cu L₃ X-RAY ABSORPTION EDGE OF Bi₂Ca₂Sr₂Cu₃O_{10+δ}
SUPERCONDUCTORS
c.s. pag. 737
- /113 G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, S. Mobilio
TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE EXAFS DEBYE-WALLER FACTORS OF AgI
c.s. pag. 801
- /114 A. Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, P. D'Angelo, E. Giglio, N.V. Pavel
INTERACTION OF PROBES WITH MICELLES. AN X-RAY ABSORPTION STUDY
c.s. pag. 941
- /115 L. Palladino, S. Della Longa, M. Belli, A. Scafati, G. Onori, A. Santucci,
A. Balerna, E. Bernieri
QUANTITATIVE MEASUREMENT BY XANES OF THE CU SITE AXIAL DISTORTION IN
CU(II)-ATP COMPLEXES
c.s. pag. 983
- /116(PT) S. Bellucci
DUALITY TRANSFORMATION OF THE ONE DIMENSIONAL SUPERSYMMETRIC STRING
Submitted to Phys. Letters

Finito di stampare nel mese di ottobre 1991
nella Tipografia Arti Grafiche di Torregiani & Frezzotti
Albano Laziale - Piazza Salvatore Fagiolo, 1-2
Tel./Fax 06-93.20.046