

istituto nazionale di fisica nucleare
laboratori nazionali di Frascati

1988

RAPPORTO DI ATTIVITA'



istituto nazionale di fisica nucleare
laboratori nazionali di Frascati

1988

RAPPORTO DI ATTIVITA'

LNF-89/084(R)

Novembre 1989

*Servizio Documentazione
Laboratori Nazionali di Frascati
P.O.Box 13 - Frascati (Italy)*

Sergio TAZZARI
Direttore LNF

Aldo CATTONI
Direttore Divisione Tecnica

Mario GRECO
Direttore Divisione Ricerca

Franco TAZZIOLI
Direttore Divisione Macchine

Coordinatore Scientifico
Aurelio GRILLO

Redazione
Luigina INVIDIA

Copertina:

Vista generale dell'esperimento MACRO nella sala B
del laboratorio sotterraneo del Gran Sasso.

INDICE

INTRODUZIONE	pag.	5
DIVISIONE RICERCA	.....	9
1. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI	.....	9
ALEPH al LEP	.....	9
FENICE	.....	10
FLATEV	.....	13
SLD	.....	14
ZEUS a HERA	.....	17
2. - FISICA PASSIVA DELLE ALTE ENERGIE	.....	22
MACRO	.....	22
LVD	.....	25
Ricerca di antimateria nei raggi cosmici - MASS	.....	27
WiZard	.....	31
3. - FISICA NUCLEARE	.....	33
Il Laboratorio JET TARGET	.....	33
- Esperimento ASSO	.....	36
- Collaborazione 4π BGO	.....	37
Il Laboratorio LADON	.....	39
- Fotodisintegrazione del ^3He}	.....	40
Il Laboratorio LEALE	.....	41
- La Facility LEALE	.....	41
- Fotodisintegrazione del Deuterio a 0° , 90° e 180° ad Energie Intermedie (FNNI2)	.....	42
- Studi di Fotofissione (FISSI/LE)	.....	46
ESPERIMENTI IN LABORATORI ESTERNI	.....	47
- LABRO	.....	47
- LION	.....	48
- Studio dell' Annichilazione di Antinucleoni al LEAR (OBELIX)	.....	51
- SFR	.....	53
- Interazione di Antiprotoni di Bassa Energia con Nucleoni al LEAR (TOFRADUPP)	.....	61
4. - RADIAZIONE DI SINCROTRONE	.....	62
PULS-SCOW	.....	62
Plastique	.....	64
SCOW	.....	64
Esperimenti con il Fascio Wiggler (PWA)	.....	68
Linea BX1	.....	70
Linea BX2 - S	.....	76
Linea BX2 - L per Litografia a Raggi X	.....	80
Nuove Linee di Ricerca	.....	82

5. - FISICA GENERALE E DIVERSI	86
FADD (Fast Area Detector for Diffraction)	86
HAL	88
NID (New Image Detector)	89
SLEND	90
STARNET	93
6. - FISICA TEORICA	94
QCD e Fisica dei Colliders Adronici nella Regione dei TeV	94
QCD Perturbativa	95
Fattori di Forma Nucleari	96
Teorie di Gauge su Reticolo	97
Formulazione Non Compatta di Teorie di Gauge su Reticolo	97
Struttura della Materia	98
Teoria della Stringhe e Supergravità	98
7. - SPECAS - Servizio Progettazione e Costruzione Apparatì Sperimentali	100
DIVISIONE MACCHINE	109
1. - Dipartimento di Fisica delle Macchine	110
2. - Dipartimento Funzionamento Macchina	113
3. - Dipartimento Radiofrequenza	113
4. - Elettronica e Controlli	115
5. - Dipartimento Meccanica e Vuoto	117
6. - Il Progetto LISA	120
7. - Esperimento LEEG	124
8. - Esperimento ESAC	125
9. - Esperimento di Electron Cooling di Alta Energia	126
DIVISIONE TECNICA	130
1. - Servizio Magneti e Alimentazioni	130
2. - Servizio Impianti di Base	134
- Gruppo di Elettrotecnica	134
- Gruppo Impianti	136
- Gruppo Edilizia	137
3. - Unità di Ingegneria CAD-CAE	139
4. - Servizio Fotogalvanica	140
5. - Servizio Magazzini	140
6. - Programma di Criogenia Superconduttività	141
SERVIZI DI CENTRO	148
Calcolo	148
Fisica Sanitaria	149
Medicina del Lavoro	150
Documentazione	151
PUBBLICAZIONI	153

LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

INTRODUZIONE

Il presente Rapporto illustra l'attività dei Laboratori Nazionali di Frascati nell'anno 1988. I LNF costituiscono la maggiore unità operativa dell' INFN per dimensioni e finanziamento.

La ricerca sperimentale nei LNF abbraccia un vasto spettro d'interessi, che comprendono la Fisica Subnucleare e Nucleare, Fisica degli Acceleratori, Superconduttività, così come Fisica Atomica, Molecolare e Fisica dello Stato Solido con l'utilizzazione della Luce di Sincrotrone.

All' interno dei LNF è attivo un gruppo teorico, che, oltre ad occuparsi di aree di ricerca legate alla sperimentazione, svolge anche un' attività in campi più propriamente teorici come QCD, Teoria dei Campi (sia nel continuo che sul reticolo), Teoria delle Superstringhe, Fisica dello Stato Solido.

La ricerca è effettuata da gruppi locali, o all'interno di collaborazioni nazionali ed internazionali, sugli acceleratori presenti nei LNF (Linac ed Adone) e in altri Laboratori nazionali od internazionali.

Le attività di ricerca sperimentale locali utilizzano soprattutto l'anello di accumulazione Adone a elettroni-positroni con energia di 1.5 GeV per fascio, e il suo iniettore, un Linac di elettroni-positroni a 350 MeV. Su Adone sono stati recentemente installati una Jet-Target e un'apparecchiatura per lo scattering all'indietro Compton di luce laser (Ladon) e, dopo oltre dieci anni di lavoro con fasci singoli, l' anello e l' iniettore sono stati rimessi in grado di operare con due fasci collidenti; una delle sezioni diritte è stata dedicata all' esperimento di alta energia FENICE.

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 quattro 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 un accordo CNR-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, con soltanto rarissime eccezioni, effettuate localmente usando le attrezzature dei Laboratori.

Il Laboratorio è organizzato in tre 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 Macchine che si occupa del funzionamento degli acceleratori locali e di tutte le attività di Fisica degli Acceleratori.

- La Divisione Tecnica che gestisce i servizi tecnici e gli impianti dei Laboratori, e sviluppa le tecnologie richieste, principalmente nel campo degli acceleratori di particelle.
- I Servizi Generali che gestiscono le attività d'interesse comune dei LNF.

Alla fine del 1988 il personale dei LNF consisteva di circa 300 unità di cui 80 ricercatori. Un numero considerevole di ricercatori e tecnici delle Università (associati all'INFN), di borsisti e laureandi sono attivi nei Laboratori.

Il Rapporto di Attività è diviso in quattro sezioni corrispondenti alle Divisioni ed ai Servizi Generali.

Maggiori dettagli sugli avvenimenti salienti del 1988 nell'attività dei LNF si possono trovare nei singoli contributi a questo rapporto. Ricordiamo qui soltanto:

- Per quanto riguarda gli esperimenti locali, in un anno in cui il tempo disponibile sul fascio è stato molto limitato a causa di importanti lavori di miglioramento, il completamento del montaggio dell'esperimento e^+e^- FENICE; di una Jet-Target e di un nuovo sistema di tagging per il LADON su ADONE; l'installazione di una nuova linea di litografia al PWA e l'inizio della preparazione per l'installazione di un Wiggler da 6 Tesla al PULS.
- Circa gli esperimenti esterni: l'inizio del montaggio nella sala sperimentale sotterranea del Laboratorio del Gran Sasso dell'esperimento MACRO e di LVD, il progresso della costruzione, installazione dell'esperimento ALEPH nella sala sotterranea di LEP, di SLD a SLAC, quello dell'attrezzatura sperimentale e del solenoide superconduttore di ZEUS a HERA, l'inizio della presa dati con CDF al Fermilab.
- La Divisione Macchine è stata pesantemente impegnata in importanti attività di miglioramento su ADONE. Un nuovo iniettore è stato installato sul Linac, e diversi problemi connessi con l'iniezione dei positroni sono stati identificati ed è stata impostata la loro soluzione. In collaborazione con la Divisione Tecnica ha anche potenziato la propria attività sulle cavità RF superconduttrici. In particolare sono stati disegnati e/o ordinati i più importanti componenti per il piccolo acceleratore sperimentale LISA. E' anche iniziato lavoro su foto-iniettori a bassa emittanza.
- La Divisione Tecnica, oltre al suo normale servizio e al contributo alla ricerca e sviluppo della superconduttività a RF, ha disegnato i magneti per LISA, ha seguito la costruzione del wiggler da 6 Tesla e installato un sistema di CAD tridimensionale per uso generale.

Nel 1988 è stato istituito il nuovo Servizio Specas, preposto ad attività di interesse della Divisione Ricerca con compiti di progettazione, costruzione e installazione di apparati sperimentali.

La Divisione Tecnica ha subito nel corso del 1988 una completa riorganizzazione con l'inserimento nella Divisione stessa dei Servizi Generali per motivi organizzativi e di funzionalità; nel contempo i Servizi di meccanica, prevalentemente dedicati agli esperimenti,

sono stati collocati nella Divisione Ricerca.

Secondo la nuova struttura, la Divisione Tecnica svolge attività di ricerca e di sviluppo tecnologico nel campo dei magneti convenzionali e superconduttori per macchine acceleratrici ed apparati sperimentali, degli alimentatori di potenza, circuiti stampati, tecnologie criogeniche e superconduttività, e attività di servizio a supporto del resto dei LNF, in particolare la manutenzione e lo sviluppo dell'impiantistica convenzionale e del servizio telefonico e la gestione dei magazzini del Centro.

Per una più completa informazione sulle varie attività si vedano il testo del presente rapporto e l'elenco delle pubblicazioni.

DIVISIONE RICERCA

1. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI

ALEPH al LEP

Componenti del gruppo

A. Antonelli, R. Baldini, G. Bencivenni, G. Bologna, F. Bossi, P. Campana, G. Capon, V. Chiarella, B. D'Ettorre-Piazzoli, G. Felici, P. Laurelli, G. Mannocchi, F. Murtas, G.P. Murtas, G. Nicoletti, P. Picchi

Tecnici

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

Collaborazioni

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

L'esperimento ALEPH al CERN è uno dei quattro che si divideranno il compito di studiare nuovi capitoli della Fisica accessibili con la partenza del LEP. Fra questi in particolare la Fisica connessa con la produzione di Z^0 , $W^\pm$ (teoria elettrodebole di Weinberg e Salam), ricerca del bosone di Higgs (H^0), nel decadimento dello Z^0 o del toponio oppure in processi di produzione associata; test di QCD e misure precise di α_s .

L'esperimento ALEPH si prefigge di conseguire questi risultati con la ricostruzione completa dell'evento, la misura dei vertici secondari del decadimento di particelle a vita media breve, la misura degli impulsi e di ionizzazione delle particelle cariche, la misura dell'energia depositata dalle componenti elettromagnetica ed adronica e la ricostruzione dei muoni diretti.

All'interno di ALEPH il gruppo di Frascati si è assunto la responsabilità della costruzione ed operazione del "barrell" del calorimetro adronico e del rivelatore di μ .

Questo rivelatore è basato sulla tecnica dei tubi plastici a Streamer Limitati, sviluppata a Frascati, letti da elettrodi piani ($\approx 25 \times 25$) cm^2 e strisce longitudinali parallele ai fili anodici.

Con questo rivelatore è possibile raggiungere una risoluzione in energia di $\approx 78\%/\sqrt{E}$.

Nel 1988 la costruzione del rivelatore è stata completata. L'installazione del Calorimetro Adronico e delle camere per μ nel Pozzo 4 del LEP è stata completata.

Tutta l'elettronica di lettura digitale è stata montata e provata sul rivelatore, mentre l'elettronica di lettura analogica è in corso di montaggio.

Lo sviluppo dell'elettronica per il sistema di lettura in FASTBUS è stato completato e la stessa è in corso di fornitura. Il sistema è in assemblaggio nella sala conteggio. Per quanto riguarda il

software stiamo proseguendo lo sviluppo dei programmi di ricostruzione nei quali il gruppo di Frascati ha acquistato una notevole importanza.

In questo lavoro abbiamo dato importanza particolare al problema della ricostruzione dei μ e del riconoscimento degli adroni neutri all'interno dei jets.

E' stato iniziato anche il lavoro sull'analisi di Fisica di eventi sulla Fisica del Beauty (ψ -tagging etc.) e sulla produzione $\mu^+\mu^-$.

Pubblicazioni

- (1) Albrizio R. et al. "Monte Carlo simulation of the Aleph Hadron Prototype Calorimeter" Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Res. A271, 449-454 (1988).
- (2) Baldini-Celio R. et al. "A study of low hydrocarbon content gas mixtures for streamer tubes".

FENICE

Componenti del gruppo

A. Antonelli, R. Baldini Ferroli, M. E. Biagini, A. Balla, A. Cecchetti, S. De Simone, A. Di Virgilio, B. Dulach, M. L. Ferrer, S. Guiducci, M. Preger, M. Spinetti

Collaborazioni

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

L'Esperimento FENICE (Fig. 1) riguarda la misura del fattore di forma elettromagnetico del neutrone nella regione temporale per il quale non esistono dati e le previsioni teoriche sono particolarmente incerte. Nel 1989 Adone sarà la sola macchina e^+e^- in operazione vicino alla soglia barione-antibarione, dove ci si aspetta che la sezione d'urto sia grande.

In un Workshop sulla Struttura Nucleare tenuto a Frascati nell'Ottobre del 1988, è stato ribadito il grande interesse di questa misura. L'Improved Vector Dominance (Fig. 2) prevede $\sigma(e^+e^- \rightarrow n \bar{n}) / (e^+e^- \rightarrow p \bar{p}) \cong 20$ nel range di energia di Adone, da confrontare con la predizione della QCD Perturbativa ($\cong 0.25$). Oltre a ciò risultati recenti e inaspettati sullo scattering altamente inelastico di muoni polarizzati su protoni polarizzati al CERN (EMC) hanno confermato che la struttura nucleare è ancora un campo aperto ed interessante della Fisica.

L'apparato installato su Adone ha una simmetria ottupla ed è formata dall'esterno al centro da:

- un calorimetro di 18 fogli di ferro di spessore 0.8 cm, 18 strati di tubi a Streamer Limitato a 7 e 8 celle, 4 piani di contatori a scintillazione per la rivelazione dell'annichilazione degli antineutroni;
- un sandwich di 13 strati di LST e 3 strati di scintillatore per uno spessore totale di 25 cm, per la rivelazione dei neutroni;
- un rivelatore centrale intorno alla camera a vuoto, consistente di strati di LST semicircolari a 7

celle e un anello di scintillatori di 0.5 cm di spessore per la rivelazione delle particelle cariche.

L'intero apparato è circondato completamente da uno schermo di cemento per fermare i neutroni dai raggi cosmici. Un piano di contatori a Piani Resistivi sul soffitto e sulle pareti di questo schermo è usato come veto per i raggi cosmici. All'energia d'interesse, dato che il fondo non dovrebbe essere troppo elevato, il trigger proposto è basato sulla rivelazione dell'antineutrone per cui l'efficienza è vicina al 100%. In ogni modo, con l'uso degli scintillatori interni si dovrebbe ottenere un'efficienza del 20% anche per la rivelazione dei neutroni. Nei Laboratori di Legnaro si sta procedendo alle calibrizioni con neutroni di un simile contatore a scintillazione, per stimarne la reale efficienza

Per quanto riguarda il programma fisico, si prevede anche la misura dei fattori di forma dei barioni strani (Δ , $\Sigma^\pm$) e della sezione d'urto totale. A questo proposito è stata studiata e costruita da una collaborazione di Pisa e Roma II una memoria associativa hardware (MEMA) come trigger per multiadroni carichi. In linea di massimo la MEMA funziona come memoria di tutte le possibili configurazioni di LST accesi dalle tracce cariche provenienti dalla sorgente: al tempo di pre-trigger gli 8 strati di LST più vicini alla camera a vuoto sono letti e le striscie accese sono confrontate con le configurazioni. L'evento è registrato solo se le striscie corrispondono a una configurazione immagazzinata. La Fig. 3 mostra la simulazione Monte Carlo di un evento $\pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$.

L'apparato è controllato on-line da una VAX Station su cui si effettua anche una parte dell'analisi off-line.

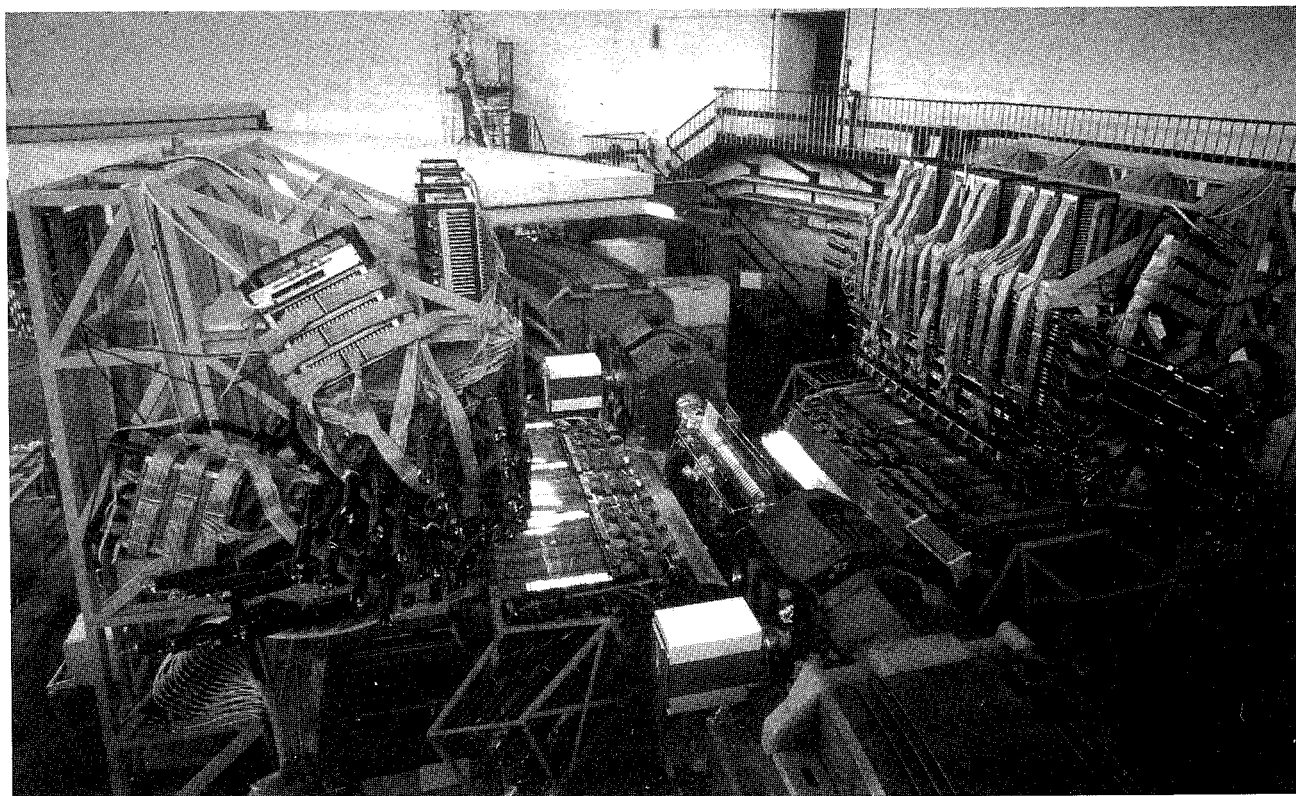


FIG. 1 - L'Esperimento FENICE ad ADONE.

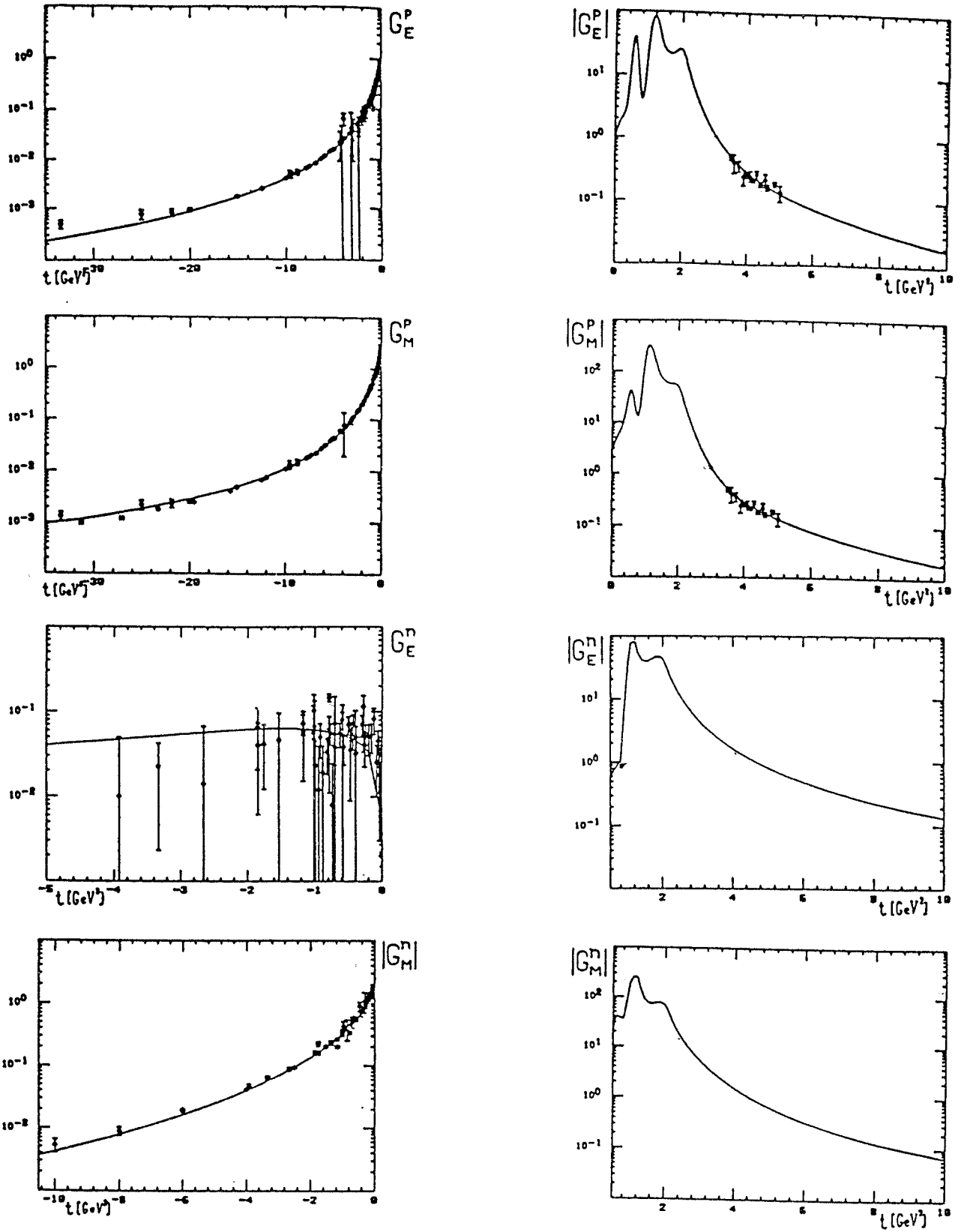


FIG. 2 - Dati nei fattori di forma elettromagnetici del protone e del neutrone e una predizione sulla base di un modello VMD.

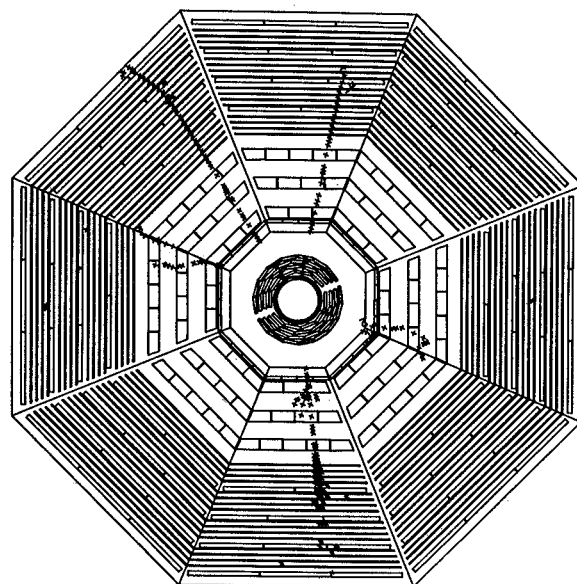


FIG. 3 - Simulazione di un evento $\pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$.

Dopo le misure dei fondi di macchina con un solo fascio è stato installato uno schermo di piombo tra l'apparato e i quadrupoli della macchina. L'installazione è stata completata ed è iniziata l'acquisizione di raggi cosmici per provare il funzionamento dell'intero rivelatore.

Si prevede di iniziare le misure nel 1989 quando due fasci saranno disponibili in Adone.

FLATEV

Componenti del gruppo

S. Bianco, M. Enorini, F.L. Fabbri, A. Spallone, A. Zallo

Tecnici

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

Collaborazioni con

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

L'Esperimento E687 a Fermilab studia la fotoproduzione ad alta energia degli stati finali con charm e beauty.

Nel Febbraio del 1988 si è concluso il primo periodo di presa dati. Nonostante l'incendio sviluppatosi nella sala sperimentale nell'estate del 1987, che ha distrutto parte dei contatori, circa 50 milioni di eventi sono stati registrati corrispondenti ad una luminosità integrata di circa 500 nb^{-1} .

Nel 1988 l'attività della collaborazione si è concentrata sulla definizione dei programmi di ricostruzione e sull'inizio dell'analisi dei dati presi.

Oltre alla messa a punto del programma di ricostruzione per il calorimetro elettromagnetico esterno (OE) costruito nei LNF, il gruppo di Frascati ha sviluppato il programma per il nuovo calorimetro elettromagnetico interno (IE). Si noti che nell'incendio il calorimetro esterno costruito dall'Università del Colorado è stato completamente distrutto.

E' stato perciò necessario realizzare un nuovo calorimetro in sostituzione di quello distrutto. Il nuovo calorimetro è stato realizzato dal gruppo di Frascati, usando anche parti dei contatori dell'ultimo segmento longitudinale del calorimetro esterno.

In questo modo è stato costruito un rivelatore che, da punto di vista dell'analisi dei dati e uso degli algoritmi di ricostruzione, è molto simile all'OE consentendo così un'analisi comune.

I programmi per i calorimetri interno ed esterno sono stati completati sia per il tracking che per l'identificazione degli sciame elettromagnetici ed adronici.

Nel 1988 è iniziata l'analisi in AC del 20% dei dati presi, facendo una selezione in funzione dei vari canali di interesse. A Frascati verranno studiati i decadimenti dei barioni con charm in stati finali con π^0 . I primi risultati saranno presentati in conferenze nell'estate del 1989.

A partire dall'inizio del 1990 è previsto un secondo periodo di presa dati, della durata di circa 6 mesi. In conseguenza la collaborazione sta revisionando l'apparato sperimentale e operando le modifiche ed i miglioramenti necessari ad incrementare la qualità dell'esperimento.

Il calorimetro esterno sarà completamente ridisegnato usando fibre scintillatrici. Ciò permetterà un miglior campionamento longitudinale aumentando la risoluzione in energia per gli sciame elettromagnetici e il potere di riconoscimento per sciame elettromagnetici ed adronici.

Inoltre sarà realizzato un apparato per il tagging fotonico in modo da poter usare, nel prossimo periodo di presa dati, la caratteristica larghezza di banda del fascio.

SLD

Componenti del gruppo

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

Alla fine del 1988 il Warm Iron Calorimeter (WIC) a SLD è in uno stato di avanzata installazione. Questo rivelatore disegnato in collaborazione con i gruppi INFN di Bologna, Ferrara, Padova, Perugia e Pisa e con un gruppo del MIT sarà usato come identificatore e tracciante di muoni, ed

inoltre misurerà l'energia delle code degli sciami adronici sviluppati nella parte principale del calorimetro di SLD.

Il WIC è stato costruito⁽¹⁾ inserendo nell'espansione del magnete di SLD circa 600 camere, costuite assemblando un numero opportuno di tubi a Streamer Limitato fra due strati di elettrodi di lettura, nella forma di striscie longitudinali per il tracciamento dei μ , e di pads (sommate in torri di proiezione) per la calorimetria. Il barrell del WIC è stato completamente installato ed equipaggiato con circuiti di distribuzione HV. L'installazione dei tappi terminali è in corso e sarà completata nel Marzo 1989. Le camere a 45° , che integreranno la copertura dei μ nella regione di sovrapposizione tra il barrell e i tappi, sono sostanzialmente tutte montate.

Un programma di ricerca, importante ed esauriente è stato completato⁽²⁾ allo scopo di trovare una miscela non pericolosa (la miscela tipica Argon-Isobutano in rapporto 1:3 è altamente infiammabile) che fosse allo stesso tempo ancora ottimale sia dal punto di vista dell'efficienza del rivelatore e dell'affidabilità.

Dopo un test effettuato con successo la miscela ternaria Ar-CO₂-Isobutano (2.5% : 88% : 9.5%) è stata approvata ufficialmente per l'uso nel WIC; tuttavia, vengono effettuate ancora misure su nuove miscele.

La miscela ternaria approvata è stata usata per definire il rivelatore finale: l'alta tensione sugli 8 ottanti che formano il barrell del WIC è stata accesa in passi, fino al punto di operazione di 4.75 kW misurando le correnti assorbite da ciascun canale HW (che alimentano ~10 moduli) e da ciascun modulo, attraverso ritorni di massa individuali. I moduli che non sono stati in grado di funzionare alla tensione operativa, a causa di danni sofferti durante l'installazione del ferro, sono un numero molto piccolo ($\leq 1\%$) in rapporto al totale, con eccezione di un numero di strati speciali la cui installazione è stata particolarmente difficile ed in cui la proporzione di scarti è un pò più alta. Il numero di scarti complessivo per il barrell, dopo l'installazione, è ~2%. Sono in corso studi per determinare se i tubi danneggiati funzionanti a voltaggio inferiore a quello operativo, possono essere ugualmente utili per la fisica.

Nel 1988 un altro sforzo principale è stato dedicato alle prove dell'elettronica di front-end per la lettura delle striscie, ordinata alla SGS-Thompson e ora completamente consegnata. A questo scopo quattro stazioni di prova sono state installate a Pisa, Padova, Frascati e SLAC, basate su un IBM PC collegato via CAMAC a un controllore speciale (SY190) costruito dalla CAEN, triggerando l'acquisizione dei dati con un impulso triangolare applicato contemporaneamente all'ingresso di ciascun canale su una scheda attraverso un fan-out (32-fold).

Il test misura l'efficienza di ciascun canale in funzione di un livello di soglia controllato da CAMAC e inviato alla scheda; le curve di efficienza così ottenute (vedi Fig. 4) sono memorizzate su disco nel PC. Nella fase successiva i dati relativi ad ogni scheda sono immagazzinati in un database a SLAC per riferimento futuro

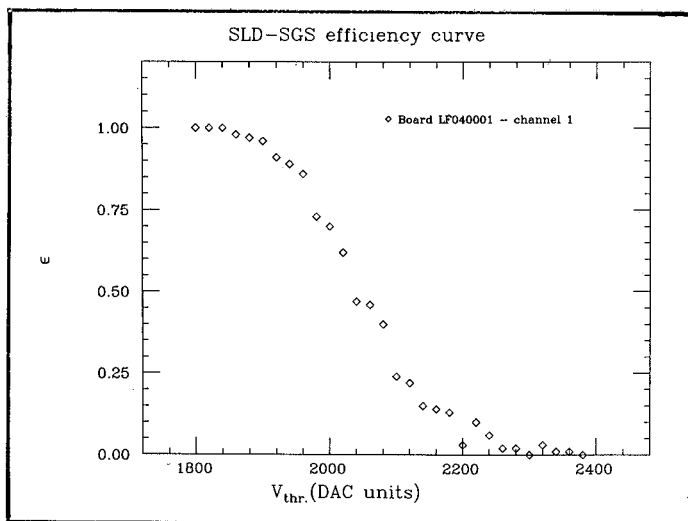


FIG. 4

Metà delle 1500 schede necessarie per il barrell WIC sono state provate e installate sul rivelatore. Una piccola quantità ($\leq 4\%$) è stata scartata a causa dell'eccessiva disuniformità fra i quattro circuiti ibridi su ciascuna scheda, e, in pochi casi, a causa di canali muti. I primi eventi di raggi cosmici nel WIC sono stati osservati e un programma di identificazione di cattivi collegamenti è in completamento, effettuato mandando impulsi ai moduli attraverso le schede di distribuzione HV e leggendo la risposta dell' elettronica delle strisce. L'installazione dell'elettronica di lettura delle strisce dovrebbe terminare nell'estate del 1989.

Gli amplificatori ibridi sono stati ordinati e se ne attende la consegna e la prova durante l'estate. Il resto dell'elettronica di front-end, cioè le schede controllori/multiplexers della SGS e 6 moduli speciali in FASTBUS che leggeranno i controllori e spediranno i dati attraverso un Aleph Event Builder al VAX di SLD, sono stati ordinati e stanno per essere consegnati e provati.

Si è anche progredito nello sviluppo del software: durante il 1988 il sistema SLD per la distribuzione dei programmi (DUCS), che usa JNET come rete di supporto, è stato messo in funzione, rendendo ogni miglioramento di programma installato sul VAX di SLD a SLAC immediatamente e automaticamente disponibile anche su VAXLNF. Il sistema di programma off-line è stato usato a Frascati per iniziare analisi di Fisica sull'argomento dei decadimenti di heavy flavor. Particolare attenzione è stata dedicata ai decadimenti in $b\bar{b}$ charmless, in cui risultati contrastanti sono stati riportati da ARGUS e CLEO circa i segnali $B^0 \rightarrow p\bar{p} \pi^- \pi^+$ e $B^\pm \rightarrow p\bar{p} \pi^\pm$.

Risultati preliminari⁽³⁾ mostrano che assumendo un campione di dati di $\sim 10^5 Z^0$, che corrispondono al primo anno di presa dati, possono essere trovati dei tagli appropriati per confermare o smentire il risultato di ARGUS, soprattutto utilizzando la risposta del sistema di identificazione di particelle a Cerenkov e l'informazione dal rivelatore di micro-vertice di SLD sulla separazione dei

vertici secondari

La data ufficiale per l'inizio della presa dati con SLD è l'inizio del 1990.

Pubblicazioni

- (1) "The iron calorimeter and muon identifier for SLD."; SLD collaboration, SLAC-PUB-4677 (July 88).
- (2) "A non-flammable gas mixture for plastic Limited streamer tubes"; SLD collaboration, SLAC-PUB-4687 (Jan 89).
- (3) P.De Simone, I. Peruzzi; SLD note (in preparation).

ZEUS a HERA

Componenti del gruppo

G. Anzivino, L. Caputi (ass.), R. Casaccia, F. Cindolo, B. Dulach, I. Laakso, S. Qjan, F. Sgamma, G. Susinno (ass.), L. Votano

Tecnici

P. Benvenuto, D. Fabbri, M. Gatta, E. Gradl, M. Lindozzi, F. Masi, M. Ventura

Collaborazioni

Argonne, Bologna, Bonn, Bristol, Carleton, Columbia, Cosenza, Cracowia, DESY, ENEA-Frascati, Firenze, Freiburg, Hamburg, Illinois, Jülich, L'Aquila, Lecce, London, Madrid, Manitoba, McGill, Milano, Ohio, Oxford, Padova, Palermo, Pennsylvania, Roma, Rutherford, Siegen, Tokio, Torino, Toronto, Trieste, Virginia, Warsavia, Weizmann, Wisconsin, York

Il nuovo collider HERA è in costruzione a DESY (Amburgo). Le particelle collidenti sono protoni da 820 GeV contro elettroni da 30 GeV. I grandi momenti trasferiti raggiungibili in questa macchina, $Q^2_{\max}=105 \text{ GeV}^2$, permettono studi diretti delle collisioni elettrone-quark. Le reazioni di corrente neutra e carica permettono lo studio delle distribuzioni quark-gluone nel protone e della struttura delle correnti elettrodeboli.

Per questi studi sono in costruzione due apparati sperimentali: H1 e ZEUS.

Il gruppo dei LNF partecipa all' esperimento ZEUS. Lo schema appare in Fig.5. Più in dettaglio, la partecipazione consiste nella realizzazione del solenoide superconduttore, lo spettrometro per μ in avanti e lo spettrometro per i protoni leading.

Lo stato generale dell' acceleratore e della costruzione di ZEUS è il seguente: un primo fascio circolante di elettroni è stato ottenuto nell' Agosto 1988. L' accumulazione di protoni nell' anello di DESY III a 7.5 GeV è stata ottenuta, mentre l' iniezione in HERA è prevista per Ottobre 1989. L'impianto per He Liquido e il sistema di trasferimento sono stati completati.

La costruzione degli elementi SC per l' anello dei protoni sono al livello del 5% per i dipoli e del 50% per i quadrupoli. L' installazione inizierà ai primi del 1989, col raffreddamento previsto per la metà del 1990.

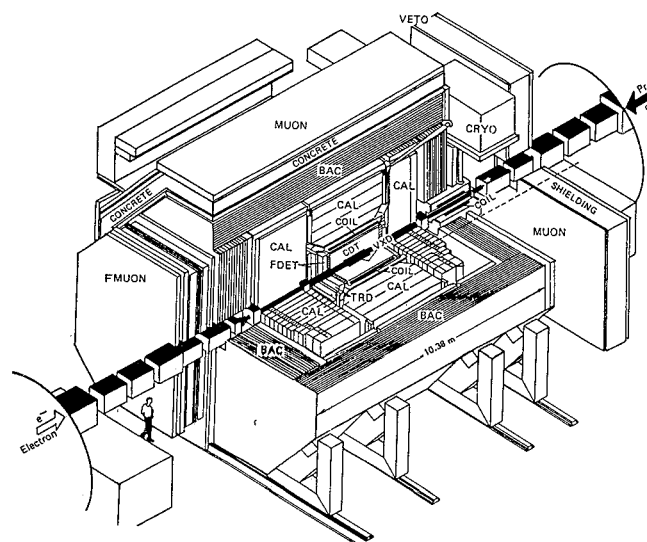


FIG. 5 - Schema dell' esperimento ZEUS at HERA.



FIG. 6 - Fresa per i pad di lettura dei LST, attualmente ai LNF, originariamente costruita nella sezione di Bri dell' INFN

Il giogo di ZEUS è stato commissionato e la struttura principale portante del rivelatore centrale e del calorimetro erano pronte alla fine del 1988.

MAGNETI SUPERCONDUTTORI PER ZEUS

Il lavoro di costruzione procede presso l' Ansaldo Componenti, che ha la responsabilità del disegno sotto la supervisione dell' INFN e dell' ENEA. Il cavo sottile del solenoide è stato prodotto e accettato nel Giugno 1988 dalla Ditta LMI di Firenze.

Il nostro gruppo ha partecipato alle misure sul campione di cavo alla stazione di prova del CERN. I componenti principali erano pronti alla fine del 1988. L' invio e l' inizio dei test è previsto per la metà del 1989.

SPETTROMETRO PER MUONI IN AVANTI

La cinematica di alcuni processi importanti, come la produzione di quark pesanti, impone severe condizioni sulla rivelazione dei muoni nella semisfera del protone in avanti, vicino alla linea del fascio di protoni. Il disegno dello spettrometro è responsabilità dei gruppi di Bologna e Frascati.

Il gruppo di Frascati, assieme al servizio SPECAS, ha curato il disegno e la realizzazione del rivelatore utilizzando tubi a Streamer Limitato (LST) e il sistema del toroide magnetizzato.

I tubi LST verranno prodotti presso la ditta POLIVAR a Carsoli. I metodi di costruzione sono stati raffinati, essendo in parte nuovi. Per ragioni di sicurezza le strutture del rivelatore sono fatte di Noryl e anche la vernice conduttrice è nuova. La produzione è iniziata.

Le pad di lettura per il sistema di coordinate polari sono prodotte su circuiti stampati di 3 m di lunghezza da una speciale fresa funzionante a Frascati (Fig. 6).

La prima unità della meccanica di supporto, che funziona anche da camera di sicurezza per i gas infiammabili, era pronta alla fine del 1988. Il fascio di test è previsto per i primi del 1989.

La gara per l' appalto del magnete toroidale è stata vinta dall' Ansaldo Componenti.

Le 200 tonnellate di ferro di buona qualità per magneti sono state procurate nel 1988, assieme al rame per gli avvolgimenti.

LO SPETTROMETRO PER PROTONI LEADING

Nella maggior parte degli eventi e-p il frammento del protone è emesso a angolo molto piccolo, e sfugge non rivelato lungo la ciambella. E' tuttavia sperimentalmente possibile accedere alla regione estremamente in avanti per una classe di eventi che contengono un protone leading. Rivelatori a striscie di silicio assieme ai magneti curvanti del fascio costituiscono uno spettrometro di alta precisione per protoni veloci in avanti. (< 1 mrad). La Fig. 7 mostra la posizione delle 6 stazioni (3 singole e 3 doppie) lungo il fascio uscente di protoni.

Due delle 6 stazioni (S5 e S6) faranno uso di pozzetti già usati al SPS del CERN, modificati in

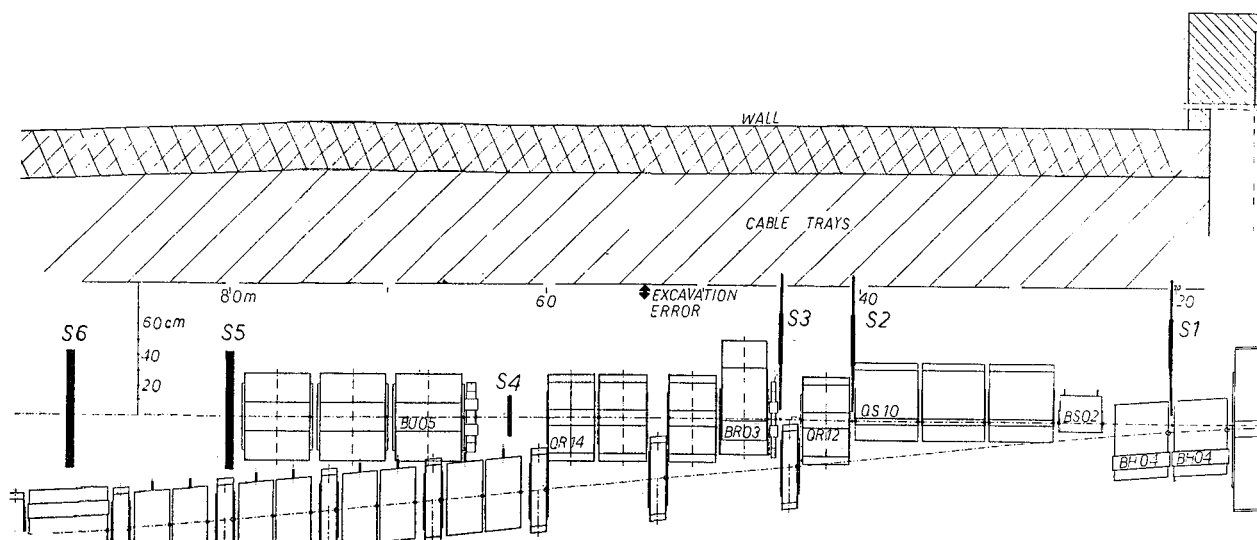


FIG. 7 - Posizione delle stazioni di rivelazione lungo la sezione dritta.

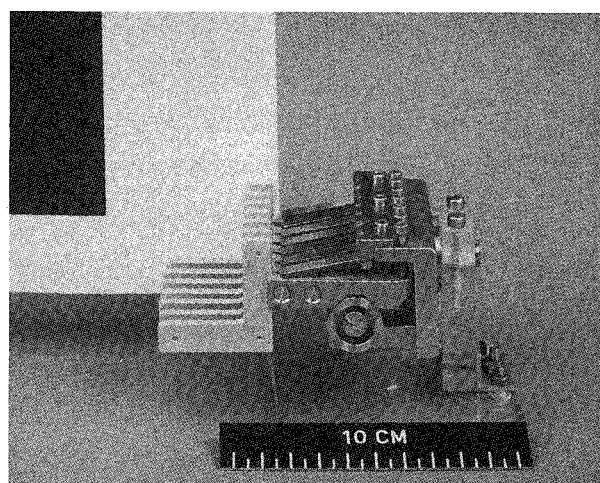


FIG. 8 - Roman Pott CERN SPS assemblato, modificato per ZEUS. Foto CERN.

relazione alle necessità di HERA. I supporti per i pozzetti sono già stati installati nel tunnel di HERA e i pozzetti verranno spediti a Desy alla fine di Giugno del 1989. La Fig. 8 mostra un pot del SPS assemblato col suo supporto.

Per le altre quattro stazioni è stato sviluppato un nuovo disegno (monopot).

I disegni finali sono stati completati e il prototipo è in costruzione. I supporti per S1, S2 e S3 sono pronti.

Il sistema di supporto per i rivelatori al silicio è stato disegnato e costruito; la Fig. 9 mostra il prototipo.

Dato che non tutti i pozzetti saranno pronti per la partenza, dei pozzetti finti con schermi di

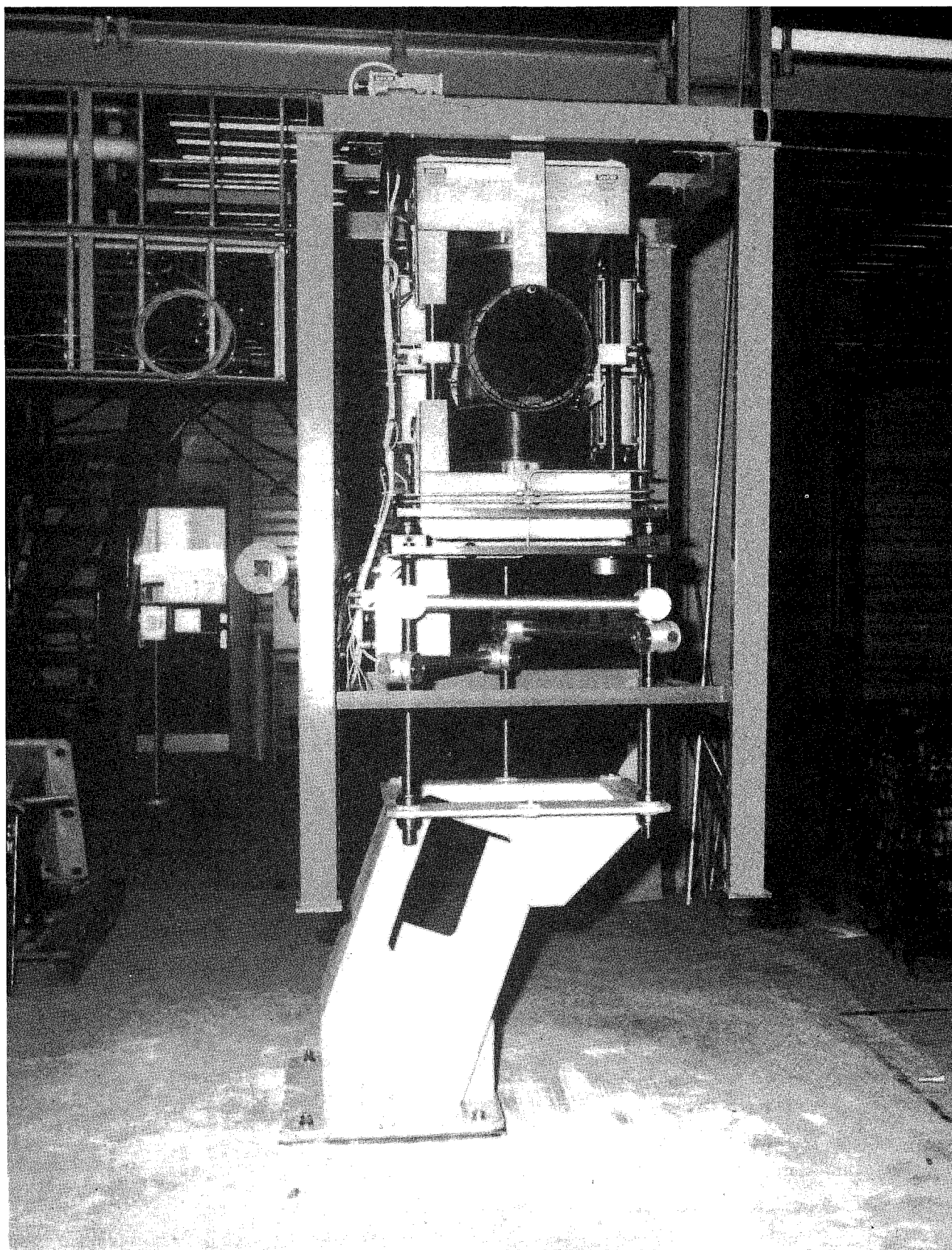


FIG. 9 - Supporto del rivelatore al silicio. Foto CERN.

radiofrequenza sono in costruzione. Cio' per evitare distorsioni dell' orbita del fascio dovute a buchi causati da pozzetti mancanti. Il primo pozzetto finto è stato completato.

I rivelatori a microstrips di silicio saranno montati nel pozzetto romano. Forme differenti dei rivelatori saranno usate nelle diverse stazioni per rimanere a 10σ dal fascio. La Fig. 9 mostra una delle forme dei rivelatori.

I problemi principali legati alla lavorazione delle forme curve sono stati risolti.

Due prototipi sono stati ordinati, uno all Micron Semiconductor (S4) e l' altro alla Canberra Semiconductors (S3). I primi campioni saranno consegnati alla fine di Aprile 1989 e ne saranno controllate le caratteristiche I-V e C-V.

Due chip VLSI di front-end saranno usati per la lettura del silicio.

Il chip analogico (Analog Amplifier and Discriminator Chip) è costruito in tecnologia bipolare a dielettrico isolante per raggiungere uan velocità sufficiente a un livello di rumore ragionevole. Il disegno è terminato e sono state chieste le offerte.

Il chip digitale (Digital Time Slice Chip) è costruito in tecnologia CMOS 2mm resistente alle radiazioni; il primo prototipo è stato ricevuto e stanno per cominciare i tests.

2. - FISICA PASSIVA DELLE ALTE ENERGIE

MACRO al Gran Sasso

Componenti del gruppo

G.Battistoni, H.Bilokon, C.Bloise, P.Campana, V.Chiarella, A.Grillo, E.Iarocci, A.Marini, V. Patera, J. Reynoldson, F.Ronga, L.Satta, M.Spinetti, V.Valente

Tecnici

U.Denni, G.Mazzenga, A.Mengucci, G.Nicoletti

Collaborazione con

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

Gli obiettivi principali dell'esperimento MACRO al Gran Sasso sono:

- a) ricerca di monopoli magnetici nei raggi cosmici oltre il limite di Parker, utilizzando tecniche di rivelazione complementari, in un grande intervallo di β ;
- b) astronomia dei neutrini, comprendendo la ricerca di sorgenti galattiche di alta energia e la rivelazione di neutrini di bassa energia originati da collassi stellari;
- c) fisica dei muoni cosmici sotterranei per la determinazione dello spettro e della composizione dei raggi cosmici primari fino a 10^{17} eV/nucleone;

- d) ricerca di sorgenti galattiche di fotoni di alta energia, attraverso la rivelazione di muoni secondari prodotti nell'atmosfera;
- e) ricerca di particelle esotiche nei raggi cosmici.

Il rivelatore, suddiviso in sei supermoduli ciascuno dei quali copre un'area di $12 \times 12 \text{ m}^2$, è costituito da due strati orizzontali di scintillatore liquido, dieci piani di tubi a streamer ed un piano di plastiche atte alla rivelazione di particelle ionizzanti mediante "track-etch". Tali elementi sensibili sono distribuiti in una struttura di ferro e roccia che pone una soglia di 1 GeV ai muoni che l'attraversino. Le quattro facce verticali sono chiuse da uno strato dello stesso scintillatore e da sei piani di tubi.

Le tappe principali raggiunte nel corso dell'88 possono così sintetizzarsi :

- a) entrata in funzione del primo supermodulo,
- b) costruzione del secondo e terzo supermodulo.

All'installazione dei rivelatori del primo supermodulo, terminata in Febbraio, è seguito il riempimento dei contatori a scintillatore liquido, il montaggio dell'elettronica di lettura dei contatori a streamer, sia per fili che per strips, dei fotomoltiplicatori e della relativa elettronica. Di pari passo è stata sistemata l'elettronica di trigger ed installato il calcolatore corredato dei programmi di acquisizione e di gestione dell'apparato.

In tal modo, dopo quattro mesi dedicati alla messa a punto delle catene di acquisizione, l'apparato ha iniziato a raccogliere eventi fisici ai primi di ottobre con il trigger di muoni passanti. In figura 10 è mostrato uno dei primi eventi con più di un μ rivelato.

Il primo supermodulo iniziò un run di misura nelle condizioni definitive, con tutti i rivelatori ed i vari trigger attivati, alla fine di Gennaio dell'89.

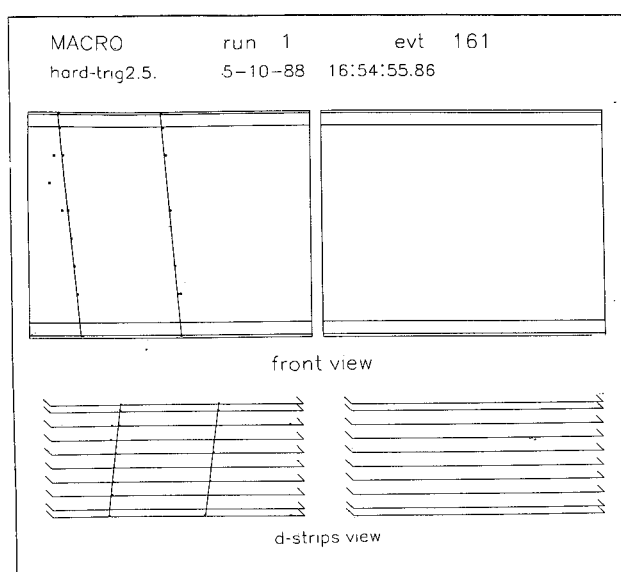


FIG. 10 - Un evento con due muoni ricostruito nelle due viste del sistema tracciante. I due blocchi rappresentano le due parti in cui fisicamente si divide un supermodulo.

In parallelo, nel Giugno 88 era iniziato il montaggio di altri due supermoduli che, relativamente ai rivelatori, si è puntualmente concluso a met à Dicembre.

Sono pronti i programmi di lettura e decodifica dei dati raccolti nonché le procedure essenziali alle prime analisi: riduzione dei dati, selezione dei trigger, riconoscimento e ricostruzione nello spazio delle tracce, analisi dei tempi dell'evento e del deposito di energia negli scintillatori. Programmi più propriamente di analisi, quali il calcolo dello spessore di roccia attraversata da ogni particella, con l'uso della mappa digitizzata della zona del Gran Sasso, il trattamento dei muon-bundles e le distribuzioni in coordinate celesti dei muoni, sono in fase avanzata di completamento.

Come nell'anno precedente l'impegno maggiore della componente di Frascati è stato quello di garantire il montaggio nei tempi e nei modi previsti; ciò deriva dall'essere responsabilità di Frascati sia il disegno e la realizzazione della meccanica dell'apparato che la costruzione, test e messa in opera dei rivelatori a streamer e degli impianti connessi (sistema centrale di mescolamento e purificazione gas e susseguente distribuzione, alte tensioni, ecc.). Inoltre è continuata, nell'89, la costruzione, alla Polivar di Carsoli, delle camere a tubi la cui responsabilità rientra nei compiti di Frascati.

I lavori citati sono stati resi possibili dal fattivo contributo dei servizi tecnici dei LNF i quali, in particolare, hanno anche curato il controllo e la misurazione di tutte le quote dei rivelatori rispetto al sistema di riferimento della sala sperimentale.

Frascati ha curato il coordinamento dell'elettronica di lettura ed acquisizione dei tubi streamer, nelle fasi di installazione, debugging e test finali, nonché la realizzazione e messa in funzione di tutti i programmi on-line.

Infine, nel corso dell'anno, è andato crescendo il coinvolgimento di ricercatori dei LNF nella stesura dei programmi di analisi off-line.

Pubblicazioni

- (1) G. Auriemma, G. Battistoni, E. Lamanna, S. Petrera, G. Piccinelli, F. Ronga and A. Sciubba, Monopole Trigger for the Streamer Tube System in MACRO, Nucl. Instr. & Meth. A263 (1988) 249.
- (2) M. Calicchio, G. Case, C. Demarzo, O. Erriquez, C. Favuzzi, N. Giglietto, E. Nappi, F. Posa, P. Spinelli, F. Baldetti, S. Cecchini, G. Giacomelli, F. Grianti, G. Mandrioli, A. Margiotto, L. Patrizii, G. Sanzani, P. Serra, M. Spurio, S. Ahlen, A. Ciocio, M. Felcini, D. Ficenec, J. Incandela, A. Marin, J. Stone, L. Sulak, W. Worstell, B. Barish, C. Lane, G. Liu, C. Peck, G. Poulard, H. Sletten, S. Cohen, N. Ide, A. Manka, R. Steinberg, G. Battistoni, H. Bilokon, C. Bloise, P. Campana, V. Chiarella, A. Grillo, E. Iarocci, A. Marini, J. Reynoldson, A. Rindi, F. Ronga, L. Satta, M. Spinetti, V. Valente, R. Heinz, S. Mufson, J. Petrakis, P. Monacelli, A. Reale, M. Longo, J. Musser, C. Smith, G. Tarlè, M. Ambrosio, G.C. Barbarino, F. Grancagnolo, A. Onnembo, V. Palladino, C. Angelini, A. Baldini, C. Bemporad, V. Flaminio, G. Giannini, R. Pazzi, G. Auriemma, M. De Vincenzi, E. Lamanna, G. Martellotti, O. Palamara, S. Petrera, L. Petrillo, P. Pistilli, G. Rosa, A. Sciubba, M. Severi, P. Green, R. Webb, V. Bisi, P. Giubellino, A. Marzari Chiesa, L. Ramello, D. Solie and P. Trower. THE MACRO DETECTOR AT THE GRAN SASSO LABORATORY. Nucl. Instr. & Meth. A264 (1988) 18.
- (3) G. Battistoni, C. Bloise, L. Liberatori and L. Satta. RESPONSE OF STREAMER TUBES TO HIGHLY IONIZING PARTICLES. Nucl. Instr. & Meth. A270 (1988) 185.
- (4) G. Battistoni, C. Bloise, A.F. Grillo, A. Marini, F. Ronga and V. Valente. HIGH-STATISTIC STUDY OF THE LOW ENERGY MUON ANGULAR DISTRIBUTION: RESULTS FROM MICRO. Il Nuovo Cimento 11C n. 2 (1988) 175.

- (5) G. Battistoni, V. Chiarella, U. Denni, J. Reynoldson THE USE OF n-HEXANE IN THE GAS MIXTURE FOR STREAMER TUBES LNF-88/29(P), inviato a Nucl. Instr. and Meth.
- (6) G. Battistoni TRACKING TECHNIQUES IN UNDERGROUND PHYSICS LNF-88/45, inviato a Nucl. Instr. and Meth.

LVD

Componenti del gruppo

G. Anzivino, S. Bianco, R. Casaccia, F. Cindolo, X. Cui, M. De Felici, H. Ding, Y. Dong, M. Enorini, F.L. Fabbri, B. Gao, C. Jing, I. Laakso, Y. Li, S. Qian, Z. Shi, Y. Sun, A. Spallone, M. Ventura, L. Votano, A. Zallo

Tecnici

P. Benvenuto, L. Daniello, D. Fabbri, E. Gradl, M. Gatta, M. Giardoni, M. Lindozzi, F. Masi, L. Passamonti, V. Russo, M. Ventura

Collaborazioni con

Accademia Sinica, M.I.T. Accademia delle Scienze dell'USSR, CNR Torino, Università di: Bologna, Brown, Calabria, Firenze, Houston, Indiana, L'Aquila, North Eastern, Palermo, Perugia, Torino, e Sezioni INFN di Bologna, Firenze, Torino

L'Esperimento LVD è stato approvato dall'INFN nel 1986. Esso è costituito da un sistema integrato di scintillatore liquido e camere a streamer per lo studio dei collassi stellari, sorgenti puntiformi, decadimento del protone, oscillazione del neutrino, ecc.

Lo stato attuale dell'esperimento è illustrato sinteticamente nelle Tabelle I e II confrontando il piano di progetto del 1986 con la situazione attuale.

Attualmente la struttura meccanica dell'esperimento è installata nella sala sperimentale, i prototipi delle camere di tracciamento sono stati realizzati e provati nei LNF, gli LST necessari alla realizzazione della prima torre dell'apparato sono stati costruiti nei LNF e sottoposti al test di lunga durata nel laboratorio di test ASTRA dei LNF.

Per iniziare l'installazione della prima torre si attende l'invio da parte della componente Torino-URSS dei contenitori di scintillatori liquido.

In questo anno nei Laboratori Nazionali di Frascati, sono state sviluppate le seguenti linee di attività:

- realizzazione dei primi 3000 LST, da utilizzare per la prima torre dell'esperimento;
- realizzazione della facility ASTRA per la prova di lunga durata degli LST prima della loro installazione al Gran Sasso;
- allestimento di un dispositivo di test al Gran Sasso (TEST 49) che, pur senza lo scintillatore liquido di cui si attende l'arrivo, consenta di controllare tutti gli elementi di rivelazione e acquisizione del sistema di tracciatura dell'esperimento dagli LST al calcolatore;

TABELLA I - Responsabilità originale (1986) confrontata con responsabilità attuali (1988) con i risultati (fine 1988).

Item	1986 Responsibilities			1988 Responsibilities				Status end 1988	
	Institution	%	Funds (MLit)	Institution	%	Requested Funds (MLit)	Approved Funds (MLit)	%	Engagements (MLit)
	Mechanics								
Mechanical Structure	LNF TO	100% 0%	725 0	LNF TO	77% 23%	750 225	750 225	77% 23%	750 225
	LSTs								
Material	NSF LNF	85% 15%	2156 200	NSF BO	5% 95%	50 1000	50 1000	5% 95%	50 1000
Construction	NSF LNF	85% 15%	- -	NSF LNF	85% 15%	- -	- -	10% 12%	- -
Strips	DOE PG	50% 50%	300 300	DOE PG	0% 100%	0 750	0 750	0% 15%	0 200
Front-end	LNF	100%	710	LNF	100%	710	710	50%	360
Read-out	DOE LNF	50% 50%	770 250	DOE LNF	0% 100%	0 500	0 500	0% 10%	0 50
Power supplies	LNF	100%	290	LNF	100%	290	290	100%	290
Trigger	DOE	0%	0	LNF DOE	10% 90%	200 1800	200 ≈100	2% ≈0%	40 ≈0
Cables	LNF	100%	300	LNF	100%	300	300	≈0%	≈0
Hoods (Material and Construction)	DOE LNF	50% 50%	1000 1000	DOE LNF+PG +BO	0% 100%	0 2208	0 1632	0% 5%+ bid(85%)	0 1576
Factory	Texas		560	Texas		560	560		560
Test facility	LNF		240	LNF		240	240		240
Gas system	DOE LNF		280 0	DOE LST		0 950	0 500		0 830
	DAQ								
Computers	DOE NSF Texas LNF LNF (paid by TO)	3μVAX 1μVAX 1μVAX 0 1μVAX+	168 56 56 0 200	DOE NSF Texas LNF LNF (paid by TO)	3μVAX 1μVAX 1μVAX VAX8250+ 1μVAX+	66 22 22 650 200	0 22 0 650 200	0 1μVAX 0 0 1μVAX+	0 22 0 0 200
	Scintillation Counters								
Scintillator and tanks	INR	1800t	≈7000	INR	1800t	≈7000	≈7000	100%	≈7000
PMs	INR	4560	≈7000	INR	4560	≈7000	≈7000	100%	≈7000
Portatanks	TO	200	3600	TO	200	3600	3600	bid(100%)	3600
Electronics	TO	4560	2800 channels	TO	4560	2800	2800	order	1300

TABELLA II - BIG ITEMS, SUMMARY - Responsabilità originale (1986) confrontata con responsabilità attuali (1988) con i risultati (fine 1988).

1986 Responsibilities		1988 Responsibilities			Status end 1988
Institution	Funds (MLit)	Institution	Requested Funds (MLit)	Approved Funds (MLit)	Engagements (MLit)
LNF+BO+PG	3715	LNF+BO+PG	8548	7522	5336
DOE	2518	DOE	1866	~100	~0
NSF	2212	NSF	72	72	72
Texas	616	Texas	582	582	560
TO	6600	TO	6600	6600	5100
INR	~14000	INR	~14000	~14000	~14000

- progetto, sviluppo, ingegnerizzazione, e avvio produzione delle camere di tracciamento che alloggiavano i tubi a streamer (hoods);
- studio del funzionamento dei tubi a streamer con diverse miscele binarie e ternarie (anche con basso contenuto di idrocarburi);
- progetto e realizzazione di dispositivi elettronici dedicati: al test delle schede SGS 32/NH, della interfaccia fra l'elettronica di front-end e il CAMAC, alla distribuzione dell'alimentazione, al monitor delle correnti degli LST, alla realizzazione del trigger ecc...;
- definizione e avvio commessa del sistema di gas e sicurezza dell'esperimento.

Queste attività hanno usufruito dell'assistenza e della progettazione dei tecnici di gruppo e dello SPECAS della Divisione Ricerca.

MASS - Ricerca di antimateria nei raggi cosmici

Componenti del gruppo :

G. Basini, F. Bongiorno (A.), M. Occhigrossi (A.), A. Morselli (A.), M. Ricci.

Collaborazione con:

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 300

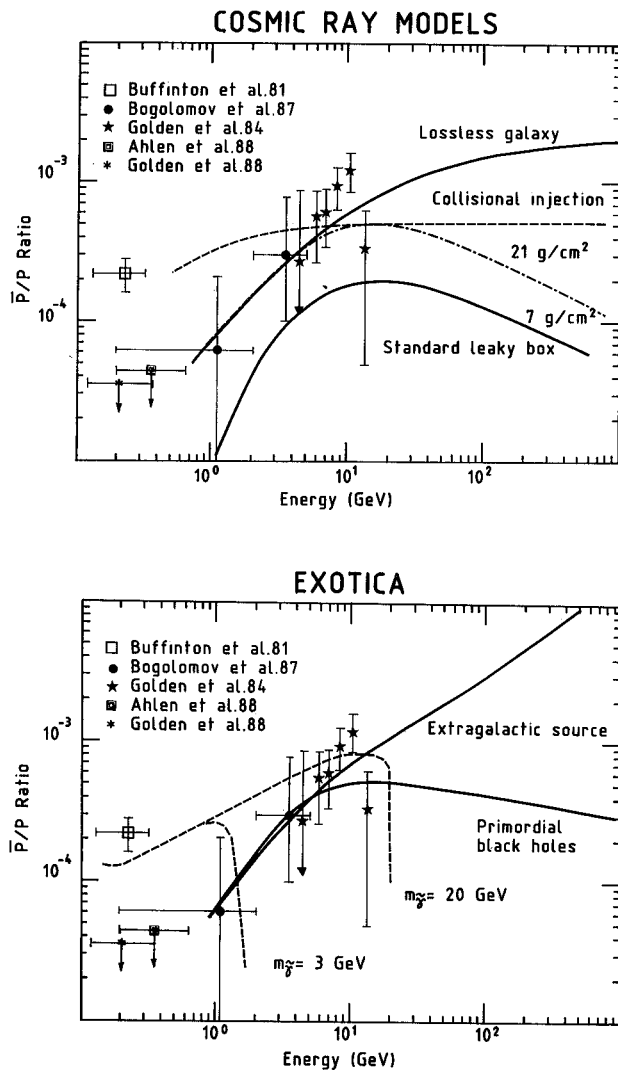


FIG. 11 - I punti sperimentali (vedi legenda più sotto) sono mostrati confrontandoli con i differenti modelli per il rapporto p/p : i modelli di raggi cosmici, mostrati in Fig. 11a, comprendono l'ipotesi della "lossless galaxy" [14], la produzione nella fase densa iniziale dell'esplosione di una Supernova (curva "collisional injection") [15], [16] e il modello standard "leaky box" [17] con una densità di materia attraversata di 7 g/cm^2 e 21 g/cm^2 ; altri modelli più esotici, come descritti nel testo [vedi reff. 6-11] sono mostrati in Fig 11b.

Legenda per i punti sperimentali:
 Buffinton et al., 1981, vedi ref. [3]
 Bogolomov et al., 1987, vedi ref. [2]
 Golden et al., 1984, vedi ref. [13]
 Ahlen et al., 1988, vedi ref. [12]
 Golden et al., 1988, vedi ref. [12]

MeV ad oltre 10 GeV e di positroni da 20 GeV scendendo fino ad almeno 2 GeV.

Il problema dell'abbondanza di antiprotoni cosmici primari è tra i più controversi in astrofisica e cosmologia; in effetti, sembrano esserci prove[1], [2], [3] di un eccesso di antiprotoni nei raggi cosmici non spiegabile come produzione secondaria per mezzo del processo $p+p \rightarrow p+p+\text{anything}$, secondo i modelli standard di propagazione dei raggi cosmici [4] che permettono di calcolare il flusso di 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 osservato 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 nello scenario di 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, non hanno mostrato alcuna evidenza di antiprotoni nella regione di bassa energia. La situazione attuale è rappresentata in Fig. 11 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; per la sua completezza un simile apparato dovrebbe essere in grado di misurare lo spettro di antiprotoni e positroni con una sensibilità più elevata e con sufficiente statistica.

Il gruppo italiano contribuisce all'esperimento con la costruzione del calorimetro tracciante da inserire nell'apparato mostrato in Fig. 12 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 gas. Il lancio è stato confermato per l'estate '89 da una base di lanci per pallone situata in Canada.

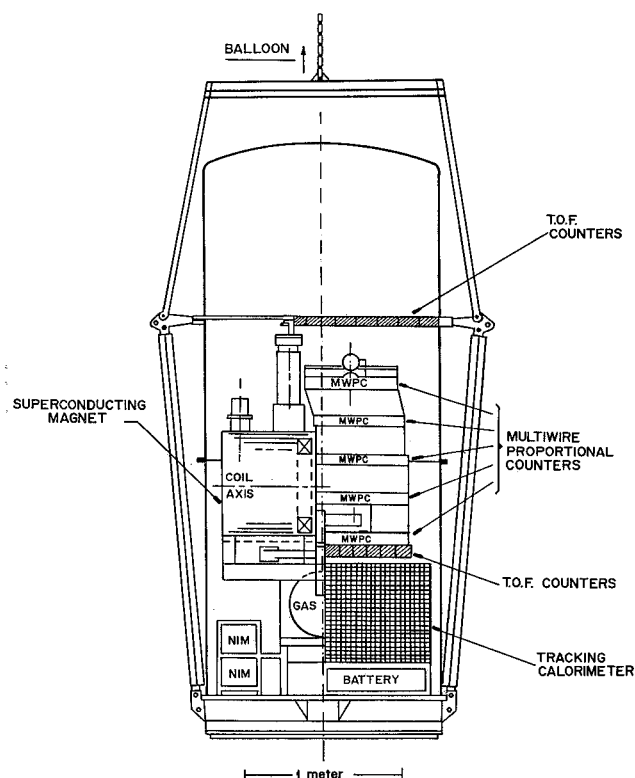


FIG. 12 - Schema della configurazione dell'apparato per il volo.

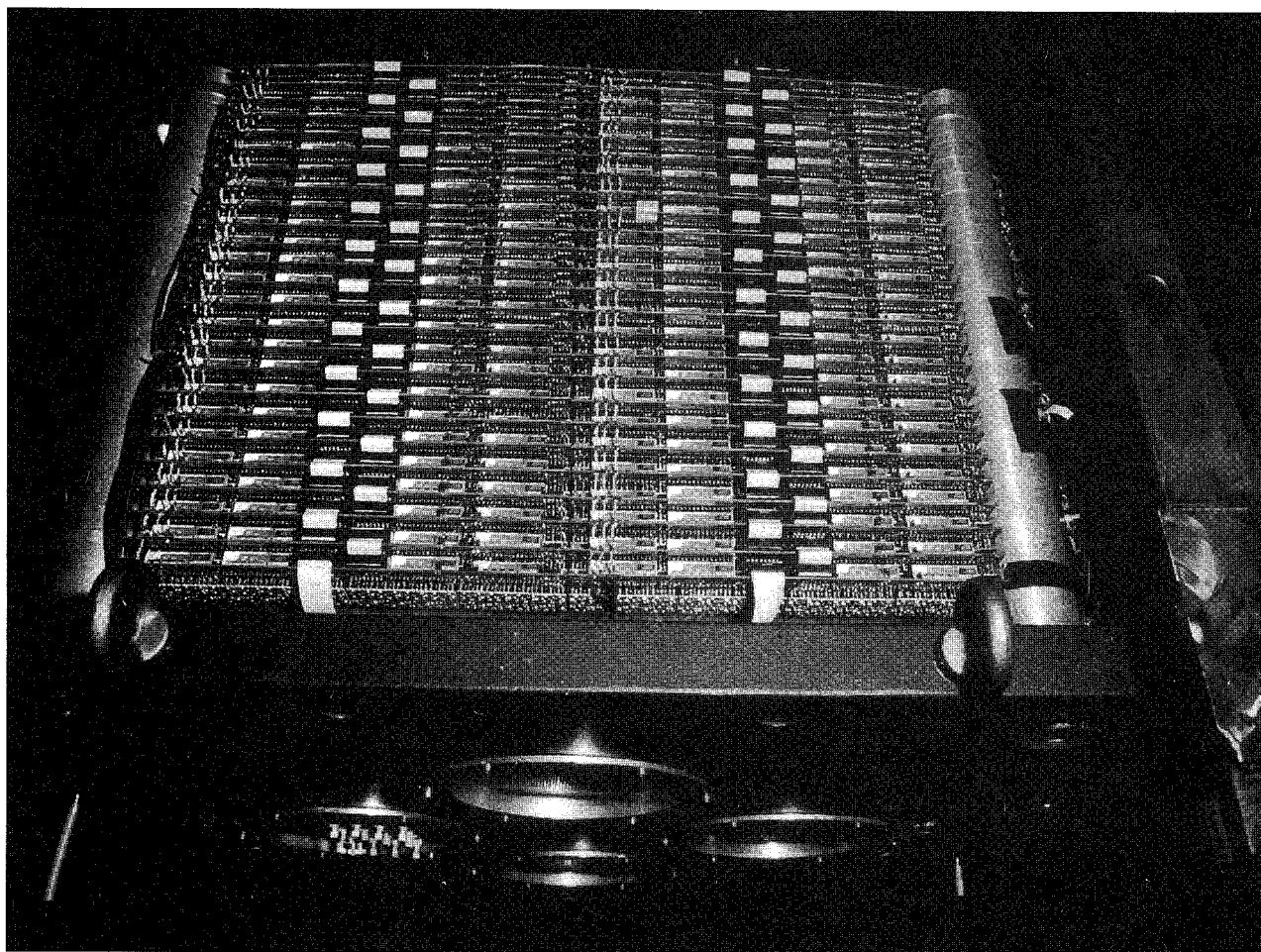


FIG. 13 - Il calorimetro.

Il calorimetro (dimensioni $53 \times 66 \times 50 \text{ cm}^3$) è costituito da 50 piani di tubi a streamer in ottone ($6.5 \times 5 \text{ mm}^2$) (Fig. 13, Fig. 14) intervallati da un egual numero di piani di strip ortogonali ai precedenti, per un totale di 6400 canali di lettura. Ciò permette di ottenere una misura calorimetrica dell'energia totale rilasciata ed una chiara segnatura degli eventi di annichilazione dell'antiprotone 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. Durante il 1988 il gruppo di Frascati, insieme ai gruppi di Roma-Tor Vergata, Firenze e Perugia, ha proseguito nella messa a punto della configurazione finale del calorimetro (dopo i tests al CERN-PS) e nelle successive fasi di integrazione (meccanica, elettronica e acquisizione dati) presso la New Mexico State University in vista del lancio fissato per il prossimo agosto.

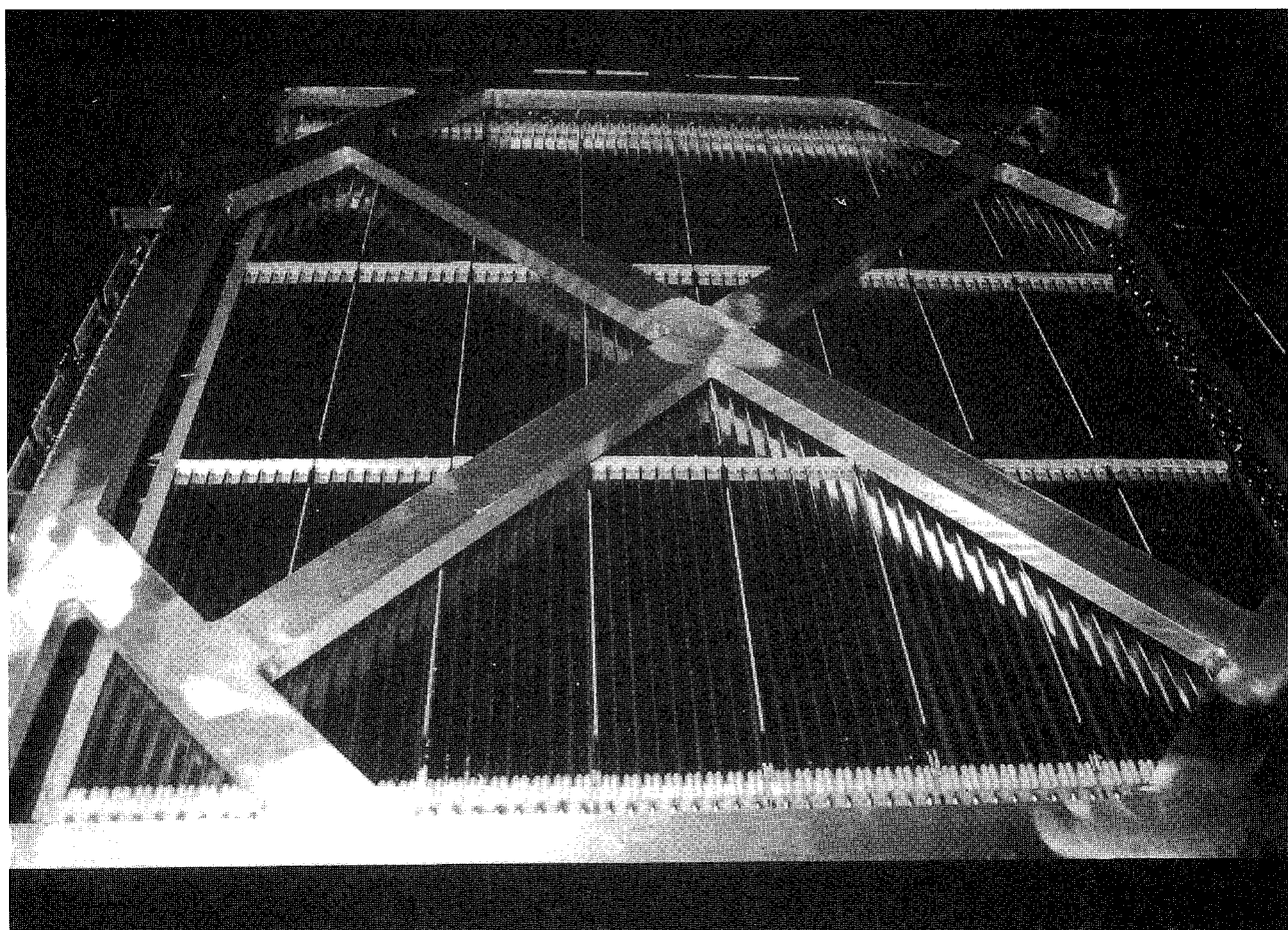


FIG. 14 - Un singolo piano di tubi a streamer in ottone.

WiZard

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-Tor Vergata, Siegen, Trieste.

Oltre all'esperimento MASS, il gruppo di Frascati, insieme alle altre istituzioni coinvolte, ha proceduto nel 1988 nella definizione delle attività riguardanti l'esperimento WiZard (già ASTROMASS) da eseguire con la facility ASTROMAG sulla Stazione Spaziale Freedom della NASA, prevista entrare in funzione entro il 1996.

Obiettivi 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 obiettivi complementari sono lo studio dei "solar flares", le correlazioni

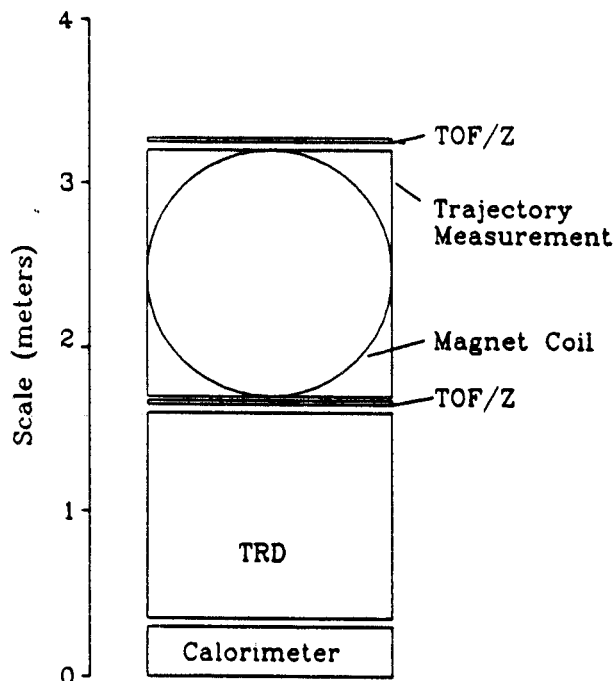


FIG. 15 - Configurazione dei rivelatori di WiZard.

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.15, 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.

L'INFN e l'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) hanno approvato ufficialmente l'esperimento per quanto riguarda la parte italiana e, nello scorso novembre, la proposta generale di esperimento [18] è stata sottomessa all'Office of Space and Science Applications della NASA.

Referenze

- (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: Proceedings 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: Proceedings 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). Altri dati, attualmente in stampa, sono stati presentati da R.L. Golden al 6^o Corso della International School of Cosmic Ray Astrophysics svoltosi a Erice nell' Aprile 1988.
- (13) R.L. Golden, B.G. Mauger, S. Nunn and S. Horan : Astrophys. Lett. 24, 75 (1984).
- (14) B. Peters and N.J. Westergaard: Astrophys. Spa. Sci. 48, 21 (1977).
- (15) G.E. Moraal and W.I. Axford: Astron. Astroph. 125, 204 (1983).
- (16) B.G. Mauger and A. Stephens: Proceedings of the XVIII International Cosmic Ray Conference, Vol 2 (Bangalore, 1983), p.95.
- (17) F.W. Stecker, R.J. Protheroe, D. Kazanas. Proceedings of the XVII International Cosmic Ray Conference, Vol. 9 (Paris, 1981), p. 211.
- (18) R.L. Golden et al.: WiZard. A proposal to measure the cosmic rays including antiprotons, positrons, nuclei, and to conduct a search for primordial antimatter. A flight proposal in response to NASA AO OSSA 3-88.

Pubblicazioni

- (1) M.A. Green et al.: "The two-coil toroid magnet. An option for ASTROMAG", IEEE Trans. Mag. 24 n.2 (1988).
- (2) G. Basini et al.: "A calorimeter coupled with a magnetic spectrometer for the detection of primary cosmic antiprotons", Nuovo Cim. 11C n.4 (1988).
- (3) M. Meschini et al.: "Study of the granularity for a tracking calorimeter with optimal rejection of proton background in positron detection" Nuovo Cim. 102B n.5 (1988).
- (4) G. Basini et al.: "A double-dee toroidal field for a space spectrometer", Nuovo Cim. 102B n.5 (1988).
- (5) G. Barbiellini et al.: "Application of silicon detector technology to experiments in space. An option for the Astromag facility", Nuovo Cim. 102B n.6 (1988).
- (6) G. Basini et al.: "A fast, low power consumption readout system for a space based calorimeter", LNF-88/046(P) (1988) in stampa su Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.

3. - FISICA NUCLEARE

IL LABORATORIO JET TARGET

Componenti del gruppo

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

Tecnici

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

Collaborazione con

INFN Genova and Sanità

L'Apparecchiatura

Il gruppo Jet Target ha installato una Jet Target interna di Argon sull'anello di accumulazione Adone, per la produzione di un fascio monocromatico di alta energia usando la tecnica del tagging.

Le principali caratteristiche del fascio sono:

- Intervallo di Energia: 200-1200 MeV;
- Risoluzione in energia: $\sim 1\%$ alla massima energia del fascio di elettroni (1500 MeV);
- Massima intensità $\sim 5 \cdot 10^5$ fotoni per canale di energia.

Inoltre è in studio la possibilità di ottenere polarizzazione lineare fino al 60%.

Il primo esperimento previsto è la misura della sezione d'urto totale di assorbimento nucleare tra 500 e 1200 MeV. In questa regione di energia sono necessari dati precisi e sistematici sul fotoassorbimento totale su un grande campione di nuclei per spiegare la mancanza di risonanze osservata su protone libero e per verificare la soglia di shadowing dovuta al comportamento adronico dei fotoni.

La tecnica di trasmissione verrà usata per i nuclei leggeri, monitorando il flusso di fotoni con e senza il bersaglio sul fascio. Per nuclei pesanti come l'Uranio si studierà la fotofissione con una camera di fissione ad alta efficienza e basso fondo e.m. (PPAD).

I principali risultati ottenuti nel 1988 sono i seguenti:

a) JET TARGET: test sul fascio molecolare in differenti condizioni geometriche e termodinamiche.

In questo momento si può produrre un fascio molecolare di Argon di densità $5 \cdot 10^{-9}$ g/cm² e spessore 1.5 cm nel punto di interazione col fascio di elettroni (Fig. 16).

Sono stati eseguiti test sulla compatibilità tra il fascio di Argon e le richieste del vuoto di Adone con buoni risultati.

b) SISTEMA DI TAGGING: consiste in 80 scintillatori plastici posizionati su un dipolo di Adone, usato come spettrometro.

La stesura dei cavi e la struttura dei moduli dell'elettronica sono stati completati nella vicina Sala Sperimentale Jet Target.

Alcuni test preliminari sul sistema di tagging sono stati effettuati usando i processi di bremsstrahlung sul gas residuo di Adone ($\sim 10^{-8}$ torr con 30 mA).

In questo modo in circa 50% dei contatori si è verificata una buona separazione segnale-fondo (Fig. 17) ed una risoluzione temporale migliore del ns.

c) MONITOR DEL FASCIO: è stato installato sul fascio uno spettrometro fotonico, consistente in 4 cristalli cilindrici di BGO (diametro 8 cm e spessore 8 cm ciascuno), circondati da un cristallo di NaI in anticoincidenza.

Lo spettrometro verrà provato con un fascio di elettroni a bassa intensità per verificare la calibrazione in energia e misurare l'efficienza del sistema di tagging.

Un quantametro gaussiano, con sensibilità costante tra 5 MeV e 2 GeV è stato costruito per

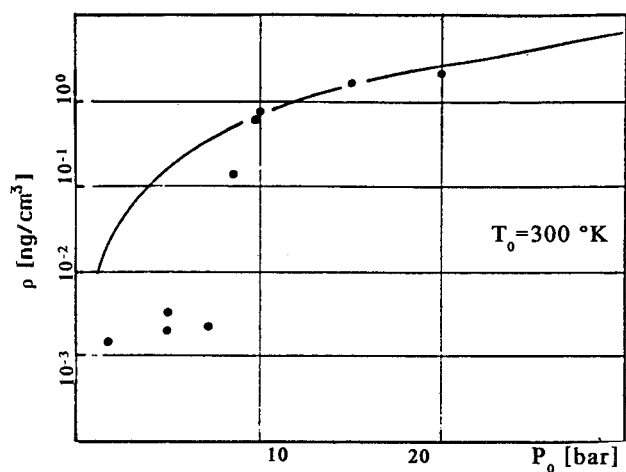


FIG. 16 - Densità del fascio Argon in funzione della condizione di pressione iniziale.

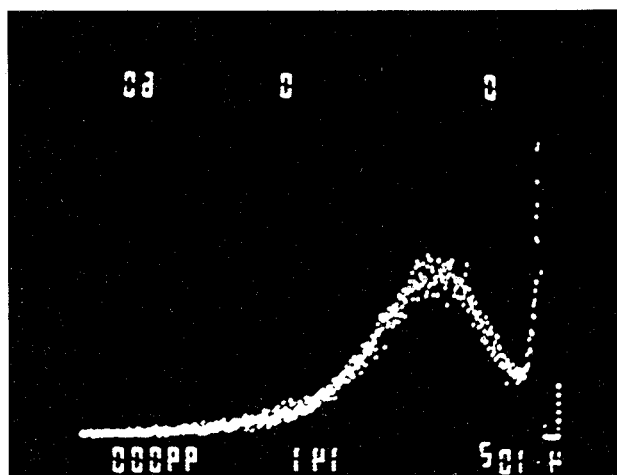


FIG. 17 - Tipico spettro d'ampiezza di un contatore di tagging.

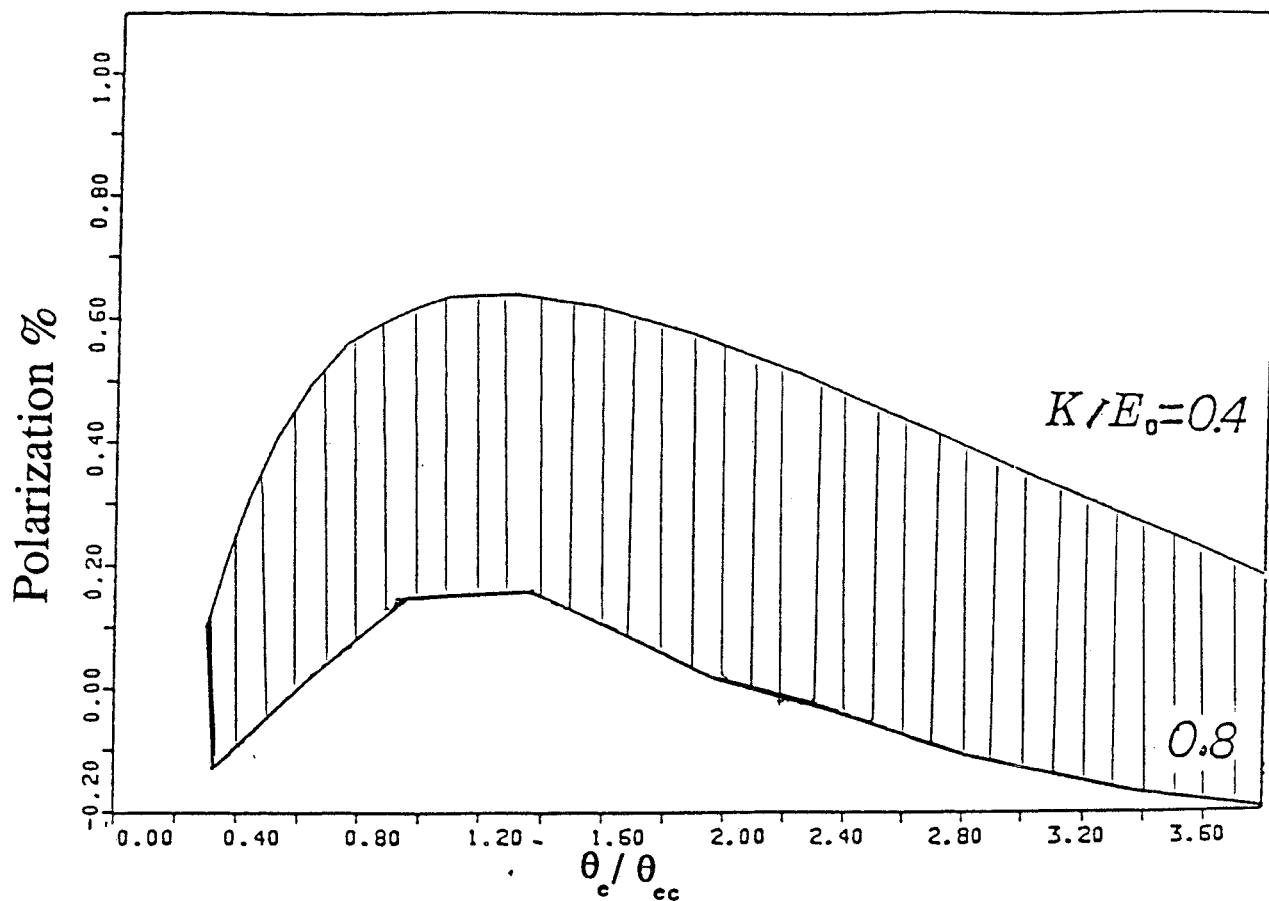


FIG. 18 - Polarizzazione prevista nell'intervallo di fotone tagging ($k=0.4 \div 0.8 E_0$): θ_e è l'angolo di diffusione dell'elettrone nel precedimento di bremsstrahlung

$$\theta_{ec} = \frac{m_e}{E_0} \cdot \frac{k}{E_0 - k}$$

è l'angolo caratteristico di diffusione.

misurare l' energia totale del fascio alla massima intensità.

Inoltre sono state installate sul fascio di fotoni tre camere a fili per studiare il profilo del fascio. Una di queste è già stata usata durante i test preliminari sul sistema di tagging.

d) POLARIZZAZIONE DEL FASCIO: è ben noto che la polarizzazione parziale dei fotoni di bremsstrahlung può essere selezionata per mezzo della collimazione del fascio fuori asse. Il grado di polarizzazione può essere aumentato con la tecnica di Selezione degli Elettroni Residui.

Applicando questa tecnica al sistema di tagging si è calcolato che una polarizzazione lineare massima del 60% può essere ottenuta preparando un odoscopio di fibre scintillatrici, prima dei contatori di tagging, per misurare il drift degli elettroni residui (Fig. 18).

Le fibre scintillatrici, fabbricate dalla OPTETRON, sono state parzialmente provate e il sistema di lettura è in studio.

Esperimento ASSO

Componenti del gruppo

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

Tecnici

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

Collaborazione con

INFN Sezione di Genova e Sanità

Lo scopo dell' esperimento ASSO è la misura della sezione d' urto totale fotonucleare su nuclei leggeri e pesanti, usando il nuovo fascio di fotoni tagged del Progetto Jet Target nella regione di energia da 200 1200 MeV. Le motivazioni fisiche per questa ricerca sono lo studio delle regole di somma, relazioni di dispersione, presenza e comportamento delle risonanze nucleoniche nei nuclei, effetti di shadowing.

Per nuclei leggeri, la misura sarà effettuata con la tecnica di trasmissione (misura dell'intensità del fascio con e senza bersaglio); mentre, per i nuclei pesanti, la sezione d' urto totale fotonucleare sarà ricavata dalla misura della sezione d' urto di foto-fissione, scegliendo quei nuclei per i quali la fissilità sia ~ 1 .

L' apparato sperimentale usato per le misure sui nuclei leggeri consiste in uno spettrometro formato da 4 cilindri di BGO di 10 cm di diametro e lunghezza totale di 32 cm, circondati per tutta la lunghezza da un anello di NaI di 15 cm di spessore. Questo rivelatore funzionerà come calorimetro elettromagnetico con bassa probabilità di uscita ed alta risoluzione ($\sim 2\%$ coll' anello di NaI usato in anticoincidenza).

Durante il 1988, dopo i test di laboratorio, il rivelatore è stato installato nella sua posizione di funzionamento all' interno della Sala Sperimentale della Jet Target, schermato all' interno di una scatola di piombo di 10 cm di spessore (20 cm nella parte frontale, con un foro di 10 cm per il passaggio del fascio), e allineato alla direzione del fascio di fotoni: il rivelatore è controllato in temperatura da un termostato.

Tutta l' elettronica relativa è stata installata e molti run di test sono stati effettuati con sorgenti radioattive e raggi cosmici. Un bersaglio di assorbimento in carbonio (un parallelepipedo di grafite da reattore di $60 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$) è stato installato $\approx 20 \text{ m}$ prima del rivelatore, dentro il traferro di un magnete di nella Sala Adone.

Questo magnete ripulirà il fascio trasmesso da particelle secondarie prodotte nello sviluppo dello sciame e.m.

Per la misura senza bersaglio è stata costruita una camera a vuoto di 60 cm di lunghezza e 8 cm di diametro. Sia la camera a vuoto che il bersaglio sono poste su una piattaforma mobile controllata a distanza per l' inserzione sul fascio.

Il fascio di fotoni è trasportato sotto vuoto dal bersaglio al rivelatore attraverso un buco nella parete della Sala Adone. Due collimatori a piombo (prima e dopo il bersaglio) sono stati installati nei due magneti pulitori, per mantenere la grandezza del fascio $\leq 2 \text{ cm}$.

Infine è stato prodotto un programma di acquisizione in grado di maneggiare un alto rate di eventi buoni ($\approx 10^4$).

Collaborazione 4π BGO

Componenti del gruppo

N. Bianchi, E. De Sanctis, P. Levi Sandri, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, P. Rossi

Tecnici

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

Collaborazione con

INFN Roma, INFN Genova, ISS, Catania e LNS

Scopo della collaborazione è la costruzione di un rivelatore a grande angolo solido ($\approx 4\pi$) ottimizzato alla rivelazione di particelle neutre (g, p^0) ma avente anche una buona efficienza per particelle cariche (protoni) prodotte nell' interazione di fotoni di circa $\approx 2 \text{ GeV}$ coi nuclei.

Nel disegno di questo rivelatore abbiamo accoppiato le caratteristiche tipiche della cristall ball come:

- grande angolo solido;
- misura simultanea multiparametrica;

- buona efficienza di rivelazione per prodotti neutri (γ, π^0);
- con alcune caratteristiche peculiari, quali:
 - modularità e flessibilità;
 - massima standardizzazione delle apparecchiature di lettura e elettronica relativa;
 - contenimento delle dimensioni per facilitare il trasporto.

Ciò garantisce ampie possibilità applicazioni e di installazione del rivelatore in piccole aree sperimentali, la possibilità di realizzare la cristal ball con la sostituzione del BGO da parte di rivelatori specifici come Ge(Li) o NaI o rivelatori specifici per particelle cariche, e la possibilità di accedere alla linea del fascio per l'installazione di bersagli criogenici e rivelatori di vertice.

La configurazione del rivelatore comprende: 480 settori di BGO di lunghezza di 24 cm ciascuno (21 lunghezze di radiazione); 15 settori nel piano q per 32 nel piano f, angolo ricoperto da 25 a 155 gradi; angolo solido di 3.6 p (90 % del totale); volume di 206 litri per un peso in cristallo di 1.47 tonnellate; 128 fototubi di 1.5" di diametro più 352 da 2".

Il supporto meccanico verrà realizzato dalla Elicotteri Meridionali in fibre di carbonio organizzate in 24 ceste, ognuna portante 20 cristalli. Le pareti di carbonio avranno dimensione di 0.36 o 1.08 mm; il loro spessore aumenta fino a 5 mm nella struttura a nido d'ape. Le pareti laterali della cesta aumenteranno maggiormente (1.5 cm) per permetterne la sospensione ad un telaio esterno di ferro che supporta la struttura. Questo telaio, e con esso l'intera ball, può essere diviso lungo un piano approssimativamente verticale che comprende la linea del fascio e le due metà si possono allontanare di 1 m. In questo modo lo spazio libero è sufficiente ad ogni possibile operazione lungo la linea del fascio e dentro il rivelatore. Ogni cesta può essere individualmente estratta dalla struttura in caso di necessità per mezzo di uno specifico attrezzo.

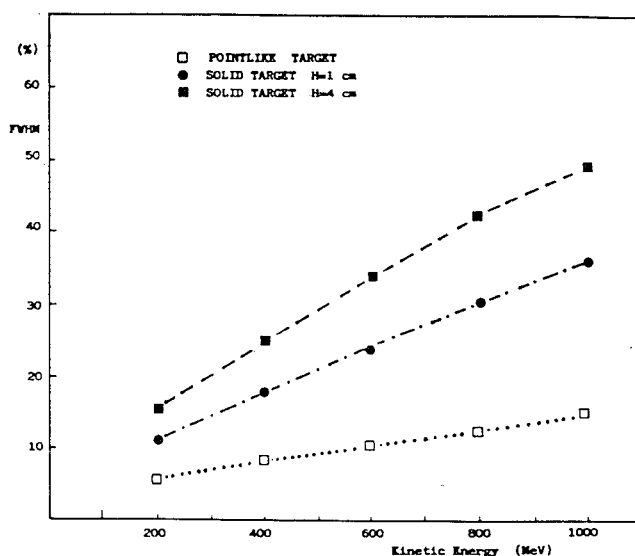


FIG. 19

Durante il 1988 sono stati effettuati vari test su un prototipo di cristallo con differenti fototubi; l'uniformità ottenuta per la risposta è stata di $\pm 2.5\%$. Una linea di controllo automatica per il test di tutti i cristalli è stata progettata e sono state decise le caratteristiche del supporto in fibra di carbonio (Fig. 19).

Studi Monte Carlo della funzione di risposta del rivelatore per diverse reazioni e particella sono in corso.

IL LABORATORIO LADON

Componenti del gruppo

D. Babusci, G. Giordano

Tecnici

E. Cima, M. Iannarelli, E. Turri.

Collaborazioni con

Sezioni INFN of Roma I, Roma II, Sanità.

La Facility LADON

Il fascio γ monocromatico e polarizzato è stato sviluppato nei LNF alcuni anni fa usando lo scattering Compton all'indietro di luce laser (argon) su elettroni di alta energia circolanti nell'anello di accumulazione ADONE.

Nel 1988 è stato aggiunto all'apparecchiatura uno spettrometro di tagging. Lo schema dell'apparato attualmente consiste di:

- 1) una sezione dritta, dove il fascio laser è sovrapposto all'orbita di equilibrio degli elettroni e dove ha luogo l'interazione elettrone-fotone;
- 2) un'area di tagging situata nel quadrupolo di foccheggiamento che segue il magnete curvante dopo la sezione dritta di interazione, dove un rivelatore di silicio a microstrip misura la distanza degli elettroni diffusi dall'orbita.

Il rivelatore a microstrip, costruito dalla MICRON SEMICONDUCTORS, consiste di 96 strisce di diodi con passo di $650\text{ }\mu\text{m}$ ($50\text{ }\mu\text{m}$ di spaziatura e $600\text{ }\mu\text{m}$ di larghezza) e 20 mm di lunghezza. La dimensione complessiva del chip di silicio è di $62.6\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 0.45\text{ mm}$. Dietro la microstrip, con una spaziatura di 2 mm c'è uno scintillatore plastico NE102A, di $70\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 14\text{ mm}$, per il trigger veloce. La grandezza complessiva di questo sandwich, compresi i 96 preamplificatori prodotti dalla LABEN, la guida di luce e il fotomoltiplicatore è di soli 58 mm (Fig. 20).

L'intero apparato è montato perpendicolarmente al piano dell'anello, dentro un pozzetto, con la prima striscia attiva situata a 20 mm dall'orbita principale degli elettroni. Il pozzetto può essere mosso a distanza da una posizione di lavoro (sul fascio) a una posizione di riposo sufficientemente schermata. Il posizionamento del pozzetto è noto entro 0.1 mm .

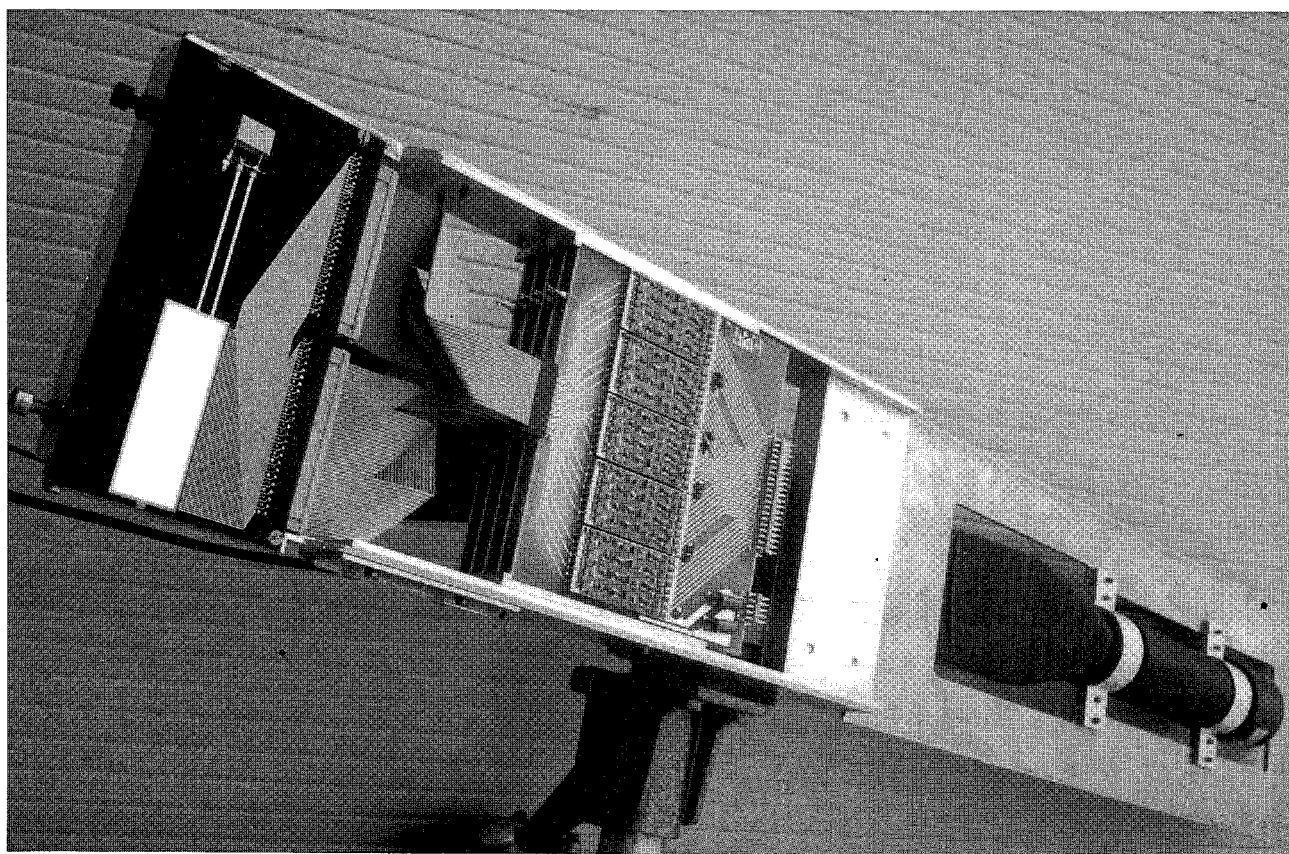
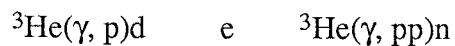


FIG. 20 - Rivelatore a microstrip di silicio per la misura della posizione degli elettroni.

Fotodisintegrazione del ^3He

Nel 1988 abbiamo continuato lo studio e realizzazione di un apparato sperimentale per la misura della sezione d'urto differenziale delle reazioni:



nell'intervallo di energia tra 30 e 80 MeV. In questa regione d'energia non esistono dati sperimentali analoghi.

L'apparato sperimentale consiste di un bersaglio gassoso di ^3He , a una pressione di 30 atmosfere, e di 16 rivelatori a stato solido sensibili alla posizione (PSD) sistemati in modo da formare 4 telescopi con 4 rivelatori ciascuno, per la misura dell'energia e posizione delle particelle cariche prodotte nella disintegrazione del ^3He .

Ciascun telescopio è costituito da due coppie di rivelatori: le prime due, che misurano la coordinata orizzontale (parallela al fascio γ incidente) hanno un'area di 48 mm x 12 mm, con uno

spessore di 300 e 500 μm rispettivamente; gli altri due rivelatori che misurano la coordinata verticale (perpendicolare al fascio γ) hanno un'area di 58 mm. x 17 mm, con uno spessore di 500 μm .

Abbiamo effettuato una serie di prove su un prototipo del telescopio costruito dalla ENERTEC, utilizzando elettroni emessi da una sorgente di ^{106}Ru . Lo spettro di energia di questi elettroni si estende fino a 3.55 MeV e quindi permette di raccogliere segnali in coincidenza tra diversi PSD. Il funzionamento ottimale del telescopio è stato ottenuto minimizzando l'ampiezza a metà altezza dello spettro di tempo di volo fra le varie coppie di rivelatore.

Contemporaneamente abbiamo completato l'analisi dei dati ottenuti a 50 MeV (prima della fermata di ADONE) e la misura della sezione d'urto totale della reazione $^3\text{He}(\gamma, p)d$.

Il risultato di questa analisi ha dato un valore di $\sigma = 0.104 \pm 0.005$ mb con un errore sistematico dell'8%⁽¹⁾

Referenze

- (1) R. Bernabei et al.: Misure sulla fotodisintegrazione del nucleo di ^3He : primi risultati sperimentali. SIF , Settembre 1988.
- (2) D.Babusci et al.: Experimental results on few body reactions with the Ladon monochromatic and polarized gamma ray beam. Proc. of the 3th Workshop on "Perspectives in Nuclear Physics at Intermediate Energie" ICTP, Trieste, 18-22 May 1987, World Scientific, p. 591 (1988).
- (3) L. Casano et al.: Monochromatic and polarized gamma ray beams for the study of photonuclear reactions. Workshop on Heavy-Quark Factory and Nuclear-Physics Facility with Superconducting Linacs, Courmayeur, 14-18 December 1987, IPS, p. 955 (1988).

LABORATORIO LEALE

Componenti del gruppo

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

Tecnici

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

La Facility LEALE (Laboratorio Esperienze Acceleratore Lineare Elettroni)

Il LEALE dispone di un fascio di fotoni quasi monocromatici prodotto dalla annichilazione in volo su un bersaglio di idrogeno dei positroni del Linac di Frascati.

I fotoni sono prodotti da un bersaglio di idrogeno liquido di 0.0118 lunghezze di radiazione.

L'energia totale del fascio di fotoni è misurata mediante un quantmetro di Wilson il cui sistema di integrazione è stato modificato per fornire una sensibilità costante nel range di energia di misura.

Un programma di simulazione di Montecarlo, che tiene conto delle caratteristiche del fascio di positroni e di tutti i processi fisici lungo la linea, nonché delle caratteristiche di raccolta dei fotoni, in eccellente accordo con gli spettri misurati, permette di calcolare emittanza, flusso e spettro del fascio di fotoni.

L'energia dei fotoni è variabile da circa 60 MeV a circa 300 MeV. A 0° di angolo di raccolta, entro un angolo solido geometrico di 5×10^{-5} sr, l'intensità è 2×10^7 fotoni/sec a 300 MeV, con una monocromaticità dell'1.7%.

Il fascio LEALE è stato impiegato nello studio della fotodisintegrazione di nuclei leggeri e per misure di fotofissione su nuclei medi e pesanti.

La particolare cura rivolta ai sistemi di monitoraggio e controllo e la monocromaticità del fascio hanno permesso la minimizzazione delle incertezze sistematiche nei risultati sperimentali ottenuti e caratterizzato i dati ottenuti a Frascati tra quelli dei maggiori laboratori europei.

Fotodisintegrazione del Deuterio a 0° , 90° e 180° ad Energie Intermedie (Collaborazione FNNI2)

Componenti del gruppo

N. Bianchi, G.P. Capitani, E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, P. Rossi

Tecnici

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

Collaborazioni con

INFN Section of Genova

Recentemente lo sviluppo di nuove tecniche di produzione di fasci di fotoni monocromatici ha reso possibile la produzione di un insieme di dati abbastanza consistente sulla fotodisintegrazione del deuterio, a livelli di accuratezza dell'ordine di $\pm 5\%$ nei valori della sezione d'urto differenziali⁽¹⁻³⁾. C'è inoltre accordo con misure recenti della reazione inversa e quindi una base ragionevole di valori sperimentali per il confronto con la teoria.

Ad energie sotto la soglia di produzione del pione le sezioni d'urto totali e differenziali misurate sono ben riprodotte dalla teoria corrente, includendo gradi di libertà mesonici in una trattazione relativistica. Al contrario sopra la soglia di produzione del pione, le distribuzioni sperimentali sono meno isotrope di quelle predette dalla teoria.

Questo esperimento è stato effettuato allo scopo di ottenere una misura diretta della sezione d'urto differenziale a 0° , 90° e 180° per energie dei fotoni tra 100 e 240 MeV. La sezione d'urto ad angoli estremi è infatti particolarmente sensibile ad operatori di transizioni dipendenti dallo spin, allo

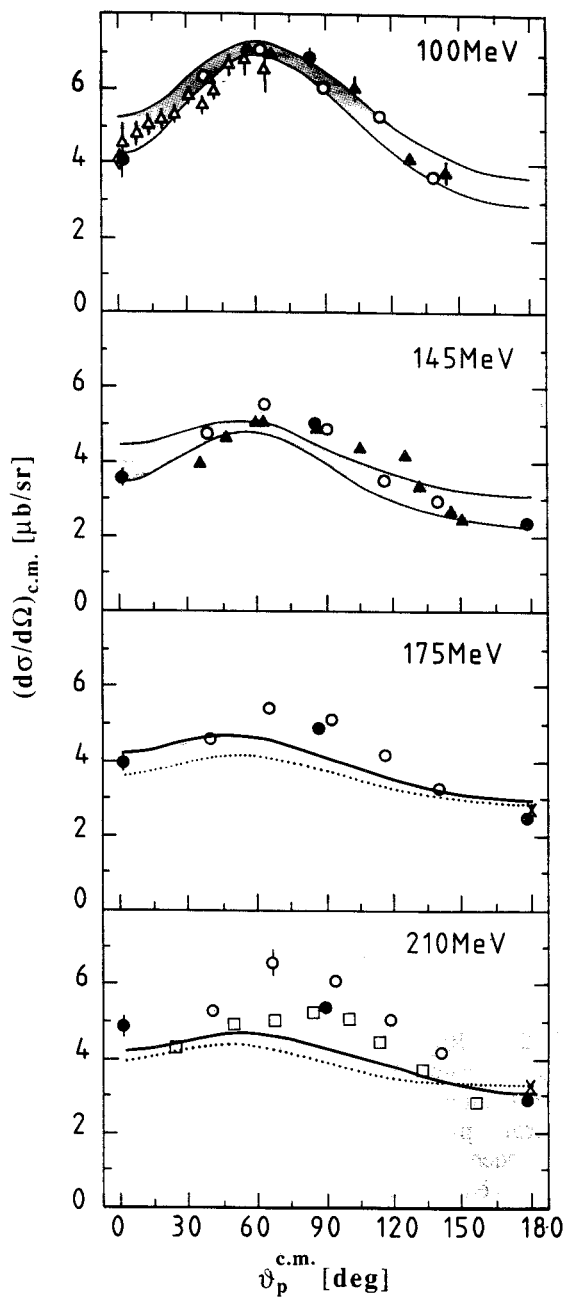


FIG. 21 - Alcune distribuzioni angolari ottenute in questo esperimento a date energie dei fotoni; cerchi pieni: questo lavoro; rombi vuoti: Ref. 5; triangoli vuoti: Ref. 6; croci: Ref. 7; cerchi vuoti: Ref. 1; quadrati vuoti: Ref. 2; triangoli pieni: Ref. 8. L'area tratteggiata è descritta dai calcoli dei Refs. 4, 9+13; linea punteggiata: Ref. 11; linea piena: Ref. 12.

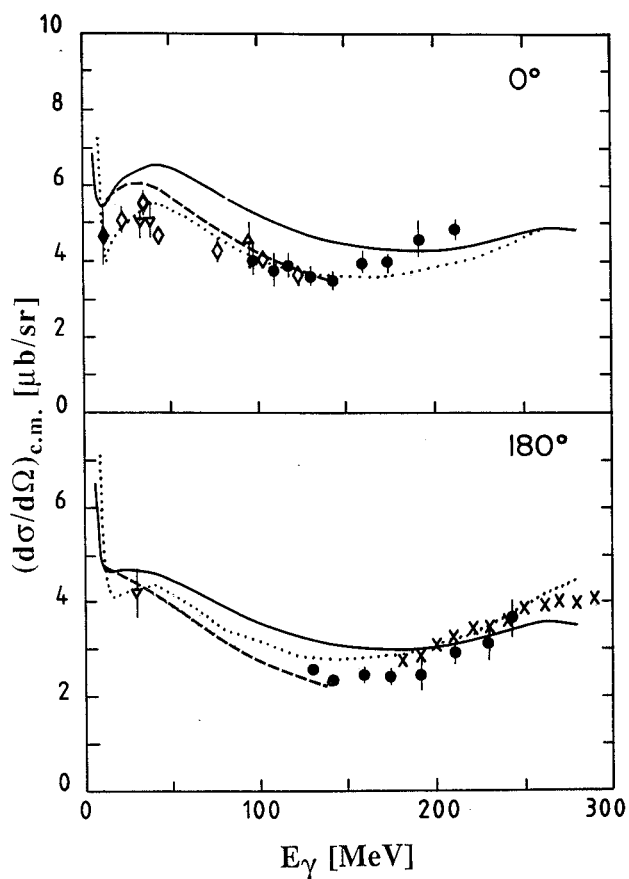


FIG. 22 - Funzioni di eccitazione vs. energia del fotone incidente a $\theta_p = 0^\circ$ e 180° . Cerchi pieni: questo lavoro; rombi vuoti: Ref. 5; triangoli verso il basso: Refs. 14 e 15; triangoli verso l'alto: Ref. 6; rombi pieni: Ref. 16; croci: Ref. 7. linea tratteggiata: Ref. 4; linea punteggiata: Ref. 11; linea piena: Ref. 12.

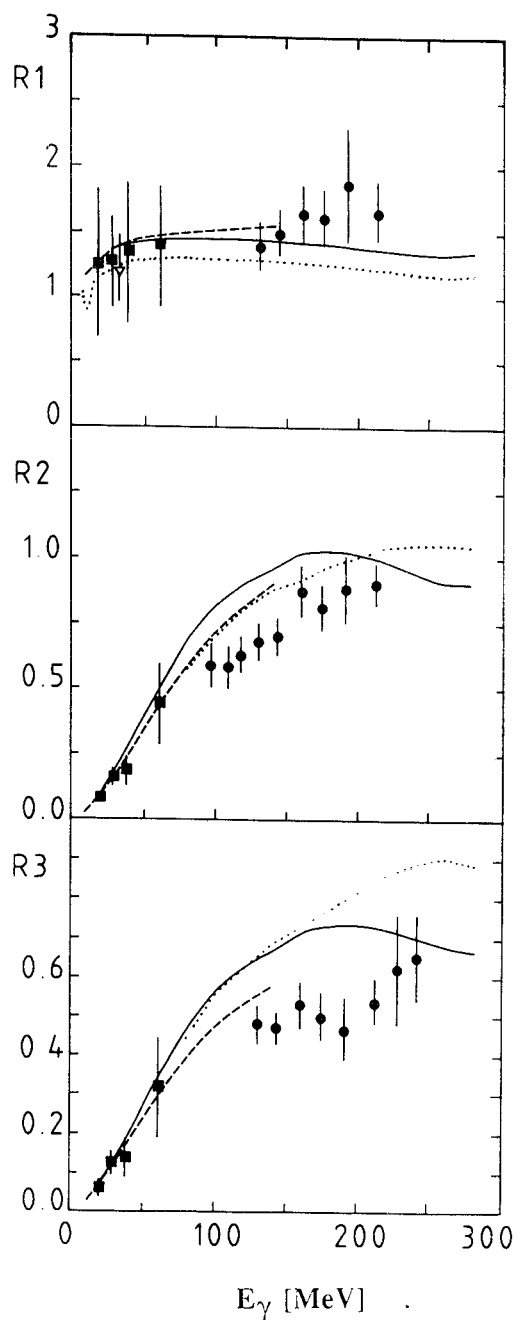


FIG. 23 - Rapporto di sezione d'urto ottenute da questo esperimento (cerchi pieni) insieme ai dati di Ref.14 (triangoli) e con i valori estrapolati di Ref.17 (quadrati pieni) confrontato ai calcoli teorici, comprendenti le correzioni relativistiche. Per le curve la notazione è come in Fig. 22.

stato D del deuterio, a forze non centrali e correzioni relativistiche alla approssimazione degli impulsi.

L'esperimento è stato effettuato usando il fascio di fotoni monocromatico del LEALE, prodotto da annichilazione in volo di positroni su un bersaglio di idrogeno liquido. La misura simultanea dello spettro e dell'energia totale del fascio hanno permesso di raggiungere una incertezza di $\pm 3\%$ nella determinazione dell'intensità fotonica. L'apparato sperimentale era costituito da un bersaglio di

deuterio liquido, un dipolo cilindrico, per deflettere i protoni dal fascio dei fotoni, e tre telescopi E- ΔE .

La Fig. 21 mostra quattro delle distribuzioni angolari ottenute in questo esperimento a date energie dei fotoni (punti pieni). Gli errori quotati sono solo statistici e non includono un'incertezza sistematica di $\pm 4.5\%$ su valore assoluto. E' notevole il fatto che il valore della sezione d'urto a 90° che era stato preso per stabilire l'affidabilità di questa misura dal confronto con i dati esistenti, è stato trovato in buon accordo con il nostro valore precedente, dimostrando la consistenza di sezioni d'urto ottenuti con apparati sperimentali diversi.

Le funzioni di eccitazione del processo ad angoli estremi sono mostrati in Fig. 22 assieme ai dati esistenti e confrontate con alcune stime teoriche. Come si vede c'è un buon accordo fra esperimenti diversi, ma nessuno dei calcoli esistenti riproduce i valori delle sezioni d'urto nell'intero intervallo di energia. Lo stesso effetto si può vedere chiaramente in Fig. 23 dove è riportato il rapporto delle sezioni d'urto ottenute da questo esperimento rispetto agli stessi calcoli della Fig. 22. Come si può vedere, la situazione è soddisfacente solo fino a 100 MeV; ad energie più alte le teorie prevedono una sezione d'urto troppo isotropa rispetto a quella sperimentale.

L'introduzione di contributi relativistici all'operatore di transizione fino a 140 MeV⁽⁷⁾ ha già notevolmente migliorato la teoria rispetto a calcoli precedenti. Uno studio completo e sistematico delle correzioni relativistiche nella regione d'energia della ΔE è necessario per controllare se questo processo è spiegabile dalla teoria classica della fisica nucleare, oppure se si devono includere nuovi gradi di libertà nella descrizione del meccanismo della reazione.

Referenze

- (1) E. De Sanctis et al., Phys. Rev., C34, 1986, 413.
- (2) J. Arends et al., Nucl. Phys., A412, 1984, 509.
- (3) K. Baba et al., Phys. Rev., C28, 1983, 286.
- (4) A. Cambi, B. Mosconi and M. Ricci, Phys. Rev., C26, 1982, 2358.
- (5) R.J. Hughes et al., Nucl. Phys. A267, 329 (1976).
- (6) H.O. Meyer et al., Phys. Rev. C31, 309 (1985).
- (7) K.H. Althoff et al., Z. Phys., C21, 1983, 149.
- (8) J.M. Cameron et al., Nucl. Phys. A458, 637 (1986).
- (9) J.L. Friar et al., Phys. Rev. C30, 441 (1984); and J.L. Friar, private communication.
- (10) W. Jaus and W.S. Woolcook, Nucl. Phys. A473, 667 (1987); and A473, 685 (1987).
- (11) J.M. Laget, Nucl. Phys., A312, 1978, 265 and Can. J. Phys. 62, 1984, 1046.
- (12) P. Wilhelm, W. Leideman and H. Arenövel, Few Body Systems, 3, 1987, 111.
- (13) M.L. Rustgi, R. Vyas and O.P. Rustgi, Phys. Rev. C29, 785 (1984).
- (14) A. Ninane et al., Can. J. Phys. 62, 1104 (1984).
- (15) C. Dupont et al., Nucl. Phys. A445, 13 (1985).
- (16) A. Zieger et al., Few-Body Systems 1, 135 (1986).
- (17) M.P. DePascale et al., Phys. Rev. C32, 1830, (1985).

Publicazioni

- P. Levi Sandri et al. LNF-88/50(P) and Phys. Rev. C, in press.
- M. Anghinolfi et al. "Proceedings of the Workshop on Electron-Nucleus Scattering" Marciana Marina June 1988.
- P. Levi Sandri et al. "Proceedings of the XVII INS Symposium on Nuclear Physics at Intermediate Energies, Tokio November 1988".

STUDI DI FOTOFISSIONE (Collaborazione FISSI/LE)

Componenti del gruppo:

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

Tecnici:

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

Collaborazione con

INFN Sezione di Catania e INR di Mosca

Lo scopo dell'esperimento, finito nel 1988, era lo studio dei processi di fotofissione su nuclei pesanti utilizzando il fascio di fotoni quasi monocromatici (100÷300 MeV) del laboratorio LEALE.

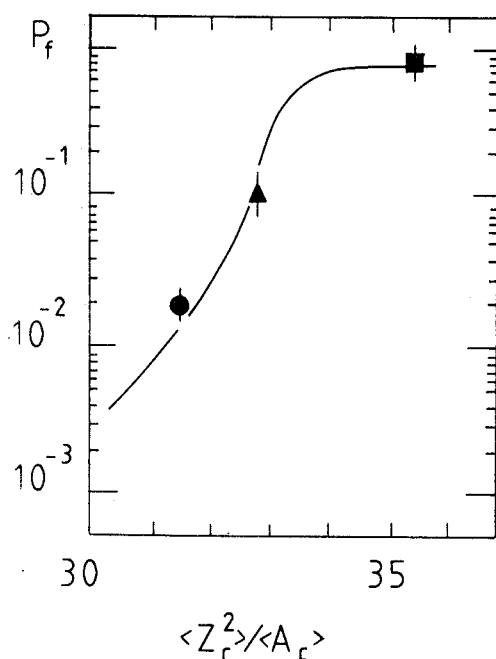


FIG. 24 - Valori di fissilità di ^{197}Au ($\bullet$) e ^{209}Bi (Δ) energie di fotone di 300 MeV, e per ^{238}U a 280 MeV. La curva rappresenta i risultati del calcolo di Monte Carlo con fotoni da 300 MeV.

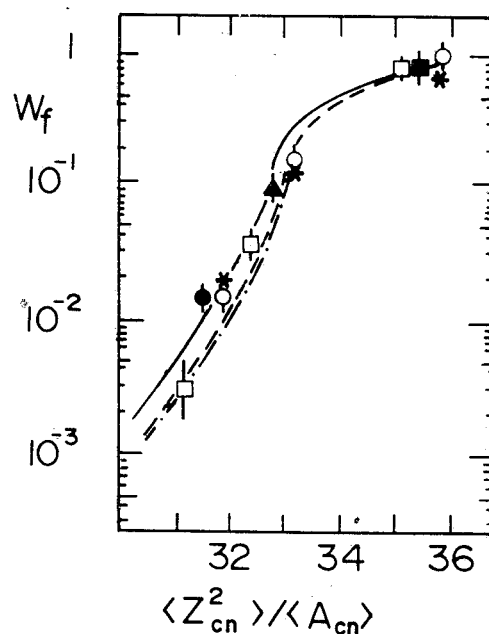


FIG. 25 - Valori di fissilità per Au, Bi e U eccitati da sonde diverse. I punti sono rispettivamente risultati sperimentali per fotoni da 200 MeV ($\bullet$, Δ) fotoni da 190 MeV ($\circ$) e fotoni da 80 MeV pioni ($\circ$, π^+ and π^-). Le curve continua, tratteggiata e tratteggiata a punti sono i risultati corrispondenti ottenuti con un programma Monte Carlo.

Dopo lo studio dei nuclei ^{238}U and ^{209}Bi l'analisi dei dati per il ^{197}Au è stata completata e i risultati pubblicati⁽¹⁾

Questi risultati sperimentali ottenuti con fotoni monocromatici hanno consentito uno studio quantitativo sia dei meccanismi di produzione di eccitazione nucleare che di quelli di fissione ad alte energie di eccitazione. I risultati di questo studio hanno mostrato un accordo significativo fra i valori di fissilità dedotti per i suddetti nuclei dai nostri dati sperimentali e quelli da noi calcolati per mezzo di un programma Monte Carlo (Fig. 24). Questo programma tiene conto sia della cascata intranucleare che segue l'assorbimento del fotone dal nucleo bersaglio che la seguente diseccitazione del nucleo composto prodotto. Inoltre questo programma ha reso possibile la comprensione del comportamento della fissilità dei nuclei preattinidi per energie dei fotoni nel range 100÷300 MeV, un argomento controverso fino a tempi recenti.⁽²⁾

Infine abbiamo effettuato un confronto significativo fra fissilità teoriche e sperimentali dedotte da reazioni di fissione iniziate da sonde diverse (fotoni, protoni e pioni) di energia intermedia sugli stessi nuclei. L'accordo ottenuto, (Fig. 25) oltre a confermare la credibilità dei modelli adottati, suggerisce l'uso possibile della fissibilità come variabile di stato per la descrizione di configurazioni nucleari ad alte energie di eccitazione.⁽³⁾

I risultati di questa ricerca sono stati selezionati per la presentazione alle Conferenze su "Fifty Years with Nuclear Fission" che si terrà a Giathersburg (USA) nell'Aprile 1989, e "Fifty Years Research in Nuclear Fission" che si terrà a Berlino in Aprile 1989.

Referenze

- (1) V. Lucherini et al., LNF-88/36(P) 23 June 1988 (Physical Review C, in press.).
- (2) C. Guaraldo et al., LNF-88/58(P) 8 October 1988 (submitted to Phys. Rev. C Brief Reports).
- (3) A.S. Iljinov et al., LNF-88/67(P) 21 November 1988 (Phys. Rev. C, in press.).

ESPERIMENTI IN LABORATORI ESTERNI

LABRO

Componenti del gruppo

G. Giordano, G. Matone

Tecnici

E. Cima, M. Iannarelli, E. Turri

Collaborazione con

BNL, Roma II "Tor Vergata"

Il fascio LABRO è operante da poco più di un anno.

Durante la fine del 1988 e l'inizio del 1989 abbiamo accumulato una serie di dati riguardanti le

caratteristiche del fascio: flusso totale di fotoni prodotti, dimensioni e profilo del fascio, contaminazione di Bremsstrahlung e calibrazione del sistema di tagging.

A causa del danneggiamento dovuto alla luce di sincrotrone, si sono avute difficoltà con la finestra di quarzo attraverso la quale si inietta la luce laser nella macchina. Questo effetto comporta una perdita di intensità del fascio prodotto particolarmente quando si lavora nell'ultravioletto. Stiamo studiando diverse possibili soluzioni al problema.

L'esperimento della fotodisintegrazione del deuterio è completamente installato e si stanno raccogliendo dati sull'asimmetria nell'intervallo di energia ($200 < E_\gamma < 240$) MeV, con una targhetta di scintillatore plastico arricchito in deuterio. Si prevede che la presa dati con targhetta di deuterio liquido inizi nell'autunno del 1989.

Nel frattempo stiamo assemblando il rivelatore "crystal box" a ioduri di sodio per la misura della diffusione Compton su protone e neutrone.

Nell'estate del 1989 sarà anche installata sul fascio la targhetta ad ^3He la cui costruzione è stata ultimata recentemente.

Verso la fine dell'anno contiamo di misurare la polarizzazione del fascio studiando l'asimmetria azimutale nella fotoproduzione di coppie e di misurare l'energia degli elettroni della macchina con il backscattering di un laser a CO_2 .

LION

Componenti del gruppo:

G. Battistoni, C. Bloise, P. Picozza, L. Satta

Collaborazione con:

IPN-Orsay, CEN-Saclay, University of South Carolina, IPN-Neuchatel.

Tale collaborazione si propone lo studio della reazione:

$$p + p \rightarrow p + p + \pi^0 \quad (1)$$

ad energie intermedie. L'interesse principale di questa misura è duplice. Innanzitutto lo stato finale $pp \pi^0$ è il canale di decadimento più semplice di una possibile risonanza dibarionica stretta, di massa $2.124 \text{ GeV}/c^2$ e di larghezza $\sim 25 \text{ MeV}$, individuata in un altro esperimento presso l'acceleratore Saturne a Saclay [1]. La presenza di tale risonanza può essere messa in evidenza misurando la

dependenza della sezione d' urto della (1) dall 'energia del fascio incidente, intorno a $\sqrt{s}=2.124$ GeV.

In secondo luogo la (1) ha una sezione d' urto puramente σ_{11} , dove gli indici sono relativi allo spin isotopico totale dello stato iniziale e finale. La conoscenza accurata di σ_{11} permette di estrarre il contributo delle altre sezioni d' urto parziali non risonanti (σ_{01} e σ_{10}) dalle reazioni analoghe:



Tale contributo non risonante non è ancora ben conosciuto, soprattutto a causa della imprecisione delle misure esistenti a bassa energia. E' pertanto molto importante una misura ad alta statistica della (1).

La procedura sperimentale consiste nel rivelare il π^0 prodotto in avanti mediante lo spettrometro SPES0^[2] presso il "Laboratoire National Saturne" di Saclay. Tale spettrometro è a due bracci ed è costituito essenzialmente da barre di vetro al piombo per la misura dell' energia dei fotoni di decadimento del π^0 , da tubi a streamer limitato (a cura del gruppo di Frascati) per la misura della direzione degli sciame e da scintillatori plastici per ottenere un' efficace anticoincidenza per le particelle cariche. Il fascio di protoni incide su una targhetta di idrogeno liquido.

Nel 1988 è stata completata la misura della funzione di eccitazione per protoni di energia incidente compresa fra 480 e 540 MeV. La Fig. 26 mostra il numero di π^0 prodotti in funzione dell' energia del fascio incidente. Sono rivelabili i π^0 di energia compresa fra 50 MeV e il limite cinematico, con angolo di emissione del π^0 compreso fra 0 e 15°. Gli errori statistici e sistematici risultano sempre minori del 3%. Nel caso di una reazione governata esclusivamente dalla cinematica ci si aspetterebbe un aumento con l' energia come indicato in figura dal fit esponenziale. Questo particolare andamento riproduce bene la sezione d' urto della (2) nello stesso intervallo di energia^[3]. I dati da noi ricavati deviano dall' andamento esponenziale, e ciò potrebbe essere spiegato dal contributo dibarionico a 2.124 GeV: la Breit-Wigner tratteggiata in Fig. 26 mostra che la differenza dei dati dal fit esponenziale è compatibile con un contributo del candidato dibarionico pari a circa il 20% della sezione d' urto totale.

La Fig. 27 mostra un confronto preliminare tra le sezioni d' urto differenziali delle reazioni (1) e (2)^[3]. I due spettri sono stati normalizzati per permettere un confronto diretto dell' andamento dello spazio delle fasi: questo risulta identico nei due casi entro le incertezze sperimentali. Ciò

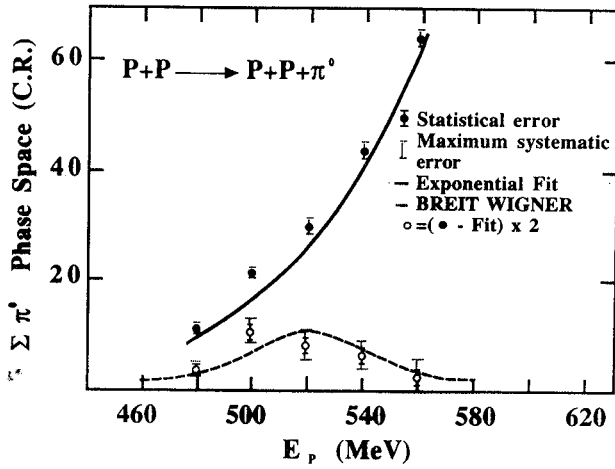


FIG. 26 - Numero di π^0 prodotti in funzione dell'energia del fascio incidente. La curva tratteggiata indica un possibile contributo del 20% alla sezione d'urto totale della risonanza dibarionica a 2.124 GeV.

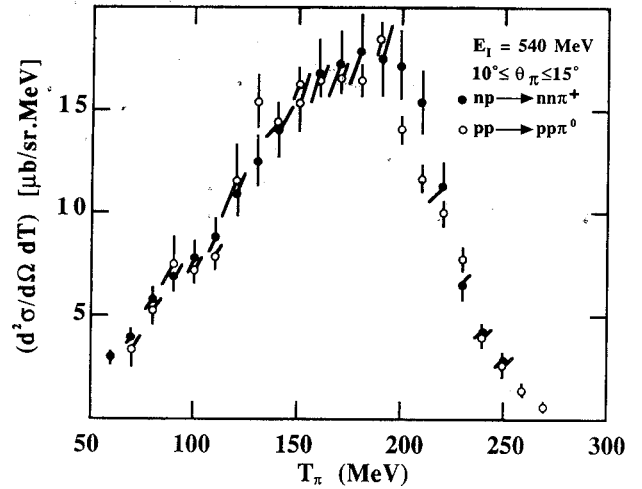


FIG. 27 - Confronto dell'andamento dello spazio delle fasi tra la reazione $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$ e la $n + p \rightarrow n + n + \pi^+$ misurata nello stesso intervallo di energia^[3].

indicherebbe un contributo σ_{01} più debole di quanto riportato nella [3].

I risultati fin qui ottenuti hanno dimostrato che la tecnica sperimentale scelta ha una eccellente capacità di separare i π^0 dal fondo, e l'apparato ha dato risultati riproducibili in diversi turni di presa dati. La localizzazione degli sciami è soddisfacente grazie ai tubi a streamer, anche se ciò comporta una ridotta efficienza rispetto all'uso dei soli vetri al piombo.

Tutto ciò ci permette di considerare fattibile l'estensione della copertura di angolo solido dello spettrometro SPES0. questo permetterà di aumentare l'accettanza del rivelatore di un fattore circa 2000 rispetto alla configurazione attuale, rendendo quindi possibile delle misure estremamente accurate anche in prossimità dell'energia di soglia.

Referenze

- (1) B. Tatischeff et al., Phys. Rev. Lett. **52** (1984) 2022; B. Tatischeff et al., Phys. Rev. **154B** (1985) 107; B. Tatischeff et al., Nucl. Phys. **A446** (1985) 355.
- (2) G.S. Blanpied et al., Springer Verlag "Few Body Systems" Suppl. 2 (1987) 435.
- (3) M. Kleinschmidt et al., Zeit. für Phys. A, At. and Nucl. **298** (1980) 253.

Pubblicazioni

- (1) J.P. Didelez et al., proc. of the First European Workshop on Hadronic Physics in the 1990's with Multi-GeV Electrons, Seillac (France) 1988.

STUDIO DELL'ANNICILIAZIONE DI ANTINUCLEONI AL LEAR (OBELIX)

Componenti del gruppo

C. Guaraldo, A. Maggiore

Collaborazione con

Bologna, Brescia, Cagliari, CERN, Università di Ginevra, JINR (Dubna), Legnaro, Laboratorio Aimè Cotton di Orsay, Laboratorio René Bernas di Orsay, Padova, Pavia, Trieste, Torino, Politecnico di Torino, Udine, Vancouver.

L'esperimento OBELIX si propone lo studio di stati finali esclusivi nell'annichilazione a bassa energia di antiprotoni e di antineutroni su nucleoni e su nuclei.

Le motivazioni fisiche dell'esperimento sono:

- Ricerca di glueballs (gg, ggg), ibridi (qqg), stati a multiquark ($q q \bar{q} \bar{q}$) e mesoni leggeri (qq) prodotti nell'annichilazione antinucleone-nucleone: studio della loro spettroscopia e dei decadimenti.
- Studio della dinamica dell'interazione antinucleone-nucleone.
- Ricerca di gradi di libertà a quark nei nuclei: a) studio di stati eccitati della materia nucleare (annichilazione di antiprotoni su più nucleoni, formazione di un plasma di quark-gluoni); b) studio di annichilazioni "straordinarie" (nessun pione, un solo pione nello stato finale); c) ricerca di stati legati a multiquark ($q\bar{q}$) e risonanze esotiche.
- Studio sistematico dell'annichilazione antinucleone-nucleo.

Il programma sperimentale prevede lo studio dell'annichilazione di antiprotoni e antineutroni su idrogeno, deuterio e nuclei più pesanti (^3He , ^4He , Ne, Ar, Xe) a riposo e fino a 1800 MeV/c.

L'esperimento utilizza targhette gassose per permettere lo studio di annichilazioni pp a riposo in onda S e in onda P, la misura del protone di rinculo fino a bassi momenti nell'annichilazione pp su deuterio e la rivelazione di frammenti nucleari di bassa energia nelle annichilazioni p-nuclei. Una camera a proiezione a spirale (SPC) è usata come rivelatore di vertice, per la misura degli x del protonio e dei frammenti nucleari. Le misure di momento e di dE/dx dei carichi sono effettuate con il magnete OAFM e la camera a deriva AFS dell'Open Axial Field Spectrometer già usato dall'ISR. Due cilindri di scintillatori plastici (TOF) identificano e permettono il trigger sui kaoni carichi. Un calorimetro a grande risoluzione (HARGD) costituito da 4 supermoduli fatti di fogli di conversione ed elementi attivi (tubi a streamer limitato con strips e pads) permettono la ricostruzione in 3 dimensioni degli sciame gamma.

Caratteristiche del rivelatore sono: accettazione 4π e alta segmentazione per particelle cariche e neutre; identificazione di kappi carichi fino a 1 GeV/c; buona risoluzione in momento ($\Delta p/p \sim 2\%$ a 1 GeV/c) per particelle cariche K^0 s; alta granularità, eccellente risoluzione angolare ($\Delta\alpha \sim 3$ mrad) e ricostruzione tridimensionale dello sciame per i gamma. Il trigger permette di selezionare eventi con

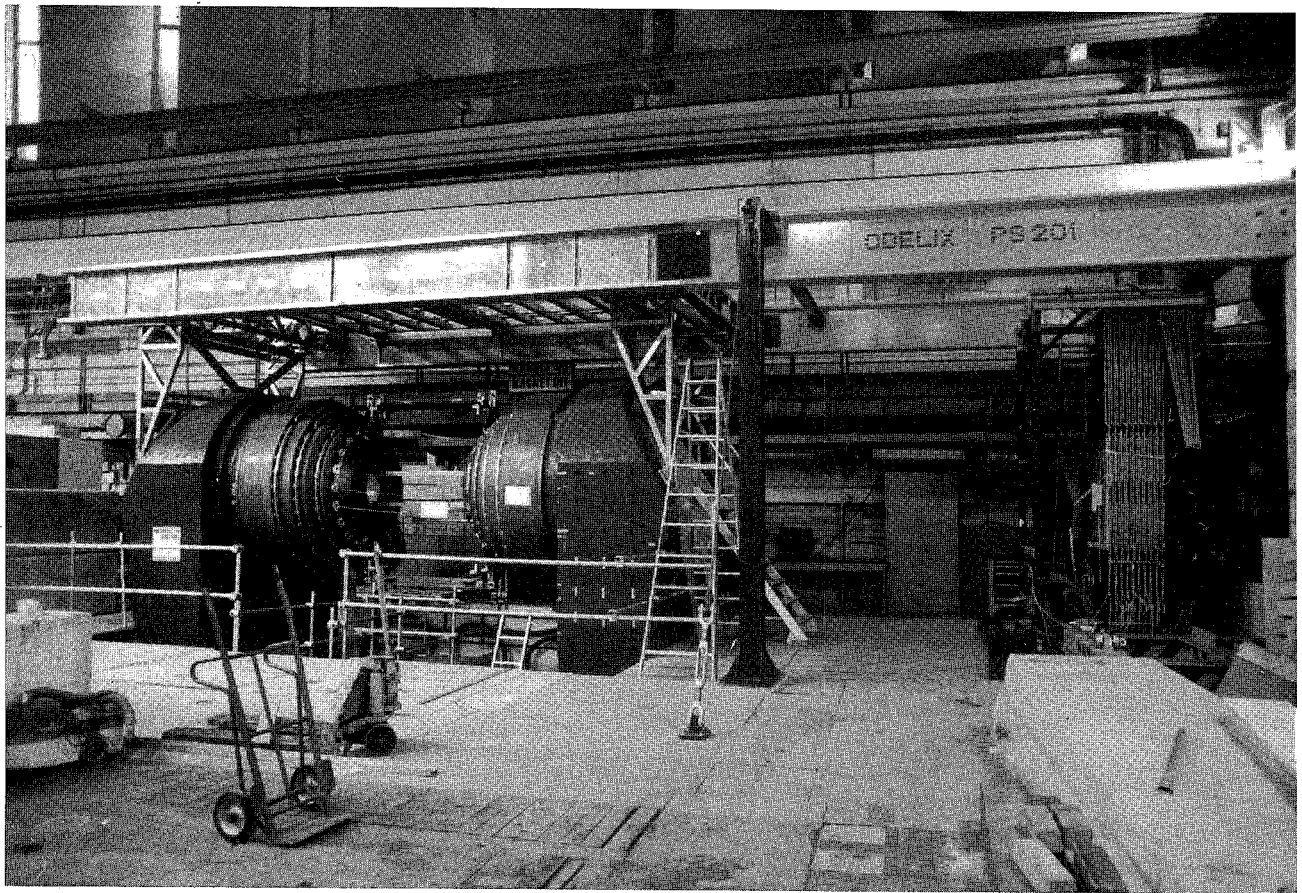


FIG. 28

$K^{\pm}/K_s^0/\Lambda/\bar{\Lambda}$ prongs di alto momento/molteplicità preselezionate di rami carichi nello stato finale.

Nel 1988 l'impegno dei LNF su OBELIX ha riguardato:

Calorimetro per gamma HARGD (High Angular Resolution Gamma Detector)

Struttura di sostegno dei supermoduli di HARGD e dei rivelatori interni di OBELIX

Il sistema, con travi in acciaio amagnetico, ha il compito di sostenere tre dei quattro supermoduli (4x3x1 m³, peso 15 tonn), di consentire la traslazione dei supermoduli laterali e l'estrazione di quello inferiore. La struttura è connessa ai sistemi di supporto dei rivelatori interni al magnete (SPC, AFS e TOF).

La struttura è stata ultimata a Giugno 1988. E' stato effettuato il collaudo attraverso il controllo della flessione dell'intero sistema, in seguito al quale sono state inserite nuove travi di rinforzo. Infine la struttura è stata trasportata al CERN e montata sullo spettrometro OBELIX con relativo allineamento (Fig. 28).

Supermoduli di HARGD

E' stata eseguita una prova di montaggio di una porzione del rivelatore, composto di tubi a streamer, strips, pads e sciamatori di piombo, allo scopo di determinare gli ingombri e per lo studio del cablaggio generale.

Sono state eseguite misure di controllo di spessore su più strati di rivelatori utilizzando una macchina di misura tridimensionale.

Magnete OAFM (Open Axial Field Magnet)

Sicurezze.

In collaborazione con i responsabili della alimentazione in DC del CERN è stato realizzato un sistema di sicurezze relativo al surriscaldamento degli avvolgimenti e dell'impianto idraulico di raffreddamento del magnete.

Controlli.

E' stato installato un controllore a logiche programmabili (PLC). L'inserimento di un PLC permette di controllare una serie di parametri di funzionamento e di segnalazione degli allarmi e trasmetterli a un personal computer in Sala Controllo OBELIX. Il PC elabora i vari dati in modo grafico e può scaricarli sul nastro magnetico, su stampante, nonché su l'Host Computer dell'esperimento.

E' già stata realizzata gran parte della grafica sul PC, il dialogo con il PLC e un Remote Control Panel (RCP) che segnerà i principali dati di stato dell'impianto in Sala Controllo, permetterà l'accensione del sistema di controllo (OAFM Control System) e infine permetterà che, tramite un selettore a chiave, l'operatore dia l'ultimo consenso (Manual Start) all'alimentatore.

Il quadro contenente il sistema di controllo e sicurezze è stato definitivamente installato nella buca dove è situato l'OAFM. Una pompa elettrica automatica può asportare eventuali perdite d'acqua nella buca.

SFR

Componenti del gruppo

G.P. Capitani, E. De Sanctis

Collaborazione con

C.E.A. (C.E.N. Saclay) e Sezione INFN Sanità (Roma)

Questa linea di attività di ricerca concerne lo studio della struttura nucleare, delle interazioni e delle proprietà dei nucleoni all'interno del nucleo. Gli esperimenti vengono effettuati presso l'acceleratore lineare di elettroni del C.E.A. a Saclay nella sala sperimentale HE1. La sala è dotata di due spettrometri magnetici ad alta risoluzione e della relativa strumentazione di rivelazione.

Nel corso del 1988 l'attività del gruppo S.F.R si è articolata in più esperimenti, essenzialmente nella raccolta di nuovi dati, ma in parte anche nel completamento di dati raccolti in precedenza e nell'elaborazione e analisi dei dati già raccolti.

Sezione d'urto sperimentale della diffusione anelastica inclusiva di elettroni sul Nucleo ^4He

Scopo dell'esperimento è la separazione delle componenti longitudinale e trasversa della sezione d'urto di diffusione anelastica inclusiva su ^4He .

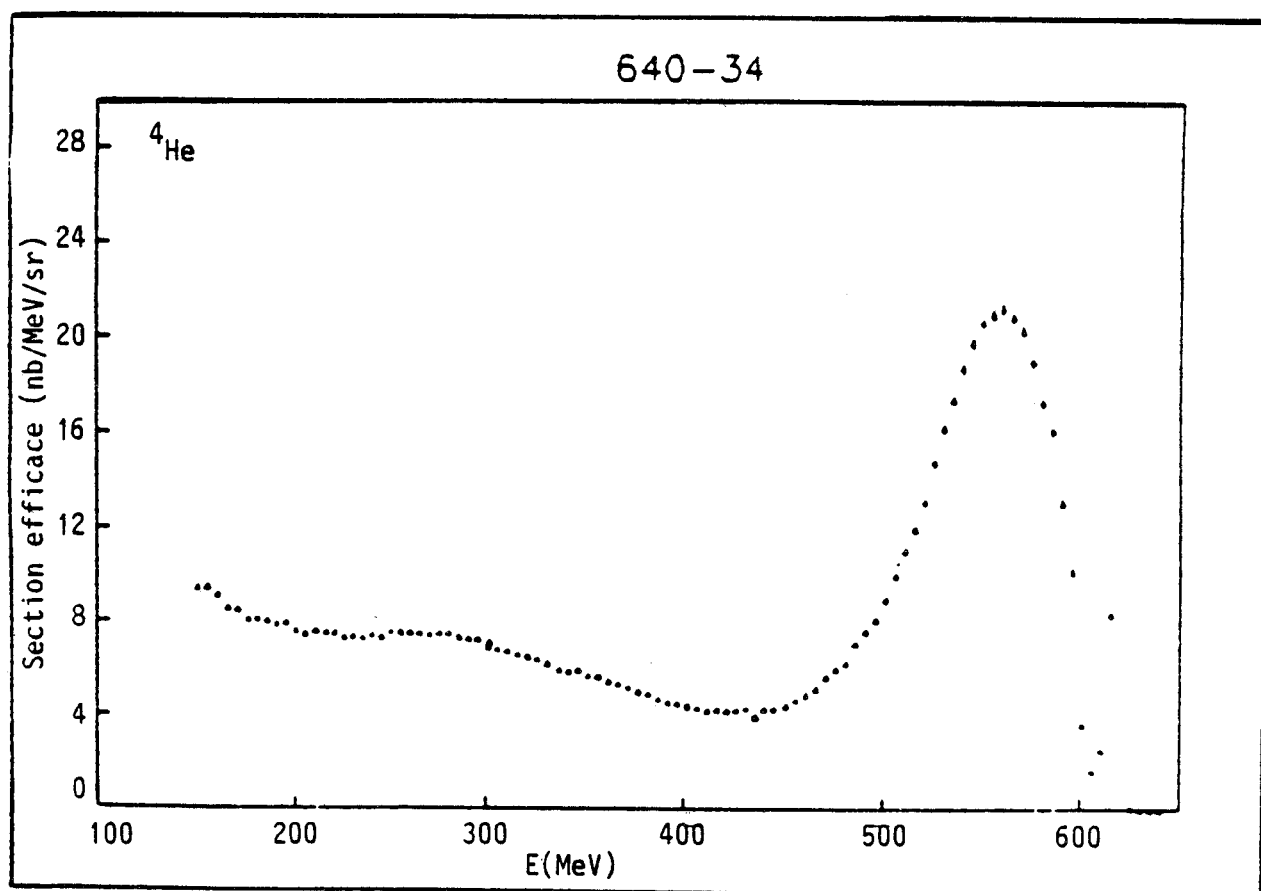


FIG. 29 - Sezione d'urto sperimentale $^4\text{He}(e,e')$.
Energia del fascio: 640 MeV, angolo di diffusione 34°

Sono state effettuate delle misure per energie dell' elettrone incidente da 150 MeV a 640 MeV e per angoli di diffusione a 34, 60, 75, 90, e 145. La zona di q così coperta va da 150 MeV/c a 550 MeV/c.

La presa dei dati è stata completata nel 1988.

L' analisi dei dati ha fornito finora la sezione d' urto sperimentale corretta per le inefficienze e per le perdite di conteggio (Fig. 29). Rimangono da valutare le correzioni radiative da utilizzare per ottenere la sezione d' urto in approssimazione di Born. In seguito sarà possibile effettuare la separazione delle componenti trasversale e longitudinale.

Separazione delle componenti trasversa e longitudinale nella reazione di elettrodisintegrazione $^4\text{He}(e,e'p)^3\text{He}$

Lo scopo di questo esperimento è, in principio, simile a quello della nostra recente misura su ^{40}Ca [1]: verificare se esiste una modificazione delle proprietà dei nucleoni in materia nucleare. Nel caso del ^4He è però più facile, in fase di analisi, la separazione degli aspetti nucleari da quelli nucleonici grazie allo stato più avanzato delle possibilità di calcolo delle proprietà nucleari del ^4He .

L' analisi dei dati della reazione di elettrodisintegrazione del ^4He effettuata con la separazione delle componenti trasversa e longitudinale è terminata. In questo esperimento, la separazione di Rosenbluth è stata possibile per una gamma di impulso di rinculo mancante p_m compreso fra 30 MeV/c e 190 MeV/c. La dipendenza in funzione del momento trasferito è stata studiata per $p_m = 90$ MeV/c nella gamma $q = 299\text{-}829$ MeV/c.

Nella Tabella III sono elencate le cinematiche studiate. Si può notare che al momento trasferito massimo $q = 829$ MeV/c, è stato possibile misurare solo l' angolo indietro dell' elettrone, e dunque per questo valore di q non è stato possibile effettuare la separazione.

Rispetto alla misura su ^{40}Ca [1] vi sono alcune difficoltà sperimentali in più legate essenzialmente all' uso di un bersaglio gassoso refrigerato a 20 K :

- 1) la densità del bersaglio è legata alla corrente del fascio,
- 2) l' angolo solido effettivo (che nasce da un involuppo degli angoli solidi dei due spettrometri "600" e "900") è una funzione rapidamente variabile della posizione del fascio sul bersaglio. La variazione di densità è stata corretta con una precisione di circa 1% utilizzando il trigger dello spettrometro "900". L' angolo solido combinato è valutato mediante un calcolo Montecarlo [2].

E' stata effettuata la separazione delle funzioni di risposta longitudinale S_L e trasversa S_T tenendo conto sia delle interazioni nello stato finale che delle correnti di scambio grazie ai calcoli effettuati da J.M. Laget [3]. Sono state effettuate anche le correzioni radiative. Nella Fig. 30 sono mostrati i valori così corretti: S_L^{COR} e S_T^{COR} paragonati ad un calcolo variazionale effettuato dal gruppo di Urbana [4]. Per S_T^{COR} vi è un buon accordo con la teoria. In più la dipendenza da q di S_T^{COR} mostra che la struttura magnetica del protone legato è identica a quella del protone libero.

S_L^{COR} è, in media, più piccolo di S_T^{COR} come nelle previsioni teoriche. Se si fa la media su tutti i punti per i quali è stata effettuata la separazione, la riduzione osservata è di circa il 30%. L'effetto è dunque significativo e dello stesso ordine di grandezza di quella già messo in luce per il ^{40}Ca .

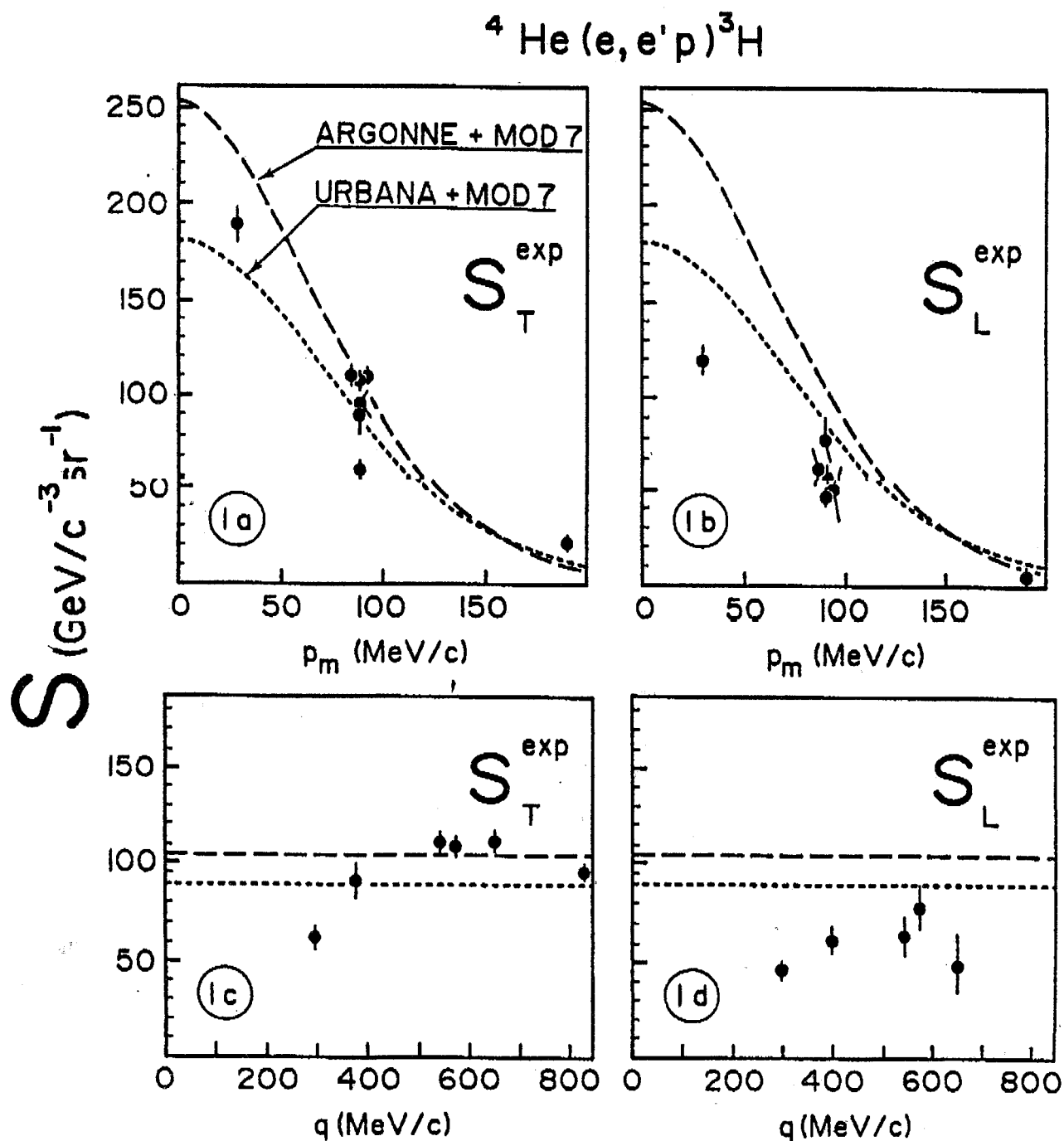


FIG. 30 - S_L^{COR} e S_T^{COR} per $^4\text{He}(e, e'p)^3\text{He}$, verso la teoria⁽⁴⁾.

Separazione delle componenti trasversa e longitudinale della funzione di risposta nella reazione ${}^6\text{Li}(e,e'p)$

Il ${}^6\text{Li}$ [5] è un nucleo particolarmente interessante per lo studio delle proprietà dei nucleoni nel mezzo nucleare grazie alla particolarità della sua struttura formata essenzialmente da un cuore alfa a forte densità (1s) e da nucleoni di valenza a debole densità (1p). In effetti nello spettro in energia mancante gli stati determinati dall' emissione di un protone p o di un protone s sono ben distinti e separati. E' possibile studiare simultaneamente e separatamente questi stati e mettere così in evidenza una eventuale modificazione dell' interazione e -p in due ambienti nucleari molto differenti.

A questo scopo sono state effettuate delle misure per valori diversi di momento trasferito q e a degli angoli di diffusione dell' elettrone in avanti ed all' indietro con lo scopo di separare le funzioni di risposta longitudinale e trasversale a partire dalle sezioni d' urto esclusive della reazione ${}^6\text{Li}(e,e'p)$. Nella Tabella IV sono riassunte le misure effettuate. Per il momento è stata completata l' analisi del punto a $q=675$ MeV/c che ha permesso di determinare il rapporto delle sezioni d' urto ridotte ($R = (d^6\sigma/k\sigma_{ep})$ avanti/ $(d^6\sigma/k\sigma_{ep})$ indietro) per gli stati s e p. Noi abbiamo anche analizzato il punto al q più elevato ($q = 800$ MeV/c) ed ottenuto la sezione d' urto $(e,e'p)$ senza separazione. Nella Fig. 31 sono mostrati due spettri in energia mancante (EM) relativi alla misura a $q = 675$ MeV/c per degli angoli di diffusione dell' elettrone in avanti ($\theta_e = 76^\circ$) e indietro ($\theta_e = 110^\circ$). I dati sono integrati sull' impulso mancante pm fra 10 e 100 MeV/c.

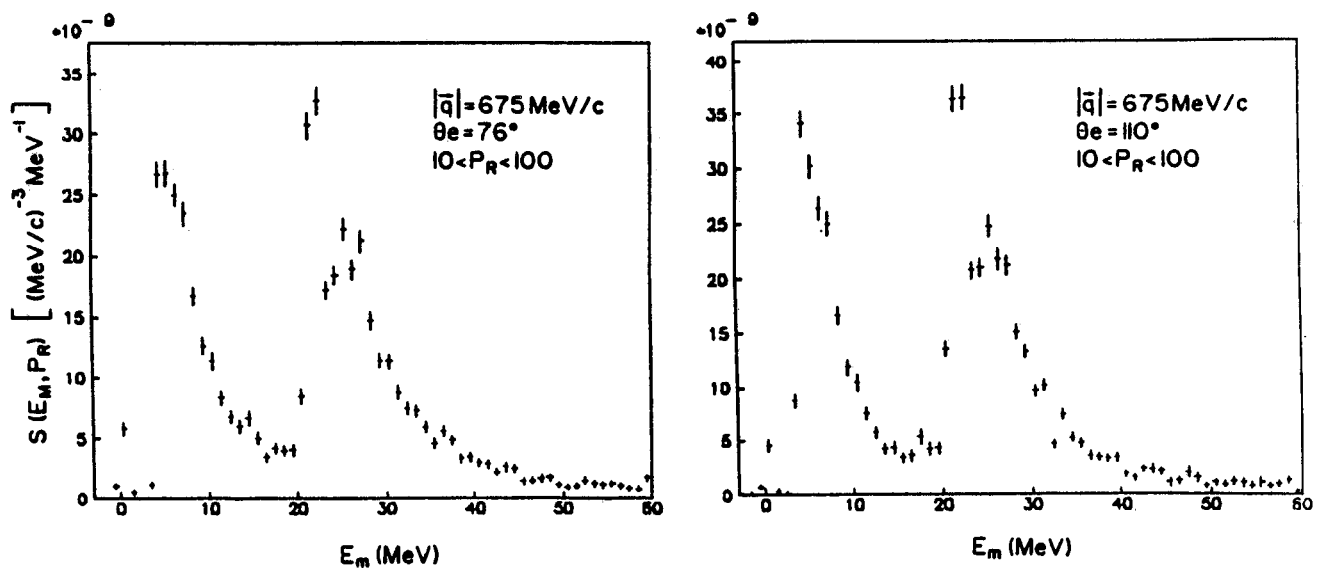


FIG. 31 - Spettro di energia mancante per la reazione ${}^6\text{Li}(e,e'p)$ e $q=675$ MeV/c, per gli angoli di diffusione dell'elettrone in avanti ($\theta_e=76^\circ$) e indietro ($\theta_e=110^\circ$).

Misura delle componenti ad alto impulso nell' Ossigeno

Nel mese di Aprile è stata provata sotto fascio il bersaglio a film d' acqua (costruito presso la Sezione Sanità.) nella sua versione definitiva; i risultati ottenuti sono stati soddisfacenti: si può avere a disposizione un film d' acqua di uno spessore a piacere fra circa 0.5 e 1.0 mm che è in grado di sopportare una corrente di 15 μ A. Non vi sono effetti sensibili di riduzione di densità.

Lo spessore medio è stabile entro il 5%. Abbiamo inoltre verificato che è possibile misurare lo spessore con una precisione migliore del 2% determinata essenzialmente da errori di carattere sistematico. Ciò è possibile con una procedura di calibrazione del tasso di conteggio del trigger di uno dei due spettrometri mediante una misura del picco elastico dell' idrogeno nell' altro spettrometro.

Nel mese di Luglio sono state fatte le prime misure della distribuzione ad alto impulso della funzione d' onda del protone nell' ossigeno.

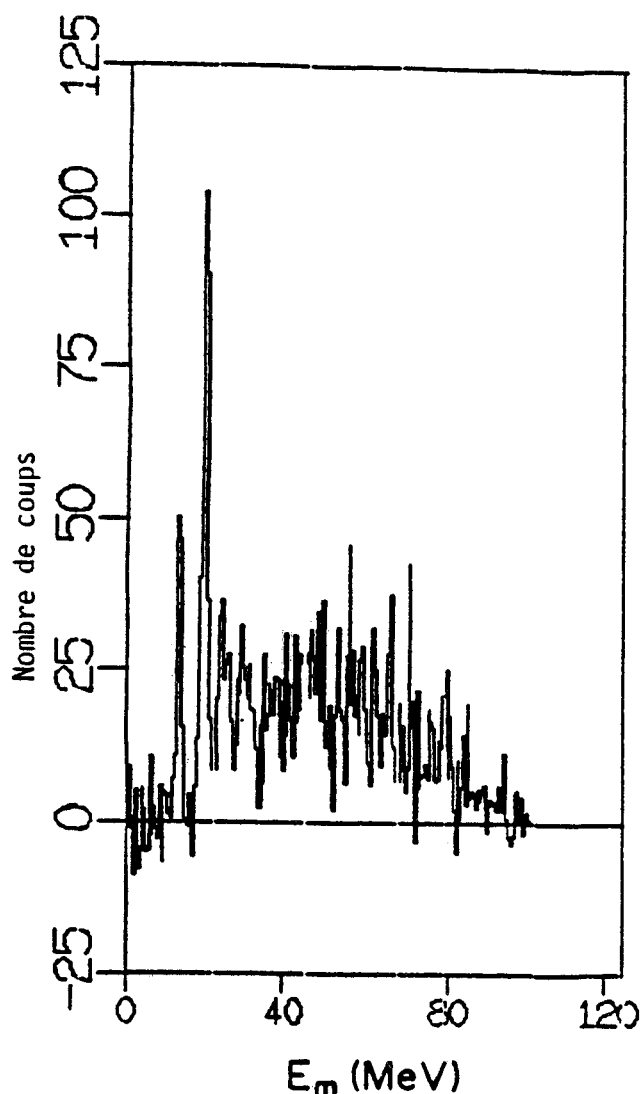


FIG. 32 - Spettro in funzione dell'energia mancante per un impulso di rinculo di 350 MeV/c.

Ricordiamo che l' interesse fisico della misura è la determinazione dell' importanza delle correlazioni a corta portata entro due nucleoni. L' effetto di queste correlazioni è infatti determinante nella parte ad alto impulso della funzione d' onda. Queste correlazioni sono collegate alla parte a piccole distanze del potenziale nucleone-nucleone che è la parte meno conosciuta e, presubimilmente, la più interessante oggi in vista delle sue possibili connessioni con i gradi di libertà subnucleonici collegati ai quarks.

Ricordiamo ancora che per impulsi superiori a 350 MeV/c vi è una differenza dell' ordine di 3 o 4 ordini di grandezza fra le distribuzioni d' impulso calcolate con dei potenziali di tipo "mean field" e delle funzioni d' onda che non tengono conto esplicitamente della componente a due nucleoni e le distribuzioni calcolate con dei potenziali che tengono conto delle correlazioni e facendo uso di tecniche che permettono una funzione d' onda più generalizzata.

L' analisi dei dati è in corso. A titolo di esempio mostriamo in Fig. 32 uno spettro in funzione dell' energia mancante per un impulso di rinculo di 350 MeV/c. Si può notare come a questo impulso i livelli discreti, legati alla fisica ad un nucleone, abbiano ancora un' intensità non trascurabile rispetto alla parte di spettro a più alta energia mancante che proviene principalmente da effetti a due corpi.

Referenze

- (1) D. Reffay-Pikeroen et al. - Phys. Rev. Lett. 60(1988)776
- (2) J.M Le Goff, P. Vernin - Comunicazione privata
- (3) J.M. Laget - Comunicazione Privata
- (4) R. Schiavilla et al. - Nucl. Phys A449(1986)219
- (5) S. Frullani, J. Mougey et al - DPhN/HE proposizione d'esperienza(1984).

Pubblicazioni

- (1) D. Reffay-Pikeroen, M. Bernheim, S. Boffi, G.P. Capitani, E. De Sanctis, S. Frullani, F. Garibaldi, A. Gerard, C. Giusti, H. Jackson, A.Magnon, C. Marchand, J. Morgenstern, J. Mougey, F.D. Pacati, J.Picard, S. Turk-Chieze, P. Vernin; Bound-Nucleon response Functions from the reaction $40\text{Ca}(e,e'p)39\text{K}^*$ and nuclear-medium Effects, Phys. Rev. Lett. 60(1988)776
- (2) C. Marchand, M. Bernheim, P.C. Dunn, A. Gerard, J.M. Laget, A.Magnon, J. Morgenstern, J. Mougey, J. Picard, D. Reffay-Pikeroen, S. Turk-Chieze, P. Vernin, M.K. Brussel, G.P. Capitani, E. De Sanctis, S. Frullani, F. Garibaldi; High Proton Momenta and Nucleon-Nucleon Correlation in the reaction $3\text{He}(e,e'p)$, Phys. Rev. Lett. 60(1988)1703.
Erratum in Phys. Rev. Lett. 60(1988)2704(E)

TABELLA III

$K_{c.m.}$ (MeV)	p_m (MeV/c)	q (MeV/c)	w (MeV)	$q_{e'}$ (gradi)	e
67	30	421	110	40-112	0,77-0,17
67	90	544	125	54-115	0,64-0,10
67	110	572	129	58-115	0,61-0,16
67	190	682	147	72-116	0,47-0,15
67	-90	298	98	35-106	0,82-0,20
75	90	380	65	36-119	0,82-0,14
100	90	650	175	69-112	0,49-0,17
168	90	829	277	106	0,20

TABELLA IV

q (MeV/c)	$q_{e'}$	T_p (MeV)	e_L
785	101,7	286	0,22
675	75,6	215	0,44
	106,4	215	0,20
	110,1	190	
560	56,7	150	0,62
	56,0	125	0,63
	110,8	150	0,18
	114,3	125	0,17
400	37,4	78	0,81
	115	78	0,16
	119,3	60	0,14

INTERAZIONE DI ANTIPROTONI DI BASSA ENERGIA CON NUCLEI AL LEAR (TOFRADUPP)

Componenti del gruppo

C. Guaraldo, A. Maggiora

Collaborazione con

Bergen, Dubna, Oslo, Padova, Pavia, Torino

Scopi dell'esperimento

- a) studio dei meccanismi di annichilazione in materia nucleare;
- b) studio di stati eccitati della materia nucleare (annichilazione su più nucleoni, formazione di un plasma di quark-gluoni);
- c) restrizioni sull'esistenza di antimateria nei primi stadi di formazione dell'universo e sui parametri cosmologici;
- d) studio dei potenziali antiproton-nucleo e antiproton-nucleone.

L'apparato sperimentale consiste in una camera a streamer self-shunted a pressione atmosferica in campo magnetico (volume sensibile $70 \times 90 \times 18 \text{ cm}^3$) esposta al fascio di antiprotoni del LEAR. Il magnete è dei Laboratori di Frascati ed era già stato utilizzato al sincrotrone per la camera a bolle. E' stato completamente rigenerato nelle bobine e nella meccanica, corredato dei necessari controlli e posto su piattaforma mobile.

L'esperimento è entrato in misura nel Novembre 1983 ed ha finito la presa dati nel luglio 1986 (shutdown di LEAR per l'installazione dei ACOL).

Nel corso del 1988 si è avuta la prosecuzione di misure e analisi dei fotogrammi di eventi di interazione di antiprotoni su ^3He (608 MeV/c) ed ^4He (44 MeV/c). E' proseguita la ricerca di V^0 (Λ , K_s^0) in ^4He (608 MeV/c e a riposo) e Ne (a riposo), (Fig. 33).

Pubblicazioni

- 1) Light nucleus production in p ^4He annihilation between 0 and 600 MeV/c, Nuovo Cimento **100A**, 323 (1988).
- 2) Antiproton-Neon annihilation at rest and at 607 MeV/c, Nucl. Phys. A (in press) and CERN EP/88-68.
- 3) Evidence of isospin effects in antiproton-nucleus annihilation, Nucl. Phys. A (in press) and CERN EP/88-92.
- 4) p - ^3He reaction cross section at 200 MeV/c, Phys. Lett. **215 B**, 247 (1988).
- 5) An observation of a leading meson in p-Ne reaction at 607 MeV/c incident momentum, Phys. Lett. **217 B**, 43 (1988).

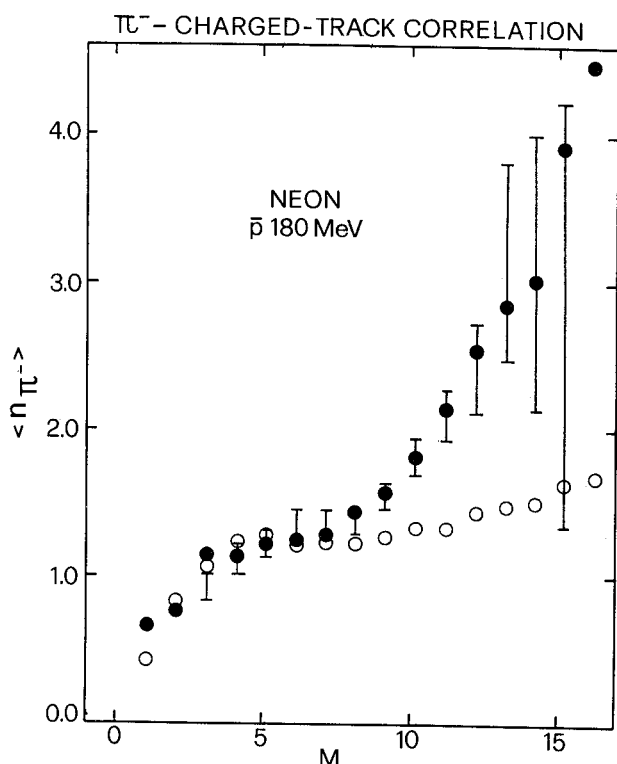


FIG. 33 - Correlazione tra il numero medio di π^- e la molteplicità totale (pioni + frammenti nucleari). Le barre rappresentano i valori misurati: ref. (2). I cerchi pieni e vuoti sono le previsioni del modello binomiale a doppia poissoniana di Cugnon et al. (Phys. Rev. **38C** (1988) 795)) con e senza, rispettivamente, la conservazione della carica imposta per ogni interazione lungo la cascata intranucleare.

4. - RADIAZIONE DI SINCROTRONE (PULS-SCOW)

Componenti del Gruppo

Nel 1988 il presonale assegnato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) mediante la Convenzione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) è stato di 5 ricercatori (F.Antonangeli, P.Chiaradia, M.Fanfoni, P.Perfetti, C.Quaresima and N.Zema) dall'Istituto di Struttura della Materia (ISM), di 3 tecnici a tempo pieno (M.Capozi, L.Moretto and M.Brolatti) e uno a part-time (S.Priori). L'INFN ha contribuito con 4 ricercatori (F.Boscherini, A.Marcelli, S.Mobilio and A.Savoia) e 7 tecnici (R.Bolli, F.Campolungo, A.Mantella, L.Sangiorgio, V.Sciarra, V.Tullio and A.Zolla) a tempo pieno. Inoltre hanno collaborato alle attività scientifiche, I. Davoli dall'Università di Camerino, come associato all'INFN, J. Garcia-Ruiz e M. Sanchez del Rio dall'Università di Zaragoza mediante gli accordi di cooperazione scientifica INFN-CICYT, e E. Sobczak dall'Accademia delle Scienze di Warsaw, mediante gli accordi di cooperazione scientifica del CNR.

In seguito alla prolungata fermata di ADONE non sono stati assegnati turni di misura nel 1988. In questo momento un gran numero di esperimenti (più di 100 proposte sono state presentate in questi anni, soltanto nella facility del PULS) sono in attesa di avere turni di misura. Durante questa fermata, oltre alla attività scientifica, molti miglioramenti sono stati effettuati dai membri dello staff sugli apparati sperimentali. In particolare sono stati realizzati: i) il nuovo software per l'acquisizione dei dati EXAFS, incluso il controllo del movimento del monocromatore e l'acquisizione dei dati; ii) il

software per la lettura del sensore ad array di fotodiodi con convertitore A/D veloce su bus VME. E' inoltre proseguito il lavoro sulle tre nuove linee di fascio: CALF, "Plastique" and SCOW cominciato negli anni precedenti.

Per quanto riguarda le caratteristiche del fascio di luce della facility del PULS rimandiamo alla nota riportata nel Rapporto di Attività LNF 88/52 (R) (1988). Qui è riportata una breve descrizione dello stato dei nuovi apparati.

CALF è una nuova linea di fascio che raccoglie un largo angolo di radiazione (30 mrad) emessa dal magnete curvante N.9. L'intervallo spettrale utilizzabile è compreso tra 10 e 400 eV con un potere risolutivo medio $\Delta\lambda/\lambda \sim 5 \cdot 10^{-4}$. Lo schema ottico di questa linea focalizzata è stato studiato mediante calcoli di ray-tracing ed è composto da tre specchi sagomati in modo da assumere una curvatura ellittica. Un grosso sforzo è stato dedicato alla realizzazione di questa nuova linea di fascio ad alto flusso nella regione dell'ultravioletto da vuoto, in particolare nella realizzazione di specchi di elevate caratteristiche ottiche. La geometria a incidenza radente di questo disegno necessita di sistemi ottici complessi che utilizzano lunghi specchi ellittici per rifocalizzare l'immagine, inoltre lunghezze d'onda più corte (nella regione $\sim 25\text{-}1200\text{\AA}$) impongono sui parametri ottici delle superfici riflettenti errori della stesse dimensioni. Gli specchi di CALF sono ottenuti per evaporazione di metalli ad alta riflettività (Au e Pt) su lastre "Float Glass" prodotte in una atmosfera inerte su un bagno di stagno fuso, selezionate mediante criteri industriali e successivamente controllate con metodi interferenziali nel nostro laboratorio. Misure preliminari su campioni piani di "Float Glass" hanno mostrato una buona

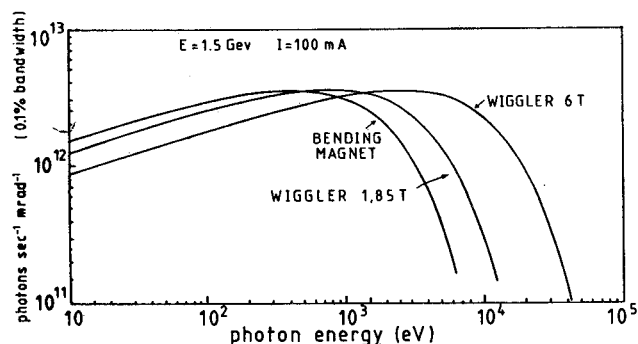


FIG. 34 - Spettro della radiazione dal "wavelength shifter" SCOW confrontato con il wiggler a 1.85T e con il magnete curvante PULS.

caratteristica di rugosità. L'errore di forma della superficie dello specchio è stata valutato dell'ordine di dieci secondi d'arco. La determinazione degli errori di forma sulle figure ellittiche dei nostri specchi curvi (tutti gli specchi sono stati sagomati in modo da assumere una curvatura ellittica)⁽¹⁾ è in fase di realizzazione sia mediante uno interferometro che mediante lo studio delle aberrazioni ottiche. A questo scopo è stato sviluppato un sistema capace di memorizzare e processare le immagini provenienti da una telecamera a CCD.

"Plastique" è la linea di fascio che seleziona dal magnete curvante di PULS la componente spettrale della radiazione di sincrotrone nell'intervallo 2-10 eV (1200-6500 Å) e sarà dedicata a esperimenti di biologia. La linea di fascio e l'apparato sperimentale per la spettroscopia di fluorescenza risolta in tempo è stato completato e aspetta di essere provato con il fascio di radiazione di sincrotrone.

SCOW è il nuovo laboratorio di radiazione di sincrotrone attualmente in fase di realizzazione e

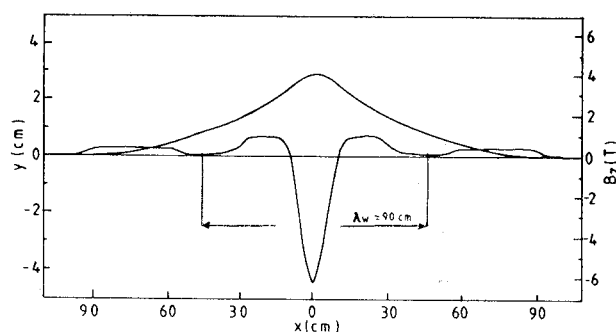


FIG. 35 - Il "wavelength shifter" superconduttore con i poli compensatori a basso campo agli estremi.

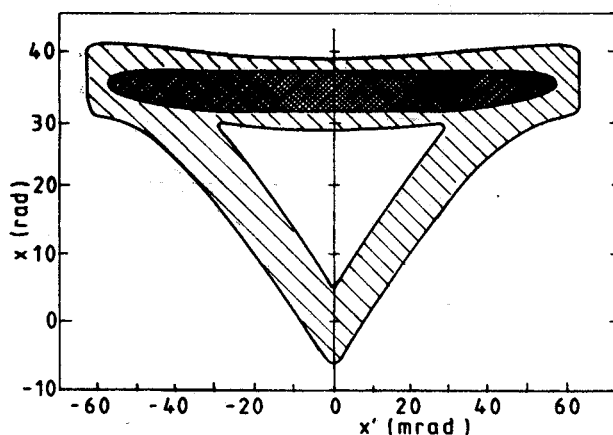


FIG. 36 - Distribuzione della sorgente di radiazione di sincrotrone nello spazio delle fasi orizzontale emessa dal "wavelength shifter" di SCOW.

che utilizzerà l'elevato flusso di radiazione prodotto da un wiggler superconduttore con un campo magnetico di 6 T. In confronto con la radiazione prodotta dal magnete curvante (1 T) questo wiggler sposta la curva spettrale del magnete curvante a energie sei volte più elevate. (Fig. 34) La struttura del magnete consiste di un wiggler a un polo con espansioni superconduttrici di NbTi e due magneti compensatori elettromagnetici a basso campo, che sarà installato nella sezione diritta N.10 dell'anello di accumulazione ADONE. La particolare figura del campo creato dal magnete wiggler trasversale è illustrata in Fig.35. Gli elettroni all'interno del magnete compiono un singolo spostamento orbitale nel piano orizzontale. La distribuzione della sorgente di radiazione di sincrotrone nello spazio delle fasi orizzontale è concentrata vicino $x=35$ mm (il picco dell'orbita) con x' tra -35 e 35 mrad che è l'area più scura (Fig.36). In una struttura magnetica piana come SCOW la polarizzazione della radiazione è lineare nel piano dell'orbita. La polarizzazione circolare può essere osservata e utilizzata da questa struttura proprio per la presenza di un singolo spostamento orbitale. La costruzione del magnete wiggler superconduttore realizzato dall'ANSALDO, è praticamente ultimata e l'installazione in ADONE, dopo i test magnetici, sarà fatta il prima possibile. L'inserzione modificherà alcuni parametri ottici dell'anello di accumulazione, in particolare l'emittanza.(2,3).

Nel 1988 è stata progettata dal nostro gruppo la linea di fascio che utilizzerà l'elevato flusso di fotoni fornito dal wiggler nell'intervallo di energia dei raggi x duri con una energia critica di 9 KeV. Il laboratorio SCOW permetterà l'utilizzazione di radiazione fino a ~90 KeV. Sono state considerate 3 linee di fascio ognuna in grado di raccogliere circa 8 mrad. Una è già stata finanziata ed è in fase di realizzazione. Le applicazioni di questa linea riguardano la spettroscopia di assorbimento di solidi e gas, la diffrazione a raggi x di solidi amorfi e la diffrazione fotoelettronica. Sono stati effettuati calcoli di ray tracing allo scopo di verificare le prestazioni di un monocromatore focalizzante a doppio cristallo progettato per questa linea di luce.(4) L'obiettivo di queste simulazioni è stato quello di definire lo schema degli elementi ottici in grado di offrire il più alto flusso di fotoni per intervallo unitario di energia sul campione. In particolare sono stati considerati i casi di cristalli curvi per focalizzare la radiazione sulla più piccola area possibile usando il programma di ray tracing "SHADOW", (5) utilizzabile sul calcolatore VAX 8650 dei Laboratori come un programma di libreria disponibile a tutti gli utenti interessati.

Sono state prese in considerazione varie configurazioni per differenti geometrie del monocromatore. Inizialmente calcoli preliminari sono stati effettuati sia per le geometrie di focalizzazione 1:1 e 1:3 per determinare la posizione ideale del monocromatore lungo il canale di luce (che ha una lunghezza definita di ~32 m). I cristalli sono stati considerati entrambi sia nella configurazione piana (indicata come FF), oppure uno piano e l'altro a focalizzazione saggittale (FS) o ancora uno a focalizzazione tangenziale e l'altro a focalizzazione saggittale (TS o ST, l'ordine definisce qual è il primo cristallo); i raggi di curvatura dei cristalli sono determinati dalle condizioni di

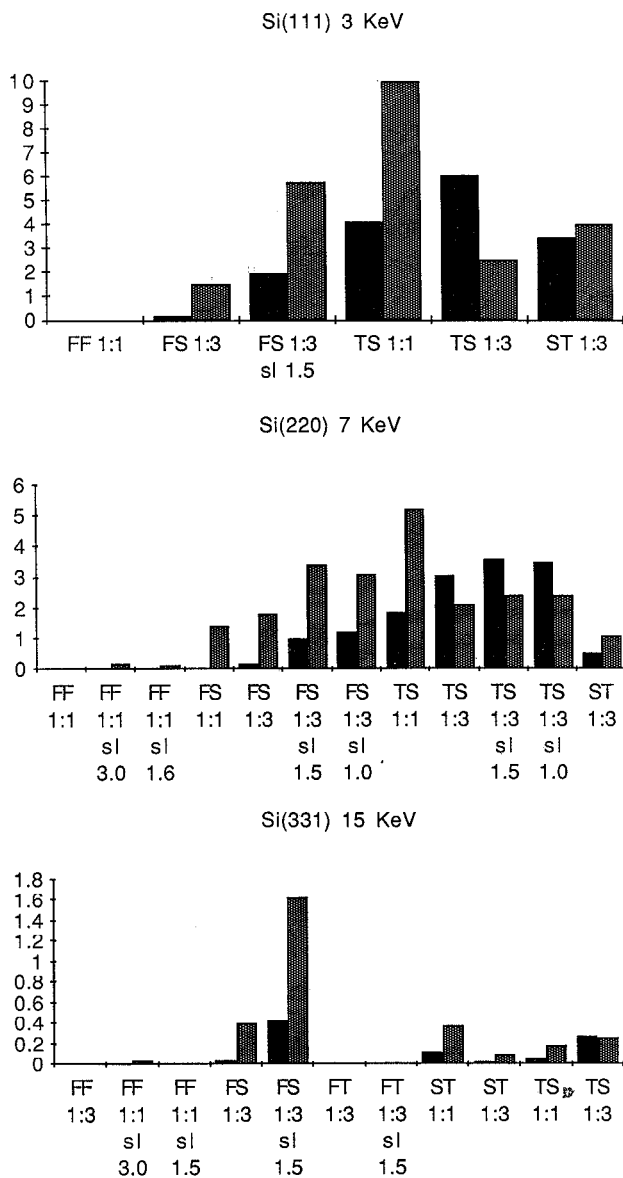


FIG. 37 - Istogramma per diverse configurazioni della brillanza (nero) e flusso in un area 5x5 mm (ombreggiato). Le fenditure poste appena prima del primo cristallo, sono indicate con 'sl' e le dimensioni sono in mm

focalizzazione e dall'angolo di Bragg. Da notare che i raggi di curvatura cambiano con l'energia del fotone (condizione di focalizzazione dinamica). E' stato anche considerato l'effetto delle fenditure. Alcuni risultati sono riportati in Fig. 37. Due grandezze importanti sono mostrate: la "brillanza" sul campione, definita come il numero di fotoni per eV diviso le dimensioni dell'area e il numero di fotoni per una area di 5 x 5 mm. In tutti i casi i risultati sono normalizzati a cento fotoni per eV. Emerge dai risultati che con l'utilizzazione di un monocromatore focalizzante a cristalli il cui progetto è in via di definizione, è possibile aumentare il flusso dei fotoni in una piccola regione di almeno due ordini di grandezza.

Referenze

- [1] A. Marcelli, A. Savoia and F. Sgamma, LNF Report 88/13(R) (1988).
- [2] A. Aragona, A. Cattoni, S. Faini, G. Modestino, M. Preger, C. Sanelli, A. Savoia, F. Sgamma and G. Turchetti, in: Synchrotron Radiation at Frascati: 1986 Users meeting, (S. Mobilio, F. Patella and S. Stipcich, eds.) Compositori, Bologna, (1986) pp.1
- [3] S. Tazzari, LNF Report 87/24(P) (1987).
- [4] M. Sanchez del Rio, F. Boscherini and A. Savoia, LNF Report 88/##(R) (1988); sub. to the 6th National Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, (Berkeley) 1989
- [5] B. Lai and F. Cerrina, Nucl. Instr. and Meth., A246, 337 (1986).
- [6] C. J. Sparks, G. E. Ice, J. Wong, and B. W. Batterman, Nucl. Instr. and Meth. 194, 73 (1982).

Pubblicazioni

- [1] F. Boscherini, Y. Shapira, C. Capasso, and J.H. Weaver, Synchrotron radiation photoemission studies of Cu/InSb(110) interface evolution and modification by Al interlayers, *Phys. Rev. B* **37**, 8022 (1988).
- [2] R. Cimino, F. Boscherini, F. Evangelisti, F. Patella, P. Perfetti and C. Quaresima, Amorphous Si/Ge heterojunctions: band discontinuities and local order studied by photoemission spectroscopy, *Phys. Rev. B* **37**, 1199 (1988).
- [3] F. Boscherini, A. Filippini, S. Pascarelli, F. Evangelisti, S. Mobilio, F.C. Marques and I. Chambouleyron, Short range order in amorphous germanium - nitrogen alloys studied by EXAFS spectroscopy, *Phys. Rev. B* in press.
- [4] F. Boscherini and A. Savoia, "Sources and applications of circularly polarized synchrotron radiation, to be published in: *Il Vuoto*.
- [5] F. Boscherini and F. Evangelisti, Amorphous heterojunctions: band discontinuities and local structure, Proceedings of the Winter European School on Amorphous Silicon, Folgaria, Italy, 1988.
- [6] F. Evangelisti, P. Fiorini, and F. Boscherini, Trends in amorphous semiconductors, Proceedings of the International School on Recent Highlights in Condensed Matter Physics, Lerici, Italy, 1988; to be published by Academic Press.
- [7] A. Bianconi, J. Budnick, A.M. Flank, A. Fontaine, P. Lagarde, A. Marcelli, H. Tolentino, B. Chamberland, C. Michel, B. Raveau and G. Demazeau, Evidence of 3d₉-ligand hole states in the superconducting La_{1.85}Sr_{0.15}CuO₄ from L₃ X-ray absorption spectroscopy, *Phys. Letters A* **127**, 285 (1988).
- [8] K.B. Garg, A. Bianconi, S. Della Longa, A. Clozza, M. De Santis and A. Marcelli, Multiple scattering analysis of K-edge x-ray absorption near edge spectrum of YBa₂Cu₃O_{~7}, *Phys. Rev. B* **38**, 244 (1988).
- [9] A. Bianconi, A. Kotani, K. Okada, R. Giorgi, A. Gargano, A. Marcelli and T. Mijahara, Many body effects in praseodymium core level spectroscopies of PrO₂, *Phys. Rev. B* **38**, 3433 (1988).
- [10] A. Bianconi, M. De Santis, A. Di Cicco, A. Clozza, A. Congiu Castellano, S. Della Longa, A. Gargano, P. Delogu, T. Dikonimos Makris, R. Giorgi, A.M. Flank, A. Fontaine, P. Lagarde and A. Marcelli, Weight of 3d₉ ligand hole configuration as function of oxygen content in YBa₂Cu₃O_{~7} by joint L₃ XAS and XPS, *Physica C* **153-155**, 115 (1988).
- [11] A. Bianconi, J. Budnick, G. Demazeau, A.M. Flank, A. Fontaine, P. Lagarde, J. Jegoudez, A. Revcolevski, A. Marcelli and M. Verdaguer, Cu L₃ x-ray absorption of formally trivalent Cu compounds, *Physica C* **153-155**, 117 (1988).
- [12] A. Bianconi, M. De Santis, A. M. Flank, A. Fontaine, P. Lagarde, A. Marcelli, H. Katayama-Yoshida and A. Kotani, Determination of the symmetry of the 3d₉ states by polarized Cu L₃ XAS spectra of single crystal YBa₂Cu₃O_{~7}, *Physica C* **153,155**, 1760 (1988).
- [13] A. Bianconi, A. Di Cicco, N. V. Pavel, M. Benfatto, A. Marcelli, C. R. Natoli, P. Pianetta and J. Woicik, Orientational disorder in amorphous silicon probed by XANES (X-ray Absorption Near Edge Structure), *Physica Scripta* **38**, 408 (1988).
- [14] A. Bianconi, M. De Santis, A. Di Cicco, A.M. Flank, A. Fontaine, P. Lagarde, H. Katayama-Yoshida, A. Kotani and A. Marcelli, Symmetry of the 3d₉ ligand hole induced by doping in YBa₂Cu₃O_{~7}, *Phys. Rev. B* **38**, 7196 (1988).
- [15] A. Bianconi, P. Castrucci, M. De Santis, A. Di Cicco, A. Fabrizi, A.M. Flank, P. Lagarde, H. Katayama-Yoshida, A. Kotani, A. Marcelli, Zhao Zhongxian and C. Politis, Symmetry of the hole states in BiCaSrCuO high-Tc superconductors, *Modern Phys. Lett. B* **2**, 1313 (1988).
- [16] A. Bianconi, P. Castrucci, M. De Santis, A. Di Cicco, A.M. Flank, P. Lagarde, H. Katayama-Yoshida, A.

- Marcelli and Zhao Zhongxian, Symmetry of the hole states in single crystals of high Tc superconductors, Proceedings of Adriatico Research Conference 'Towards the theoretical understanding of high Tc superconductors' (July 1988) World Scientific Publishing, Singapore, eds. Yu Lu et al. in: International Journal of Modern Phys. B 1, (1988) p. 1151.
- [17] A. Marcelli, A. Savoia and F. Sgamma, Specchi ellittici da lastre piane di FLOAT GLASS, LNF Report 88/13(R).
- [18] F. Antonangeli, M. Piacentini, N. Zema and V.M. Grassano, Reflectivity of bismuth germanate, Phys. Rev. B **37**, 9306 (1988).
- [19] A. Kisiel, M. Piacentini, F. Antonangeli, N. Zema and M. Mycielski, Cd1-xFexSe room temperature fundamental reflectivity in 4-40 eV energy range, to be publ. Solid State Commun.
- [20] D. Debowska, A. Kisiel, A. Rodrik, F. Antonangeli, N. Zema, M. Piacentini and N. Giriot, Zn1-xMnxTe fundamental reflectivity in the 0.5-10 eV energy range, to be publ. Solid State Commun.
- [21] D. W. Niles, Ming Tang, G. Margaritondo, C. Quaresima and P. Perfetti, Mechanism of Band Discontinuity Control at Heterojunctions Interfaces, J. Vac. Sci. Technol. A **6**, 1377 (1988).
- [22] M. N. Piancastelli, R. Zandoni, M. K. Kelly, J. T. McKinley, G. Margaritondo, C. Quaresima, M. Capozzi, P. Perfetti, Reactivity of organic molecules on amorphous Si and Ge films, J. Vac. Sci. Technol. A **6**, 762 (1988).
- [23] R. Bouschert, M. Giardina, A. Merlini, A. Balerna, and S. Mobilio, Laboratory EXAFS in dispersive mode, J. Appl. Crystall. **21**, 79 (1988).
- [24] A. Filipponi, E. Bernieri and S. Mobilio, Multielectron excitation in X-ray absorption spectra of a-Si:H, Phys. Rev. B **38**, 3298 (1988).
- [25] K. Parthasaradhi, A. Esposito, S. Mobilio and M. Pelliccioni, Photon cross section near the X-ray absorption edges of Ti, Ni, Pt and Au, Phys. Rev. A in press.
- [26] G. Dalba, P. Fornasini, S. Mobilio and F. Rocca, EXAFS and vibrational dynamics in AgI, Philos. Mag. in press.
- [27] G. Faraci, A. R. Pennisi, A. Terrasi and S. Mobilio, Xe bubbles in Si observed by Extended X-Ray Absorption Fine Structure, Phys. Rev. B **38**, ##### (1988).
- [28] G. Dalba, P. Fornasini, S. Mobilio and F. Rocca, Temperature dependence of Debye Waller factors in AgI, Physica in press.
- [29] G. Faraci, A. R. Pennisi, A. Terrasi and S. Mobilio, Xe bubbles in Si observed by EXAFS, Physica in press.
- [30] E. Sobczak, J. Auleytnier, S. Mobilio, A. Balerna and O. Smotlacha, Phase and amplitude analysis of EXBIFS as compared to EXAFS, Physica in press.
- [31] A. Filipponi, F. Evangelisti, M. Benfatto, S. Mobilio and C.R. Natoli, Structural investigation of a-Si and a-Si:H using the X-ray absorption spectroscopy at the Si K-edge, Phys. Rev. B, submitted.
- [32] S. Mobilio, Theory and application of X-ray absorption spectroscopy for structural investigations, Proceedings of the 8th International Spring School on Defects in Crystals, Szczyrk, Poland, E. Mizera eds., World Scientific (Singapore).
- [33] S. Mobilio, EXAFS in disordered systems, Proceedings of the V International School on Condensed Matter Physics, Varna, Bulgaria, in press.
- [34] F. Garagiola, S. Mobilio, P.L. Villa and G. Vlaic, Insertion of dopant Te in Fe₂(MoO₄)₃ determined by fluorescence EXAFS, La Chimica e l'Industria **70**, 78 (1988).

Esperimenti con il fascio wiggler (PWA)

Componenti del gruppo:

A Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, A. Cappuccio, A. Clozza, A. Giovannelli, A. Grilli, A. La Monaca, L. Mastrogiovanni, S. Simeoni, A. Stecchi.

Collaboratori

A. Bianconi, F. Carbonara, M. Colapietro, A. Congiu Castellano, G. Dalba, K. Ettinger, P. Fornasini, C. Franconi, C. Mencuccini, G. Moschini, A. Pifferi, A. Reale, R. Rinzivillo, F. Rocca, A. Scafati, R. Spagna, L. Trasatti.

Le attività svolte nel laboratorio PWA durante il 1988 hanno riguardato esclusivamente la messa

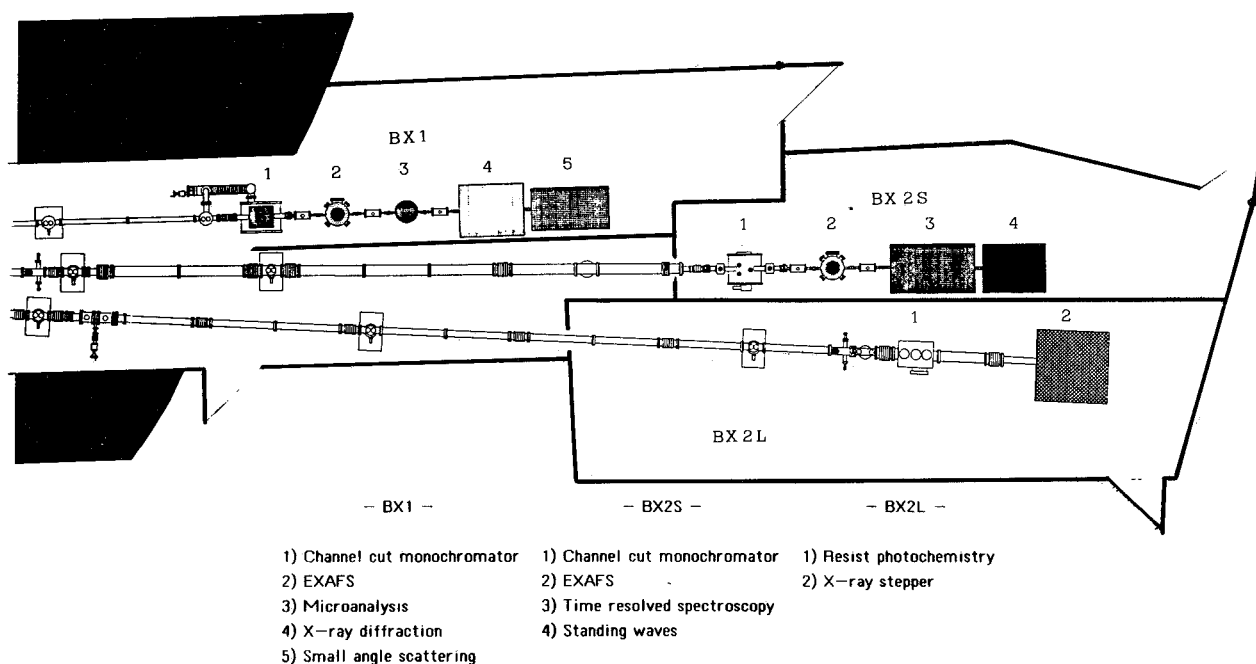


FIG. 38 - Pianta delle aree sperimentali dei tre fasci di raggi - X.

a punto dei 3 fasci BX1, BX2-S BX2-L i cui assi di propagazione sono quelli riportati in Fig. 38 e le cui caratteristiche(1,2,3) sono riassunte nella Tabella. V. Sono stati ultimati, infatti, tutti gli apparati di sicurezza preposti alla radio protezione delle nuove linee BX2-L e BX2-S e delle relative aree sperimentali ed è stato adeguato alla nuova normativa il sistema di sicurezza operante sulla linea BX1. Nella parte finale dell'anno sono iniziate le operazioni di collaudo di tutti gli apparati da parte degli ispettori dell'ENEA-DISP collaudi che termineranno probabilmente entro il mese di febbraio 1989.

Su richiesta della divisione macchine e con lo scopo di ottenere una vita media più lunga dei fasci circolanti in Adone, si è eseguito un prolungato "Bake-out" delle linee al fine del quale la pressione all'interno delle guide aveva dovunque un valore compreso tra le 10^{-10} e 10^{-9} millibar.

L'attività scientifica del gruppo è consistita essenzialmente nell'analisi dei dati sperimentali aquisiti nel 1987 relativi ad alcuni degli esperimenti eseguiti e nella discussione dei programmi scientifici su cui si impernano alcune nuove iniziative quale una linea parzialmente finanziata dalla CEE, da dedicarsi ad esperimenti di diffrazione su polveri e la costruzione di un microscopio a raggi X da costruirsi a Frascati, in collaborazione con la Sezione INFN di Napoli.

Il lavoro di analisi dati ha permesso di terminare la stesura di un certo numero di lavori di cui alcuni già in corso di stampa ed altri inviati alle varie riviste per la loro pubblicazione.

TABELLA V - I parametri delle linee a raggi X.

linea parametro	BX1	BX2-S	BX2-L
Sorgente	Wiggler	Wiggler	Wiggler
Accettanza or.	1 mrad	1 mrad	2 mrad
Energ. Critica	2.77 keV	2.77 keV	2.77 keV
Interv. Spetr.	(3-30) keV	(3-30) keV	(1-3,5) keV
Flusso	10^{13} fot/s/0,1 b.w. per(hv=2.77 keV)	10^{13} f/s/ 0,1 b.w. (hv=2,77 keV)	10^{12} f/s/0,1 b.w. (hv=2 keV dopo il Be)
Sistemi ottici	Finestra di Be 75 μ m	Finestra di Be 100 μ m	Specchio Cilindrico Specchi piani Finestra di Be 25 μ m
Monocrom.	Channel-cut Si(m)-Si(220) Ge(200)	Channel-cut Si(m)-Si(220) Ge(200)	Multilayer

Il gruppo, infine, ha partecipato a vari congressi tra cui vanno certamente menzionati quello di Seattle (USA) dedicato alla spettroscopia di assorbimento nella regione dei raggi X e quello di Tzukuba (Japan) "SRI-88" dedicato alla strumentazione.

1. - LINEA BX1

Tutte le stazioni sperimentali connesse alla linea sono state dotate di un nuovo sistema di distribuzione di gas (Elio - Argon - Azoto - Krypton - Xenon) che permette il riempimento delle camere a ionizzazione ed il flussaggio delle camere sperimentali, necessario per eseguire esperimenti di spettroscopia di assorbimento su bersagli liquidi, con estrema facilità e senza dispersione di gas costosi quali il Krypton e lo Xenon.

La stazione sperimentale di spettroscopia di assorbimento è stata equipaggiata con una stazione di pompaggio più efficiente di quella preesistente.

Si è iniziata, infine, la costruzione di un portabersagli che permetta il controllo della temperatura

dei campioni nell'intervallo compreso tra 70K e 400K. Un tale sistema permetterà di fare della spettroscopia risolta in temperatura particolarmente importante, per esempio, nello studio dei sistemi che presentano transizioni di fase.

1.1. - L'APPARATO SPERIMENTALE PER "L'ANALISI DI ELEMENTI IN TRACCIA E PER LA MICROANALISI MEDIANTE FLUORESCENZA INDOTTA DA LUCE DI SINCROTRONE"

Negli ultimi tempi la fluorescenza X (XRF), usata per effettuare analisi di elementi in traccia, ha conosciuto un rinnovato interesse sia per la disponibilità di intensi fasci di radiazione di sincrotrone nella regione dei raggi X (3Kev) sia per la crescente attenzione che la ricerca e l'industria rivolgono a questo tipo di analisi non distruttiva.(4)

I vantaggi che l'uso della radiazione di sincrotrone offre rispetto alle sorgenti convenzionali di raggi X sono essenzialmente legati alla polarizzazione sul piano dell'orbita della radiazione elettromagnetica emessa da un fascio di elettroni relativistici circolante in un anello di accumulazione, alla elevata intensità dei fasci e alle ridotte dimensioni della sorgente, ossia il fascio di elettroni.

Infatti la polarizzazione annullando lo scattering Compton in direzione ortogonale a quella di propagazione del fascio di raggi X permette di abbassare il fondo e quindi di migliorare di un fattore compreso tra 3 e 4 il minimo limite di rivelazione (MDL).

Gli elevati flussi spettrali, unitamente alle ridotte dimensioni della sorgente fanno infine della luce di sincrotrone una delle sorgenti a brillantezza più elevata permettendo in tal modo di lavorare con fasci di raggi X monocromatici di ridotte dimensioni fino a 10 μm . Quest'ultimo aspetto consente un ulteriore miglioramento del MDL ed offre la possibilità di eseguire esperimenti di microanalisi ad alta risoluzione.

Un gruppo di ricercatori del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli congiuntamente con un gruppo di ricercatori del Dipartimento di Energetica dell'Università di Roma I sta mettendo a punto una stazione per "analisi di elementi in traccia e microanalisi" che verrà connessa alla linea a raggi X BX1 operante nel laboratorio PWA. La strumentazione in avanzato stato di costruzione è costituita da:

1. una camera per l'irraggiamento dei bersagli, riportata in Fig. 39, costruita in modo tale che sarà possibile lavorare sia in atmosfera inerte che sotto vuoto, e ciò per ridurre e l'assorbimento del fascio di raggi X e lo Scattering Compton;
2. un rivelatore a cristallo Si (Li) per il monitoraggio della radiazione di fluorescenza emessa dal bersaglio;
3. un rivelatore a cristallo Si (Li) (oppure Ge-hp) per il monitoraggio del fascio incidente sul bersaglio;
4. un sistema di acquisizione VME comprendente un crate, un modulo di memoria

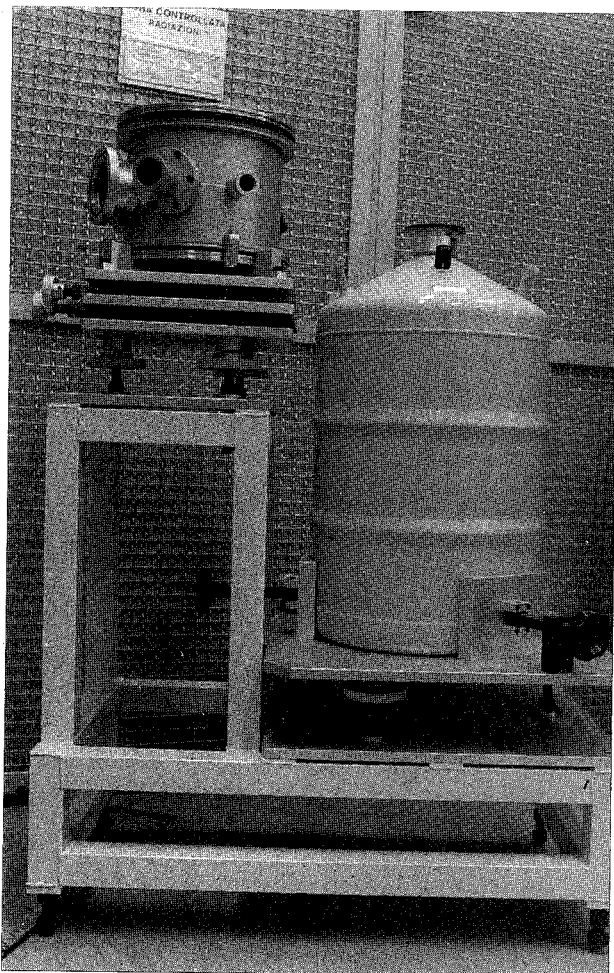


FIG. 39 - Camera di esposizione per l'irraggiamento dei bersagli di cui se ne vuole eseguire "l'analisi degli elementi presenti in traccia".

(microprocessore Motorola 68000); una unità di controllo ingresso uscita, ed un computer per l'acquisizione dati;

5. un supporto per la camera dotata di movimenti di precisione ($\Delta X = \Delta Y = 0.1 \text{ mm.}$).

L'attività di ricerca programmata si svolgerà secondo la seguente scala temporale:

- a) I primi due mesi verranno utilizzati per la messa a punto dell'apparato e per la raccolta dei primi risultati che verranno ottenuti utilizzando bersagli di taratura contenenti elementi noti in quantità predeterminate.

- b) Successivamente, e per la durata di circa un anno, verrà effettuata la raccolta e l'analisi dei dati relativi alle varie proposte sperimentali nel campo dell'analisi di elementi in traccia.
- c) Verrà, infine, installato un sistema capace di effettuare microanalisi ad alta risoluzione (con $d < 10 \mu\text{m}$) ed osservazione diretta mediante microscopio ottico della zona da analizzare.

Tra gli esperimenti particolarmente significativi si possono citare:

- a) Analisi di elementi presenti in tracce su targhette sia solide che liquide di interesse biologico;
- b) Analisi della presenza in tracce di U e di Th responsabili del progressivo danneggiamento delle matrici di silicio utilizzate per la realizzazione di circuiti ad alta densità di integrazione.
- c) Analisi di elementi leggeri quali B,P,Si,Al presenti in tracce in prodotti di interesse industriale che come conseguenza dei cicli produttivi;
- d) Analisi archeometriche di tipo multielementale per studi di provenienza di reperti omogenei, statisticamente rappresentativi come ossidiane ceramiche ecc. Scopo di queste misure è quello di tracciare il profilo composizionale degli elementi presenti e quindi raggruppare tra loro reperti che hanno dati in comune e che presentano tracce di elementi caratteristici di una data cava o territorio.(5)

1.2 - LA NUOVA STAZIONE DI DIFFRAZIONE A PICCOLO ANGOLO (SAXS)

L'attività sperimentale di diffrazione a piccolo angolo svolta durante l'anno si è sviluppata secondo gli indirizzi dati nell'anno precedente con particolare riferimento allo sviluppo tecnico ed al potenziamento delle sicurezze della nuova stazione sperimentale SAXS connessa alla linea BX1 del laboratorio PWA.

Pertanto il nuovo diffrattometro SAXS, rappresentato in Fig. 40 nella sua versione finale, è stato dotato di un nuovo congegno telescopico per la raccolta della radiazione diffratta che, permettendo un'agevole variazione della geometria rivelatore-campione, è in grado di effettuare misure diffrazione a piccolo, medio e alto angolo, mantenendo il necessario vuoto nell'apparato.

Lo "shutter" elettromeccanico è stato costruito a tenuta da vuoto e con tempi di apertura e chiusura, inferiori a 10 msec., secondo i vincoli temporali imposti dai tempi morti dell'apparato.

Sul rivelatore a camera a drift è stato montato un nuovo microbeam-stopper largo 2 mm avente al centro un foro calibrato di diametro $<100 \mu\text{m}$, necessario per determinare il punto di zero sul rivelatore, ogni qualvolta si inizia una presa dati. Un semplice equipaggio mobile permette poi di chiudere il pin-hole per evitare dannosi effetti di saturazione al rivelatore. Il beam-stopper è stato costruito in oro puro per eliminare la fluorescenza del materiale nell'intervallo di energia di raggi X usati e soddisfare i necessari requisiti meccanici di lavorazione e di uso. Esso è stato montato su una slitta dotata di micromovimenti ed equipaggiata con motori con controllo remoto e con ripetibilità di

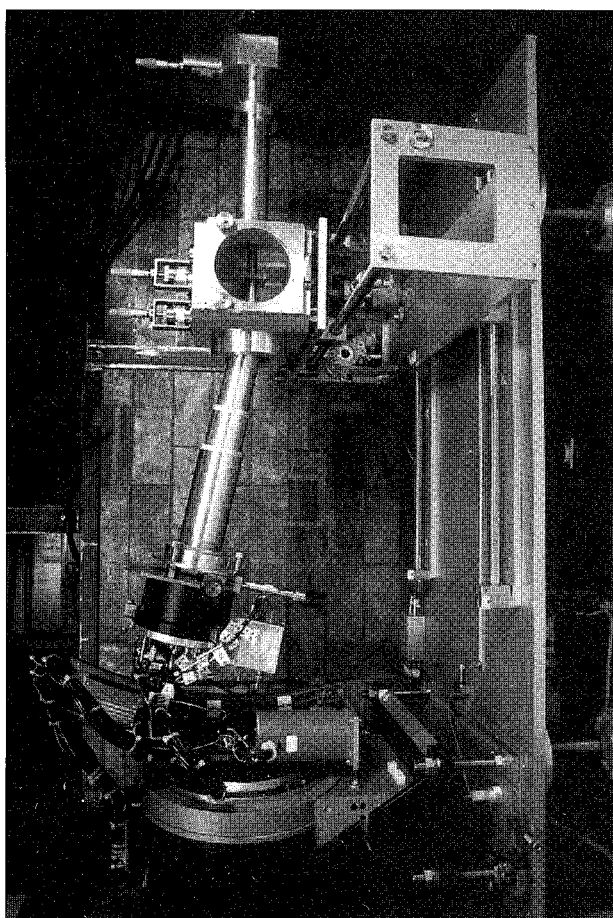


FIG. 40 - Il diffrattometro per "esperimenti di diffusione a piccolo angolo".

movimento pari a circa $10\text{ }\mu\text{m}$. L'elettronica per il comando remoto è in corso di realizzazione.

Per automatizzare il controllo dei tre movimenti del rivelatore e degli altri due del banco ottico è stato allestito un sistema costituito da un PLC (Programma Logic Controller) della OMRON comandato da un personal computer Philips-IBM compatibile. Questo sistema permette una gestione semplice e veloce dell'apparato SAXS, centralizzata in un'unica consolle fuori dell'area sperimentale. E' prevista un'ulteriore estensione del sistema per il controllo sperimentale di altri 8 movimenti del diffrattometro così ripartiti: due per microbeam-stopper, due per il portacampioni, ed altri quattro per il sistema di collimazione del fascio.

Un rilevante lavoro è stato affrontato per poter utilizzare in modo sistematico i rivelatori a flusso di gas usanti miscele composte di idrocarburi, methylal e CF_4 . A tal fine è stata costruita una rete, a tenuta, di distribuzione gas a pressione. Infatti è stata costruita una stazione di alimentazione gas all'esterno del laboratorio PWA. Sono state stese nel laboratorio tre linee di distribuzione gas, una in acciaio inox (per i gas corrosivi) e due in rame, per l'adduzione gas ai miscelatori e da questi ai

rivelatori, posti nell'area sperimentale. E' stato installato un sistema aspirante a tenuta, dotato di aspiratore con caratteristiche a norma di legge per convogliare il gas di scarico fuori l'edificio e disperderlo in quota nell'atmosfera. Sono, inoltre, in corso di sistemazione:

- 1) un sistema di sensori di allarme per la segnalazione della fuoriuscita accidentale del gas lungo le linee di distribuzione;
- 2) un sistema di elettrovalvole per la chiusura rapida del gas in caso di fuoriuscita;
- 3) una centralina generale di controllo dell'impianto.

Nel corso dell'anno l'attività SAXS si è avvalsa anche della collaborazione dell'Università di Bristol e di quella dell'Università di Bologna per lo sviluppo congiunto di una particolare strumentazione necessaria per effettuare esperimenti di diffrazione a basso angolo volti allo studio dei cambiamenti dinamici delle superstrutture dei tessuti collagenosi. In particolare una piccola camera per SAXS, caratterizzata dall'avere, tra l'altro, una cella portacampione con dispositivi di controllo delle tensioni meccaniche applicate al campione posto in ambiente con controllo della temperatura e dell'umidità, è stata costruita in Bristol e portata ai LNF dove verrà completata secondo le esigenze della stazione SAXS.

A tale scopo è stato effettuato un collaudo preliminare della camera, dotata di un collimatore a pin-hole di 100 μm di diametro utilizzando una sorgente convenzionale di raggi X ed una pellicola fotografica presso l'Istituto di Elettronica dello Stato Solido del CNR di Roma. I risultati sono stati soddisfacenti non essendo stato misurato scattering parassita del fascio collimato. Sono in corso modifiche meccaniche per alloggiare la camera su una sede del diffrattometro SAXS, resa mobile mediante guide ottiche controllate da micrometri. Essa potrà essere usata in alternativa a quella esistente con una semplice procedura di allineamento col fascio.

E' stato perfezionato il sistema di acquisizione dati e di presentazione grafica dei risultati e unificato con quello più veloce dell'esperimento FADD del Gruppo V.

E' proseguito lo sviluppo del software associato all'elaborazione dei dati sul collagene trattato,

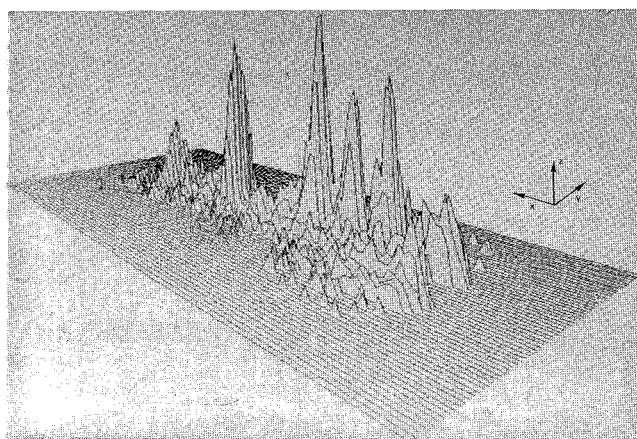


FIG. 41 - Immagine tridimensionale di spettro di diffusione a piccolo angolo ottenuto da una fibra di collagene.

precedentemente raccolti dal diffrattometro. Infatti, sono stati sviluppati, in collaborazione col il gruppo microprocessori dei LNF, i programmi per la rappresentazione dell'immagine video in: 1) proiezioni x,y; 2) immagine in falsi colori; 3) immagine in 3-D. In quest'ultimo caso, illustrato in Fig. 41, la presentazione tridimensionale dello spettro di collagene avviene secondo una prospettiva a quadro verticale accidentale, che consente un' ottima visione della profondità spaziale senza introdurre distorsioni sull'asse verticale dell'immagine.

Attualmente sono circa 10 le proposte di esperimenti di diffusione a piccolo angolo pervenute da gruppi italiani e esteri che sono in attesa di esecuzione sulla stazione SAXS.

1.3 - LA STAZIONE DI DIFFRAZIONE DA CRISTALLO SINGOLO

Nel 1988 per potenziare la stazione di diffrazione si è proseguito lo sviluppo del software applicativo di gestione del goniometro a quattro cerchi Huber.

E' stata migliorata la ricerca automatica dei riflessi per la procedura di centratura al fine di ottenere la matrice di orientazione. E' stata introdotta una ulteriore routine per la localizzazione dei riflessi ad alto θ per la determinazione dei parametri di precisione.

E' stata inoltre studiata e realizzata una nuova scheda di controllo PC compatibile dei motori passo-passo ed è in via di completamento il software di gestione. La novità fondamentale rappresentata da questa scheda è l'eliminazione del processore dedicato e separato dal calcolatore di controllo ha quindi diretto accesso al diffrattometro.

Una ulteriore miglioria ha riguardato lo studio di fattibilità e le prime esperienze per un dispositivo di allineamento automatico del diffrattometro nei confronti del fascio X incidente basato su una telecamera a CCD opportunamente modificata e su di una scheda di acquisizione di immagini per sistemi PC.

2. - LA LINEA BX2-S

Alla linea BX2-S, avente un'intervallo spettrale utilizzabile identico a quello della linea BX1, sono connesse, in modo seriale, tre stazioni sperimentali e realizzate per eseguire esperimenti di:

1. Spettroscopia di assorbimento e di fluorescenza nella regione dei raggi X con controllo della temperatura dei campioni;
2. Spettroscopia risolta in angolo e in tempo;
3. Onde Stazionarie.

2.1 - LA STAZIONE PER ESPERIMENTI DI BIOFISICA MEDIANTE SPETTROSCOPIA RISOLTA IN ANGOLO E IN TEMPO

In collaborazione con le università di Roma "La Sapienza", l'Aquila, Napoli, Perugia, e Trento,

abbiamo costruito sulla linea BX2-S del laboratorio PWA di Frascati, una stazione modulare dedicata alla biofisica dove è possibile realizzare esperimenti di spettroscopia X in trasmissione, in fluorescenza e in riflessione. In particolare il sistema è stato messo a punto per poter utilizzare le spettroscopie XANES e EXAFS risolte in angolo e in tempo. I dettagli sperimentali dell'apparecchiatura sono stati oggetto di una comunicazione al Congresso Internazionale di Tsukuba.⁽⁶⁾

Il sistema di rivelazione comprende cinque fotomoltiplicatori NaI:TI collegati ad un amplificatore che manda l'insieme dei segnali ad un multicanale. CAMAC. Un Macintosh Plus è utilizzato per controllare l'esperimento e acquisire i dati.

In questo modo è possibile studiare processi cinetici nell'intervallo da 10ms a 1 ms. L'installazione nella stazione di un laser Nd-Yag permetterà la fotolisi a flash di proteine e lo studio dei loro stati metastabili.

L'apparato di misura prevede inoltre la realizzazione di misure in riflessione utilizzando un opportuno portacampioni manovrato da motorini passo passo e controllato dal computer per variare l'angolo di incidenza.

Il campione biologico viene disposto in modo che l'incidenza dei raggi X sia inferiore ad un grado e ciò per ottenere la riflessione totale. Questo dispositivo permetterà lo studio dei canali ionici di membrana. L'analisi degli spettri ottenuti variando l'energia dei raggi X nell'intorno della soglia K dello ione caratteristico consente di avere informazioni sulla struttura di coordinazione dello ione stesso all'interno del canale.

Le misure su campioni biologici fatte utilizzando il canale Wiggler dei laboratori PWA, hanno riguardato principalmente la determinazione della struttura locale della emoglobina, della mioglobina e dei composti modello. Con la spettroscopia XANES sono stati determinati lo spostamento del Fe dal piano dell'eme, l'angolo di legame e il doming della porfirina. I risultati sono stati oggetto di numerose pubblicazioni. Gli ultimi esperimenti eseguiti hanno permesso di mettere in evidenza la eterogeneità delle singole catene dell'emoglobina umana adulta e fetale e le variazioni strutturali indotte da effettori allosterici sull'emoglobina di cammello.

2.2 - "ESPERIMENTO SIMBIO 2"

Questo esperimento appartiene ad una ricerca nel campo della biofisica con radiazione di sincrotrone, iniziato sin dal 1978 con la relativa proposta di esperimento da farsi sulla facility PULS di ADONE; dopo qualche anno le misure si sono spostate presso il laboratorio PWA.

Lo scopo della nostra ricerca è un'indagine sul ruolo degli ioni metallici come determinati strutturali e funzionali nelle macromolecole biologiche, dove essi si legano in siti specifici, con cinetiche ed energie di legame caratteristiche, in varie condizioni di ambiente ionico, pH, temperatura e concentrazione delle varie specie molecolari implicate. Il nostro interesse riguarda principalmente gli

acidi nucleici ed i nucleotidi e la loro specifica funzione cellulare, essenzialmente la sintesi proteica e la replicazione del DNA.

L'impiego della radiazione di sincrotrone come mezzo di indagine è molto importante a tale scopo, nel senso che l'analisi EXAFS e XANES gettano luce sulla struttura locale del sito di legame dello ione metallico del quale si studia la soglia, generalmente la soglia K, e consentono 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.

Nel corso di questi anni, abbiamo studiato la molecola 5-adenosintrifosfato (ATP), che richiede il legame con ioni metallici bivalenti, particolarmente Mg, per agire come attivatore di molte reazioni enzimatiche. Lo studio dei complessi metallo-ATP è importante sia per la rilevanza biologica intrinseca, sia perchè essi costituiscono dei modelli più semplici dei complessi dei metalli con gli acidi nucleici.

I nostri risultati riguardo ai complessi Mn-ATP, Cu-ATP, e Zn-ATP(8,9,10) hanno mostrato alcuni aspetti importanti di tali complessi: ad esempio per lo ione Mn, hanno consentito di discriminare tra modelli alternativi del sito legame, confermando che Mn si lega agli ossigeni dei fosfati, in una struttura ottaedrica che coinvolge anche gli ossigeni dell'acqua, ed escludendo un legame diretto con un atomo di azoto della base adenina, che invece è coinvolto tramite una molecola d'acqua che fa da ponte. E' stata anche studiata la modificazione del sito di legame, al variare del rapporto stechiometrico ione: ATP, e del pH della soluzione. Lo ione Mn è, tra l'altro, un efficace sostituto del Mg, finora non studiato per l'energia troppo bassa della soglia K.

Per quanto riguarda lo ione Cu, oltre a studiare il complesso Cu-ATP, abbiamo studiato il suo legame con il DNA con gli stessi metodi, e abbiamo osservato che il complesso Cu(II)-DNA viene ridotto in situ per effetto di un irraggiamento con UV di lunghezza d'onda intermedia (mid UV) cellule biologiche, ed in confronto con l'azione riducente di alcuni agenti chimici. L'interesse di tale studio è anche collegato all'ipotesi che lo stato di ossidazione del Cu legato alla molecola di DNA possa influenzare la stabilità locale della doppia elica, suggerendo un suo ruolo nel controllo dell'apertura delle due eliche, e dunque anche della funzione del DNA stesso come primer: la cellula infatti potrebbe far variare localmente la concentrazione degli ioni Cu. Questi ultimi si sono rilevati presenti in piccole quantità nel DNA estratto dalle cellule.

Nell'ultimo anno la nostra ricerca si è dedicata all'analisi degli spettri presi in precedenza sui complessi Cu-ATP e Zn-ATP in soluzione, per l'impossibilità di fare nuove misure. I metodi di analisi sono stati perfezionati, passando ai modelli di calcolo delle fasi e ampiezze di scattering con onde sferiche; è ancora in via di sviluppo un metodo di analisi basato sulla massima entropia.

I nostri risultati hanno portato ad una misura quantitativa della distorsione assiale nella simmetria esaedrica dello ione Cu(II) in soluzione acquosa, per effetto Jahn-Teller. L'analisi delle XANES è stata fatta con una teoria a multiplo scattering, ed i risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti in presenza di NaOH 2 N, condizioni nelle quali si forma un complesso solubile con struttura praticamente planare. La stessa analisi sui complessi ACu-ATP ha consentito di interpretare gli spettri ottenuti in soluzione acquosa a vari pH, andando da pH=3 a pH=11.5. Ci si aspettava una competizione tra ioni metallici e protoni verso i gruppi ionizzabili che si comportano da litigandi. Effettivamente, l'interazione metallo - ATP dipende dallo stato di ionizzazione dell'anello di adenina ($pK = 4$), del gruppo fosfatico terminale ($pK = 7$) e del gruppo idrossile de riboso ($pK = 12.5$); corrispondentemente lo ione Cu si lega ai fosfati a pH=3, quando l'adenina è protonata, mentre a pH = 11.5 il metallo è legato al riboso della molecola ATP. Ciò appare evidente dal confronto degli spettri XANES del complesso Cu-ATP⁽¹¹⁾ con quelli dei complessi Cu-tripolifosfato, e Cu-D-riboso rispettivamente. Abbiamo anche potuto dimostrare che la posizione di un picco caratteristico presente sulla salita della soglia K del Cu può in questo caso essere riferita alla distorsione tetraedrica del sito del Cu. I risultati della ricerca sono stati presentati a due Congressi internazionali, a Chester in Inghilterra ed a Seattle in USA.

Anche per realizzare questi esperimenti, il nostro gruppo ha partecipato alla costruzione di una beam-line dedicata a misure di biofisica nel laboratorio PWA. In particolare, nello scorso anno è stato completato il dispositivo per la raccolta di spettri di fluorescenza. La possibilità di fare uso di questa tecnica di rivelazione ha un'importanza fondamentale per le misure in soluzione su campioni biologici, a causa della grande diluizione degli ioni metallici in questo caso.

A tale scopo, è stato messo a punto sia l'hardware che il software per l'acquisizione dei dati

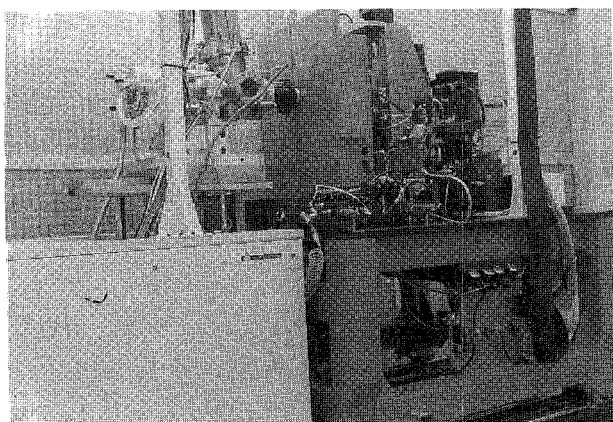


FIG. 42 - Lo Stepper MAX-1 installato nell'area sperimentale della linea BX2-L.

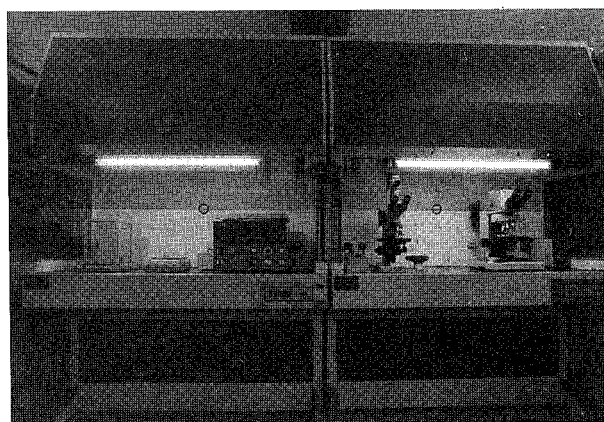


FIG. 43 - Laboratorio per il trattamento e l'analisi dei wafers esposti.

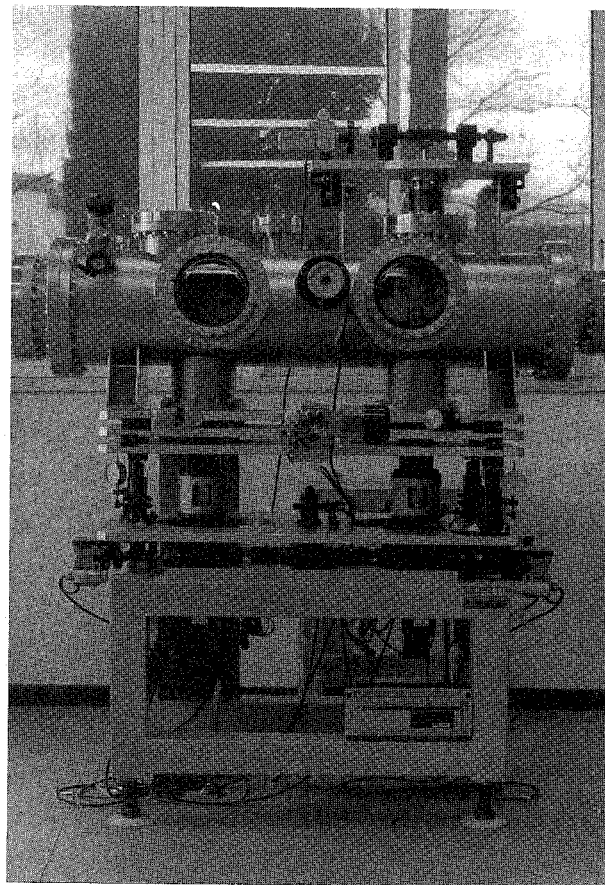


FIG. 44 - Scatola portaspeschi in cui verrà inserita la coppia di specchi piani.

sperimentali di fluorescenza, con raccolta sia a tempo fisso che a statistica fissa. Sono stati acquisiti i fotomoltiplicatori e costruiti i loro supporti meccanici alla camera di misura, sono stati collegati gli alimentatori e gli amplificatori, e l'intero sistema è ormai pronto per la raccolta dei dati, alla prossima ripresa della macchina come sorgente di radiazione di sincrotrone.

3. - LINEA BX2 - L PER LITOGRAFIA A RAGGI X

Durante il 1988 si è proceduto ad installare all'interno dell'area sperimentale lo stepper Max-1 della K. Suss, riportato in Fig. 42. Si è dato inizio ai lavori necessari per realizzare il controllo remoto dei movimenti dello specchio cilindrico. Al piano superiore del Laboratorio PWA si è realizzata un'area in cui sono state alloggiate due cappe a flusso laminare e varie apparecchiature per la preparazione e l'analisi dei wafers, tra i quali due microscopi, uno spinner e due bilance di precisione, il cui insieme è riportato in Fig. 43.

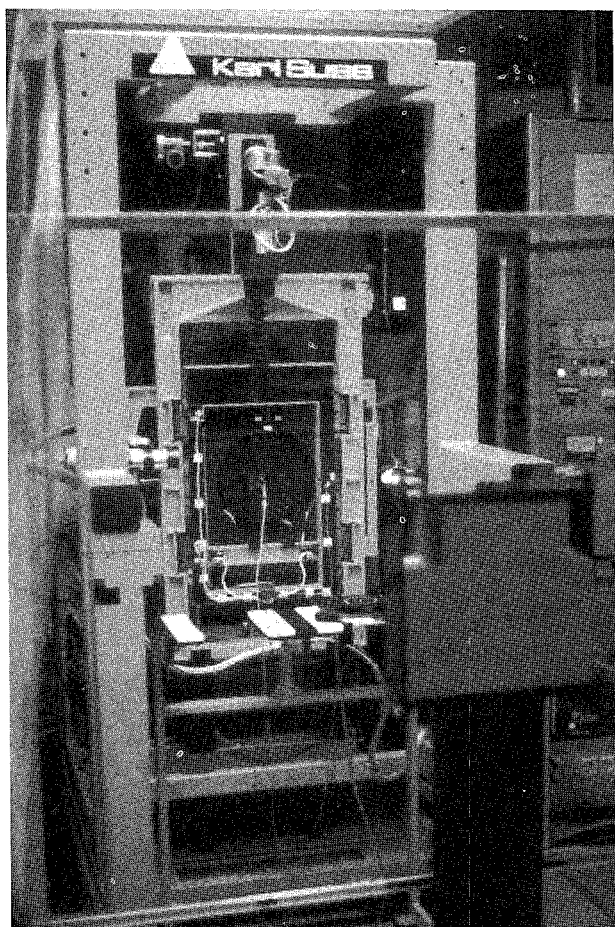


FIG. 45 - Lo stepper XRS-200 che verrà installato nel Laboratorio dedicato alla Litografia.

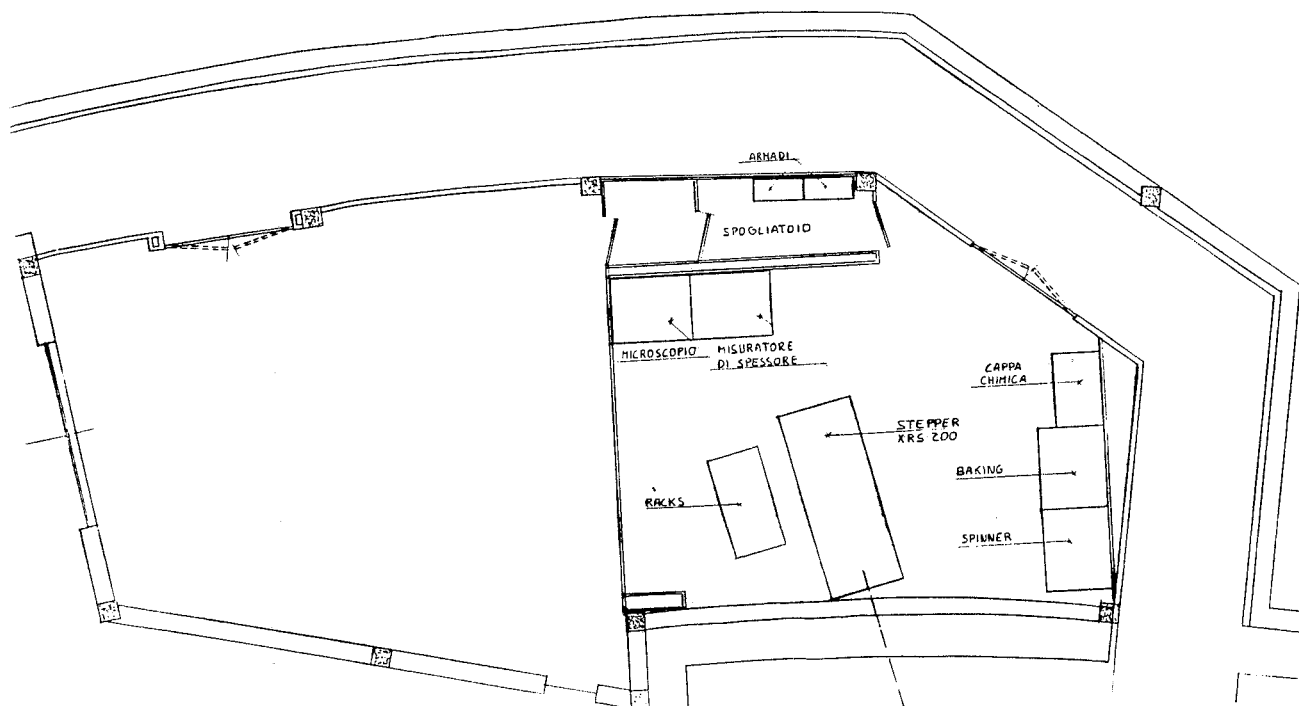


FIG. 46 - Pianta del costruendo Laboratorio per "Litografia con raggi X".

Si è portata a termine la costruzione e l'assemblaggio della scatola porta-specchi riportata in Fig. 44 relativa alla coppia di specchi piani. Gli apparati richiesti dalla Fisica Sanitaria per la radio protezione dell'area sperimentale sono stati completati e sono iniziati collaudi da parte degli ispettori dell' ENEA-DISP.

Le operazioni di allineamento della linea, dello stepper, le prime misure d'intensità del fascio BX2-L e quindi le prime esposizioni di wafers, preparati utilizzando maschere fornite dal Laboratorio BESSY inizieranno non appena Adone sarà disponibile per attività di ricerca con luce di Sincrotrone.

E' stato fatto uno studio preliminare per la progettazione del nuovo Laboratorio in cui verrà installato lo stepper XRS 200 riportato in Fig. 45, e nel mese di dicembre, sono iniziati i lavori di perimetrazione dell'area su cui sorgerà il laboratorio dedicato alla litografia con raggi X la cui pianta è riportata in Fig. 46.

4. - NUOVE LINEE DI RICERCA

4.1 - LA STAZIONE SPERIMENTALE PER DIFFRAZIONE SU POLVERI

Alla fine del 1988 è stato siglato il contratto C.E.E. di collaborazione tra i Laboratori LURE di Orsay ed i Laboratori Nazionali di Frascati che vede la partecipazione anche di altri organismi di ricerca francesi, italiani, e spagnoli.

L'accordo, di durata triennale, prevede per il primo biennio l'installazione su un canale della linea Wiggler di Adone di una stazione di diffrazione polveri e di un monocromatore focalizzante. Per l'ultimo anno il contratto prevede l'installazione di un calcolatore dedicato nonché alla realizzazione di accessori che consentano misure su campioni di polveri a bassa ed alta temperatura anche in presenza di elevate pressioni ambientali.

Nel 1989, dopo una fase di studio e messa a punto del progetto, si avvierà la realizzazione del diffrattometro per polveri usando eventualmetnee, per i test preliminari, uno dei due monocromatori attualmente presenti sulle linee del Wiggler.

L'interesse sperimentale è rivolto alla caratterizzazione ed allo studio di materiali ed elevato interesse tecnologico quali superconduttori ed elevata temperatura critica, leghe amorfe metalliche o covalenti, ossidi policristallini, etc.

4.2 - ESPERIMENTO MICROX

Nel corso del 1988 è stato ottenuto dal Gruppo V dell'INFN un finanziamento per la realizzazione di un microscopio a raggi X. Lo strumento, che sarà sviluppato nel corso dei prossimi tre anni, in collaborazione con la Sez. INFN di Napoli, verrà installato sulla linea BX2-L e consentirà indagini, sub-micrometriche, su campioni organici, nel loro stato naturale, e su sistemi inorganici.

Il microscopio è schematicamente costituito da un monocromatore, da una parte ottica per la focalizzazione dei raggi X (Fresnel Zone Plates), da una sistema per la scansione sub-micrometrica del campione, da un detector ad alta efficienza di rivelazione e da un sistema di acquisizione e controllo.

Durante il 1989 si prevede la realizzazione del monocromatore, necessario selezionare l'intervallo spettrale adeguato per il funzionamento dei successivi elementi ottici, e lo sviluppo di parte del sistema di controllo.

Il monocromatore prescelto è a doppia riflessione ed utilizzerà due multilayer di W/Si con spaziatura $d = 25 \text{ \AA}$, che dovrebbero consentire di lavorare tra 400 e 1500 e V, con buona trasmissione ed un potere risolvante ΔL di circa 70. Il controllo sarà affidato ad un sistema VME, pilotato tramite Macintosh.

4.3 - FLUS

Effetti causati dall'emissione di elettroni Auger in biomolecole organiche trattate con composti contenenti bromo e iodio.

L'esperimento Flus (Fotoattivazione mediante Luce di Sincrotrone) si propone di studiare l'effetto dell'emissione stimolata di elettroni Auger sulla formazione di radicali liberi in biomolecole organiche, di rilevante importanza nei processi vitali, trattate con composti del bromo (5-bromodeossiridina) BUdR o dello iodio (5-iododeossiridina) entrambi composti precursori della timina nella molecola del DNA. Il processo di emissione di elettroni Auger da parte di un atomo pesante incorporato in una molecola organica, costituisce, su scala molecolare, una vera e propria esplosione nella quale gli elettroni emessi ionizzano e rompono i legami chimici presenti sia nella molecola di provenienza che in quelle circostanti.

Le energie degli elettroni Auger sono generalmente basse e dipendono dalla struttura elettronica dell'atomo emittente. Nel caso del bromo, il range elettronico va da 11 eV a 1766 eV ed il numero medio di elettroni Auger emessi, per fotone assorbito, è circa 6 per fotoni aventi energie maggiori di quella corrispondente alla soglia K di assorbimento ($\Sigma k = 13.47 \text{ keV}$).

Gli elettroni Auger possono dar luogo, attraverso processi di ionizzazione e di eccitazione, sia della molecola di provenienza che di quelle circostanti, a diverse forme di danno quali radiolisi, scissione, polimerizzazione e formazione dei radicali liberi.

La tecnica sperimentale è quella di irraggiare i campioni con fotoni aventi lunghezza d'onda corrispondenti ad energie immediatamente prima ed immediatamente dopo la soglia K all'atomo assorbitore al fine di radicali liberi.

Si prevede di irraggiare circa 100 campioni aventi dimensioni di circa $5 \times 15 \text{ mm}^2$ con un numero di fotoni incidenti che nel caso di campioni bromati ($E \approx 14 \text{ keV}$) è dell'ordine di 10^{11} fotonis/s cm^2 .

L'irraggiamento avviene in condizioni di vuoto ($p = 10^{-4}$ torr) per prevenire sia eventuali reazioni ossidative che gli effetti dovuti alla presenza di ozono, e alla temperatura dell'azoto liquido con lo scopo di minimizzare gli effetti della combinazione.

Ad irraggiamento avvenuto con controllo della dose incidente ed a varie dosi i campioni saranno analizzati con uno spettrometro tipo ESR (Electro - Spin - Resonant) in banda X che corrisponde ad una frequenza di ~ 9 GHz.

Dette analisi verranno effettuate presso il Dipartimento di Medicina interna dell'Università di Tor Vergata.

Accanto alle misure di concentrazione dei radicali con lo spettrometro ESR, si prevede di effettuare misure basate sulla lioluminescenza cioè sull'emissione di luce che avviene nella dissoluzione, in opportuni solventi, di solidi irraggiati. Questo secondo metodo è più sensibile della tecnica ESR ma non fornisce informazioni strutturali sui radicali.

L'importanza di queste misure risiede nel fatto che l'incorporazione intracellulare della bromodeossiridina e di altri composti è stata proposta come misura terapeutica, nel trattamento radioterapeutico di alcuni tumori, per l'alta densità del DNA bromato alle radiazioni ionizzanti dovuta alla presenza di atomi pesanti. Gli elettroni Auger, per la loro densità di ionizzazione, possono essere considerati radiazioni a basso LET, la presenza di ossigeno favorisce la sopravvivenza di cellule ipossidiche mentre tale effetto è totalmente assente od attenuato nella terapia con radiazioni ad alto LET.

L'esperimento verrà eseguito utilizzando il fascio di raggi X disponibile sulla linea BX1 già equipaggiato di monocromatore. Come camera di esposizione si pensa, inizialmente, di usare quella utilizzata per esperimenti di spettroscopia di assorbimento; nel suo interno verrà, ovviamente, alloggiato un portabersagli con controllo remoto del posizionamento davanti al fascio. Un monitor dotato di integratore di fascio consentirà di determinare preliminarmente le curve "dose incidente-tempo di esposizione" in corrispondenza delle varie lunghezze d'onda di lavoro, per milliampere di corrente circolante all'interno dell'anello di accumulazione.

I campioni irraggiati con dosi note verranno quindi analizzati per la determinazione delle variazioni delle concentrazioni di radicali liberi dovute al maggior o minor assorbimento di raggi X e quindi alla maggior o minor presenza di elettroni Auger.

Referenze

- (1) E. Burattini, A. Reale, E. Bernieri, N. Cavallo, A. Morone, M.R. Mascello, R. Rinzivillo, G. D'Alba, P. Fornasini, C. Mencuccini: "Experimental Activity at the Adone Wiggler Facility; Nuclear Instruments and Methods", 208, 91 (1983).
- (2) E. Burattini, A. Balerna, E. Bernieri, C. Mencuccini, R. Rinzivillo, G. D'Alba, P. Fornasini: "Adone Wiggler Beam Lines Progress Report; Nuclear Instruments and Methods", A246, 125 (1986).

- (3) E. Burattini, A. Grilli, A. Balerna, E. Bernieri, S. Simeoni, C. Mencuccini: "Review of Scientific Instruments"; in print.
- (4) S. Mobilio, F. Patella, S. Stipcich: "Synchrotron Radiation at Frascati 1986 User Meeting-Conference Proceedings", 5, 41, Società Italiana di Fisica.
- (5) E. Burattini, S. Carbonara, R. Rinzivillo, S. Visco, G.E. Gigante, S. Sciuti, F. Salvetti: "Analisi e Microanalisi -SIXRF- Stato attuale e prospettive future", comunicazione al Congresso della Società italiana di Fisica-Urbino- (1988).
- (6) A. Clozza, A. Congui Castellano, S. Della Longa, A. Giovannelli, A. Bianconi: Low Temperature Time Resolved X-Ray Absorption Spectroscopy of Photolyzed CO-Myoglobin using Synchrotron Radiation; Review of Scientific Instruments.
- (7) M. Belli, M. Matzeu, A. Scafati, G. Onori, A. Balerna, A. Reale, A. Bianconi, E. Burattini, A. Fontaine: "Xanes of DNA complex: influence of reductants and U-V", Acts of the Int. Con. on Progr. in X-Ray stud. by Sync. Rad.", Strasbourg, April 1-4, p.45; (1985).
- (8) M. Belli, A. Balerna, E. Bernieri, A. Bianconi, E. Burattini, M. Matzeu, F. Mazzei, S. Mobilio, C. Natoli, G. Onori, L. Palladino, A. Reale, E. Rongoni, A. Scafati: "Characterization of metal sites in nucleic acids by high resolution X-Ray spectroscopy", Physics in Env. and Medical Research, S. Onori, & E. Tabet, - World Sci.P., p.33, (1986).
- (9) M. Belli, M. Matzeu, A. Scafati, A. Balerna, E. Bernieri, S. Mobilio, G. Onori, A. Reale, A. Bianconi, "Interaction of DNA with Cu ions", Atti Conv. Utilizzatori Luce di Sincrotrone, LNF-Frascati, Maggio, (1986), Ed. Nuovo Cimento SIF, (1987).
- (10) G. Onori, A. Santucci, A. Scafati, M. Belli, S. Della Longa, A. Bianconi, L. Palladino: "Cu edge Xanes of Cu (II) ions in aqueous solution: a measure of the axial ligand distance", Chem. Phys. Lett. 149:289 (1988).
- (11) G. Onori, A. Santucci, A. Scafati, M. Belli, S. Della Longa, A. Bianconi, L. Palladino: "Study of Cu (II) complexes by Xanes spectroscopy", II Int. Congr. on Bioph. and Synchr. Rad., Chester, GB, 8 July (1988) and V Xafs Int. Conf., Seattle, USA, 25 Aug. (1988), in press

Pubblicazioni

- (1) E. Burattini, G. Cappuccio, M.C. Ferrari, M. Grandolfo, P. Vecchia, Sh. M. Efendiev: Medium Infrared Transmittance and Reflectance of Bi12 Si 020 and Bi12 Ti 020 Single Crystals; Journal of Optical Society of America, 5, 3, 714 (1988).
- (2) E. Giglio, S. Loreti, N.V. Pavel: A new Approach to the Structure of Unicellar Aggregates; Journal of Physical Chemistry, 92, 2858 (1988).
- (3) M. Federico, G. Galli, S. Magazù, D. Majolino, E. Burattini: Study of the Glass Transition Region in Amorphous Selenium by EXAFS; Il nuovo Cimento D, 10, 4, 425, (1988).
- (4) G. D'Alba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Burattini, A. Fontana, EXAFS Structural Studies on $(AgI)_x (Ag_2O_4B_2O_3)_{1-x}$ Glasses: in corso di stampa su: "Solid State Ionics".
- (5) G. D'Alba, P. Fornasini, G. Giunta, E. Burattini: XRD and EXAFS Study of the Local Structure in Some Non-Crystalline Sb-S Compounds; in corso di stampa su: "Journal of Non Crystalline Solids".
- (6) E. Burattini, A. Grilli, A. Balerna, E. Bernieri, S. Simeoni, C. Mencuccini, Chen Qian Hong: The Adone Wiggler X-Ray Lithography Beam Line; in corso di stampa su: "Review of Scientific Instruments".
- (7) A. Caballero, A.R. Gonzales-Edipe, P. Malet, G. Munuera, J. Garcia, J.C. Conesa, E. Burattini: EXAFS/XANES Studies of the Influence of the Drying Pre-treatments on the Reducibility of Pt/Al On Catalysts; in corso di stampa su: "Physica B-C".
- (8) J.P. Espinosa, A.R. Gonzales-Elipé, G. Munuera, J. Garcia, J.C. Conesa, E. Burattini: EXAFS Study of Catalyst Preparation Procedure in Ni-Silica and Ni-Titania; in corso di stampa su: Physica B-C".
- (9) A. Bianconi, A. Congui Castellano, S. Della Longa, M. Dell'Ariceia, A. Giovannelli, G. Amiconi, R. Santucci, M. Barteri, E. Burattini: Effects of Polyanions on the Local Structure of the Camelus Dromedarius Hemoglobin: A XANES Study; in corso di stampa su: "Physica B-C".
- (10) M. Bassetti, E. Bernieri, E. Burattini, A. Cattoni, C. Sanelli, S. Tazzari, F. Tazioli, C. Mencuccini, I. Palumbo, R. Rinzivillo, Chen Qian Hong: Design Study of a Synchrotron Radiation Source for X-ray Lithography; in corso di stampa su: "Institute of Electrical, Electronic, Engineering-Nuclear Science" -IEEE-NS.
- (11) J. Garcia, M. Sanchez del Rio, E. Burattini, M. Benfatto, C.R. Natoli: Multiple Scattering Contribution in the EXAFS Region for Octahedral Clusters; in corso di stampa su: "Physica B-C".
- (12) A. Clozza, A. Bianconi, J. Garcia, A. Corma, E. Burattini: Study of the Preparation Method and Active Component Concentration of Ni-M003 Septiolite Catalyst by EXAFS and XANES Spectroscopy; in corso di

stampa su: "Physica B-C".

- (13) A. Congiu-Castellano, M. Castagnola, E. Burattini, M. Dell'Ariceia, S. Della Longa, A. Giovanelli, P.J. Duham, A./Bianconi: Heterogeneity of the Foetal and Adult Hemoglobin in Solution, Detected by XANES Spectroscopy; in corso di stampa su: "Biochimica and Biophysica Acta".
- (14) M. Colapietro, G. Cappuccio, C. Marciante, A. Pifferi, R. Spagna, E. Burattini: The X-Ray Diffraction Station at the ADONE Wiggler Facility: in corso di stampa su: "Nuclear Instruments and Methods".
- (15) A. Kisiel, G. D'Alba, P. Fornasini, M. Podgorny, J. Oleoszkiewicz, F. Rocca, E. Burattini: X Ray Absorption Spectroscopy of Zn te, CdTe and HgTe: Esperimental and Theoretical Study of Near Edge Structure: inviato per la pubblicazione al "Phys. Rev. B".
- (16) E. Bernieri, A. Balerna: "Optimization of a Synchrotron based X-Ray lithography system"
- (17) M.T. Czylyzyk, G. D'Alba, P. Fornasini, A. Kisiel, F. Rocca, E. Burattini: Ag20 Band Structure and X-Ray Absorption Near Edge Spectral" in corso di stampa su: "Phys. Rev. B".
- (18) E. Burattini, F. Carbonara, R. Rinzivillo, F. Visco, G. E. Gigante, S. S. Sciuti, F. Salvetti: " Analisi e microanalisi SIXRF: stato attuale e prospettive future: Comunicazione al congresso della Società italiana di Fisica congresso 1988.

5. - FISICA GENERALE E DIVERSI

F A D D (Fast Area Detector for Diffraction)

Componenti del gruppo

A. La Monaca (resp. naz.), S. Simeoni, A. Stecchi (laur. LNF), L. Trasatti e Servizio Rivelatori SPECAS dei LNF.

Collaborazioni

Università di Bologna (A. Bigi, A. Ripamonti, N. Roveri), Università di Bristol-UK (J.S. Shah), Università di Roma I (E. Giglio, V. Pavel).

Lo scopo dell'esperimento FADD al suo primo anno di svolgimento nei LNF è quello di realizzare un rivelatore a camera a drift di grande area, applicato a sorgenti a fasci pulsati di raggi X, per lo studio della diffrazione a basso, medio ed alto angolo di attuale interesse nella Fisica della Materia.

Nel progetto sperimentale si prevede l'uso di miscele di gas con CF₄, tetrafluoruro di carbonio, di altissima velocità di drift. Il CF₄ nella rivelazione X ci viene suggerito dalle sue proprietà fisico-chimiche. Infatti esso offre una maggiore resistenza rispetto agli idrocarburi al "radiation damage" sotto gli alti flussi fotonici a causa della migliore stabilità chimica.

Inoltre l'alta velocità di drift degli elettroni di diffusione rende questo gas piu' trasparente agli elettroni freddi di drift (per via dell'abbassamento dell'energia quadratica media degli elettroni di diffusione nella regione in cui la sezione d'urto media totale di diffusione è minima), per cui si ha una migliore risposta agli alti conteggi (a causa del basso jitter temporale degli elettroni di drift) ed una minore efficienza di cattura degli elettroni freddi da parte dell'ione CF₄⁺.

Una importante conseguenza dell'alta velocità di drift è la possibilità di aumentare l'area di rivelazione lasciando inalterato l'intervallo temporale, o di ridurre questo intervallo lasciando inalterata l'area di rivelazione (come è il caso degli anelli di accumulazione in operazione con più bunches di elettroni circolanti).

L'esperimento FADD tiene conto della prima di queste possibilità, realizzando un rivelatore di area di 50x50 mm². In tal modo con la geometria definita dal diffrattometro SAXS operante in Adone sarà possibile effettuare con continuità tutte le misure di Diffrazione a raggi X di basso, medio ed alto angolo richieste per l'indagine strutturale di tutti i materiali di interesse oggi esistenti (Tabella VI).

TABELLA VI - Parametri del diffrattometro con camera a drift e con rivelatore FADD (in grassetto i nuovi parametri).

PARAMETRI	CAMERA A DRIFT	FADD
Area di rivelazione	17x17 mm	50x50 mm
Distanza campione-rivelatore per SAXS	500 mm	500 mm
Minimo periodo rilevabile	45 Å	15 Å
Distanza campione-rilevatore per Alto Angolo	40 mm	40 mm
Minimo periodo rilevabile	3.9 Å	1.8 Å

Per realizzare il rivelatore FADD in tempi brevi abbiamo ripartito l'attività scientifica su tre fronti paralleli di sviluppo : I) costruzione del rivelatore; II) costruzione dell'impianto a gas; III) sviluppo dell'elettronica di rivelazione.

La costruzione del rivelatore e dell'impianto a gas ha richiesto particolare attenzione per via del potere solvente che il CF₄ ha sulla maggior parte dei materiali comuni. Sono stati scelti acciaio inox per le parti metalliche e ceramiche per le parti isolanti.

Nel corso del 1988 sono stati eseguiti i seguenti lavori :

- 1) progettazione del rivelatore FADD;
- 2) realizzazione delle componenti in acciaio inox del rivelatore;
- 3) taglio e lavorazione delle componenti in allumina del rivelatore;
- 4) progettazione, realizzazione ed installazione in laboratorio del miscelatore Argon-CF₄, costruito in acciaio inox e materiali compatibili con il CF₄;
- 5) installazione dell'impianto di distribuzione gas in laboratorio, con linea di adduzione gas in acciaio inox;
- 6) studio di progetto per la costruzione della linea di ritardo in ceramica con "strip" conduttrici e microdeposito dielettrico in teflon per la rivelazione della seconda coordinata;
- 7) realizzazione di un veloce sistema di acquisizione dati e relativa presentazione grafica, basato su

un nuovo sistema CAMAC-Macintosh.

In particolare questo nuovo sistema di acquisizione dati è stato realizzato tenendo conto delle caratteristiche di risoluzione del rivelatore FADD, 156 psec. di risoluzione temporale, corrispondenti a 20 μ m di risoluzione spaziale, e delle velocità di conteggio richieste dagli esperimenti di diffrazione con le nuove sorgenti di alta brillantezza. Il sistema è basato su un elaboratore Macintosh II, collegato tramite una scheda MICRON con un sistema di TDC e memorie d'istogramma CAMAC, capace di gestire frequenze di acquisizione fino ad 800 KHz e di istogrammare su matrici di 256 x 256 pixels. Il sistema è già in funzione in una configurazione ridotta di 256x128 pixels e, tramite l'inserimento di un'interfaccia VME, raggiungerà la capacità di progetto entro la fine di marzo '89. La presentazione grafica dei dati avviene in tempo reale durante l'acquisizione con varie modalità: proiezioni x,y; immagine in falsi colori; immagini in 3-D. La restituzione tridimensionale degli spettri utilizza una prospettiva a due punti di fuga, cioè a quadro verticale accidentale, che consente un'ottima visione della profondità spaziale senza introdurre distorsioni sull'asse verticale dell'immagine. L'interfaccia utente, sviluppata in ambiente MACSYS, rispetta le modalità di interfaccia umana caratteristiche del sistema Macintosh (menu', finestre e mouse).

Il completamento dell'esperimento FADD e la presa dati con la camera di diffrazione, allestita da gruppo Bristol-Bologna, è prevista per la fine dell'89.

HAL

Componenti del gruppo

M.L. Ferrer, E. Pace, C.Battista

Altri Componenti

A. Ghiselli (CNAF-INFN Bologna), R. Fantechi (INFN Pisa), G. Mirabelli and E. Valente (National coordinator, INFN Rome)

L' esperimento HAL si propone di realizzare un collegamento veloce (dell' ordine di 1 Mbyte) tra un calcolatore IBM ed un calcolatore DEC, che permetta lo scambio e l'accesso ai files in ambedue le macchine così come il lavoro interattivo in "full screen". La collaborazione ha affrontato durante l' anno 1988 le seguenti tematiche:

1) Decisioni e acquisto dell' hardware necessario alla realizzazione dell' interconnessione canale IBM-VAX BI, utilizzando come intermediario un crate VME sul quale verranno installati un' interfaccia AUSCOM verso il canale IBM e un' interfaccia HVIOR verso il VAX BI. Studio del software di base per un primo livello di implementazione, che prevede di utilizzare il software TCP/IP per la realizzazione di un' utility di file transfer.

- 2) Decisioni sul software di interconnessione per un migliore accesso in "full screen".
- 3) Il gruppo locale ha attivamente partecipato alla realizzazione indicata nel punto uno, collaborando anche all'installazione dell'hardware presso la sezione INFN di Roma (attualmente in via di completamento) così come all'installazione e test relativi del software di base.

N I D (New Image Detector)

Componenti del gruppo

E. Burattini, A. La Monaca (resp. naz.), S. Simeoni e Servizio Rivelatori SPECAS dei LNF.

Collaborazioni

Ist. Strutt. Chimica CNR-Monterotondo (G. Cappuccio) ; Università "La Sapienza" di Roma I (M. Colapietro), Università di Bristol-UK (J.S. Shah).

Lo scopo dell'esperimento NID al suo primo anno di svolgimento nei LNF è quello di realizzare un nuovo rivelatore ad immagine per raggi X, basato su dispositivi ad accoppiatori di carica (come i CCD). Per questo usa un convertitore a gas scintillante capace di accoppiare gli alti flussi delle nuove sorgenti a raggi X di alta brillantezza (European Synchrotron Radiation Facility) con un CCD.

Il rivelatore è costituito da un rivelatore a gas scintillante, che converte i raggi X assorbiti di lunghezza d'onda $1.54 \text{ \AA}$ in radiazione U.V., ed da un sensore ottico a CCD, che rivela la posizione dei fotoni U.V., emessi dal gas. I "flash" di luce emessi vengono collezionati sul CCD tramite un fascio di fibre ottiche coniche demagnificanti. Questi hanno lo scopo di raccordare la piccola area del CCD alla maggiore area del rivelatore a gas, di migliorare la risoluzione spaziale (è prevista una risoluzione spaziale di $300 \mu\text{m}$ usando gas Xe), nonché di proteggere il sensore dalla esposizione diretta dei raggi X.

Il rivelatore, così concepito, può offrire tutti i vantaggi dei rivelatori a gas e a stato solido, eliminando quegli svantaggi propri di queste due classi di rivelatori come: 1) l'effetto di saturazione, dovuto alla carica spaziale della scarica a valanga dei contatori a gas; 2) l'effetto di "radiation damage", sofferto dai CCD quando vengono colpiti direttamente da radiazione energetica.

L'esperimento NID è iniziato nell'88 e avrà durata quadriennale.

Si articola nel seguente modo: 1) allestimento di un impianto a gas, pulito e di alta precisione, per la circolazione chiusa di Xe drogato con N_2 ; 2) progettazione del fascio di fibre ottiche coniche da fare eseguire alle ditte esterne; 3) messa a punto dei due sensori ottici lineare e matriciale con la relativa elettronica; 4) messa a punto del sistema di rappresentazione dell'immagine tridimensionale e successiva presa dati sul fascio a raggi X del Wiggler di Adone.

L'attività scientifica svolta durante il 1988 ha riguardato la preparazione e l'avvio di una parte dei lavori dell'esperimento. Essa è stata così articolata:

- 1) progetto del rivelatore NID;
- 2) costruzione meccanica di alcune parti del rivelatore;
- 3) progetto fatto in collaborazione con la ditta Sol-Sud per la realizzazione dell'impianto a gas Xe con purificatore a circolazione chiusa e ad alta pressione;
- 4) prove di laboratorio di deformazione e rottura meccanica ad alta pressione (5 atmosfere) di opportune finestre di materiale plastico;
- 5) studio di progetto e ricerca di mercato del sistema a fibre ottiche coniche demagnificanti;
- 6) acquisto di strumentazione elettronica per la rivelazione a CCD e ricerca di mercato di nuovi sensori ottici matriciali sensibili all'UV e con lettura a più uscite per aumentarne la frequenza;
- 7) acquisto di strumentazione elettronica destinata all'acquisizione dati di mappe matriciali di 512x512 pixels.

L'esperimento NID ha suscitato un grande interesse, notificato dalle richieste di (pre)prints a noi pervenute da vari gruppi sperimentali.

SLEND - Rivelatore di particelle ionizzanti basato su giunzioni tunnel superconduttrici. Studi su superconduttività ad alta temperatura

Componenti del gruppo

F. Celani, A. Saggese (Art. 36 INFN), S. Pace (Univ. Salerno), S. Catà (MPI), F. Cardone (Borsista CEI), N. Sparvieri (Selenia, Direzione Ricerche), C. Giovannella (Univ. Roma II), Roberto Messi (Univ. Roma II), L. Liberatori (contrattista INFN)

Tecnici

A. Pecchi

Scopo dell'esperimento è quello di studiare la possibile utilizzazione di giunzioni tunnel superconduttrici, realizzate con superconduttori "classici", come rivelatori di particelle ionizzanti. Vantaggio di tale applicazione è la possibilità di ottenere, almeno in linea di principio, una risoluzione energetica che è di oltre 30 volte migliore di quanto ottenibile con il migliore rivelatore di particelle attualmente disponibile (Ge iperpuro, Si-Li). Ciò in quanto il valore di gap di energia di tali materiali, in configurazione di regime tunnel tra Superconduttore-Isolante-Superconduttore, è di circa mille volte più basso (qualche meV) di quello dei semiconduttori tipo Ge o Si.

Lo studio di tali rivelatori, effettuato a livello mondiale oltre che dal nostro da non più di altri cinque gruppi, ha mostrato l'esigenza di una forte riconsiderazione sia del set-up sperimentale generalmente utilizzato che dei modelli teorici interpretativi. Dal punto di vista sperimentale i maggiori problemi derivano dalle necessità di mantenere il rivelatore a temperature molto al di sotto di quelle

già basse (4.2 K) dell'elio liquido (regione del Kelvin o al limite del milliKelvin) mentre l'elettronica di preamplificazione funziona correttamente alla temperatura dell'azoto liquido (77 K). Dal punto di vista teorico il problema, già da noi esplicitato da oltre 4 anni, è che non esiste un modello che spieghi esaurientemente il funzionamento di tale rivelatore in quanto tutte le simulazioni numeriche, lunghe e complesse, sono state fatte per un sistema poco lontano dall'equilibrio in situazione spazialmente omogenea e non dipendente esplicitamente dal tempo mentre quello che ragionevolmente avviene ad una giunzione sotto eccitazione di particelle ionizzanti è una situazione esattamente opposta.

Il nostro gruppo ha finora contribuito a esplicitare e/o risolvere alcuni dei problemi su enunciati e i nostri lavori al riguardo sono stati pubblicati su riviste internazionali (Physics Letters, IEEE Transaction on Magnetics, etc.) oltre che presentati a congressi internazionali (LT 17, LT 18, ISI, etc.)

Una analisi della situazione precedente (rapporto sforzi/risultati) unita alla oggettiva opportunità di poter lavorare a temperature più facili di quelle finora utilizzate ci ha portati alla decisione di aumentare il nostro impegno (iniziato nell'aprile 1987) nello studio e sviluppo dei superconduttori ad alta temperatura critica da poco inventati da Müller e Bednorz, soprattutto dal punto di vista di un'eventuale applicazione come rivelatore di particelle. Eravamo e siamo ben consci che l'eventuale risultato specifico (rivelazione di particelle) deve comunque necessariamente passare per un lungo ed impegnativo studio dei nuovi materiali superconduttori.

Comunque, la possibilità finale di poter lavorare alla tecnologicamente facile temperatura dell'azoto liquido giustifica ampiamente qualunque sforzo o apparente ritardo.

E' stato quindi intensificato lo studio su tale ultima linea di ricerca (superconduttività ad alta temperatura) ed i risultati ottenuti sono stati così importanti sia dal punto di vista puramente scientifico che quello tecnologico che la nostra scelta si è dimostrata oltre che opportuna scientificamente anche utile a settori avanzati dell'Industria elettronica e chimica italiana. E' stato, tra l'altro, depositato un brevetto internazionale su un particolare processo di fabbricazione di superconduttori tipo $\text{Re}_1 \text{Ba}_2 \text{Cu}_3 \text{O}_{7-x}$ (in cui Re è una qualunque Terra Rara trivalente oltre che l'Ittrio) che massimizza le caratteristiche diamagnetiche di tali materiali.

Il brevetto è stato depositato in data 12/1/1988 in collaborazione con l'industria elettronica SELANIA ed il Consorzio Interuniversitario Nazionale di Fisica della Materia e prevede l'uso di ozono in tutti i trattamenti termici necessari alla preparazione dei superconduttori.

Il brevetto congiunto INFN-SELANIA-INFM è uno dei, purtroppo pochi, esempi di reale e fattiva collaborazione tra Enti Pubblici di Ricerca - Industria - Università.

Tornando ad aspetti più specificatamente scientifici, il nostro gruppo, oltre ad avere sviluppato il metodo di preparazione oggetto del brevetto su citato, ha messo a punto, nella preparazione delle polveri, una variante del cosiddetto metodo di "pirolisi di citrati". Tale metodo permette di avere polveri con granulometria di 50-200 nm, cioè oltre un fattore 10 più piccolo di quanto si riesce a



FIG. 47 - Effetto Meissner su una nostra pasticca sinterizzata di YBCO fatta con il metodo della pirolisi ed ozono. Il piccolo magnete ha un'intensità di campo di 2000 Gauss e la temperatura della pasticca è di circa 85 K.

realizzare con i concettualmente più semplici metodi di mescolamento meccanico. La bassa granulometria permette di massimizzare il rapporto superficie/volume, quindi di migliorare in maniera significativa l'assorbimento, da parte di tali polveri, dei gas necessari alla loro preparazione successiva (nel nostro caso ozono e ossigeno monoatomico oltre che l'usuale ossigeno biatomico) (Fig. 47).

E' stato inoltre sviluppato e messo a punto un sistema completamente computerizzato sia per le misure di resistività (metodo volt-amperometrico) in DC e AC che di suscettività magnetica AC. Le misure sono state fatte nel range di temperatura 4.2÷300 K fino al settembre 1988. Purtroppo a partire da tale data non è stato più possibile ottenere elio liquido dal liquefattore dei Laboratori Nazionali di Frascati e quindi abbiamo dovuto limitare le nostre analisi nel range di temperatura 77÷300 K.

Ulteriori misure sono state fatte presso lo Spettrometro di Polveri ad Alta Risoluzione, con fascio di neutroni, dei Laboratori di Rutherford.

Tali ultime misure hanno, oltre che confermato la bontà dei nostri campioni, dato una prima misura sui parametri reticolari della nostra cella elementare. In particolare, è risultato significativo il valore ottenuto per l'asse a che è quello che indica la ricchezza in ossigeno dei superconduttori sinterizzati : nel nostro caso è molto vicino al valore teorico di 7.

Pubblicazioni

- 1) F. Celani, R. Messi, S. Pace, N. Sparvieri: "Metodo di preparazione di superconduttori ceramici ad alta temperatura critica caratterizzati da buone proprietà diamagnetiche", *Il Nuovo Saggiatore*, 4, 7-11 (1988).
- 2) F. Celani, S. Pace, F. Cardone: "Neutrino Mass Determination by β decay: present and future situation", published on *Superconductive Particle Detectors* (series: *Advanced in the Physics of Condensed Matter*) World Scientific (1988) p. 83-106 e LNF-88/33 (P), maggio 1988.
- 3) F. Celani, F. Cardone: "Neutrino Mass determination by Superconducting Particle Detector for measuring the electron spectrum from tritium beta decay". Contributed paper at "II European Workshop on Low Temperature devices for the detection of low energy neutrinos and dark matter.
- 4) F. Celani, R. Messi, N. Sparvieri, S. Pace, A. Saggese, C. Giovannella, L. Fruchter, C. Chappert: "On the field cooled susceptibility of superconducting YBCO samples", *Proc. of the Int. Conf. on Magnetism 1988*, to be published on *Le Journal de Physique* 1988 e LNF 88/41(P), 7 luglio 1988.
- 5) F. Celani, L. Fruchter, C. Giovannella, R. Messi, S. Pace, A. Saggese, N. Sparvieri: "Torque measurements of textured YBCO sintered pellets", *Proc. of the Appl. Sup. Conf. 88* to be published on *IEEE Trans. on Magn.*, LNF 88/47(P), 5 settembre 1988.
- 6) F. Celani, W.I.F. David, C. Giovannella, R. Messi, V. Merlo, S. Pace, A. Saggese, N. Sparvieri: "Pyrolytic citrate synthesis and ozone annealing: two key steps toward the optimization of sintered YBCO", to be published on *Vuoto e LNF* 88/62(P), 8 novembre 1988.
- 7) F. Celani, L. Liberatori, R. Messi, S. Pace, A. Saggese, N. Sparvieri: "Ozone Annealing of YBCO superconductors: toward the maximum of diamagnetic T_c and minimum of ΔT_c ", *Contribute paper at the Inter. Symp. on the Electronic Structure of High T_c Superconductors*, *Accademia Nazionale dei Lincei, Roma (Italy)* 5-7 ottobre 1988 e LNF 88/71(P), 14 dicembre 1988.

BREVETTO

Francesco Celani¹, Sandro Pace², Roberto Messi², Nicola Sparvieri³

1 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

2 Consorzio Interuniversitario Nazionale di Fisica della Materia

3 SELANIA, Direzione Ricerche, Roma.

- Brevetto n. 47521A88 del 12/1/1988, "Miglioramento nei processi di fabbricazione di superconduttori ceramici ad alto valore di suscettività magnetica".

STARNET

Componenti del gruppo

G. Di Pirro, M.L. Ferrer (National Coordinator), O.Ciaffoni, M.Coli, A.Martini, E.Pace, M.Pistoni and L.Trasatti

Collaborazioni con

CNAF, Roma I, Roma II, ISS

STARNET prevede la progettazione e realizzazione di un modello di rete metropolitana, definita come una rete ad altissima velocità (superiore a 100 Mbits/sec.) e dimensioni dell'ordine di quelle di una città (circa 50 Km), che permetta l'interconnessione di singoli calcolatori capaci di gestire elevate velocità di input/output e/o reti locali collegate attraverso Bridges progettati ad hoc.

L'esperimento prevede l'utilizzo di fibre ottiche come mezzo trasmissivo e la realizzazione in

hardware e/o software, con l' aiuto di processori speciali del protocollo base di comunicazione. La topologia della rete è costituita basicamente da un accoppiatore ottico passivo NxN che permette l' interconnessione di N stazioni collegate anche ad un controllore centrale che assegna il canale a richiesta. Questo controllore permette un' alta efficienza nell'utilizzo del canale trasmissivo così come un basso ritardo tra il momento in cui una stazione fa una prenotazione e l' istante nel quale viene servita. Queste caratteristiche fanno di STARNET un buon candidato alla definizione di una MAN (Metropolitan Area Network).

Nell' anno 1988 l' attività è stata orientata a:

- acquisizione delle tecniche di programmazione (software della XILINK) dei Logic-Cell Array (LCA) che vengono utilizzati nella realizzazione della singola stazione;
- sviluppo di "tools" utilizzando programmi di intelligenza artificiale per la verifica del protocollo;
- implementazione di trasmettitore e ricevitore a 200 MHz che include parallelizzatore/serializzatore, creazione di preambolo per il recupero del clock nella stazione ricevente, recupero del clock, codifica/decodifica 8B/10B;
- realizzazione di un prototipo di controllore.

Sono stati realizzati al presente i seguenti elementi:

- 1) Prototipo di controllore di stella (LNF-Facoltà di Ingegneria, Università di Roma "La Sapienza");
- 2) Prototipo d'interfaccia trasmettitore-ricevitore a velocità dell' ordine dei 200 Mbps con opportune codifiche e recupero del clock (Roma I, Roma II);
- 3) Realizzazione di un laboratorio ottico con possibilità di misure generali e saldatura di fibre (LNF);
- 4) Prototipo di buffer veloce di interfacciamento con un host (CNAF).

Sono in studio i seguenti elementi:

- 1) Prototipo di interfaccia host-STARNET (CNAF-LNF-Sanità);
- 2) definizione del protocollo di base (LNF-Roma I)

6 - FISICA TEORICA

Componenti del gruppo

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

QCD e Fisica dei Colliders Adronici nella Regione dei TeV

Durante gli anni precedenti, ci siamo occupati di studiare le caratteristiche generali degli eventi prodotti ai colliders adronici, con particolare riguardo alle variazioni con l'energia di quantità quali il momento trasverso medio, la forma della distribuzione di KNO, la molteplicità media, etc. E' stata

avanzata l'ipotesi che tali variazioni con l'energia, che sono particolarmente notevoli nella regione dai 100 GeV nel centro di massa in poi, siano dovute all'emergenza dello scattering gluone-gluone che si rivela in un aumento del numero di jet osservati di bassa energia.

L'osservazione sperimentale della sezione d'urto inclusiva di tali jets è in buon accordo con le previsioni teoriche di QCD. E' ora interessante cercare di capire quali altre caratteristiche degli eventi con jets possono essere spiegate in termini di QCD. Durante l'anno 1988, è stato iniziato lo studio della correlazione fra energia trasversa e momento trasverso nello scattering partonico.

Attualmente questo studio è in stato di completazione per quel che riguarda il processo protone + antiprotone $\rightarrow$ bosone W + tutto il resto.

Come è noto, la distribuzione in momento trasverso del bosone si può calcolare in Cromodinamica Quantistica facendo uso di tecniche ben note di somma dei gluoni soffici, in aggiunta al contributo del calcolo perturbativo. Similmente, la distribuzione in energia trasversa, dovuta alla bremsstrahlung di stato iniziale, è anche nota.

Nel lavoro attualmente in corso, si propone un' espressione per la correlazione fra le due distribuzioni. Questo lavoro è fatto in collaborazione con Y.N. Srivastava dell'Università di Perugia e A.Grau, borsista dell'Università di Barcellona⁽¹⁻⁴⁾. Versioni preliminari di questo calcolo sono state presentate da G.Pancheri al Multiparticle Dynamics Workshop di Perugia, 20-29 giugno 1988 e al Meeting di Hadronic Matter in Collisions, Tucson, Arizona, ottobre 1988.

I risultati di questo tipo di formalismo possono poi essere paragonati con i dati sperimentali, raccolti sia dalla collaborazione UA1, che da quella UA2, al Collider del CERN. G. Pancheri ha in corso da anni una collaborazione con il gruppo UA1 e in particolare con la componente americana, ora MIT, precedentemente Harvard University.

QCD Perturbativa

Nel campo della QCD perturbativa è stato portato a termine in collaborazione con P. Chiappetta e J. Ph. Guillet⁽⁶⁻⁹⁾, il calcolo analitico delle correzioni all'ordine α^3 nello scattering partone-partone. Inizialmente è stato considerato il caso quark - quark (antiquark) con sapori diversi, quindi il caso gluone - gluone ed infine il caso più generale, che comprende pertanto ogni possibile processo con quark e gluoni.

Tali risultati sono stati illustrati con seminari ed invited talks a conferenze e saranno prossimamente oggetto di studi fenomenologici, anche in collaborazione con i gruppi sperimentali ai colliders adronici (UA1, UA2, CDF), al fine di dedurre risultati significativi per la QCD perturbativa nei processi adronici e di jets, al livello del $\sim 20\%$, invece del fattore 2 attuale.

Nel campo della fisica elettrodebole con particolare riferimento alla prossima sperimentazione a LEP/SSC, è continuata un'attività di appoggio ai gruppi sperimentali.

In parallelo esiste una collaborazione con L. Trentadue (PR) per migliorare a livello sia analitico (ordine α^2) che di Monte Carlo, la conoscenza teorica nel campo delle correzioni radiative, attualmente note a un livello $\sim 1\%$.

Fattori di Forma Nucleari

Le attività di ricerca si sono svolte sui seguenti argomenti:

1. Diffrazione con correzioni dovute all'unitarietà

2. Fattore di forma dei nucleoni

1. I modelli di diffrazione dovuti a Glauber ed a Chou e Yang non sono sufficienti a descrivere tutti i dati sia a grandi impulsi trasferiti sia alle energie del Collider. Mancano in questi modelli gli importanti contributi dovuti all'unitarietà. Alcune stime di questi contributi sono state fatte nel lavoro in Ref. (9), presentato al Workshop on Multiparticle Dynamics tenuto a Perugia dal 21-28 giugno, 1988.

Queste correzioni sono importanti in molte reazioni p.e.

$$\alpha N \rightarrow \alpha N (N \equiv \alpha, d, {}^3\text{He}),$$

$$\alpha N \rightarrow dd, pp \rightarrow , \bar{p}\bar{p} \rightarrow \bar{p}\bar{p}$$

come dimostra il migliorato accordo con gli esperimenti qual'è appunto il risultato della referenza sopra.

2. Il fattore di forma del protone è ben descritto empiricamente dalla formula detta del dipolo. Non esiste, però, una spiegazione per questo successo. Il vector meson dominance model (VMD), anche con un numero infinito di mesoni vettoriali, non arriva a descrivere approssimativamente l'andamento asintotico del fattore di forma. Includendo nel VMD una opportuna parametrizzazione del contributo del continuo si riesce a modificare la sua predizione ed in modo per essere consistenti asintoticamente con il le regole di conteggio di quark.

Un VMD così modificato descrive molto bene i fattori di forma del protone e del neutrone nella regione space-like. Nella regione time-like esistono i dati solo per il fattore di forma del protone. Essi sono bene descritti dalla VMD modificata.

Si prevede nella regione time-like un fattore di forma del neutrone in modulo circa cinque volte più grande di quello del protone. Questo implica una sezione d'uscita del processo $e^+e^- \rightarrow n \bar{n}$ venticinque volte più grande di quella del processo $e^+e^- \rightarrow p \bar{p}$. Questa previsione è importante per l'esperimento FENICE.

I risultati di questo lavoro sono stati presentati nel Nucleon Structure Workshop.

"FENICE Experiment and Investigation of the Neutron Form Factor" svoltasi a Frascati dal 27-

28 Ottobre, 1988. Vedi Ref. (10).

Teorie di Gauge su Reticolo

*Collaborazione con:
Università di Zaragosa*

Abbiamo continuato lo studio degli aspetti topologici delle teorie Gauge-Higgs sul reticolo. In particolare abbiamo studiato l'esistenza, nel modello $U(1)$ -Higgs, l'esistenza e la stabilità di configurazione di campi con alcune delle proprietà dei vortici di Abrikosov-Nielsen-Olesen⁽¹¹⁾. Abbiamo anche sviluppato lo studio del diagramma delle fasi della Elettrodinamica Quantistica su reticolo. Dal punto di vista teorico, questa teoria è nota peggio della Cromodinamica Quantistica, dato che lo sviluppo perturbativo non converge a corte distanze⁽¹²⁾. Questo rende più interessante lo studio dei punti critici in relazione alla ricerca (se esiste) del limite del continuo. Inoltre il diagramma delle fasi a temperatura finita potrebbe avere qualche relazione con gli eventi anomali nella fisica degli ioni pesanti.

In questo contesto abbiamo effettuato delle simulazioni nella teoria compatta con fermioni dinamici, trovando evidenza di un picco nella lunghezza di correlazione nella fase di accoppiamento forte del modello⁽¹³⁾. La dipendenza del risultato dalla grandezza del reticolo suggerisce un fenomeno di crossover piuttosto che una transizione di fase del secondo ordine.

Come interesse correlato, abbiamo dedicato alcuni sforzi alla sperimentazione sull'uso dei transputers per calcoli tipici delle teorie su reticolo. Ciò anche in vista del possibile sviluppo di una macchina semi-dedicata basata su questa tecnologia.

Formulazione con Compatta di Teorie di Gauge su Reticolo

Si è studiato il contenuto del vincolo di Gauss nel formalismo hamiltoniano per le teorie di Yang-Mills.

Si è dimostrato che quando tale vincolo è imposto come una condizione sugli stati, ci sono delle conseguenze legate alle proprietà dello spettro dell'operatore che lo rappresenta, conseguenze che sono assenti quando il vincolo è imposto come una condizione sulle variabili dinamiche⁽¹⁴⁾.

Le teorie di gauge non-abeliane sono state definite su reticolo usando variabili non compatte. Tali variabili sono curvilinee. Nel limite di accoppiamento forte si trova confinamento dei quarks solo se si impone una condizione di regolarità, che consiste nel richiedere che gli autostati dell'hamiltoniana espressa in coordinate curvilinee siano anche autostati dell'hamiltoniana espressa in coordinate cartesiane. Il confinamento che così si ottiene non è equivalente a quello prodotto da un potenziale lineare⁽¹⁵⁾.

Struttura della Materia

Collaborazione con

C. Brouder, D. Foulis, T. Tyson

Il gruppo di struttura della materia ha principalmente continuato nel suo sforzo di interpretazione degli spettri di assorbimento di raggi X da stati profondi di materia allo stato condensato sia da un punto di vista strutturale che elettronico con risultati importanti in entrambi i settori.

Dal punto di vista strutturale si è riusciti ad incorporare nello schema di calcolo delle sezioni d'urto di fotoassorbimento gli effetti di disordine termico e posizionale^(16,17). Tale schema di calcolo ha permesso la possibilità di ricavare per la prima volta da uno spettro di assorbimento sperimentale (silicio amorfo) i parametri interessanti relativi al disordine strutturale (ricostruzione della matrice di covarianza che descrive il picco principale della funzione di correlazione a tre corpi) e quindi di confrontarlo con i vari modelli di silicio amorfo esistenti in letteratura. In sostanza si è dimostrata la possibilità di utilizzare la spettroscopia di fotoassorbimento per ricavare dal dato sperimentale le quantità rilevanti per discriminare fra i vari modelli teorici di amorfo⁽¹⁸⁻²⁰⁾.

Dal punto di vista elettronico si è completato il programma di calcolo (in collaborazione con il Dr D.Foulis dell' Università di Warwick) che generalizza la teoria di scattering multiplo al caso non "muffin-tin". Si sono riprodotti in maniera corretta i livelli energetici della molecola di H_2^+ che si conoscono analiticamente e si è iniziata l'applicazione al calcolo di sezioni d'urto di fotoassorbimento in molecole semplici in modo da investigare l'importanza delle correzioni non "muffin-tin" nello schema interpretativo.

Teoria delle Stringhe e Supergravità

Si sono condotte ricerche sulle applicazioni della bosonizzazione chirale e della supersimmetria (1,0) alla formulazione lagrangiana della stringa heterotica compattificata in $D=4$ ⁽²⁰⁻²³⁾.

Si è analizzata la teoria accoppiata di $D=10$ supergravità e Yang-Mills nella formulazione ottenuta dalla condizione di integrabilità lungo le linee-luce nel superspazio. Si sono così trovate certe componenti del multipletto off-shell della supergravità⁽²⁴⁾. E' stata determinata la teoria libera da anomalie che descrive le correzioni di stringa heterotica e di superstringa di tipo-I alla supergravità in $D=10$ ⁽²⁵⁾.

Si sono studiate proprietà della azione effettiva, sia per la stringa bosonica che per la superstringa nella formulazione di Neveu-Schwarz-Ramond, attraverso il calcolo delle funzioni beta di modelli sigma non lineari^(26,27); è stato intrapreso lo studio delle proprietà di rinormalizzazione del modello sigma di Green-Schwarz che descrive la propagazione della superstringa heterotica nel superspazio con $D=10$ ⁽²⁸⁾.

E' proseguito lo studio delle proprietà quantistiche delle teorie supersimmetriche nello spazio di anti-de Sitter, che descrive la soluzione classica delle teorie di supergravità estesa e di Kaluza-Klein^(29,30).

Si è descritta una ampia classe di correzioni radiative ai processi elettrodeboli ⁽³¹⁾.

Referenze

- (1) M.Greco, G.Pancheri e A.Grau, Physics Letters B 205 (1988) 573.
- (2) G. Pancheri e Collaborazione UA1, Physics Letters B 206 (1988).
- (3) G. Pancheri e Y.Srivastava, " Non Scaling Phenomena in Low-pt Physics", Proceedings of the Sheong Workshop on Multiparticle Dynamics, World Scientific, 1988.
- (4) F. Aversa "Jet Pt distribution in the process $qq \rightarrow qqg$ ", LNF 88/03.
- (5) F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco, J.Ph. Guillet "Higher order corrections to QCD jets", Phys. Lett. B 210(1988)225, CPT-88/P.2089, LNF 88/53.
- (6) F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco, J.Ph. Guillet "Higher order corrections to QCD jets: gluon-gluon processes", Phys. Lett. B 211(1988)465, LNF 88/23.
- (7) F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco, J.Ph. Guillet "QCD corrections to parton - parton scattering processes" in via di pubblicazione su Nucl. Phys.
- (8) M.Greco "Radiative corrections to $e^+ e^-$ reactions at LEP/SLC energies" Rivista del Nuovo Cimento 1988.
- (9) E. Etim, A. Malecki e L. Satta, A Model of Doffraction Scattering with Unitary Corrections, Workshop on Multi-Particle Dynamics held in Perugia, June 21-28, (1988), e Report LNF, in press.
- (10) A new VMD Prediction for the Time-Like Form Factors, presented at the "Nucleon Structure Workshop-FENICE Experiment and Investigation of the Neutron Form Factor, Frascati, October 27-28, (1988) e Report LNF in press.
- (11) V.Azcoiti, J.L. Cortes, A. Tarancon, G. Di Carlo, A.F. Grillo, Zaragoza Preprint DFTUZ 88.24 (1988).
- (12) V. Azcoiti, A. Cruz, G. Di Carlo, A. Tarancon, (1988), to appear in Nuclear Physics B.
- (13) V.Azcoiti, A.Cruz, A. Tarancon, G. Di Carlo, Zaragoza Preprint DFUTZ 88.16 (1988).
- (14) F.Palumbo, Phys. Lett. 201B (1988)147.
- (15) F.Palumbo, Phys. Lett. 208B (1988)499.
- (16) A.Filipponi, A. Di Cicco, M.Benfatto e C.R.Natoli "X-Ray absorption Spectroscopy on amorphous silicon: a probe for the three body correlation function", oral presentation to ICALS Conference 21-25 August 1989 USA e submitted to Phys. Rev. Lett. (1989).
- (17) M.Benfatto, C.R.Natoli e A.Filipponi, "Exact thermal and structural damping of the multiple scattering contributions to the x-ray absorption coefficient" submitted to Phys.Rev.B (1989).
- (18) M.Benfatto, C.R.Natoli, C.Brouder, R.F.Pettifer e M.F.Ruiz-Lopez, Phys Rev B39 1936 (1989)
- (19) J.Garcia, M.Benfatto, C.R.Natoli, A.Bianconi, A.Fontaine e H.Tolentino, Chem Phys 132, 295 (1989)
- (20) C.Brouder, M.F. Ruiz-Lopez, R.F.Pettifer, M.Benfatto e C.R.Natoli, Phys.Rev.B39 1488 (1989).
- (21) S. Bellucci, R. Brooks e J. Sonnenschein, Nucl. Phys. B304, 173 (1988).
- (22) S. Bellucci, R. Brooks e J. Sonnenschein, Mod. Phys. Lett. A3, 1537 (1988).
- (23) S. Bellucci, M.F.L. Golterman e D. Petcher, Phys. Lett. B, to be published.
- (24) S. Bellucci, Nucl. Phys. B, to be published.
- (25) S. Bellucci e S.J. Gates, Jr., Phys. Lett. 208B, 456 (1988).
- (26) S. Bellucci, Prog. Theor. Phys. 79, 1288 (1988).
- (27) S. Bellucci, Z. Phys. C - Particles and Fields to be published.
- (28) S. Bellucci, Mod. Phys. Lett. A3, 1775 (1988).
- (29) S. Bellucci e J. Gonzalez, Nucl. Phys. B302, 423 (1988).
- (30) S. Bellucci e J. Gonzalez, Phys. Rev. D37, 2357 (1988).
- (31) S. Bellucci, Rivista del Nuovo Cimento 11, 1 (1988).

7. - SPECAS - Servizio Progettazione e Costruzione Apparati Sperimentali

Componenti del servizio:

P. Bannella, A. Battisti, G. Bisogni, R. Bonini, G. Catitti, A. Ceccarelli, A. Cecchetti, S. Cerioni, A. De Paolis, A. Di Virgilio, B. Dulach (Responsabile), G. Ferretti, E. Jacuessa, L. Iannotti, U. Martini, A. Mecozzi, A. Olivieri, D. Orecchini, D. Pistoni, G. Sabbatini, G. Sensolini, A. Tiburzi, M. Troiani, S. Valeri.

Nel 1988, ha visto la luce il nuovo Servizio Specas preposto ad attività di interesse della Divisione Ricerca con compiti di progettazione, costruzione e installazione di apparati sperimentali.

Pur nelle difficoltà, dovute al nuovo assetto organizzativo e logistico del Servizio, un notevole contributo è stato prestato ai programmi assegnatici con priorità uno: ZEUS, LVD, OBELIX, ALEPH, FENICE, JET TARGET e CDF per la progettazione; ALEPH, MACRO, FENICE, NIM e LVD per le costruzioni e le installazioni. Inoltre contributi vari, anche se non programmati, sono stati prestati a diversi Gruppi sperimentali. In particolare sono stati elaborati i capitolati tecnici per due importanti commesse relative agli esperimenti ZEUS e LVD e partecipato alle commissioni per l'aggiudicazione degli appalti.

L'istogramma di Fig. 48 mostra le collaborazioni fornite, suddivise in attività di progetto, costruzioni meccaniche, costruzione di rivelatori e installazioni. In queste attività sono comprese anche le consulenze, le assistenze e collaudi alle costruzioni, gli allineamenti e misure metrologiche, le ricerche di mercato e acquisti.

La panoramica che segue riguarda principalmente i lavori più significativi realizzati dai quattro Gruppi; progettazione, costruzioni meccaniche, costruzione rivelatori, installazioni, che costituiscono il Servizio.

GRUPPO PROGETTAZIONI

OBELIX

Per quanto concerne la struttura di supporto HARGD, è stato ultimato il lavoro di costruzione della stessa; eseguito il collaudo ed il montaggio sul magnete nella sala sperimentale LEAR al CERN (Fig.49).

Sono state eseguite delle misure di controllo di spessore su più strati di rivelatori, simulando una parte dell'HARGD. Per questa prova ci siamo serviti di una macchina di misura tridimensionale (Fig. 50).

Sono stati montati quattro prototipi dei pannelli sandwich dei super moduli verticali per studiare e risolvere le problematiche di montaggio di quelli definitivi.

Ore impegnate 1988

1 Gruppi	Progettazione	Metrol./Allin.	Costr.Mecc.	Costr.Rivelat.	Installazioni	Totali
2 LVD/ASTRA	1952	145	1312	80	2832	6321
3 OBELIX	1731	123	1200	0	1632	4686
4 FENICE	494	112	530	852	1871	3859
5 MACRO	0	1238	503	649	816	3206
6 ZEUS	1434	44	172	0	260	1910
7 SPECAS	800	208	216	0	389	1613
8 ALEPH	160	100	320	1200	520	2300
9 LSD	0	0	4	0	244	248
10 PULS	0	23	585	0	0	608
11 D.MACCHINE	80	129	0	0	0	209
12 JET TARGET	180	105	190	0	176	651
13 GRELT	0	10	110	0	0	120
14 DT	80	102	30	0	0	212
15 NIM/FADD	0	0	20	150	0	170
16 SIB	0	0	10	0	0	10
17 LADON	0	33	10	0	0	43
18 LEALE	0	20	0	0	0	20
19 CDF	0	505	160	36	0	701
20 FLATEV	0	240	0	0	0	240
21 B. FACTORY	40	0	0	0	0	40
22 PWA	0	0	5	0	0	5
23 CAD	400	0	0	0	0	400
24 FISA	0	0	10	0	0	10
25 TUBIFICIO	0	0	0	36	0	36
26 Totale ore						27618

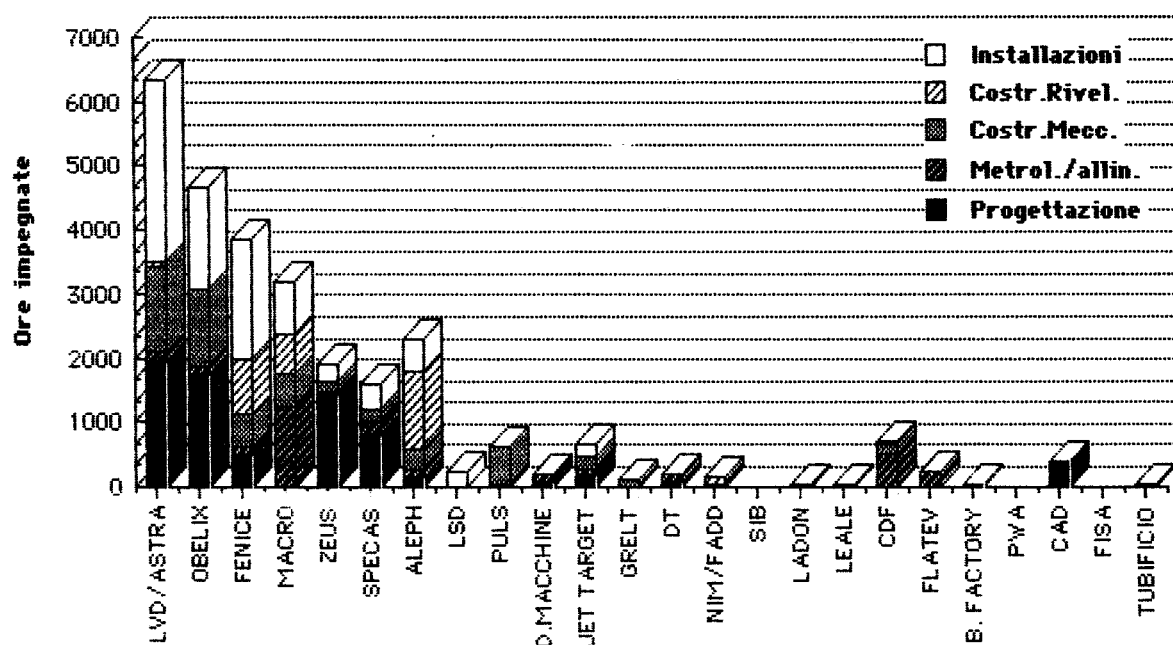


FIG. 48 - Collaborazioni prestate.

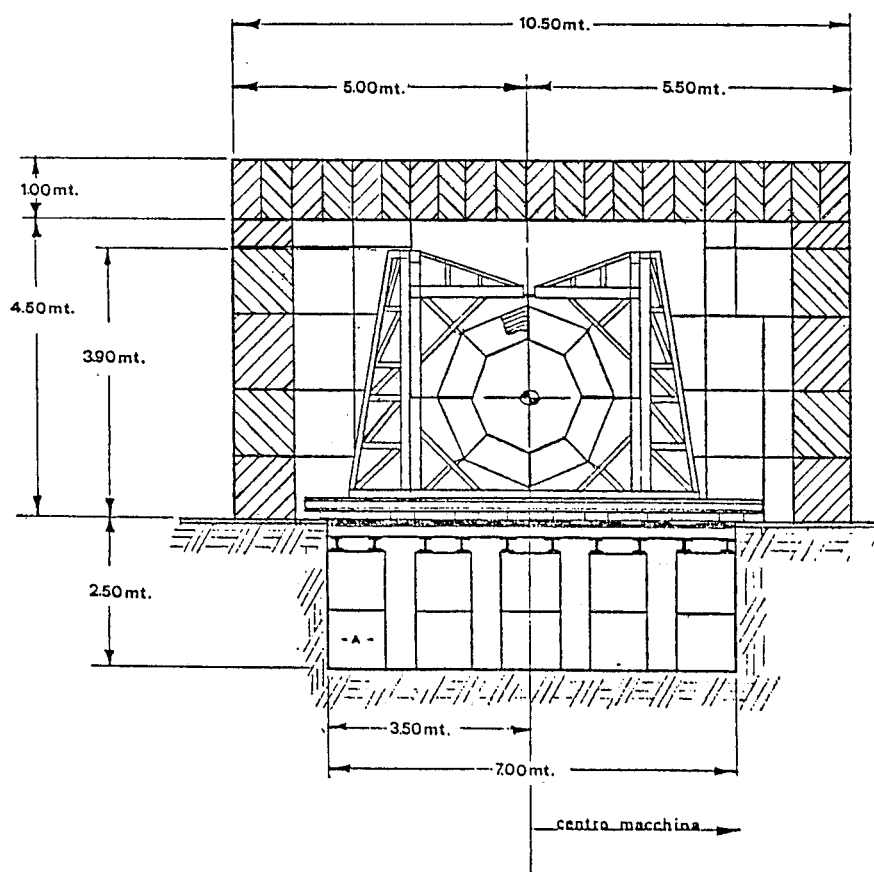
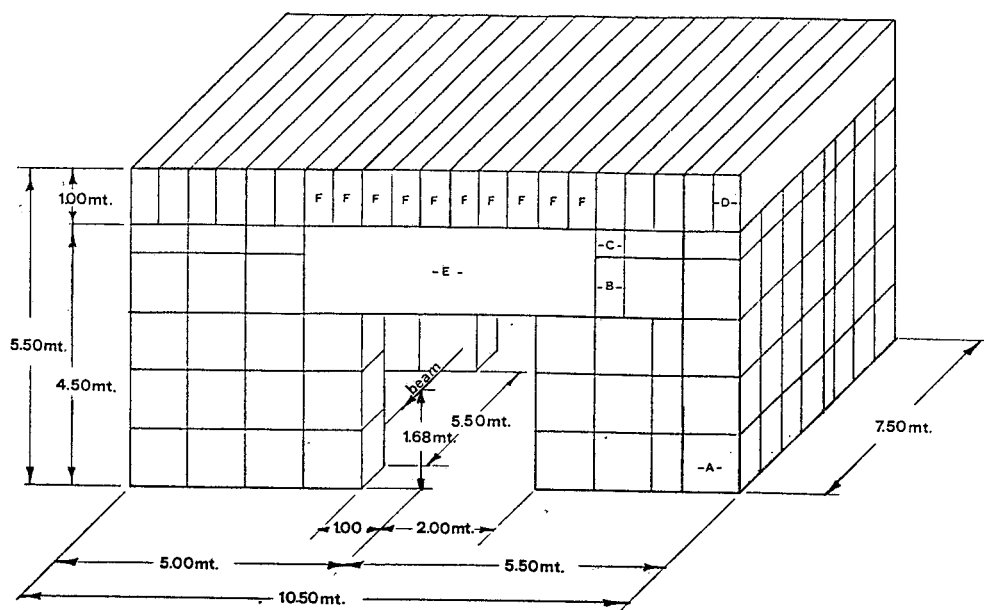


FIG. 49 - Struttura di supporto dell'HARGD
(esp. OBELIX).

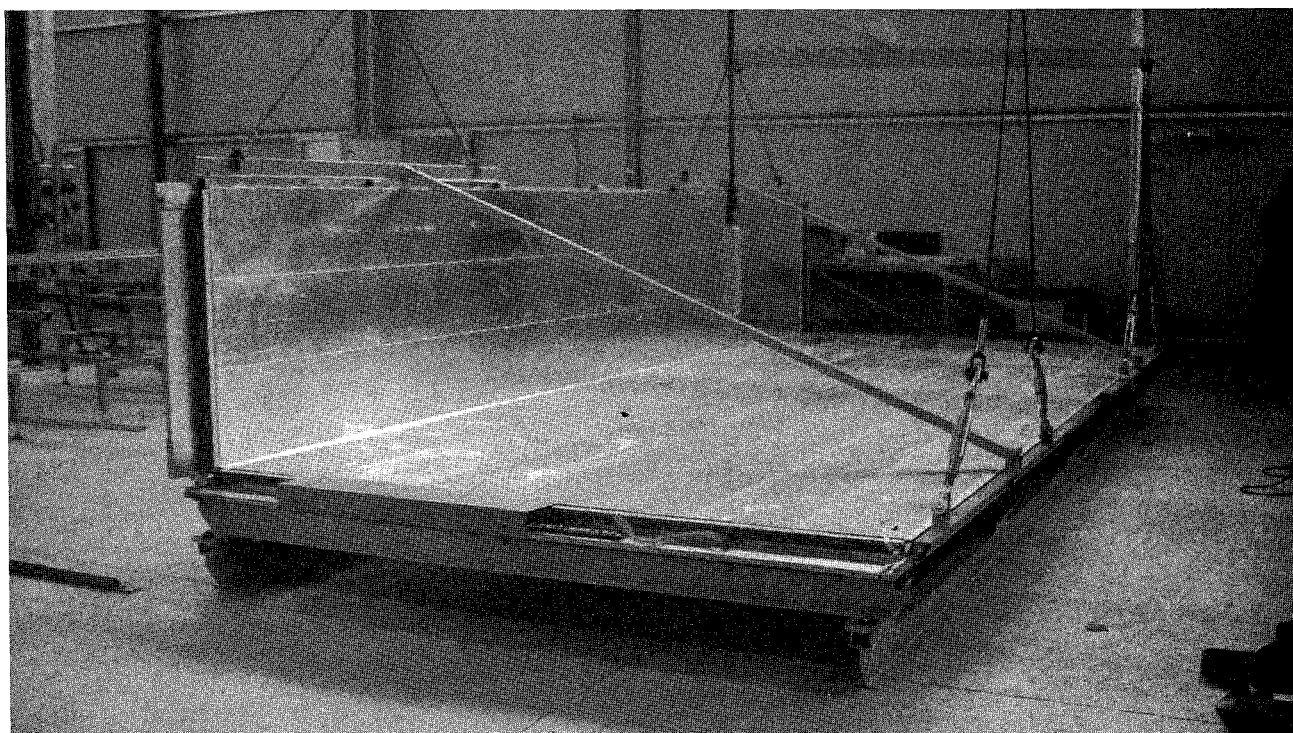


FIG. 50 - Prove assiemaggio rivelatori (esp. OBELIX).

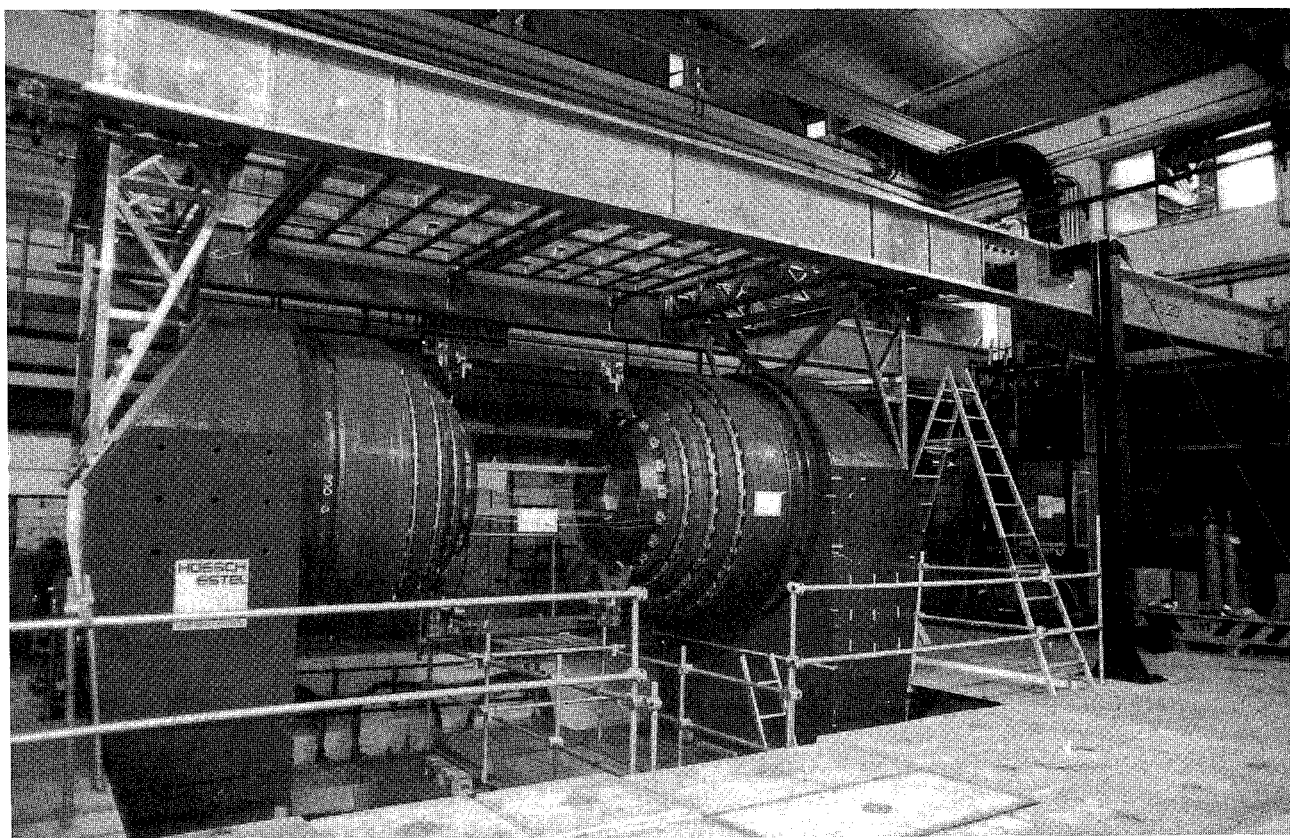


FIG. 51 - Schema casamatta (esp. FENICE).

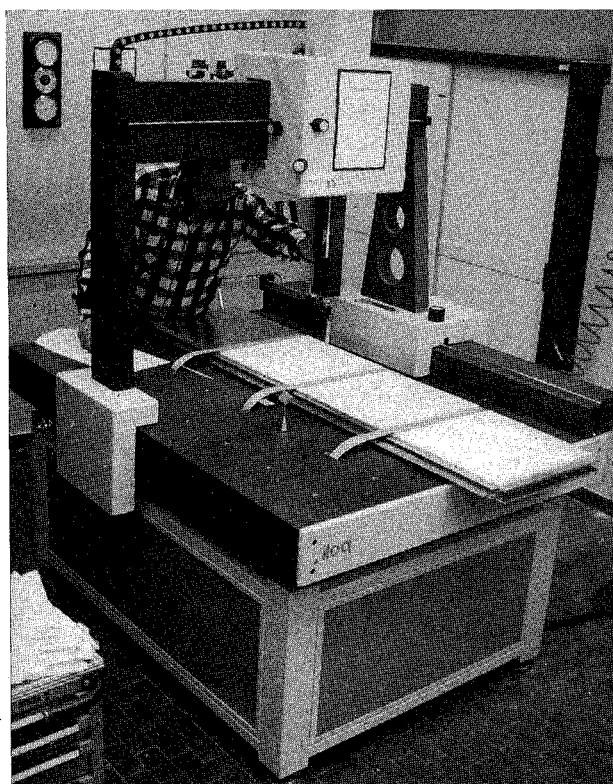


FIG. 52 - Vista generale dell'apparato (esp. ZEUS).

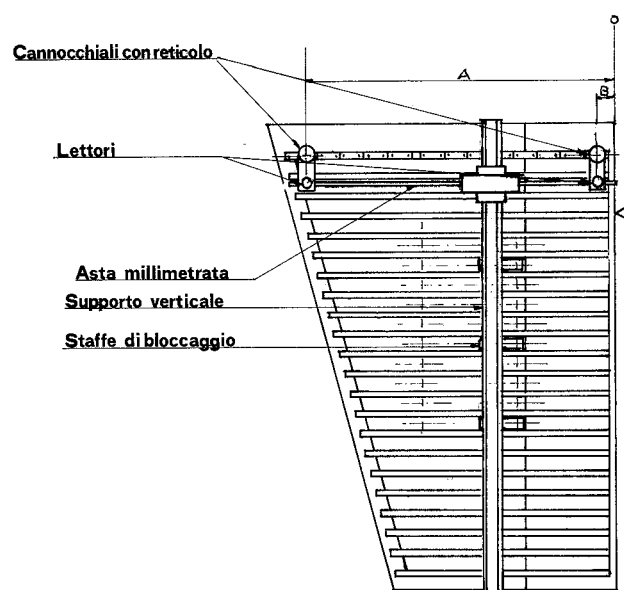


FIG. 54 - Coordinatometro per misure del barrel (esp. ALEPH).

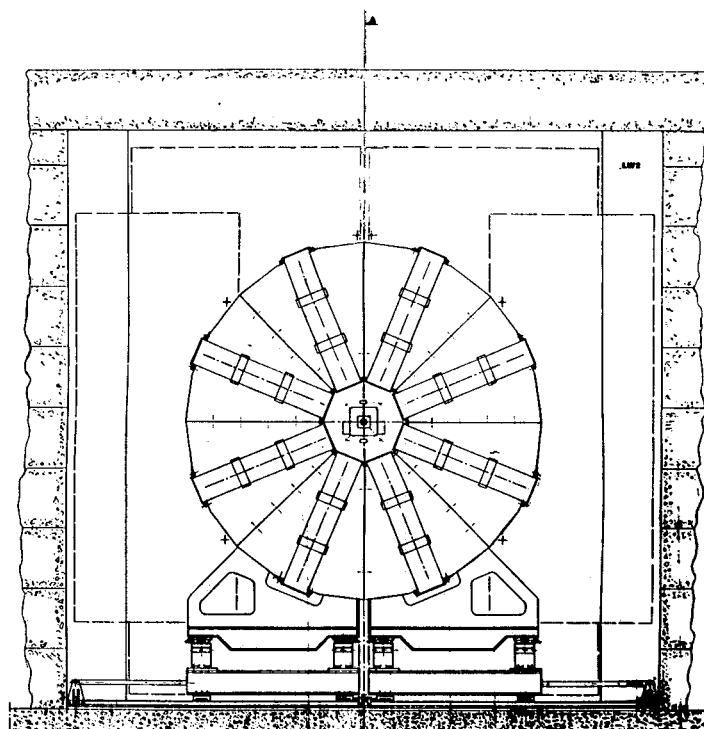
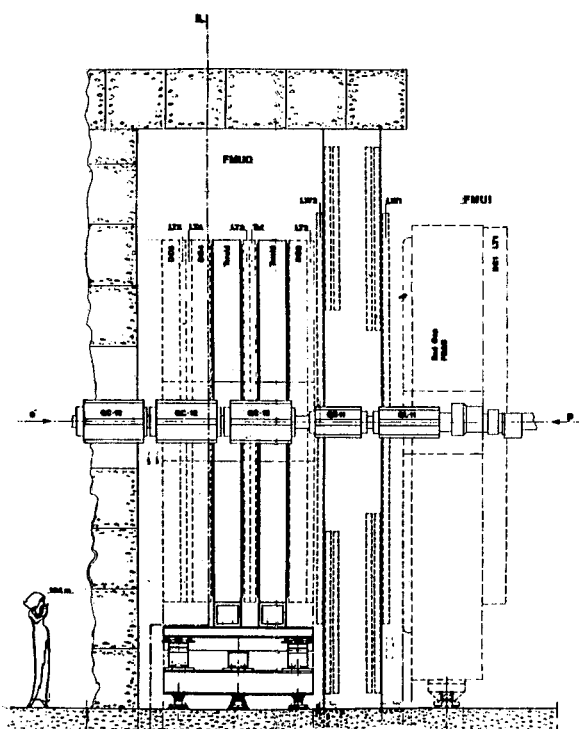


FIG. 53 - Prototipo di un modulo di Tracking (esp. LVD).

FENICE

E' stata completata la progettazione e il disegno delle attrezzature necessarie al trasporto, montaggio e sicurezze dei moduli e dei rivelatori dell'apparato sperimentale. Sono state studiate le schermature in piombo e i banchi per i monitor di luminosità e quanto poteva necessitare per le sicurezze sia meccaniche che per l'aspirazioni dei gas.

E' stato coordinato il trasporto e la sistemazione in Adone dei blocchi e delle travi della Casamatta, successivamente realizzata con la chiusura dell'apparato (Fig. 51).

ZEUS

E' stata completata la progettazione e il disegno dei Toroidi (Fig. 52), del sistema di raffreddamento (Bobine), dei circuiti elettrici e idraulici, dei sistemi di sicurezza meccanici ed elettronici e delle culle. Si è conclusa la fase di assegnazione della commessa riguardante i Toroidi e sono iniziati i contatti con la ditta costruttrice per l'ottimizzazione dei disegni costruttivi, concordandone le scelte più opportune. E' stata avviata la procedura di assegnazione per la parte riguardante la movimentazione dei toroidi.

LVD

E' conclusa la fase progettuale riguardante i 400 pannelli che costituiscono gli elementi portanti dei Moduli di Tracking dell'esperimento.

Dato l'elevato numero dei pannelli è stata ottimizzata la loro tecnica costruttiva in funzione dei costi di realizzazione, e sono state elaborate le specifiche tecniche relative alla gara per l'aggiudicazione della commessa (Fig. 53).

Presso ditte esterne è stata seguita la costruzione di pannelli-prototipo .

Inoltre è stata ideata l'attrezzatura necessaria per l'assemblaggio di alcuni Moduli di Tracking; su di essi sono state verificate le procedure di montaggio della parte rivelatrice e collaudate alcune soluzioni da noi studiate riguardanti la movimentazione e trasporto dei moduli stessi.

REPARTO ALLINEAMENTI E METROLOGIA

MACRO

Nell'ambito dell'apparato MACRO, sono stati eseguiti numerosi rilevamenti allo scopo di conoscere esattamente la precisione geometrica dell'apparato e il suo posizionamento nella sala "B" del L.N.G.S. al fine di conoscere il puntamento in coordinate terrestri delle tracce. In particolare le misure effettuate sono state:

a) installazione e rilevamento di un sistema di coordinate x,y,z , rispetto al quale riferire tutto l'apparato.

- b) rilevamento dei piani di tubi a Streamer per i quali è stata misurata la quota rispetto al suolo in 48 punti diversi, al fine di stabilire la planarità, l'inclinazione e la quota media dei piani stessi.
- c) organizzazione ed inizio del rilevamento nel piano x,y dei 60 piani di tubi a Streamer.

JET-TARGET

L'impegno per Jet-Target, esperimento di fisica delle particelle, installato su una sezione dritta di Adone è stato quello di:

- a) allineare la camera curva del magnete Adone.
- b) determinare l'allineamento dell'asse della nuova linea dell'esperimento collocando mire di riferimento .
- c) allineamento in Adone di: Beam Stopper; I° Camera Monitor; I° Magnete Pulitore con relativo collimatore; 2° Magnete Pulitore con relativa targhetta di grafite (suo simulatore), e collimatore; linea da vuoto.
- d) In sala sperimentale: 2° Camera Monitor; Linea da vuoto; B.G.O. (rivelatore ad assorbimento totale), e controllo dimensionale del Quantametro.

OBELIX

Per questo esperimento è stata collaudata la struttura di supporto HARGD, tramite il controllo della flessione dell'intera struttura. In seguito la stessa è stata allineata nella sala sperimentale. Inoltre è stato effettuato il controllo dimensionale del prototipo dei rivelatori.

FENICE

Per l'apparato Fenice è stato effettuato un rilevamento complesso al fine di conoscere, rispetto al punto di incrocio dei fasci, il posizionamento nello spazio di tutti i vari rivelatori (piani di tubi a streamer e contatori a scintillazione). Le tracce rilevate dell'apparato devono infatti essere misurate rispetto ad un sistema di coordinate centrato ed allineato con i fasci di Adone. Il rilevamento è stato particolarmente complesso sia della struttura ottagonale dell'apparato, che per il numero dei rivelatori (248 piani di tubi a streamer e 56 contatori a scintillazione).

L.V.D.

Controllo a campionatura di tutte le componenti del rivelatore del modulo di tracking: quadricamicie, tubi a Streamer, verifica della planarità del piano, nonché controllo dimensionale delle strips del modulo.

Ulteriore collaborazione con i seguenti gruppi:

ZEUS - Allineamento fresa strips L.S.T.

DIV. MACCHINA - Allineamento della copertura dell'anello e controlli dimensionali su prototipi di pompe da vuoto.

WIGGLER S.C. - Allineamento dei Magneti compensatori e del Coordinamometro.

ALEPH - Dimensionamento di staffe per contenitore Muoni.

SLEND - Prove di durezza su materiali super conduttori.

LADON - Verifica dimensionale del Modulatore di frequenza.

PULS - Allineamento di nuovi canali.

LABORATORIO- Aquisizione e studio di nuova strumentazione e nuova attrezzatura. Ricerca di mercato per migliorie.

GRUPPO COSTRUZIONI MECCANICHE

Il lavoro del laboratorio di meccanica nell'anno 1988 è stato prevalentemente svolto come supporto ai vari esperimenti.

In ordine di importanza, come impegno di tempo si può subito notare che i lavori fatti per l'esperimento LVD, OBELIX sono quelli che più hanno coinvolto il laboratorio.

OBELIX ci ha impegnato sia per la costruzione della struttura HARGD, sia per il montaggio della suddetta al CERN, nonché per la costruzione di alcuni particolari meccanici.

Per LVD ci siamo impegnati nella costruzione di un prototipo del modulo di tracking con le relative attrezzature di movimentazione e trasporto nel L.N.G.S.

Per il LAB. ASTRA è stato costruito ed installato il soppalco di movimentazione tubi.

Quindi grazie all'ausilio del controllo numerico installato su una fresatrice siamo stati in grado di realizzare una serie di curve su specchi per il PULS.

In ultima analisi bisogna tener presente che il laboratorio di meccanica ha dovuto far fronte alle numerose richieste di altri gruppi che lo hanno impegnato spesso in maniera totale.

GRUPPO COSTRUZIONE RIVELATORI

L'attività del gruppo si è rivolta principalmente al supporto e al montaggio degli apparati sperimentali.

ALEPH

Collaborazione al montaggio del calorimetro adronico al CERN (primi sei mesi) e installazione delle camere dei μ . (Fig.54)

CDF

Collaborazione al montaggio dell'apparato al FERMILAB

LVD

Costruzione di due rivelatori plastici (scintillatori) di dimensioni: 100 x 1200 mm. Collaborazione al montaggio dei primi due moduli del sistema di tracking.

FENICE

Collaborazione al montaggio dell'apparato. Completamento costruzione e montaggio rivelatore di vertice.

NIM FADD

Studio e costruzione prototipi di due rivelatori a fili.

MACRO

Collaborazione al montaggio dell'apparato al laboratorio G. SASSO, con particolare riguardo al montaggio dei rivelatori a tubi streamer e alla preparazione dei test per i tubi stessi, al cablaggio e all'impianto di alimentazione del gas. Costruzione di tre rivelatori plastici di piccole dimensioni.

SLD

Preparazione del tavolo per test tubi a streamer con relativo impianto di flussaggio del gas.

TUBIFICIO

Manutenzione attrezzature per tessitura e verniciatura.

OBELIX

Prova di montaggio di una porzione del rivelatore gamma, composto di tubi a streamer, strips e assorbitori di piombo, per la determinazione degli ingombri e per lo studio cablaggio generale.

GRUPPO INSTALLAZIONI

Per l'esperimento ALEPH sono stati ideati e costruiti due coordinatometri meccanico/ottici per la determinazione della posizione dei tubi a streamer del barrel (Fig.54) e degli endcaps e sono stati eseguiti i relativi rilievi dei tubi a streamer sui dodici moduli che costituiscono il barrel.

Per l'esperimento LVD sono stati realizzati due moduli prototipo del sistema di tracking allo scopo di definire e ottimizzare la procedura di assiemaggio dei 190 moduli dell'apparato. E' stata verificata la capacita` di tenuta del nastro biadesivo utilizzato per l'unione dei due strati di quadricamicie e dei due strati di strips e ne è stata definita la quantita` ottimale. E' stato ottimizzato il sistema di distribuzione del gas per i tubi e il sistema delle masse per le strips. Per la realizzazione dei prototipi sono state ideate e costruite delle attrezzature specifiche quali una piegatrice a caldo per le strips e una posizionatrice per l'incollaggio delle strips sulle quadricamicie.

Contributi alle installazioni degli apparati sono stati prestati al Gruppo SLD negli USA e al gruppo MACRO al Gran Sasso.

DIVISIONE MACCHINE

La Divisione Macchine è strutturata in cinque dipartimenti:

- Fisica degli Acceleratori,
- Operazione di Macchina,
- Radiofrequenza,
- Elettronica e Controlli,
- Meccanica e Vuoto.

Le sue attività consistono in programmi di ricerca e sviluppo nel campo degli acceleratori di particelle e nell' operazione e manutenzione del Linac da 400 MeV e dell' anello di accumulazione da 1.5 GeV.

Nei paragrafi seguenti diamo un quadro delle attività della Divisione e descrizioni dettagliate delle attività dei Dipartimenti.

ATTIVITA'

Nei primi tre mesi dell' anno si è conclusa un' importante fermata, iniziata nella metà del 1987 e motivata da modifiche della macchina e miglioramenti per l' installazione di nuovi esperimenti.

I principali miglioramenti sono: un nuovo iniettore per il Linac in grado di produrre correnti di picco di elettroni più alte in impulsi più brevi (10 A, 6 ns) per la produzione di positroni per l' esperimento FENICE; una nuova cavità RF; un nuovo calcolatore per il controllo della macchina; nuovi alimentatori per gli elementi magnetici dell' anello; un nuovo schermo di sicurezza per le radiazioni costituito da un soffitto di cemento sopra l' anello.

Gli acceleratori sono ripartiti a Aprile, ma i test col nuovo iniettore hanno rivelato un ritmo insufficiente di accumulazione di positroni. Ciò era parzialmente dovuto a una eccessiva dispersione in energia dell' iniettore e inoltre alla scarsa efficienza di iniezione e accumulazione.

Un' intensa campagna di test e studi è stata condotta per diagnosticare i problemi e trovare opportuni rimedi. In conseguenza un nuovo sistema di pre-bunching è stato disegnato, costruito e installato nel Linac in breve tempo.

In Settembre sono riiniziati i test e le prestazioni del Linac si sono rivelate molto migliori, ma permettevano ancora solo l' accumulazione di pochi mA di positroni. Perciò sono stati studiati interventi più drastici, consistenti in un nuovo sistema di kickers veloci di iniezione e nell' applicazione del sistema SLED di compressione di impulso al Linac.

In parallelo a ciò è stato fatto uno sforzo rilevante per migliorare il vuoto nell' anello, con la sostituzione delle vecchie pompe e con una compagnia di degassazione e riparazione.

Da menzionare inoltre l' introduzione di un nuovo controllo automatizzato dell' accesso alla macchina.

Per ciò che riguarda Ricerca e Sviluppo, il programma LISA per la costruzione di un Linac Superconduttore RF ad elettroni è continuato ed è descritto di seguito.

Programmi minori ma comunque rilevanti sono il sistema RF per l'esperimento JET-TARGET e il sistema di vuoto per l'esperimento di Electron Cooling.

DIPARTIMENTO DI FISICA DELLE MACCHINE

Staff

S. Bartalucci, M. Bassetti, (Division Staff), M. Biagini, C. Biscari, M. Castellano, G. Di Pirro, A. Ghigo, S. Guiducci, S. Kulinski, C. Milardi, L. Palumbo (Roma I), P. Patteri, M. Preger (Resp.), Xu Jianming (China)

ATTIVITA' SU ADONE E LINAC

L'attività del gruppo sugli acceleratori esistenti è stata concentrata soprattutto sulle modifiche richieste per il funzionamento con elettroni e positroni dell'anello di accumulazione. A partire dal Linac, un sistema di prebunching è stato disegnato e provato con successo sull'acceleratore, allo scopo di migliorare il funzionamento nella sezione a bassa energia. Le misure di aumento di energia nell'iniettore ad onde stazionarie e la dispersione nell'energia totale all'uscita del Linac sono in accordo con le simulazioni numeriche effettuate sulla sezione completa di preaccelerazione. Usando un nuovo sistema di monitoraggio delle dimensioni del fascio, è stato inoltre possibile ottenere una stima approssimata dell'emittanza del fascio sia per gli elettroni che per i positroni.

Alla fine della lunga fermata della macchina il ritmo di iniezione degli elettroni è stato misurato in Ottobre, mostrando che il sistema di iniezione attuale, basato su una lenta deformazione dell'orbita in tutta la macchina, non è sufficiente a raggiungere condizioni soddisfacenti di operazione con due fasci nelle nuove condizioni operative (iniezione a singolo bunch nell'intervallo di accettazione di 20 ns della cavità a 51.4 MHz). Le prestazioni di un nuovo sistema di iniezione che utilizza due kickers veloci ad una differenza di fase di betatrone di 2π sono state studiate e proposte per superare le difficoltà di iniezione dei positroni.

Per migliorare ulteriormente il funzionamento con due fasci, un sistema SLED è stato disegnato allo scopo di aumentare il guadagno in energia del Linac. La proposta attuale prevede l'installazione del sistema in due guide d'onda dell'acceleratore nella sezione a bassa energia, con lo scopo di aumentare il rendimento in positroni del convertitore, e in due guide d'onda nella sezione ad alta energia, allo scopo di aumentare l'energia finale del fascio: questo permette una energia di iniezione più alta, con un comportamento migliore del fascio a causa del minore tempo di smorzamento.

Il sandwich di contatori per il monitoraggio del fascio sulla base della rivelazione della bremsstrahlung fascio è stato completato ed allineato sull'anello di accumulazione. L'elettronica ed il

calcolatore di controllo sono stati installati e provati.

Dal punto di vista degli sviluppi futuri della macchina è stato proposto di realizzare una macchina a fasci incrociati, utilizzando Adone come anello di accumulazione per positroni e LISA come acceleratore di elettroni single pass. I fasci collidono in una sezione a basso beta alla frequenza del Linac e producono particelle accelerate nella direzione del fascio di positroni ad alta energia con elevata luminosità. La proposta di un anello modificato è stata disegnata, consistente in due lunghe sezioni dritte con tripletti di quadrupoli per ridurre la larghezza del fascio al punto di incrocio ($\beta_x = 30$ cm, $\beta_y = 60$ cm): la lunghezza della sezione dritta libera è stata aumentata dai 2 m attuali a 4 m. Per correggere la cromaticità della sezione a basso beta, 12 quadrupoli sono stati sostituiti da sestupoli. La posizione degli 8 magneti curvanti e di 12 quadrupoli non è cambiata, mentre gli altri devono essere spostati ed alimentati indipendentemente. Le funzioni ottiche della struttura proposta sono mostrati in Fig.55, mentre il disegno dell' anello modificato appare in Fig.56.

Progetti ARES e LISA

Lo studio di un complesso superconduttore per una macchina a fasci incrociati da essere usata come beauty factory ha ricevuto contributi aggiuntivi, principalmente riguardo agli anelli di smorzamento e lo studio della dinamica dei fasci nei Linac superconduttori.

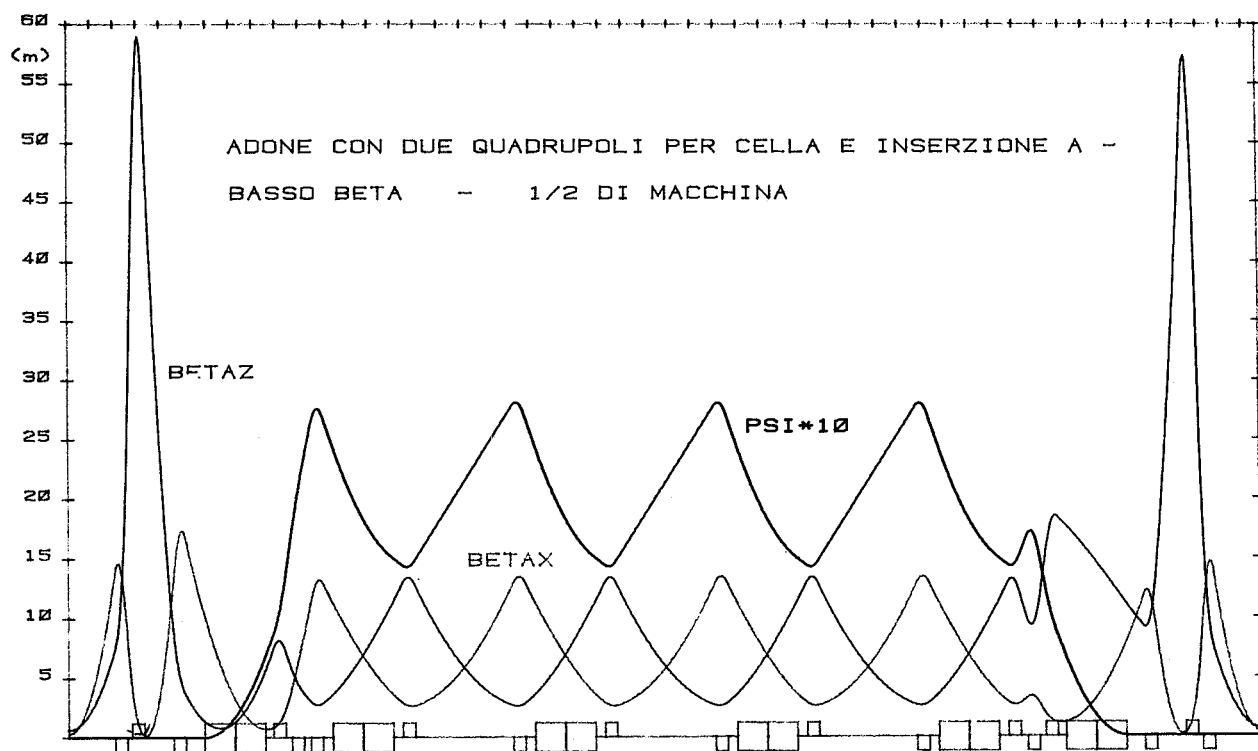


FIG. 55 - Funzioni ottiche per la struttura modificata di Adone-mezzo anello.

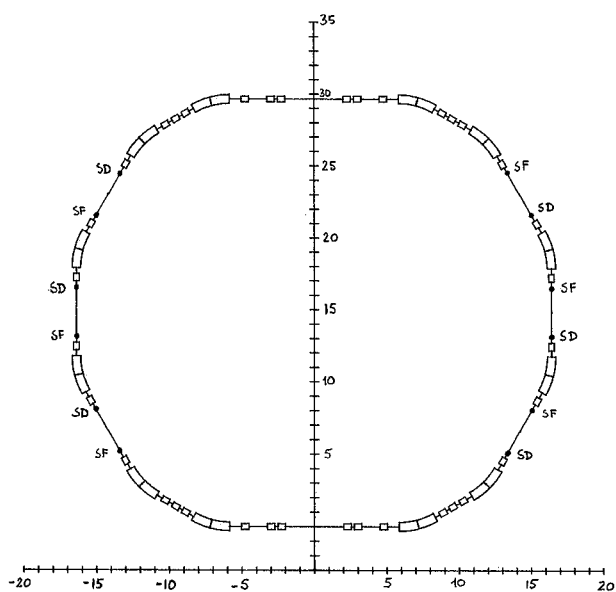


FIG. 56 - Schema della struttura modificata di Adone.

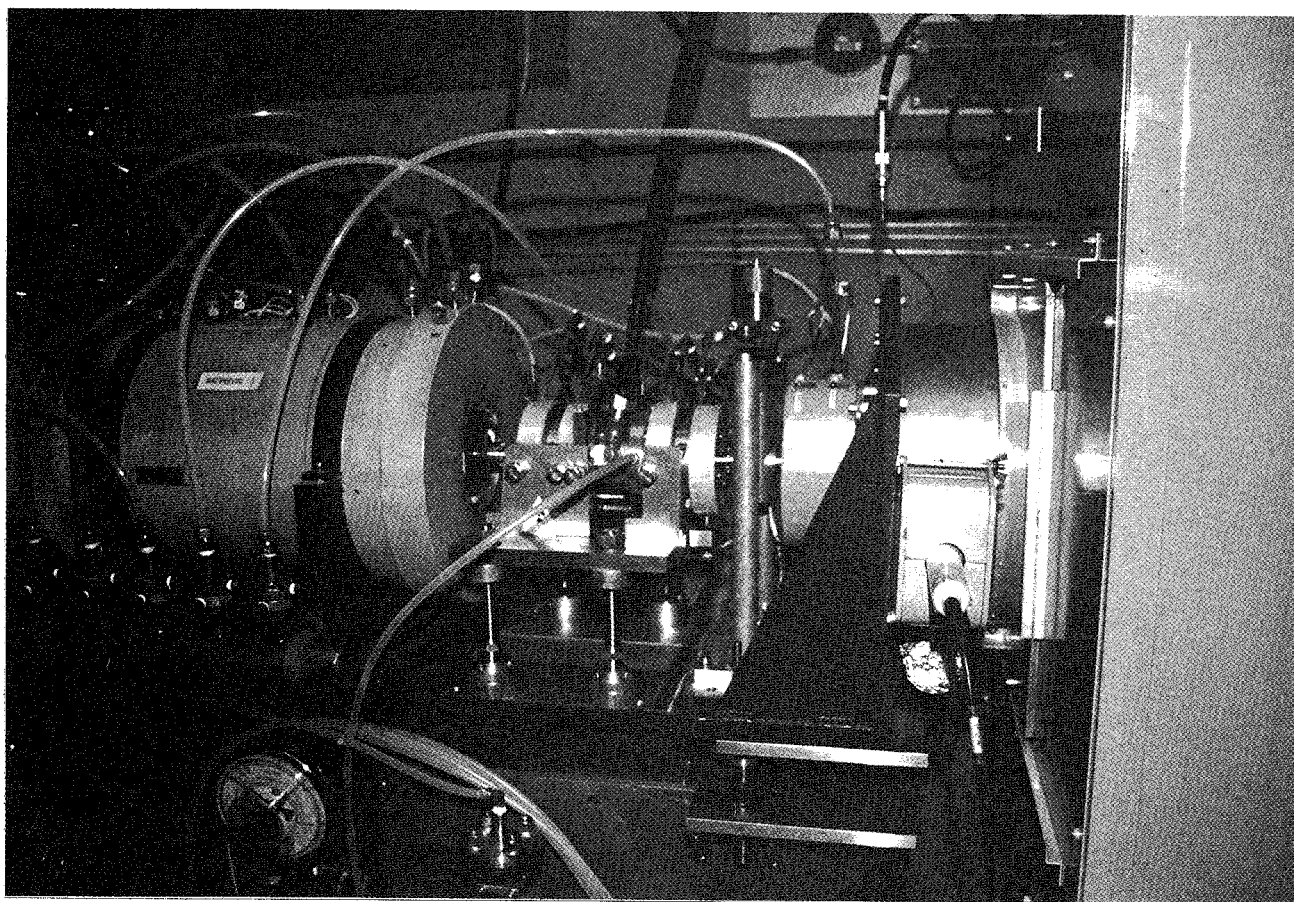


FIG. 57 - Il nuovo prebuncher con le relative lenti focalizzatrici.

Lo sforzo maggiore del gruppo nel campo dei progetti di nuove macchine è stato dedicato all'apparato superconduttore LISA da costruire nei Laboratori Nazionali di Frascati. Questo lavoro è estensivamente descritto in seguito.

DIPARTIMENTO FUNZIONAMENTO MACCHINA

Staff

D. Badoni, 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. Pirmarini, B. Spataro, P. Tiseo, R. Valtriani, M. Vescovi (Resp.), R. Zarlenga

Le attività principali del dipartimento sono l'operazione e manutenzione del Linac e dell'anello di accumulazione. In ciò è assistito dagli altri dipartimenti e, insieme ad essi contribuisce ai programmi di Ricerca e Sviluppo sia sulle macchine esistenti che su nuovi progetti.

Durante la femata il gruppo ha contribuito all'installazione del nuovo cannone e della sezione buncher del Linac.

Dopo la riaccensione degli acceleratori il gruppo è stato impegnato nella verifica delle caratteristiche dei fasci di positroni ed elettroni nel trasporto ed iniezione nell'anello.

Come menzionato nell'introduzione, si è resa necessaria l'introduzione di un prebuncher con relative lenti di foccheggiamento per diminuire la dispersione in energia del fascio. Il gruppo ha preso parte al disegno ed installazione, effettuata in brevissimo tempo. Una fotografia del sistema di prebunching è visibile in Fig. 57.

Come attività di Ricerca e Sviluppo il gruppo ha contribuito al programma LISA, partecipando al progetto ed ordinazione del sistema di iniezione, consistente nel cannone, chopper e prebuncher, sezione di cattura e relativi generatori RF.

Il gruppo ha inoltre partecipato al programma LEEG di sviluppo di un cannone RF a bassa emittanza.

DIPARTIMENTO RADIOFREQUENZA

Staff

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

L'attività del Dipartimento RF è soprattutto dedicata all'assistenza e sviluppo del sistema di radiofrequenza di ADONE, e, più in generale, degli acceleratori e progetti correlati nei LNF.

Durante il 1988 il nuovo risonatore RF è stato montato su ADONE e provato con successo. Il

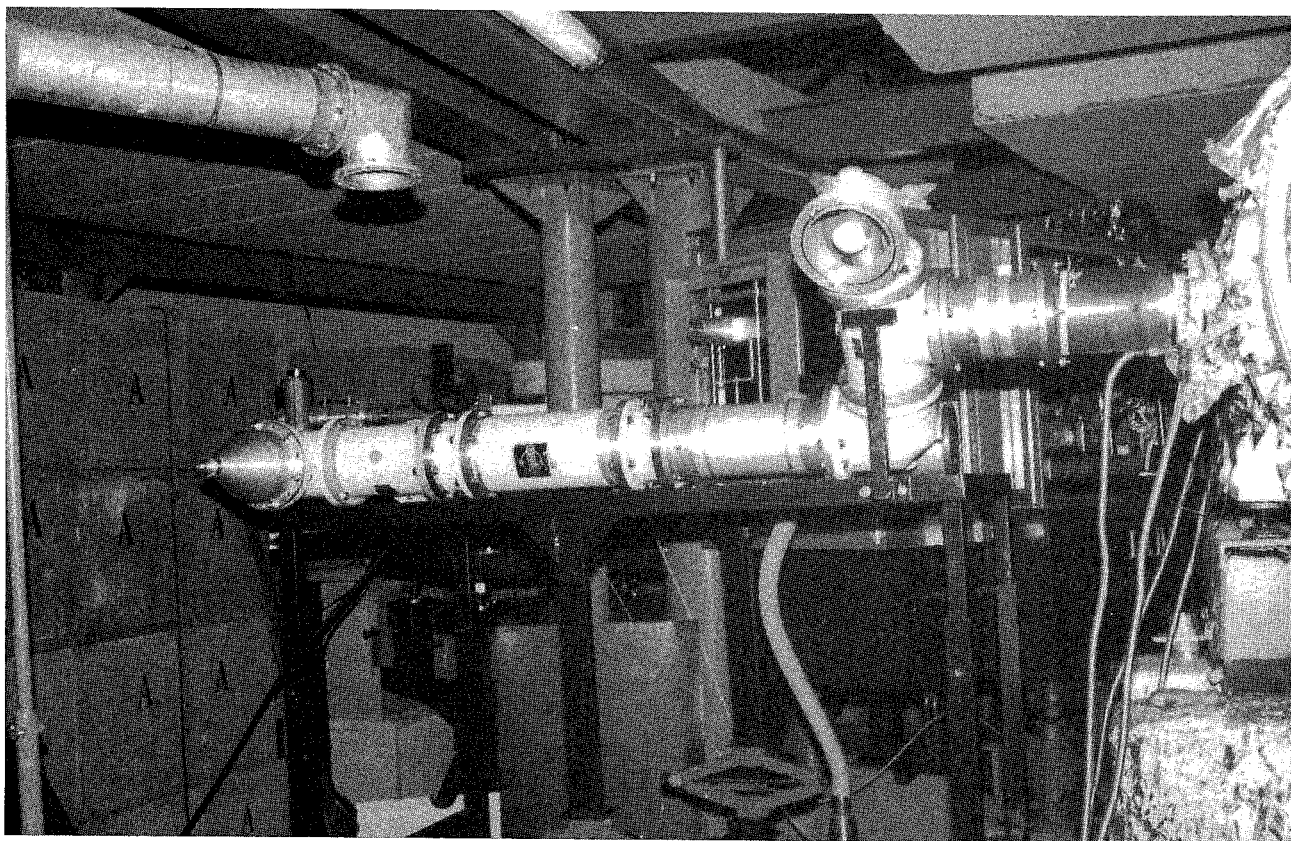


FIG. 58 - Installazione dello smorzatore HOM nella cavità superconduttrice di Adone.

risonatore è esente da carico risonante degli elettroni (multipacting) e di conseguenza il suo funzionamento è altamente affidabile. Un assorbitore dei modi risonanti di ordine più elevato (HOM) della cavità è stato costruito e provato al laboratorio RF e quindi montato sul risonatore (Fig. 58). Come è ben noto, i modi risonanti superiori devono essere smorzati per contrastare le instabilità del fascio dovute all'interazione coi campi elettromagnetici di frequenza più alta indotti nella cavità dal fascio stesso. Misure e studi sul funzionamento dello smorzatore HOM sono previsti nel 1989. Un tipo differente di smorzatore HOM da installare oltre al primo è in sviluppo.

L'esperimento Jet Target richiede l'installazione di una nuova cavità a 360 MHz in Adone. Nell'insieme il sistema RF è stato disegnato e l'amplificatore di potenza provato alla ditta e spedito ai LNF. L'elettronica di bassa potenza, il risonatore (costruito in rame OFHC) e l'accoppiatore di potenza con gli smorzatori HOM sono in costruzione.

Per il progetto LISA il disegno del sistema RF è stato completato. Gli ordini per le parti principali sono stati piazzati ed è iniziata la costruzione di qualche circuito di prototipo RF (Fig. 59).

Nell'ambito dell'esperimento OSCAM è proseguita a Frascati, nell'estate 1988, una intensa attività di misura su una cavità superconduttrice a 6 GHz, in collaborazione col gruppo PULS dei

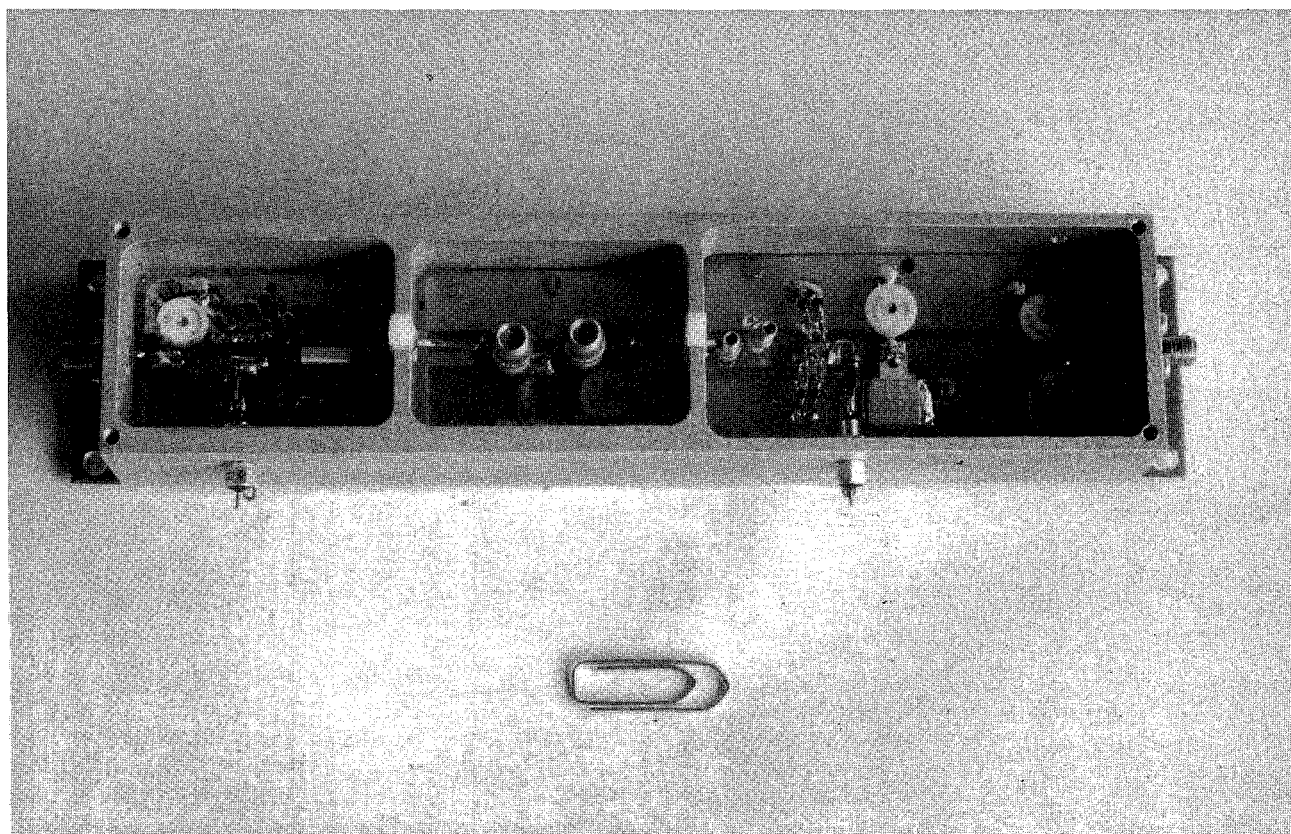


FIG. 59 - Moltiplicatore di frequenza per la sorgente RF dell' iniettore a 2.5 GHz di LISA.

LNF e con la Sezione di Genova dell' INFN. Lo scopo di questo esperimento era lo studio della fattibilità di un nuovo tipo di apparecchiatura da inserzione, l'ondulatore superconduttore a microonde. L' esperienza e i risultati dell'esperimento sono stati presentati alla Conferenza SRI 88 a Tsukuba (Giappone).

ELETTRONICA E CONTROLLI

Componenti del gruppo

V. Andreassi, F. Bertino, O. Coiro, S. De Simone (Division Staff), U. Frascacco, O. Giacinti, C. Marchetti, F. Ronci, F.V. Rubeo, F. Sanelli, M. Serio Resp.) Wang Guicheng (China)

Il Dipartimento ha la responsabilità dello sviluppo e realizzazione della diagnostica degli acceleratori e della manutenzione e miglioramenti della strumentazione della Sala di Controllo. Partecipa anche alla messa a punto degli acceleratori, e alle misure, agli esperimenti di Fisica della Macchina.

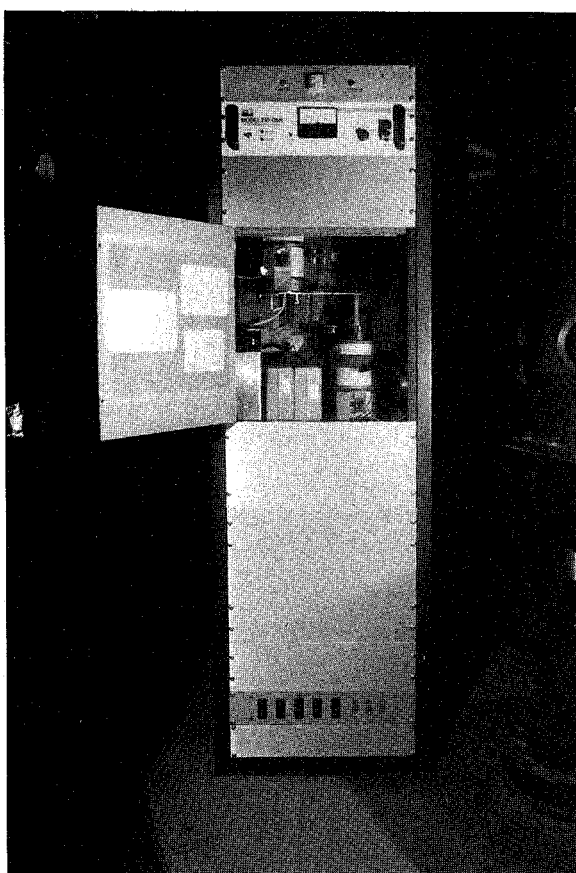


FIG. 60 - Impulsatore bipolare dell' avvolgimento del bumper di Adone.

L' attività principale nel 1988 è stata legata alle modifiche e miglioramenti del complesso Adone-Linac in vista dei nuovi esperimenti. Ciò include il completamento di molte operazioni iniziate nel 1987. In particolare gli impulsatori di potenza e i relativi controlli del magnete a setto dell'iniezione e della bobina che deforma l'orbita (Fig. 60) sono stati installati e sono ora operativi in maniera affidabile.

I monitor della posizione del fascio (strip lines) nella linea di trasporto del fascio dal Linac all' anello di accumulazione sono stati collegati separatamente alla Sala di Controllo con cavi a basso rumore e provvisti di circuiti di amplificazione e lettura a basso rumore. Questi si sono mostrati utili a diagnosticare il funzionamento delle linee di trasferimento per il nuovo fascio del Linac. Il sincronismo temporale dell' iniezione è stato modificato in accordo con le nuove caratteristiche del fascio de Linac.

Il calcolatore di controllo di Adone è stato sostituito e spostato in una sala separata fuori della Sala di Controllo. Un nuovo sistema di controllo per gli alimentatori dei magneti curvanti e dei quadrupoli è stato progettato e realizzato.

Il sistema di reazione trasverso per l'operazione con fasci incrociati è stato montato, provato e ottimizzato col fascio di positroni. Il suo funzionamento è stato dimostrato dal sostanziale aumento della soglia dell'effetto "testa-coda", tuttavia non ne abbiamo potuto misurare i limiti a causa della scarsa intensità del fascio accumulato di positroni.

Altri interventi su Adone hanno riguardato il sistema di eliminazione degli ioni, consistente in elettrodi ad alta tensione a entrambe le estremità della camera di vuoto dei magneti curvanti, modifiche della disposizione della Sala di Controllo e della sua strumentazione.

DIPARTIMENTO MECCANICA E VUOTO

Componenti del gruppo

A. Aragona, G. Carinci, G. Ceccarelli, R. Ceccarelli, V. Chimenti (Division Staff), A. Cupellini, M. De Giorgi, N. De Sanctis, R. Di Raddo, M. Di Virgilio, G. Ermini, S. Faini (Responsible), G. Fiore, G. Fontana, R. Lanzi, V. Lollo, C. Marini, A. Mazzenga, E. Passarelli, P. Pellegrini, G. Raffone, G. Rinelli, M. Ruggeri, G. Serafini, R. Sorcetti, A. Sorgi, M. Sperati

Le attività principali del dipartimento sono la manutenzione e sviluppo dei sistemi di vuoto, meccanica e criogenia per gli acceleratori. Partecipa anche ai programmi di ricerca e sviluppo della Divisione, dando supporto di ingegneria e sviluppando nuove tecnologie nei campi di interesse.

Durante il 1988 sono state portate avanti le seguenti 5 linee principali di interesse.

Completamento dei lavori alla fermata

Lo scopo principale di questo programma era il ripristino dei fasci incrociati di elettroni e positroni nell'anello di accumulazione. I lavori sono cominciati nella seconda metà del 1987, e completati nei primi tre mesi del 1988 con le operazioni di svuotamento e degassamento della ciambella.

Oltre ai lavori già descritti nel rapporto precedente, ricordiamo l'installazione del nuovo sistema di iniezione sul Linac, con varie modifiche per migliorarne il funzionamento.

Per quanto riguarda l'anello di accumulazione, oltre all'assistenza nel montaggio e test del nuovo apparato, è stato migliorato il sistema di riscaldamento della camera a vuoto. Ciò ha permesso di diminuire la pressione di base $\sim 2 \times 10^{-10}$ nelle zone meno critiche e aumentare la vita media del fascio, dimostrando che questa è la strada giusta da seguire per migliorare ulteriormente il funzionamento della macchina. Negli ultimi run dell'anno è stata ottenuta una vita media di 4 ore a 1.5 GeV con 30-40 mA, dopo un modesto condizionamento con il fascio (Fig.61).

E' stata costruita una nuova versione del convertitore elettroni-protoni che diminuisce gli effetti delle radiazioni (Fig.62).

Programma di Electron Cooling

A causa del coinvolgimento massiccio del Dipartimento nei lavori sugli acceleratori locali, questo programma è stato in qualche misura ritardato. Tuttavia alcuni lavori importanti, concernenti le parti più critiche delle camere a vuoto, sono stati effettuati come illustrato nel paragrafo specifico.

Lavori per l'esperimento Jet-Target

Una cavità di rame sarà installata sull'anello per l'esperimento Jet-Target. Il disegno è stato completato risolvendo molti problemi tecnici, e la costruzione è iniziata.

E' stata costruita e installata una sezione curva della camera da vuoto, con l'uscita per l'esperimento (Fig. 63).

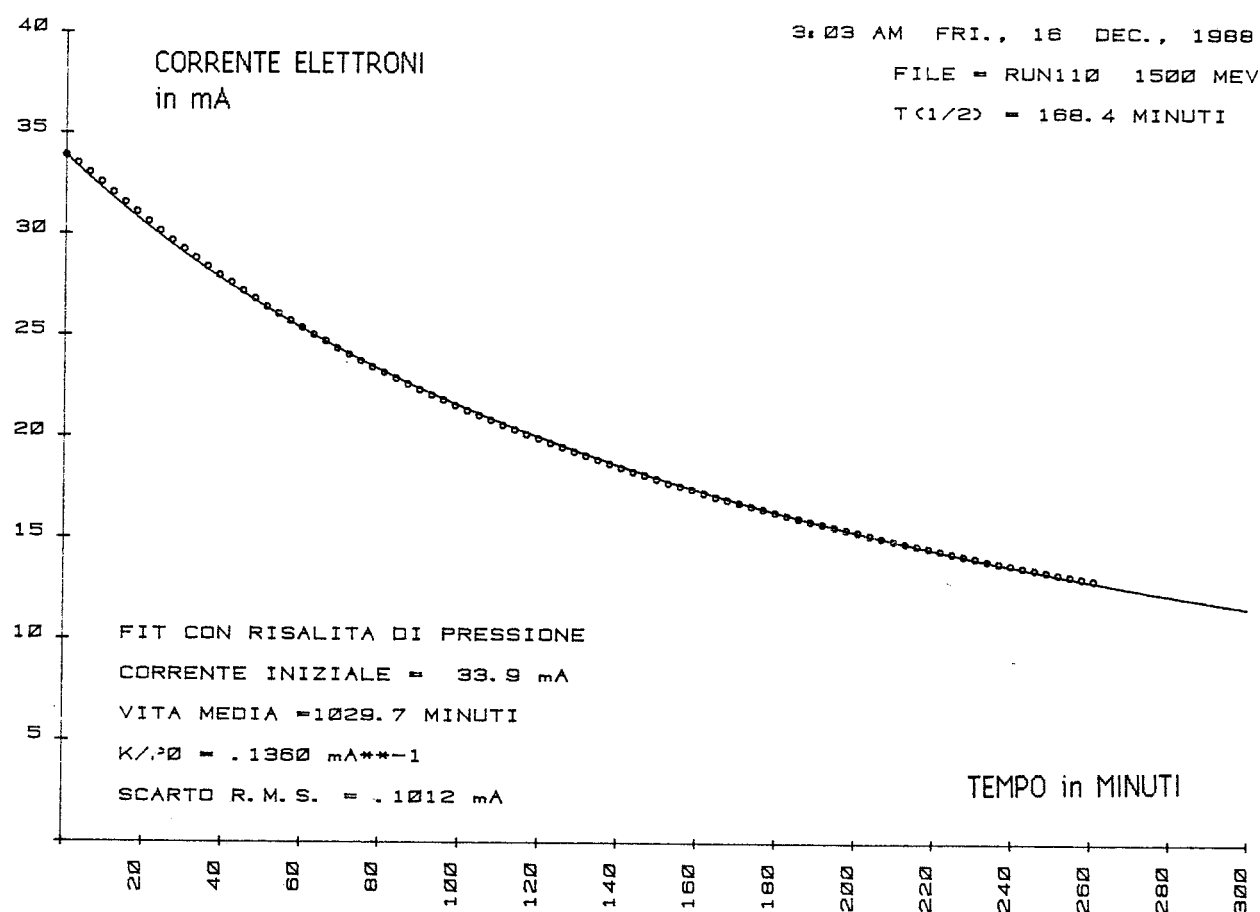


FIG. 61 - Corrente immagazzinata in funzione del tempo (1500 MeV, 3 bunches, cavità RF, tensione 175 kV)



FIG. 62 - Linac: Nuova versione del bersaglio convertitore elettroni-positroni.

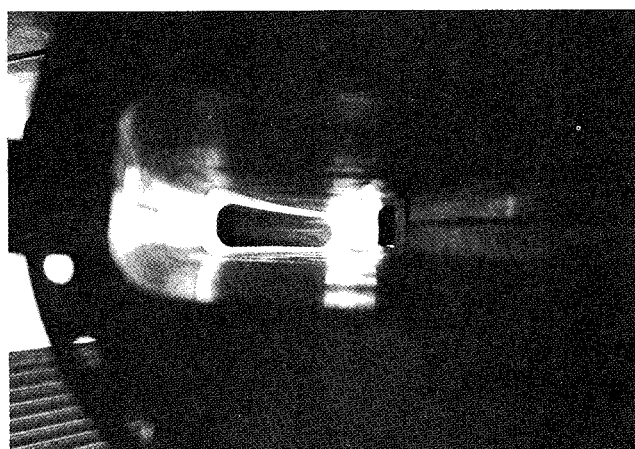


FIG. 63 - Adone: vista interna della sezione curva della camera a vuoto col canale d'uscita per la Jet-Target.

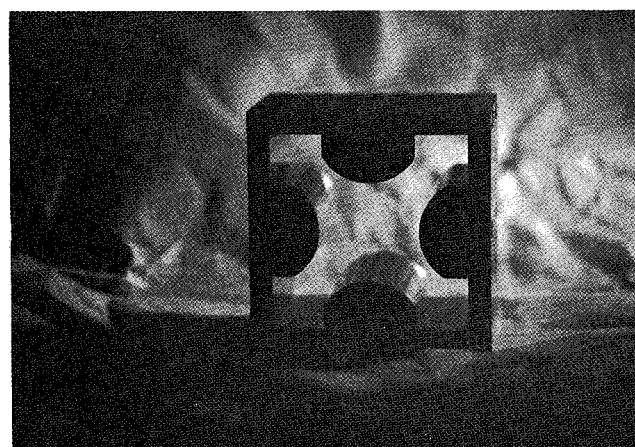


FIG. 64 - LISA : Prototipo di un quadrupolo del canale di trasporto.

Il programma LISA

Il lavoro principale è stato la definizione del sistema di iniezione, con il completamento del disegno e l'inizio della costruzione. Il sistema, costituito da molte sezioni differenti, è, fatto interamente in alluminio. Un lavoro considerevole è stato fatto per preparare e provare i giunti da vuoto in alluminio con guarnizioni di metallo.

Il disegno del raffreddamento ad acqua ed il sistema di refrigerazione dell'Elio sono stati

definiti. E' stato fatto del lavoro anche sugli elementi magnetici del canale di trasporto (Fig. 64).

C'è inoltre stato un rilevante lavoro di interfaccia con ditte esterne per definire gli edifici ed i sistemi ausiliari.

Attività criogenica.

Durante l'anno sono stati prodotti 4800 litri di Elio liquido per diversi utenti quali SLEND, OSCAM, SPUTTERING.

Altri lavori da ricordare sono stati la preparazione dell'apparecchiatura di test per le celle di Niobio a 500 MHz e l'apparato per le misure magnetiche sul wiggler superconduttore.

IL PROGETTO LISA

Componenti del gruppo

A. Aragona, S. Bartalucci, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano (Coord.), A. Cattoni, V. Chimenti, S. De Simone, G. Di Pirro, S. Faini (Coord.), U. Gambardella, A. Ghigo, S. Guiducci, S. Kulinski, L. Maritato, C. Milardi, G. Modestino, L. Palumbo, P. Patteri, M.A. Preger, C. Sanelli, M. Serio, B. Spataro, S. Tazzari, F. Tazzioli (Respons.), L. Trasatti, M. Vescovi

Collaborazione con

N. Cavallo, F. Cevenini, INFN Sezione di Napoli, L. Palumbo, Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Energetica.

Descrizione generale.

Il progetto LISA è stato finanziato a partire dal 1987. E' rivolto alla costruzione di un acceleratore lineare superconduttore per studiare e acquisire esperienza su alcuni dei problemi dei Linac superconduttori e sui fasci di alta qualità, alta corrente di picco, nel quadro di uno sforzo maggiore (progetto ARES) promosso dall'INFN nel campo della superconduttività applicata agli acceleratori.

LISA permetterà lo studio di argomenti interessanti come la generazione di un fascio di elettroni di bassa emittanza, la ricircolazione e break-up del fascio che sono fondamentali in Linac di più alta energia.

L'energia della macchina è di 25 MeV, sufficiente all'operazione di un FEL (Laser ad elettroni liberi) nell'infrarosso. Può essere raddoppiata per mezzo di ricircolazione per estendere la lunghezza d'onda del FEL al vicino infrarosso.

La frequenza di RF è di 500 MHz, una scelta legata ad un compromesso tra capacità di alta corrente di picco, dimensioni e disponibilità di disegni e componenti.

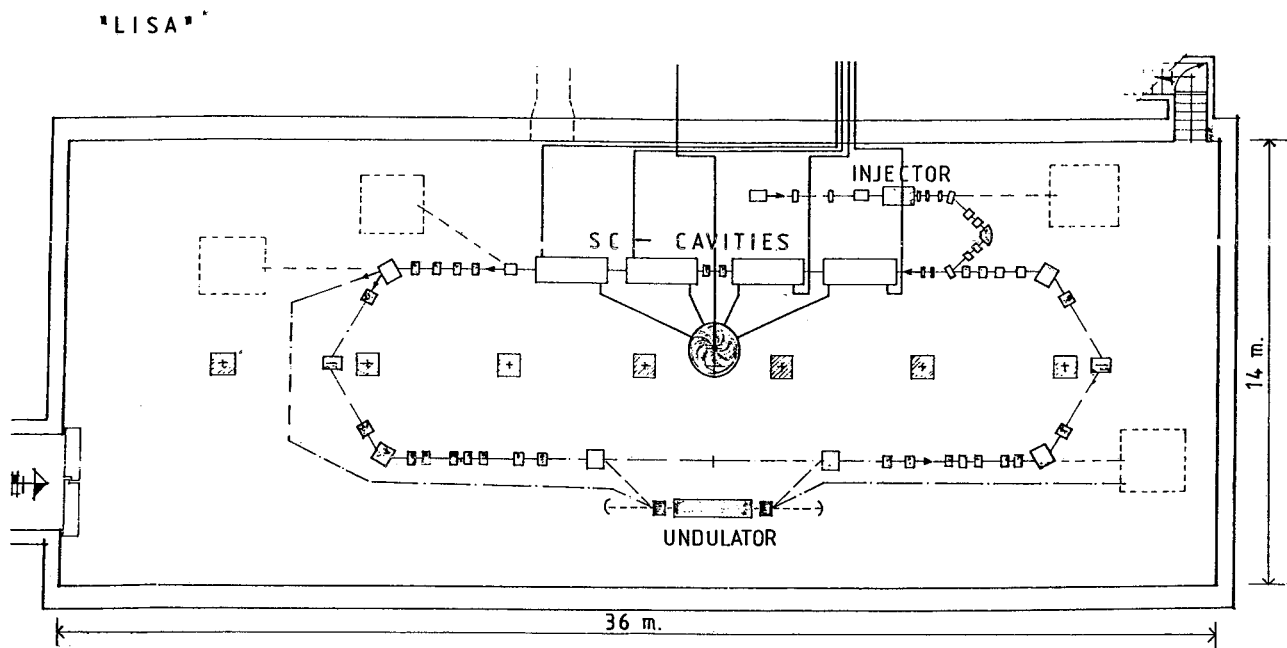


FIG. 65 - Piano della macchina.

La struttura della macchina è visibile in Fig. 65.

Il fascio di elettroni è generato in un cannone termoionico, formato e accelerato a 1 MeV in un preacceleratore a temperatura ambiente. E' quindi curvato di 180° e iniettato nella struttura del Linac superconduttore. Questa soluzione minimizza le dimensioni della sala macchina ed è adatta al disegno di un trasporto isocrono.

All' uscita del Linac SC il fascio può essere fatto passare o nell' onduttore FEL o di nuovo all' ingresso del Linac. In quest' ultimo caso, a seconda della fase rispetto al campo elettromagnetico, può essere ulteriormente accelerato a 49 MeV o decelerato. Si prevede infatti, come sviluppo ulteriore, di portare il fascio di elettroni, dopo che è passato nel FEL, di nuovo all' ingresso del Linac e decelerarlo in modo da recuperarne parzialmente l' energia. L'efficienza complessiva del FEL aumenterebbe; questa tecnica potrebbe essere interessante per installazioni FEL ad alta energia ed efficienza.

I parametri principali del LISA sono riportati in Tabella VII. Sono stati definiti per conformarsi alle richieste del FEL.

Il cannone termoionico iniziale, di tipo abbastanza standard, è stato disegnato per raggiungere una corrente di picco nel microbunch di 5 A, con una emittanza invariante di 10^{-5} mrad. Le prestazioni attese sono adeguate a provare l' operazione del FEL.

La corrente di picco sarà aumentata con la sostituzione del cannone termoionico con uno RF che è attualmente in via di sviluppo e che sarà compatibile con gli alimentatori DC e RF disponibili.

TABLE VII - Parametri principali del LISA.

Energy (MeV)	25 ÷ 49
Bunch length (mm)	2.5
Bunch charge (pC)	40
Electrons per bunch	$2.6 \cdot 10^8$
Peak current (A)	5
Duty cycle	$\leq 2\%$
Average macropulse current (mA)	2
Invariant emittance (π m rad)	10^{-5}
Energy spread (@25 MeV)	$2 \cdot 10^{-3}$

TABLE VIII - Parametri principali della cavità RF.

Frequency (MHz)	499.8
r/Q_0 (Ω/m)	380
Useful length (m)	1.2
Overall length (m)	2.5
Number of cells	4
Accelerating field (MV/m)	5
Q_0 (@ 4.2 K)	$2 \cdot 10^9$
Q_{ext}	$6.5 \cdot 10^6$

La struttura del fascio è una successione di macroimpulsi dell'ordine del millisecondo. Il ciclo di ripetizione della macchina è limitato a $<2\%$ per ragioni di sicurezza rispetto alle radiazioni. Il ritmo di ripetizione dei microbunch è <50 MHz.

Il Linac SC

La struttura acceleratrice SC è composta di quattro cavità di Niobio massiccio ognuna con un criostato indipendente. Il disegno delle cavità, compresi gli accoppiatori RF e i soppressori di modo, è lo stesso dei moduli a quattro celle di HERA, ad eccezione del fatto che c'è un criostato indipendente per ogni cavità invece che un criostato per 2 cavità. Questo permette maggiore flessibilità per il maneggiamento e operazione della cavità.

Le cavità sono fabbricate dalla INTERATOM e saranno completamente provate alla ditta. I parametri principali della cavità sono dati in Tavola VIII.

La tensione di accelerazione e i valori di Q sono per operazione normale e quindi in linea con lo stato della tecnologia per le cavità in Niobio massiccio.

Ogni cavità sarà alimentata da un generatore RF indipendente connesso attraverso un circolatore. Questa soluzione è più costosa di altre, ma consente un maggior grado di flessibilità, un vantaggio importante per una macchina di prova.

Il fasamento veloce delle catene di amplificazione avrà luogo a basso livello di potenza.

Le cavità superconduttrici sono disegnate per lavorare a 4.2 K e il carico termico a bassa temperatura è 200 W. Il refrigeratore è un modello standard - Sulzer TCF 50 -affidabile ed equipaggiato con un sistema di controllo automatico; si prevede quindi che operi sostanzialmente senza supervisione. E' progettato per sopportare 300 W a 4.5 K.

La linea di trasporto

Per essere in grado di raddoppiare l'energia o per recuperarla dopo l'interazione con il FEL, due cammini separati di ricircolo devono essere previsti. La sezione di ricupero dell'energia del

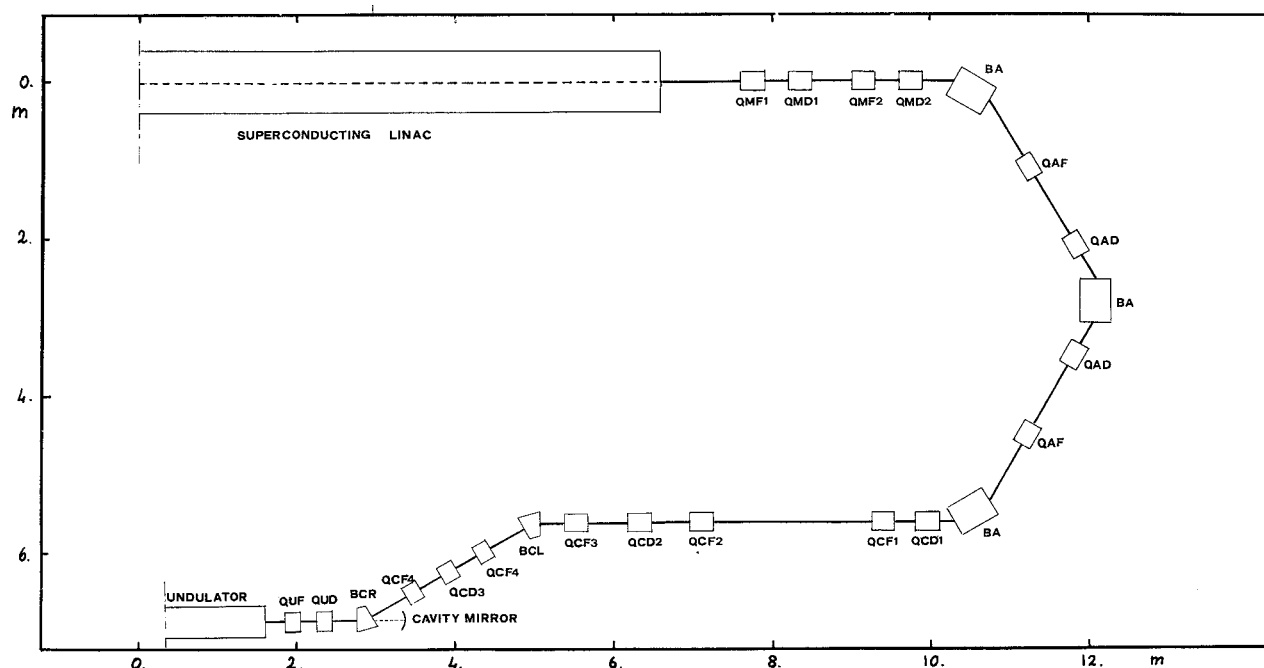


FIG. 66 - Struttura del canale di trasporto dal Linac SC all'ondulatore.

fascio e il ricircolatore raddoppiatore di energia sono ancora allo stadio di disegno. La linea di trasporto dal Linac SC all'ondulatore è stata finalizzata all'esperimento FEL. La struttura generale è visibile in Fig. 66.

Il disegno dettagliato comprende due quadrupoli addizionali nell'arco, per variare con continuità l'integrale di dispersione intorno al valore normale di zero (condizione di isocronicità). La linea può essere calibrata e resa non isocrona se dovesse sorgere la necessità per un sistema di compressione di impulso.

Una chicane acromatica a grande angolo porta il fascio all'ondulatore lungo 2.5 m, pur lasciando posto lungo l'asse dell'ondulatore per la cavità ottica lunga 6 m del FEL. Per avere maggiore flessibilità i valori delle funzioni di involuppo (betatrone) del fascio al punto centrale dell'ondulatore possono essere variati con continuità nell'intervallo da 0.2 a 1.3 m.

II FEL

La qualità del fascio del Linac SC è adatta per realizzare un FEL ad alta efficienza nella regione infrarossa. Nel quadro di una collaborazione con la divisione TIB dell'ENEA è in corso di sviluppo un ondulatore ibrido. Il test di un corto prototipo è previsto per la prima metà del 1989.

Una lunghezza totale di 50 periodi, 3.8 cm ciascuno, è prevista per l'ondulatore in operazione, con un parametro di campo variabile da 0.5 a 1.

Alla energia nominale del fascio di 25 MeV, questo corrisponde ad una lunghezza di radiazione tra 15 e 9 μm . Lunghezze d'onda più corte possono essere ottenute se la soglia di oscillazione è raggiunta in terza armonica.

Stato del programma

Tutte le componenti principali sono state ordinate e verranno consegnate tra l'estate e la fine del 1989.

Si prevede di portare a termine i fabbricati per la fine del 1989. L'installazione degli elementi della macchina può aver luogo partendo dall'autunno 1989, e procederà nel 1990.

Gli elementi dell'iniettore saranno precedentemente provati su una stazione di bassa energia che è attualmente in sviluppo.

ESPERIMENTO LEEG

Componenti del gruppo

R. Boni, C. Biscari, M. Castellano (Resp.), A. Ghigo, S. Kulinski, L. Palumbo, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi

L'emittanza trasversa che può essere raggiunta in un Linac ad elettroni è in definitiva determinata da quella ottenuta nel sistema di iniezione, in particolare il cannone elettronico.

Gli elementi maggiormente limitativi sono l'emittanza naturale della sorgente (diametro del catodo) e la carica spaziale elettronica negli stadi iniziali dell'accelerazione.

Alcune cure ovvie per ridurre l'emittanza sono la diminuzione del diametro del catodo, che implica una riduzione di corrente, e l'aumento del campo di accelerazione, che è limitato dalla scarica.

Questo esperimento, che è pianificato in tre anni, si prefigge di superare questi limiti mediante l'uso di un catodo che porta una cavità acceleratrice e fotocatodi colpiti da impulsi laser.

L'uso di cavità RF permette di raggiungere campi acceleranti più alti, mentre i fotocatodi di densità di carica più alte dei normali catodi termoionici. La dinamica degli elettroni di bassa energia nella cavità RF richiede studi sia teorici che sperimentali per decidere il miglior disegno della cavità; inoltre bisogna avere fotocatodi con buona efficienza quantica, resistenza ad alti picchi di intensità elettromagnetica e vita media lunga.

Il possibile uso di una cavità RF con catodo termoionico è stato scartato dopo un'accurata simulazione numerica, e quindi i nostri sforzi sono stati diretti verso lo sviluppo di adeguati fotocatodi. È stato ordinato un laser Nd-YAG che fornisce impulsi cortissimi e di alta intensità.

Due opzioni per la struttura accelerante sono attualmente in studio: una cavità RF col campo acceleratore più grande possibile e un cannone DC seguito da accelerazione armonica.

L'ultimo caso permette impulsi elettronici più lunghi, riducendo quindi (alla stessa corrente totale) l'effetto di carica spaziale.

ESPERIMENTO ESAC

Componenti del gruppo

M. Castellano (Resp.), G. Di Pirro, S. Guiducci, C. Milardi, M. Preger, M. Serio, L. Trasatti

Collaborazione con

N. Cavallo, F. Cevenini - INFN, Sezione di Napoli

Questo esperimento è diretto allo studio della possibilità di introdurre nei sistemi di controllo

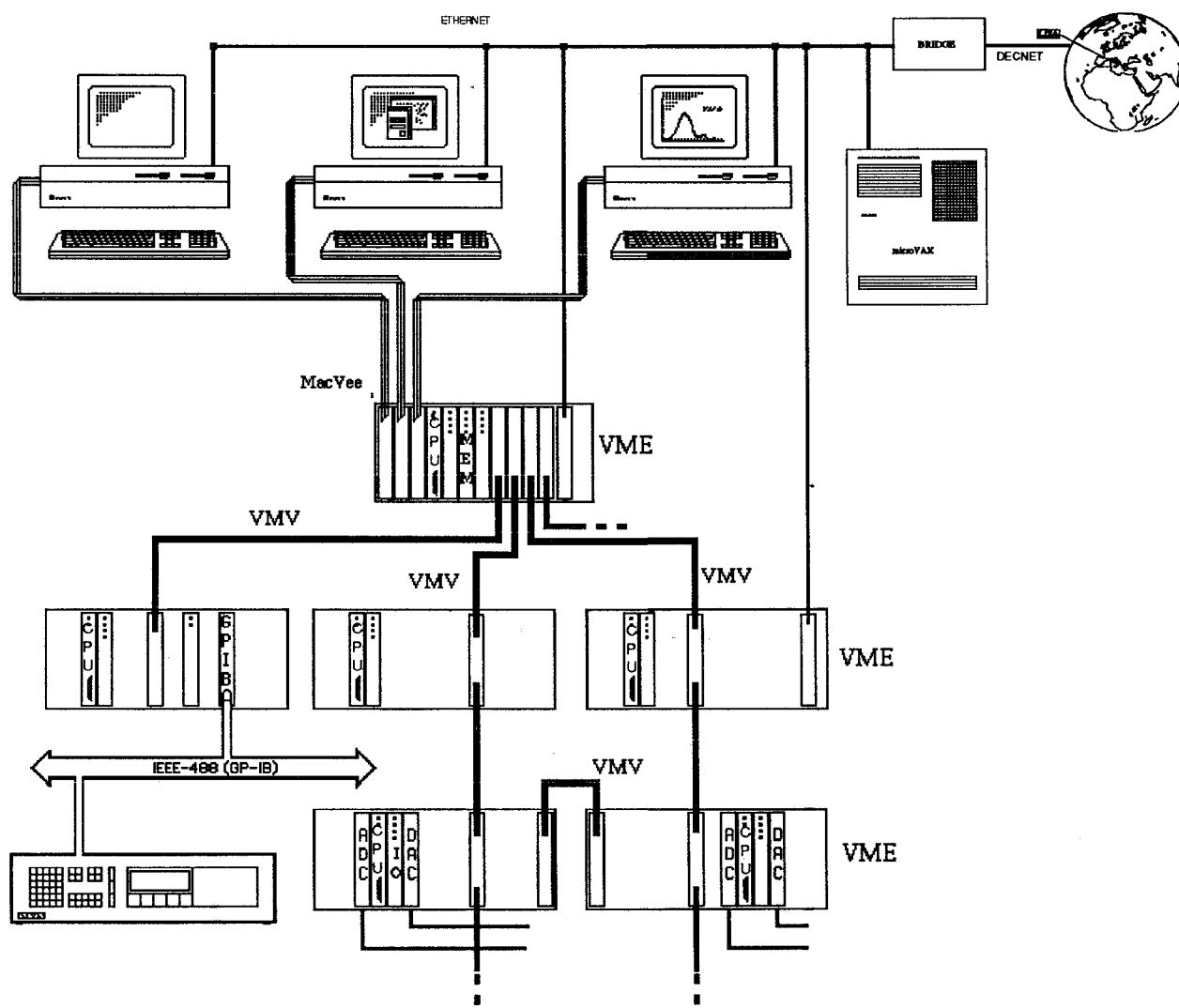


FIG. 67 - Schema dei tre livelli del sistema di controllo per LISA.

degli acceleratori tecniche informatiche moderne come interazione operatore-macchina "amichevole" e l'uso di sistemi esperti che hanno avuto crescente successo in altre discipline scientifiche.

Questo studio è reso possibile dalla necessità di disegnare il sistema di controllo per il Linac SC LISA, descritto più ampiamente altrove.

Il sistema di controllo di LISA è stato disegnato tenendo conto di queste possibilità, con l'obiettivo della massima flessibilità, sulla base di un sistema di intelligenza distribuita e potente interazione grafica con l'operatore.

Durante il 1988 il sistema è stato completamente definito e un piccolo prototipo è stato costruito per permettere l'inizio dello sviluppo del software.

Il sistema è strutturato su tre livelli: le consolle degli operatori, che sono dei personal computer Mac II, un livello di supervisione intermedio e un terzo livello distribuito per controllare direttamente l'elettronica di interfaccia. Entrambi gli ultimi livelli sono basati da CPU 68000 nello standard VME.

Uno schema del sistema di controllo di LISA è visibile in Fig. 67.

La definizione dei protocolli di interconnessione e lo sviluppo del software di interazione uomo-macchina sono in sviluppo.

ESPERIMENTO DI ELECTRON COOLING DI ALTA ENERGIA

L'esperimento di Electron Cooling da effettuare sull'anello di accumulazione di antiprotoni LEAR al CERN richiede, per quanto riguarda la partecipazione dei LNF, un miglioramento delle tecniche di EUHV, il disegno e la realizzazione del canale di trasporto con la sua strumentazione (pick-ups) e della diagnostica Laser, e lo studio della struttura magnetica.

I seguenti risultati sono stati ottenuti nel 1988:

- Disegno meccanico e inizio della costruzione dei pick-ups.
- Disegno meccanico della struttura RF del pick-up.
- Costruzione dei prototipi della struttura RF.
- Prova degli elementi pompanti per la camera di interazione in UHV. Questi test hanno reso possibile la scelta degli elementi con le migliori caratteristiche di pompaggio e la loro ottimizzazione.
- Costruzione delle camere a vuoto per gli elementi magnetici toroidali.
- Prove di resistenza sotto pressione (4.5 bar) delle pompe ioniche da montare nei serbatoi per gli elementi a 700 kV e loro modifiche.

Diagnostica Laser

Lo scattering di luce laser da un fascio di elettroni può essere usato come diagnostica non

distruttiva sul fascio generato nell'apparecchiatura di electron cooling ad alta energia.

Nell'esperimento la luce deflessa nell'interazione frontale di fotoni laser con gli elettroni è rivelata per misurare l'energia, la temperatura longitudinale e le fluttuazioni di densità del fascio di elettroni.

Lo spettro con lo spostamento Doppler, la lunghezza d'onda centrale e l'intensità della radiazione scatterata misurano rispettivamente lo sparpagliamento in impulso del fascio di elettroni, l'energia e le fluttuazioni di densità.

¹ Le caratteristiche principali del fascio di elettroni sono: energia variabile con continuità da 100 a 700 KeV, fascio di elettroni di 3 cm di diametro con una corrente di 3.5 A in continua, dispersione di momenti $<10^{-3}$ e temperatura trasversa degli elettroni ~ 1 eV.

Per rivelare la luce deflessa nel visibile e vicino UV, a differenti energie del fascio elettronico, si propone di usare due fasci laser differenti come radiazione incidente

Le caratteristiche del fascio laser sono:

Laser	Nd:YAG pulsato	CO ₂ c.w.
Lunghezza d'onda (μm)	1.06	9.6-10.6
Energia/impulso (mJ)	280	
Larghezza d'impulso (nsec)	12	
Potenza(W)	14	50
Divergenza(mrad)	0.7	<2
Diametro(mm)	7	7.5
Stabilità (%)	2.5	1

Il fascio laser è allineato con il fascio di elettroni incidente in una sezione dritta lunga 1.5 m. La luce Compton deflessa all'indietro è deflessa da uno specchio diecrico, raccolta da un sistema ottico e diretta ad un monocromatore con risoluzione di $0.5 \text{ \AA}$. I fotoni sono misurati per mezzo di un fotomoltiplicatore operante in modo di conteggio di fotoni. Nel caso del laser Nd:YAG i fotoni deflessi all'indietro sono rivelati in coincidenza con l'impulso laser, mentre nel caso del CO₂ è usata una tecnica di acquisizione lock-in.

Per prevedere i risultati della misura è stata fatta una simulazione Monte Carlo del processo di scattering con i parametri del fascio degli elettroni e le caratteristiche dei laser.

I risultati della simulazione, le perdite ottiche, l'efficienza di rivelazione e il potere risolutivo del monocromatore permettono di raggiungere una risoluzione dell'ordine $\Delta p/p=10^{-4}$ per la misura della dispersione di impulso del fascio elettronico.

Memorandum

- F. Tazzioli: "Appunti sul beam break up (BBU) nel caso della ricircolazione", LIS-9 - 13/1/88.
- M. Castellano: "An infrared free electron laser on the superconducting Linac LISA", LIS-10 - 15/1/88.
- D. Ritson: "Storage ring on collider Linac", LIS-11 - 20/1/88.
- M. Castellano, L. Palumbo, M. Serio: "Bunch length compression in Ares", LIS-12 - 16/2/88.
- C. Biscari, R. Boni, S. Kulinski, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi: "An injector for LISA", LIS-13 - 19/2/88.
- M. Bassetti, S. Guiducci, L. Palumbo: "Status of the study on damping rings for a 5-10 GeV linear collider", LIS-14 - 29/2/88.
- P. Patteri: "Deflettori elettrostatici per LISA", LIS-15 - 5/3/88.
- F. Tazzioli: "Il sistema dei chopper di LISA", LIS-16 - 7/3/88.
- C. Sanelli: "Ondulatore per LISA - Progetto elettromagnetico con codice 3D MAGNUS", LIS-17 - 8/3/88.
- N. Cavallo, F. Cevenini: "Considerazioni sul sistema di controllo di LISA", LIS-18 - 10/3/88.
- A. Antonelli, M. Preger: "Software di controllo per il monitor di luminosità di Adone", SC-132 - 17/3/88.
- P. Baldini, R. Boni, F. Lucibello: "Moltiplicatore di Frequenza come sorgente per il sistema RF a 360 MHz di Adone", RF-61 - 23/3/88.
- C. Biscari: "Transverse beam optics in the ARES Linacs", LIS-19 - 24/3/88.
- C. Sanelli: "Ondulatore per LISA. Progetto elettromagnetico dei poli terminali", LIS-20 - 7/4/88.
- M. Martinelli, R. Pieri: "Taratura nuovi monitors d'intensità Linac - Ottica di trasporto", L-98 - 19/4/88.
- M. Preger: "Variazione della lunghezza del bunch nel FEL di LISA", LIS-21 - 19/5/88.
- C. Sanelli: "Quadrupoli per il canale di trasporto Gun-RF cavity", LIS-22 - 16/6/88.
- C. Biscari: "Particle dynamics in the 100 KeV injector of LISA", LIS-23 - 20/6/88.
- M. Preger: "Inserzione a basso beta su Adone", SM-35 - 21/6/88.
- M. Preger: "Adone con due quadrupoli per cella di inserzione a basso beta", SM-36 - 24/6/88.
- A. Aragona, G. Rinelli: "Impianto di raffreddamento per LISA: Studio preliminare, scelta del tipo di impianto e prime valutazioni", LIS-24 - 1/7/88.
- M. Preger: "Considerazioni sul rate di iniezione di positroni in Adone", G-93 - 4/7/88.
- M. Preger: "Caratteristiche di Adone con wiggler e wiggler superconduttore", G-94 - 8/7/88.
- P. Patteri: "Canale di trasporto Linac-ondulatore per LISA", LIS-25 - 15/7/88.
- G. Di Pirro, G. Modestino, L. Trasatti: "La fuga - ovvero come trasferire un programma fortran da macchine DEC a Macintosh", LIS-26 - 15/7/88.
- P. Patteri: "Una chicane semplificata per LISA", LIS-27 - 25/7/88.
- C. Biscari, S. Kulinski, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi: "Design of a prebuncher system for the new standing wave buncher injector of the Frascati Linac", L-99 - 29/7/88.
- S. Bartalucci: "Longitudinal coupled-bunch instabilities in Adone", G-95 - 23/8/88.
- S. Kulinski, M. Vescovi, M. Chiti, A. Esposito: "Electron energy determination in the standing wave buncher of Adone by measurements of the thresholds of (g,n) induced reactions", L-100 - 19/9/88.
- S. Guiducci, M. Vescovi: "Proposte per aumentare la velocità di iniezione in Adone", L-101 - 30/9/88.
- S. Pella, M. Preger: "Analisi del tempo di decadimento della corrente in Adone", SC-133 - 14/10/88.
- Xu Jianming: "The design of a bump system for adjusting the relative phase of the electron beam in LISA", LIS-28 - 18/10/88.
- V. Chimenti, V. Lollo: "Prove di funzionamento dell'apparato Jet-target", V-36 - 24/10/88.
- V. Chimenti, V. Lollo: "Condizioni attuali del vuoto in Adone e programma dei futuri interventi a medio e a lungo termine", V-37 - 25/10/88.
- Xu Jianming: "The beam envelopes in the 25 MeV beam transport of LISA", LIS-29 - 3/11/88.
- B. Spataro: "Spettrometro da 1 MeV per LISA", LIS-30 - 7/11/88.
- S. Bartalucci, L. Palumbo: "Longitudinal wakefield effects in LISA", LIS-31 - 10/11/88.
- M. Serio: "Controllo alimentatori quadrupoli di Adone", SC-134 - 10/11/88.
- Xu Jianming: "Data of the orbit distortions caused by the element misalignments in the first arc of LISA", LIS-32 - 14/11/88.
- M. Castellano: "Parametri del fascio di LISA dopo il chopper a 55 MHz", LIS-33 - 22/11/88.
- M. Preger: "Misura dell'emittanza del fascio del Linac", SC-135 - 23/11/88.
- V. Chimenti, V. Lollo: "Lavori in programma per la fermata", V-38 - 24/11/88.
- Xu Jianming: "Studies on the effect of the beam initial conditions and the data for defining the aperture in the first arc of LISA", LIS-35 - 5/12/88.
- R. Boni: "Considerazioni sulla potenza RF in transito nelle linee di alimentazione delle cavità superconduttrici di LISA", LI-36 - 6/12/88.
- S. Guiducci, M. Preger: "Kickers rapidi e piastre di separazione per l'iniezione in Adone", EI-16 - 13/12/88.
- S. Guiducci, S. Kulinski, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi: "Energy increase of the Adone Linac by RF pulse compression", L-102 - 16/12/88.

Pubblicazioni LNF e Contributi Conferenze

- M. Castellano: "Some consideration on beam parameters in a superconducting linear collider BB Factory", Workshop on Heavy-Quark Factory and Nuclear-Physics Facility with Superconducting Linacs" Courmayeur, Dec.1-18, 1987 - SIF, Conference Proceedings, Vol. 9, p. 67 (1988).
- U. Amaldi, J. Haissinski, S. Kulinski, A. Odian, R. Rossmanith, P. Siviers, A. Schwettman, B. Spataro, S. Tazzari, F. Tazzioli: "Injection, positron and electron beam generation" Subgroup Summary Report, *ibid.* p. 79.
- C. Biscari: "Transverse beam optics in the ARES Linacs", *ibid.* p. 137.
- P. Patteri: "Variable energy operation of multipass Linac", *ibid.* p. 149.
- M. Bassetti, J. Bisognano, N. Cavallo, S. Guiducci, L. Palumbo, M. Serio: "Damping ring" Subgroup Summary Report, *ibid.* p. 167.
- M. Bassetti, S. Guiducci, L. Palumbo: "Status of the study on damping rings for a 5-10GeV linear collider", *ibid.* p. 169 and LNF-88/20 (R), 8/4/988.
- J. Bisognano, E. Gianfelice, L. Palumbo: "Linac collective effects", Subgroup summaryreport, *ibid.* p. 199.
- M. Castellano, L. Palumbo, M. Serio: "Bunch length compression in ARES", *ibid.* p.203.
- C. Benvenuti, Ph. Bernard, J. Bisognano, R. Boni, I.E. Campisi, E. Chiaveri, U. Gambardella, E. Haebe, Ch. Leeman, H. Lengeler, M. Minestrini, G. Modestino, D. Proch, B. Spataro, F. Tazzioli "Superconducting RF system and cryogenics", *ibid.* p.209.
- M. Castellano: "An infrared free electron laser on the superconducting Linac LISA", LNF-04 (R), 21/1/88.
- R. Boni, V. Chimenti, B. Spataro, F. Tazzioli, P. Fernandes, R. Parodi: "Design and operation of a multipacting-free 51.4 Mhz RF accelerating cavity", LNF-88/06, 3/2/88 and NIM A274 (1989) 49-55.
- C. Biscari, R. Boni, S. Kulinski, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi: "An injector for LISA", LNF-88/08 (R), 12/2/88.
- M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, S. De Simone, G. Di Pirro, S. Guiducci, P. Patteri, M. Serio, L. Trasatti: "Diagnostic and control system for the LISA project", Proceedings of EPAC '88, Rome June 7-11, 1988.
- M. Serio, M. Bassetti, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, S. De Simone, S. Guiducci, L. Palumbo, P. Patteri, M. Preger: "Bunch length measurements at Adone", *ibid.*
- S. Guiducci, M. Bassetti, L. Palumbo: "General considerations on a damping ring for a 5-10 GeV linear collider", *ibid.*
- L. Palumbo, M. Bassetti, E. Bernieri, E. Burattini, A. Cattoni, Q.H. Chen, V. Chimenti, C. Mencuccini, L. Picardi, R. Rinzivillo, C. Sanelli, S. Tazzari, F. Tazzioli: "Design study of a synchrotron radiation source for X-Ray lithography", *ibid.*
- L. Palumbo, E. Gianfelice: "Transverse impedance of a conducting cylindrical pipe with a step in its cross section", *ibid.*
- F. Tazzioli, A. Aragona, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, A. Cattoni, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, S. De Simone, S. Faini, U. Gambardella, S. Guiducci, S. Kulinski, L. Maritato, G. Modestino, P. Patteri, M.A. Preger, C. Sanelli, A. Savoia, M. Serio, B. Spataro, S. Tazzari, M. Vescovi: "The linear superconducting accelerator project LISA", *ibid.*
- S. Kulinski, J. Sekutowics: "A fine parameter method of tuning of biperiodic $p/2$ accelerating structures", *ibid.*
- C. Biscari: "Particle dynamics on the 100 keV injector of LISA", LNF-88/39 (NT), 29/6/1988.
- R. Ceccarelli, M. De Giorgi, S. Faini, G. Fiore, R. Lanzi, L. Maritato: "Realizzazione e prima caratterizzazione di film sottili di Niobio con tecniche di sputtering", LNF-88/51(NT), 12/9/1988.
- S. De Simone: "Nuovi impianti per il bumper rapido e il deflettore di Adone", LNF-88/55(NT), 20/9/1988.-
- M. Castellano, P. Patteri, F. Tazzioli: "An infrared FEL on the superconducting electron Linac LISA", Proceedings of the One-Day Informal Workshop on FEL, Frascati, September 26, 1988.
- A. Aragona, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, A. Cattoni, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, S. De Simone, S. Faini, U. Gambardella, S. Guiducci, S. Kulinski, L. Maritato, G. Modestino, C. Pagani, P. Patteri, M.A. Preger, C. Sanelli, M. Serio, B. Spataro, S. Tazzari, F. Tazzioli, M. Vescovi: "Work on superconducting Linacs in progress in Frascati", Proceedings of 1988 Linear Accelerator Conference, Williamsburg, October 3-7, 1988.
- A. Aragona, C. Biscari, R. Boni, S. Kulinski, B. Spataro, F. Tazzioli, M. Vescovi: "Injector for LISA", *ibid.*
- M. Serio: "Transverse betatron tune measurements", Invited talk at Joint US-CERN School, Capri Oct. 1988.
- R. Boni, A. Savoia, B. Spataro, F. Tazzioli, P. Fabbriatore, R. Parodi, P. Fernandes: "A superconducting microwave undulator", Submitted to Rev. Sci. Instr. and LNF-88/64 (P), 11/11/1988.

DIVISIONE TECNICA

La Divisione Tecnica ha subito nel corso del 1988 una completa riorganizzazione con l'inserimento nella Divisione stessa dei Servizi Generali per motivi organizzativi e di funzionalità; nel contempo i Servizi di meccanica, prevalentemente dedicati agli esperimenti, sono stati collocati nella Divisione Ricerca.

Secondo la nuova struttura la Divisione Tecnica svolge attività di ricerca e di sviluppo tecnologico nel campo dei magneti convenzionali e superconduttori da usare in macchine acceleratrici ed esperimenti, degli alimentatori di potenza, circuiti stampati, delle tecnologie criogeniche e superconduttive e attività di servizio a supporto del resto dei LNF, in particolare, la manutenzione e lo sviluppo dell'impiantistica convenzionale e del servizio telefonico e la gestione dei magazzini del Centro.

SERVIZIO MAGNETI E ALIMENTAZIONI

Staff

F. Iungo, C. Sanelli

Lisa

Canale di trasporto gun-cavità s.c.: per quanto riguarda i quadrupoli dell'ottica di trasporto, è stato effettuato il progetto elettromagnetico e meccanico. E' stato realizzato in casa un primo prototipo di quadrupolo la cui meccanica è già pronta e sono in fase di avvolgimento le bobine (realizzazione in collaborazione con SMIV). Il quadrupolo prototipo andrà quindi misurato utilizzando il coordinatometro manuale a sonda di Hall, per verificarne le caratteristiche magnetiche ed in particolare eventuali problemi di dissipazione termica (Figg. 68 e 69).

Per i magneti curvanti del canale, il progetto elettromagnetico è stato ultimato sia per i magneti curvanti rettangolari (45°) sia per il magnete a settore da 90° (Fig. 70). Non appena sarà dato O.K. sui profili di campo da parte degli esperti di ottica di macchina si passerà al progetto meccanico dei tre magneti (in collaborazione con SMIV).

FEL

Per l'ondulatore del FEL, completato lo studio elettromagnetico (Fig. 71) (SMA) e meccanico

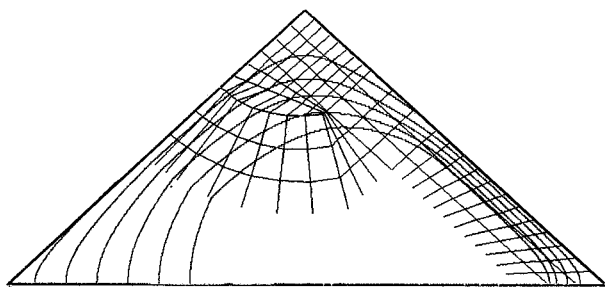


FIG. 68 - Progetto elettromagnetico del quadrupolo del canale da 1 MeV di LISA con il codice 3D-Magnus; sezione di 1/8 del quadrupolo.

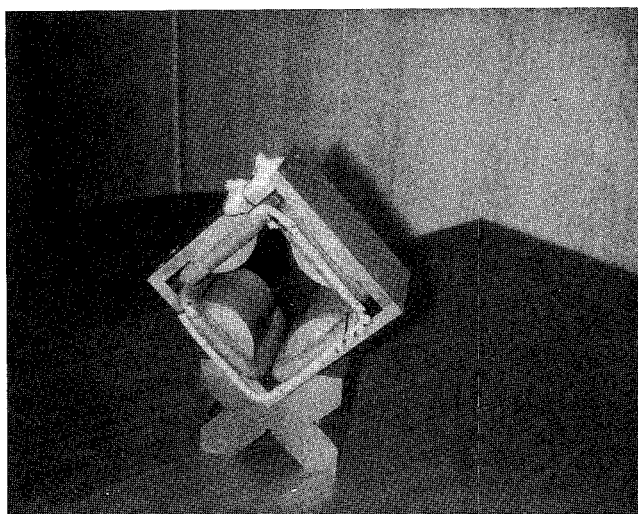


FIG. 69 - Prototipo del quadrupolo del canale di trasporto da 1 MeV di LISA, realizzato in collaborazione con lo SMIV della D.M.

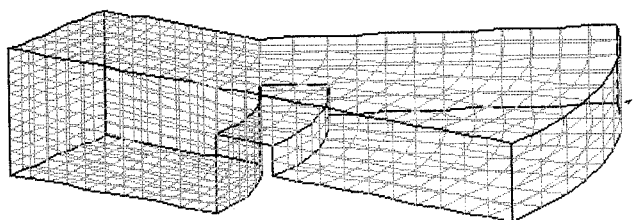


FIG. 70 - Progetto elettromagnetico del magnete curvante a "settore", 90°, del canale da 1 MeV con il codice 3D-Magnus. Vista tridimensionale di 1/4 di magnete.

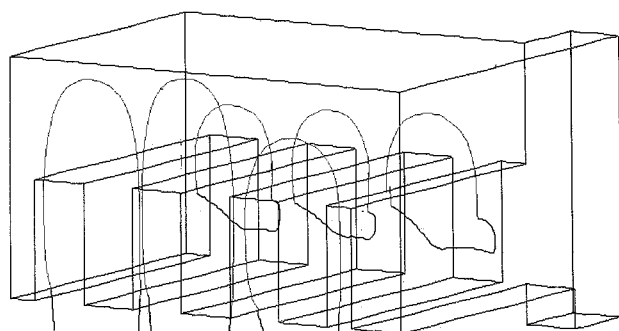


FIG. 71 - Progetto elettromagnetico dell'ondulatore FEL di LISA. Vista di 1/8 del giogo inferiore.

(Unità CAD/CAE) è in fase di realizzazione in collaborazione con lo SMIV la meccanica del modulo centrale a 9 coppie polari. L'ordine per la realizzazione delle bobine è già aggiudicato: è stato consegnato il conduttore speciale che è stato spedito all'Indelve per la realizzazione delle bobine. Non ancora emesso, perché non pervenuta offerta, l'ordine per la modifica del coordinatometro Contek per la misura con sonda di Hall del prototipo. L'ordine per i due alimentatori dei poli terminali è stato aggiudicato alla Ocem.

Wiggler S.CO.W.

E' stato montato e provato il coordinatometro Contek a sonda di Hall ed una prima serie di misure sui magneti compensatori sono state effettuate (Fig. 72), in particolare il rilievo della curva di magnetizzazione e la misura del campo residuo. Per questa ultima misura è stato anche impiegato il

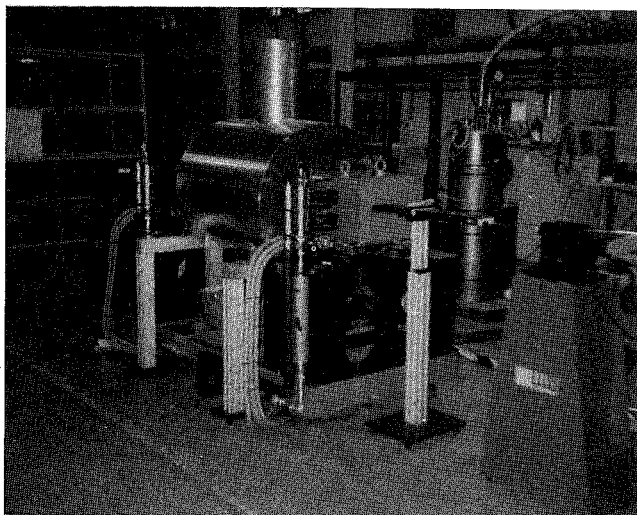


FIG. 72 - Wiggler superconduttore S.CO.W.: insieme del Wiggler s.c., dei magneti compensatori e del coordinometro (Contek) a sonda di Hall.



FIG. 73 - Nuovi alimentatori per i magneti dipolari e quadrupolari di ADONE.

magnetometro integratore della Magnex. Una sonda di Hall per la misura del picco da 6 T del magnete è stata preparata dal Servizio di Elettronica, non appena saranno pronte anche le altre sonde dovrà essere effettuata la taratura presso il laboratorio del CERN.

Sono stati installati (in collaborazione con il gruppo di Elettrotecnica) gli alimentatori per i magneti compensatori ed è stato effettuato il relativo collaudo. Gli alimentatori hanno soddisfatto le specifiche richieste ad eccezione dell'ampiezza del ripple residuo che la OCEM ha provveduto a diminuire con l'aumento della capacità e dell'induttanza del filtro di uscita, tale variazione ha comportato però l'insorgere di una instabilità intorno al 75% della corrente erogata, inconveniente che non è stato ancora eliminato e necessita quindi di una ulteriore fase di messa a punto.

Nuovi impianti Adone.

Sono stati installati (in collaborazione con il gruppo di Elettrotecnica) i nuovi alimentatori (Fig. 73) per magneti curvanti e quadrupoli di Adone. Il collaudo ha avuto esito positivo, per l'alimentatore del magnete curvante sono stati erogati 2100 A (ottenendo un campo nel magnete di 1.17 T) rientrando nelle specifiche richieste. Anche gli impianti per i quadrupoli sono stati messi a punto ottenendo ripples di ≈ 5 mV picco-picco rispetto i 10 V di segnale d.c., con ottime risposte sulla stabilità (qualche parte in 10^{-4}) e linearità.

Jet-Target.

E' stata seguita tutta la fase preliminare per l'aggiudicazione della fornitura di due magneti pulitori dell'esperimento. Aggiudicataria è risultata la ditta Sigmaphi di Bagneux (Francia). La fornitura è in corso e dovrà essere effettuato quanto prima il collaudo elettrico-idraulico dei due magneti.

E' stata inoltre seguita la realizzazione presso la BMB di Montebello di un alimentatore da 2250 A, 1125 kW, sono stati seguiti i collaudi in bianco in fabbrica ed attualmente l'alimentatore è in fase di installazione in collaborazione con il Gruppo di Elettronica.

Laboratorio magneti.

E' stato definito con il gruppo di Edilizia l'acquisto di un prefabbricato da destinare a locale di stoccaggio della strumentazione per misure magnetiche ed eventualmente come piccolo laboratorio per la prova e misura di piccoli magneti.

Infine, su richiesta del Direttore del Laboratorio di Legnaro, Prof. Dal Piaz, è in corso una serie di lezioni per trasferire le metodologie di calcolo, ottimizzazione, dimensionamento costruttivo e misura di magneti per macchine acceleratrici ad un ingegnere dei LNL.

SERVIZIO IMPIANTI DI BASE

Questo servizio svolge tutti i compiti pertinenti ai "servizi generali" di un centro di ricerca e pertanto buona parte dell'attività coinvolge ampliamenti e sviluppi tecnologici di impianti convenzionali conseguenti allo sviluppo del centro. E' articolato in tre Gruppi come di seguito descritto.

Gruppo di Elettrotecnica

Staff:

D. Cosson, G. Fuga (Resp.), A. Riondino, M. Rondinelli

Gestione e manutenzione degli impianti di competenza (A.T., M.T., b.t. fino ai quadri di edificio, sale pompe, gruppi di continuità e lato alternato degli alimentatori di potenza).

Interventi vari, piccole modifiche e installazioni.

- Elettrotecnica.
- Compressore centralizzato per comando interruttori alta tensione.
- Installazione di un PLC in St. Elettrica per comunicazione con Lab. di Elettrotecnica.
- Progetto ed acquisizione apparecchiature per rifasamento ottimizzato.
- Acquisizione nuovo quadro zona OFTA.
- Nuovi quadri Bagni Galvanici.
- Alimentazione edificio SMI-Ladon.
- Impianti Lab. Vuoto.

ADONE

- Installazione dei nuovi alimentatori per dipoli e quadrupoli.

SUPERCONDUTTIVITA'

- Installazione alimentatori per magneti compensatori Wiggler s.c.

ELECTRON COOLING

- Alimentazione magneti.
- Ordine linea a M.T. per magneti ex-Tofradupp.
- Impiantistica elettrica varia.
- Sistema di controllo delle sicurezze a mezzo PLC.

MACRO

- Impianti elettrici e trasmissione dati edificio Sala Conteggio (LNGS).
- Installazione centraline di rivelazione ed allarme per gas N-Pentano (LNGS).

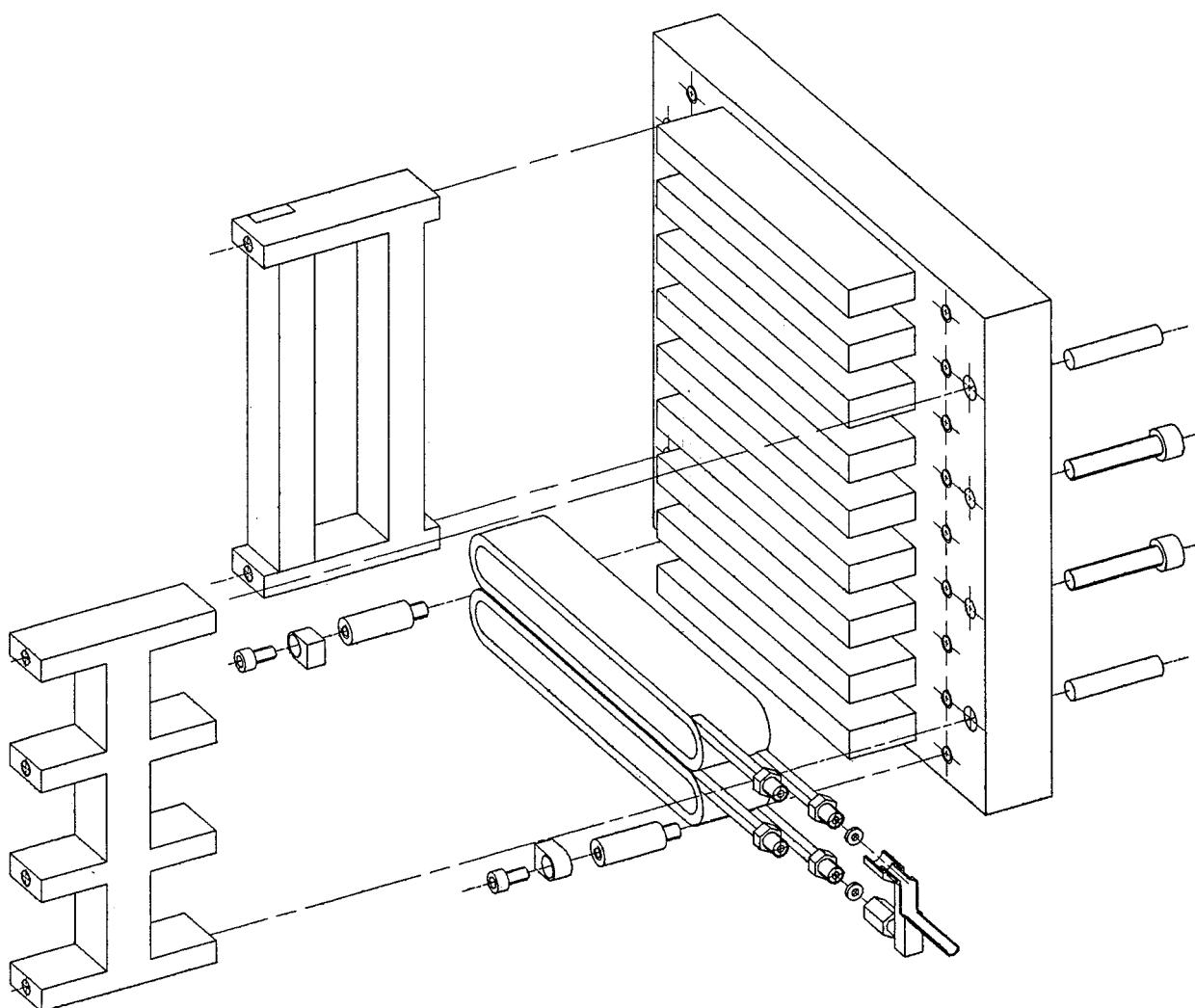


FIG. 74 - Vista "esplosa" dell'ondulatore di LISA (modulo centrale).

LVD

- Automatismo per tavolo piega tubi (LNF).

OBELIX

- Illuminazione buca, installazione pompa ad immersione, collegamento segnali analogici (CERN).
- Realizzazione grafica su PC a colori e comunicazione PC-PLC (LNF).

ZEUS

- Progetto di massima del sistema di controllo dei toroidi (LNF).

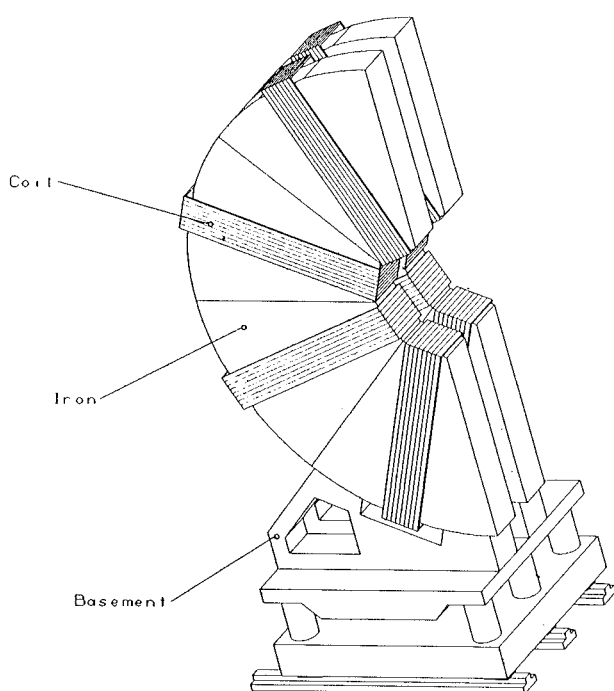


FIG. 75 - Toroidi di ZEUS.

Gruppo Impianti

Staff

L. Ciasca, G. De Biase, P. Palozza, P. Panattoni (Resp.), P. Panzironi

Avendo come compito istituzionale la gestione e la manutenzione dell'impiantistica convenzionale dei LNF, il Gruppo Impianti ha:

- realizzato il nuovo impianto di illuminazione all'interno dell'Anello Adone a seguito dell'installazione della nuova schermatura, compresa la zona a servizio dell'esperimento Fenice;
- eseguito tutto l'impianto di illuminazione e forza motrice per l'edificio Jet-Target;
- eseguito lo spostamento in area esterna dell'impianto di climatizzazione delle officine dell'Area Attrezzata;
- realizzato l'impiantistica a supporto del Laboratorio ASTRA (aspirazione continua d'emergenza, condizionamento, illuminazione e forza motrice, pellicole per contenimento energetico).
- acquistato ed installato la centrale di mantenimento pressione idrica nell'edificio Sede Centrale.
- realizzato il rifacimento degli impianti di riscaldamento, condizionamento, telefonici ed elettrici conseguenti alla ristrutturazione dell'edificio Direzione.
- realizzato gli impianti a supporto di altre ristrutturazioni e realizzazioni (Laboratorio Preparazioni Chimiche, Bagni Linac, inserimento Officina OF.TA nei Laboratori Adone, Edificio FI.SA.,

Edificio Ladon/Sib);

- realizzato la sistemazione della Caldaia Area Adone con il rifacimento completo dell'impianto di illuminazione e di forza motrice, con la sostituzione del quadro elettrico principale, con l'acquisto e l'installazione di due nuovi scambiatori di calore;
- curato il montaggio del montacarichi nell'edificio Area Attrezzata.

Gruppo Edilizia

Staff

O. Cerafoli (Resp.), A. Stagno

Il Gruppo Edilizia ha continuato a curare i settori di competenza che riguardano la costruzione e la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere edili ed infrastrutturali del Centro.

Gli interventi principali sono stati: l'acquisto di terreni, l'indagine geognostica per il nuovo edificio A.E., le modifiche e ristrutturazioni di edifici esistenti fra cui:

- ristrutturazione edificio Magazzino-Direzione;
- modifiche interne Lab. Adone;
- modifiche interne Lab. Fotografico;
- costruzione collegamento edifici Jet-Target e Leale;
- ristrutturazione baracca bagni galvanici;
- ristrutturazione servizi igienici edificio Linac.

Tra le attività più rilevanti nel campo delle nuove realizzazioni edilizie si elencano:

- la progettazione di massima del Laboratorio da adibire a sala sperimentale nel campo della "Litografia con raggi X";
- la progettazione dell'edificio per uso Bar;
- la progettazione di massima per la ristrutturazione ed ampliamento del prefabbricato PULS;
- progettazione per ampliamento servizi igienici edifici Lab. Adone ed Aree Attrezzate;
- studio per ampliamento capannone Gran Sasso per antenna gravitazionale ed impianti criogenici;
- studio e realizzazione di lavori conseguenti a varie esigenze dei gruppi di ricerca.

Il Gruppo Edilizia inoltre ha svolto la propria attività anche in settori di carattere più generale che riguardano:

- programmi di sviluppo territoriali dei LNF (varie fasi di acquisto terreni);
- rapporti con Enti Locali per quanto concerne permessi, autorizzazioni e programmi di sviluppo futuri;
- commissioni di appalto per la costruzione di nuovi edifici sia all'interno dei LNF che all'esterno (Gran Sasso);

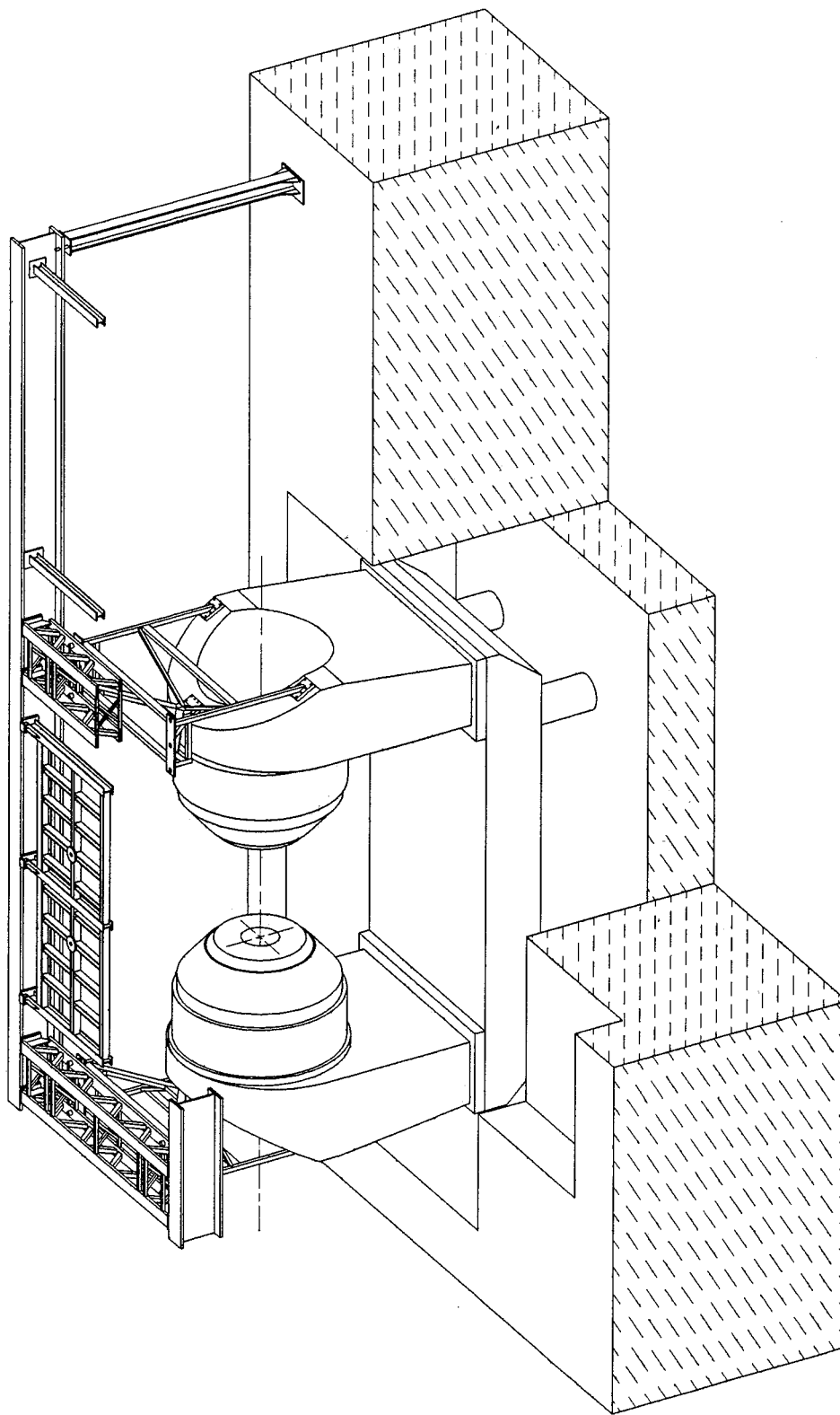


FIG. 76 - Struttura di supporto del detector OBELIX.

- commissione sicurezze del centro;
- rapporti con il Ministero competente per la sistemazione strada vicinale della Perazzeta e raddoppio cavalcavia per dare corso a quanto stabilito dalla legge 574 del 26/7/78.

UNITA' DI INGEGNERIA CAD-CAE

Staff

A. Beatrici, F. Sgamma (Resp.)

Questo gruppo, formato nel 1988, svolge attività ingegneristica di supporto alla progettazione meccanica con l'uso di sistemi avanzati per l'analisi strutturale con gli elementi finiti, con la creazione di programmi di calcolo specifici per singoli problemi, e utilizza modellatori solidi nel disegno computerizzato. Addestra ed aggiorna il personale di altri servizi o gruppi relativamente all'uso dei sistemi CAD. Esegue, per i programmi dei Laboratori, progettazioni di particolare complessità implicanti l'utilizzo avanzato dei mezzi CAD/CAE in dotazione. L'attività svolta nel 1988 è stata:

- svolgimento di vari corsi di preparazione all'uso del CAD per personale dell'INFN;
- ampliamento del sistema hardware APOLLO sia per l'inserimento di nuove macchine (DN4000 e DN590 turbo) sia per l'estensione della rete a tutto l'Ufficio Tecnico dello SPECAS;
- assistenza per la soluzione di tutti i problemi hardware e software occorsi ai vari utenti del sistema;
- aggiornamento del sistema operativo delle macchine alla versione 9.7;
- aggiornamento del programma di CAD alla versione 11.5 per gli utenti di Frascati, con inizio della attività di debug i cui risultati sono stati diffusi a tutte le sezioni INFN interessate;
- studio ed analisi di vari programmi:
- modellatore solido GEOMOD (in visione dalla S.D.R.C. per tre mesi);
- versione "beta" (11.99) dell'S7000;
- modellatore solido ALISEO fornito dalla ITALCAD;
- esecuzione di test sulle prestazioni di varie piattaforme hardware relativamente ad applicazioni grafiche;
- attività di coordinamento tra le 11 sezioni INFN interessate e l' ITALCAD tramite la diffusione delle informazioni relative a problemi software e hardware;
- intensa attività di aggiornamento relativo al panorama delle varie macchine necessarie ad un sistema CAD ed ai programmi attualmente disponibili sul mercato ed ai loro futuri sviluppi: questa attività è indispensabile visto l'enorme grado di crescita che questi sistemi stanno avendo in questi anni;
- uso di codici di calcolo ad elementi finiti per vari problemi strutturali;

- progettazione meccanica del prototipo del magnete onduttore di LISA (Fig. 74);
- uso della modellazione solida in attività di supporto per la progettazione meccanica di apparati svolta da altri Servizi (Figg. 75, 76).

SERVIZIO FOTOGALVANICA

Staff

R. Baldini, V. Chiarella (Resp.), G. Di Giovanni, C. Federici, D. Riondino

Il 1988 ha visto una completa ristrutturazione del Servizio Rivelatori con il passaggio dell'OFTA allo SPECAS e la conseguente ridenominazione del servizio stesso in Servizio Fotogalvanica.

Nell'ottica conseguente, sono stati effettuati gli investimenti atti sia a completare gli sviluppi già avviati, quali il CAD elettronico, in particolare per la produzione dei masters, con l'addestramento di tecnici specialisti e l'acquisto di un photoplotter, sia ad aprire nuovi campi, quali la documentazione videografica, con l'acquisto di un sistema di ripresa di livello semiprofessionale.

Altrettanto è stato fatto per quanto riguarda la grafica per pubblicazioni scientifiche con l'acquisizione di un nuovo sistema computerizzato.

Una parte di fondi sono stati infine dedicati a lavori atti ad adeguare lo stoccaggio delle scorie da lavorazioni fotogalvaniche alle più recenti normative in materia di sostanze tossiche.

SERVIZIO MAGAZZINI

Staff

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

Questo servizio, creato nel 1988, gestisce le attrezzature e gli spazi destinati all'immagazzinamento dei materiali utilizzati per le attività del Centro che comprendono i componenti elettronici ed elettrotecnici, e i materiali di normale impiego nelle officine meccaniche del Centro (metalli per le lavorazioni, utensileria, materiali per manutenzione delle macchine utensili). Cura inoltre il carico e scarico, la gestione computerizzata dei prelievi, gli approvvigionamenti, la costituzione delle scorte ecc. Gestisce macchine per la preparazione dei materiali e dei semilavorati.

E' articolato in due Gruppi:

- Magazzino Centrale
- Magazzino Metalli

Un notevole lavoro organizzativo è stato svolto quest'anno per avviare e sviluppare il servizio e i risultati di maggior rilievo conseguiti sono:

- computerizzazione di carico/scarico e buoni prelievo per entrambi i magazzini su unico sistema informatico, in collaborazione con U.F. Funzionamento/EDP;
- censimento situazione giacenze, riorganizzazione, ricostituzione e ampliamento scorte magazzino centrale, fortemente carente di articoli richiesti nell'attività dei LNF;
- avvio, in collaborazione con U.F. Funzionamento, delle procedure di recupero prelevamenti con addebito agli utenti;
- creazione dei cataloghi degli articoli disponibili in entrambi i magazzini;
- inventario generale di fine anno;
- attività a servizio degli utenti che ha comportato l'emissione di 227 ordinativi per fornitura attrezzature e per reintegro e ampliamento scorte di materiali di uso generale, e circa 40.000 operazioni di scarico per un valore complessivo di 285.5 Ml di prelievi.

PROGRAMMA DI CRIOGENIA SUPERCONDUTTIVITA'

A questo programma, comune alla D.T. e alla D.M., partecipano:

A. Aragona, M. Barone, A. Cattoni, (Resp.), R. Ceccarelli, M. De Giorgi, S. Faini, G. Fiore, U. Gambardella, R. Lanzi, L. Maritato, G. Modestino, C. Sanelli, A. Savoia

Wiggler Superconduttore

Si tratta di un "insertion device" da installare su Adone per attività sperimentale di luce di sincrotrone con fotoni energetici. L'energia critica dello spettro di emissione dei bending della macchina è, all'energia del fascio di 1.5 GeV, pari a 1.5 keV; tale energia sale, con il Wiggler convenzionale esistente, a 2.7 keV e, con il wiggler superconduttore da 6 Tesla, raggiungerà i 9 keV. All'energia critica, con 100 mA di fascio, la macchina fornirà un flusso di circa 2.4×10^{12} Fot/s/mrad/ in 0.1% $\Delta\lambda/\lambda$ e, a 50 keV, fornirà ancora un flusso di fotoni nel range di 10^{11} sufficienti per la sperimentazione prevista (Fig. 77). Per questo progetto è stato studiato un diagramma di campo magnetico capace di deformare l'orbita degli elettroni nel wiggler in un solo bump (in luogo di una oscillazione a picchi positivi e negativi come avviene nei normali wiggler) consentendo la generazione di una sorgente di luce di sincrotrone a struttura molto semplice nel piano delle fasi radiale e verticale, costituita cioè da un solo spot luminoso (Figg. 78, 79). Ciò è particolarmente vantaggioso per esperimenti che debbano usare un'ottica di focaggio o luce polarizzata.

La costruzione del magnete, in corso presso l'Ansaldo Componenti è proseguita nel corso del 1988 con alterne vicende. Nella prima parte dell'anno si era verificata una situazione di stallo poiché il

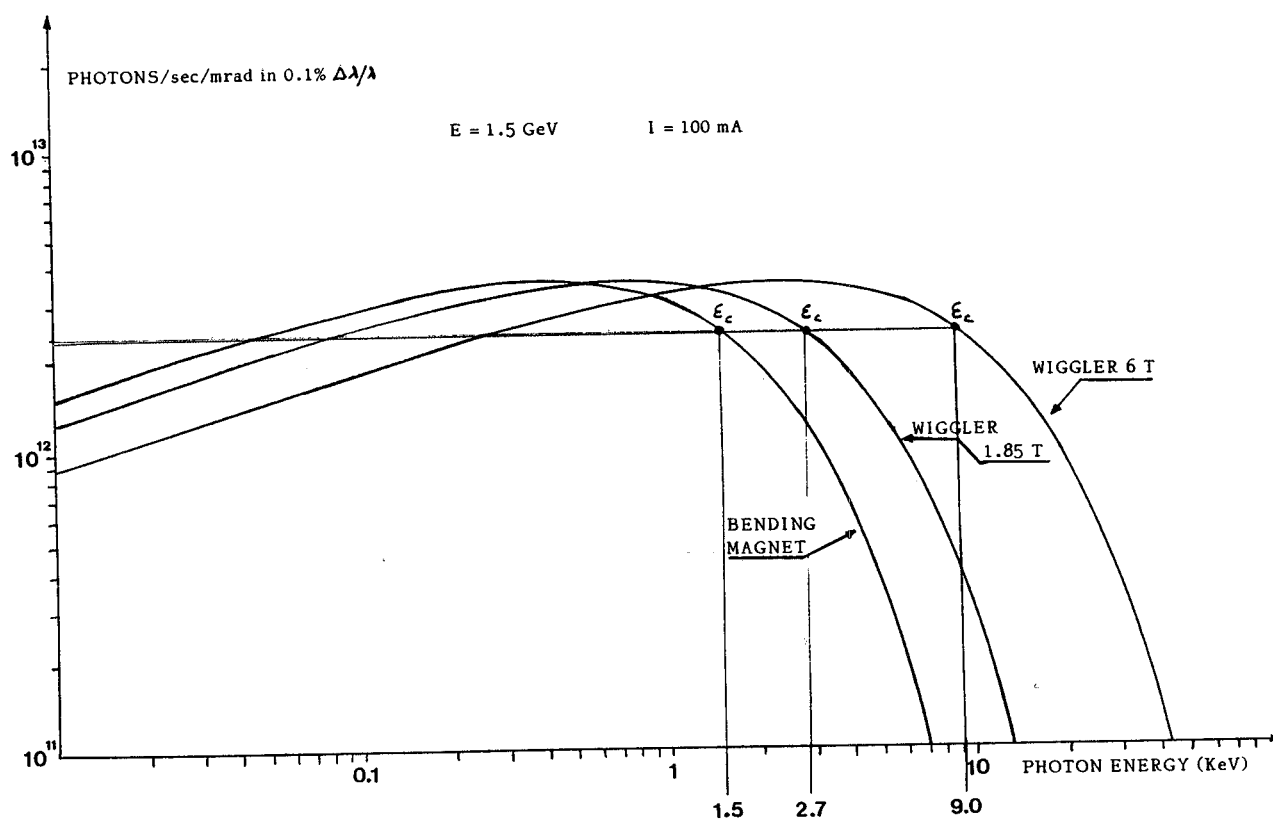


FIG. 77 - Curva di emissione universale.

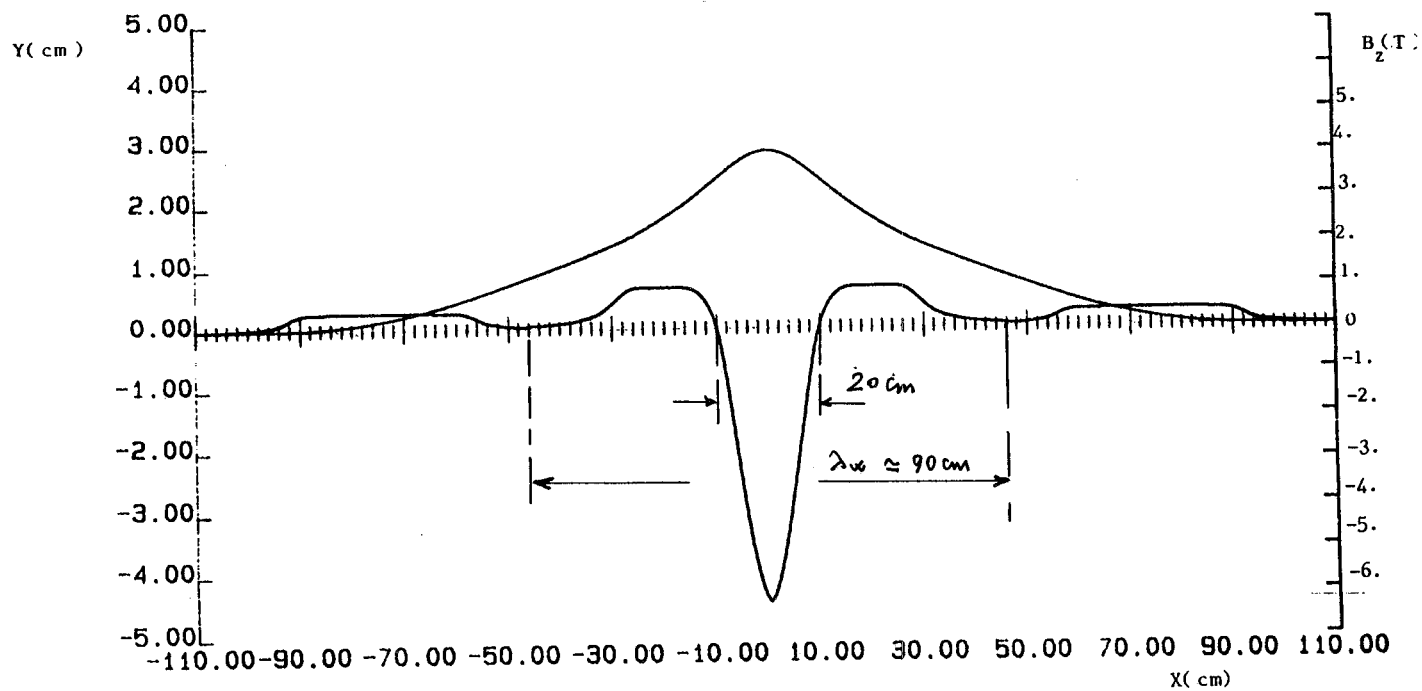


FIG. 78 - Diagramma di campo e orbita degli elettroni.

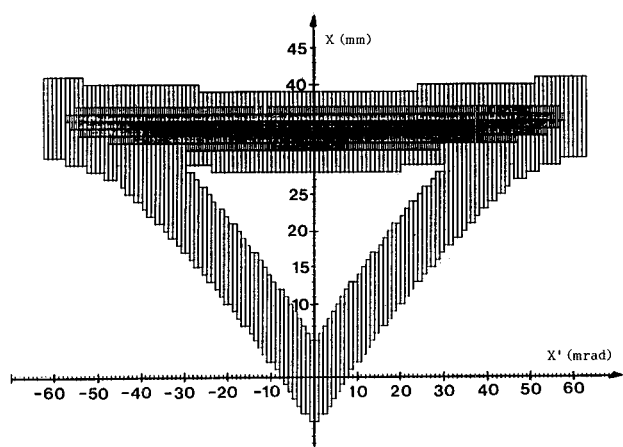


FIG. 79 - Rappresentazione della sorgente di luce di Sincrotrone nello spazio della fase radiale.

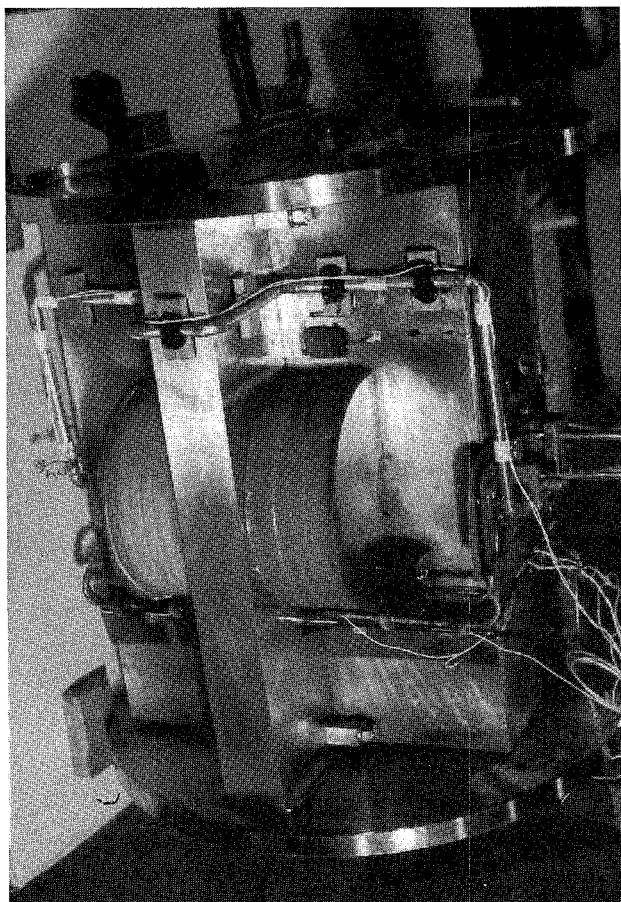


FIG. 80 - Parte fredda del Wiggler.

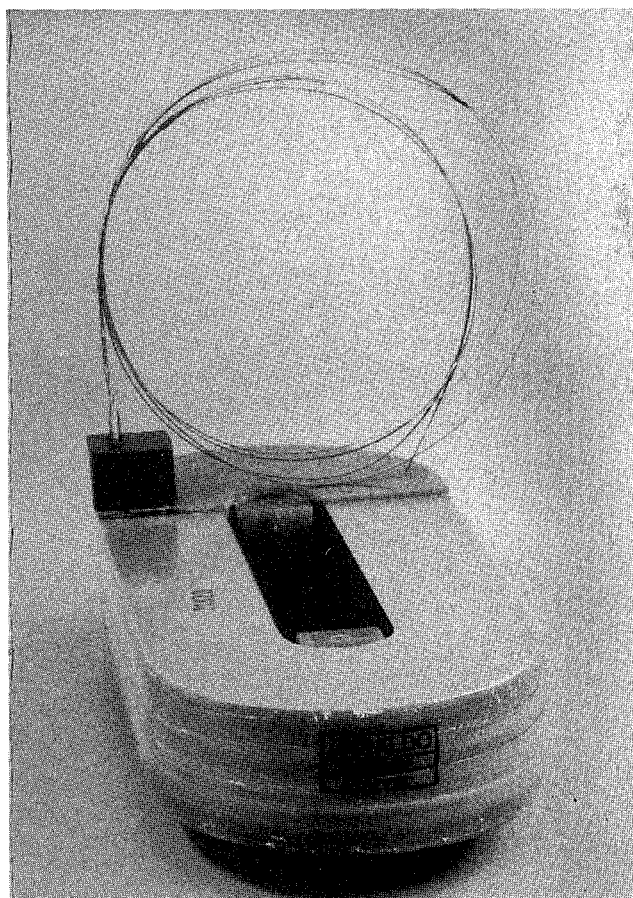


FIG. 81 - Bobina superconduttrice.

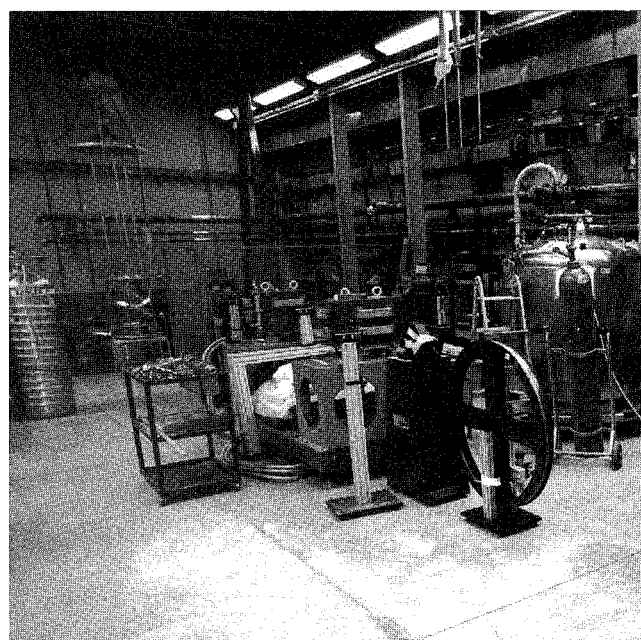


FIG. 82 - Coordinometro per sonde di Hall.

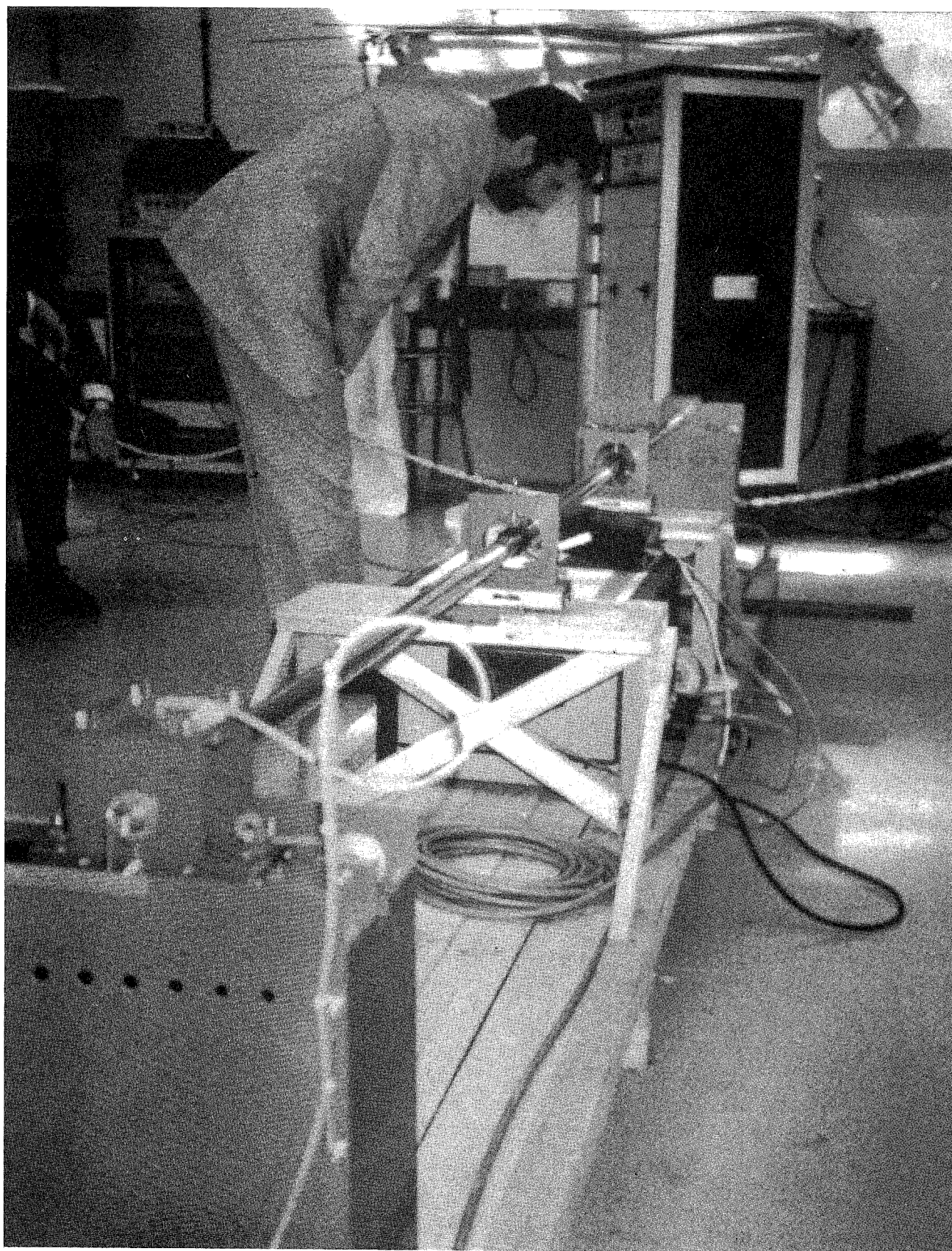


FIG. 83 - Coordinometro per misure integrali di campo.

criostato, costruito da un subfornitore, non aveva superato i collaudi di vuoto, inoltre, un incidente era accaduto nella costruzione della seconda bobina (rottura del cavo in fase di avvolgimento per mancato intervento di un fine corsa) causando ulteriori ritardi nell'approntamento del magnete. Compito del Gruppo è stato quello di esercitare una continua pressione sull'Ansaldo per rimettere in marcia la costruzione del magnete effettuando una puntuale verifica sugli stati di avanzamento. La situazione è stata rimessa sotto controllo con l'affidamento della costruzione del criostato ad un nuovo subfornitore di competenze adeguate; a fine anno le parti più critiche del criostato (Fig. 80) risultavano costruite e collaudate come pure la seconda bobina superconduttrice (Fig. 81). Il Gruppo si è anche dedicato alla messa a punto degli accessori e componenti necessari alle misure che si effettueranno prima dell'installazione del wiggler in Adone. E' stato approntato il sistema di misura sia con sonda di Hall (coordinatometro Contek) che a bobina rotante (Magnex) (Figg. 82, 83).

Cavità s.c. cella singola e sviluppo cavità

Nel Gennaio 1988 è stata affidata dal CERN ai laboratori una monocella superconduttrice in lamiera di niobio, precedentemente misurata nei suoi parametri caratteristici e, conseguentemente, si è iniziata l'attività sperimentale sulle cavità. Gran parte del 1988 è stata spesa per l'approvvigionamento e l'allestimento degli impianti di servizio necessari (acqua ultrapura e parete a flusso laminare) senza i quali non era possibile l'esposizione della cavità all'aria. Inoltre, sono stati realizzati ed assemblati i componenti meccanici della cavità fino alla definizione di tutto l'inserto per il criostato verticale di prova. In parallelo ai montaggi meccanici si è anche provveduto all'acquisizione di parte della strumentazione di diagnostica e misura (step motor per temperature mapping, manometro di precisione, misuratore di livello LHe, refill automatico di LN₂, espansione per sistema acquisizione dati).

Nel corso del 1988 sono state fabbricate le prime semi-celle di cavità a 500 MHz da un'industria italiana (Europa Metalli - LMI), un esemplare in acciaio, uno in rame ed un terzo in lastra di niobio. Questi sono gli elementi essenziali per un'attività di R&D condotta su tali dispositivi, sia per la linea di cavità realizzate con materiale bulk, sia per quella che prevede l'uso di film sottili depositati in una cella di rame. La linea di fabbricazione con bulk procede sia nella forma tradizionale (semi-celle formate al tornio e successivamente saldate EB - Ansaldo Componenti), sia nello sviluppo di cavità realizzate per formatura completa (idroformatura), senza la delicata saldatura a fascio elettronico lungo l'equatore (sviluppata presso la LMI). L'attività di fabbricazione di celle a film sottile (collaborazione LNF - CERN) di niobio è per ora allo stadio di fabbricazione della cavità-substrato in rame.

Programma LISA

Il programma LISA nel 1988 è stato dedicato principalmente alla definizione dei componenti

criogenici e superconduttori della macchina ed all'espletamento di tutte le formalità per emettere gli ordini necessari. Sono stati emessi gli ordini per le cavità superconduttrici ed i relativi criostati, e per il refrigerante. E' quindi iniziata l'attività di supervisione sugli avanzamenti dei progetti presso i rispettivi fabbricanti, coordinando inoltre le interfacce comuni di questi impianti. La caratteristica evolutiva del programma LIS-A ha reso necessaria una interazione continua con le ditte fornitrici per adattare le variazioni del progetto alle forniture in corso. Lo stato alla fine del 1988 risulta comunque ad un buon grado di definizione per le cavità, ed in fase di realizzazione del compressore, cold box, e turbine, per il refrigeratore.

Materiali superconduttori e film sottili

A fine giugno '88 è stato consegnato collaudato il sistema di fabbricazione di film sottili planari (Leybold L560), dando così la possibilità ai LNF di partecipare all'attività di ricerca sui materiali superconduttori in film sottile di potenziale applicazione in cavità superconduttrici. In quest'ambito ha trovato un diretto impiego la strumentazione di misura e caratterizzazione elettrica di proprietà superconduttrici precedentemente acquisita. Questa prima fase ha visto la fabbricazione di alcuni campioni di film di niobio, e la loro caratterizzazione (misure di resistività in funzione della temperatura, (Fig. 84) temperatura critica e suo andamento in funzione del campo magnetico) (Fig. 85). E' inoltre stato messo a punto un programma di attività di sviluppo per materiali con CERN (C. Benvenuti), Università di Salerno (R. Vaglio), LNL (E. Palmieri), che coinvolge il Gruppo per lo studio delle leghe NbZr e NbTi con i relativi nitruri e carbonitruri.

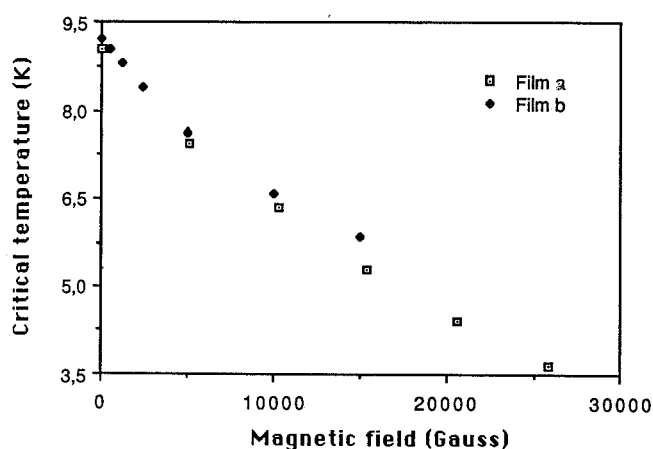


FIG. 84 - Curva di trasmissione.

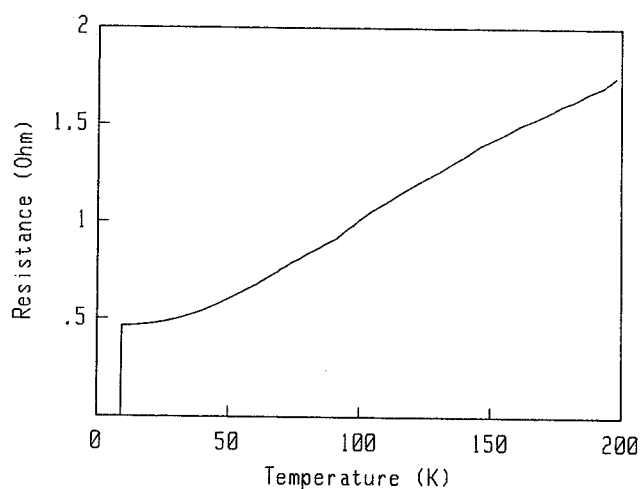


FIG. 85 - Andamento della temperatura critica in funzione del campo magnetico.

Memorandum

- C. Sanelli: "Valutazioni preliminari sul progetto elettromagnetico della bobina per Smash", MA-56 - 15/1/88.
- L. Maritato: "Progetto criogenico di massima per la bobina superconduttrice di SMASH", MA-57 - 29/2/88.
- C. Sanelli: "Ondulatore per LISA - Progetto elettromagnetico con codice 3D MAGNUS", LIS-17 - 8/3/88.
- C. Sanelli: "Ondulatore per LISA. Progetto elettromagnetico dei poli terminali", LIS-20 - 7/4/88.
- C. Sanelli: "Alimentazione del prototipo dell'ondulatore LISA", IDT-20 - 12/4/88.
- C. Sanelli: "Quadrupoli per il canale di trasporto Gun-RF cavity", LIS-22 - 16/6/88.
- G. Di Pirro, G. Modestino, L. Trasatti: "La fuga - ovvero come trasferire un programma Fortran da macchine DEC a Macintosh", LIS-26 - 15/7/88.
- C. Sanelli: "Prime misure sui magneti compensatori di SCOW", SCOW-22 - 20/10/88.
- C. Sanelli: "Misura del campo residuo e caratteristiche B-I dei magneti compensatori con magnetometro integratore E6000", SCOW-23 - 28/10/88.
- G. Fuga: "Previsioni di assorbimento di energia elettrica per il 1990 ed approccio tecnico preliminare relativo alla eliminazione della fornitura a 60 kV da parte dell'ENEL", IDT-21 - 11/11/88.

Pubblicazioni LNF e Contrubuti Conferenze

- C. Benvenuti, Ph. Bernard, J. Bisognano, R. Boni, I.E. Campisi, E. Chiaveri, U. Gambardella, E. Haezel, Ch. Leeman, H. Lengeler, M. Minestrini, G. Modestino, D. Proch, B. Spataro, F. Tazzioli "Superconducting RF system and cryogenics", Workshop on Heavy-Quark Factory and Nuclear-Physics Facility with Superconducting Linacs", Courmayeur. Dec. 1-18, 1987 - SIF, Conference Proceedings, Vol. 9, p.209 (1988).
- L. Maritato and C. Sanelli: "Preliminary electromagnetic and cryogenic calculations of SMASH superconducting coil", LNF-88/18 (R) - 1/4/88.
- G. Battistoni, V. Chiarella, U. Denni, J. Reynolds: "The use of n-Hexane in the gas mixture for streamer tubes", Submitted to Nucl. Instr. & Meth. and LNF-88/29 (P), 1/6/88.
- U. Gambardella and G. Paternò: "Transport critical current measurements on Y1Ba2Cu3O7", LNF - 88/32 (R).
- F. Tazzioli, A. Aragona, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, A. Cattoni, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, S. De Simone, S. Faini, U. Gambardella, S. Guiducci, S. Kulinski, L. Maritato, G. Modestino, P. Patteri, M.A. Preger, C. Sanelli, A. Savoia, M. Serio, B. Spataro, S. Tazzari, M. Vescovi: "The linear superconducting accelerator project LISA", Proceedings of EPAC '88, Rome June 7-11, 1988.
- L. Palumbo, M. Bassetti, E. Bernieri, E. Burattini, A. Cattoni, Q.H. Chen, V. Chimenti, C. Mencuccini, L. Picardi, R. Rinzi, C. Sanelli, S. Tazzari, F. Tazzioli: "Design study of a synchrotron radiation source for X-Ray lithography", ibid.
- R. Ceccarelli, M. De Giorgi, S. Faini, G. Fiore, R. Lanzi, L. Maritato: "Realizzazione e prima caratterizzazione di film sottili di Niobio con tecniche di sputtering", LNF-88/51 (NT), 12/9/1988.
- A. Aragona, C. Biscari, R. Boni, M. Castellano, A. Cattoni, N. Cavallo, F. Cevenini, V. Chimenti, S. De Simone, S. Faini, U. Gambardella, S. Guiducci, S. Kulinski, L. Maritato, G. Modestino, C. Pagani, P. Patteri, M.A. Preger, M. Serio, B. Spataro, S. Tazzari, F. Tazzioli, M. Vescovi: "Work on superconducting linacs in progress in Frascati", Proceedings of 1988 Linear Accelerator Conference, Williamsburg, October 3-7, 1988.
- U. Gambardella, G. Paternò, G. Alvani, S. Casadio: "Fabrication process and superconducting behavior of sintered Y1Ba2Cu3O7 ceramic samples", Submitted to Il Vuoto, Scienza e Tecnologia and LNF-88/61 (P), 31/10/88.
- M. Cirillo, U. Gambardella, S. Pace, "Fluxon dynamics in long Josephson junctions", Physica Scripta Vol. 38 (1988), 600.
- G. Paternò, C. Alvani, S. Casadio, U. Gambardella, L. Maritato, "Small field behavior of critical current in Y1Ba2Cu3O7 sintered samples", Appl. Phys. Lett. 53 7 (1988), 609.
- G. Paternò, C. Alvani, S. Casadio, U. Gambardella, L. Maritato, "Transport critical current in bulk sintered YBa2Cu3O7 in weak magnetic field", Physica C 153-155 (1988), 1341.
- G. Balestrino, U. Gambardella, Y. L. Liu, M. Marinelli, A. Paoletti, P. Paroli, G. Paternò, "Growth of thick single crystals of the high Tc superconductor Bi2Sr2CaCu2O8+x", Jour. of Crystal Growth 92 (1988), 674-676.
- G. Balestrino, U. Gambardella, Y. L. Liu, M. Marinelli, A. Paoletti, P. Paroli, G. Paternò, "Growth of single-crystals of the high temperature superconductors 'YBCO' (Y1Ba2Cu3O7-x) and 'BISCCO 2212' (Bi2Sr2CaCu2O8+x)", to be published in Vuoto, Scienza e Tecnologia
- G. Balestrino, U. Gambardella, M. Marinelli, A. Paoletti, P. Paroli, G. Paternò, "Superconducting properties of the Bi-Sr-Ca-Cu oxide system", to be published in Vuoto, Scienza e Tecnologia.
- G. Balestrino, U. Gambardella, M. Marinelli, A. Paoletti, P. Paroli, G. Paternò, "Electrical, magnetic and transport critical current properties of the 2201, 2212, and 2223 phases of 'BSCCO'", submitted to Journal of Superconductivity.
- M. Barone, "Ulteriori sviluppi del programma di superconduttività presso i Laboratori INFN di Frascati", Il Nuovo Saggiatore 4, 4 (1988), 10.

SERVIZI DI CENTRO

SERVIZIO DI CALCOLO

Componenti del gruppo

O.Ciaffoni, M.L.Ferrer (Resp.), A.Martini, M.Pistoni, M.A. Spano Melorio

Le risorse di calcolo locale centralizzate sono fornite da un VAX 8650, con 96 Mbytes di memoria centrale, 6 dischi di circa 3.2 Gbytes di capacità complessiva (5 RA81 e un RA82) e tre unità a nastro magnetico. Il sistema operativo utilizzato è il VMS v4.7.

L'accesso al calcolatore avviene attraverso una serie di "Terminal Server" distribuiti su tutta la rete Ethernet che attualmente copre tutte le aree di lavoro dei Laboratori. E' possibile l'accesso oltre che dalla rete INFNET utilizzando il protocollo DECNET, anche utilizzando una serie di linee gestite da modem con possibilità di autochiamata.

E' funzionante una rete locale Thin-Ethernet con la definizione di una "Local Area VAX Cluster" che permette l'utilizzo di VAX-Station senza dischi di appoggio locali. Il membro principale di questo cluster è un μ VAX II non in cluster con il VAX 8650, secondo le attuali specifiche software.

E' funzionante il software JNET che permette l'inserimento nella rete EARNET/BITNET dei Laboratori come nodo IRMLNF. Il collegamento avviene tramite il nodo IRMIAS della sede IAS del CNR. La linea fisica, a 9600 bps, viene gestita da un'interfaccia DMF32.

Alla fine dell'anno è stato sostituito il router DECNET con un nuovo modello, il Microserver DEC, che permette la gestione delle linee di comunicazione indipendentemente dal fatto che esse siano utilizzate per il protocollo DDCMP o X25. Attualmente il Microserver gestisce le seguenti linee:

- LNF-CNAF (9600 bps). Protocollo X25 per accesso alla rete X25 privata dell'INFN che è collegata con le reti X25 private dei diversi centri di calcolo nazionali e del CERN. Su questa linea è sempre attivo un "Data Link Mapping" o circuito DECNET tra il VAX 8650 (VAX LNF) e un μ VAX II del CNAF (INFNGW), in modo da permettere il traffico DECNET quando il link verso il nodo di Roma non sia funzionante.

- LNF-INFN Roma (48000 bps). Linea DDCMP utilizzata per l'intero traffico DECNET, poiché l'attuale versione del protocollo non permette la condivisione di diverse linee fisiche collegando gli stessi nodi.

- Linea a 4800 bps verso il concentratore ITAPAC di Roma.

- Verrà installata la linea in protocollo X25 che collega con ESRIN, Dipartimento dell'ESA a Frascati, che attualmente viene gestita da VAXLNF. Questa linea permette l'interconnessione a livello

italiano delle reti SPAN (comunità ESA-NASA) e HIPNET (la rete della fisica delle Alte Energie, della quale INFNET fa parte).

Il servizio di stampa locale è fornito da stampanti locali collegate attraverso terminal server e da stampanti parallele: QMS e LASERJET.

E' installato sul VAX 8650 il software di interfacciamento verso il servizio di telex ITA-03 dell' Eurotech.

Il servizio di posta elettronica continua ad essere fornito attraverso DECNET, EARNET/BITNET e ITAPAC. Contemporaneamente i laboratori collaborano con il CNAF per la definizione di domini X400 secondo il programma di migrazione della rete HEPNET verso gli standard di comunicazione definiti dalle organizzazioni internazionali. Il VAX 8650 è attualmente accessibile attraverso questo protocollo X400.

E' stato installato su VAXLNF un disco ottico che verrà utilizzato dai gruppi di ricerca di Fisica Nucleare.

I programmi di espansione per l' anno 1989 prevedono tra l' altro installazioni di calcolatori di gruppo in cluster con il VAX 8650 e di stazioni di lavoro grafiche sulla rete Ethernet. In particolare:

- VAX 6220 per gli esperimenti CDF e ALEPH;
- HSC70 con una configurazione di 8 dischi RA81, 8 dischi RA82 e 4 dischi RA90;
- stampante veloce a moduli continui ;
- stazione di lavoro grafico tipo VAX-Station.

FISICA SANITARIA

Componenti del gruppo

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

Nel corso del 1988, l'U.F. Fisica Sanitaria ha, come di consueto, garantito la sorveglianza fisica della radioprotezione nei LNF in ottemperanza a quanto previsto dalla vigente normativa di legge.

Le più importanti azioni assicurate hanno riguardato l'assistenza alla Divisione Macchine nella fase di riavvio del complesso Linac-Adone-Leale, dopo la lunga fermata dedicata ad operazioni di manutenzione e all'installazione degli esperimenti Jet Target e Fenice, e la preparazione della documentazione tecnica da inviare alle Autorità Vigilanti per le ulteriori modifiche apportate (per es. canale CALF, ampliamento del Laboratorio Ladon, etc.).

Si è poi portato a termine lo studio dei problemi di radioprotezione per il progetto LISA e predisposto il relativo rapporto tecnico nell'ambito della pratica di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio della nuova macchina.

Si è inoltre preso parte, con risultati positivi, alla "1ª Campagna Nazionale di intercalibrazione delle apparecchiature di dosimetria gamma ambientale" organizzata dall'ENEA.

Sono proseguite le attività di studio nel campo della dosimetria dei neutroni, con orientamento verso la messa a punto di strumentazione idonea per effettuare misure in termini delle nuove grandezze operative introdotte per il controllo dell'irradiazione esterna.

Pubblicazioni

- (1) - K. Parthasaradhi, A. Esposito, M. Pelliccioni and S. Mobilio, Photon cross sections near the X-Ray-Absorption edges of Ti, Ni, Pt and Au, Phys. Rev. A, vol. 38, No. 3, pag. 1608-11.
- (2) - A. Esposito e M. Pelliccioni, Studio sulle concentrazioni dei nuclidi radioattivi artificiali nelle matrici ambientali e alimentari legate alla produzione del vino, LNF-88/12(R), 19 Febbraio 1988.
- (3) - M. Pelliccioni, ICRP and dosimetric quantities, Rad. Prot. Dos., 22, 129, 1988.
- (4) - M. Pelliccioni and A. Zanini, Calculation of dose equivalent index, effective dose equivalent and ambient dose equivalent for the giant-resonance neutron spectra produced at an electron accelerator, Rad. Prot. Dos., 23, 333, 1988.

MEDICINA DEL LAVORO

Componenti del gruppo

E. Righi (Resp.), P. Rufini

Associato

A. Del Nero (Università Roma I)

Collaboratori esterni

G. Altomano (medico autorizzato per la radioprotezione), R. Cozza (oculista), V. De Simone e M. De Simone (pronto soccorso).

Nell'anno 1988 il Servizio di Medicina del Lavoro (S.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).

Il S.M.L. ha effettuato inoltre i controlli sanitari e di igiene ambientale per i rischi convenzionali (D.P.R. n. 303/1956).

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

Sono stati anche studiati gli aspetti tecnico-organizzativi per l'attuazione operativa del programma di protezione sanitaria nell'impiego dei videoterminali.

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

Accanto agli aspetti più propriamente operativi, il S.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), già svolto in una prima fase nell'ambito del gruppo CARIOPEPR;
2. coordinamento di un gruppo di studio AIRM (costituito da esperti dell'ENEA e dell'INAIL e di magistrati) per la valutazione del rapporto di causalità tra esposizione a radiazioni ionizzanti e tumori.

Pubblicazioni

- (1) - E. Righi, M. Di Pofi, G. Trenta: "Tumori in soggetti radioesposti e nesso causale di probabilità (probability of causation)". LNF-88/16(P).
- (2) - E. Righi: "Significato protezionistico degli indicatori biodosimetrici". LXXIV Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica, Urbino, 6-11 ottobre 1988 (relazione su invito).

BIBLIOTECA, DOCUMENTAZIONE, TIPOGRAFIA

Componenti del gruppo

R. Baldini Ferroli (Resp.), L. Invidia, G. Leoni, M. Pacifici, G. Romagnoli

La Biblioteca anche quest'anno ha avuto un incremento di circa 450 volumi. Ai libri acquistati su segnalazione vanno aggiunti quelli pervenuti per donazione o scambio. Gli abbonamenti a riviste non hanno subito particolari variazioni, tranne la tendenza ad aumentare quelle in dotazione ai vari gruppi. Il totale è di 236 titoli complessivi.

L'attività del Servizio Documentazione é rivolta, come sua caratteristica, a tutti gli utenti allo scopo di pubblicare la documentazione scientifica relativa alle ricerche effettuate nei Laboratori, unitamente alle collaborazioni nazionali ed estere.

Anche quest'anno quindi sono state curate e pubblicate 77 Note Interne LNF, 47 Note Interne INFN e 35 manoscritti per Riviste, Proceedings di Conferenze, oltre naturalmente all'edizione annuale del Rapporto di Attività 1987. La Documentazione ha inoltre curato l'edizione del "Libretto di

Radio-protezione", e delle "Norme per la protezione dalle radiazioni ionizzanti nell'area Linac-Adone-Leale".

Non si può trascurare la gestione della mailing list rivolta alla distribuzione delle pubblicazioni scientifiche dei Laboratori Nazionali di Frascati, la quale ha avuto un moderato incremento raggiungendo le 380 unità, comprendendo le richieste nazionali ed estere.

L'impegno per l'organizzazione di Conferenze da parte dei Laboratori Nazionali di Frascati nel 1988 è stato notevole. In particolare si è curata l'edizione dei Proceedings relativi a:

- "Les Rencontre de Physique de la Vallée d'Aoste Supernova 1987A, One Year Later Results and Perspectives in Particle Physics" - 26 Febbraio / 5 Marzo 1988,
- "2nd Bruno Touschek Memorial Lectures" INFN - Laboratori Nazionali di Frascati - Frascati 16-20 Maggio 1988;
- "Epac - European Particle Accelerator Conference" - 7/11 Giugno 1988;
- "Nucleon Structure Workshop - Fenice Experiment and Investigation of the Neutron Form Factor" - 27-28 Ottobre 1988.

Infine la Documentazione ha provveduto ad automatizzare il lavoro di gestione al fine di ottenere un funzionamento più efficiente nei confronti degli utenti, in relazione alle loro esigenze, per accelerare i tempi reali delle pubblicazioni scientifiche e per agevolare il lavoro di routine. Questa automatizzazione è stata effettuata grazie all'utilizzazione dei programmi Macintosh.

Si prevede l'acquisto di un Mac II con 5 Mbyte di memoria con il quale si potrà gestire il Servizio nel suo complesso con maggiore versatilità.

Pubblicazioni

- Proc. "Nucleon Structure Workshop - Fenice Experiment and Investigation of the Neutron Form Factor" - 27-28 Ottobre 1988, in press.

PUBBLICAZIONI

- 88/5 F. Celani, R. Messi, N. Sparvieri and S. Pace:
METODO DI PREPARAZIONE DI SUPERCONDUTTORI CERAMICI AD ALTA
TEMPERATURA CRITICA CARATTERIZZATI DA BUONE PROPRIETA'
DIAMAGNETICHE
Nuovo Saggiatore. 4, n. 1 7-11 (1988)
- 88/10 The MACRO Collaboration: M. Calicchio, G. Case, C. Demarzo, O. Erriquez,
C. Favuzzi, N. Giglietto, E. Nappi, F. Posa, P. Spinetti, F. Baldetti, S. Cecchini, G.
Giacomelli, F. Grianti, G. Mandrioli, A. Margiotta, L. Patrizii, G. Sanzani, P. Serra,
M. Spurio, S. Tahlen, A. Ciocio, M. Felcini, D. Ficenec, J. Incandela, A. Marin, J.
Stone, L. Sulak, W. Worstell, B. Barish, C. Lane, G. Liu, C. Peck, G. Poulard, H.
Sletten, S. Cohen, N. Ide, A. Manka, R. Steinberg, G. Battistoni, H. Bilokon, C.
Bloise, P. Campana, V. Chiarella, A. Grillo, E. Iarocci, A. Marini, J. Reynoldson, A.
Rindi, F. Ronga, L. Satta, M. Spinetti, V. Valente, R. Heinz, S. Mufson, J. Petrakis,
P. Monacelli, A. Reale, M. Longo, J. Musser, C. Smith, G. Tarlé, M. Ambrosio, B.C.
Barbarino, F. Grancagnolo, A. Onnembo, V. Palladino, C. Angelini, A. Baldini, C.
Bemporad, V. Flaminio, G. Giannini, R. Pazzi, G. Auriemma, M. De Vincenzi, E.
Lamanna, G. Martellotti, O. Palamara, S. Petrera, L. Petrillo, P. Pistilli, G. Rosa,
A. Sciubba, M. Severi, P. Green, R. Webb, V. Bisi, P. Giubellino, A. Marzari Chiesa
and L. Ramello:
THE MACRO DETECTOR AT THE GRAN SASSO LABORATORY
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. A264, 18 (1988)
- 88/26 F. Palumbo:
STRONG COUPLING EXPANSION IN THE NON COMPACT FORMULATION
OF YANG-MILLS THEORIES ON A LATTICE
- 88/28 S. Kheifets, L. Palumbo and V.G. Vaccaro:
ELECTROMAGNETIC FIELDS SCATTERED BY A CHARGE MOVING ON THE
AXIS OF A SEMI-INFINITE CIRCULAR WAVEGUIDE: RADIATION SPECTRUM
AND LONGITUDINAL IMPEDANCE
IEEE Trans. NS-34 n. 5 1094, (1987)
- 88/33 F. Celani, F. Cardone and S. Pace:
NEUTRINO MASS DETERMINATION BY B DECAY SPECTRUM/PRESENT AND
FUTURE SITUATION
Adv. Phys. Cond. Matter ISBN
- 88/37 E. Burattini, G. Cappuccio, M.C. Ferrari, M. Gandolfo, P. Vecchia and
Sh.M. Efendiev:
MEDIUM INFRARED TRANSMITTANCE AND REFLECTANCE SPECTRA OF
 $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, AND $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ SINGLE CRYSTALS
Op. Soc. of America B5, 714 (1988)
- 88/49 A. Filipponi, E. Evangelisti, E. Bernieri and S. Mobilio:
DOUBLE-ELECTRON EXCITATION AT THE Si K-EDGE OF AMORPHOUS
SILICON
J. de Phys. Coll. C9, suppl. au n. 12, Tome 48 (1987)

- 88/53 F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco and J.Ph. Guillet:
HIGHER-ORDER CORRECTIONS TO QCD JETS
Phys. Lett. B210, n. 1, 2 225 (1988)
- 88/57 S. Bellucci:
O (α') CONFORMAL ANOMALY AND STRING THEORY EFFECTIVE ACTION
FOR σ - MODELS WITH TORSION
Prog. Theor. Phys. 79, n. 6 1288 (1988)
- 88/59 F. Balestra, S. Bossolasco, M.P. Bussa, L. Busso, L. Fava, L. Ferrero, D. Panzieri,
G. Piragino, F. Tosello, R. Barbieri, G. Bendiscioli, R. Rotondi, P. Salvini,
A. Zenoni, Yu. A. Batusov, I.V. Falomkin, F. Nichitiu, G.B. Pontecorvo,
M.G. Sapozhnikov, V.I. Tretyak, C. Guaraldo, A. Maggiora, E. Lodi Rizzini,
A. Haatuft, A. Halsteinslid, K. Myklebost, J.M. Olsen, F.O. Breivik, T. Jacobsen
and S.O. Sorensen:
LIGHT NUCLEUS PRODUCTION IN $\bar{p}^4$ He ANNICHILATION BETWEEN 0
AND 600 MeV/c
Nuovo Cimento A100, n. 3 323 (1988)
- 88/63 A. Di Cicco, A. Bianconi, M. Benfatto, A. Marcelli, C.R. Natoli, P. Pianetta and J.
Woicik:
ORIENTATIONAL DISORDER IN AMORPHOUS SILICON PROBED BY XANES
(X-RAY ABSORPTION NEAR EDGE STRUCTURE)
Phys. Scripta 38, 408 (1988)
- 88/65 A. Falvard, Z. Ajaltouni, H. Jnad, J. Jousset, B. Michel, J.C. Montret, R. Baldini, A.
Calcaterra, G. Capon, J.E. Augustin, G. Cosme, F. Couchot, F. Fulda, G.
Grosdidier, B. Jean-Marie, V. Lepeltier, F. Mane, G. Szklarz, D. Bisello, G. Busetto,
L. Pescara, P. Sartori and L. Stanco:
STUDY OF HADRONIC J/ψ DECAYS INVOLVING ϕ AND ω PRODUCTION
Phys. Rev. 38D, 2706 (1986)
- 88/69 A. Filipponi, E. Evangelisti, E. Bernieri and S. Mobilio:
DOUBLE-ELECTRON EXCITATION AT THE Si K-EDGE OF AMORPHOUS
SILICON
J.de Phys. Coll. C9, 961 (1987)
- 88/70 M. Federico, G. Galli, S. Magazù, D. Majolino and E. Burattini:
STUDY OF THE GLASS TRANSITION REGION IN AMORPHOUS SELENIUM
BU EXAFS
Nuovo Cimento 10D, 425 (1988)
- 88/72 A. Filipponi, E. Bernieri and S. Mobilio:
MULTIELECTRON EXCITATIONS IN X-RAY-ABSORPTION SPECTRA OF α -
Si:H
Phys. Rev. C38, 3298 (1988)
- 88/73 N. Cavallo F. Cevenini, M.R. Masullo, M. Castellano, S. Guiducci, P. Patteri, M.A.
Preger and M. Serio:
FINAL REPORT ON THE LELA EXPERIMENT
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. A272, 64 (1988)

- 88/74 M.H. Tixier, Z. Ajaltouni, A. Falvard, J. Jousset, B. Michel, J.C. Montret, D. Pallin, A. Antonelli, R. Baldini, J.E. Augustin, G. Cosme, F. Couchot, F. Fulda, G. Grosdidier, B. Jean-Marie, V. Lepeltier, F. Mane, G. Szklarz, D. Bisello, G. Busetto, L. Pescara, P. Sartori and L. Stanco:
LOOKING AT CP INVARIANCE AND QUANTUM MECHANICS IN $J/\psi \rightarrow \Delta \bar{\Delta}$ DECAY
Phys. Lett. B212, 532 (1988)
- 88/76 G. Basini, A. Morselli, M. Occhigrossi, M. Ricci, P. Spillantini, F. Bongiorno, P. Picozza, A. Codino, M. Menichelli and S. Bartalucci:
A CALORIMETER COUPLED WITH A MAGNETIC SPECTROMETER FOR THE DETECTION OF PRIMARY COSMIC ANTIPROTONS
Nuovo Cimento 11C, 339 (1988)
- 88/77 L. Maritato, A.M. Cucolo, R. Vaglio, C. Noce, J.L. Makous and Charles M. Falco:
ELECTRONIC AND SUPERCONDUCTING PROPERTIES OF Mo-Ta SUPERLATTICES
Phys. Rev. B38, 12917 (1988)

PUBBLICAZIONI-LNF

- 88/1(P) A. Rindi, F. Celani, M. Lindozzi and S. Miozzi:
UNDERGROUND NEUTRON FLUX MEASUREMENT
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. A272, 871 (1988)
- 88/2(PT) E. Etim:
SYMMETRIES OF RANDOM SYSTEM FROM THE FOKKER-PLANCK EQUATIONS
Nuovo Cimento A101, 455 (1989)
- 88/3(RT) F. Aversa:
JET-JET P_L DISTRIBUTIONS IN THE $qq \rightarrow qqg$
- 88/4(R) M. Castellano:
AN INFRARED ELECTRON LASER ON THE SUPERCONDUCTING LINAC LISA
- 88/6(P) R. Boni, V. Chiamenti, P. Fernandes, R. Parodi, B. Spartaro and S. Tazzioli:
DESIGN AND OPERATION OF A MULTIPACTING-FREE 51.4 MHz RF ACCELERATING CAVITY
Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. A274-01, 49 (1988)
- 88/7(PT) C.R. Natoli and M. Benfatto:
THE MULTICHANNEL GENERALIZATION OF MULTIPLE SCATTERING THEORY: APPLICATION TO THE ANALYSIS OF INNER SHELL X-RAY SPECTRA OF MIXED-VALENT COMPOUNDS
Osaka, (Japan) October 19-24 (1987)

- 88/8(R) C. Biscari, R. Boni, S. Kulinski, B. Spartaro and S. Tazzioli:
AN INJECTOR FOR LISA
- 88/9(NT) Fisica Sanitaria:
LE RADIAZIONI IONIZZANTI
Opuscolo d'informazione
- 88/11(PT) G. Pancheri and Y.N. Srivastava:
NON-SCALING PHENOMENA IN LOW- p_t PHYSICS
Contributed Talk to the "Shandong" Workshop on Multiparticle Production - Jinan, China (1987)
- 88/12(R) A. Esposito and M. Pelliccioni:
STUDIO SULLE CONCENTRAZIONI DEI NUCLIDI RADIOATTIVI ARTIFICIALI
NELLE MATRICI AMBIENTALI E ALIMENTARI LEGATE ALLA PRODUZIONE
DEL VINO
- 88/13(R) A. Marcelli, A. Savoia and F. Sgamma:
SPECCHI ELLITTICI DA LASTRE PIANE DI "FLOAT GLASS"
- 88/14(P) F. Celani, A. Saggese, M. Losasso, S. Pace and R. Scafuro:
ANALYSIS OF TUNNEL BARRIERS IN Nb/Pb JUNCTIONS
Contributed paper "X Congresso Naz. Ass. Ital. del Vuoto", Stresa (1987)
- 88/15(P) M. Pelliccioni and A. Zanini:
CALCULATION OF DOSE EQUIVALENT INDEX EFFECTIVE DOSE
EQUIVALENT AND AMBIENT DOSE EQUIVALENT FOR THE GIANT-
RESONANCE NEUTRON SPECTRA PRODUCED AT AN ELECTRON
ACCELERATOR
Extended version "Sixth Symp. on Neutron Dosimetry", Neuherberg, (1987)
- 88/16(P) E. Righi, M. Di Pofi and G. Trenta:
TUMORI IN SOGGETTI RADIOESPOSTI E NESSO CAUSALE DI PROBABILITA'
(PROBABILITY OF CAUSATION)
"VIII Congresso Nazionale Ass. Ital. RP Medica su Radiazioni e Tumori", Ischia (1987)
- 88/17(P) P. Spillantini and B. Basini:
ASTROMAG AND MANNED COSMIC RAY RESEARCH IN SPACE
Presented at 1st Meeting of the "Interactional Forum", Venezia (1987)
- 88/18(R) L. Maritato and C. Sanelli:
PRELIMINARY ELECTROMAGNETIC AND CRYOGENIC CALCULATIONS OF
SMASH SUPERCONDUCTING COIL
- 88/19(P) I. D'Antone, C. Battista, C. Bloise, A. Giannasca, A.F. Grillo, E. Lamanna,
G. Mancarella, G. Mandrioli, A. Marini, P. Matteuzzi, O. Palamara, S. Petrera, L.
Petrillo, F. Ronga, G. Sanzani and A. Surdo:
AN ACQUISITION SYSTEM BASED ON A NETWORK OF MICROVAX's
RUNNING THE DEC VAXELN OPERATING SYSTEM
Inter. Conf. on the Contributed paper "Impact of Digital Microelectronics and
Microprocessors on Particle Physics", Trieste 28-30 Marzo (1988)
- 88/20(P) M. Bassetti, S. Giuducci and L. Palumbo:

STATUS OF STUDY ON DAMPING RINGS FOR 5-10 GeV LINEAR COLLIDER
Present at the "Workshop on Heavy Quarks Factory and Nuclear Physics with Superconducting Linacs" Courmayeur, Dicember (1987)

- 88/21(P) I. Peruzzi:
A B FACTORY: WHICH ENERGY IS THE BEST?
Present at the "Workshop on Heavy Quarks Factory and Nuclear Physics with Superconducting Linacs" Courmayeur, Dicember (1987)
- 88/22(NT) B. Dulach, I. Laakso and G. Susinno:
MUON SPECTROMETER TOROID
- 88/23(PT) F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco and J.PH. Guillet:
HIGH ORDER CORRECTIONS QCD JETS: GLUON - GLUON PROCESSES
Phys. Lett. B211, n. 4 465 (1988)
- 88/24(P) M. Greco:
ON THE MEASUREMENT OF THE HADRONIC CONTRIBUTIONS TO THE MUON ANAMALOUS MAGNETIC MOMENT
Nuovo Cimento A100, n.4 597 (1988)
- 88/25(R) M. Pelliccioni:
RADIATION PROTECTION PROBLEMS IN THE DESIGN OF THE LISA PROJECT
- 88/27(PT) V. Azcoiti, J.L. Cortes, G. De Carlo, A.G. Grillo and A. Tarancon:
QUANTUM STABLE VORTICES IN THE LATTICE (1) HIGGS MODEL
Submitted to Phys. Rev. Lett. B
- 88/29(P) G. Battistoni, V. Chiarella, U. Denni and J. Reynoldson:
THE USE OF n-HEXANE IN THE GAS MIXTURE FOR STREAMER TUBES
Submitted to Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res.
- 88/30(R) I. Davoli, Zhu Zhi Ji, P. Chiaradia, S. Priori and M. Fanfoni:
A GLOW DISCHARGE PROCESS FOR OPTICAL ELEMENTS CLEANING
- 88/31(RT) G. Di Pirro and L. Trasatti:
ETHERFAR: A LONG DISTANCE FIBER OPTIC ETHERNET CONNECTION
- 88/32(R) U. Gambardella and G. Paternò:
TRANSPORT CRITICAL CURRENT MEASUREMENTS ON $Y_1 BA_2 CU_3 O_7$
- 88/34(NT) G. Corradi, M. Carletti, M. Balla e G. Felici:
DISCRIMINATORE DI SEGNALI ANALOGI
- 88/35(NT) G. Corradi, M. Carletti, M. Balla e G. Felici:
IL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE HV NELL'ESPERIMENTO ALEPH
- 88/36(P) V. Lucherini, C. Guaraldo, E. De Sanctis, P. Levi Sandri, E. Polli, A.R. Reolon, A.S. Iljinov, S. Lo Nigro, S. Aiello, V. Bellini, V. Emma, C. Milone, G.S. Pappalardo and M.V. Mebel:
Au PHOTOFISSION CROSS SECTION BY QUASI-MONOCHROMATIC PHOTONS IN THE INTERMEDIATE ENERGY REGION

Submitted to Phys. Rev. C

- 88/38(P) B. D'Ettore Piazzoli:
SURFACE AND UNDERGROUND EXPERIMENTS AT THE GRAN SASSO
La Thuile
- 88/39(R) C. Biscari:
PARTICLE DYNAMICS IN THE 100 keV INJECTOR OF LISA
- 88/40(PT) M. Benfatto, C.R. Natoli, M. De Crescenzi, L. Lozzi, P. Picozzi and S. Santucci:
STRUCTURAL DETERMINATION OF CRYSTALLINE SILICON BY EXTENDED
ENERGY LOSS FINE STRUCTURE (EELFS) SPECTROSCOPY
Submitted to Phys. Rev. Bis
- 88/41(P) F. Celani, R. Messi, N. Sparvieri, S. Pace, A. Saggese, C. Giovannella, L. Fruchter,
C. Chappert and I.A. Campbell:
ON THE FIELD COOLED SUSCEPTIBILITY OF SUPERCONDUCTION YBaCuO
SAMPLES
J. De Phys. (1988)
- 88/42(PT) M. Benfatto, C.R. Natoli, C. Brouder, R.F. Pettifer and M.F. Ruiz Lopez:
POLARIZED CURVED WAVE EXAFS: Theory and Application
Submitted to Euro Phys. Lett.
- 88/43(P) R. Baldini-Celio, C. Bencivenni, F. Bossi, P. Campana, G. Capon, G. De Ninno, B.
D'Ettore Piazzoli, G. Felice, P. Laurelli, G. Mannocchi, F. Murtas, G.P. Murtas, G.
Nicoletti, P. Picchi and H. Rigoni:
A STUDY OF LOW HYDROCARBON CONTENT GAS MIXTURE FOR
STREAMER TUBES
Submitted to Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res.
- 88/44(PT) E. Etim and L. Satta:
A NEW MODEL FOR ELASTIC DEUTERON-DEUTERON SCATTERING
Submitted to Nuovo Cimento
- 88/45(P) G. Battistoni:
TRACKING TECHNIQUES IN UNDERGROUND PHYSICS
Presented at the Conf. on "Advanced Technology and Particle Physics", Como, 13-17
June (1988)
- 88/46(P) G. Basini, F. Bongiorno, A. Morselli, M. Occhigrossi, M. Ricci, P. Spillantini, A.
Codino, C. Grimani, M. Menichelli, E. Rongoni, I. Salvatori, P. Picozza, L. De
Bortoli and C. Bianchi:
A FAST, LOW POWER CONSUMPTION READOUT SYSTEM FOR A SPACE
BASED CALORIMETER
Submitted to Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res.
- 88/47(P) F. Celani, L. Fruchter, C. Giovannella, R. Messi, S. Pace, A. Saggese, N. Sparvieri:
TORQUE MEASUREMENTS OF TEXTURED $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ SINTERED PELLETS
IEEE Trans. Mag. 25, n. 2 (1988)
- 88/48(P) M.L. Ferrer, E. Pace, G. Mirabelli and E. Valente:
A MODEL OF AN APPLICATION RELAY FOR FILE TRANSFER, ACCESS, AND
MANAGEMENT

IEEE Jour. on Selected Areas in Comm.

- 88/50(P) P. Levi Sandri, M. Anghinolfi, N. Bianchi, G.P. Capitani, P. Corvisiero, E. De Sanctis, C. Guaraldo, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, P. Rossi, M. Sanzone and M. Taiuti:
FORWARD AND BACKWARD ANGLES DIFFERENTIAL CROSS SECTION FOR DEUTERON PHOTODISINTEGRATION AT INTERMEDIATE ENERGIES
Submitted to Phys. Rev.
- 88/51(NT) R. Ceccarelli, M. De Giorgi, S. Faini, G. Fiore, R. Lanzi e L. Maritato:
REALIZZAZIONE E PRIMA CARATTERIZZAZIONE DI FILM SOTTILI DI NIOBIO CON TECNICHE DI SPUTERING
- 88/52(R) RAPPORTO ATTIVITA' 1987
- 88/54(P) E. De Sanctis:
A CRITICAL REVIEW OF DEUTERON PHOTO-DESINTEGRATION DATA
Invited Talk "Gordon Conf. on Photonuclear Reaction" Plymouth , August 8-12 (1988)
- 88/55(NT) S. De Simone:
NUOVI IMPIANTI PER IL BUMPER RAPIDO E IL DEFLETTORE DI "ADONE"
- 88/56(P) G. Basini and P. Spillantini:
SEARCH FOR COSMIC ANTIMATTER. GOALS AND TECHNIQUES
Presented at the Erice of Astrophysics "Dark Matter in the Universe", Erice (Italy), 3-14 May, (1988)
- 88/58(P) C. Guaraldo, V. Lucherini, E. De Sanctis, A.S. Iljinov, M.B. Mebel and S. Lo Nigro:
ON THE EXCITATION ENERGY DEPENDENCE OF PHOTO-FISSILITY IN PREACTINIDE NUCLEI
Submitted to Phys. Rev. C
- 88/60(P) E. Bernieri and A. Balerna:
OPTIMIZATION OF A SYNCHROTRON BASED X-RAY LITHOGRAPHIC SYSTEM
Submitted to Rev. of Sci. Instr.
- 88/61(P) U. Gambardella, G. Paternò, C. Alvini and S. Casadio:
FABRICATION PROCESS AND SUPERCONDUCTING BEHAVIOR OF SINTERED $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ CERAMIC SAMPLES
Submitted to Vuoto Scienza e Tecnologia
- 88/62(P) F. Celani, W.I.F. David, C. Giovannella, R. Messi, V. Merlo and S. Pace:
PYROLYTIC CITRATE SYNTHESIS AND OZONE ANNEALING: TWO KEY STEPS TOWARD THE OPTIMIZATION OF SYNTERED YBCO
Submitted to Vuoto Scienza e Tecnologia
- 88/64(P) R. Boni, A.Savoia, B. Spartaro, F. Tazzioli, P. Fabbicatore, R. Parodi and P. Fernandes:
A SUPERCONDUCTING MICROWAVE ONDULATOR
Submitted to Rev. of Sci. Instr.
- 88/66(PT) F. Palumbo:

NONCOMPACT FORMULATION OF YANG-MILLS THEORIES ON A LATTICE
Submitted to Nucl. Phys.

- 88/67(P) A.S. Iljinov, M.V. Mebel, C. Guaraldo, V. Lucherini, E. De Sanctis, S. Lo Nigro, S. Aiello, N. Bianchi, P. Levi Sandri, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon and P. Rossi:
COMPARISON OF FISSION OF HEAVY NUCLEI INDUCED BY DIFFERENT PROBES
Submitted to Phys. Rev. C
- 88/68(P) C. Guaraldo:
ANTIPROTON-NUCLEUS INTERACTION AT INTERMEDIATE ENERGY
Submitted to Nucl. Phys. A
- 88/71(P) F. Celani, L. Liberatori, R. Messi, S. Pace, A. Saggese and N. Sparvieri:
OZONE ANNEALING OF YBCO SUPERCONDUCTORS: TOWARD THE MAXIMUM OF DIAMAGNETIC T_c AND MINIMUM OF ΔT_c
Contributed paper at the Inter. Symp. on the Electronic Structure of High T_c Superconductors Accademia Nazionale dei Lincei Roma, Oct. (1988)
- 88/75(PT) F. Aversa, P. Chiappetta, M. Greco and J. Ph. Guillet:
QCD CORRECTIONS TO PARTON-PARTON SCATTERING PROCESSES
CPT-88/P.2186 (1988)