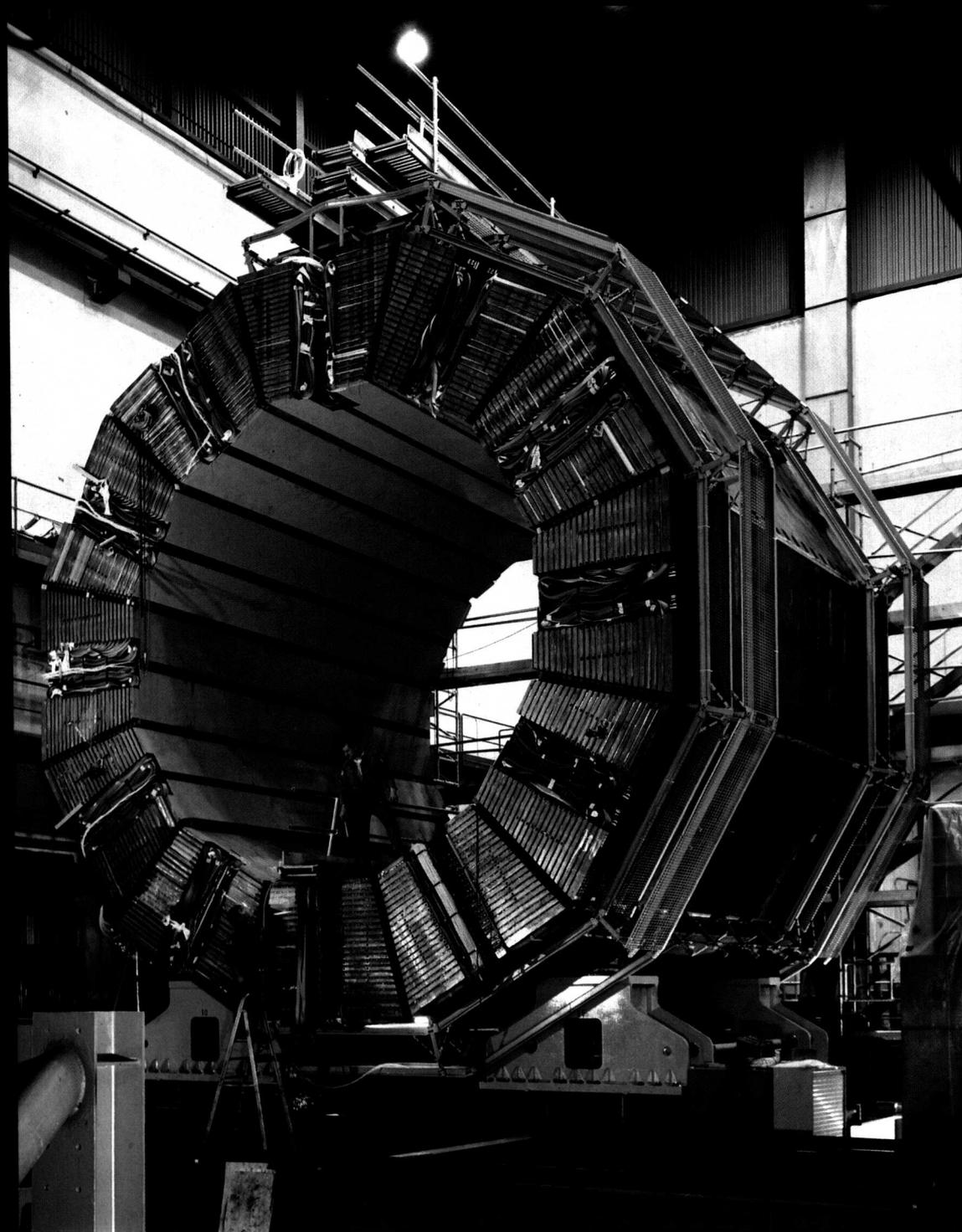


laboratori nazionali di Frascati

1987

RAPPORTO DI ATTIVITA'



istituto nazionale di fisica nucleare  
laboratori nazionali di Frascati

1987

# RAPPORTO DI ATTIVITA'

LNF - 88/52 (R)

Settembre 1988

**Sergio TAZZARI**

Direttore LNF

**Aldo CATTONI**

Direttore Divisione Tecnica

**Mario GRECO**

Direttore Divisione Ricerca

**Franco TAZZIOLI**

Direttore Divisione Macchine

Coordinatore Scientifico

**Luigi SATTA**

Redazione

**Luigina INVIDIA**

In copertina: **La fotografia mostra il barrel del calorimetro adronico dell'esperimento Aleph, montato nella BEBC hall al CERN. Gli elementi di questo rivelatore sono stati costruiti nei Laboratori Nazionali di Frascati.**

# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	5
<b>DIVISIONE RICERCA</b>	9
<b>1. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI</b>	9
Esperimento FENICE su Adone	9
Esperimento ALEPH al LEP del CERN	11
Esperimento E687 (FLATEV)	12
Esperimento SLD	16
Esperimento ZEUS-HERA	18
<b>2. - FISICA PASSIVA DELLE ALTE ENERGIE</b>	23
Esperimento MACRO al Gran Sasso	23
Esperimento LVD al Gran Sasso	26
Esperimento ICARUS al Gran Sasso/ICARUS Experiment at Gran Sasso laboratory	29
Ricerca di antiprotoni cosmici (MASS)	41
<b>3. - FISICA NUCLEARE</b>	43
LADON	43
Sezione d'urto di fotodisintegrazione del deutone a 0° e 180° (Esperimento FNNI2)	44
Jet Target su Adone	46
Esperimento 4 $\pi$ BGO	48
Interazione di antiprotoni di bassa energia con nuclei al LEAR (TOFRADUPP)	50
LABRO	51
Esperimenti di diffusione di elettroni a Saclay - SFR	51
LION	53
Studio dell'annichilazione di antinucleoni al LEAR (OBELIX)	54
Esperimento di fotofissione con il fascio LEALE (FISSI/LE)	56
<b>4. - LUCE DI SINCROTRONE</b>	58
Radiazione di sincrotrone - esperimenti col fascio da magnete curvante (PULS)	58
Esperimenti con il fascio Wiggler (PWA)	66
<b>5. - FISICA GENERALE E DIVERSI</b>	83
Esperimento HEPNET II	83
Esperimento STARNET	84
Rivelatore di particelle ionizzanti basato su giunzioni tunnel superconduttrici (SLEND)	85
<b>6. - FISICA TEORICA</b>	90

<b>DIVISIONE MACCHINE</b>	94
Servizio fisica degli acceleratori	94
Electron cooling ad alta energia per il LEAR	105
Programma di superconduttività	107
<b>DIVISIONE TECNICA</b>	112
Servizio progettazioni e sperimentazioni	112
Servizio rivelatori	121
<b>SERVIZI DI CENTRO</b>	123
Servizio di calcolo	123
Servizio fisica sanitaria	124
Servizio medicina del lavoro	124
Servizio documentazione	125
<b>ELENCO PUBBLICAZIONI</b>	127

## INTRODUZIONE

I Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) costituiscono per dimensioni e finanziamenti la principale unità operativa dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

L'attività sperimentale nei LNF verte principalmente sulla fisica nucleare e subnucleare, la fisica atomica e la struttura della materia, la superconduttività. Esiste anche una importante attività in fisica teorica sia in aree di studio prossime alle attività sperimentali (fisica dei colliders p-p,  $e^+e^-$ , fisica dei monopoli e raggi cosmici, fisica nucleare, struttura della materia) che sulla teoria generale dei campi.

La ricerca viene condotta da gruppi di ricerca locali o da collaborazioni più ampie, su scala italiana o internazionale. Si utilizzano sia le macchine acceleratrici dei LNF (il Linac ed Adone) che quelle esistenti presso laboratori esterni.

I LNF sono strutturati in tre Divisioni:

- la Divisione Ricerca cui fanno capo le attività di ricerca in fisica nucleare, subnucleare e della materia;

- la Divisione Macchine Acceleratrici che costituisce e gestisce gli acceleratori e svolge attività di ricerca e sviluppo in fisica degli acceleratori stessi;

- la Divisione Tecnica che cura le attività di progetto e costruzione relative agli esperimenti ed alcuni servizi comuni e svolge ricerca principalmente a carattere tecnologico.

Le attività in sede comprendono gli esperimenti con fasci di raggi  $\gamma$  dei gruppi Leale e Ladon, esperimenti con elettroni (Fenice, Jet Target) ed esperimenti con la luce del sincrotrone.

Questi ultimi si svolgono nel quadro di una convenzione con il CNR e ad essi partecipano numerosissimi utenti esterni, provenienti dalle varie Università italiane e dall'estero, cui vengono messe a disposizione le attrezzature dei LNF.

Le attività fuori sede consistono principalmente nella partecipazione a collaborazioni internazionali presso gli acceleratori del Cern, di Amburgo (Hera), di Orsay e Saclay in Europa, o presso quelli di Stanford (SLC) e di FermiLab (Tevatron) negli USA.

Inoltre gruppi di ricerca e strutture dei LNF concorrono alla preparazione di tre grandi esperimenti (Icarus, LVD, Macro) in varie fasi di montaggio nei Laboratori del Gran Sasso.

A fine 1987 erano in servizio nei LNF 285 dipendenti di cui 89 ricercatori.

Nei LNF lavorano anche ricercatori e tecnici provenienti dall'Università (associati), numerosi studenti impegnati in tesi di laurea presso i LNF, e numerosi ricercatori e tecnici stranieri che utilizzano contratti a tempo, borse di studio o che, come per il caso degli esperimenti Gran Sasso, collaborano per conto dei rispettivi Enti di appartenenza alle attività sperimentali.

Complessivamente hanno utilizzato le macchine e le attrezzature dei LNF nel corso dell'anno, per periodi più o meno lunghi, oltre 500 ricercatori e tecnici italiani e stranieri.

I LNF sono stati finanziati per il 1987 con 36,6 miliardi di cui 3,6 per il funzionamento generale, 11,0 per attrezzature di base e servizi comuni, 22,0 per la ricerca. Nella cifra non sono comprese le spese per il personale.

I risultati scientifici conseguiti nel 1987 sono illustrati in dettaglio nei singoli contributi a questo rapporto.

Di seguito si fornisce soltanto una breve panoramica sui fatti più salienti.

Nella prima metà del 1987 le macchine dei LNF hanno fornito agli utenti circa 3000 ore di fascio.

La seconda metà dell'anno è stata occupata da una fermata per l'installazione di nuovi apparati sperimentali (FENICE, JET-TARGET) e per modifiche e migliorie alle macchine. Tra queste ultime ricordiamo: l'installazione di un nuovo iniettore sul LINAC capace di fornire correnti più elevate su impulsi brevi per facilitare l'operazione con i positroni; l'installazione di una nuova cavità a radio-frequenza migliorata nei parametri elettrici e del vuoto; l'installazione di nuovi alimentatori per gli elementi magnetici dell'anello e di un nuovo calcolatore di controllo; le migliorie

al sistema da vuoto; l'installazione di una schermatura supplementare, a tetto.

In parallelo è stato portato avanti dalla Divisione Macchine il progetto del Linac superconduttivo LIS-A con la definizione delle parti della macchina e delle strutture degli edifici e con il completamento delle ricerche di mercato per la fornitura delle parti principali.

È stato anche completato in inizio d'anno il progetto preliminare della macchina per Luce di Sincrotrone di Trieste ed iniziato lo studio di fattibilità di un complesso di linac superconduttori per la fisica nucleare e sub-nucleare, nel quadro del programma ARES previsto per il PQ 1989-1994.

Con riguardo al programma sperimentale sulle macchine dei Laboratori ricordiamo che l'apparato per FENICE, per lo studio del fattore di forma magnetica del neutrone, è stato costruito e montato per circa l'80% e che è stato completato il relativo "monitor" di luminosità.

Per il progetto Jet Target, che prevede la realizzazione di un fascio di fotoni monocromatici, di energia tra 200 e 1200 MeV ottenuto "etichettando" la bremsstrahlung prodotta su un sottile fascio molecolare di argon dagli elettroni circolanti in Adone, sono stati installati in sala anello la jet-target propriamente detta, il sistema di "etichettamento" degli elettroni e tutte le parti meccaniche di contorno. Inoltre, è stata costruita, in aderenza all'edificio Adone, la nuova sala per la sperimentazione con il fascio di fotoni "etichettati". Nel corso delle prove di funzionamento è stato raggiunto un vuoto di  $\approx 10^{-9}$  mbar nella regione di interazione con gli elettroni circolanti e sono stati prodotti "jets" di argon a temperature ambiente di densità  $\approx 10$  ng/cm<sup>2</sup>.

Per quanto concerne i Laboratori PULS e PWA notiamo che nel 1987 è proseguita l'attività sperimentale usufruendo di 160 turni assegnati prima della fermata di Adone.

Nel laboratorio PULS sono stati oggetto di ricerca sia sistemi interessanti per lo stato solido (amorfi, catalizzatori, semiconduttori impiantati ionicamente, superinici, superconduttori ad alta

Tc), che materiali di interesse biologico (ferritina, emoglobina, proteine che legano calcio). Durante l'anno è stato approntato - ed utilizzato intensivamente sul fascio - un criostato a flusso che ha consentito di eseguire misure di assorbimento e di fluorescenza X in funzione della temperatura fino a circa 15°K e di studiare, mediante spettroscopia X, i nuovi superconduttori ad alta temperatura. Una percentuale rilevante del tempo di fascio è stata, anche nel 1987, assegnata a esperimenti di grande interesse come l'osservazione di doppie ionizzazioni negli spettri di assorbimento di raggi X, in spettri di assorbimento sulla soglia K del Silicio (sia amorfo che in composti gassosi), gli studi in collaborazione sulla formazione delle barriere di Schottky (BS), lo studio delle interfacce semiconduttore-semiconduttore e semiconduttore-isolante.

Nel campo della Spettroscopia ottica nell'ultravioletto da vuoto sono proseguiti i programmi di ricerca già avviati ed un numero piuttosto consistente di turni è stato assegnato agli esperimenti di ottica non lineare.

Il Laboratorio PWA ha visto operanti (nei primi sei mesi del 1987) tutte le stazioni sperimentali connesse alla linea BX1. Di particolare interesse sono stati i risultati ottenuti nel campo dell'analisi di elementi in traccia ( $MDL \leq 5$  PPM nella regione degli elementi leggeri) e nello studio del profilo dei riflessi di diffrazione ottenuti da un microcristallo di quarzo.

L'attività di sviluppo ha visto alla fine dell'anno il completamento delle nuove linee BX2-S e BX2-L. A quest'ultima, dedicata alla messa a punto di tecniche litografiche con raggi x, è stato connesso uno "stepper" per il posizionamento, con altissime precisioni, dei sistemi maschera/resist davanti al fascio di raggi X.

La preparazione degli esperimenti al Gran Sasso, una parte importante dell'attività sperimentale nei LNF, ha proceduto secondo i programmi:

È stato iniziato il montaggio del primo supermodulo di Macro e realizzata e collaudata l'elettronica dei tubi a streamer.

È stato definito il progetto esecutivo della par-

te di "tracking" dell'esperimento LVD ed è stato attrezzato il laboratorio ASTRA per le prove sui tubi rivelatori.

La componente dei LNF nella collaborazione Icarus ha collaborato alla positiva prova del rivelatore da 10 l. di Argon ed alla progettazione del rivelatore finale.

A riguardo degli esperimenti di fisica subnucleare al CERN, presso LEP, va menzionato che sono stati completati il montaggio ed il collaudo completo del calorimetro adronico di Aleph.

Riguardo agli esperimenti di fisica subnucleare presso Laboratori esteri ricordiamo che sono stati ottenuti i primi dati dell'esperimento CDF installato a Fermilab, ed in particolare sono state osservate le prime particelle W e Z "americane".

Sempre da Fermilab sono stati anche ottenuti i primi dati da FLATEV. Su questo esperimento il calorimetro e.m. della collaborazione, andato distrutto in seguito ad un incendio, è stato sostituito in parte con il calorimetro adronico dei LNF.

A Stanford l'esperimento SLD ha completato la costruzione del calorimetro adronico a grande angolo.

Con l'installazione e la messa in funzione del primo liquefattore di elio dei LNF ha preso l'avvio il laboratorio criogenico, gestito in collaborazione dalle Divisioni Macchine e Tecnica, che costituisce il supporto di base per lo sviluppo del programma di superconduttività. Il magnete wiggler superconduttore per Adone che fornirà fasci di alta energia ed alta intensità agli esperimenti con radiazione di sincrotrone è in costruzione presso Ansaldo a cura della DT. In collaborazione fra DM e DT e per le finalità dei programmi LIS-A ed ARES è stata attrezzata una stazione

di misura per cavità superconduttive ed è stata avviata, nel quadro anche di accordi internazionali in particolare con il CERN, una campagna di ricerca e sviluppo di tecnologie superconduttive e criogeniche per le cavità a radiofrequenza.

Un piccolo gruppo della Divisione Ricerca ha anche lavorato sui materiali superconduttivi ad alta temperatura; sono stati realizzati, in collaborazione, dei campioni con ottime proprietà meccaniche, ed il procedimento usato è oggetto di una richiesta di brevetto.

Il Calcolo è stato potenziato con la trasformazione del calcolatore centrale in un VAX8650 (da circa 6 Mips) con 32 Mbytes di memoria fisica, l'installazione della rete Thin-Ethernet in parallelo alla rete Ethernet e la creazione di un "local area Vax cluster" con MicroVax e Vaxstation.

È stato anche installato un collegamento diretto alla rete EARNET/BITNET attraverso una linea verso il nodo IRMIAS del CNR ed un collegamento diretto con la rete SPAN attraverso una linea verso il nodo ESRIN dell'ESA.

Sono state eseguite le prove iniziali per la configurazione della rete INFNET in domini X400 come prevedono i nuovi standard OSI per la porta elettronica.

Fra i traguardi tecnici raggiunti sono da menzionare anche lo sviluppo, in DT, di sistemi per misure magnetiche con possibilità di svolgere mappe puntuali e integrali su elevati volumi di campi magnetici e l'acquisizione e la messa in opera di codici tridimensionali agli elementi finiti e di modellatori solidi, in ambito CAD, che hanno consentito di progettare ed esaminare in profondità i sistemi meccanici complessi da realizzare o realizzati per la Jet Target, CDF e Zeus.

# DIVISIONE RICERCA

## 1. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI

### ESPERIMENTO FENICE SU ADONE

*Componenti del gruppo:* A. Antonelli, R. Baldini-Ferrolì, M.E. Biagini, S. De Simone, B. Dulach, S. Guiducci, M. Preger, M. Spinetti, M. Tului (I).

*Collaborazione con:* Cagliari, Ferrara, Padova, Roma I, Roma II, Torino, Trieste.

L'esperimento FENICE (Fattore di forma Elettromagnetico del Neutrone In Collisioni  $e^+$   $e^-$ ) permetterà di misurare ad Adone, per la prima volta nella regione time-like, la sezione d'urto  $e^+ e^- \rightarrow n\bar{n}$  alle energie vicine alla soglia, per la quale esistono varie e contrastanti previsioni teoriche.

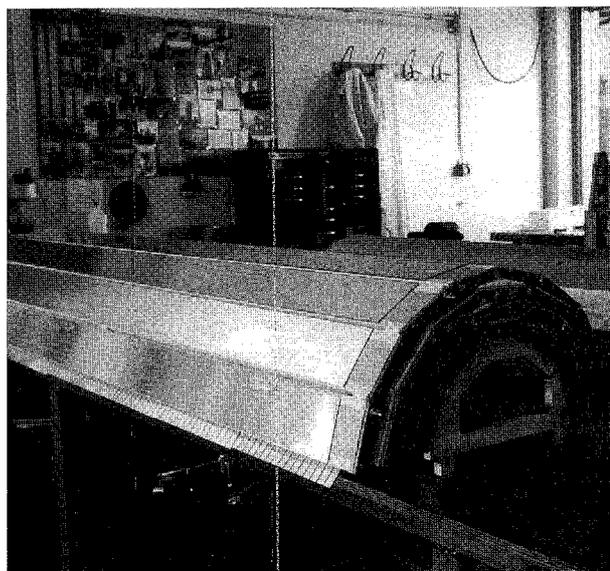


Fig. 1

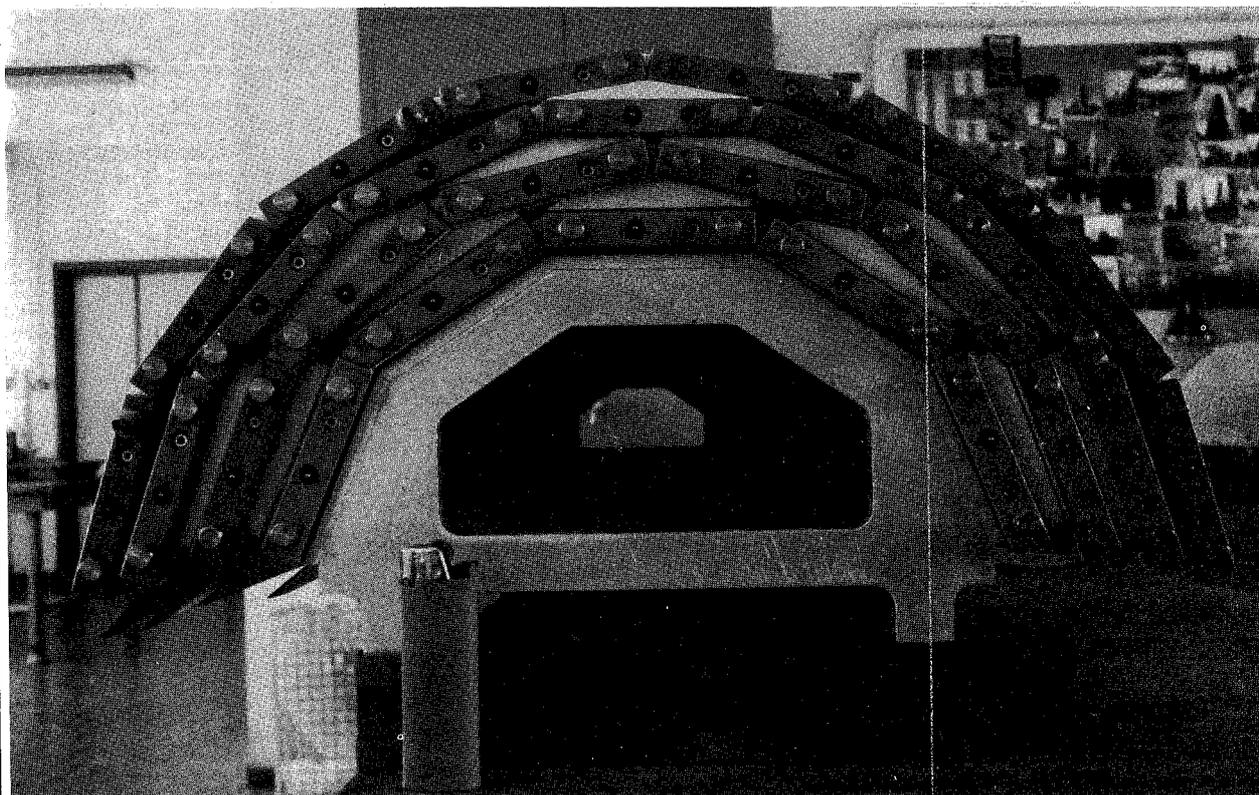


Fig. 2

Ci si propone inoltre di studiare processi come:

$$\begin{aligned} J/\psi &\rightarrow n\bar{n} \\ J/\psi &\rightarrow \bar{\Sigma}^{\pm}\Sigma^{\mp} \end{aligned}$$

per i quali non sono stati finora raccolti dati, nonché di misurare il fattore di forma della  $\Sigma$ .

Potendo usufruire di due fasci collidenti, nell'intervallo di energia  $2.0 \div 3.1$  Gev nel centro di massa, sarà inoltre possibile raccogliere dati anche nella regione di energia studiata dall'esperimento DM2 al DCI, ormai smontato, che ha fornito risultati controversi ed evidenziato strutture complicate, per es. alla soglia  $n\bar{n}$ . Vale la pena di sottolineare che Adone sarà nel 1988 l'unica macchina al mondo a poter raccogliere dati con buona luminosità alla  $J/\psi$  e ad energie inferiori.

Il 1987 è stato completamente dedicato alla costruzione dei vari componenti ed al loro montaggio. Si prevede che l'apparato possa entrare in misura nella primavera 1988.

L'apparato è costituito da quattro quadranti montati ciascuno su una struttura di sostegno scorrevole, che ne permetterà l'apertura e darà la possibilità di intervenire sui vari pezzi anche dopo l'installazione (Fig. 1).

In breve, ogni quadrante è costituito, partendo dall'alto verso il centro, da:

- un sandwich di: 17 piani di ferro da 0.8 mm + 18 piani di tubi a streamer limitato (TSL) a 7 ed 8 celle + 4 strati di scintillatore

per la rivelazione della stella di annichilazione dell'antineutrone,

- un sandwich di: 13 piani di TSL + 3 strati di scintillatore

per la rivelazione del neutrone,

- un "rivelatore centrale" costituito da: 4 corone circolari di TSL a 7 celle disposte attorno alla ciambella sottile (Fig. 2);

per la rivelazione di tracce cariche.

Una corona di scintillatore da 0.5 cm solidale con la ciambella, verrà usata come anticoincidenza per gli eventi  $n\bar{n}$ .

Tutto l'apparato verrà poi racchiuso da una casamatta in cemento caricato con Barite e ricoper-

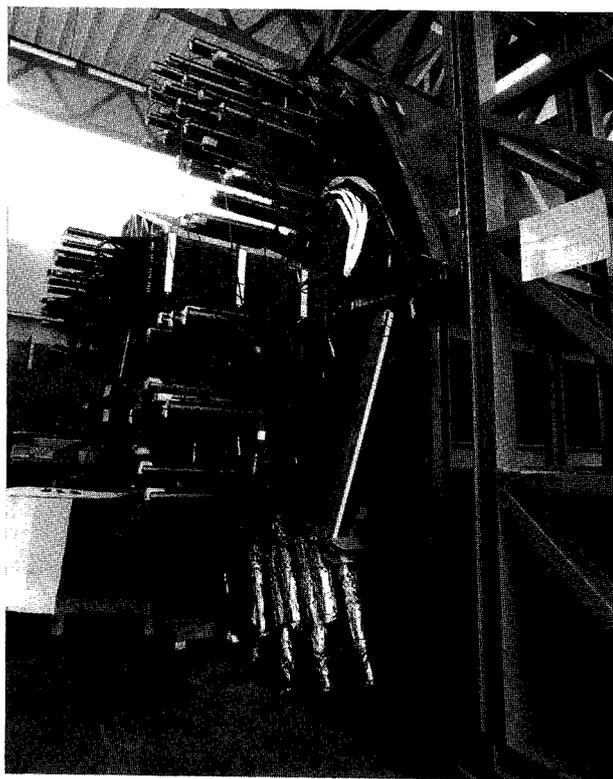


Fig. 3 - Le tracce cariche verranno ricostruite utilizzando sia i quattro strati di TSL del rivelatore centrale, che hanno risoluzione spaziale buona ( $\sim 500 \mu\text{m}$ ) grazie alla lettura del tempo di deriva, sia i primi quattro strati di TLS appartenenti al rivelatore di neutroni.

ta per l'80% da piani di RPC che verranno utilizzati per la reiezione dei cosmici.

L'apparato, nell'ottobre 1987, è stato installato su una delle sezioni dritte di Adone.

Si è poi proseguito in loco alla regolazione dei movimenti della struttura ed al cablaggio, nonché alla preparazione della "sala conteggio" nella quale è sistemata l'elettronica di acquisizione ed il computer.

Inoltre, nel corso del 1987 si è costruito il monitor di luminosità, consistente in 2 parti, che verranno installate su due diverse sezioni dritte di Adone. Esso è composto da sandwich di scintillatore e piombo e fornirà una misura precisa della luminosità rivelando i fotoni della reazione  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma$ . Si è inoltre messa a punto la relativa elettronica ed il sistema di acquisizione dello spettro di bremsstrahlung utilizzando un Macintosh.

Va qui sottolineato il grosso impegno dell'Officina Meccanica OFTA il cui contributo alla costruzione, condizionamento e test di TSL, alla costruzione del rivelatore centrale e del monitor di luminosità e al montaggio di tutto l'apparato è stato decisivo.

Il Servizio progettazione Esperimenti (SPES) si è occupato attivamente del progetto e costruzione della ciambella sottile, del progetto del rivelatore centrale e della casamatta, della preparazione e sistemazione della sezione dritta dove è stato installato l'apparato.

### ESPERIMENTO ALEPH AL LEP DEL CERN

*Componenti del gruppo:* R. Baldini-Ferrolì, G. Bencivenni, G. Bologna, F. Bossi, P. Campana, G. Capon, V. Chiarella, G. De Ninno, B. D'Ettore-Piazzoli, M. Dreucci, G. Felici, P. Laurelli, G. Mannocchi, F. Murtas, G.P. Murtas, G. Nicoletti, P. Picchi. *Tecnici:* M. Anelli, R. Bonini, M. Carletti, G. Corradi, M. Santoni.

*Collaborazione con:* Atene, Bari CERN, Clermont-Ferrand, Copenhagen, Dortmund, Edimburgo, Firenze, Glasgow, Heidelberg, Imperial College, Lancaster, Marsiglia, Max-Planck-Institute, Orsay, Palaiseau, Pechino, Pisa, Royal Holloway London, Rutherford, Saclay, Sheffield, Siegen, Trieste, Wisconsin.

L'esperimento ALEPH al CERN di Ginevra è uno dei quattro che si divideranno il compito di investigare i nuovi capitoli di fisica che si apriranno con l'entrata in funzione del LEP. Di questi, primi tra tutti la fisica connessa con la produzione di  $Z^0$ ,  $W^\pm$  (teoria di Weinberg e Salam delle interazioni elettrodeboli), ricerca del bosone di Higgs ( $H^0$ ) osservabile nei decadimenti della  $Z^0$  o del toponium.

L'esperimento ALEPH si propone di raggiungere questi traguardi puntando sulla ricostruzione completa dell'evento, misura dei vertici secondari di decadimento delle particelle a vita media breve, misura del momento e ionizzazione delle particelle cariche, misura dell'energia della componente elettromagnetica ed adronica e ricono-

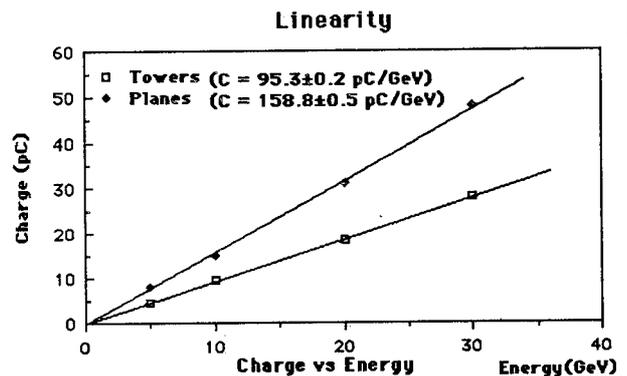


Fig. 4

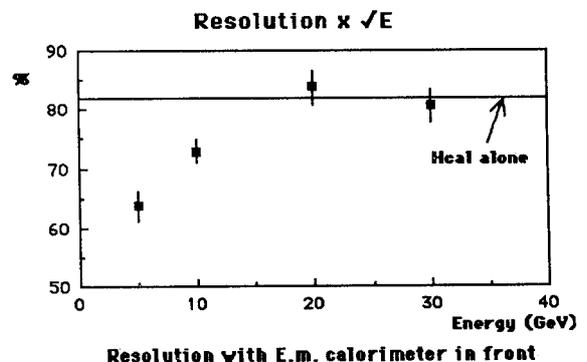


Fig. 5

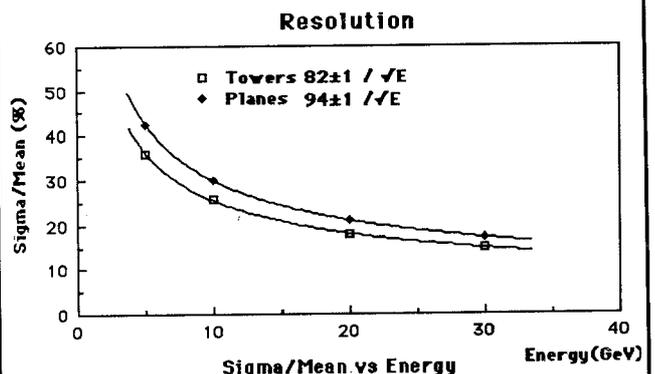


Fig. 6

scimento dei muoni prodotti direttamente.

Nell'ambito di questo apparato il gruppo di Frascati ha la responsabilità della costruzione e gestione della parte centrale del calorimetro adronico e del rivelatore di  $\mu$ .

Questa parte dell'apparato è basata sulla tecnica dei tubi plastici a streamer limitato, sviluppata per l'appunto a Frascati, con lettura tramite elettrodi piani ( $\sim 25 \times 25$ )  $\text{cm}^2$  e strisce longitudinali parallele ai fili anodici.

Con questo tipo di rivelatore è possibile raggiungere risoluzioni in energia di  $\sim 78\%/\sqrt{E}$

Nel 1987 si è praticamente completato il test del rivelatore assemblato della sala ex BEBC del CERN, test propedeutico alla installazione dell'apparato nel pozzo di LEP, che avverrà nel 1988. Contemporaneamente al test del calorimetro è iniziata la costruzione dei rivelatori di  $\mu$ , che sarà completata entro la metà del 1988.

Nel corso del 1987 è stato effettuato un nuovo test ad un fascio dell'SPS del CERN. Questo test, eseguito in collaborazione con i nostri colleghi francesi ed inglesi realizzatori del calorimetro elettromagnetico, ha permesso di calibrare il funzionamento congiunto dei due calorimetri. Le Figure 4 e 5 mostrano la linearità e la risoluzione con fascio entrante a  $60^\circ$  per il solo calorimetro adronico, mentre la Figura 6 mostra la risoluzione con entrambi i calorimetri sul fascio.

È proseguito il lavoro sul sistema FASTBUS con l'arrivo a Frascati dell'Event Builder, processore realizzato all'interno della collaborazione con il quale potremo mettere a punto l'acquisizione dati dell'esperimento.

È cominciata la consegna dell'elettronica di lettura digitale realizzata in Italia dalla ditta SGS, e dell'elettronica di lettura analogica.

Per quanto riguarda il software si è continuato nello sviluppo dei programmi di ricostruzione, nel quale il gruppo di Frascati ha acquisito un peso notevole.

Anche in questo caso si è data particolare enfasi al problema del riconoscimento dei  $\mu$  e degli adroni neutri all'interno di "jets", che rimane uno dei capitoli più qualificanti della nostra partecipazione all'esperimento.

#### Publicazioni

- (1) Anelli N. et al. "Una attrezzatura automatica per la costruzione di tubi a streamer" LNF-86/10(NT).
- (2) Catitti G. et al. "Realizzazione di una macchina per bloccare a caldo i fili anodici di tubi plastici a streamer limitato" LNF-86/8(NT)
- (3) Corradi G. "Misuratore indiretto della tensione meccanica di fili conduttori" LNF-86/9(NT).
- (4) Battistoni G. et al. "A high voltage network for streamer tubes" Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A251 (1986) 286-291.
- (5) Catanese M.G. et al. "Performance of a limited streamer tube Hadron Calorimeter" Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A247 (1986) 438-444.
- (6) Baldini-Ferroli R. et al. "Pion Muon identification in the ALEPH test Hadron Calorimeter using Discriminant Analysis" Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A251 (1986) 449-456.
- (7) Bagliesi G. et al. "Operation of limited streamer tubes with the gas mixture Ar + CO<sub>2</sub> + n-pentane" LNF 87/79-R, CERN-EP/87-124 Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., A268, 144 (1988).

#### ESPERIMENTO E687 (FLATEV)

*Componenti del gruppo:* M. Enorini, S. Bianco, F.L. Fobbi, A. Spallone, A. Zallo. *Tecnici:* L. Daniello, M. Giordani, L. Passamonti, V. Russo.

*Collaborazione con:* Colorado, Bologna, Fermilab, Illinois, Frascati, Milano, Northwestern, Notre-Dame e Pavia.

L'esperimento E687 al Fermilab studia la fotoproduzione ad alta energia di stati contenenti i quarks "charm" e "beauty".

L'apparato è costituito da uno spettrometro a multiparticelle equipaggiato con camere proporzionali "minidrift" e "microstrips". Un bersaglio attivo (silicon detectors/plastic scintillating fiber) consente di studiare i decadimenti delle particelle a corta vita media.

L'apparato (Fig. 7) può essere diviso in due parti, quella interna (particelle emesse a piccolo angolo) e quella esterna (particelle emesse a grande angolo). Entrambe le zone sono coperte dai

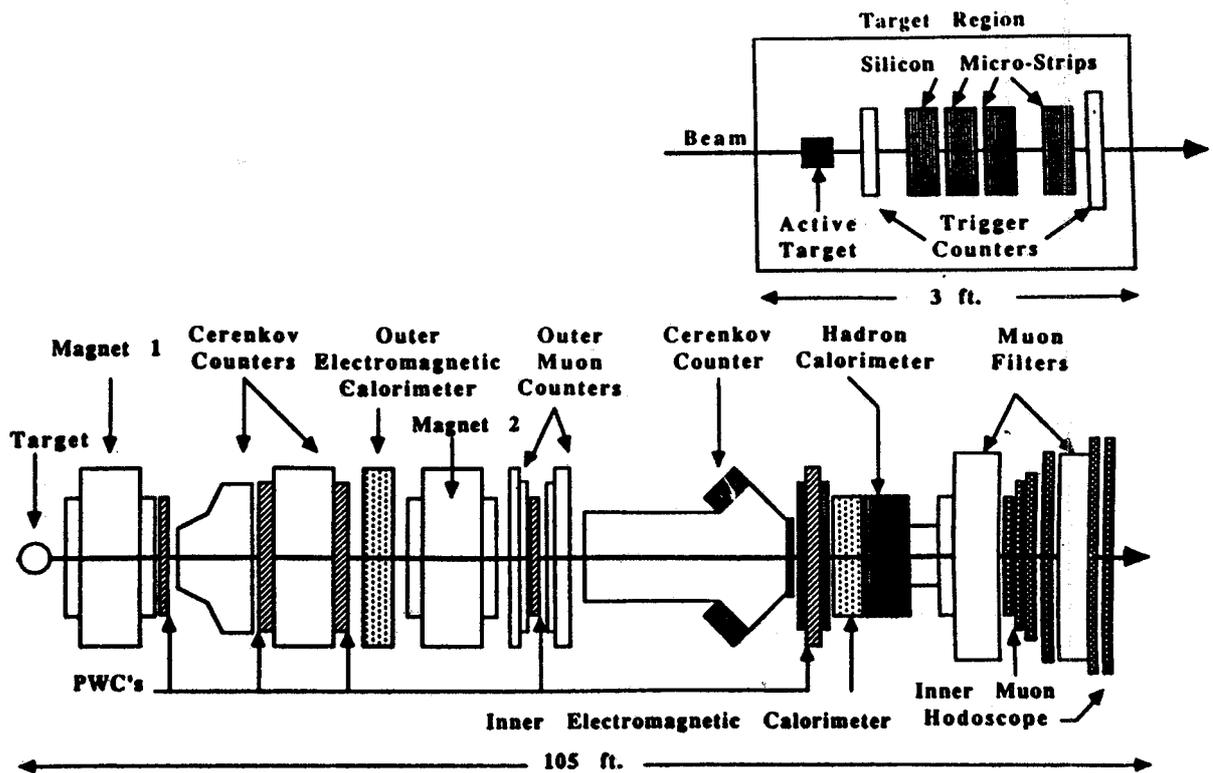


Fig. 7 - L'apparato sperimentale di E687. La regione attorno al bersaglio è mostrata in dettaglio.

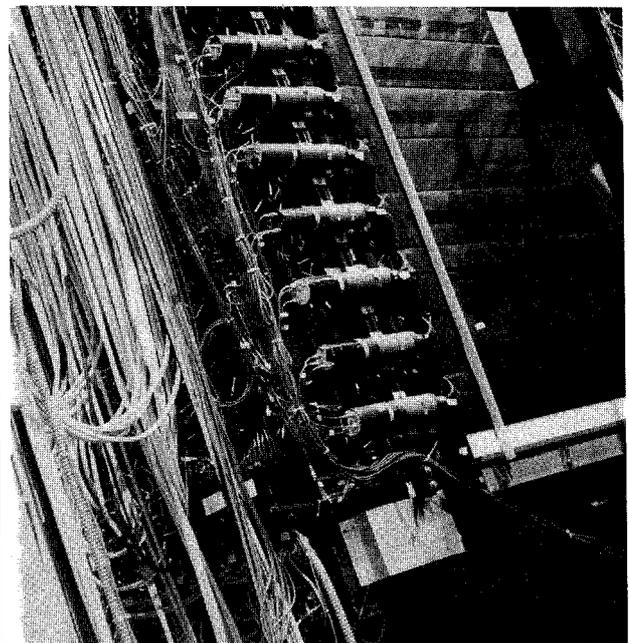
calorimetri elettromagnetici e dai rivelatori di  $\mu$ , mentre il calorimetro adronico copre solo la regione interna. Il sistema di tracciatura consiste di venti piani di camere a filo, e di 12 piani di "silicon micro-strips" nella regione del vertice.

I magneti di analisi sono due con opposta polarità; la curvatura avviene nel piano verticale. La identificazione delle particelle cariche è realizzata da tre rivelatori Cerenkov. Il gruppo di Frascati ha realizzato il calorimetro elettromagnetico esterno (Fig. 8). Si tratta di un rivelatore sandwich scintillatore-acrilico-Pb per un totale di 22 r.l. divise in 5 segmenti longitudinali. Esso è equipaggiato con circa 1200 fotomoltiplicatori, ed ha una granularità trasversale di 3.2 cm.

Il fascio per gli esperimenti a bersaglio fisso è stato disponibile da giugno 87 a metà febbraio 1988.

I primi quattro mesi di run sono stati dedicati alla messa a punto degli apparati e alla loro cali-

Fig. 8 - Il calorimetro elettromagnetico esterno





*Fig. 9 - Il calorimetro elettromagnetico esterno dopo l'incendio*



Fig. 10 - I primi interventi nella sala sperimentale dopo l'incendio

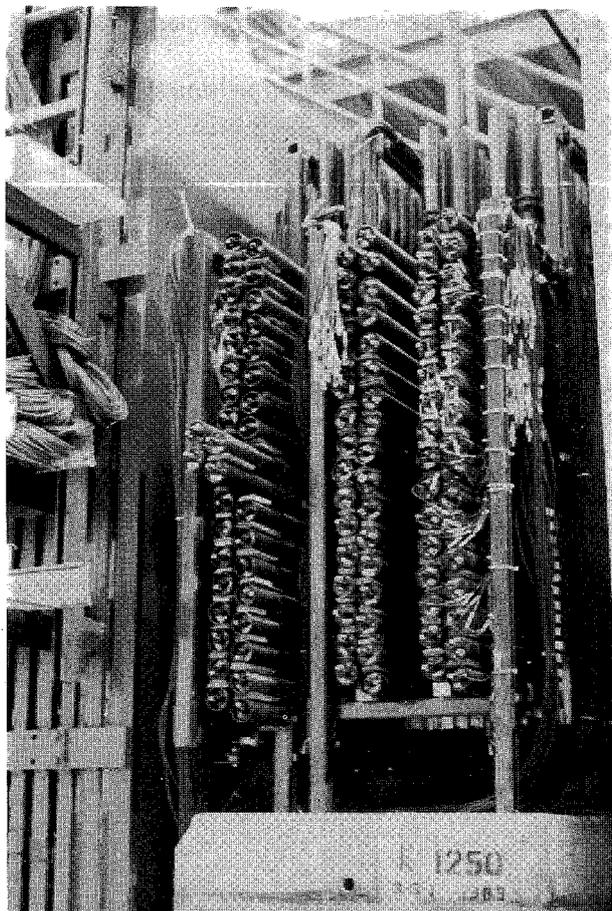


Fig. 11 - Il nuovo calorimetro interno

brazione. L'esperimento è entrato in presa dati nell'agosto, ma all'inizio di ottobre un incendio si è sviluppato nella sala sperimentale distruggendo completamente il calorimetro elettromagnetico interno (Fig. 9), la MPWC ad esso affiancata, parte dei contatori di trigger e danneggiando gravemente il calorimetro adronico.

Fino all'inizio di dicembre, la collaborazione è stata impegnata nel ripristino dell'apparato. La MPWC ed i contatori distrutti sono stati ricostruiti; il calorimetro adronico è stato completamente smontato, e circa 1/3 del rivelatore è stato ricostruito. Il gruppo di Frascati ha assunto la responsabilità di allestire un calorimetro elettromagnetico di emergenza per sostituire il calorimetro in avanti distrutto dall'incendio. Il nuovo calorimetro (Fig. 11) è stato realizzato utilizzando in parte i contatori del terzo blocco della segmentazione longitudinale del calorimetro elettromagnetico esterno e in parte (20%) con nuovi contatori. In questo modo il calorimetro esterno si sviluppa su 18 r.l., mentre il nuovo calorimetro interno è costituito da ~ 24 r.l. suddivise in tre segmenti. Oltre ai fisici e tecnici del gruppo di Frascati hanno partecipato al progetto e alla realizzazione del nuovo rivelatore: P. Garbincius (FNAL); P.L. Frabetti (Bologna); Cotta Ramusino (Pavia); G. Di Giovanni (LNF); S. Camponeschi (LNF); Riondino (LNF); A. Sala-Grabar (Milano); S. Sala (Milano); L. Perasso (Milano); R. Courier (FNAL). Il nuovo calorimetro è costituito da circa 250 contatori, esso copre la stessa accettazione del precedente calorimetro sul piano di non-bending, mentre la accettazione per le particelle cariche del piano verticale è circa il 75% del vecchio rivelatore.

Dal dicembre 88 al febbraio 89 E687 è entrato nuovamente in presa dati.

Sono stati raccolti circa 45 milioni di eventi attualmente in corso di analisi.

## ESPERIMENTO SLD

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

Durante il 1987 si è conclusa la costruzione ed installazione nel ferro dei rivelatori del calorimetro adronico a grande angolo (*barrel*). Si stanno al momento completando i rivelatori da montare nei due *tappi* a piccolo angolo (*end-caps*). Sono inoltre state costruite tutte le camere per la copertura addizionale della zona di transizione tra il *barrel* e l'*end-caps* ed al momento si stanno provando in raggi cosmici prima dell'installazione che si prevede di completare entro Marzo. La scala dei tempi per il completamento del rivelatore prevede la fine delle operazioni di costruzione ed installazione per la fine dell'estate 1988. Sono stati fino ad ora assemblati circa 10000 moduli plastici ad 8 fili. I moduli plastici, costruiti dalla collaborazione italiana comprendente le sezioni di Bologna, Ferrara, Padova, Perugia e Pisa ed un gruppo dell'MIT, sono stati sottoposti ad elaborate procedure di test, prima dell'inserimento nel ferro, al fine di assicurarsi della affidabilità del prodotto finito.

I tubi sopravvissuti ai controlli di produzione sono stati sottoposti ad un test di longevità: i risultati ottenuti sono stati estremamente soddisfacenti in quanto la probabilità misurata di malfunzionamento è risultata inferiore al 2% per anno al 90% di livello di confidenza. La distribuzione della corrente media assorbita da 5000 tubi operanti ad una tensione di circa 200V superiore al punto di lavoro è mostrata in Fig. 12.

I tubi selezionati in base alla richiesta che la corrente media assorbita fosse inferiore a 100nA sono stati quindi laminati in *camere* comprendenti da un minimo di tre ad un massimo di quattordici tubi. Elettrodi di pick-up sia per la misura di flusso integrato di energia (*pads*) sia per il tracking di particelle passanti (*strips*) venivano assemblati assieme ai tubi per ottenere il prodotto finito da inserire nel ferro. Prima di quest'ultima operazione le camere venivano provate in raggi

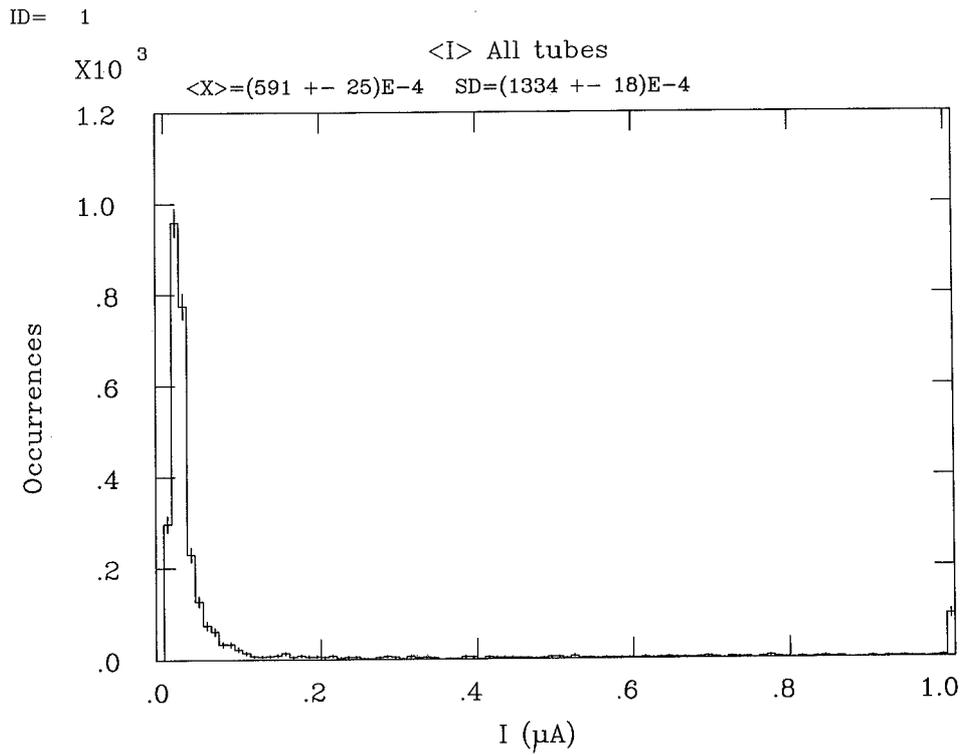
cosmici. Questo test oltre che a provvedere un buon controllo di qualità della produzione in *real time* ha permesso di controllare e stabilire parametri importanti del rivelatore quali risoluzione spaziale, variazioni della risposta delle camere in funzione dei cambiamenti delle condizioni ambientali (temperatura, pressione, percentuali dei componenti nella miscela gassosa etc.). In Fig. 13 è riportata la risoluzione spaziale della parte di tracking in funzione della soglia in tensione sugli elettrodi. C'è da notare che la procedura di test adottata permette di ottenere spettri di ampiezza di ciascuno degli elettrodi di lettura del calorimetro.

I dati relativi a ogni tubo prodotto ed inserito nel ferro sono stati compilati in un data-base che al momento contiene tutta la storia dei rivelatori che sono stati installati nel ferro a partire dalla grafitatura fino alle posizioni spaziali effettive che occupano nel calorimetro.

Un'altra attività in cui la collaborazione si è impegnata appieno è stata la ricerca di miscele alternative non infiammabili da usare nei tubi a streamer. La complessità e la grandezza del sistema rendono problematica la riduzione a livelli accettabili ( $\approx 10^{-4}$ ) le perdite relative di gas per cui la ricerca di un gas intrinsecamente non-infiammabile è sicuramente un obiettivo prioritario nel pianificare un esercizio sicuro per il rivelatore. Buoni candidati sono stati trovati, anche se in via preliminare; il più promettente sembra essere una miscela di 2,5% Ar, 9,5% C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> e 88% CO<sub>2</sub>.

È stata sviluppata la scheda definitiva per la lettura delle strips in collaborazione tra la S.G.S. e la sezione di Pisa; questa scheda basata su ibridi ad alta amplificazione, permette la lettura di impulsi indotti sulle strips fino ad ampiezze di 200 $\mu$  V con buona affidabilità. Anche se questa sensibilità non è richiesta dalla elevata ampiezza di impulso inerente al regime di streamer limitato, la possibilità di lavorare a soglie così basse costituisce un'assicurazione contro eventi imprevisti che potrebbero richiedere il cambiamento delle condizioni operative.

Sul fronte del software si è completamente portata a termine la descrizione geometrica dei ri-



HANDYPAK MXP16:51 11FEB88

Fig. 12

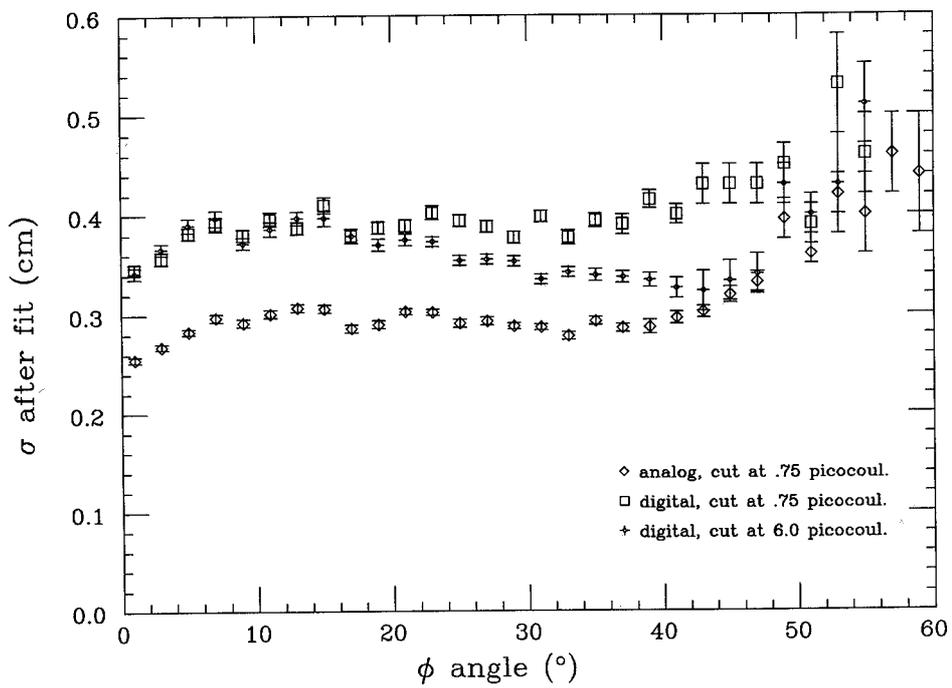


Fig. 13

velatori del *barrel* e con le posizioni effettive di questi ultimi nel ferro. La parte delle *end-cap* sarà terminata entro l'estate 1988. Si sta lavorando alla installazione di tutto il software di SLD sul Vax 8650 di Frascati: con l'arrivo di JNET infatti sarà possibile per i Laboratori entrare a far parte del circuito di distribuzione - sviluppo del software ufficiale di SLD.

Per il 1988 si prevede da parte della collaborazione italiana un grosso sforzo per la installazione della elettronica digitale e per il *commissioning* del rivelatore. In Italia si prevede la messa in opera di facilities per il test e la misura delle prestazioni della elettronica digitale e lo sviluppo dei moduli di lettura e di trigger basati sui segnali letti sulle *strips*. L'inizio della presa dati per SLD è previsto entro il 1989.

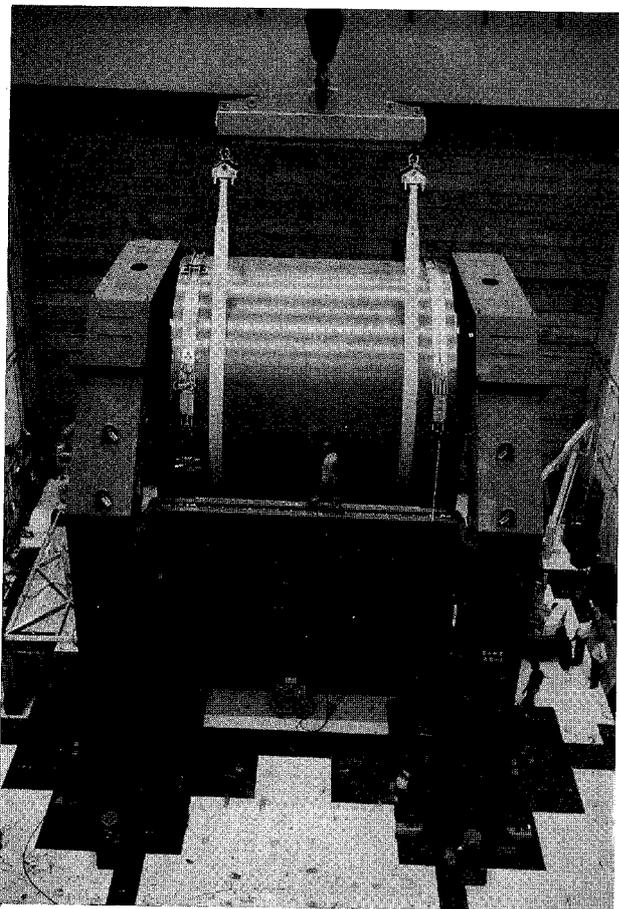


Fig. 14

## ESPERIMENTO ZEUS-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.

*Collaborazione con:* 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, Warsawia, Weizmann, Wisconsin, York.

### 1. INTRODUZIONE

Un nuovo anello di accumulazione, HERA, è in costruzione a DESY, Amburgo.

In tale macchina si studieranno le collisioni tra un fascio di protoni di 820 GeV ed uno di elettroni di 30 GeV.

I grandi momenti trasferiti, resi possibili da questa macchina,  $Q^2_{\max} \cong 105 \text{ GeV}^2$ , permetteranno uno studio diretto delle collisioni elettro-ne-quark.

Le reazioni di corrente neutra e corrente carica permetteranno di analizzare le distribuzioni di quarks e di gluoni all'interno del protone e la struttura delle correnti elettro-deboli.

Per lo studio di tale fisica saranno realizzati due apparati: ZEUS ed H1.

Il gruppo dei Laboratori Nazionali di Frascati partecipa alla collaborazione ZEUS.

Lo schema di tale apparato è mostrato in Fig. 15. In particolare il gruppo partecipa alla realizzazione del solenoide superconduttore, dello spettrometro per la misura dei  $\mu$  in avanti e del rivelatore per protoni "leading".

Lo stato di avanzamento può essere riassunto nei seguenti termini: il tunnel di HERA è pronto ed il fascio di elettroni è stato iniettato nell'aprile 87 fino ai primi elementi installati, con chiusura dell'anello previsto per il luglio 88; la prima parte di ZEUS da installare è il giogo di ferro; l'inizio

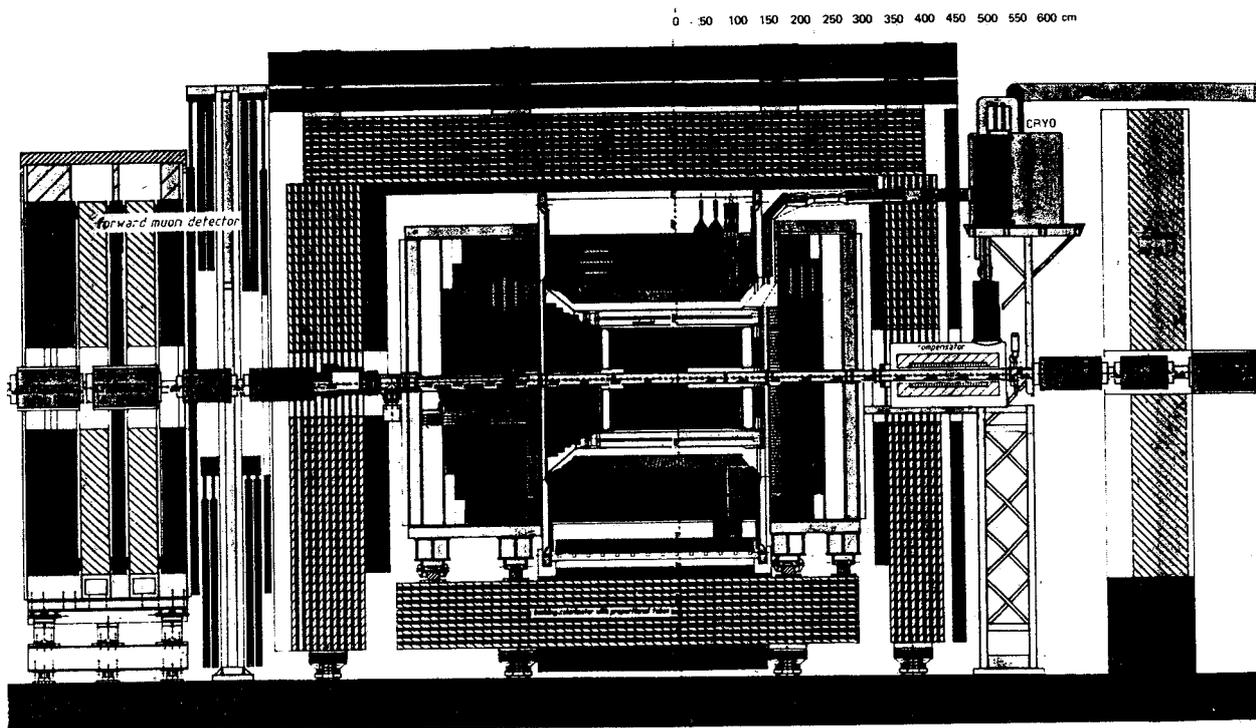


Fig. 15 - ZEUS, sezione lungo i fasci: gli elettroni viaggiano verso destra, i protoni verso sinistra.

dei lavori è previsto nel febbraio 88; i prototipi di tutti i componenti del tracking e della calorimetria sono stati provati confermando le previsioni sulle prestazioni (vedi rif. 1).

## 2. SOLENOIDE SUPERCONDUTTORE

La realizzazione del solenoide superconduttore per l'esperimento ZEUS presso l'acceleratore HERA procede secondo la tabella di marcia definita tra la Collaborazione ZEUS, l'Ansaldo Componenti, l'INFN (Sezioni di Bologna, Milano e LNF) e l'ENEA C.R.E. Frascati. La responsabilità del progetto e la sua realizzazione è stata affidata all'Ansaldo Componenti con precisi compiti di collaborazione e controllo da parte dell'INFN e dell'ENEA.

Attualmente la maggior parte dei componenti è in costruzione, ed alcune parti, come i passanti di corrente sono in prova. Per il cavo superconduttore il LMI di Firenze ha già prodotto il filo di

rame con Ni-Ti ("base-stand" 80 km).

Il modello del solenoide sottile è in fase di completamento presso l'Ansaldo Componenti di Genova. Questa linea ha subito un ritardo di 4 mesi, ma i problemi emersi non sono tali da introdurre ritardi nei due solenoidi veri e propri.

A causa della disposizione asimmetrica del ferro di ritorno (Fig. 15) le forze magnetiche rappresentano un problema per l'avvolgimento sottile. Si è deciso di limitare la forza assiale a 50 kN. La principale difficoltà nel mantenere questo limite è presentato dagli schermaggi dei fotomoltiplicatori dei calorimetri, situati immediatamente all'interno del ferro di ritorno. Il problema è stato affrontato anche dal nostro gruppo, mediante calcolo dei campi magnetici nell'intero apparato e la determinazione delle forze agenti tra varie componenti. Un esempio di questi calcoli per gli schermi magnetici del RCAL è mostrato nella Fig. 16.

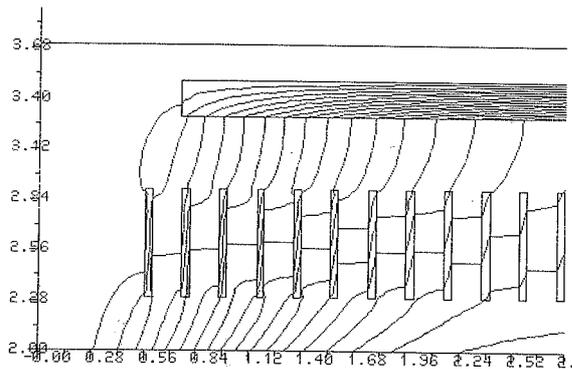
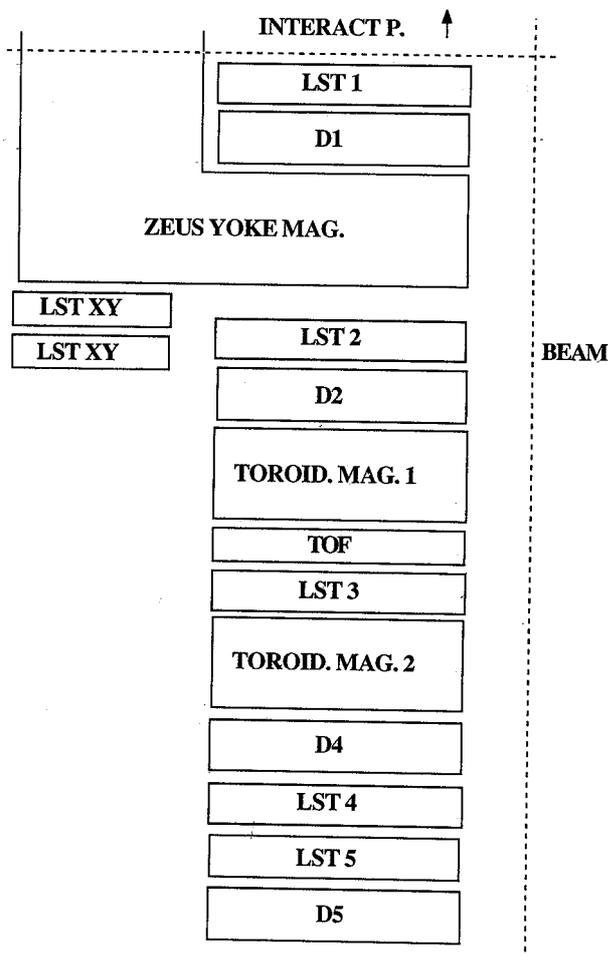


Fig. 16 - Esempio di calcolo dei campi magnetici nella zona dei fotomoltiplicatori.

Fig. 17 - Schema dello spettrometro dei muoni in avanti.



### 3. SPETTROMETRO PER $\mu$ IN AVANTI

La rilevazione dei muoni nell'emisfero del protone uscente è particolarmente rilevante in HERA dove la cinematica di rilevanti fenomeni (produzione di quarks pesanti, leptoquarks, etc.) richiede una copertura angolare che si estenda quanto più possibile verso l'asse individuato dal fascio di protoni.

A tal fine si farà uso, in ZEUS, di uno spettrometro per muoni in avanti la cui realizzazione è responsabilità dei gruppi di Bologna e Frascati. Lo schema di tale spettrometro è mostrato in Fig. 17.

Il gruppo dei LNF, nel corso del 1987, ha particolarmente curato i progetti per la realizzazione dei toroidi e dei piani di tubi a streamer limitato (LST) che verranno utilizzati per il riconoscimento dei muoni.

Il preprogetto dei toroidi di ferro magnetizzato è stato completato presso i servizi SPES dei Laboratori.

Cinque piani di tubi a streamer limitato, con lettura digitale in coordinate polari ( $\varrho, \phi$ ) avranno una doppia funzione:

a) fornire un "trigger" sui muoni in grado di selezionare in direzione e momento;

b) fornire la misura di  $\varrho$  e  $\phi$ . Due ulteriori piani di tubi con lettura digitale ed analogica permetteranno di raccordare le misure dello spettrometro in avanti con quelle del rivelatore di muoni prodotti centralmente.

Il progetto meccanico è stato ultimato nel corso del 1987 ed il prototipo di un quadrante di un piano è stato realizzato al fine di misurare l'efficienza del sistema e la sua effettiva risoluzione spaziale.

Sul prototipo di 2.5 m. di raggio è stata montata un'elettronica ibridizzata di nostro progetto e le misure sono state eseguite al PS del CERN. Le strips in  $\phi$  coprono ciascuna un settore di  $1.8^\circ$  mentre le strips circolari, per la lettura di  $\varrho$ , hanno ciascuna una larghezza di 2 cm.

Le misure sono state eseguite per diverse posizioni del fascio sul piano al fine di verificarne

l'omogeneità di risposta. Per ciascuna posizione si è misurata in funzione della soglia dei discriminatori finali l'efficienza ed il numero medio di strips adiacenti che danno segnale per l'attraversamento di una singola particella.

In Fig. 18 è riportata come esempio una di tali misure.

I risultati di questo test ci assicurano che il sistema si comporta secondo le nostre aspettative.

#### 4. LEADING PROTON DETECTOR

È stato progettato per l'esperimento ZEUS uno spettrometro per la misura dell'impulso di particelle emesse in avanti a piccolissimi angoli ( $< 1$  mrad); lo spettrometro utilizza i magneti della macchina acceleratrice e rivelatori di silicio a microstrip.

In Fig. 19 è mostrato uno schema della disposizione dei rivelatori lungo la linea del fascio uscente di protoni. Sono previste 6 stazioni di cui 3 singole e 3 doppie.

I rivelatori sono montati all'interno di "Roman Pots" per permetterne il posizionamento il più vicino possibile al fascio e l'estrazione quando le condizioni di fascio sono instabili. Il progetto è stato quindi portato avanti in stretta collaborazione con i disegnatori della macchina.

Il programma di simulazione è stato aggiornato includendo tutti i rivelatori dello spettrometro, scattering multiplo ed effetti di risoluzione, nonché l'ultima ottica del fascio.

I risultati della simulazione influenzano direttamente la scelta finale delle dimensioni e della forma dei rivelatori. In Fig. 20 sono mostrate le distribuzioni degli hits nelle varie stazioni.

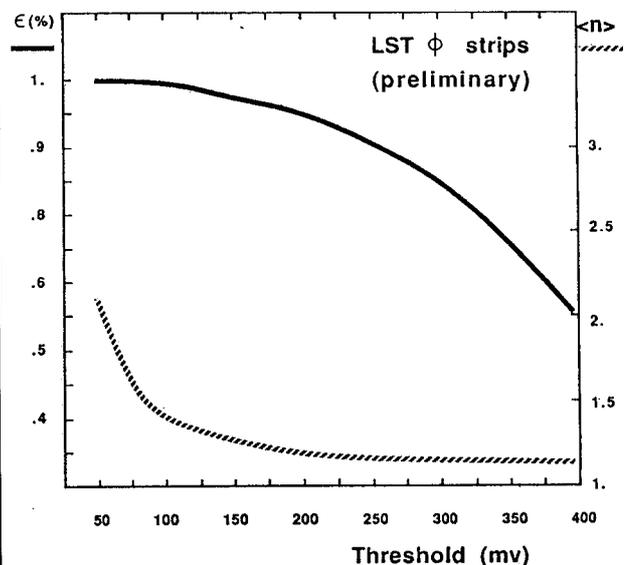


Fig. 18 - Risultati del test con il prototipo LST. Efficienza e numero medio dei  $\phi$  strips in funzione della soglia.

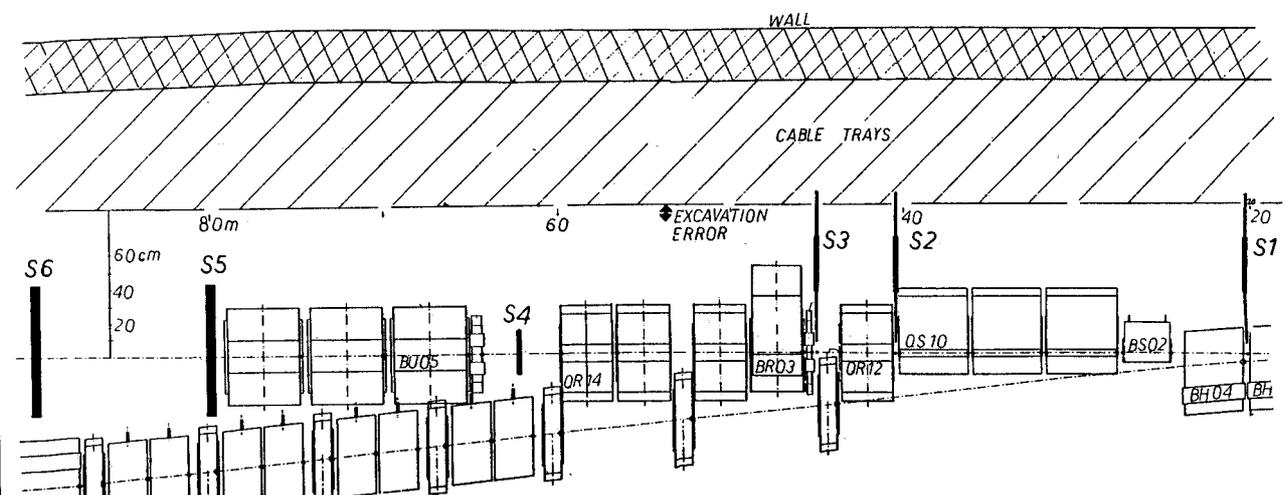


Fig. 19 - Posizioni dei rivelatori LPS nel tunnel dell'HERA.

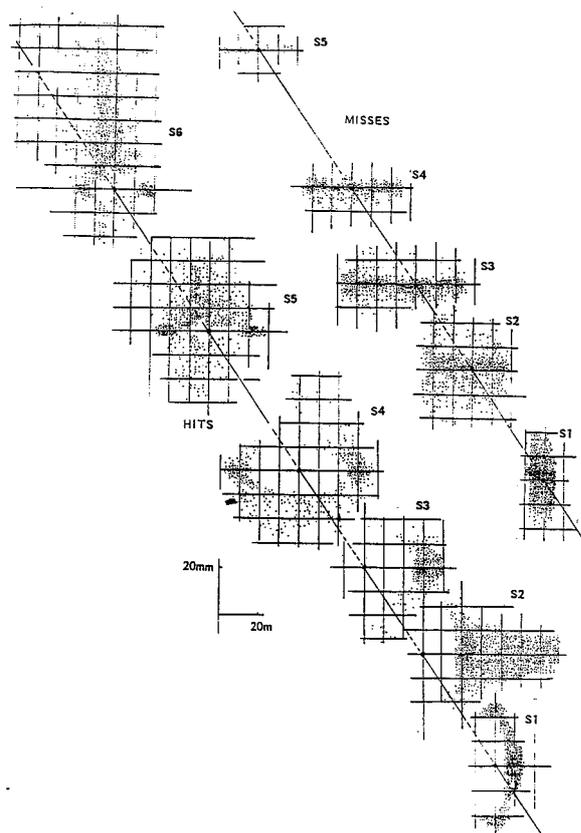


Fig. 20 - Distribuzioni calcolate degli hits sui piani dei rivelatori LPS.

I rivelatori a microstrip di silicio saranno montati all'interno dei "Roman Pots". Ogni stazione singola (doppia) contiene un pacchetto di 6 (6x2) rivelatori per la misura delle coordinate X, U, V (ripetuta due volte per ridondanza). La forma di tali rivelatori è stata studiata usando un programma di simulazione ed è stata ottimizzata per accettazione. Diverse forme sono state usate nelle diverse stazioni in modo da rimanere a  $10\sigma$  dal fascio; le dimensioni sono scelte tenendo conto del limitato spazio nelle pots e la necessità di includere anche l'elettronica.

Un sistema di "Roman Pots" è stato sviluppato. Si tratta di 6 stazioni di cui 3 singole e 3 doppie. Le stazioni singole sono poste là dove lo spazio è limitato dagli elementi del fascio di elettroni dal lato opposto e sono montate orizzontalmente; le stazioni doppie sono invece montate verticalmente e quindi si avvicinano al fascio una dal basso e una dall'alto. I disegni finali sono pronti (Fig. 21) e la costruzione di un prototipo comincerà all'inizio del 1988.

Due delle stazioni doppie usano pots recuperate dal SPS. I lavori di modifica ed adattamento di queste ultime sono già iniziati.

L'alto numero di canali di lettura ( $\sim 40.000$ ) e l'esiguo spazio a disposizione richiedono l'uso di elettronica integrata con multiplexing dei segna-

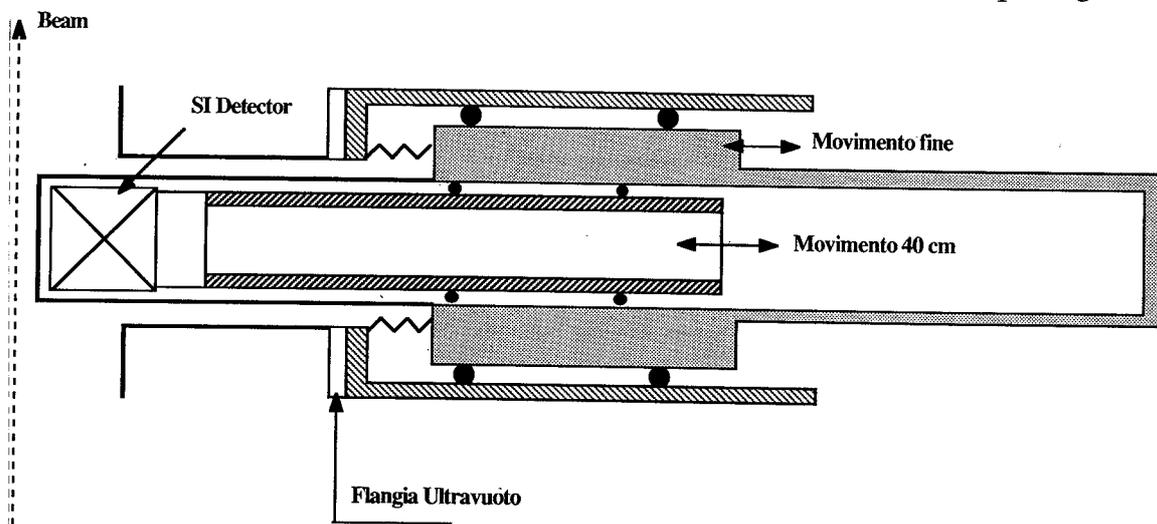


Fig. 21 - Vista dall'alto del "Roman Pot" singolo.

li. Richieste di velocità (96nsec bunch crossing a HERA) e di resistenza alla radiazione devono anche essere soddisfatte.

Stiamo collaborando con un gruppo dell'Università di California a Santa Cruz al progetto di un circuito integrato per la lettura che soddisfi le nostre richieste.

Per ottimizzare il front-end analogico e la parte digitale di storage sono stati progettati due circuiti integrati separati: per ottenere la velocità e la resistenza alle radiazioni richieste la parte analogica (Analog Amplifier and Discriminator AAD) sarà fatta in tecnologia bipolare e la parte digitale (Digital Memory Unit, DMU) in "radiation hardened" CMOS o CMOS/SOS.

Entrambe queste tecnologie garantiscono il buon funzionamento dei microcircuiti fino a livelli di radiazione dei Mrad.

Alcune misure indicano che danni dovuti a radiazioni sono attribuibili a periodi di presa dati solo per il 5%; il rimanente 95% avviene durante periodi di preparazione e manipolazione dei fasci. Per studiare ciò abbiamo preparato un test al Collider del CERN; estrapolando poi i risultati ottenuti all'energia e alla corrente di fascio a HERA si può avere una stima dei livelli di radiazione attesi.

Rivelatori al silicio sono stati posizionati lungo un asse perpendicolare alla direzione del fascio e a distanza progressiva dal fascio stesso.

Per vari modi di operazione della macchina abbiamo misurato la dose totale assorbita dai rivelatori e il flusso di particelle in funzione della distanza dall'asse del fascio.

Quest'ultima misura darà un'indicazione di quale deve essere la distanza minima di sicurezza dal fascio alla quale bisognerà allontanare i rivelatori.

L'analisi dei dati è ancora in corso; risultati preliminari mostrano che la dose assorbita è trascurabile quando i fasci sono stabiliti (0.5 Rad in 48 ore) e molto importante durante l'iniezione (1.15 KRad in 6 ore). In quest'ultimo caso abbiamo misurato che il flusso di particelle in funzione della distanza dal fascio si riduce in un ordine di

grandezza nel passare da 10 a 40 cm dall'asse del fascio. Ciò significa che 40 cm è già una distanza sufficientemente sicura di posizione "a riposo" dei contatori.

#### Riferimenti

- (1) Zeus collaboration, The Zeus Detector Status Report 1987, PRC 87-02 DESY, Hamburg, Sept. 1987.

## 2. - FISICA PASSIVA DELLE ALTE ENERGIE

### ESPERIMENTO MACRO AL GRAN SASSO

*Componenti del gruppo:* C. Battistoni, H. Bilokon, C. Bloise, P. Campana, V. Chiarella, A. Ciocio (A), A. Grillo, E. Iarocci, A. Marini, 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  $\beta$ ;
- b) astronomia di 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.

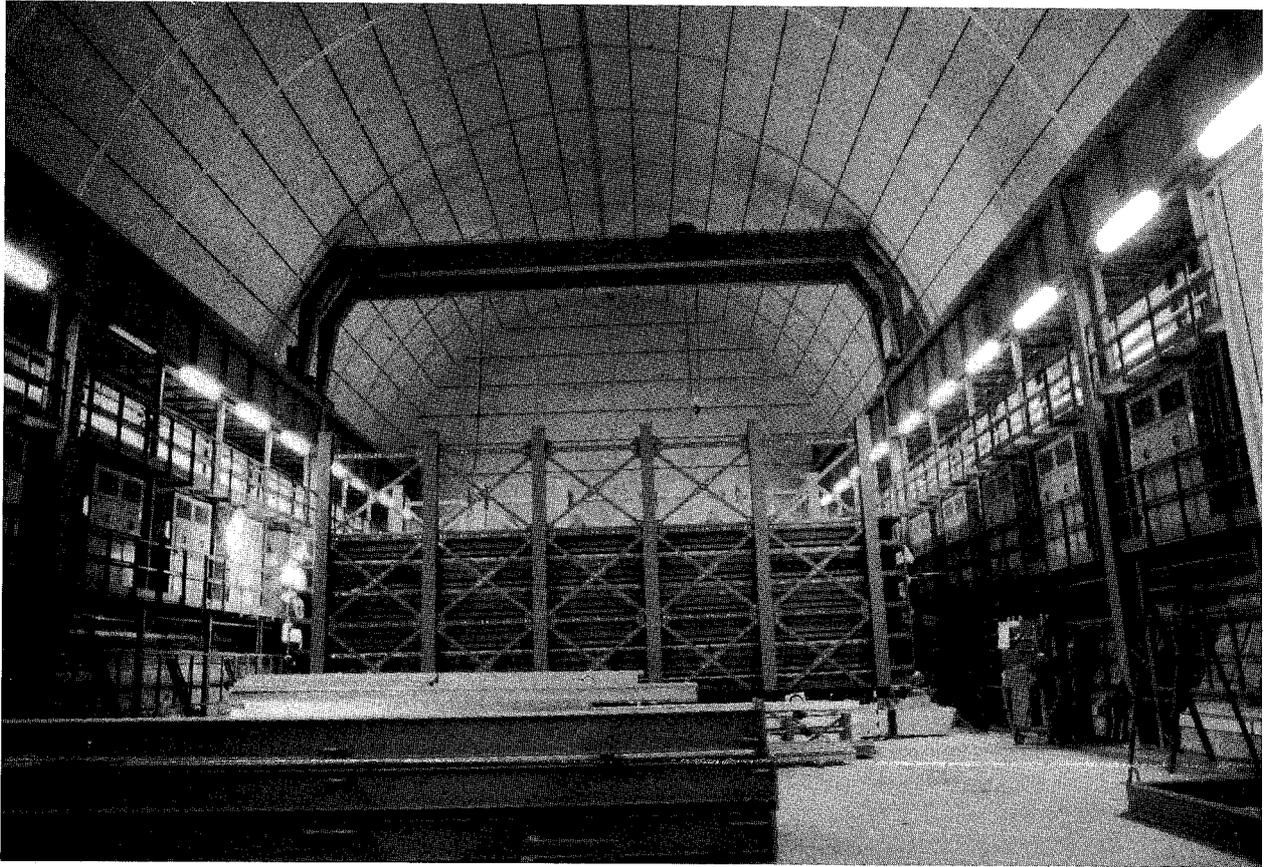


Fig. 22 - Stato del montaggio all'inizio di gennaio '88: sono installati 6 dei 10 piani di rivelatori.

Il rivelatore 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 cemento. I lati verticali sono chiusi da uno strato dello stesso scintillatore e da cinque piani di tubi.

L'installazione dell'apparato nel Laboratorio del Gran Sasso, sala B, è iniziata a metà Ottobre e procede regolarmente con una cadenza di un piano a settimana (montaggio della struttura meccanica, di un piano di strips e di un piano di tubi e relativo test di funzionamento). (Fig. 22)

In tal modo il primo supermodulo sarà completato, per quanto riguarda i rivelatori, a metà

Febbraio.

Nei LNF, nel capannone Gran Sasso, è stato realizzato un laboratorio di prova per l'elettronica e l'on-line dell'esperimento. Utilizzando una serie di rivelatori (tre piani streamer con lettura bidimensionale e un contatore a scintillazione) che riproduce la struttura dell'apparato, vengono provati, in collaborazione con le altre Sezioni ed Università italiane ed americane che partecipano all'esperimento, i circuiti di lettura, di trigger e l'intera catena di acquisizione.

Si è così completato lo schema delle schede di lettura per fili e strisce, le cui prove hanno dato risultati soddisfacenti. Parallelamente è stato progettato, provato ed infine ingegnerizzato, in collaborazione con la CAEN, un processor per l'acquisizione dei dati registrati dalle schede di lettura.

Anche lo schema logico di integrazione dell'elettronica delle camere a streamer e dell'elettronica degli scintillatori, necessaria per la definizione dei trigger d'esperimento, è stato definito.

Il sistema on-line, che consta di una componente sotto VaxELN, che gestisce i microVax, e di una parte di controllo sul Vax8200, è stato completato per quanto riguarda la gestione del CAMAC e la trasmissione dati su rete locale da VaxELN; parimenti completo è il sistema VMS per l'uscita dati, la gestione della rete ed il controllo delle operazioni di VaxELN. È operante, inoltre, il sistema di test e monitoraggio dell'elettronica.

Sempre nei LNF, essenzialmente dal gruppo Macro-USA, è stato creato un laboratorio per la preparazione del liquido scintillante ed un ulteriore laboratorio per analisi chimico-fisiche dello stesso.

Nel campo dell'off-line, la collaborazione ha in corso di realizzazione i programmi di ricostruzione ed analisi degli eventi. Lo schema generale dell'analisi prevede la preparazione dei nastri (DST) presso il calcolatore del Laboratorio del Gran Sasso, mentre le analisi successive verranno eseguite nelle varie istituzioni. I DST, oltre ai dati provenienti direttamente dall'on-line e le informazioni generali relative all'apparato ed al run, conterranno parametri fisici ottenuti da una preanalisi degli eventi (ricostruzione di tracce, deposito d'energia, ecc.).

L'impegno maggiore della componente di Frascati è stato, nell'anno 1987, ovviamente, quello di garantire l'inizio del montaggio nei tempi e nei modi previsti, tenuto conto, in particolare, che anche la responsabilità del disegno e realizzazione di tutta la meccanica dell'apparato e del sistema generale di distribuzione e controllo del gas è ad essa affidata. Ciò ha significato la predisposizione del piano di montaggio (tempi e schemi), preparazione dei rivelatori a streamer, sistemi provvisori di distribuzione gas, stazioni di test, attrezzatura di base, ecc., nonché partecipazione, in tutte le sue fasi, al montaggio e messa a punto del rivelatore ed inizio dei test di funzionamento complessivo.

Frascati cura anche la produzione delle camere a tubi streamer presso la Polivar di Carsoli: tale lavoro, che proseguirà senza interruzione ancora per più di un anno, comporta la sorveglianza della produzione, il controllo delle camere finite ed il test finale di funzionamento.

Per quanto riguarda gli altri campi di attività, il lavoro è estremamente integrato fra le varie componenti la collaborazione, per cui citiamo soltanto che Frascati ha la responsabilità dell'on-line e cura il coordinamento e la standardizzazione dell'elettronica dei tubi streamer e delle parti collegate (alta tensione, cavi, ecc.).

#### **Pubblicazioni**

- 1) G. Battistoni et al.: High statistic study of the low energy cosmic muons angular distribution results from MICRO - Frascati Report LNF-87/88 (P) (in attesa di stampa), submitted to Nuovo Cimento C.
- 2) G. Battistoni et al.: Response of Streamer Tubes to highly ionizing particles - Frascati Report LNF-87/89 (P) (in attesa di stampa), submitted to Nucl. Instr. and Meth.
- 3) C. De Marzo et al.: Monopole and gravitational collapse trigger circuit for the MACRO scintillator subsystem - Proceedings of 20th ICRC, Moscow Vol 6 (1987) 334.
- 4) C. De Marzo et al.: The MACRO detector for the Gran Sasso Laboratory - Proceedings of 20th ICRC, Moscow Vol 6 (1987) 500.
- 5) C. De Marzo et al.: Design and performance of the MACRO liquid scintillator detector - Proceedings of 20th ICRC, Moscow Vol 6 (1987) 504.
- 6) C. De Marzo et al.: The response of Streamer Tube to highly ionizing particle - Proceedings of 20th ICRC, Moscow Vol 6 (1987) 507.
- 7) C. De Marzo et al.: The Streamer Tubes for the MACRO experiment at the Gran Sasso Laboratory - Proceedings of 20th ICRC, Moscow Vol 6 (1987) 510.
- 8) C. De Marzo et al.: The track-etch detector for the MACRO experiment - Proceedings of 20th ICRC, Moscow Vol 6 (1987) 513.
- 9) G. Auriemma et al.: Monopole trigger for the streamer tube system in MACRO - Nucl. Instr. Meth., A263 (1988) 249.
- 10) M. Calicchio et al.: The MACRO detector at the Gran Sasso Laboratory - Nucl. Instr. Meth., A264 (1988) 18.

## ESPERIMENTO LVD AL GRAN SASSO

*Componenti del gruppo:* S. Bianco, R. Casaccia, F. Cindolo, M. De Felici, M. Enorini, F.L. Fabbri, I. Laakso, A. Spallone, G. Susinno, L. Votano, A. Zallo.

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

*Collaborazione con:* Bologna, Boston, Campinas (Brazil), Brown, CERN, Cosenza, Firenze, Houston, IHEP (Cina), Indiana, L'Aquila, Lecce, Leningrado, Moscow, MIT, Palermo, Perugia, Torino, Urbino.

L'esperimento LVD può essere definito un osservatorio sotterraneo mediante il quale perseguire i seguenti obiettivi scientifici:

- astronomia dei neutrini e principalmente dei neutrini provenienti dai collassi gravitazionali stellari;
- ricerca di sorgenti cosmiche di gamma di altissima energia;
- studio di possibili oscillazioni di neutrino mediante neutrini atmosferici;
- fisica di muoni cosmici;
- decadimento del protone nel canale ( $p \rightarrow k^+ + \nu$ );
- monopolio.

Il rivelatore LVD è costituito da un grande volume di scintillatore liquido diviso in moduli circondati ciascuno dal sistema di tracciamento delle particelle.

L'idea base consiste nell'avere un apparato completamente modulare. LVD è realizzato con 190 moduli essenzialmente identici. Ciascun modulo contiene 9.6 tonnellate di scintillatore liquido, 6.7 tonnellate di ferro ed è circondato nella parte inferiore e da un lato da un doppio strato di tubi a streamer che costituiscono il sistema di misura delle traiettorie delle particelle.

Questi 190 moduli sono posti entro una struttura portante in ferro che garantisce la stabilità dell'intero apparato, le cui dimensioni sono:

$$\sim 40 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 13 \text{ m}.$$

L'apparato è quindi diviso in 5 parti identiche

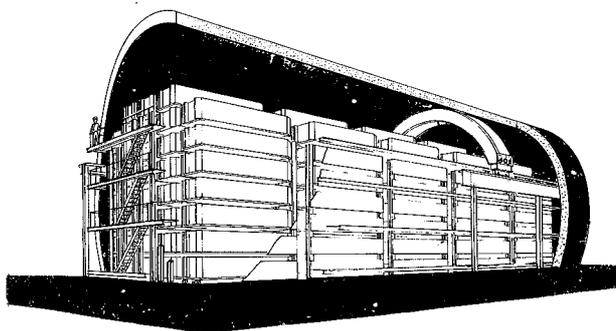


Fig. 23 - LVD. Montaggio in galleria.

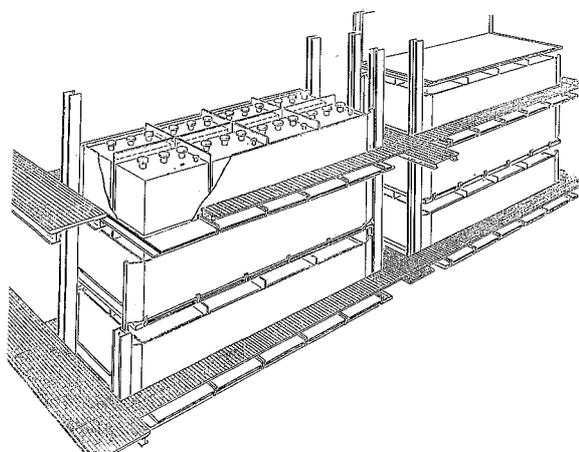


Fig. 24 - LVD. Montaggio generale di un sistema.

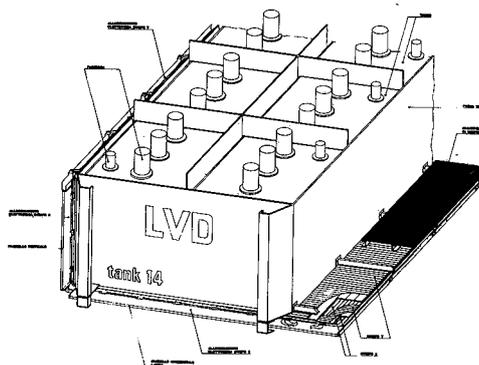


Fig. 25

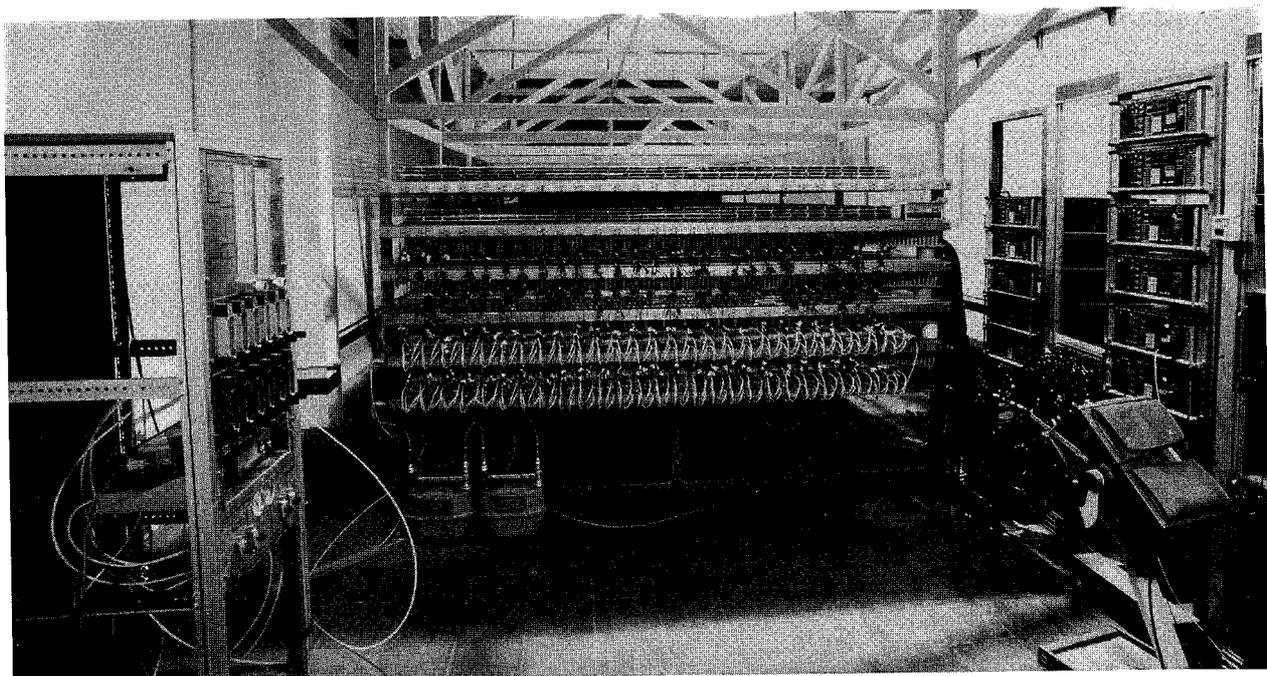


Fig. 26

e il suo peso totale è di circa 3600 tonnellate. In Fig. 23 è mostrato il disegno d'insieme dell'apparato.

LVD occupa la parte Nord del Laboratorio A del Gran Sasso, mentre una parte del laboratorio B è destinata ad ospitare il sistema di controllo e il sistema del gas.

L'impegno di Frascati nell'ambito della collaborazione riguarda principalmente la realizzazione del sistema di tracciamento.

### SISTEMA DI TRACCIAMENTO

Esso consiste di circa 20000 tubi a streamer limitato assemblati in pannelli a forma di L, uno orizzontale e uno verticale, attaccati a ciascun modulo dell'apparato.

I tubi a streamer sono i tubi standard di Iarocci e cioè otto celle di 1 cm x 1 cm e lunghi 6.3 m.

Ciascuno strato di tubi ha un sistema indipendente di lettura mediante strips longitudinali e trasversali. Ciascuna strip è larga 4 cm. I due strati sono sovrapposti per 2 cm. Ciò equivale ad avere

un piano con efficienza di lettura  $\sim 100\%$  e larghezza di strip 2 cm sia in x che in y ed una risoluzione angolare di 4 mrad.

Nel corso del 1987 sono stati definiti i progetti esecutivi dei pannelli di sostegno e dello schema di montaggio ed assemblaggio del doppio piano di tubi a streamer. In Fig. 24 si vede un modulo con alcune tank di scintillatore, ciascuna equipaggiata con 4 fotomoltiplicatori e il sistema di tracciamento. In Fig. 25 sono mostrati ulteriori dettagli dello schema di montaggio con gli alloggiamenti per l'elettronica di lettura e le connessioni alle strips.

Per quanto riguarda i tubi a streamer, 3000 dei 20000 sono stati prodotti nel tubificio a Frascati. Contemporaneamente è stato realizzato presso l'Università di Houston un nuovo tubificio utilizzando le tecnologie messe a punto a Frascati. Tale tubificio è entrato a regime sul finire del 1987 e circa un migliaio di tubi sono già stati prodotti.

Approfondite misure sono state fatte sulla fisica di funzionamento dei tubi a streamer realizzati

a Frascati. In particolare è stata studiata la transizione tra i regimi di funzionamento proporzionale e streamer, in funzione della composizione della miscela di gas (Ar, Isobutano), della alta tensione applicata, in funzione delle condizioni di temperatura e pressione ambientale. Ciò consente di definire il punto di lavoro per i tubi stessi.

Sono state inoltre studiate l'efficienza dell'elettronica di lettura in funzione di varie geometrie e composizione delle strips. Ciò ha consentito di fissare tale geometria e avviare la produzione delle stesse.

È stato avviato inoltre uno studio del possibile uso nei tubi a streamer di miscele non esplosive cioè a basso contenuto di Isobutano.

## IL LABORATORIO ASTRA

Nell'ambito della collaborazione è stato deciso che l'intera produzione dei tubi, sia quelli pro-

dotti a Frascati che quelli prodotti a Houston, devono essere sottoposti, prima dell'inserimento nell'apparato, allo stesso test di accettazione. A tale scopo è stato allestito a Frascati il laboratorio Astra.

In tale laboratorio si è realizzata una struttura in grado di ospitare e provare allo stesso istante 1200 tubi. Tale struttura è costituita dalla sovrapposizione di 12 vassoi ciascuno contenente circa 100 tubi. Per poter lavorare agevolmente sono stati previsti due piani sovrapposti di calpestio. L'uso di doppie camicie ed il sistema di alimentazione elettrica e di flussaggio del gas sono stati progettati per minimizzare le operazioni necessarie ad ogni cambio dei tubi. Nel corso del 1987 il laboratorio è stato completato ed avviato con l'assemblaggio di due dei 12 vassoi previsti.

I tubi vengono monitorizzati leggendo la corrente assorbita con una periodicità dell'ordine di alcune decine di secondi. Il sistema di acquisizione è stato realizzato con un Macintosh.

## 1. ARGON LIQUIDO

Sono state effettuate prove con diverse configurazioni del rivelatore. Lo scopo dello studio è stato di investigare la deriva (drift) di elettroni in argon liquido e di stabilire le prestazioni di possibili camere a fili per ottenere la massima informazione dagli elettroni stessi. Il lavoro è stato diviso nelle seguenti attività.

### 1.1. Vita media degli elettroni

Lo studio accurato della massima vita media degli elettroni ottenibile in argon liquido è stato fatto principalmente nel 1986, e si è concluso all'inizio del 1987. I risultati sono riportati nella referenza 1. La Fig. 27 mostra il risultato principale di questo studio, che è la misura di una vita media eccezionalmente lunga (dell'ordine di 10 ms). Essa è conseguenza diretta della purezza estrema (< 0.1 ppb di impurezze elettronegative) ottenuta nella preparazione dell'argon liquido.

### 1.2 Drift degli elettroni

Il gruppo di Padova ha costruito un rivelatore con 25 cm di spazio di drift, contenente circa 10 l di argon liquido, che è stato studiato accuratamente. La camera usata in questo apparato ha un piano di fili ( $\approx 30$ ), con passo 2 mm. Questa configurazione è stata studiata per utilizzare l'induzione di elettroni che attraversano coppie di fili distanti 700  $\mu$ m. Le traiettorie degli elettroni sono controllate da un sistema di focalizzazione elettrostatica che agisce come una lente sugli elettroni di ionizzazione emessi lungo la traiettoria da particelle cariche che attraversano la camera. Per sviluppare questo sistema è stato fatto, per mezzo del calcolatore, uno studio dettagliato del campo elettrico necessario. Il risultato è riportato in ref. 2. Sono state fatte diverse prove con un fascio di particelle di energia intermedia al PS del CERN. I risultati sono stati soddisfacenti, e hanno mostrato che il sistema lavora come aspettato e può dare informazioni utili. Lo spettro dei raggi  $\delta$  (Fig. 28)

## 1. LIQUID ARGON

Several tests of different detector configurations have been performed. Purpose of the study was to investigate the drift of electrons in liquid argon and to assess the performance of possible wire chambers which could be used in order to extract the maximum information from the electrons thus drifted. The work was subdivided among the following activities.

### 1.1 Electron lifetime

A thorough study on the maximum achievable electron lifetime in liquid argon had been performed essentially during 1986 and was completed at the beginning of 1987. The results of have been finalised and an article (1) has been submitted for publication. Fig. 27 shows the main results of this study, namely the measurement of an exceptionally long lifetime (tens of milliseconds). This was the direct consequence of the extreme purity (< 0.1 ppb of electro-negative impurities) obtained in the preparation of the liquid argon and of the various components of the apparatus.

### 1.2 Electron drift

A detector with a total drift space of 25 cm and containing some 10 liters of liquid argon had been built by the Padova group and was thoroughly studied. The chamber used in this apparatus had one plane of wires for a total of  $\approx 30$  wires with a 2 mm spacing. The configuration was aimed at exploiting the induction effect of electrons passing between pairs of wires 700 microns apart. The electron trajectories were controlled by means of an electrostatic focusing system which acted as a lens on the ionisation electrons emitted along the path of charged particles traversing the chamber. In order to develop the above system a detailed study of the electric field needed for this operation had been performed by means of computer calculations; results of this study have been reported in ref. (2). Several test

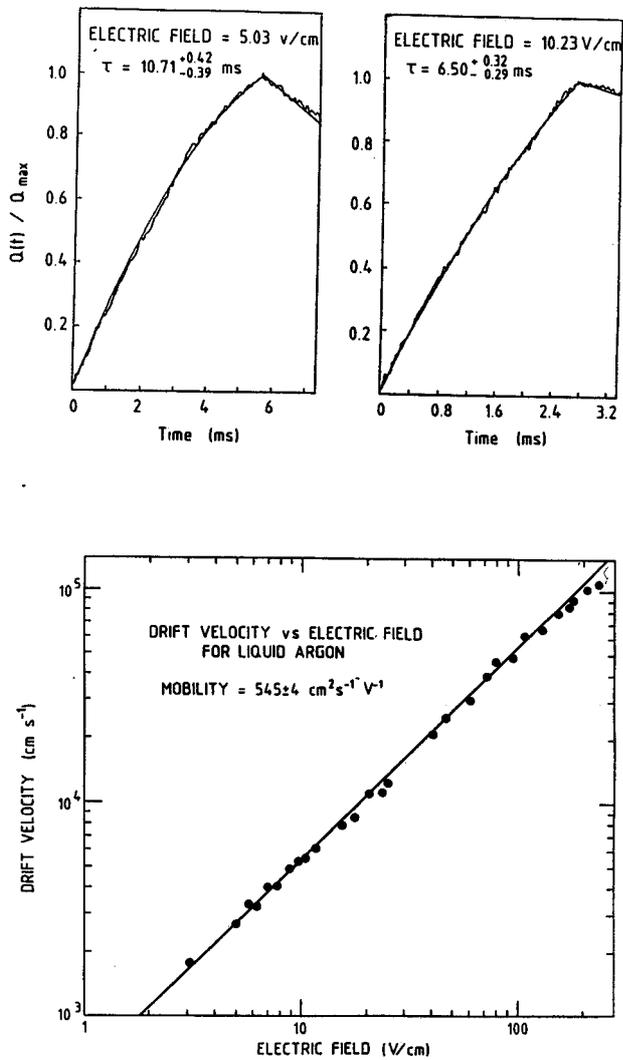


Fig. 27 - Carica raccolta in argon liquido in funzione del tempo e della velocità di migrazione (ref. 1).

Fig. 27 - Charge collection as a function of time and drift velocity in liquid argon (ref. 1).

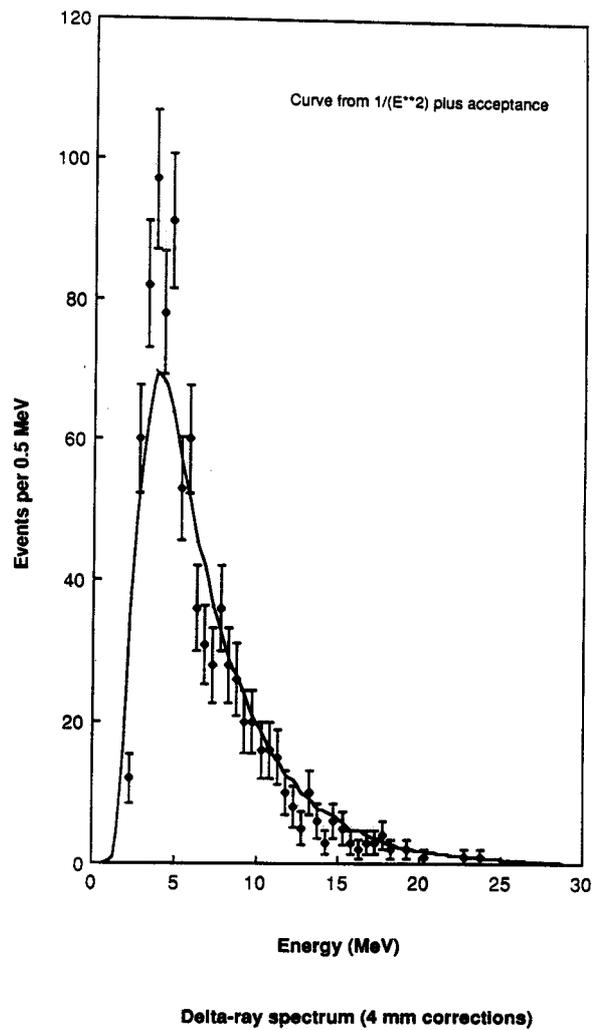


Fig. 28 - Spettro di energia dei raggi  $\delta$  misurato con la camera da 25 cm (ref. 3).

Fig. 28 - Delta ray energy spectrum measured with the 25 cm chamber (ref. 3).

generati nel rivelatore da un fascio di pioni di 5 GeV/c è il risultato principale di questo lavoro. La Fig. 29 mostra alcuni esempi di raggi  $\delta$  ricostruiti sullo schermo del monitor durante l'acquisizione. Lo spettro in energia è stato misurato per mezzo di segnali registrati dalla camera a fili, ed è in accordo eccellente con quanto ci si aspetta, sia in forma che in calibrazione assoluta, una volta che si tenga conto dell'accettanza. È in preparazione un articolo dettagliato su questi risultati (3).

### 1.3 Emissione di elettroni

È stato fatto uno studio esplorativo per verificare la possibilità di estrarre elettroni da catodi metallici in argon liquido utilizzando un fascio laser. Le prove sono state effettuate dirigendo la luce sui catodi, con e senza fibre ottiche di quarzo. Sono stati ottenuti risultati preliminari incoraggianti (4), che mostrano come sia possibile utilizzare questo procedimento per generare grandi quantità di carica in condizioni controllate. Un esempio di questi risultati è mostrato in Fig. 30. Il gruppo di Padova ha acquistato un laser adatto, che dovrebbe essere consegnato nel febbraio 1988. Ci si aspetta di avere risultati quantitativi in breve tempo (si veda anche 1.4). In parallelo è stato effettuato uno studio analogo utilizzando una lampada pulsata per generare la luce ultravioletta necessaria all'estrazione degli elettroni dai catodi metallici. I risultati sono in accordo con quelli ottenuti per mezzo del laser, ma confermano la necessità di avere una sorgente di luce di potenza più elevata, come è appunto in grado di fare un laser.

Sempre con lo scopo di creare una quantità di carica controllata nell'argon liquido, è stata studiata anche un'altra via, investigando il fenomeno dell'emissione di campo da una punta. La Fig. 31 mostra alcuni dei risultati ottenuti (5).

### 1.4 Sviluppi

L'attività di sviluppo è attualmente indirizzata su tre linee diverse. In primo luogo è quasi completata la costruzione di un lungo tubo di drift (150 cm x 15 cm) in cui gli elettroni verranno fotoprodotti per mezzo di un laser YAG-Nd a un

runs have then been performed in a particle beam at intermediate energies from the CERN PS. The results have been quite satisfactory, proving that the system worked as expected and was indeed capable of yielding useful information. The highlight of this work is represented by the delta-ray spectrum of Fig. 28. The delta rays were generated inside the detector via pions from a 5 GeV/c beam. Examples of delta-rays events as seen on the monitor screen during data acquisition are shown on Fig. 29. The energy spectrum was measured by means of the signals recorded by the wire chamber and turns out to be in excellent agreement with the expectations: once the acceptance effects are taken into account, both the shape and the absolute calibration of the spectrum is exactly what is expected. A detailed article on these results is in preparation (3) and will soon be submitted for publication.

### 1.3 Electron emission

An exploratory study has been performed to establish the possibility of electron extraction by a laser beam from metallic cathodes in liquid argon. Tests were performed with and without quartz fibers directing the light over the cathode. Encouraging preliminary results were obtained (4) showing that this process can be exploited to generate large amounts of charge under controlled conditions. Fig. 30 shows an example of these results. A suitable laser apparatus has been acquired by the Padova group; its delivery is expected for the end of February 1988 and quantitative results are hoped to be obtained soon afterwards (see point 1.4 below). An ancillary study had also been conducted using a "flash lamp" to provide the ultraviolet light needed for the photo-extraction of electrons from the metallic cathodes; these results were consistent with those obtained via the laser beam but confirmed the need for a more powerful light source such as that provided by a laser. A different exploratory activity has been conducted again in the direction of creating a controlled amount of charge in liquid argon: here the investigation was directed towards the

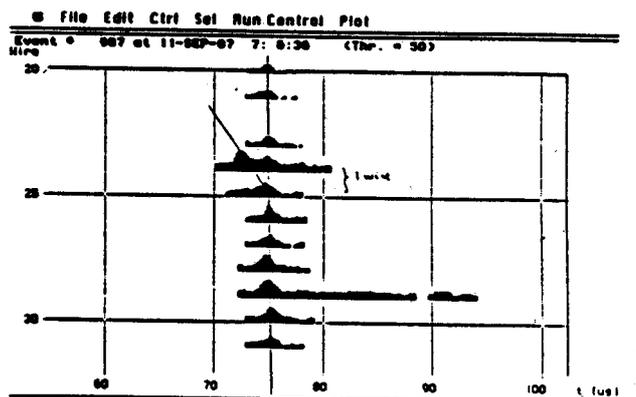
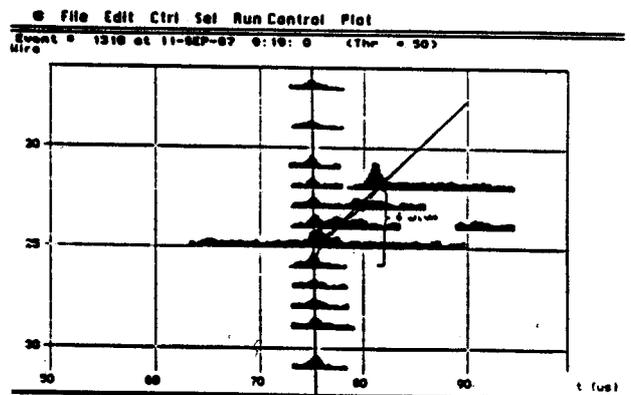
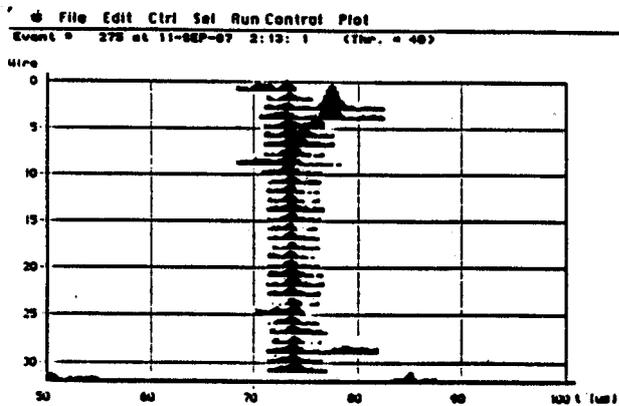
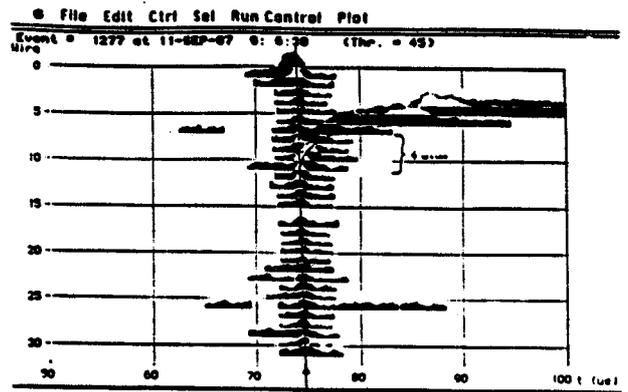
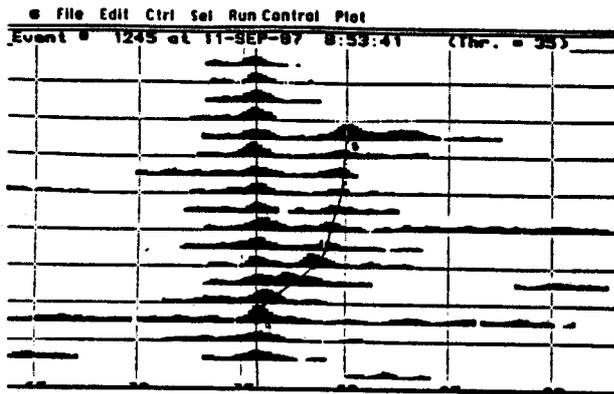


Fig. 29 - Esempio di segnali di raggi  $\delta$  osservati nella camera da 25 cm (ref. 3).

Fig. 29 - Example of delta-ray signals observed in the 25 cm chamber (ref. 3).

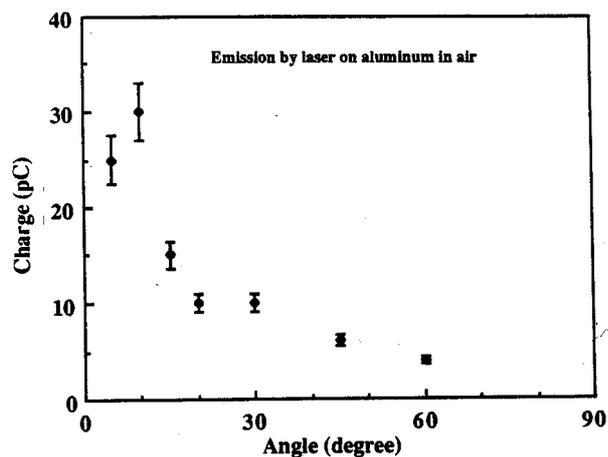
estremo, e verranno fatti migrare in argon liquido verso l'anodo posto all'altro estremo con un campo elettrico di 1 kV/cm. L'apparato, progettato e costruito dal gruppo di Padova nel 1987, sarà pronto per le prove nel febbraio 1988. La figura 32 mostra il tubo di drift, insieme agli anelli di guardia per il campo di deriva. La stessa apparecchiatura sarà usata su un fascio di particelle nella seconda parte delle prove.

In secondo luogo è stata costruita una piccola camera a due piani (sempre dal gruppo di Padova in collaborazione con il gruppo di Schinzel al CERN) per studiare la fattibilità della ricostruzione bidimensionale completa della traccia con la stessa procedura già messa a punto con la camera a una dimensione (vedere par. 1.2).

Infine è in fase avanzata il lavoro per completare l'equipaggiamento di un dewar da 2 m<sup>3</sup> (Fig. 33) dove la lunghezza di drift sarà dell'ordine di 150 cm e la superficie del rivelatore di 40 x 40 cm<sup>2</sup>. Questo rivelatore avrà una camera a fili a due piani.

Fig. 30 - Carica ottenuta per mezzo di un laser in funzione dell'angolo di incidenza sul fotocatodo. La luce è trasmessa con fibre di quarzo (ref. 4).

Fig. 30 - Charge emission by laser as a function of the angle of incidence on the photocathode. The light is transmitted via a quartz fiber. (Unpublished work by the authors of ref. 4).



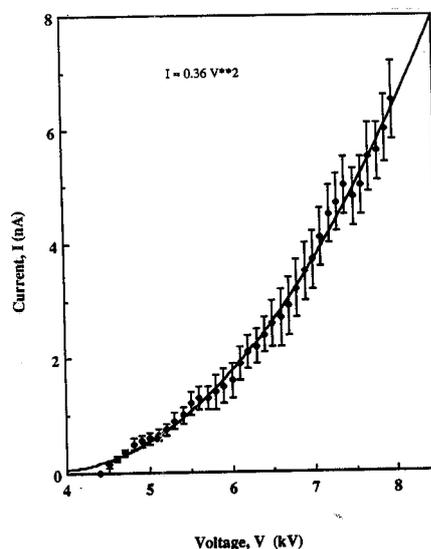
phenomenon of field emission of electrons from a sharp point under high voltage. Fig. 31 shows some of the results obtained in this study (5).

#### 1.4 Developments

The ongoing development activity is presently subdivided between three different lines. First, construction is near completion for a long drift tube (150 cm x 15 cm) where the electrons will be photoproduced by means of a YAG-Nd laser at one end and will be drifted via a 1 kV/cm electric field in liquid argon onto the anode at the other end. This apparatus, designed and built by the Padova group during 1987, will be ready for tests at the end of February 1988. Fig. 32 shows the drift tube together with the guard rings for the drift field. The same apparatus can and will be used in a particle beam in a second stage of tests. Second, a small double-plane chamber has been constructed (again by the Padova group in collaboration with the Schinzel group at CERN) to

Fig. 31 - Corrente pulsata generata in argon liquido da una punta in funzione del potenziale applicato (ref. 5).

Fig. 31 - Current (pulsed) generated in liquid argon by a sharp point as a function of the applied potential (ref. 5).

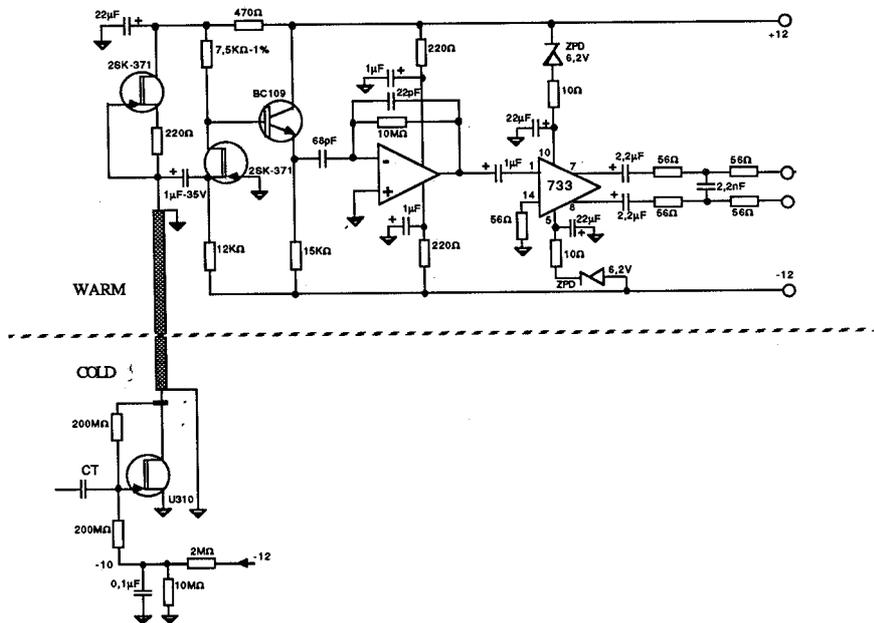




COLD JFET AMPLIFIER ICE-U310-1

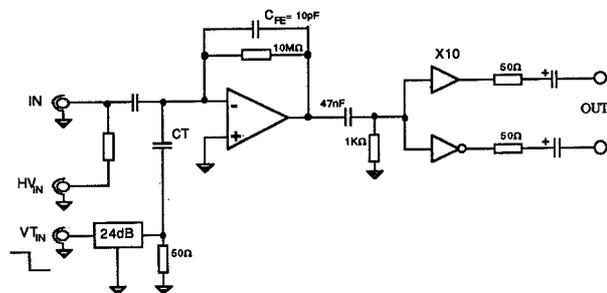
18-11-87  
A. BRAGGIOTTI  
P. CENNINI

ELECTRIC DIAGRAM



ANODE AMPLIFIER  
USING M-903 MODIFIER HIBRIDS

27-11-87



ADC  
SENSITIVITY  
1,176 mV/COUNT

- INJECTED CHARGE AT  $V_T = 1\text{mV} = f_c e$
- VOLTAGE OUTPUT AT  $V_T = 1\text{mV}$
- ADC COUNTS AT  $V_T = 1\text{mV}$

Fig. 34 - L'amplificatore "freddo" usato nelle prove di dicembre (A. Braggiotti e P. Cennini, Padova e Cern).

Fig. 34 - The cold amplifiers used in the December tests (A. Braggiotti and P. Cennini; Padova and Cern).

## 2. PURIFICATORE

Il gruppo di Milano ha iniziato lo studio per la costruzione di un purificatore di argon commerciale, in collaborazione con la SAES-Getters (sempre di Milano). La camera usata al CERN per la misura della vita media della ref. 1, è stata impiegata per controllare la purificazione del gas ottenuta con il sistema fornito dall'industria citata prima. Questo sistema utilizza un "getter" come agente principale per la purificazione. I risultati preliminari (6) mostrano che si possono ottenere in questo modo livelli di purificazione sufficienti. Il lavoro ora è diretto alla progettazione di un prototipo in grado di fornire la quantità di liquido necessaria a riempire il dewar da 2 m<sup>3</sup> (vedere par. 1.4).

## 3. ELETTRONICA

I gruppi del CERN, di Padova e di Pavia hanno studiato gli amplificatori per i segnali raccolti nel rivelatore.

Il primo progetto è derivato dall'elettronica di UA1, ed ha funzionato in modo soddisfacente, ma con un elevato livello di rumore. Un secondo progetto è stato sviluppato specificamente secondo la nostra richiesta, ed ha funzionato meglio, ma non ancora in modo completamente accettabile. A questo punto è stata studiata la possibilità di ridurre in modo sostanziale il rumore elettronico dell'amplificatore raffreddandolo alla temperatura dell'argon liquido. L'amplificatore mostrato in Fig. 34 è stato provato in laboratorio, e si è ottenuta una notevole riduzione del rumore. Per una prova in condizioni operative questo nuovo amplificatore è stato introdotto nel contenitore dell'argon liquido dell'apparato installato sul fascio (si veda par. 1.2). I risultati sono stati incoraggianti e mostrano che il livello di rumore può essere ridotto all'equivalente di poche centinaia di elettroni. Il rapporto segnale-rumore trovato in condizioni operative al più alto valore del campo è stato ~ 17 (Fig. 35). Questo è un guadagno notevole rispetto agli amplificatori caldi, in cui lo stesso rapporto è circa 5. Ci si attendono

test the feasibility of a full 2-dimensional track reconstruction following the same recipes as in the one-dimensional chamber already tested (see 1.2 above). Thirdly, work is in progress to complete the equipment of a 2 m<sup>3</sup> dewar (Fig. 33) where the drift length will be of the order of 150 cm and the detection area will be 40 x 40 cm<sup>2</sup>. This detector will also have a double-plane configuration for the wire chamber.

## 2. PURIFIER

A plan for the construction of a commercial argon purifier had been initiated during 1987 by the Milano group in collaboration with the SAES-Getters company (based in Milano). The lifetime chamber used earlier at CERN for the investigation of ref. 1 was operated as a purity monitor for the system provided by the above company. The system is based on a *getter* as the main filtering agent. Preliminary results (6) have shown that adequate purity levels can be achieved by this system. The work proceeds now towards the design of a prototype with the capacity sufficient to provide the amount of liquid to fill the 2 m<sup>3</sup> test dewar (see point 1.4 above).

## 3. ELECTRONICS

An extensive study of the amplifiers required for the reception of the signals collected by the detector has been conducted by groups at CERN, Padova and Pavia. The earlier design was a derivation of the UA1 electronics and was found to operate adequately but with a large noise level. A second design was developed specifically for our requirements and showed better performance but not a sufficient improvement over the original amplifier. At this stage a study has been performed on the possibility of substantially reducing the electronics noise of the amplifiers by cooling them at liquid argon temperature. The amplifier shown in Fig. 34 was developed and tested in the laboratory. A notable noise reduction was achieved under cooling and the performances in these conditions were determined

quindi un'eccellente risoluzione e identificazione delle tracce nel rivelatore finale.

#### 4. RIVELATORE DI $\mu$ ESTERNO

Il gruppo di Roma ha appena completato la prova di un complesso di 8 prototipi di RPV (ca-

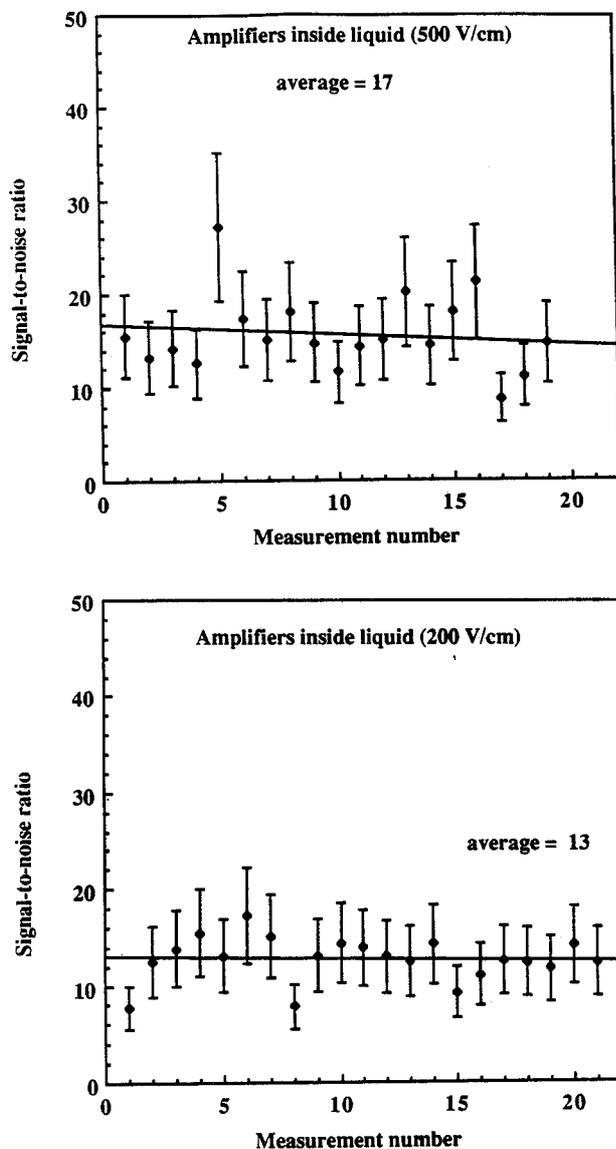


Fig. 35 - Prestazioni degli amplificatori "freddi": rapporto segnale-rumore misurato su una serie di eventi nella prova di dicembre 1987.

Fig. 35 - Performance of the cold amplifiers: signal-to-noise ratios measured on a series of events recorded during the December 1987 test.

in the laboratory. In order to try this electronics in real-life conditions the tests were then extended to the beam set-up (see point 1.2 above) by incorporating these new amplifiers inside the liquid argon container. The results have been very encouraging showing that the noise level could

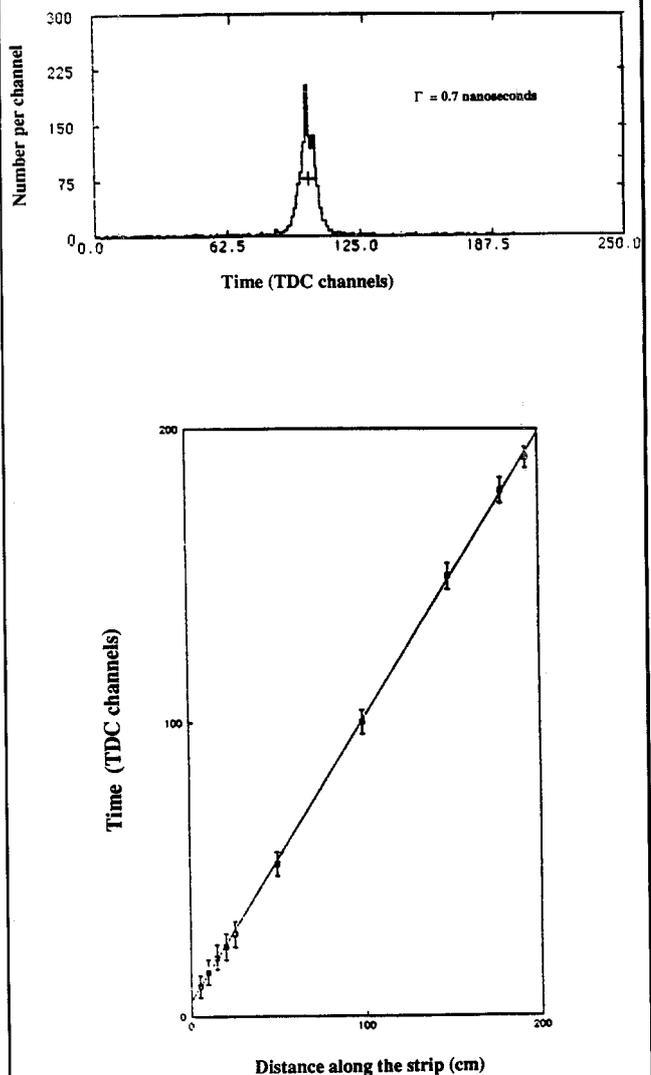


Fig. 36 - Risultati delle camere RPC, che saranno usate nelle prove con il rivelatore di  $\mu$  esterno al CERN: risoluzione temporale e relazione tempo-posizione. Risultati ottenuti con raggi cosmici (F. Massa e A. Zuccarini, Roma).

Fig. 36 - Test of RPC's to be used in the mini-EMD test at CERN: time resolution and time-position relationship. Results obtained with cosmic rays (F. Massa and A. Zuccarini; Roma).

mere a elettrodi resistivi). Il rivelatore di  $\mu$  esterno (EMD) che verrà installato intorno a ICARUS sarà composto da questo tipo di camera, sviluppata originariamente dal gruppo di Santonico a Roma II. La prova di laboratorio effettuata su questa camera dal gruppo di Roma I (Conversi e Massa) hanno permesso di stabilire le specifiche secondo cui dovrà procedere l'industria cui verrà affidata la loro produzione. Un gruppo di camere è stato costruito secondo queste specifiche ed è stato portato al CERN per essere provato su un fascio di particelle. Ognuna di esse è stata messa a punto con i raggi cosmici, e un gruppo di 8 è pronto ad essere usato sul fascio intorno al dewart da 2 m<sup>3</sup> (vedere par. 1.4), come prototipo in scala ridotta dal rivelatore di  $\mu$  esterno. Ogni camera è in grado di misurare con efficienza di quasi 100% il tempo del passaggio di una particella entro un nanosecondo, e la sua posizione con una risoluzione geometrica di 3 cm x 3 cm. La distribuzione temporale dei segnali provenienti da una posizione fissata, visti dalle due estremità del contatore è mostrata in Fig. 36. Nella stessa figura è riportato il grafico che mostra la linearità della reazione tempo-posizione, quale può essere ottenuta con questi contatori.

#### 5. BABY ICARUS

È stata preparata la proposta per la costruzione di un prototipo in scala 1:20 del rivelatore ICARUS finale. Il baby-ICARUS avrà una massa di argon liquido attivo di circa 180 tonnellate. Questo apparato, una volta installato al Gran Sasso, oltre a permettere una prova completa per la costruzione del rivelatore finale, consentirà l'osservazione dei neutrini solari con un livello di precisione competitivo con quello degli altri rivelatori attualmente operanti nel mondo.

In Fig. 37 è mostrato un disegno dell'apparato. È stato completato lo studio del sistema elettrostatico del rivelatore e del sistema associato di azzeramento dei tempi (7,8). Le capacità dell'apparato di ricostruire eventi di neutrini solari sono state studiate in dettaglio e risultano eccellenti. Sono discusse nella referenza 9.

indeed be reduced to values equivalent to a few hundred electrons. The signal-to-noise ratio found in operational conditions at the highest value of the field turned out to be  $\approx 17$  (see Fig. 35); this is an important gain over the earlier (warm amplifiers) situation where the same ratio was about 5. This result leads us to expect an excellent track identification and resolution in the final detector.

#### 4. EXTERNAL MUON DETECTOR

The Rome group has just completed the assembly and test of a set of eight prototype RPC's (Resistive Plate Chambers). These detectors are planned to be the components of the future EMD (External Muon Detector) to be installed around ICARUS. The chambers have been originally developed by the Santonico group in Rome II. Extensive laboratory tests had been performed on these chambers by the Rome I group (Conversi and Massa) with the result that at the beginning of 1987 this group had established the specifications to be used by a commercial factory to produce them industrially. A number of modules were built accordingly and brought to CERN in view of a test in a particle beam. Each counter has been individually tested with cosmic rays and a system of eight RPC's is now ready to be used in the beam around the 2 m<sup>3</sup> dewart (see point 1.4 above) as a miniature prototype of the EMD. The individual chambers have proven to be able to measure with a nearly 100% efficiency the particle arrival time within less than one nanosecond and its position within a 3 cm x 3 cm geometrical resolution. A typical time distribution of the signals from a given fixed position on the counter as seen from its two extremities is shown in Fig. 36. Also shown in this figure is a plot demonstrating the linearity which can be achieved on the time-position response of the counters.

#### 5. BABY ICARUS

A proposal has been prepared concerning the

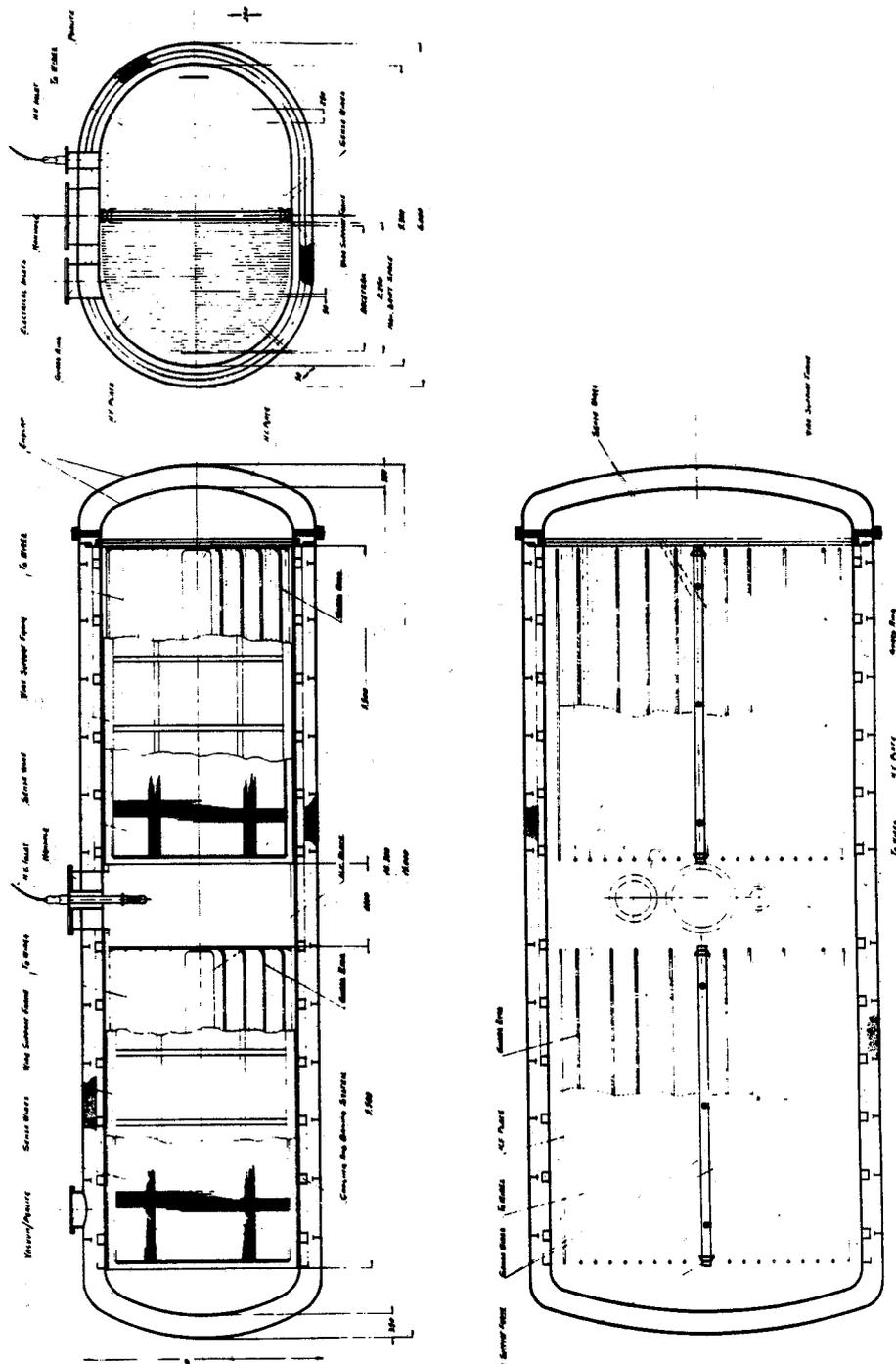


Fig. 37 - Disegno del contenitore del "Baby-ICARUS". Si vedono le camere a fili, il sistema di alta tensione e il sistema di azzeramento dei tempi (B. Dainese, Padova).

Fig. 37 - An overall view of the Baby-ICARUS container showing the wire chambers, the high-voltage apparatus and the T-zero system (B. Dainese; Padova).

## Referenze

- 1) E. Buckley et al.; A study of ionisation electrons drifting over large distances in liquid argon. Submitted to Nuclear Instruments and Methods. 1987.
- 2) F. Pietropaolo. Preliminary study of the electric field (I) (19 March 1987); ditto (II) (24 March 1987); Study of the electrostatic field (April 23, 1987); Track angle effect on the signal shape in the ICARUS sense-wire chamber (May 20, 1987); Two-dimensional focusing of the electric field in the ICARUS sense-wire chamber (27 May 1987); Signals simulation for the 25 cm drift chamber (27 July 1987).
- 3) E. Buckley et al.; Imaging of meson tracks by electrons in a 25 cm liquid argon drift chamber. In preparation (26 October 1987).
- 4) G. Carugno and F. Ptohos. On measurements of ion mobilities and drift time in liquid TMP. ICARUS internal report. January 23 1988.
- 5) G. Carugno and F. Ptohos. Electron emission from sharp points in liquid argon. ICARUS report 10 January 1988.
- 6) G. Bressi, C. Cattadori and F. Ragusa. Relazione sulle misure di vita media degli elettroni in argon effettuate nel luglio-settembre 1987 presso la ditta SAES Getters. ICARUS report - 87/30 (15 dicembre 1987).
- 7) F. Pietropaolo. Electric field calculation for the T-zero wire system. ICARUS internal report, 8 January 1988.
- 8) F. Pietropaolo. Electric field study for the Baby-ICARUS drift chamber. ICARUS internal report 29 November 1987.
- 9) F. Pietropaolo. Solar neutrinos: the electron direction measurements. ICARUS internal report. 13 January 1988.

construction of a 1:20 prototype of the final ICARUS detector. This "Baby-ICARUS" detector will have an active liquid argon mass in the neighbourhood of 180 tons. In addition to its specific purpose as a test bench of the full-scale ICARUS, this apparatus installed in the Gran Sasso laboratory will be able to provide a solar-neutrino detector having a precision level distinctly competitive with that of other detectors presently in operation around the world. Fig. 37 shows a sketch of the proposed apparatus. A study has also been completed concerning the electrostatic system of the detector and its associated time-zero system [7,8]. The reconstruction capabilities of the detector when confronted with a solar neutrino event have been examined in detail and shown to be quite favourable; they are discussed in ref. [9].

## References

- 1) E. Buckley et al.; A study of ionisation electrons drifting over large distances in liquid argon. Submitted to Nuclear Instruments and Methods. 1987.
- 2) F. Pietropaolo. Preliminary study of the electric field (I) (19 March 1987); ditto (II) (24 March 1987); Study of the electrostatic field (April 23, 1987); Track angle effect on the signal shape in the ICARUS sense-wire chamber (May 20, 1987); Two-dimensional focusing of the electric field in the ICARUS sense-wire chamber (27 May 1987); Signals simulation for the 25 cm drift chamber (27 July, 1987).
- 3) E. Buckley et al.; Imaging of meson tracks by electrons in a 25 cm liquid argon drift chamber. In preparation (26 October 1987).
- 4) G. Carugno and F. Ptohos. On measurements of ion mobilities and drift time in liquid TMP. ICARUS internal report. January 23, 1988.
- 5) G. Carugno and F. Ptohos. Electron emission from sharp points in liquid argon. ICARUS report 10 January 1988.
- 6) G. Bressi, C. Cattadori and F. Ragusa. Relazione sulle misure di vita media degli elettroni in argon effettuate nel luglio-settembre 1987 presso la ditta SAES Getters. ICARUS report-87/30 (15 dicembre 1987).
- 7) F. Pietropaolo. Electric field calculation for the T-zero wire system. ICARUS internal report, 8 January 1988.
- 8) F. Pietropaolo. Electric field study for the Baby-ICARUS drift chamber. ICARUS internal report 29 November 1987.
- 9) F. Pietropaolo. Solar neutrinos: the electron direction measurement. ICARUS internal report, 13 January 1988.

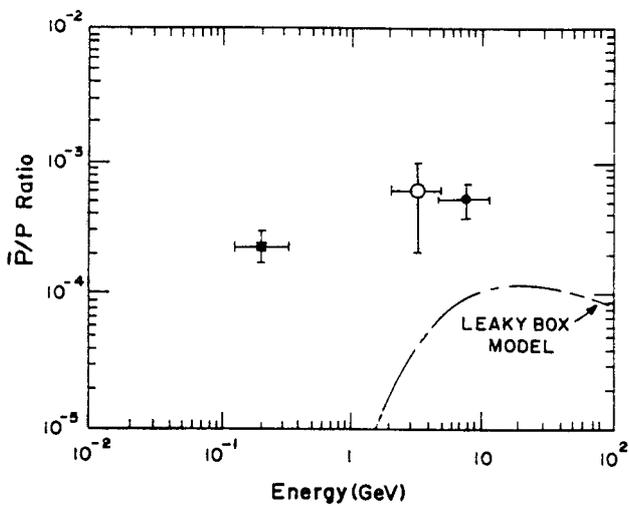


Fig. 38 - Previsioni teoriche e osservazioni sperimentali del rapporto  $\bar{p}/p$ . Linea tratteggiata: modello "leaky box", con lunghezza media di propagazione  $l = 5 \text{ g cm}^{-2}$ . ●: R.L. Golden et al., Phys. Rev. Letters 43, 1196 (1979); ○: E.A. Bogomolov et al., Proc. 16th Intern. Cosmic Ray Conf., Kyoto (1979); ■: A. Buffington et al Ap. J. 248, 1179, (1981).

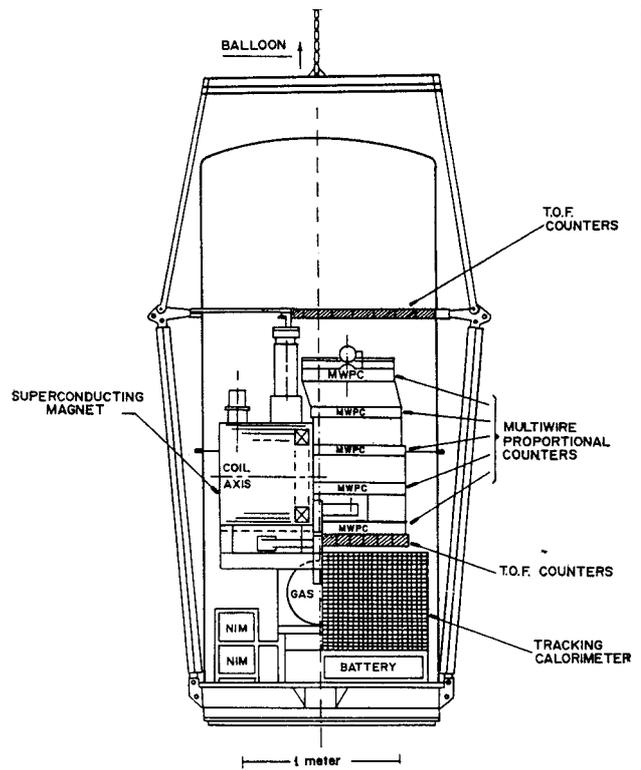


Fig. 39 - Schema dell'apparato.

## RICERCA DI ANTIPROTONI COSMICI (MASS)

Componenti del gruppo: G. Basini, F. Bongiorno (A.), M. Occhigrossi (A.), A. Morselli (A.), M. Ricci, P. Spillatini.

Collaborazione con: CNR (Piano Spaziale Nazionale), NASA Goddard Space Flight Center, New Mexico State University, Perugia, Roma II.

L'esperimento MASS (Matter Antimatter Space Spectrometer) si inquadra nella linea di ricerca sistematica di antimateria primaria di origine cosmica in alta quota (40-50 km). L'interesse di tale ricerca è già significativo nel caso di misure accurate del rapporto  $\bar{p}/p$  primario, ma ancora

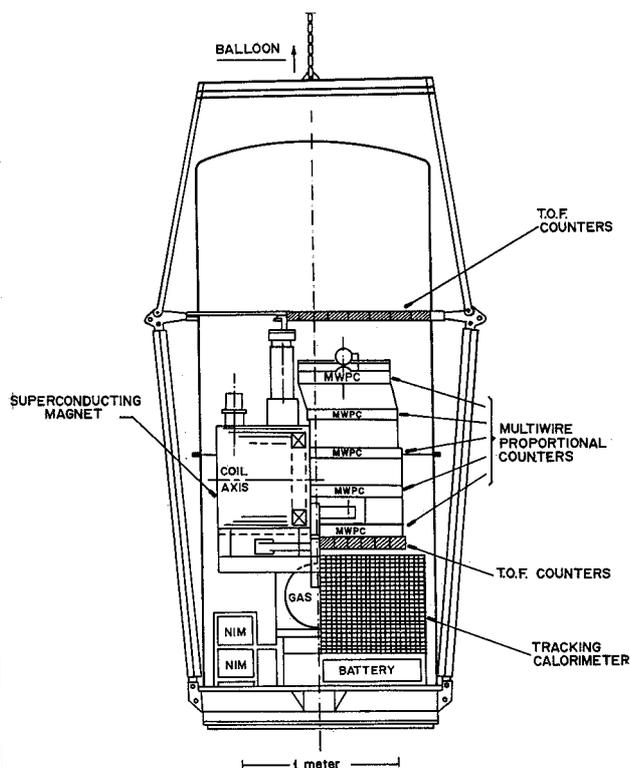


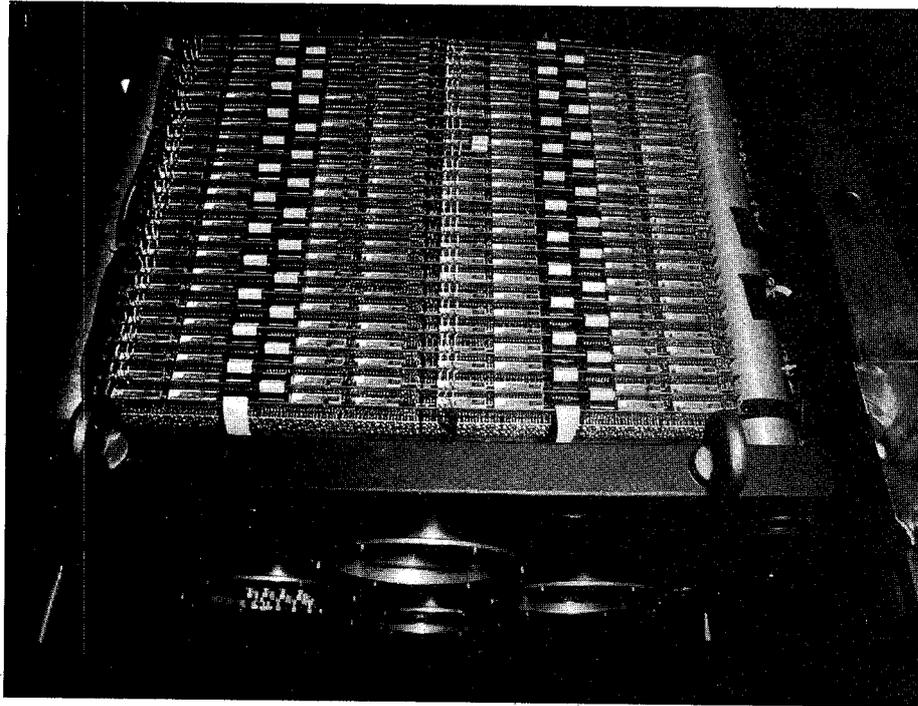
Fig. 38 - Previsioni teoriche e osservazioni sperimentali del rapporto  $\bar{p}/p$ . Linea tratteggiata: modello "leaky box", con lunghezza media di propagazione  $\lambda = 5 \text{ g cm}^{-2}$ . ● punto di R.L. Golden et al., Phys. Rev. Letters 43, 1196 (1979); ○ punto di E.A. Bogomolov et al., Proc. 16th Intern. Cosmic Ray Conf. Kyoto (1979); ◐ punto di A. Buffington et al., Ap. J. 248, 1179 (1981). Schema dell'apparato.

più notevole (anche se altamente improbabile) diventerebbe qualora si giungesse ad ottenere evidenza di uno stato legato di antimateria (ad es. nuclei di antielio).

Tre esperimenti non recenti (Fig. 38) hanno rivelato circa 40 antiprotoni; la "rate" osservata risulta maggiore di quella prevista teoricamente e sembra suggerire la presenza di  $\bar{p}$  primari, ma la scarsa rilevanza statistica delle misure non permette di trarre né conclusioni sul loro modo di produzione né di affermare con certezza che vi è effettivamente una parte di antiprotoni non spiegabili come produzione secondaria ( $p+p \rightarrow p+\bar{p} + \text{anything}$ ) e quindi da considerare come "primari". Questo perché tali esperimenti erano basati su apparati equipaggiati o con un calorimetro o con un magnete, ma mai entrambi contemporaneamente si da poter dare una risposta conclusiva.

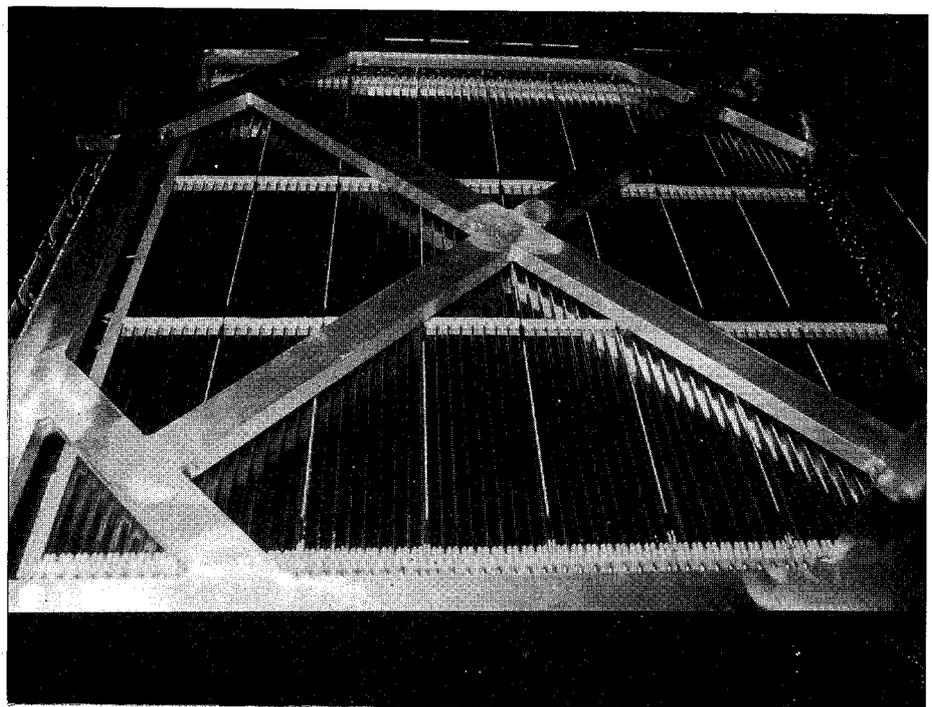
La misura del flusso di antiprotoni primari (nel range 0.5-5 GeV) sarà perciò eseguita con un calorimetro tracciante inserito in un apparato comprendente un magnete superconduttore, camere a fili e contatori per tempo di volo, in collaborazione con gruppi americani (NASA Goddard Space Flight Center e New Mexico State University di Las Cruces); l'apparato, schematizzato in Fig. 38, sarà lanciato in alta quota per mezzo di un pallone aerostatico durante la campagna di lanci prevista per l'estate '88 dalla base di Prince Albert in Canada.

Durante il 1987 il gruppo di Frascati, in collaborazione con Perugia e Roma II, ha portato a termine la costruzione del calorimetro e la successiva fase di test su fascio al CERN. Il calorimetro (Fig. 39), di dimensioni (53 x 66 x 50) cm<sup>3</sup>, è costituito da 50 piani di tubi a streamer in ottone di sezione (6.5 x 5) mm<sup>2</sup> (Fig. 40) intercalati da altrettanti piani di strips disposte ortogonalmente ai precedenti per un totale di 6400 canali. Ciò consentirà di ricavare una misura calorimetrica dell'energia totale rilasciata e quindi ottenere una chiara segnatura degli eventi di annichilazione dell'antiprotone con ricostruzione del vertice.



*Fig. 39 - Il calorimetro MASS.*

*Fig. 40 - Singolo piano di tubi a streamer in ottone.*



Uno sforzo particolare è stato compiuto nella progettazione e realizzazione di un sistema di read-out elettronico estremamente compatto ed il cui consumo elettrico fosse il più basso possibile per rispettare le esigenze determinate dal volo con pallone. La scheda elettronica di lettura (32 canali per scheda), realizzata presso la ditta AUR, EL Microsystem consente il raggiungimento di tali risultati (ad es. un consumo di 15 mW per canale) con l'ausilio di circuiti ibridi stampati ad alta densità.

Oltre all'attività riguardante il prossimo lancio con pallone, che può essere considerato come un esperimento di prima generazione nella ricerca di antimateria cosmica, il gruppo di Frascati è promotore dell'iniziativa nazionale INFN (riunita sotto la sigla ASTROMASS) nell'ambito del progetto americano di installazione di una facility dedicata a ricerche in campo astrofisico costituita da un magnete superconduttore (ASTROMAG) e rivelatori associati che saranno collocati sulla Stazione Spaziale Orbitante della NASA che si prevede essere operativa per il 1996. Durante l'87 sono state definite le iniziative da intraprendere per gli studi di fattibilità dei rivelatori e del sistema di trigger.

#### Publicazioni

- 1) G. Basini et al., Search for antimatter in cosmic radiation. A matter-antimatter space spectrometer, Nuovo Cim. 93A, 311 (1986).
- 2) G. Basini et al., Toroidal coil configurations for a large acceptance space spectrometer, Nuovo Cim. 9C, 937 (1986).
- 3) M.A. Green et al., The two coil toroid magnet: an option for ASTROMAG, IEEE Trans. Mag. MAG-24 vol. 2 (1988).
- 4) G. Basini et al., A fast, low power consumption electronics read-out for a space-based calorimeter, da inviare a Nucl. Instr. & Meth. Phys. Res.

### 3. - FISICA NUCLEARE

#### LADON

*Componenti del gruppo:* D. Babusci, G. Giordano, G. Matone. *Tecnici:* E. Cima, M. Iannarelli, E. Turri.

*Collaborazione con:* Roma I, Roma II, Sezione INFN Sanità.

Il gruppo LADON dispone di un fascio di fotoni quasimonocromatici e polarizzati prodotti facendo interagire la luce verde emessa da un laser ad Argon con il fascio di elettroni circolanti in Adone.

A partire dal 1988 tale fascio sarà dotato di un sistema di tagging nel quale la rivelazione degli elettroni diffusi in coincidenza con i gamma prodotti viene effettuata tramite una microstrip posta al centro della prima coppia di quadrupoli successiva alla sezione dritta in cui avviene l'interazione.

La microstrip, realizzata in Inghilterra dalla MICRON SEMICONDUCTOR, ha un'area attiva di 6.24 cm x 2 cm, uno spessore di 450  $\mu\text{m}$  ed è costituita da 96 strip con "pitch" pari a 650  $\mu\text{m}$ .

Abbiamo concluso con buoni risultati le prove con sorgente ( $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) su un prototipo di spessore 300  $\mu\text{m}$ , mentre sono tuttora in corso le prove sulle due unità sperimentali ordinate.

Il rivelatore a microstrip e i relativi preamplificatori sono in aria all'interno di un pozzetto mobile in modo che sia possibile lasciare libera la camera da vuoto di Adone in fase di iniezione.

L'installazione del tutto è prevista per febbraio '88.

#### ESPERIMENTI

Nel 1988 è stata completata la misura della sezione d'urto totale della reazione  $^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{H}$  per una energia del gamma incidente compresa tra 28.6 e 58.1 MeV. Utilizzando i più recenti risultati sulla misura della sezione d'urto  $^4\text{He}(\gamma, p)^3\text{H}$ , si è ottenuto un valore medio di

$$R_{\gamma} = \frac{\sigma(\gamma, p)}{\sigma(\gamma, n)} = 1.01 \pm .06$$

tra 29 e 42 MeV<sup>(1,2)</sup>. Tale risultato tende ad escludere una miscela di isospin tra differenti stati  $J=1^{-}$  dovuta ad una rottura della simmetria di carica delle forze nucleari.

Contemporaneamente è iniziata l'acquisizione a 50 MeV e 70 MeV per la misura  ${}^3\text{He}(\gamma, p){}^2\text{H}$ . Un'analisi preliminare dei dati a 50 MeV fornisce:  $\theta = .104 \pm .005$  mbarn con un errore sistematico di circa l'8%.

Nel frattempo è iniziata la costruzione di un apparato con rivelatori a stato solido per la misura della sezione d'urto differenziale della  ${}^4\text{He}(\gamma, p){}^3\text{H}$ . le prove di questo apparato inizieranno quando Adone sarà riconsegnato agli utenti.

## COLLABORAZIONI

Nel 1987 il fascio LADON è stato utilizzato anche per la misura della sezione d'urto di fotofissione del  ${}^{238}\text{U}$  nell'ambito di una collaborazione con il Centro Brasileiro de Pesquisas Fisicas di Rio de Janeiro<sup>(3)</sup>. Il lavoro proseguirà con lo studio su altri nuclei pesanti (Torio, Bismuto, ecc.).

La collaborazione col gruppo GAPLA di Napoli è proseguita con la rigenerazione dei contatori di NE-213 per la rivelazione dei neutroni, già utilizzati per la misura della sezione d'urto della fotodisintegrazione del deutone. Il bersaglio-rivelatore di Silicio sarà fornito dal GAPLA. Con questo apparato si misureranno le correlazioni pn nella reazione di fotodisintegrazione del silicio.

## Pubblicazioni

- 1) R. Bernabei et al.: Measurement of the  ${}^4\text{He}(\gamma, p){}^3\text{H}$  total cross section and charge symmetry. Nota interna n. 902-3/12/87, Dip. Fisica Università "La Sapienza", Roma. Inviata Phys. Rev. Lett.
- 2) R. Bernabei et al.: The response of a small liquid scintillation counter for low energy  $\gamma$ -p experiments. Nota Interna n. 901-30/11/87, Dip. Fisica, Università "La Sapienza" di Roma. In corso di pubblicazione su N.I.M.

- 3) R. Bernabei et al.: Photofission cross section of  ${}^{238}\text{U}$  in the quasi-deuteron region. Preprint del Centro Brasileiro de Pesquisas Fisicas CBPF-NF-071/87. Inviato al Nuovo Cimento.

## SEZIONE D'URTO DI FOTODISINTEGRAZIONE DEL DEUTONE A $0^{\circ}$ E $180^{\circ}$ (ESPERIMENTO 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.

*Collaborazione con:* Sezione INFN di Genova.

Lo studio della sezione d'urto di fotodisintegrazione del deutone agli angoli estremi ( $0^{\circ}$  e  $180^{\circ}$ ) consente di ricavare informazioni riguardanti l'interazione nucleone-nucleone ( $N-N$ ) e le proprietà elettromagnetiche del nucleo di deutero. In particolare queste informazioni riguardano gli operatori di transizione dipendenti dagli spin, la parte di onda D nella funzione d'onda del deutone, le forze nucleari di natura tensoriale e i possibili fenomeni più esotici (non nucleonici).

La rinascita dell'interesse nello studio della sezione d'urto di fotodisintegrazione del deutone come sorgente di informazioni sull'interazione  $N-N$  è dovuta in parte al disaccordo tra la misura eseguita a Mainz nel 1976 (R.J. Hughes et al., Nucl. Phys. A267, 329, 1976) della sezione d'urto differenziale a  $0^{\circ}$  per un'energia di fotone compresa tra 20 e 120 MeV e la teoria standard di Partovi che era ritenuta accurata entro qualche per cento qualora le idee convenzionali sull'interazione  $N-N$  fossero risultate corrette. Il risultato di Mainz è stato in seguito confermato da varie misure indipendenti eseguite sia tramite lo studio della reazione inversa di cattura radiativa di neutroni su idrogeno sia con fotoni da bremsstrahlung. I diversi tentativi, eseguiti da vari teorici, di riconciliare la teoria con i dati sperimentali hanno portato all'importante osservazione di Cambi,

Mosconi e Ricci (Phys. Rev., C26, 2358, 1982 e J. Phys., G10, L11, 1984) sull'importanza delle correzioni relativistiche all'approssimazione impulsiva per il calcolo di questa sezione d'urto.

Eccezion fatta per gli esperimenti sopra menzionati a  $0^\circ$  e per la misura di Althoff et al. a  $180^\circ$  (Z. Phys., C21, 149, 1983) nel range di energia tra 180 e 730 MeV, tutte le misure esistenti di distribuzioni angolari sono state effettuate nella zona angolare compresa  $\approx 20^\circ$  e  $\approx 150^\circ$  nel sistema di laboratorio. Le distribuzioni angolari così

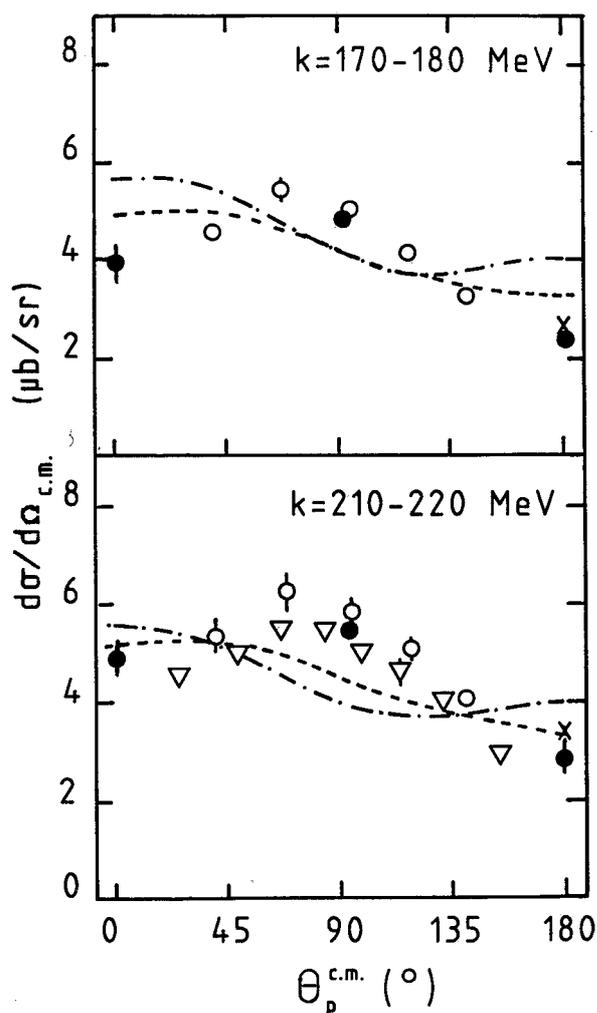


Fig. 41 - Distribuzioni angolari sperimentali e teoriche per  $k = 170-180$  MeV e per  $k = 210-220$  MeV,  $\bullet$ : Frascati 1987;  $\circ$ : Frascati 1984;  $\nabla$ : Bonn 1984; linea tratteggiata e linea tratto-punteggiata; due diversi approcci al calcolo non relativistico della sezione d'urto.

ottenute sono state poi estrapolate agli angoli estremi assumendo una forma analitica del tipo  $(d\sigma/d\Omega)_{c.m.} = \sum A_L(k)P_L(\cos\theta)$ , dove  $\theta$  è l'angolo nel sistema del centro di massa formato dai momenti del fotone incidente ( $k$ ) e del protone fotoprodotto. L'ortogonalità dei polinomi di Legendre  $P_L(\cos\theta)$  assicura l'indipendenza relativa dei coefficienti  $A_L(k)$ .

Benché il confronto tra i valori degli  $A_L(k)$  ottenuti dai fit dei dati sperimentali di esperimenti con fotoni monocromatici con i valori estratti dai

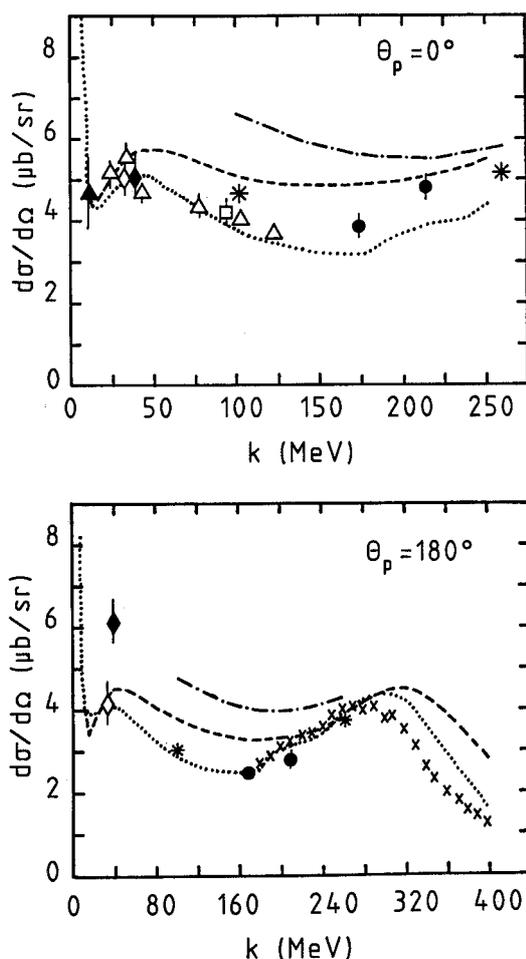


Fig. 42 - Funzioni di eccitazione per  $\theta_p = 0^\circ$  e per  $\theta_p = 180^\circ$ .  $\bullet$ : Frascati 1987,  $\Delta$ : Mainz 1976;  $\diamond$  e  $\blacklozenge$ : Louvain-La-Neuve 1984, 1985;  $\square$ : IUCF 1985;  $\blacktriangle$ : Mainz 1986;  $\times$ : Bonn 1983; linea tratteggiata e linea tratto-punto: due diversi approcci al calcolo non relativistico della sezione d'urto; linea punteggiata e asterischi: stessi approcci con l'inclusione di effetti relativistici.

calcoli teorici sia soddisfacente (a parte che per il coefficiente  $A_2$ ), le teorie prevedono una forma differente delle distribuzioni angolari: in particolare i valori teorici a  $90^\circ$  risultano sistematicamente troppo bassi mentre i valori teorici agli angoli estremi sono sempre sovrastimati. Motivo principale di questo esperimento è quindi quello di fornire una misura affidabile del valore della sezione d'urto di fotodisintegrazione agli angoli maggiormente interessanti ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$  e  $180^\circ$ ).

L'esperimento è stato realizzato con il fascio di fotoni quasi-monocromatici del laboratorio LEALE. Il bersaglio di deuterio, un cilindro di mylar riempito con deuterio liquido, è stato inserito nel centro di un magnete dipolare cilindrico. I protoni, deflessi dal magnete, sono stati rivelati da tre sistemi di telescopi a scintillazione formati da un contatore sottile, per la misura del  $dE/dx$  di ionizzazione, seguito da un cristallo di NaI, per la misura dell'energia cinetica della particella incidente.

Per ogni energia di positroni sono stati misurati gli spettri di protoni ottenuti sia con cella piena di deuterio, sia con bersaglio vuoto, cosicché il contributo dovuto a fotoreazioni nelle pareti del bersaglio è stato accuratamente sottratto.

I valori della sezione d'urto così ottenuti sono mostrati sotto forma di distribuzioni angolari in Fig. 41 e sotto forma di funzioni di eccitazione in Fig. 42 insieme ai dati sperimentali esistenti precedentemente. Come si vede chiaramente dalla Fig. 41 i nostri dati confermano chiaramente e definitivamente che la forma delle distribuzioni angolari è diversa da quella predetta teoricamente. La descrizione teorica delle funzioni di eccitazione è invece più soddisfacente, soprattutto se nei calcoli vengono inclusi effetti relativistici.

L'analisi dei dati raccolti per energie di positroni di 120, 150 e 250 MeV è in corso e i risultati preliminari confermano nella sostanza la forma a "campana" delle distribuzioni angolari per tutte le energie misurate.

#### Pubblicazioni

- 1) E. De Sanctis et al., Few Body Syst., Suppl. 1, 415, (1987).
- 2) M. Anghinolfi et al., Proceedings workshop on "Per

spectices in Nuclear Physics at Intermediate Energies, Trieste 1987 (in corso di stampa).

- 3) P. Levi Sandri et al., Few Body Syst., Suppl. 2, 396, (1987).
- 4) P. Levi Sandri et al., Phys. Rev. Lett., 59, 2543, (1987).

### JET TARGET SU ADONE

*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:* Sezioni INFN di Genova e Sanità.

Il programma prevede la realizzazione di un fascio di fotoni monocromatici, tra i 200 e i 1200 MeV, ottenuto "marcando" la bremsstrahlung da un radiatore sottile posto sul fascio di elettroni circolanti in Adone.

Al fine di non distruggere il fascio di elettroni è necessario un radiatore di spessore non superiore a circa  $10^{-8}$  g/cm<sup>2</sup>, realizzabile soltanto mediante jet gassoso.

Dopo l'interazione con il radiatore, gli elettroni vengono dispersi, a seconda dell'energia perduta e quindi emessa sotto forma di radiazione, dal successivo dipolo deflettore dell'anello e rivelati dal sistema di tagging in coincidenza col corrispondente fotone di bremsstrahlung o col relativo prodotto di reazione.

Nel corso del 1987 sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- a) Jet Target: è stato completato il montaggio e la installazione in Adone (Fig. 43). Prima dell'installazione, sono state fatte presso la sezione di Genova delle prove sul fascio molecolare gassoso a temperatura ambiente: si sono ottenute densità di circa  $5 \cdot 10^{-9}$  g/cm<sup>2</sup>. Le prove di vuoto eseguite sia in laboratorio che sull'anello hanno fornito i valori previsti, in particolare nel tratto di ciambella contiguo al getto molecolare si sono ottenuti circa  $10^{-9}$  mbar.

- b) Sistema di tagging: consiste in 80 contatori

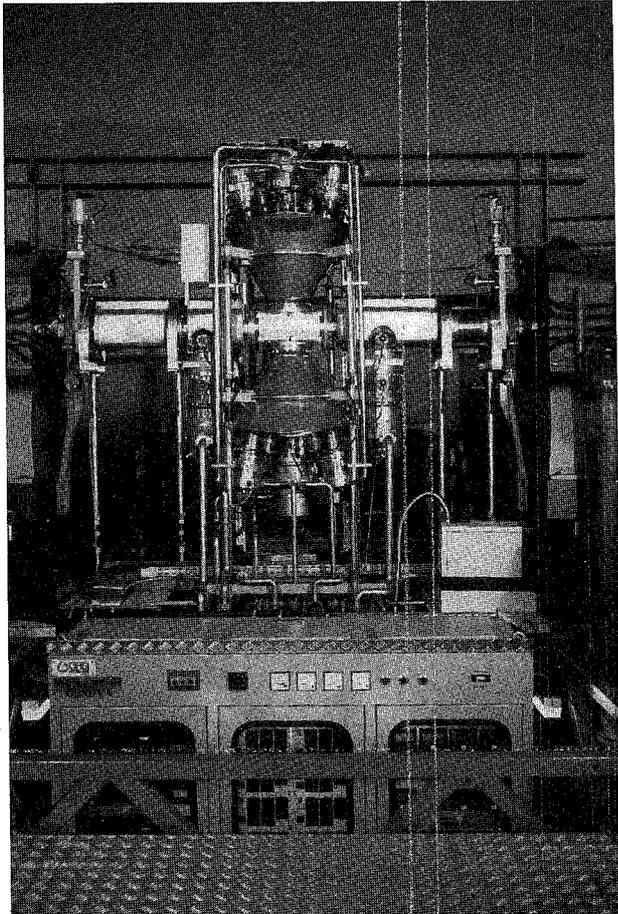


Fig. 43 - La jet target di Argon installata in Adone.

plastici a scintillazione (NE102A) (Fig. 44) con un sistema di collezione della luce a fibre ottiche. Il rivelatore è stato costruito per la maggior parte presso l'officina meccanica del gruppo ed è stato testato sia nelle sue singole componenti (plastici, fibre ottiche, fototubi) sia in laboratorio, sia sul fascio di fotoni del LEALE. Il sistema è stato quindi installato tra i poli del magnete insieme con il nuovo tratto curvo della ciambella Adone, fornito di una finestra sottile di acciaio (spessore 0.15 mm) per l'uscita degli elettroni del tagging. Attualmente si sta completando la messa a punto dell'elettronica Camac e del sistema di acquisizione dati.

c) Monitor di fascio: è stato realizzato un rivelatore ad assorbimento totale costituito da quat-

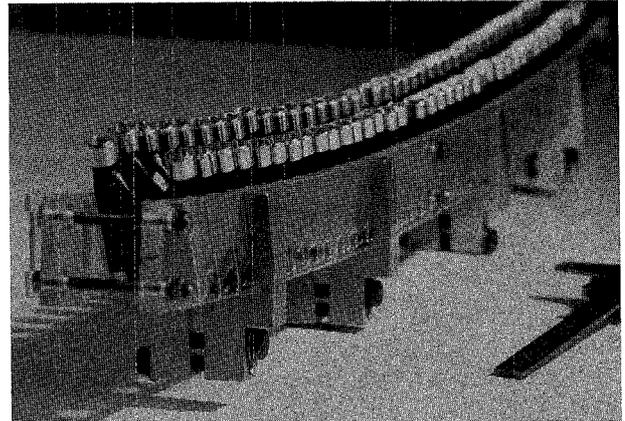


Fig. 44 - I contatori del sistema di tagging.

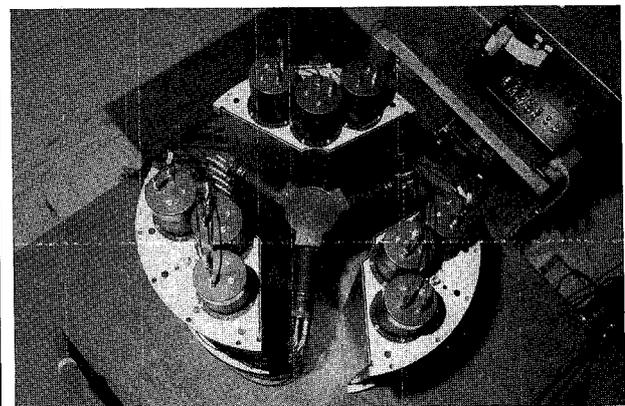


Fig. 45 - Il monitor di fascio costituito da cristalli di BGO e NaI.

tro cilindri di BGO (ciascuno di diametro 10 cm e spessore 8 cm) con un cristallo di NaI di forma anulare (diviso in tre settori), posto in anticoincidenza attorno al cristallo assorbente (Fig. 45). Il rivelatore è stato calibrato sia con sorgenti radioattive ( $^{137}\text{Cs}$ ) che con raggi cosmici. Con tale rivelatore si effettuerà la taratura energetica e la misura dell'efficienza del sistema di tagging utilizzando un fascio di fotoni di bassa intensità. Per la misura dell'intensità complessiva del fascio di fotoni a piena intensità si impiegherà un quantmetro con integrazione gaussiana, del tipo già in uso sul fascio di fotoni del LEALE, che assicura una sensibilità costante tra 5 MeV e 2 GeV. Inoltre per il controllo del profilo del fascio sono state

progettate e realizzate tre camere a fili posizionabili a distanza lungo il canale di trasporto del fascio di fotoni.

d) **Apparati sperimentali:** il primo esperimento consisterà nella misura della sezione d'urto di assorbimento totale su nuclei nella regione tra 500 e 1200 MeV. Lo studio sistematico dell'andamento di tale sezione d'urto in funzione del numero atomico potrebbe spiegare il motivo dell'assenza delle risonanze osservate nell'assorbimento di fotoni sul protone e verificare la soglia degli effetti di shadowing dovuti alle fluttuazioni adroniche del fotone. Per la misura su nuclei leggeri è conveniente l'uso della tecnica della trasmissione: a tal fine è stato installato in Adone il magnete entro cui porre il bersaglio (inizialmente costituito da un blocco di  $^{12}\text{C}$  di lunghezza pari a 60 cm); come rivelatore dei fotoni trasmessi dal bersaglio si impiegherà lo stesso rivelatore a cristalli di BGO e NaI già descritto al precedente punto 3. Per la misura su un nucleo ad alto numero atomico verrà studiata la fotofissione dell'Uranio con una camera a fissione ad elevata efficienza e basso fondo elettromagnetico (PPAD) fornita da un gruppo del CEN-SACLAY.

e) **Edilizia:** è stata costruita la nuova sala sperimentale (di circa 150 m<sup>2</sup>) in aderenza all'edificio Adone ed è in corso di allestimento il collegamento tra le aree sperimentali e la sala controllo Jet-Target. Il Servizio Attività Coordinamento Ingegneria ha curato l'installazione intorno all'anello della struttura di sostegno in carpenteria metallica dei travi in cemento per la schermatura dell'anello richiesta dal Servizio di Fisica Sanitaria. I suddetti travi costituiti da elementi in calcestruzzo fibrorinforzato, di spessore 50 cm, sono stati già costruiti e verranno installati entro il marzo 1988.

#### Publicazioni

- 1) M. Anghinolfi et al. "A targed photon beam from bremsstrahlung on an argon jet-target"; Proc. del Workshop on Electronuclear Physics with Internal Target, Stanford (5-8 gennaio 1987), p. 99.
- 2) E. De Sanctis et al. "Forward and backward deuteron

photodisintegration cross section and a tagged photon beam from bremsstrahlung on an argon jet-target"; Few Body Systems - Suppl. 1 (1987), p. 415.

#### ESPERIMENTO $4\pi$ BGO

*Componenti del gruppo:* N. Bianchi, E. De Sanctis, P. Levi Sandri, V. Lucherini, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon e P. Rossi.

*Collaborazione con:* Sezioni INFN di Genova, Roma, ISS, Catania e LNS.

Scopo dell'esperimento è la costruzione di un rivelatore a grande angolo solido ( $\approx 4\pi$ ) per rivelare particelle neutre ( $\gamma, \pi^0, \dots$ ) e, secondariamente, cariche, prodotte nell'interazione di fotoni di energia sino ad 1.5 GeV, come quelli da Jet Target su Adone, o maggiore. La esigenza di rivelare, in coincidenza, stati finali a molte particelle (in particolare neutre) con ottima risoluzione energetica, ha portato alla scelta di una "crystal ball", mentre la scelta del BGO come cristallo è derivata da considerazioni di compattezza dell'apparato, costi, resistenza a radiazione. Altre caratteristiche richieste all'apparato sono state modularità e flessibilità tanto operativa che di manutenzione, e standardizzazione dell'elettronica di lettura e acquisizione: maggiori dettagli possono trovarsi in Ref. 1.

La forma attuale del rivelatore è stata determinata dalla richiesta di avere, per ogni direzione d'emissione  $\theta$  e  $\phi$  dei prodotti di reazione, uno spessore costante L del rivelatore, secondo l'equazione:

$$R = L + r_0 / \sin \theta, \quad \text{simmetria in } \phi$$

dove: R è la distanza dal centro del bersaglio di un punto sulla superficie esterna della "sfera", e  $r_0$  è il raggio del cilindro che delimita, dall'interno, il rivelatore, lungo la direzione del fascio. Le dimensioni scelte sono state  $L = 24$  cm, per contenere sciami elettromagnetici d'energia sino a 2 GeV, e  $r_0 = 10$  cm, per avere spazio sufficiente per inserire un rivelatore di vertice e un eventuale

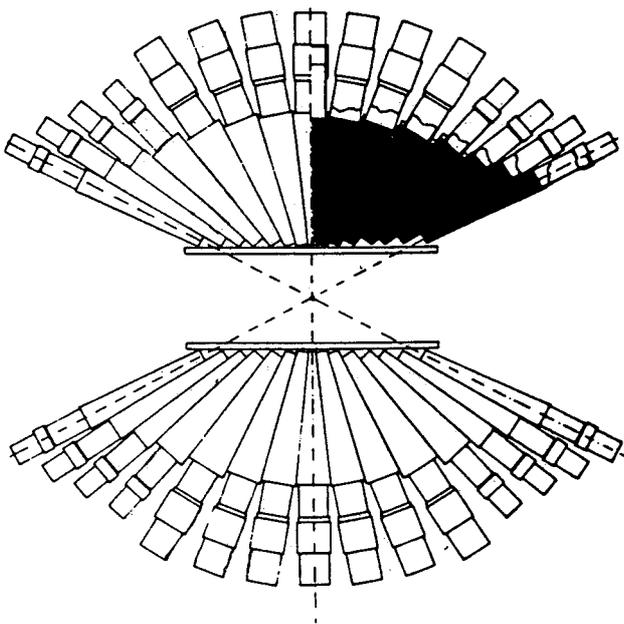


Fig. 46 - Sezione della "Crystal Ball" a  $\phi = \text{costante}$

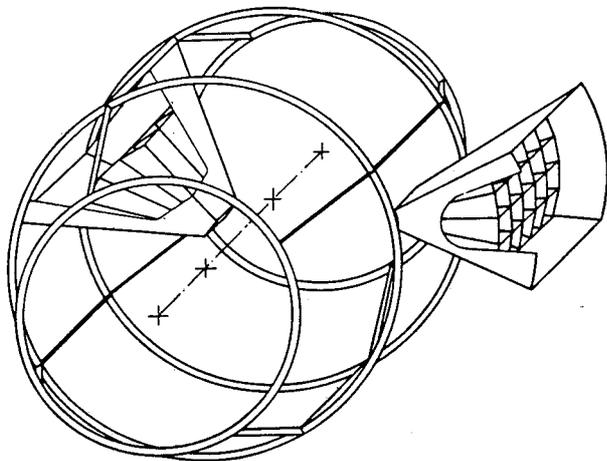


Fig. 47 - Vista in prospettiva nel supporto in fibra di carbonio del rivelatore, con indicati i "cestelli" da 20 cristalli.

bersaglio criogenico, senza far crescere eccessivamente il numero dei cristalli. La configurazione finale scelta consiste in tutto di 480 cristalli di BGO, di forma tronco piramidale, che suddividono l'angolo  $\theta$  in 32 settori e l'angolo  $\phi$  (da  $25^\circ$  a  $155^\circ$ ) in 15 settori: una proiezione del rivelatore lungo un piano a  $\phi$  costante è mostrata in Fig. 46. Si è anche provveduto alla progettazione della struttura di supporto dei vari cristalli, che sarà in fibra composita di carbonio, in modo da avere il minor numero possibile di  $\text{g/cm}^2$  di materiale passivo tra settore e settore (per non deteriorare l'ottima risoluzione intrinseca del rivelatore,  $1\% \div 2\%$  per  $E_\gamma = 1 \text{ GeV}$ ), e, nel contempo, sostenere meccanicamente tutto il peso dell'apparato (1.47 t). La struttura cui si è arrivati ("a nido d'ape", Fig. 47) permetterà inoltre di estrarre agevolmente i cristalli sia uno a uno che a gruppi di 20 per volta, per le operazioni di (eventuale) rimozione, accesso alla zona del bersaglio, sostituzione con altro tipo di rivelatore.

Nel corso dell'anno sono state effettuate, su un prototipo di cristallo delle dimensioni previste, prove di uniformità di raccolta di luce, usando diversi fototubi e per diverse posizioni di una sorgente di  $\text{Co}^{60}$  sulla superficie del BGO, otte-

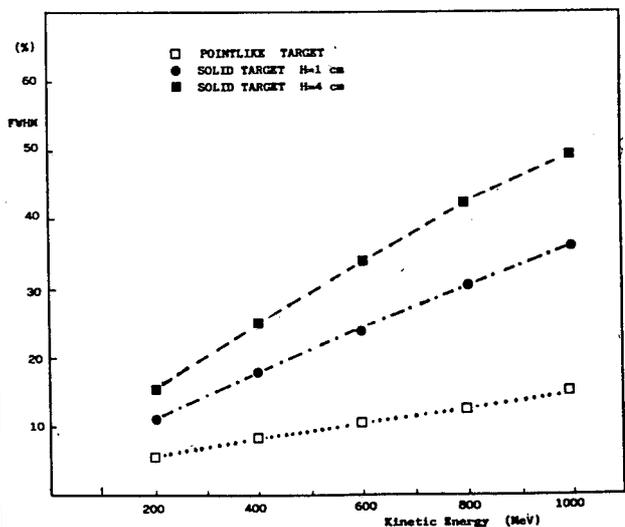


Fig. 48 - Risoluzione (FWHM) nella massa del pione neutro, in funzione della sua energia cinetica.

nendo una uniformità di risposta di  $\pm 2.5\%$ . Sono stati inoltre effettuati calcoli di simulazione Monte-carlo per calcolare la risoluzione attesa nella determinazione di massa di  $\pi^0$  di varie energie, (Fig. 48.) Si è iniziata, infine, una completa descrizione dell'intero apparato (cristalli con il loro rivestimento, sostegno in fibra di carbonio, rivelatore di vertice, tubo da vuoto, target) con il programma GEANT3, sia per verificare nel dettaglio tutti gli aspetti costruttivi, che per ricavare la funzione di risposta dell'apparato simulando le diverse, possibili reazioni.

#### Riferimenti

- 1) A. Zucchiatti, "A BGO Crystal Ball for Energies around and above 2 GeV", in Workshop on Heavy Quarks Factory and Nuclear Physics Facility with Superconducting Linacs, Courmayeur, December, 14th/18th 1987.

### 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 antiprotono-nucleo e antiprotono-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. È

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 di ACOL).

Nel corso del 1987 si è avuta la prosecuzione di scanning, misure e analisi dei fotogrammi di eventi di interazione di antiprotoni su deuterio, elio-3, elio-4 e neon a diverse energie (100, 200, 300, 600 MeV/c) e a riposo.

Sono stati inoltre pubblicati risultati relativi a:

- Determinazione del rapporto di annichilazione su neutrone e su protone in  $^3\text{He}$  e  $^4\text{He}$  (Nucl. Phys. **A464** (1987) 714; Nucl. Phys. **A474** (1987) 651);

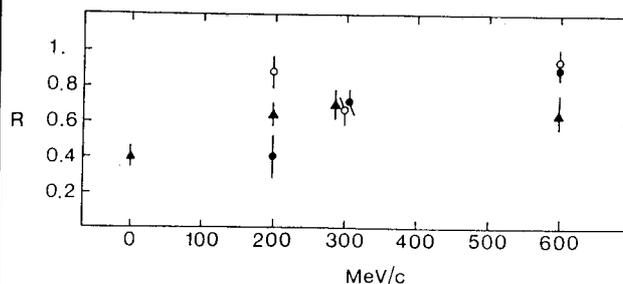


Fig. 49 - Rapporto tra la sezione d'urto di annichilazione su neutrone e protone legati nel nucleo di  $^4\text{He}$  ( $R_b = \sigma_b(\bar{p}n)/\sigma(\bar{p}p)$ ) (▲) in questo esperimento e su neutrone e protone liberi (●) calcolati con la teoria di Glauber da dati  $\bar{p}p$ .

- Sezione d'urto di break up in  $^4\text{He}$  a 600 MeV/c (Phys. Lett. **194B** (1987) 343);
- Produzione di stranezza (Phys. Lett. **194B** (1987) 192);
- Tecnica della misura di eventi di annichilazione in  $^4\text{He}$  con una camera a streamer self-shunted (Nucl. Instr. and Meth. **A257** (1987) 114).

## LABRO

*Componenti del gruppo:* D. Babusci, G. Giordano, G. Matone

*Tecnici:* E. Cima, M. Iannarelli, E. Turri

*Collaborazione con:* BNL, Roma II

Nel maggio di quest'anno, durante una pausa dei lavori eseguiti sull'"X-ray ring" del BNL, abbiamo ottenuto per la prima volta il fascio gamma. Malgrado la macchina non fosse nelle condizioni di funzionamento ottimali (corrente di pochi mA e bassa vita media del fascio di elettroni) abbiamo potuto verificare la sostanziale correttezza delle previsioni riguardanti l'intensità del fascio gamma ottenibile. Durante questo periodo di prove soltanto il primo magnete del sistema di tagging era montato.

In una successiva fermata della macchina, tuttora in corso, abbiamo completato l'installazione del tagging ed è attualmente in fase di costruzione il rivelatore di piano focale costituito da circa 200 scintillatori plastici.

Per quanto riguarda gli esperimenti abbiamo definitivamente portato a termine l'apparato sperimentale per la misura della fotodisintegrazione del deutone. Anche la costruzione della targhetta criogenica è terminata.

Questo esperimento entrerà in misura alla ripartenza della macchina, prevista per l'aprile del 1988.

Nel frattempo abbiamo proseguito lo studio teorico e le simulazioni al computer sia per questo esperimento che per i successivi, quali la misura della polarizzabilità dei nucleoni mediante scattering Compton su idrogeno e deuterio.

## ESPERIMENTI DI DIFFUSIONE DI ELETTRONI A SACLAY - 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 denominata HE1. La sala è dotata di due spettrometri magnetici e della relativa strumentazione per rivelare e riconoscere i diversi tipi di particelle e per misurare, controllare e guidare il fascio di elettroni.

Nel corso dell'anno l'attività del gruppo si è articolata essenzialmente su tre linee:

- A) raccolta di nuovi dati;
- B) elaborazione e analisi dei dati raccolti in precedenza;
- C) progetto di nuovi esperimenti e della strumentazione necessaria; preparazione della strumentazione.

Per quanto riguarda il punto A), nel 1987 sono state effettuate le seguenti attività:

i) Diffusione di elettroni su  ${}^4\text{He}$  in singola ( ${}^4\text{He}(e, e'p)$ ).

ii) Completamento delle misure  ${}^6\text{Li}(e, e'p)$ .

iii) Acquisizione di un punto di controllo ad alto momento trasferito per la reazione  ${}^{40}\text{Ca}(e, e'p)$ .

Per quanto riguarda il punto B):

iv) È stata quasi portata a termine l'analisi della reazione  ${}^6\text{Li}(e, e'd)$  per la misura dello spettro in energia mancante e per le distribuzioni in momento per i canali di break up a due e più corpi.

La descrizione dello stato fondamentale del  ${}^6\text{Li}$  in termini di un modello n-p- $\alpha$  può essere verificata comparando le distribuzioni d'impulso calcolate e misurate:

- a) nella via a due corpi (nucleo residuo legato)

b) nella via a più corpi (nucleo residuo non legato).

Nella figura 50 sono mostrati i nostri dati per la via a due corpi insieme ai calcoli di W.C. Parke e D.R. Lehman (Phys. Rev. C29 (1984) 2319). L'energia cinetica del sistema adronico nello stato finale è di 60 MeV.

Altre misure della stessa reazione sono state effettuate ad energie più grandi del sistema adronico; l'analisi è in corso.

Per la reazione che comporta l'emissione di una coppia correlata dall'"aggregato"  $\alpha$  il paragone è stato fatto direttamente con le misure di tipo  ${}^4\text{He}(p, pd)$ . Allo stato attuale dell'analisi i due tipi di misure sono compatibili.

v) È iniziata l'analisi dei dati della reazione  ${}^6\text{Li}(e, e'p)$  intesa a studiare le proprietà dei nucleoni nella materia nucleare. Il soggetto, di estrema attualità, può essere particolarmente ben studiato con questa reazione, infatti l'emissione dei protoni dalle shell p ed s mostra uno spettro di energia mancante particolarmente semplice che permette la separazione delle funzioni di risposta longitudinale e trasversale con buona affidabilità, e soprattutto in due condizioni differenti di densità nucleare locale.

Le misure effettuate ad angoli differenti avanti e indietro dell'elettrone diffuso, per alcuni valori del momento trasferito q compresi fra 390 MeV/c e 670 MeV/c, hanno permesso la separazione in un dominio cinematico rilevante. La Fig. 51 mostra due spettri relativi alle misure a  $q = 560$  MeV/c.

Per quanto riguarda il punto C) nel 1987 è stata completata la costruzione del prototipo di un nuovo tipo di bersaglio ad ossigeno che sfrutta un film d'acqua in cascata continua. Il prototipo è stato montato a Saclay e collaudato sotto fascio; si è dimostrato affidabile e di uso semplice.

#### Publicazioni:

- 1) E. Jans, M. Bernheim, M.K. Brussel, G.P. Capitani, E. De Sanctis, S. Frullani, F. Garibaldi, J. Morgenstern, J. Mougey, I. Sick and S. Turk-Chieze: The Quasi-free  ${}^3\text{He}(e, e'p)$  Reaction, Nucl. Phys A475 (1987) 687.

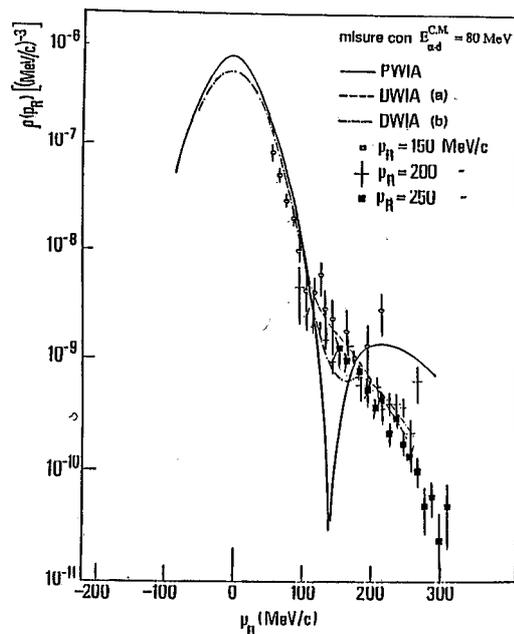


Fig. 50 - Reazione  ${}^6\text{Li}(e, e'd)$ : distribuzione di quantità di moto.

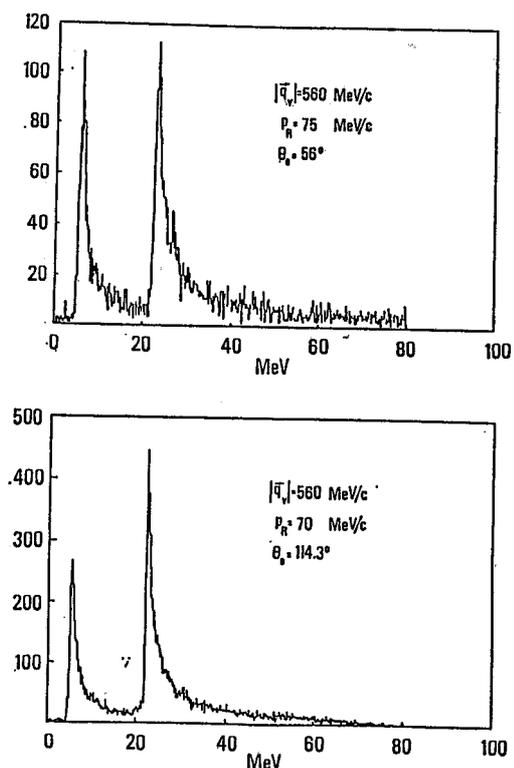


Fig. 51 - Reazione  ${}^6\text{Li}(e, e'p)$ : spettri di energia mancante.

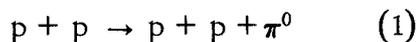
- 2) C. Marchand, M. Bernheim, P.C. Dunn, A. Gérard, J.M. Laget, A. Magnon, J. Morgenstern, J. Mougey, J. Picard, D. Reffay-Pikeroen, S. Turk-Chieze, P. Vernin, M.K. Brussel, G.P. Capitani, E. De Sanctis, S. Frullani and F. Garibaldi: High proton momenta and short range nucleon-nucleon correlations in a  $^3\text{He}$  ( $e, e'p$ ) experiment, *Few-Body Systems*, Suppl. 2 (1987) 365.
- 3) D. Reffay-Pikeroen, M. Bernheim, S. Boffi, G.P. Capitani, E. De Sanctis, S. Frullani, F. Garibaldi, A. Gérard, C. Giusti, H. Jackson, A. Magnon, C. Marchand, J. Mougey, J. Morgenstern, F.D. Pacati, J. Picard, S. Turk-Chieze, P. Vernin: Bound nucleon response functions from the  $^{40}\text{Ca}$  ( $e, e'p$ ) reaction and nuclear medium effects, in corso di pubblicazione su *Phys. Rev. Letters*.
- 4) C. Marchand, M. Bernheim, P.C. Dunn, A. Gérard, 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 and F. Garibaldi: High proton momenta and short range nucleon-nucleon correlations in a  $^3\text{He}$  ( $e, e'p$ ) experiment, accettato per la pubblicazione da *Phys. Rev. Letters*.

### LION

*Componenti del gruppo:* G. Battistoni, C. Bloise, P. Picozza, L. Satta.

*Collaborazione con:* IPN-Orsay, CEN-Saclay, University of South Carolina, IPN-Neuchatel.

L'esistenza dei dibarioni (adroni composti da sei quarks) è tuttora oggetto di dibattito in quanto, sebbene siano stati presentati dei risultati positivi a riguardo, non esiste ancora una conferma definitiva. Recentemente è stata identificata una possibile risonanza stretta di massa  $2.124 \text{ GeV}/c^2$ , di larghezza  $\sim 25 \text{ MeV}$ , in esperimenti presso l'acceleratore Saturne a Saclay (1). Tale risonanza è interpretabile come dibarione isovettoriale. In questo quadro la nostra collaborazione si propone di investigare la reazione:



in quanto lo stato finale è il canale più semplice per il decadimento di una risonanza come quella riportata in (1). La presenza dell'eventuale risonanza è

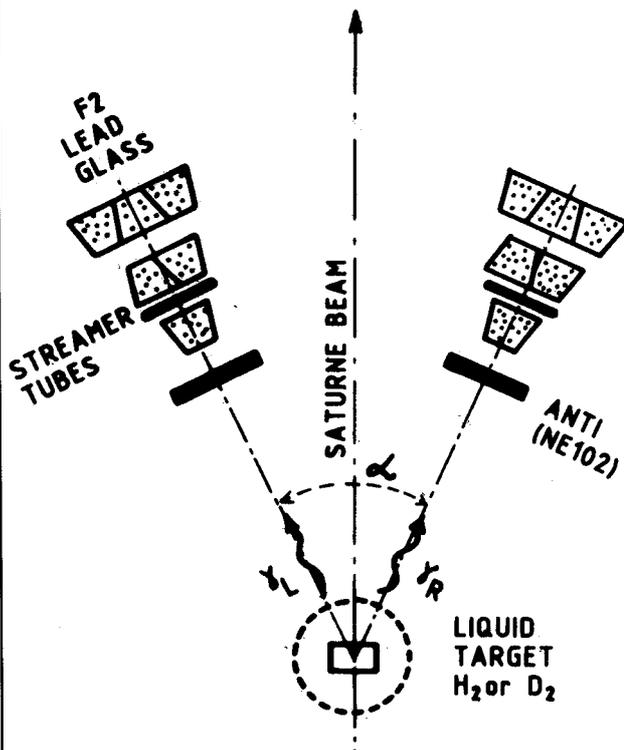


Fig. 52 - Schema dell'apparato sperimentale.

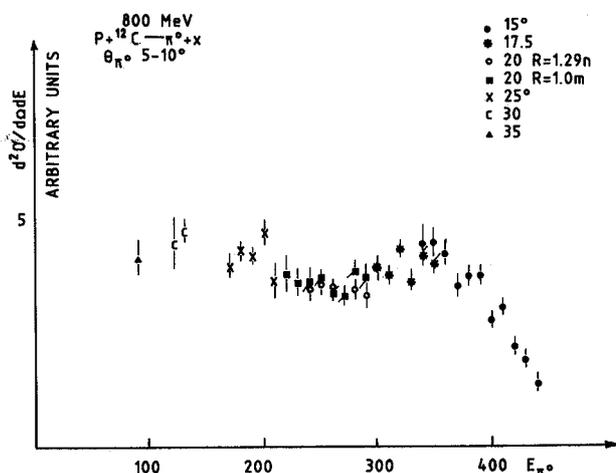


Fig. 53 - Spettro inclusivo di  $\pi^0$  prodotti su targhetta di  $^{12}\text{C}$ .

individuabile misurando la dipendenza della sezione d'urto dall'energia del fascio incidente, intorno a  $\sqrt{s} = 2.124 \text{ GeV}$ , a passi di 5 - 10 MeV.

A tale scopo è stato costruito lo spettrometro SPESO (Fig. 52) 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  $\pi^0$ , da tubi a streamer limitato (a cura del gruppo di Frascati) per la misura della direzione degli sciami e da scintillatori plastici per ottenere un'efficace anticoincidenza per le particelle cariche. Il fascio di protoni incide su una targhetta di idrogeno liquido.

Durante il 1987 sono state effettuate delle misure preliminari per la messa a punto dello spettrometro e della targhetta. In Fig. 53 è mostrato uno spettro inclusivo di  $\pi^0$  prodotti su targhetta di  $^{12}\text{C}$ , da protoni di 800 MeV di energia incidente. È stata inoltre ultimata la definizione e la preparazione della targhetta di idrogeno e si sono studiati i metodi per ottimizzare la rivelazione dei fondi. Nella prima metà del 1988 saranno effettuate le misure definitive della reazione (1).

È allo studio l'estensione della copertura in angolo solido della SPESO, in modo da ottenere un apparato di grande accettazione. Ciò permetterà lo studio sistematico della produzione di  $\pi^0$  sia con fasci di protoni che di neutroni, sostanzialmente allo scopo di investigare possibili violazioni della simmetria di carica intorno a 1 GeV.

Lo stesso apparato potrà venire utilizzato per lo studio della produzione di mesoni  $\eta$  su nuclei ad energie intermedie.

#### 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.

#### Pubblicazioni

- 1) G.S. Blanpied et al., Search for Dibaryon Resonances in the  $pp \pi^0$  Channel, IPNO-DRE 87-32.
- 2) G.S. Blanpied et al., Production of Eta Mesons by Intermediate Energy Protons from Nuclei, in pubblicazione sul proc. 1987 Fall Meeting of the Division of Nuclear Physics of American Physical Society.

### STUDIO DELL'ANNICILAZIONE DI ANTINUCLEONI AL LEAR (OBELIX)

*Componenti del gruppo:* C. Guaraldo, A. Maggiore.

*Collaborazione con:* 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 protoni e su nuclei.

Le motivazioni fisiche dell'esperimento sono:

- Ricerca di glueballs ( $gg, ggg$ ), ibridi ( $q\bar{q}g$ ), stati a moltiquark ( $qq\bar{q}\bar{q}$ ) e mesoni leggeri ( $\bar{q}q$ ) prodotti nell'annichilazione di antinucleoni; studio della loro spettroscopia e dei decadimenti.
  - Studio della dinamica dell'interazione nucleone-antinucleone.
  - 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 moltiquark ( $q^6$ ) e risonanze esotiche.
  - Studio sistematico dell'annichilazione antiprotoni-nucleo ( $^2\text{H}, ^3\text{He}, ^4\text{He}, \text{Ne}, \text{Ar}, \text{Kr}, \text{Xe}$ ).
- Il programma sperimentale prevede lo studio dell'annichilazione di antiprotoni e antineutroni su idrogeno, deuterio e nuclei più pesanti a riposo e fino a 1800 MeV/c.

L'esperimento utilizza targhette gassose per permettere lo studio di annichilazioni  $\bar{p}p$  a riposo in onda S e in onda P, la misura del protone di rinculo fino a bassi momenti nell'annichilazione  $\bar{p}p$  su deuterio e la rivelazione di frammenti nucleari di bassa energia nelle annichilazioni  $\bar{p}$ -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

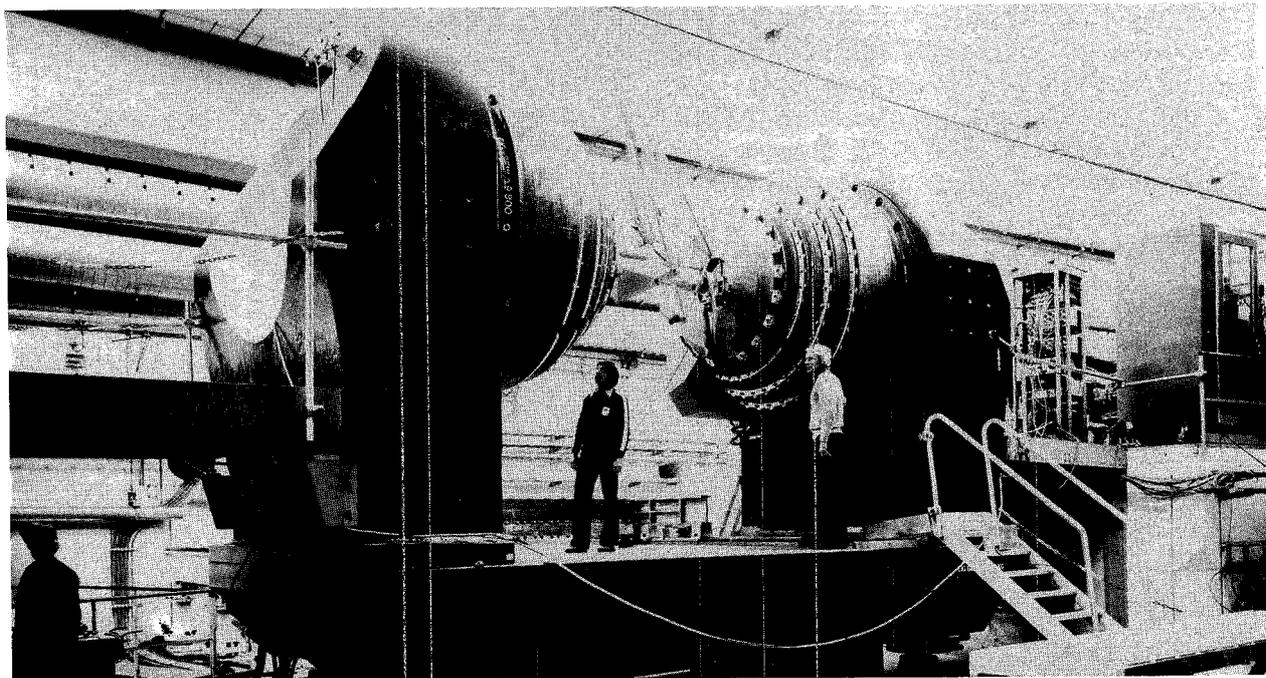


Fig. 54 - Il magnete dell'esperimento OBELIX (OAFM)

effettuate con il magnete OAFM e la camera a deriva dell'Open Axial Field Spectrometer (AFS) 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 proporzionali a deriva e tubi a streamer limitato) permettono la ricostruzione in 3 dimensioni degli sciami gamma.

Caratteristiche del rivelatore sono: accettazione a  $4\pi$  e alta segmentazione per particelle cariche e neutre; identificazione di  $K^0$  carichi fino a 1 GeV/c; buona risoluzione in momento ( $\Delta p/p \approx 2\%$  a 1 GeV/c) per particelle cariche e  $K^0_s$ ; alta granularità, eccellente risoluzione angolare ( $\Delta\alpha \approx 3$  mrad) e ricostruzione tridimensionale dello sciamme per i gamma. Il trigger permette di selezionare eventi con  $K^\pm / K^0_s / \Lambda / \bar{\Lambda} /$  prongs di alto momento/molteplicità preselezionate di rami carichi nello stato finale.

L'esperimento è stato approvato dal CERN il

5 settembre '86 e subito dopo dalla Commissione Nazionale di Fisica del Nucleo dell'INFN e dalla Commissione per le Grandi Strumentazioni di Linea 2 dell'INFN.

Nel 1987 l'impegno dei LNF su OBELIX ha riguardato:

- Magnete OAFM (Open Axial Field Magnet) È stato installato e riattivato nella South Hall del LEAR lo spettrometro magnetico OAFM già installato all'ISR. Ciò ha comportato, oltre a uno scavo in Sala sperimentale (a carico del CERN) di lunghezza 9.10 m, larghezza 3 m, profondità 3.20 m, con supporto di cemento armato rinforzato, la verifica e la rigenerazione di tutti i pezzi del magnete (stoccato all'ISR), la pianificazione del trasporto, del montaggio e del posizionamento e infine il ripristino (con relative modifiche) degli impianti elettroidraulici e delle sicurezze. In una fase successiva è stato completamente riprogettato il sistema dei controlli, adottando dei controllori programmabili con lettura dei parametri in Sala

Controllo OBELIX.

- Calorimetro per gamma HARGD (High Angular Resolution Gamma Detector)

*Struttura di sostegno dei supermoduli di HARGD e dei rivelatori interni di OBELIX* - È stato realizzato il progetto esecutivo (attualmente in lavorazione presso la Ditta vincitrice della licitazione, con consegna a Giugno 1988) della struttura di sostegno dei 4 supermoduli di dimensioni  $4 \times 3 \times 0.8 \text{ m}^3$ , pesante ciascuno 15 tonn. e posizionato con una precisione di circa 3 mm rispetto all'asse del magnete. Il sistema, in acciaio amagnetico, ha il compito di sostenere tre dei quattro supermoduli (il superiore e i laterali), di consentire la traslazione dei moduli laterali e l'estrazione di quello inferiore. Deve infine connettersi ai sistemi di supporto dei rivelatori interni di OBELIX (SPC, TOF e AFS).

- *Stratigrafia dei supermoduli* - Sono state studiate diverse configurazioni possibili di elementi attivi e sciamatori, prevedendo per i primi sia i tubi a streamer e a drift originari recuperati da CHARM I, sia una configurazione con tutti i tubi a streamer nuovi. È in fase di realizzazione il progetto esecutivo che prevede, in particolare, l'adozione di tubi a streamer nuovi. Sono in corso di realizzazione le attrezzature per il movimento e l'installazione dei supermoduli sul supporto globale ed è stata pianificata l'operazione di installazione.
- *Test sui tubi a streamer di CHARM I* - Sono state controllate 15 camere di tubi a streamer per un totale di 240 fili, effettuando l'analisi di ampiezza dei segnali dei fili in condizioni di flusso e di stabilità in regime di alta tensione. Dal punto di vista del segnale le risposte sono uniformi e qualitativamente le stesse per tutti i fili di una camera. Tuttavia, già senza verificare l'elettronica di front-end, ossidazioni evidenti richiederebbero la sostituzione di tutti i connettori di segnale, già oggetto di vari inconvenienti durante i test, e dei circuiti stampati. Si è pertanto deciso di non utilizzare tale materiale esistente.

#### ESPERIMENTI DI FOTOFISSIONE CON IL FASCIO LEALE (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, A. Viticchiè.

*Collaborazione con INFN sezione di Catania.*

Gli esperimenti che vanno sotto la sigla FISSI/LE sono stati intrapresi allo scopo di utilizzare la presenza nei Laboratori Nazionali di Frascati del fascio quasi-monocromatico di fotoni del LEALE, prodotto per annichilazione in volo dei positroni del Linac e provvisto di un sofisticato sistema di monitoraggio on-line, per studiare il ruolo dei meccanismi di eccitazione del nucleo nel processo di fotofissione, con particolare riguardo al canale di assorbimento fotopionico. Le misure in letteratura, eseguite in passato prevalentemente con fasci continui di bremsstrahlung e senza adeguati sistemi di monitoraggio dei fotoni, avevano dato risultati molto spesso discordanti, specie nei valori assoluti, e perciò, difficilmente interpretabili.

Conclusosi l'esperimento sulla misura della sezione d'urto totale di fotofissione del Bi e dell'Au tra 100 e 300 MeV, i cui risultati sono stati pubblicati per il Bi (1) ed in corso di analisi per l'Au, si è passati alla misura della distribuzione in energia e in massa dei frammenti da fotofissione di uranio nella stessa zona energetica, al fine di studiare il ruolo dell'energia di eccitazione del nucleo sul modo (simmetrico o asimmetrico) in cui avviene la fissione. A tale scopo è stata inserita sulla linea del fascio di fotoni del LEALE una camera da vuoto al cui interno sono stati collocati i bersagli di U ed i rivelatori a stato solido (Si) per i frammenti di fissione. I 6 rivelatori (Fig. 55) sono stati posti a  $90^\circ$  rispetto alla direzione del fascio, l'uno opposto all'altro a coppie rispetto ai bersagli, in modo da rivelare in coincidenza i frammenti, misurandone l'energia cinetica, minimizzando l'influenza dei fondi elettromagnetici. I vari spettri sono stati registrati su nastro magnetico per mez-

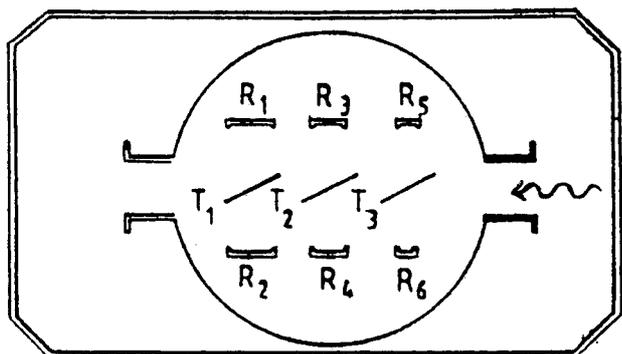
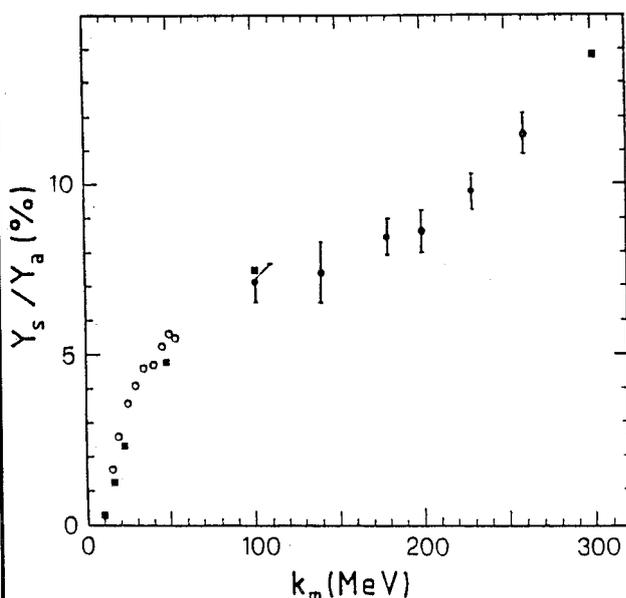


Fig. 55 - Vista schematica della camera da vuoto dell'esperimento:  $T_i$ , bersagli di uranio;  $R_i$ , rivelatori al silicio.

Fig. 56 - Rapporto tra gli "yields" simmetrici ed asimmetrici,  $Y_s/Y_a$ , in funzione della massima energia di bremsstrahlung  $k_m$ : ●, questo esperimento; ■, R.A. Schmitt et al., Phys. Rev. 95, 1260 (1954); ○, W. Gunther et al., Z. Physik A295, 333 (1980).



zo di un computer PDP-11/44, che ne permettesse anche la visualizzazione on-line. Alla distribuzione in massa si è poi risaliti con tecniche standard nel corso delle analisi off-line. In una prima fase sono stati presi dati utilizzando un fascio di bremsstrahlung puro per avere dei valori di riferimento con alta statistica di conteggio. I risultati delle analisi degli spettri in massa di questo primo set di misure (2), hanno mostrato che sono chiaramente individuabili due modi di fissione: uno asimmetrico, indipendente dalla massima energia dello spettro, e perciò ascrivibile a fissione indotta da fotoni nella zona della risonanza gigante; l'altro simmetrico, dipendente dall'energia di testa dello spettro e, quindi, dalle alte energie di eccitazione del nucleo. In Fig. 56 è mostrato, in funzione dell'energia massima di bremsstrahlung  $k_m$ , il rapporto tra "yield" da fissione simmetrica e quello da fissione asimmetrica,  $Y_s/Y_a$ : i nostri dati si raccordano molto bene con i risultati riportati in letteratura ad energie sotto 100 MeV e sopra 300 MeV, ed inoltre mostrano l'inizio di un cambiamento di pendenza attorno a 150 MeV, ascrivibile al ruolo giocato dai pioni fotoprodotti.

Allo scopo di individuare più chiaramente il ruolo dei fotoni più energetici nell'indurre fissione simmetrica si è anche irraggiato l'U ad energia di positrone di 260 MeV con fascio di fotoni di annichilazione raccolto ad  $1.5^\circ$ , in modo da ottenere uno spettro molto ricco di fotoni monocromatici alle massime energie, anche se al prezzo di una bassa intensità.

L'analisi di tali misure è attualmente in corso.

#### Riferimenti

- 1) C. Guaraldo et al., Photoexcitation mechanisms and photofission cross section for Bi by 100 ÷ 300 MeV quasi-monochromatic photons, Phys. Rev. C **36**, 1027 (1987).
- 2) S. Lo Nigro et al., Fragment mass and kinetic energy distributions for the photofission of  $^{238}\text{U}$  by 100 ÷ 300 MeV bremsstrahlung, Il Nuovo Cimento **A 98**, 643 (1987).

#### 4. - LUCE DI SINCROTRONE

##### RADIAZIONE DI SINCROTRONE - ESPERIMENTI COL FASCIO DA MA- GNETE CURVANTE (PULS)

*Componenti del gruppo:* Nel 1987 il personale assegnato alla convenzione da parte del CNR è stato di 3 tecnici a tempo pieno (M. Capozzi, L. Moretto e M. Brolatti) e di 7 ricercatori (F. Antonangeli, P. Chiaradia, M. Fanfoni, P. Perfetti, M. Piacentini, C. Quaresima e N. Zema) ed un tecnico (S. Priori) a tempo parziale tutti dipendenti dell'Istituto di Struttura della Materia (I.S.M.). L'INFN partecipa alla collaborazione con 3 ricercatori (A. Marcelli, S. Mobilio e A. Savoia) e 7 tecnici (R. Bolli, F. Campolungo, A. Mantella, L. Sangiorgio, V. Sciarra, V. Tullio e A. Zolla) tutti a tempo pieno. Hanno inoltre collaborato durante quest'anno R. Pizzoferrato e M. Casalbani della II Università di Roma e gli associati INFN A. Congiu-Castellano, I. Davoli, M. Iannuzzi, F. Patella e A. Reale.

Nell'ambito dell'accordo internazionale INFN-CAICYT hanno partecipato al programma di esperimenti con radiazione di sincrotrone il Prof. J. Garcia-Ruiz dell'Università di Zaragoza e i ricercatori M. Sanchez del Rio (Università di Zaragoza) e C.E. Zaldo (Università Autonoma di Madrid). Tramite gli accordi di cooperazione internazionale del CNR hanno inoltre collaborato alle nostre attività di ricerca la dr. E. Sobczak (Accademia delle Scienze - Varsavia) e il dr. J. Hrdy (Accademia delle Scienze - Praga).

##### CARATTERISTICHE DEL FASCIO DA MA- GNETE CURVANTE

Nella Tabella I sono riportati alcuni parametri di Adone, in particolare quelli più significativi per caratterizzarlo come sorgente di radiazione di sincrotrone. Le dimensioni e la divergenza del fascio di elettroni sono state calcolate utilizzando le

**TABELLA I**

**Caratteristiche della macchina rilevanti per l'uso come sorgente di Luce di Sincrotrone**

Energia massima del fascio di elettroni	$E_{\max} = 1.5 \text{ GeV}$
Corrente massima	$I = 100 \text{ mA}$
Numero di "bunches" di elettroni	$N = 1\text{-}3\text{-}18$
Raggio dei magneti	$R = 5 \text{ m}$
Energia caratteristica	$E = 1.51 \text{ keV}$
$\delta\psi$ ad $E = E_c$	$= 0.18 \text{ mrad}$
Grado di polarizzazione	$> 0.8$
Brillanza ad $E = E_c$ con $1\sigma$	$6.4 \times 10^{14} \text{ fotoni/s/0.1\%/mrad}^2/\text{cm}^2$
Potenza totale irraggiata	$P = 9 \text{ KW}$
Larghezza dell'impulso	$2\sigma_r = 1.2\text{-}0.3 \text{ ns}$
Ripetizione dell'impulso	$\tau = 350\text{-}117\text{-}19 \text{ ns}$
Dimensione del fascio di elettroni	orizzontale $\sigma_H = 1 \text{ mm}$ verticale $\sigma_Z = 0.26 \text{ mm}$
Divergenza del fascio di elettroni	orizzontale $\sigma_H' = 0.2 \text{ mrad}$ verticale $\sigma_Z' = 0.0031 \text{ mrad}$

**TABELLA II**  
**Caratteristiche dei monocromatori disponibili al PULS**

	INTERVALLO DI ENERGIA	FOTONIA/mA	$\Delta E/E$	RETICOLO
Canale a raggi X	2.4KeV - 14KeV	$10^6$ - $10^8$	$< 10^{-3}$	Si(111) Si(220)
Canale Grasshopper	40eV - 800eV	$10^8$	$2 \times 10^{-3}$	600 linee/mm
Canale Jobin-Yvon	15eV - 100eV	$\sim 3.5 \times 10^8$	$6 \times 10^{-3}$	600 linee/mm
Canale Hilger & Watts	3eV - 35eV	$10^9$	$10^{-3}$	600 linee/mm

formule e i dati riportati Ref. 1, nell'ipotesi di un accoppiamento  $\epsilon = 0.04$  nel punto  $5^\circ 12'$  dall'inizio del settore curvo n. 6 (punto PULS).

La Fig. 57 riporta l'emissione spettrale del settore curvo di Adone (curva tratteggiata con scala delle ordinate a sinistra) ed il flusso ottenibile all'uscita dei quattro monocromatori (curve continue con scala delle ordinate a destra). Le caratteristiche essenziali dei canali di luce sono schematizzate in Tabella II.

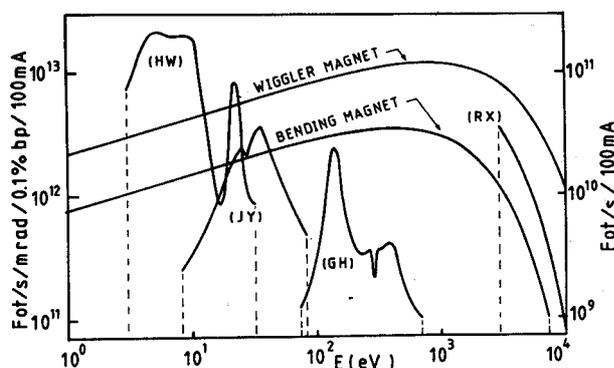


Fig. 57 - Emissione del settore curvo di ADONE (BENDING MAGNET, scala delle ordinate a sinistra) e flusso ottenibile all'uscita dei quattro monocromatori PULS (curve continue, scala delle ordinate a destra).

#### DESCRIZIONE DEI LABORATORI

Al piano terra dell'edificio PULS sono installati i due canali di luce: "Raggi X" e "Grasshopper" mentre al piano superiore sono disponibili due canali di luce nell'ultravioletto: "Jobin-Yvon" e "Hilger e Watts" (vedi Rapporto Attività LNF 80/26 (R) (1986).

Per quanto riguarda lo sviluppo di laboratori un intervento di rilievo è stato l'adeguamento del sistema di sicurezza e dei beam-stopper ai nuovi standard di radioprotezione in vigore nei LNF.

Sono inoltre in fase avanzata le due nuove linee di fascio approvate dal Consiglio Scientifico di Luce di Sincrotrone. Queste due nuove realizzazioni sono nate come risposta alla richiesta crescente in questi ultimi anni di poter disporre di una linea ad alto flusso nella regione dell'ultravioletto da vuoto fino ai raggi X molli (CALF) e di una stazione sperimentale in grado di utilizzare la componente spettrale da 3 a 10 eV esclusivamente per ricerche di interesse biologico (canale "Plastique").

Il canale ad alto flusso (CALF) raccoglie una porzione della radiazione emessa dalla sezione curva n. 9. L'apparato sperimentale e parte della canalizzazione verrà disposta all'interno della sala conteggio Adone.

Il canale Plastique è situato all'interno della at-

tuale sala Esperienze PULS in quanto utilizzerà una porzione della radiazione emessa dallo stesso magnete curvante. Si è in attesa delle autorizzazioni da parte delle autorità competenti per l'installazione e l'esercizio.

#### CANALE RAGGI X

È proseguita l'attività sperimentale durante i 160 turni assegnati prima della fermata di Adone con esperimenti di assorbimento di raggi X, sia in sistemi interessanti per lo stato solido (amorfi, catalizzatori, semiconduttori impiantati ionicamente, superionici, superconduttori ad alta Tc), sia in materiali di interesse biologico (ferritina, emoglobina, proteine che legano calcio).

Nel mese di giugno è stato installato ed allineato sul fascio l'apparato per la misura di spettri di assorbimento in geometria dispersiva. La successiva fermata della macchina non ha consentito di eseguire i test di caratterizzazione dell'apparato: intervallo spettrale, intensità e risoluzione, che saranno eseguiti alla ripartenza della macchina.

Durante quest'anno è stato testato ed utilizzato intensivamente sul fascio un criostato a flusso, che consente di eseguire misure di assorbimento e di fluorescenza X in funzione della temperatura fino a circa 15° K. Questo strumento ha permesso di studiare, mediante spettroscopia X, i nuovi sistemi superconduttori ad alta temperatura.

È stato installato, in collaborazione con la sezione di Catania un portacampioni ad incidenza radente, per misure di impurezze superficiali in cristalli. Una estensione di tale esperimento è stata finanziata dal Gr. V per il 1988, allo scopo di misurare spettri di ReflEXAFS (esperimento EXACLU).

Si è progettata e mandata in esecuzione una modifica del monocromatore a raggi X, allo scopo di utilizzare come cristallo monocromatore, oltre che il classico singolo cristallo "channel cut", coppie di cristalli indipendenti. Il nuovo sistema sarà testato nel 1988, utilizzando cristalli di InSb, che consentiranno l'estensione dell'intervallo spettrale del canale verso le basse energie, fino a circa 1.6 KeV. Il mo-

nocromatore, nella nuova versione, sarà dotato anche di fenditure di precisione sia per il controllo della risoluzione, sia per la definizione delle dimensioni del fascio di uscita.

È stato progettato e mandato in esecuzione un nuovo portacampioni, che consentirà un allineamento rapido dei campioni sul fascio X.

#### CANALE GRASSHOPPER

La linea è dedicata a misure di fotoemissione integrata in angolo ed assorbimento (utilizzando la tecnica del "Partial Yield") nell'intervallo spettrale 40-900 eV. Sono stati acquistati, allo scopo di aumentare il flusso di fotoni disponibile, due specchi piani sagomati. Questi specchi verranno opportunamente piegati in modo da assumere rispettivamente la sagoma di uno specchio cilindrico e di uno specchio ellittico. Le elevate prestazioni ottiche richieste per questi specchi ne hanno ritardato la consegna. Attualmente lo specchio cilindrico è già stato installato, mentre per quello ellittico, il cui montaggio richiede necessariamente l'utilizzazione della luce di sincrotrone, si dovrà attendere la ripresa del funzionamento di Adone prevista nei primi mesi del nuovo anno.

È stato sostituito inoltre il vecchio manipolatore con pompaggio differenziale, con un nuovo manipolatore dotato di soffiato a lamelle e questo migliorerà sicuramente le prestazioni di tutto il sistema da vuoto.

La camera per l'introduzione dei campioni ha subito notevoli migliorie che saranno a regime per il 1988.

#### CANALE JOBIN-YVON

La linea è dedicata a misure di fotoemissione integrata in angolo nel range spettrale dell'ultravioletto da vuoto. Sia per l'alto grado di affidabilità raggiunto dall'apparato sperimentale che per la duttilità del sistema di controllo e di acquisizione dati la linea nel suo complesso non ha subito modifiche rispetto alla configurazione sperimentale riportata nel precedente rapporto di attività.

#### CANALE HILGER E WATTS

Il canale Hilger e Watts è dedicato a misure di spettroscopia ottica di riflessione, trasmissione, luminescenza e ottica non lineare. L'esperienza acquisita negli scorsi anni nella gestione della linea ha messo in evidenza la necessità di modificare il monocromatore Hilger e Watts, dotandolo di un sistema in grado di cambiare reticolo, senza dover intervenire sul vuoto del monocromatore.

L'intervallo spettrale del monocromatore (3-35 eV) viene coperto da due reticoli, uno per la regione 3-11 eV, l'altro per quella 10-35 eV. Gli esperimenti che richiedevano tutto l'intervallo spettrale hanno atteso tempi lunghissimi (1-2 anni) per essere completati, altri hanno dovuto limitare i propri programmi di lavoro a uno solo degli intervalli di cui sopra, questo come conseguenza della lunga procedura necessaria per cambiare reticolo nel monocromatore. È stato così progettato il nuovo sistema di montaggio e di sostituzione dei reticoli. L'esecuzione del progetto è stata affidata ad una ditta esterna in costante collaborazione con il nostro gruppo. Il sistema sarà montato e collaudato sul monocromatore appena possibile.

#### CANALE AD ALTO FLUSSO (CALF)

La necessità di poter eseguire alcuni esperimenti di grande importanza per la caratterizzazione della struttura elettronica delle superfici, quali la fotoemissione risolta in angolo e il desorbimento ionico stimolato, richiede la disponibilità di una intensa sorgente di energia variabile con continuità di fotoni ultravioletti.

Si può realizzare una linea ad alto flusso raccogliendo sotto un angolo sufficientemente ampio la radiazione emessa da una sezione curva dell'anello di accumulazione Adone.

Il canale CALF utilizzerà la radiazione emessa dalla sezione curva n. 9 che ha il vantaggio di consentire l'uso della sala conteggio Adone come sala di esperienze. Ciò ha comportato un sensibile risparmio sui costi dell'edilizia, ma soprattutto con la geometria adottata, ha consentito di non li-

mitare significativamente il range spettrale della linea (10-400 eV).

Le diverse possibilità per la realizzazione del sistema ottico, tenendo conto della richiesta di alto flusso nella regione spettrale di interesse, sono state analizzate al calcolatore utilizzando un programma di "Ray-tracing" sviluppato da F. Cerrina (Università del Wisconsin - Madison). La soluzione più vantaggiosa è risultata quella che utilizza per la focalizzazione il piano meridiano di tre specchi ellittici. Questa scelta apparentemente non favorevole in quanto raccoglie 30 mrad di orbita contro 50, abbassa il limite delle alte energie ottenibili e richiede più superfici riflettenti. Rispetto alla utilizzazione sia del piano sagittale che di quello meridiano per la focalizzazione, ha però il vantaggio di introdurre minori aberrazioni e dunque di poter utilizzare un monocromatore ad alta risoluzione senza drastiche perdite di intensità.

La curvatura ellittica degli specchi è ottenibile sollecitando meccanicamente degli specchi piani sagomati. Gli specchi di CALF saranno realizzati utilizzando lastre di vetro di spessore opportuno prodotte con metodo di lavorazione "FLOAT". È stato sviluppato a questo scopo un programma di calcolo numerico in grado di determinare la sagoma e le sue tolleranze, e in particolare i valori delle sollecitazioni da applicare agli specchi in modo che questi assumano la curvatura desiderata.

Tornando alla descrizione della linea CALF, (vedasi Rapporto di Attività LNF 1986) il primo specchio M1 è posto a circa 4 m dalla sorgente e raccoglie 30 mrad di orbita con un angolo di radenza di 6°, e focalizza la radiazione nel piano orizzontale. M2 e M3 operano invece entrambi a 4° di radenza e foceggiano la divergenza verticale del fascio. I calcoli di ray-tracing forniscono un flusso di fotoni su 100  $\mu$  m di fenditura d'ingresso del monocromatore, a 100 eV, 75 volte più grande di quello disponibile alla stessa energia sulla linea Jobin-Yvon.

Il monocromatore del tipo Toroidal Grating (TGM) utilizzerà tre reticoli torici ion-etched a

correzione di aberrazioni, intercambiabili sotto vuoto per coprire l'intero intervallo 10-400 eV con un potere risolutivo medio

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 1/2000.$$

La distanza fenditura d'ingresso-reticolo è di 2.7 m e quella reticolo-fenditura d'uscita è di 4.0 m, l'angolo di deflessione è di 166°.

Uno specchio torico M4 infine sarà inseribile sul fascio di luce emergente dal monocromatore per la focalizzazione, quando richiesta, sul campione in esame.

Grazie all'impegno dell'Istituto di Struttura della Materia (ISM) si prevede di completare il montaggio della linea per il 1988, sempre che vengano rispettati i tempi di consegna di alcuni elementi dell'apparato, incluso il monocromatore.

#### CANALE PLASTIQUE

È stata realizzata tramite il completamento della linea di fascio denominata Mc Pherson prevista e in parte realizzata al PULS, una sorgente di luce dedicata a studi di biologia nella regione spettrale 2-10 eV (1200-6500Å), con particolare attenzione per esperimenti di spettroscopia temporale con tecniche di fluorescenza. La linea è distinta in due sezioni: la prima in ultra-alto vuoto (UHV) da Adone fino all'ingresso della sala esperienze PULS, la seconda in basso vuoto con canalizzazioni in PVC fino al soppalco esistente al piano terra dell'edificio.

Nel corso del 1987 è stato completato il tratto di canalizzazione all'interno del laboratorio PULS. Sono state installate le scatole degli specchi con i relativi movimenti a controllo remoto. È stata inoltre realizzata la successiva sezione in basso vuoto separata dalla precedente da una finestra che può essere di LiF, CaF o quarzo a tenuta di vuoto, secondo le esigenze degli esperimenti. Questa ultima sezione, composta di vari settori, è costituita da un involucro di PVC, in cui è possibile fare il vuoto utilizzando pompe rotative bistadio ( $< 10^{-3}$  mbar) ed operare quindi sia in vuoto sia in atmosfera di gas inerti. La canalizza-

zione termina con una finestra del tipo di quella usata in ingresso o alternativamente può essere connessa direttamente ad un apparato sperimentale se questo lavora in vuoto. Nel canale sono previsti degli elementi ottici per ottenere la corretta illuminazione degli apparati sperimentali. Si è avviato inoltre il montaggio dell'apparato sperimentale per le misure di fluorimetria.

Questa realizzazione è stata resa possibile anche grazie al contributo finanziario della seconda Università di Roma "Tor Vergata" tramite i Dipartimenti di Fisica (Prof. U.M. Grassano) e quello di Medicina sperimentale (Prof. A. Finazzi Agrò). In particolare la realizzazione di una parte di questa linea sperimentale è stata oggetto della tesi di laurea della dr. G. De Stasio.

La linea è praticamente ultimata, mancando l'oblò in ingresso e la scatola dello specchio M1 per il cui montaggio si attendono le autorizzazioni delle autorità competenti. L'utilizzazione dell'apparato è programmata con la ripresa della attività della macchina. Nel corso del 1988 si prevede di avviare esperimenti per la misura di tempi di vita di fluorescenza con tecniche di fase: su sistemi modello fosfolipidici di membrane cellulari, nuovi fluorofori, proteine, nonché su centri di colore in cristalli e per lo studio di differenziamento cellulare e di rilassamento dipolare di solventi.

#### ATTIVITÀ SCIENTIFICA

##### ESPERIMENTI COI RAGGI X

Si riportano di seguito, molto brevemente, due degli esperimenti eseguiti, i cui risultati sono particolarmente significativi nei rispettivi campi.

##### DOPPIE IONIZZAZIONI NEGLI SPETTRI DI ASSORBIMENTO DI RAGGI X

Sono state osservate in alcuni spettri di assorbimento sulla soglia K del silicio, sia in Si amorfo sia in composti gassosi molecolari del tipo SiH<sub>4</sub>, SiBr<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub>, processi di doppia ionizzazione KL, cioè processi in cui vengono eccitati due elettroni uno da shell K e l'altro da shell L. L'andamento della sezione d'urto di tali processi in funzione dell'energia, problema ancora aperto, è sta-

ta riprodotta mediante calcoli in approssimazione  $Z + 1$ . Inoltre al di sopra della soglia KL è stata osservata una struttura fine. Una possibile interpretazione di tale struttura è che essa sia l'EXAFS associata al processo di eccitazione multipla.

L'importanza di tale osservazione risiede nel fatto che la presenza di una struttura EXAFS sopra le soglie di eccitazione multipla è un fenomeno previsto teoricamente, estensivamente utilizzato nei calcoli teorici, ma mai osservato sperimentalmente.

#### STATO DI AGGREGAZIONE DI GAS RARI IN MATRICI SOLIDE

Mediante raffinate misure di EXAFS in fluorescenza ad incidenza radente in funzione della temperatura, si è potuto determinare lo stato di aggregazione delle impurezze di gas raro impiantate ionicamente in matrici di Si cristallino. Si è trovato che lo Xe, impiantato alla temperatura ambiente è disperso al livello atomico nella matrice senza formare apprezzabili legami con il silicio, ma risentendo della presenza del potenziale di questo. Dopo un ciclo di ricottura, invece tali atomi si coagulano in bolle il cui stato di aggregazione e le cui dimensioni, dipendono essenzialmente solo dalle condizioni di ricottura.

#### ESPERIMENTI SULLA LINEA GRASSHOPPER

Nel 1987 è continuato lo studio della formazione delle barriere di Schottky (BS) sulla superficie GaP(110), in collaborazione con L. Brillson della XEROX (Webster, N.Y.) e G. Margaritondo dell'Università del Wisconsin (Madison). L'origine fisica delle BS nelle interfacce metallo-semiconduttore è tuttora un problema dibattuto. I modelli attualmente in discussione possono essere suddivisi in due gruppi: A) la BS è determinata dalle proprietà intrinseche del solo semiconduttore e quindi non dipende dalla funzione lavoro del metallo; B) la BS dipende linearmente dalla funzione lavoro del metallo. Queste teorie sono l'evoluzione, rispettivamente, dei vecchi modelli di Bardeen e Schottky.

Un risultato ormai accertato è che nel GaAs(110) non si hanno variazioni della altezza

della BS al variare del metallo. Il GaAs è dunque un tipico materiale per il quale è richiesto un modello per la formazione della BS del gruppo A.

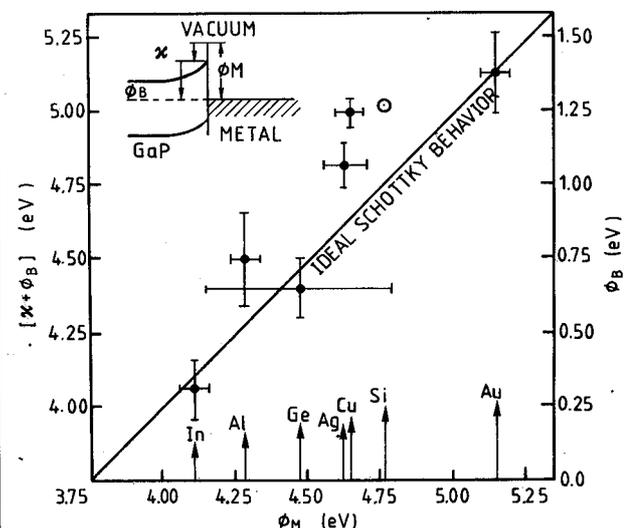
La nostra ricerca ha mostrato per il GaP(110) un comportamento decisamente opposto a quello del GaAs, fatto non evidente a priori vista la forte somiglianza tra i due semiconduttori. Nel caso del GaP(110) l'altezza della BS per vari metalli è riportata nella Fig. 58 in funzione della rispettiva funzione lavoro. Si noti la sorprendente correlazione tra i dati sperimentali ed il limite di Schottky rappresentato dalla linea continua a 45 gradi.

I dati sembrano quindi corroborare la tesi di un comportamento alla Schottky; ovvero per la formazione della BS è richiesto in questo caso un modello del gruppo B.

#### ALTRI ESPERIMENTI

- Effetti indotti dal bombardamento ionico sulla silice (E. Paparazzo)
- Studio della soglia di assorbimento  $L_{23}$  sul Cr e sul Fe (A. Balzarotti)
- Studio della variazione del "BRIDGING ANGLE", indotta dalla pressione nella silice, tramite XANES (I. Davoli)

Fig. 58 - grafico dei valori della barriera di Schottky al variare della funzione lavoro per diversi metalli, nel caso della superficie del GaP(110).



- Studio della risonanza degli stati 4f in alcuni "Heavy Fermion compounds" (K. Garg)
- Studio di siliciuri di metalli di transizione (C. Mariani, S. Nannarone)
- Misura di assorbimento EXAFS sulla soglia  $M_{23}$  del Cu metallico. Determinazione delle ampiezze e dei "phase shift" per le soglie atomiche più esterne (M. De Crescenzi)
- Studio delle interfacce  $\text{SnO}_2$  - Si e  $\text{SnO}_2$  : H-Si (C. Coluzza).

#### ESPERIMENTI SULLA LINEA JOBIN-YVON

*Studio delle interfacce semiconduttore-semiconduttore e semiconduttore-isolante.*

Nel corso del 1987 sono stati studiati alcuni aspetti pratici del problema del controllo dell'allineamento delle bande in eterogiunzioni di semiconduttori amorfi mediante "intralayers". In particolare si è studiato l'effetto dell'idrogeno sul monossido di silicio "bulk" riferito all'effetto di "intralayer" sull'interfaccia  $\text{SiO}_x$ -Si. Questo esperimento vuole chiarire se le variazioni osservate della discontinuità della banda di valenza  $\Delta E_v$  possano essere attribuite senza ambiguità ad effetti di interfaccia e non a modifiche della composizione chimica di uno o di entrambi i componenti l'eterogiunzione indotte dalla tecnica di idrogenazione.

In Fig. 59 sono riportati gli spettri di fotoemissione della banda di valenza del  $\text{SiO}_x$ . In a) l'idrogeno è stato impiantato dopo la crescita del  $\text{SiO}_x$  tramite un fascio di protoni di bassa energia (100eV). Lo spettro b) è stato ottenuto da un film di  $\text{SiO}_x$  in cui l'idrogeno era presente nel gas di crescita.

Dalla curva a) non si notano effetti indotti dall'idrogeno, mentre sullo spettro b) si nota uno spostamento verso il livello di Fermi della cima della banda di valenza e un aumento di emissione del picco dei legami Si-Si a 2 eV di energia di legame. Questi effetti sono stati attribuiti alla riduzione del silicio da parte dell'idrogeno durante la crescita del  $\text{SiO}_x$  che conduce ad un aumento della densità dei legami Si-Si.

La Fig. 60 mostra l'evoluzione di  $\Delta E_v$  nell'in-

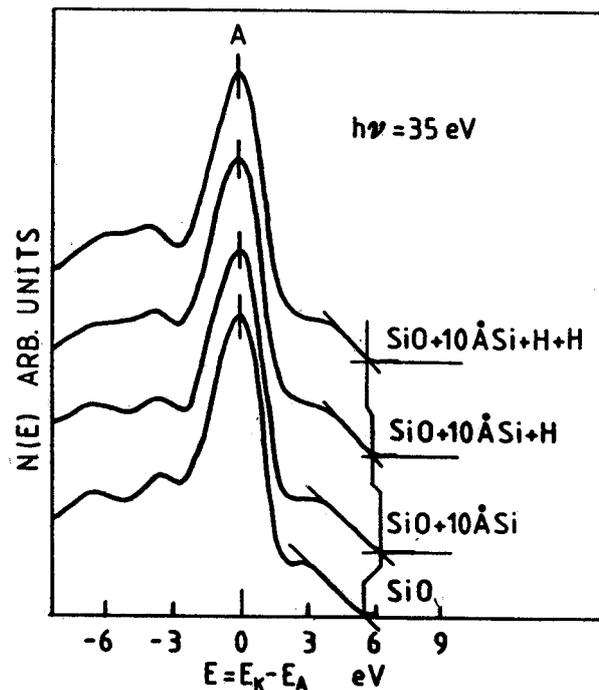
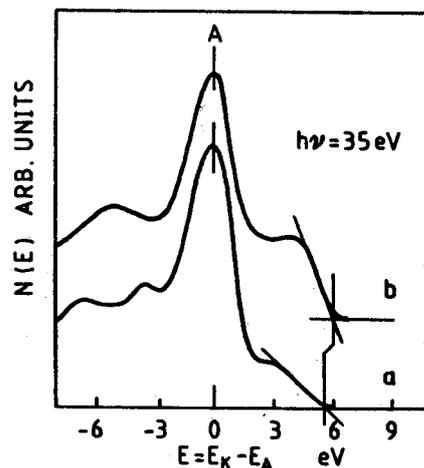


Fig. 59 - Spettri di fotoemissione dalla banda di valenza del  $\text{SiO}_x$  che mostrano l'effetto dell'idrogeno. La curva a) è ottenuta da silicio evaporato a R.T. con una pressione di  $3 \cdot 10^{-4}$  Torr di ossigeno durante un bombardamento di protoni di 100 eV. La curva b) corrisponde al silicio cresciuto con una pressione di  $6 \cdot 10^{-4}$  Torr di una miscela al 50% di  $\text{H}_2 + \text{O}_2$ . Gli spettri sono allineati al picco A. Nel caso idrogenato la distanza dal massimo della banda di valenza è 0.5 eV.

Fig. 60 - Spettri di fotoemissione dalla banda di valenza  $\text{SiO}_x$ -Si che mostrano l'evoluzione di  $\Delta E_v$  all'aumentare del bombardamento con ioni idrogeno. La linea verticale mette in evidenza il cambiamento in  $\Delta E_v$  riferito alla discontinuità  $\text{SiO}_x$ -Si senza idrogenazione.



terfaccia  $\text{SiO}_x\text{-Si}$  per dosi crescenti di ioni idrogeno: In questo caso la riduzione di  $\Delta E_p$  è evidente e non può essere attribuita a modifiche della composizione chimica del substrato perché in questo caso, per quanto detto in precedenza, si dovrebbe osservare un aumento apparente della discontinuità. Si tratta quindi di un effetto indotto dall'idrogeno accumulato all'interfaccia a conferma dei risultati precedenti.

#### ALTRI ESPERIMENTI

- Assorbimento di molecole organiche sulla superficie del Si (M. Piancastelli)
- Interfaccia CdS-Si con intralayers di Al di spessore variabile (G. Margaritondo)
- Studio dei parametri di interfaccia in strutture a-SiN:H/a-Si (C. Coluzza, G. Fortunato)
- Interazione metallo-supporto in sistemi di interesse catalitico (C. Furlani)
- Interfaccia GaAs-Ge (P. Chiaradia)
- Studi di interfacce tra semiconduttori amorfi ed amorfo idrogenato del IV gruppo (F. Evangelisti).

#### ESPERIMENTI DI SPETTROSCOPIA OTTICA NELL'ULTRAVIOLETTA DA VUOTO

Durante il 1987 sono proseguiti i programmi di ricerca già avviati. Un numero piuttosto consistente di turni è stato assegnato agli esperimenti di ottica non lineare utilizzando l'apparato modificato e collaudato nel 1986 (vedi LNF Report 1986). Tuttavia nuove difficoltà incontrate non hanno consentito di ottenere dati sperimentali più significativi.

#### Referenze

- 1) M. Preger, Memo E-23 (6/12/1977)

#### Pubblicazioni

Sono stati pubblicati quest'anno dalla Società Italiana di Fisica gli atti del Convegno degli Utilizzatori della Luce di Sincrotrone tenutosi a Frascati nel 1986 con il titolo: "La radiazione di sincrotrone a Frascati: Convegno degli Utilizzatori, 1986" Frascati, 27-29 Maggio 1986 a cura di S. Mobilio, F. Patella e S. Stipcich - Editrice Compositori Bologna.

- I. Bertini, S. Mangani, L. Messori, S. Mobilio e P.L. Orioli: "Structural features of the metal binding sites in transferrins by EXAFS and other spectroscopic tech-

niques" Proc. of the Int. Conf. on "Biophysics and Synchrotron radiation" Frascati July 14/16 1986; Springer Series in Biophysics: "Biophysics and Synchrotron Radiation" A. Bianconi and A. Congiu Castellano eds., Springer Verlag 2, 176 (1987);

- A. Bianconi, A. Congiu Castellano, M. De Sanctis, C. Politis, W. Krauss, A. Marcelli, S. Mobilio e A. Savoia: "Lack of delocalized Cu p states at the Fermi level in the high Tc superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  by XANES spectroscopy using synchrotron radiation"; Z. Physik B 67, 307 (1987);
- A. Bianconi, R. Del Sole, A. Selloni, P. Chiaradia, M. Fanfoni e I. Davoli: "Partial density of unoccupied states and  $L_{23}$  x-ray absorption spectrum of bulk silicon and of the  $\text{Si}(111)2 \times 1$  surface" Solid State Comm. 64, 1313 (1987);
- R. Bouschert, M. Giardina, A. Merlini, A. Balerna, S. Mobilio: "Laboratory EXAFS in dispersive mode" Journal of Applied Crystallography, in press;
- P. Chiaradia, M. Fanfoni, P. De Padova, P. Nataletti, L.J. Brillson, R.E. Viturro, M.L. Slade, G. Margaritondo, M.K. Kelly, D. Kilday e N. Tache: "Initial stages of GaP(110) oxidation", submitted to Solid State Comm.
- P. Chiaradia, M. Fanfoni, P. De Padova, P. Nataletti, L.J. Brillson, R.E. Viturro, M.L. Slade, G. Margaritondo, M.K. Kelly, D. Kilday e N. Tache: "Unpinned Schottky barrier in GaP(110)" 14th International Symposium on Gallium Arsenide and Related Compounds 1987 Creta (Greece) 1987, in press;
- R. Cimino, F. Boscherini, F. Evangelisti, F. Patella, P. Perfetti e C. Quaresima: "Amorphous Si/Ge Heterojunctions: A study of band discontinuity and local order by photoemission spectroscopy" submitted to Phys. Rev. B;
- G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Bernieri, S. Mobilio: "EXAFS studies of the silver ions coordination in silver borate glasses" J. non-Cryst. Solids 91, 153 (1987);
- I. Davoli, M. Benfatto, M. Fanfoni, A. Bianconi, A. Gargano, S. Stizza, E. Paris, F.A. Seifert: "Densified vitreous silica studied by XANES at the oxygen K-edge" submitted to Solid State Comm.
- F. Evangelisti, F. Boscherini, R. Cimino, F. Patella, P. Perfetti e C. Quaresima: "Local order in Si-Ge heterojunctions by analysis of Ge 3d core levels" Proc. 12 Intern. Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors, Praga 1987, in press;
- A. Filipponi, F. Evangelisti e S. Mobilio: "Vibrational correlation function in amorphous covalent solids" J. non-Cryst. Solids, 97, 365 (1987);
- A. Filipponi, F. Evangelisti, E. Bernieri e S. Mobilio: "Multiple Electron Excitation at the Si K edge of

- amorphous silicon" Journal de Physique C, in press;
- A. Filipponi, P. Fiorini, F. Evangelisti, A. Balerna e S. Mobilio: "Amorphous hydrogenated alloys: a comparative study of  $a\text{-Si}_{(1-x)}\text{C}_x\text{H}$ ,  $a\text{-Si}_{(1-x)}\text{Ge}_x\text{H}$ ,  $a\text{-Si}_{(1-x)}\text{N}_x\text{H}$  at the silicon K edge" Material Research Society Spring Meeting, Anameia 1987, in press;
  - A. Filipponi, E. Bernieri e S. Mobilio: "Multielectron excitation in X-ray Absorption spectra of  $a\text{-Si:H}$ " submitted to Phys. Rev. B;
  - A. Kisiel, J. Oleszkiewicz, A. Rodzik, F. Antonangeli, M. Piacentini, N. Zema, A. Balzarotti e A. Mycielski "The influence of 3d Mn electrons on the  $\text{Cd}_{(1-x)}\text{Mn}_x\text{Te}$  fundamental reflectivity spectra" Acta Phys. Polonica A 71, 231 (1987);
  - A. Kisiel, M. Piacentini, F. Antonangeli, J. Oleszkiewicz, A. Rodzik, N. Zema e A. Mycielski "Room-temperature fundamental reflectivity spectra of  $\text{Cd}_{(1-x)}\text{Mn}_x\text{Te}$  in the 0.5-30 eV energy range". Phys. C 20, 5601 (1987);
  - S. Mobilio e A. Filipponi: "EXAFS in amorphous silicon alloys" J. non-Cryst. Solids, 97, 403 (1987);
  - D.W. Niles, Ming Tang, G. Margaritondo, C. Quaresima e P. Perfetti: "Mechanism of band discontinuity control at heterojunction interfaces" American Vacuum Science 1987, Anaheim, CA; J. Vacuum Science Techn. in press;
  - G. Onori, M. Belli, A. Scafati, S. Mobilio, E. Bernieri, A. Reale, A. Bianconi e J. Garcia: "Study of Cu-ATP complexes" Proc. Of the Int. Conf. on "Biophysics and Synchrotron Radiation" A. Bianconi and A. Congiu Castellano eds, Springer Verlag 2, 212 (1987);
  - G. Onori, M. Belli, A. Scafati, M. Matzeu, E. Rongoni, S. Mobilio, A. Balerna, e A. Bianconi: "Investigation on metal binding sites in DNA by means of the X-ray high resolution spectroscopy" Proc. of the Int. Conf. on "Biophysics and Synchrotron Radiation" Frascati July 14/16 1986; Springer Series in Biophysics: "Biophysics and Synchrotron Radiation" A. Bianconi and A. Congiu Castellano eds, Springer Verlag 2, 201 (1987);
  - M.N. Piancastelli, R. Zanoni, M.K. Kelly, D.G. Kilday, Y. Chang, J.T. Mckinley, G. Margaritondo, P. Perfetti, C. Quaresima e M. Capozzi: "Thiopene on  $\text{Si}(111)2^*1$ : Synchrotron radiation study of desulfurization process" Solid State Commun. 63,85 (1987);
  - C. Quaresima, P. Perfetti, M. Capozzi, C. Coluzza, D.G. Kilday e G. Margaritondo: Proc. 18th Int. Conf. Phys. Semiconductor, Stockholm, 1986, Eds. Olaf Engstrom, 1, 167 (1986);
  - C. Quaresima, P. Perfetti, E. Paparazzo, M. Capozzi, C. Vaccarezza, B. Russo e C. Coluzza: "Effect on hydrogen on  $\text{SiO}_x$  an  $\text{SiO}_x\text{-Si}$  interface" Proc. 12 Int. Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors, Praga 1987, in press;
  - B. Russo, C. Quaresima, M. Capozzi, P. Perfetti, C. Coluzza e G. Margaritondo: "Valence band discontinuity modification induced by hydrogen on cesium intralayer" Proc. 14th Symposium on GaAs and Related Compounds, Creta (Greece) 1987, in press;
  - M. Sigrist, G. Chassaing, J.C. Francois, F. Antonangeli, N. Zema e M. Piacentini "Optical properties of scandium thin films" Phys. Rev. B 35, 3760 (1987);
  - N. Tache, Y. Chang, M.K. Kelly, G. Margaritondo, C. Quaresima, M. Capozzi, P. Perfetti e M.N. Piancastelli: "Benzene chemisorption on amorphous silicon" Appl. Phys. Lett. 50, 531 (1987).

#### ESPERIMENTI CON IL FASCIO WIGGLER (PWA)

*Componenti del gruppo:* A. Balerna, E. Bernieri, E. Burattini, A. Giovannelli, A. Grilli, A. La Monaca, L. Mastrogiacomo, S. Simeoni.

*Hanno collaborato:* Chen Quian-Hong A. Congiu-Castellano, G. Dalba, P. Fornasini, C. Mencuccini, G. Moschini, A. Reale, R. Rinzivillo, F. Rocca, A. Scafati.

Le attività di ricerca e sviluppo svolte nel Laboratorio PWA sono proseguite durante il 1987 secondo le direttrici delineatesi nel corso degli anni precedenti e precisamente:

- 1) Esecuzione di esperimenti in diversi campi di ricerca utilizzando il fascio BX1.
- 2) Completamento delle aree sperimentali relative alle due nuove linee BX2-S, BX2-L e realizzazione delle apparecchiature necessarie per l'inizio degli esperimenti previsti da vari programmi di ricerca.

Come iniziative degne di essere segnalate separatamente vanno certamente menzionate l'organizzazione del Congresso Internazionale "Synchrotron Radiation Applications to Digital Subtraction Angiography" tenutosi a Frascati dal 6 all'8 maggio e la realizzazione di un laboratorio per la preparazione ed il trattamento chimico degli X-ray resist. Il congresso ha rappresentato un'interessante iniziativa che ha visto per tre giorni fisici, medici e cardiologi discutere sul futuro delle applicazioni della luce di Sincrotrone in campo Biomedico.

**TAB. 1 - caratteristiche della linea BX1**

Sorgente: Wiggler convenzionale a 6 poli ( $B = 1.85T$ ,  $\epsilon_c = 2.77\text{keV}$ )

Distanza sorgente-monocromatore: 30 m

Spessore finestra di Be: 100  $\mu\text{m}$

Accettanza orizzontale: 1 mrad

Intervallo spettrale: 3-30 keV

Flusso a 9 keV:  $10^{10}$  fot/(s·mrad·mA·0.1% b.w.)

Monocromatore (channel-cut): Si(111),  $\Delta E/E = 1.3 \cdot 10^{-4}$ ; Si(220),  $\Delta E/E = 5.6 \cdot 10^{-5}$ ; Ge(220),  $\Delta E/E = 1.5 \cdot 10^{-4}$ .

### 1. LINEA BX1

L'attività di ricerca ha avuto luogo esclusivamente sulla linea BX1 e limitatamente ai primi 7 mesi del 1987 a causa dell'arresto delle attività sperimentali su Adone. Le caratteristiche principali della linea sono riportate in Tab. 1.

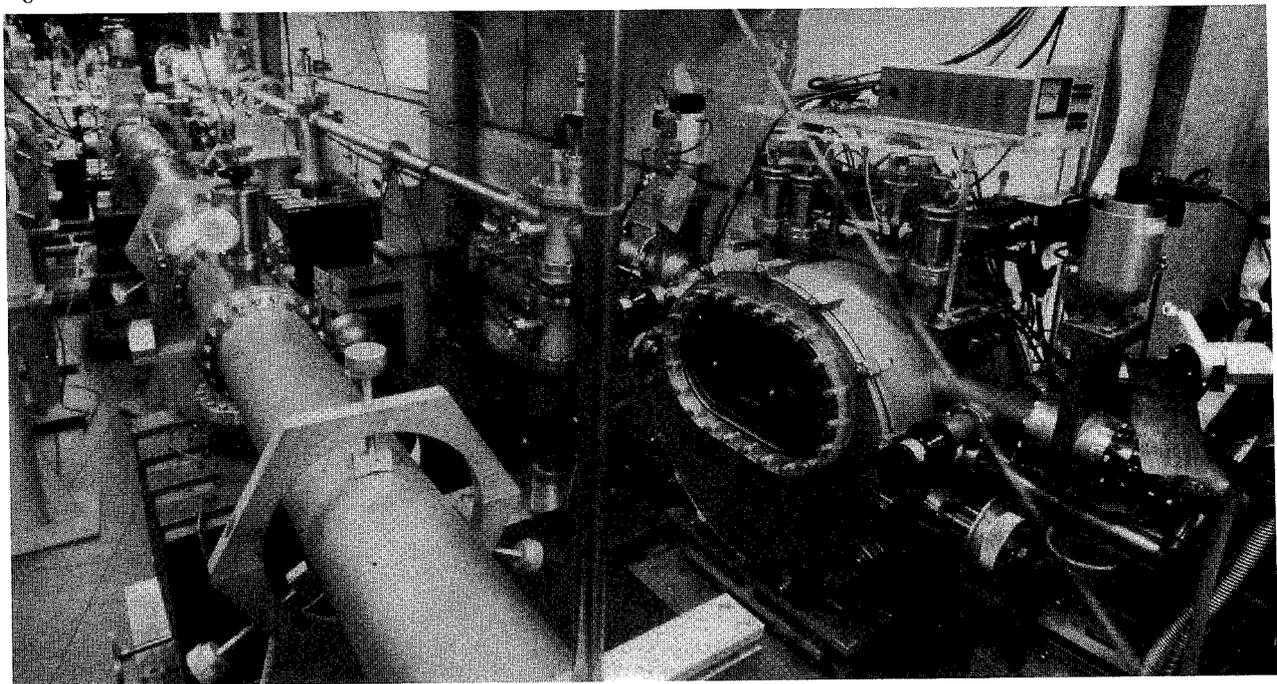
In Tab. 2 è riportato l'elenco degli Istituti di ricerca e delle Università che hanno usufruito di tempo macchina.

L'attività sulla linea nel corso dell'87 è stata

molto intensa. Dei 147 turni assegnati ad attività con Luce di Sincrotrone, ne sono stati utilizzati 98 per eseguire esperimenti di spettroscopia di assorbimento, di microanalisi e di diffrazione.

Nella restante parte dell'anno sono state apportate alcune modifiche alla linea ed agli apparati sperimentali: su richiesta del servizio di Fisica Sanitaria è stata arretrata di circa 4 m la finestra di berillio con lo scopo di ridurre nell'area sperimentale la radiazione secondaria dovuta al brems-

*Fig. 61 - Parte terminale della linea BX1 nella sua nuova versione.*



**TAB. 2 - Elenco delle Università e degli Istituti di Ricerca che hanno usufruito di tempo macchina per ricerche con Luce di Sincrotrone**

Dipartimento di Energetica dell'Università di Roma I  
 Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma I  
 Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma II  
 Dipartimento di Chimica dell'Università di Roma I  
 Dipartimento di Fisica dell'Università di Trento  
 Dipartimento di Fisica dell'Università dell'Aquila  
 Dipartimento di Fisica dell'Università di Perugia  
 Dipartimento di Fisica dell'Università di Messina  
 Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università di Napoli  
 Istituto di Struttura della Materia dell'Università di Messina  
 Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità  
 Laboratori Nazionali di Legnaro dell'INFN  
 Istituto di Strutturistica Chimica del CNR  
 Istituto di Elettronica dello Stato Solido del CNR  
 Istituto di Struttura della Materia del CNR  
 The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel  
 Institute of Solid State Physics, Latvian State University, Riga, USSR  
 Institute of Physics, Jagellonian University, Cracow  
 Departamento de Termología de la Universidad de Zaragoza  
 Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, Madrid  
 Departamento de Física, Universidad de Sevilla  
 Research Division of DSM (Dutch States Mines), Geelen, The Netherland

strahlung; la sezione della parte finale del canale è stata ridotta per migliorare il vuoto della linea; il monocromatore e gli apparati sperimentali sono stati traslati per permettere l'inserimento della stazione per esperimenti di diffusione a piccolo angolo (SAXS). La parte finale della linea BX1 nella sua nuova configurazione è mostrata in Fig. 61.

È stato totalmente cambiato il sistema di controllo del monocromatore e di acquisizione dei dati. Il movimento del monocromatore e la lettura dei segnali dei rivelatori, effettuati nel passato utilizzando un PDP 11/40 collegato all'elettronica tramite CAMAC, sono ora affidati ad un PC Olivetti M24. Il PC controlla una scheda (CTM05-Metrabyte) in grado di pilotare il goniometro del monocromatore e leggere due segnali provenienti da convertitori tensione/frequenza. Essendo connessi alla rete Ethernet dei LNF, i dati acquisiti su PC potranno essere direttamente inviati al VAX 8600 dei LNF per

l'analisi o il trasferimento in altre sedi.

#### 1.1 SPETTROSCOPIA DI ASSORBIMENTO (EXAFS I)

La stazione, formata da una camera in cui è possibile esporre al fascio di raggi X campioni aventi un qualunque stato di aggregazione, può lavorare sia sotto vuoto che in atmosfere inerti. Il posizionamento dei campioni davanti al fascio e l'ottimizzazione delle condizioni di lavoro dei rivelatori (camere ionizzazione) avviene mediante controlli remoti. Particolarmente agevole risulta sia cambiare il tipo di gas utilizzato nei rivelatori, che fissare la pressione in funzione dell'intervallo spettrale prescelto.

Una serie di telecamere a circuito chiuso consente di avere una visione d'insieme dell'apparato e di tenere sotto controllo i parametri fisici rilevanti.

Nel corso dell'anno si sono affrontate nume-

rose problematiche sia di struttura della materia che di fisica dello stato solido, in collaborazione con Istituti e Università italiani e stranieri. Riportiamo sinteticamente le principali misure eseguite.

- Soglie K del Fe, del Ni e dello Zr in leghe amorfe di FeZr e NiTi preparate con "mechanical alloying" partendo da polveri cristalline.
- Soglie L del Cd e K del Se in polveri "colloidali" (Coll. Weizmann Inst. - Israele).
- Soglie L dello iodio in vetri binari e ternari conduttori superionici del tipo  $Ag_2O-n(B_2O_3)$  ( $n=4$ ) drogati con AgI e soglie K del Ru in catalizzatori polistirene-rutenio (Coll. Univ. Trento).
- Soglie L del Te in leghe binarie e ternarie di CdTe, ZnTe e CdMnTe e soglie L del Sm in leghe ternarie (Coll. Univ. Cracovia-Polonia).
- Soglie K del Cu in Cu-ATP e dello Zn in Zn-ATP in diverse condizioni di pH (I.S.S. - Roma e Univ. Perugia).
- Soglie L dell'Os in catalizzatori supportati su  $SiO_2$  (Univ. Roma).
- Soglia L del W in film sottili di  $a-WO_{3,x}$  preparati in diverse condizioni (temperatura del substrato, tipo e pressione del gas) ed in campioni policristallini tipo  $WO_2$ . Soglia K del Mo in film di  $a-MoO_{3,x}$  ed in composti policristallini (Coll. Univ. Riga - URSS).
- Soglie K di Ni, Zn, Co, Ti e Cr in catalizzatori supportati su  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  (Coll. Univ. Zaragoza - Spagna).
- Soglia K del Se in campioni amorfi e cristallini di SeTe (Coll. Univ. Messina).
- Soglia K del Rh in soluzioni acquose di Rh(III) a diverse concentrazioni e soglie K di Co, Ni e Zn sempre in soluzioni acquose a varie concentrazioni (Coll. Univ. Roma - Dip. Chimica).
- Soglie K del Ti e del Se in campioni laminari di  $TiSe_2$  misurate con diversi angoli di orientazione del campione ( $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ) rispetto alla direzione di polarizzazione della radiazione incidente (I.S.M. - CNR).
- Soglia K del Fe in emoglobina di cammello ed in campioni di mioglobina in soluzioni diluite per lo studio del legame Fe-C-O (Coll. Univ. Roma).

Le tematiche scientifiche relative ad alcuni degli esperimenti appena elencati sono descritte qui di seguito con qualche dettaglio.

#### 1.1.1 Gruppo di ricerca Biostrutture e Radiazione di Sincrotrone dell'Università di Roma "La Sapienza".

A. Bianconi, M. Barteri, A. Congiu-Castellano, A. Clozza, M. Desantis, S. Della Longa, M. Dell'Aricea, A. Giovannelli.

Le misure effettuate presso il canale BX1 del laboratorio PWA nel 1987 come seguito di ricerche compiute negli anni precedenti, hanno avuto per oggetto la determinazione della struttura locale del sito attivo di metalloproteine mediante spettroscopia XANES ed EXAFS. In particolare si sono determinati:

- 1) gli angoli di legame  $O_2$  e CO nella emoglobina umana adulta e fetale e nelle catene isolate a, b, g;
- 2) gli angoli di legame delle molecole  $O_2$  e CO nell'emoglobina di cammello;
- 3) le variazioni strutturali nella transizione tra le strutture quaternarie ad alta e bassa affinità dell'emoglobina di carpa, in cui si è evidenziata una transizione alto-basso spin ad essa correlate.

Sono state effettuate misure di EXAFS e XANES su proteine leganti Ca in particolare su neurotossine isolate da veleno di serpente ed in grado di costituire canali Ca selettivi, con l'obiettivo di studiare la struttura dei siti di legame del Ca altamente specifici ed a bassa affinità caratteristici di queste proteine.

L'alto flusso di fotoni della linea Wiggler ha permesso di effettuare le misure su campioni estremamente diluiti mantenendo un buon rapporto segnale/rumore.

I dati elaborati sono stati in parte pubblicati e in parte sono in via di pubblicazione.

Come gruppo partecipante ad un progetto di ricerca interuniversitario, sta installando sul canale BX2 una stazione sperimentale dedicata alla biofisica. Si prevede di poter acquisire dati nella prossima serie di turni di Luce di Sincrotrone.

#### 1.1.2 Activity report of the Spanish Group with the P.W.A. laboratory.

Dr. José Carlos Conesa, Dr. A. Corma (C.S.I.C.), Dr. Au-

gustín Rodríguez González Elípe, Juan Pedro Espinosa, Dr. P. Malet Maenner, Dr. V. Rives (U. de Salamanca), Dr. Joaquín García Ruíz, M. Sanchez del Riov, Dr. J.C. Conesa Segarra.

The group comprises:

- Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del C.S.I.C. en Madrid. Responsible: José Carlos Conesa Segarra.
- Departamento de Química Inorgánica - Universidad de Sevilla. Responsible: Agustín González Rodríguez Elípe.
- Departamento de Física de la Materia Condensada. Responsible: Joaquín García Ruíz.

The general argument of the program is the study of the metal-support and metal-metal interactions in metallic and polymetallic supported catalysts. This general program is divided in three subprograms.

i) "EXAFS studies of active phase-promoter support interactions in heterogeneous catalysts". We have measured the EXAFS and XANES spectra at the Ni K edge in the supported catalyst Ni/SiO<sub>2</sub> and Ni/TiO<sub>2</sub>. The analysis of the spectra showed that for the Ni/SiO<sub>2</sub> system the geometry around the Ni atom implies the presence of a silicate phase and not a NiO crystalline phase.

For the NiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> system we have determined the growth of crystalline NiO in relation with the Ni content. This result gives a maximum limit of the concentration of dispersed Ni in this support. This data also shows that does not exist direct interaction between the Ni atom and the support. We are now working in the data treatment in order to determine quantitatively the structural parameters of the metallic active atom in this catalyst.

We have also done explorative experiments in TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> system measuring the titanium K-edge and in Mo-Co-Zn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst measuring the Co and Zn K-edge.

This project will be continued in the future completing the information with further experiments at the molybdenum K-edge, and rhodium.

ii) "EXAFS studies on the structure of bimetallic

catalysts". This program include the structural study of bimetallic catalyst:

a) Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Pt-Re/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of industrial interest;

b) metallic catalyst prepared by photochemical syntesis, Pt-Pd/TiO<sub>2</sub>, Pd-Pt/TiO<sub>2</sub>, Pt/Au/TiO<sub>2</sub>, Rh-Pt/TiO<sub>2</sub>.

EXAFS and XANES experiments have been performed on Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Pt-Re/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts with different thermal treatments.

This program will be completed in the future studying the effect of aditives like C, S, etc. and the study of catalysts with higher concentration of the active atoms.

iii) Supported V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/TiO<sub>2</sub> catalyst and Ni-Mo/sepiolite bimetallic catalyst.

On the first system we have performed explorative experiments at the vanadium K-edge. Because the low concentration of vanadium only XANES have been done; our data show that exists interaction between nickel and molibdenum in some samples, depending on the concentration. We hope to complete this program with data on the Mo-K-edge.

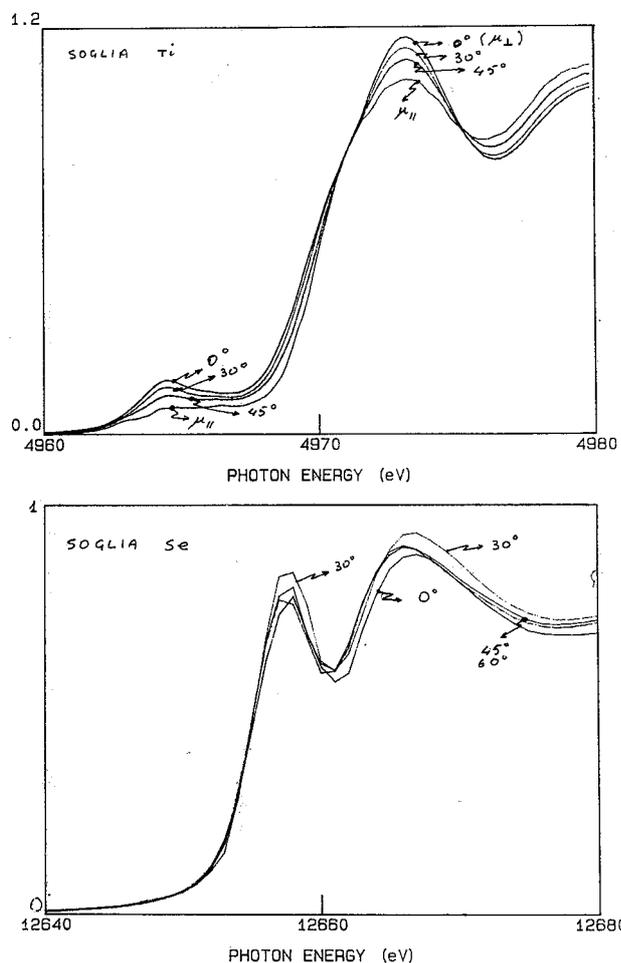
### 1.1.3 Studio dell'anisotropia della soglia K in composti lamellari

M. Piacentini, N. Zema, E. Burattini, A. Balerna, E. Bernieri.

L'assorbimento dei raggi X in corrispondenza alle soglie K in composti lamellari presenta una notevole anisotropia a seconda che la radiazione X sia polarizzata perpendicolarmente o parallelamente all'asse c dei cristalli<sup>(1,2)</sup>. Nel caso del TiS<sub>2</sub> è stato possibile eseguire misure solo in corrispondenza alla soglia K del Ti e gli spettri ottenuti sono stati interpretati mediante un modello di scattering multiplo<sup>(2)</sup>. Questi calcoli teorici sono stati estesi recentemente al TiSe<sub>2</sub><sup>(3,4)</sup>, composto che ha le stesse caratteristiche strutturali ed elettroniche del TiS<sub>2</sub>. Si è reso quindi necessario eseguire misure di dicroismo dell'assorbimento di raggi X anche nel TiSe<sub>2</sub>. Queste misure sono state eseguite utilizzando la linea BX1 del Laboratorio Wiggler, dove è stato possibile misurare le soglie K di ambedue le specie atomiche (il Ti ed il Se) in

funzione della polarizzazione dei raggi X rispetto all'asse c. Si sono trovate delle sostanziali variazioni con la polarizzazione nelle oscillazioni XANES ed EXAFS che seguono le due soglie di assorbimento. Di particolare interesse sono i risultati relativi alla regione vicino alle soglie stesse, i cui spettri sono mostrati nella Fig. 62 in funzione dell'angolo di incidenza. La notevole anisotropia della soglia K del Ti, in particolare la diminuzio-

Fig. 62 - Spettri di densità ottica del  $TiSe_2$  intorno alle soglie K del Ti ( riquadro superiore) e del Se (riquadro inferiore) in funzione dell'angolo di incidenza dei raggi X rispetto all'asse c dei cristalli.  $\vartheta = 0^\circ$  corrisponde a  $\mu_{\perp}$  polarizzazione perpendicolare all'asse c). Al crescere dell'angolo di incidenza cresce la componente di polarizzazione parallela all'asse c. Lo spettro di  $\mu_{\parallel}$  nel riquadro superiore è stato calcolato dagli spettri misurati ai vari angoli di incidenza.



ne delle deboli strutture associabili agli stati finali "d" vuoti del Ti, è in accordo con quanto trovato nel caso del  $TiS_2$ . Invece, la soglia K del Se sembra essere praticamente isotropa. Questi risultati sperimentali non sono in soddisfacente accordo con i modelli teorici più recenti<sup>(3,4)</sup>.

### 1.2 APPARATO SPERIMENTALE PER MICROANALISI MEDIANTE FLUORESCENZA

La stazione sperimentale per microanalisi dotata di un rivelatore al Si(Li) fornito dai Laboratori Nazionali di Legnaro è stata utilizzata in collaborazione con un gruppo di ricercatori provenienti dalla DSM (Dutch State Mines), grande complesso chimico olandese, interessato all'uso della Luce di Sincrotrone per il programma di ricerche "caratterizzazione di materiali mediante analisi non distruttive".

Sono stati eseguiti esperimenti su campioni contenenti quantità note di elementi leggeri e medi e si sono confrontati gli spettri con quelli ottenuti con i medesimi campioni ma utilizzando sorgenti convenzionali. I risultati, piuttosto incoraggianti, sono stati di stimolo per la stesura di un programma congiunto di ricerche articolato essenzialmente in due punti.

- a) Affinamento delle tecniche sperimentali con lo scopo di individuare il valore più basso di MDL (Minimum Detectable Limit) utilizzando fasci monocromatici a banda larga e tecniche spettroscopiche mediante "dispersione in energia".
- b) Confronto tra i risultati ottenibili con Luce di Sincrotrone e quelli ottenibili con una sorgente convenzionale nelle identiche condizioni sperimentali ossia: uso di fasci bianchi con tecniche spettroscopiche di "dispersione in lunghezza d'onda".

Sono in corso trattative con la Divisione Ricerche della Philips olandese per l'installazione "free-charge" di un apparato per microanalisi a dispersione di lunghezza d'onda su una delle linee PWA. Equipaggiata con un rivelatore al Ge iperpuro, la stazione è stata anche utilizzata per analisi di elementi in tracce in composti di tipo biologico e non.

### 1.3 DIFFRAZIONE A PICCOLO ANGOLO CON RAGGI X (SAXS)

L'attività SAXS (Small Angle X-ray Scattering) svolta durante l'anno è stata ripartita in questo modo:

- 1) prosecuzione degli esperimenti a basso angolo delle fibre di collagene sul diffrattometro SAXS installato al PULS;
- 2) sviluppo di un software idoneo all'elaborazione degli spettri di diffrazione a basso angolo;
- 3) trasferimento della stazione SAXS dal laboratorio PULS al laboratorio PWA;
- 4) sviluppo di nuovi rivelatori per raggi X sensibili alla posizione.

L'indagine diffrattometrica a basso angolo delle fibre di collagene è stata condotta in stretta collaborazione con l'Istituto di Chimica "G. Ciamician" dell'Università di Bologna. L'esperimento effettuato aveva lo scopo di evidenziare eventuali alterazioni della struttura fibrillare del collagene dovuto a fissanti chimici normalmente usati in microscopia elettronica.

L'uso della Luce di Sincrotrone con l'apparato SAXS a camera a drift era richiesto al fine di ottenere una misura accurata della periodicità assiale e della distribuzione dell'intensità relativa dei massimi diffratti.

Pertanto è stata effettuata una serie di misure su campioni di tendine caudale di ratto seccato all'aria dopo trattamento con i seguenti agenti chimici: Alcian Blue, Gluteraldeide, Acido Fosfotungstico, Gluteraldeide e Acido Fosfotungstico.

L'Alcian Blue è un tipico colorante della componente mucopolisaccaridica che interagisce con la struttura fibrillare del collagene. Le soluzioni di Gluteraldeide vengono comunemente usate per il fissaggio dei campioni da esaminare al microscopio elettronico allo scopo di evitare i danni della disidratazione del campione posto sotto vuoto durante l'indagine.

L'acido Fosfotungstico è il colorante più usato in microscopia per evidenziare la bandeggiatura assiale delle fibrille di collagene.

Gli spettri registrati hanno confermato che i trattamenti applicati producono alterazioni della

periodicità assiale delle fibre di collagene. Un esempio di ciò si può vedere confrontando i due spettri con Alcian Blue e Gluteraldeide delle Fig. 63: a) e b). Il primo ha un periodo misurato di 640 Å, mentre l'altro è di 653 Å. Inoltre i riflessi del secondo sono di intensità e forma più regolari del primo. Ciò è dovuto al fatto che l'Alcian Blue va a fissarsi sui protoglicani delle fibre che sono attaccati all'esterno del collagene. I campioni trattati durante l'essiccamento possono passare senza difficoltà dal periodo di 670 Å proprio del collagene bagnato al periodo di 640 Å del collagene secco. Il Gluteraldeide invece va ad inserirsi nelle fibre di collagene e comportandosi come

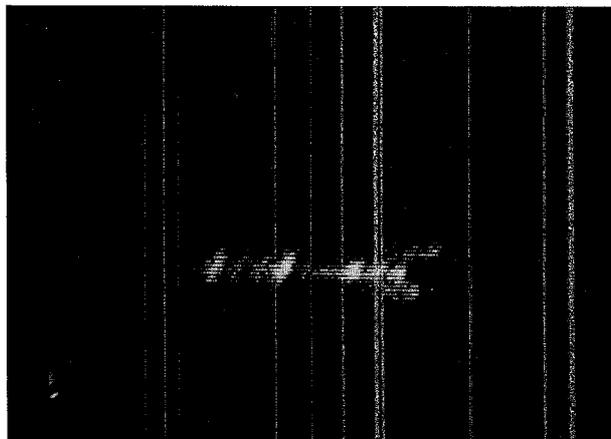
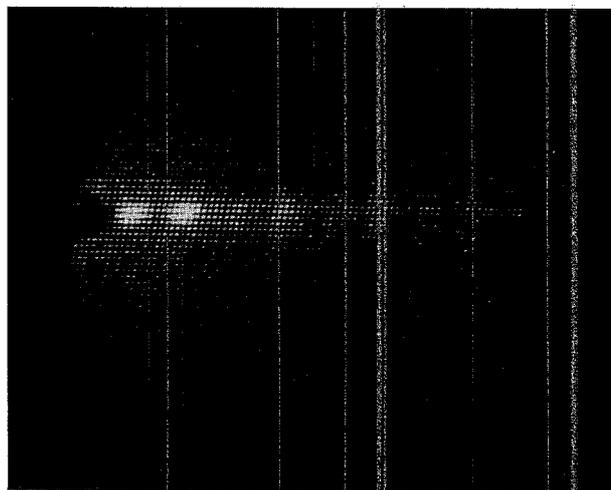


Fig. 63a e 63b - Spettri di diffrazione a basso angolo con camera a drift di collagene secco trattato con a) Alcian Blue; b) Gluteraldeide. Si noti come è variata la forma, l'intensità e la periodicità dei riflessi meridionali.



agente cristallizzante "ordina" il collagene in un periodo che risulta essere intermedio tra quello bagnato e quello secco. Il microscopista elettronico verrebbe così tratto in errore pensando di avere un collagene bagnato invece che secco.

Dall'analisi dei dati in corso sarà possibile stabilire i diversi gradi di ordine strutturale dei vari campioni trattati, determinando l'estensione e l'intensità integrata dell'"arcing" dei riflessi meridionali. Per fare questo è stato sviluppato un opportuno software per il trattamento dell'immagine diffratta.

I programmi di calcolo finora compilati permettono di ricostruire l'immagine piana diffratta, e, dopo sottrazione del fondo, determinare la posizione dei massimi. È possibile poi calcolare l'integrale dell'intensità estesa al dominio di definizione di ogni massimo di diffrazione, normalizzarlo all'integrale dell'intensità totale diffratta e confrontarlo con i valori dell'intensità relativa degli altri massimi.

Sono in corso di messa a punto altri programmi riguardanti l'elaborazione dell'immagine in rappresentazione tridimensionale per lo studio dei profili dell'intensità diffratta.

Tale studio permetterà la determinazione della distribuzione della densità elettronica all'interno del periodo di ripetizione assiale.

È opportuno sottolineare che la bontà dei risultati sperimentali ottenuti è dovuta alla cooperazione del Gruppo Macchine che ha curato il funzionamento di Adone, operante a un solo "bunch" di elettroni, in condizione di massima corrente e di minimo contributo dei "bunches" satelliti spuri circolanti in macchina (intensità relativa di qualche per mille). Questa condizione di estremo fascio "pulito" ha permesso alla camera a drift di registrare spettri di alta qualità e definizione anche a bassa statistica.

I risultati sperimentali ottenuti insieme ad altri già presenti (vedi Rapporto Attività 1986), hanno suggerito lo spostamento della stazione SAXS del PULS al PWA, dove l'intensità della sorgente Wiggler è più alta di un ordine di grandezza nel range di energia di nostro interesse.

Per ragioni connesse al carattere di "end station" dell'apparato SAXS il posto della nuova stazione è stato scelto sul canale BX1 in successione alla stazione di Diffrattometria ad alto angolo con la quale può operare in complementarietà. Ciò ha richiesto una serie di interventi di rimozione di parti della canalizzazione e di modifiche degli apparati sperimentali esistenti (ad esempio la stazione di Diffrattometria è stata resa compatibile con il passaggio sotto vuoto del fascio di luce).

La nuova stazione SAXS ha richiesto la costruzione di un nuovo banco-supporto dotato di controlli elettronici remoti per i movimenti di allineamento ottico. Su questo è in fase di montaggio il Diffrattometro SAXS a doppia camera di misura nella sua ultima versione recentemente completata.

È stata inoltre preparata una nuova tavola rotante portarivelatore a movimenti micrometrici ad alta velocità angolare per il posizionamento rapido della camera a drift sotto il fascio di radiazione.

Un opportuno "shutter" elettromeccanico con tempi di apertura di 10 msec. è in fase di esecuzione meccanica e verrà montato all'ingresso del Diffrattometro per abilitarlo alla presa dati in coincidenza dell'arrivo del fascio di luce.

È in allestimento un sistema veloce di acquisizione dati, 1 MHz di conteggi, capace di registrare immagini formate da 256 x 256 pixels (contro i 128 x 64 pixels attuali), asserviti da un elaboratore MAC II per la presentazione tridimensionale dell'immagine e sua successiva elaborazione. Il collaudo della nuova stazione SAXS completata con la sua elettronica di rivelazione e con l'apparato di flusso dei gas per i rivelatori è prevista per la prima metà dell'88.

Accenniamo infine all'avvio di due nuovi progetti per la realizzazione di due rivelatori per raggi X sensibili alla posizione.

Il primo di questi, FADD (Fast Area Detector for Diffraction), consiste in una camera a drift di altissima velocità di drift per misure di diffrazione ad alto angolo su materiali fibrosi policristalli-

ni con periodicità fino a 1,8 Å. Il rivelatore userà le proprietà del gas CF<sub>4</sub> per aumentare l'area utile di rivelazione a parità di tempo di drift impiegato e per migliorare la sua risoluzione temporale e spaziale.

L'altro progetto, NID (New Imaging Detector), riguarda un rivelatore posizionale basato su una camera a gas Xe, opportunamente drogato, in grado di convertire fotoni X in fotoni U.V. scintillanti, accoppiato tramite fibre ottiche focheggianti ad un CCD, che rivela la posizione dei "flashes" di luce U.V. emessi. Il rivelatore così concepito è in grado di eliminare l'effetto di saturazione, dovuto alla carica spaziale della scarica a valanga, proprio dei contatori proporzionali, e l'effetto di danneggiamento per radiazione dei CCD colpiti dal fascio diretto dei raggi X. L'uso di fibre ottiche focheggianti permette in più di accoppiare la camera a gas scintillante di area estesa ad un qualunque CCD commerciale di area piccola.

I due progetti, finanziati dal gruppo V, si avvalgono della collaborazione del gruppo di servizio OFTA.

#### 1.4 LA STAZIONE SPERIMENTALE DI DIFFRATTOMETRIA

In collaborazione con: Istituto di Strutturistica Chimica "G. Giacomello", CNR, Montelibretti - Dipartimento di Chimica dell'Università "La Sapienza" - Roma.

Durante i turni assegnati nel 1987 agli esperimenti di diffrazione con Luce di Sincrotrone si è montato sul diffrattometro Huber un cristallo di quarzo sul quale si sono eseguite le prime misure quantitative al fine di verificare le caratteristiche hardware e software dell'intera apparecchiatura installata.

Per queste prove si è usata una radiazione monocromatica di 8.033 keV, pari ad una lunghezza d'onda di 1.543 Å, ottenuta dal monocromatore "channel cut" di Si (111) montato sulla linea BX1, con una risoluzione pari a:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 1,3 \times 10^{-4}$$

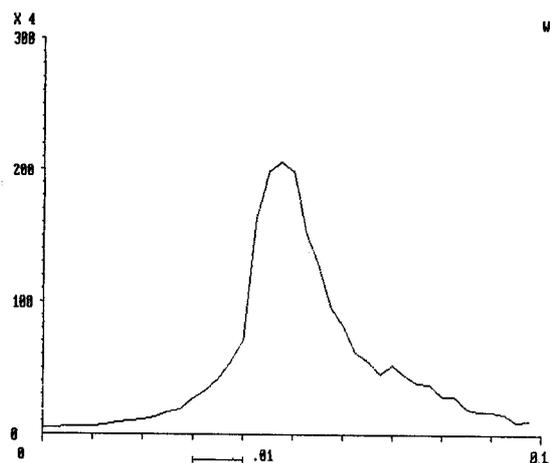


Fig. 64 -  $\omega$ -scan del riflesso (010), ampiezza a mezza altezza di  $0.02^\circ$

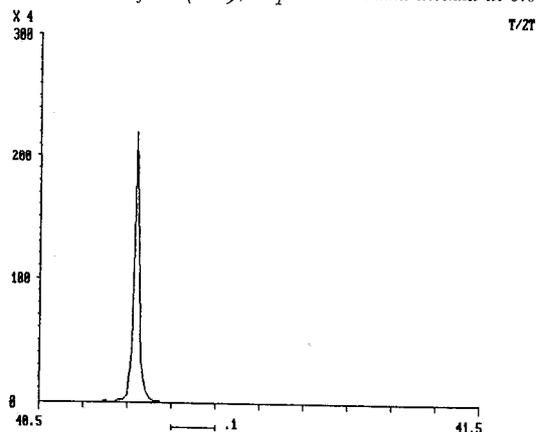


Fig. 65 -  $\theta/2$   $\theta$ -scan del riflesso (214) ottenuto sul canale BX1 ed in laboratorio; quest'ultimo mostra la presenza del doppietto  $k\alpha$  e  $k\beta$  della sorgente a tubo di rame.

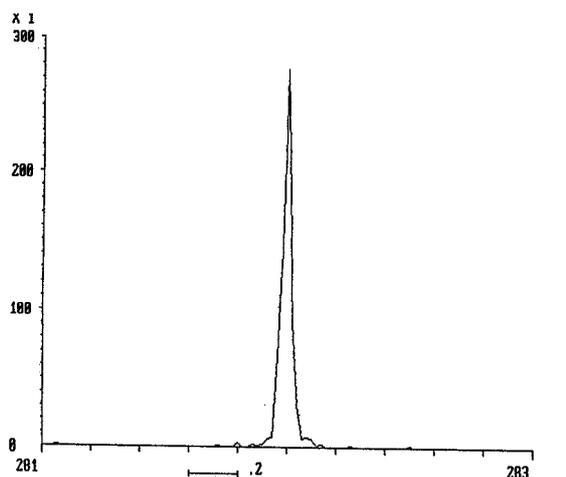


Fig. 66 -  $\sigma$ -scan del riflesso (2-12), ampiezza a mezza altezza di  $0.04^\circ$ .

**TAB. 3 - Matrice di orientazione e parametri reticolari del quarzo determinati da un gruppo di 16 riflessi**

Refl.	Cod.	H	K	L	w/x	2Th/y	Chi	Phi
1	3	1	0	1	359.965	26.740	67.930	305.900
2	3	0	1	1	0.195	26.730	55.080	199.020
3	3	1	0	0	359.945	20.930	61.630	23.450
4	3	0	1	0	0.035	20.897	48.385	131.310
5	3	1	0	-1	359.970	26.745	28.073	46.250
6	3	0	1	-1	359.980	26.730	21.370	95.990
7	3	1	-1	1	359.920	26.760	19.355	300.000
8	3	-1	1	1	0.000	26.750	6.983	192.300
9	3	1	-1	0	0.020	20.958	7.455	333.900
10	4	2	-1	2	25.135	50.298	41.738	281.922
11	4	2	-2	2	27.518	55.053	18.900	285.795
12	4	3	-2	2	33.975	67.990	33.293	296.690
13	4	3	-3	2	37.938	75.938	16.358	296.505
14	4	3	-2	4	48.290	96.582	33.210	273.635
15	4	2	-1	4	40.732	81.463	36.238	258.505
16	4	1	-1	-5	47.538	94.965	341.583	35.525

Update, Select

**ORIENTATION MATRIX**

0.004188	0.143003	- 0.132815
0.117218	- 0.069161	- 0.109657
- 0.202637	- 0.172206	- 0.066160

A = 4.929 B = 4.9826 C = 5.420 ALFA = 89.979 BETA = 90.007 GAMMA = 119.952 V = 114.04  
 A\* = 0.234 B\* = 0.234 C\* = 0.185 ALFA\* = 90.021 BETA\* = 90.005 GAMMA\* = 60.048 V\* = 0.0088

**TAB. 4 - Menù del programma di gestione del diffrattometro  
 Diffractometer program**

( & ( - or ↵ ) select; E exit; H help)

- Reset	- Measure	- Cell	- Calculate
- Position	- Phi scan	- Wave	- Vectors
- Go	- Center	- Psi scan	- Indexing
- Drive	- Collection	- Reflections	- Orientation
- Xray:Att (On/Off)	- Oscillation	- Code	- Coincidence
- Set RS232	- Polaroid	- Matrix	- Attenuator
- Monitor	- Plot	- Speed	- N.E.
- File	- Search peaks	- Limit	- N.E.

Il cristallo di quarzo utilizzato ha la forma lenticolare con raggio medio di circa 0.3 mm.

Dopo le procedure di allineamento è stata fatta una rotante del cristallo per la localizzazione dei riflessi. Si è quindi verificata con pieno successo l'efficienza della "routine di ricerca" dei raggi diffratti. L'algoritmo utilizzato è derivato da quello descritto da R.A. Sparks<sup>(5)</sup>.

Si sono poi centrati automaticamente un certo numero di riflessi determinando la migliore apertura del collimatore e ottimizzando gli intervalli di scansione. Con i dati angolari così ottenuti è stata determinata una matrice di orientazione e la cella da questa derivata ha fornito dei parametri reticolari aventi un errore relativo medio del 0.5/1000 riportati in Tab. 3.

Quindi sono stati raccolti dei profili di riflessi con diversi tipi di scansione. I grafici ottenuti mostrano dei picchi altamente risolti che vanno da ampiezze a mezza altezza di 0.02 in  $\omega$ -scan ad ampiezze di 0.03 in  $\vartheta/2\vartheta$  scan usando una fenditura di  $.5 \times .5 \text{ mm}^2$  davanti al contatore posto a 16.7 cm dal cristallo (Fig. 64, Fig. 65 e Fig. 66).

Infine sono state provate le "routine di raccolta dati in  $\omega$ -scan,  $\vartheta/2\vartheta$ -scan, e  $\Psi$ -scan".

Tutte le misure sono state eseguite sotto il controllo del software di gestione scritto per un sistema MS-DOS. Il menù riprodotto in Tab. 4 dà una linea delle operazioni implementate.

Durante i turni previsti nel 1988, verranno migliorate le condizioni sperimentali per ottenere dati maggiormente riproducibili. Saranno ripetute le misure di  $\gamma$ -scan intorno ad alcune riflessioni opportunamente scelte del quarzo per mettere in risalto i fenomeni connessi con la teoria della diffrazione multipla (6).

## 2. LINEA BX2-S

Le caratteristiche spettrali di questa linea sono uguali a quelle della linea BX1 tranne che per il limite inferiore dell'intervallo spettrale disponibile il quale, per il minor spessore della finestra di berillio risulta essere pari a circa 800 eV.

Nel corso dell'anno ci si è principalmente oc-

cupati dell'installazione del sistema di sicurezze e controlli e del completamento degli apparati sperimentali.

Il sistema di sicurezze è composto da diversi elementi tra cui i "beam stopper", le valvole elettropneumatiche, il cancello di accesso all'area sperimentale, una camera a ionizzazione che misura il livello della radiazione presente nel laboratorio ed infine un segnale di consenso che deve giungere dalla sala di controllo di ADONE per permettere l'apertura dei beam stopper solo quando le operazioni di iniezione sono ultimate.

Il controllo ed il collegamento tra questi elementi è affidato ad un "Programmable Logic Control" (PLC); ciò consente di implementare facilmente la logica di funzionamento del sistema e permette di modificarlo o di aggiornare le sequenze, senza dover intervenire sull'"hardware".

L'installazione dell'apparato per spettroscopia (EXAFS II) e del relativo sistema di acquisizione e controllo è stato portato a termine.

### 2.1 APPARATO PER SPETTROSCOPIA (EXAFS II)

L'apparato per spettroscopia installato sulla linea BX2-S (Coll. Univ. Trento) è costituito da una camera in cui è possibile lavorare sia sotto vuoto che in atmosfera inerte. In essa sono inseriti due porta-campioni: il primo utilizzabile per misure a temperatura ambiente, è in grado di alloggiare fino a dieci campioni, il secondo, termostabile con continuità da 77K a circa 400K, può alloggiare due campioni. Entrambi i porta-campioni sono controllati remotamente per il loro posizionamento davanti al fascio. In Fig. 67 è mostrato l'insieme monocromatore-camera sperimentale per esperimenti di spettroscopia installato sulla linea BX2-S.

Oltre alle camere a ionizzazione per le misure in assorbimento, la camera è equipaggiata con rivelatori a scintillazione (fino a quattro) per le misure in fluorescenza (Coll. I.S.S. Roma). Opportune finestre consentono di effettuare misure in fluorescenza con il campione sotto vuoto: ciò elimina il contributo al background dovuto allo

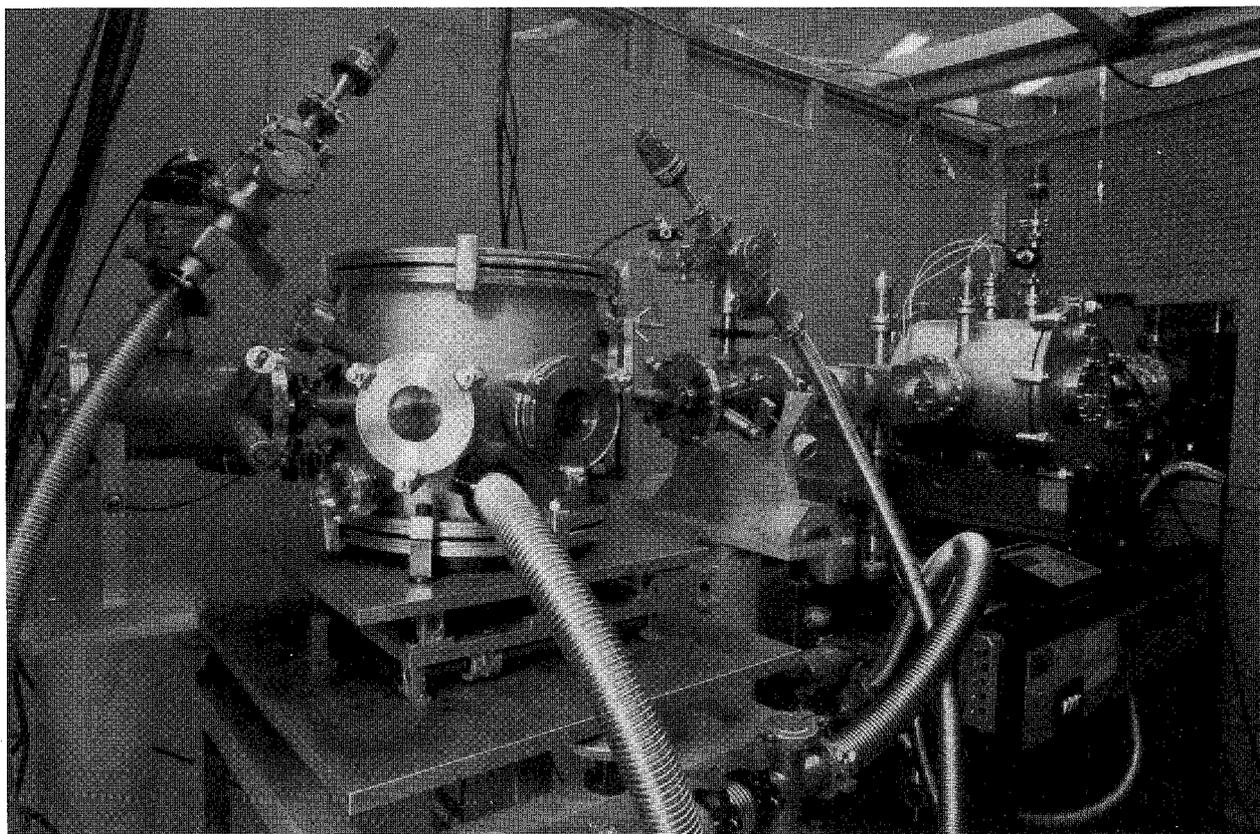


Fig. 67 - Gruppo monocromatore-camera per esperimenti di spettroscopia installato sulla linea BX2-S

scattering dell'aria.

La lettura dei segnali dei rivelatori ed il controllo del goniometro del monocromatore sono affidati ad un PC Olivetti M24 in maniera analoga a quanto avviene sulla linea BX1.

## 2.2 SIMBIO 2

Partecipanti: A. Reale (Resp. locale), L. Palladino (Associato LNF) del LNF; M. Belli (Resp. nazionale), M. Matzeu, A. Scafati, sez. Sanità; G. Onori, E. Rongoni, A. Santucci, del Gruppo Coll. di Perugia.

Il programma di attività per l'esperimento "SIMBIO 2" si evolve naturalmente dal precedente esperimento RIBEX, lungo una duplice direttrice. Si tratta infatti da un lato di completare

l'attrezzatura della linea di rivelatori per misure di biofisica sul fascio BX2-S di PWA, e dall'altro di continuare la raccolta e l'elaborazione di dati relativamente al problema di biofisica molecolare di cui ci stiamo interessando, e cioè sulla natura del legame di ioni metallici agli acidi nucleici ed all'ATP, e sul loro ruolo strutturale.

Per quanto riguarda la realizzazione del sistema di rivelazione a fluorescenza, nel corso dell'87 ci si è orientati all'adattamento a misure in fluorescenza della camera per misure EXAFS in assorbimento, già installata ed in corso di completamento sul fascio BX2-S da parte dello staff PWA. A tale scopo sono stati acquistati fotomoltiplicatori ed alimentatori, nonché una scheda di acquisizione dati, con il finanziamento di dotazione INFN. È stata inoltre costruita una nuova serie di

vaschette speciali per i campioni liquidi, da usare sia in assorbimento che in fluorescenza.

Anche l'elaborazione dei dati è stata potenziata mediante l'acquisto di un terminale videografico e la trasformazione del Mac Intosh in Mac Plus.

Nel corso del 1987 abbiamo potuto disporre di una decina di turni di radiazione di sincrotrone al PWA, nei quali abbiamo analizzato dei complessi metallo-ATP in soluzione acquosa. Sono state fatte misure su Cu-ATP e Zn-ATP, utilizzando campioni con diverso pH e diverso rapporto stechiometrico tra il metallo e la macromolecola.

Tali misure sono state fatte esponendo i campioni sul fascio BX1 di PWA, con un cristallo di Si (111), in condizioni di alta risoluzione e di elevata precisione, allo scopo di confermare e migliorare i risultati preliminari già ottenuti e precedentemente presentati al Convegno Utilizzatori Luce di Sincrotrone ed al Convegno Biophysics and Synchrotron Radiation, nel 1986 a Frascati. Per giungere ad un chiarimento di quanto già avevano mostrato misure preliminari eseguite in precedenza, gli spettri di assorbimento dei raggi X, EXAFS e XANES, sono stati presi con un tempo di esposizione lungo e ripetuti più volte, in modo da avere una buona statistica ed un buon rapporto segnale-rumore; ciò è stato ottenuto in maniera soddisfacente, in modo da rendere possibile l'analisi EXAFS anche della seconda e terza shell. Questa elaborazione è ancora in corso, mentre i primi risultati dello studio degli spettri XANES sono in corso di pubblicazione.

In particolare, gli spettri della soluzione acquosa del solo  $\text{CuCl}_2$  a pH naturale (acido) mostrano con chiara evidenza la distorsione dell'effetto Jahn-Teller, con due atomi di ossigeno ad una distanza assiale Cu-O di 2.35 Å in confronto al valore 1.96 Å del legame Cu-O con i quattro ossigeni sul piano. Se invece si aggiunge alla soluzione una forte concentrazione di NaOH, si forma un complesso  $\text{Cu}(\text{OH})_6$  di struttura praticamente planare, poiché i due ossigeni assiali si allontanano a 2.8 Å; tali valori per le distanze sono stati ottenuti confrontando gli spettri sperimentali con spettri calcolati per varie lunghezze di legame.

Per quanto riguarda il complesso Cu-ATP, al variare del pH della soluzione varia la forma degli spettri XANES, mostrando un graduale passaggio da una simmetria ottaedrica del sito di legame, ad una configurazione più distorta che finisce per diventare planare: ciò corrisponde ad una transizione da un complesso del Cu con la catena fosfatica dell'ATP, come avviene a pH basso, ad un complesso che coinvolge anche la base adenina a pH neutro; a pH 11.5 un'altra transizione porta il Cu a legarsi esclusivamente con l'anello ribosico dell'ATP.

Anche il complesso Zn-ATP presenta alcuni aspetti interessanti al variare del pH, ed alcune somiglianze con il Cu-ATP; gli spettri sperimentali sono stati presentati in via preliminare al Congresso Nazionale della Società Nazionale di Biofisica pura e applicata il novembre scorso a Viareggio. L'elaborazione di essi è tuttavia ancora in corso.

### 2.3 STAZIONE DI DIFFRATTOMETRIA AD ALTA RISOLUZIONE ANGOLARE PER MISURE DI SPETTROSCOPIA MOSSBAUER E DI ONDE STAZIONARIE DI RAGGI X

Collaborazione con: l'Istituto di Elettronica dello Stato Solido del CNR. G. Balestrino, S. D'Angelo, S. Lagomarsino, E. Milani, A. Paoletti, P. Paroli, F. Scarinci.

Si è progettata ed è in fase di realizzazione una stazione sperimentale per diffrazione ad alta risoluzione angolare. Le esperienze che si intendono realizzare con tale stazione sono soprattutto due: onde stazionarie di raggi X e spettroscopia Mössbauer con radiazione di sincrotrone.

Effetto Mössbauer - Uno scopo della stazione è di ottenere un fascio che combini le proprietà della radiazione di sincrotrone (elevata brillantezza, polarizzazione, struttura temporale) con quella della radiazione Mössbauer (risoluzione in energia di circa  $10^{-8}$  eV).

La monocromatizzazione a livello Mössbauer ( $10^{-8}$  eV) della radiazione di sincrotrone si può ottenere utilizzando uno speciale monocromatore basato sulle riflessioni puramente nucleari e realizzato tramite film epitassiali di granato di ferro. La stazione sperimentale in costruzione permet-

terà di studiare le caratteristiche dei monocromatori nucleari basati su granati con speciali composizioni, che saranno realizzati presso l'Istituto di Elettronica dello Stato Solido del CNR. Scopo della ricerca è quello di ottenere monocromatori nucleari ad alta riflettività.

Onde Stazionarie di raggi X - La tecnica delle onde stazionarie di raggi X (XSW) è principalmente una tecnica rivolta a studi strutturali di superfici ed interfacce. È basata su di un effetto di interferenza che ha luogo tra raggio incidente e raggio diffratto quando un'onda piana viene diffratta alla Bragg da un cristallo perfetto. L'onda stazionaria che conseguentemente si forma sia all'interno che sulla superficie del cristallo, consente di determinare con grande accuratezza (dell'ordine del centesimo di Ångström) la posizione sia degli atomi costituenti il cristallo sia di eventuali atomi impiantati o adsorbiti sulla superficie.

La misura si effettua misurando contemporaneamente l'intensità diffratta e l'intensità di fluorescenza o di emissione di fotoelettroni in funzione della posizione angolare del cristallo, nelle vicinanze e all'interno della curva di diffrazione. Questa tecnica può essere utilizzata sia in ultra-alto-vuoto per studiare superfici pulite, sia in aria per studiare interfacce sepolte.

Caratteristiche della stazione - La stazione è costituita da una doppia culla goniometrica avente i centri di rotazione delle due culle coincidenti e da un goniometro, posto verticalmente e solidale con la culla, il cui asse di rotazione passa attraverso il centro di rotazione delle culle. L'asse di rotazione di una delle due culle è perpendicolare al fascio e giacente nel piano orizzontale mentre l'asse dell'altra culla giace nel piano verticale di scattering. Il cristallo, posto sulla culla, può quindi essere ruotato in  $J$  (angolo di diffrazione) e  $\theta$  (tilt). Il goniometro porta un rivelatore che quindi ruota attorno al centro delle culle per rivelare il fascio diffratto a  $2J$  ( $2\theta$ ). Il rivelatore può essere sia un normale scintillatore che un rivelatore a Si (Li) allo scopo di massimizzare il rapporto segnale-rumore. L'aggiustamento in  $J$  si effettua tramite un riduttore ed un motore con scheda di con-

trollo a micro-passi che consentono una rotazione minima di 1/10 di secondo angolare. La misura della radiazione di fluorescenza per misure di XSW si effettua per mezzo di un rivelatore Si(Li) posto perpendicolarmente al fascio incidente per diminuire il contributo della radiazione Compton. Tutto l'apparato è racchiuso in un box che impedisce la fuoriuscita delle radiazioni e che può essere riempito di elio per eliminare l'effetto di scattering dall'aria. A sua volta il box è posto su di un supporto che tramite cinque motori a step può ottimizzare la posizione della fenditura d'ingresso e del campione rispetto al fascio incidente.

Il complesso sulle goniometriche-goniometro si può spostare, mediante cuscinetti a sfera, parallelamente al fascio, per una corsa complessiva di circa 700 mm. Questo per consentire di cambiare la geometria dell'esperienza secondo le diverse esigenze. Infatti, per esperienze Mössbauer l'angolo di diffrazione è molto piccolo (pochi gradi) ed è necessario avere una ottima collimazione sul fascio diffratto, quindi il campione deve essere il più vicino possibile alla parete frontale del box. Invece, una geometria con il campione il più possibile vicino alla parete di fondo del box si deve realizzare per effettuare misure di onde stazionarie con angolo di Bragg vicino a  $90^\circ$ . Quest'ultimo tipo di misure si è rivelato particolarmente interessante per studiare interfacce con substrati aventi un grado di perfezione cristallina meno elevato rispetto ai cristalli semiconduttori.

La linea di trasporto deve essere realizzata interamente in metallo e completamente chiusa indipendentemente dalle condizioni di vuoto al suo interno perché, fatta eccezione per le zone dove si espongono i bersagli e dove vanno adottate particolari precauzioni, deve essere impedita qualsiasi esposizione accidentale degli operatori ai raggi X.

I beam-stoppers sono generalmente 2: il primo deve essere realizzato in modo tale da assorbire completamente sia la radiazione emessa dal fascio di elettroni durante la fase d'iniezione, che quella di bremsstrahlung emessa per interazione con le molecole di gas residuo all'interno della camera da vuoto. Tale radiazione è formata da raggi  $\gamma$  la

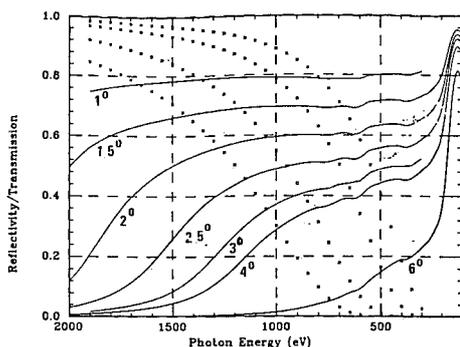
cui energia dipende da quella acquisita dal fascio di elettroni. Al secondo beam stopper si richiede invece, di bloccare la sola radiazione di sincrotrone (raggi X la cui energia massima dipende sempre da quella degli elettroni accelerati). Frequentemente come secondo beam-stopper si usa una valvola elettropneumatica leggermente modificata.

L'area dove sono alloggiare le apparecchiature sperimentali deve essere recintata da pareti metalliche schermate con alcuni centimetri di piombo e l'accesso al suo interno deve essere possibile, con fasci circolanti, solo quando tutti i beam-stoppers presenti sulla linea sono chiusi. Al suo interno devono essere presenti pulsanti di emergenza per la segnalazione di una situazione di pericolo.

### 3. LA LINEA BX2-L PER LITOGRAFIA CON RAGGI X

La linea BX2-L dedicata ad un programma di ricerche in "Litografia con raggi X" è lunga 35 m. e ha un'accettanza orizzontale pari a 3 mrad. Essa è stata ottenuta deflettendo orizzontalmente 3 mrad di radiazione della linea chiamata BX2, mediante uno specchio cilindrico, i cui parametri fisici sono riportati in Tab. 5. La superficie riflettente è ricoperta con uno strato d'oro, le cui curve di riflettività sono riportate in Fig. 68, e la radiazione vi incide formando un angolo di radenza  $\vartheta = 1.5^\circ$ . Le sue dimensioni sono tali da consentire esposizioni di resist aventi dimensioni orizzontali fino a 100 mm.

Fig. 68 - Curve di riflettività dell'oro (linea a tratto pieno) in funzione dell'energia dei fotoni per diversi angoli di radenza. Le linee punteggiate rappresentano la trasmissione di lamine di Be di spessori pari a 1, 2, 5 e 10  $\mu\text{m}$ .



TAB. 5 - Parametri fisici dello specchio cilindrico

Materiale: Quarzo fuso ricoperto di oro
Rugosità: 10 Å
Lunghezza: 1 m
Angolo di radenza: $1.5^\circ$
Taglio di energia: 2.7 keV
Distanza dalla sorgente: 12.5 m
Distanza dal wafer: 23.47 m
Proprietà ottiche: Foccheggiamento verticale - Deflessione orizzontale
Forma geometrica: Cilindrica
Raggio di curvatura: 0.427 m

La lunghezza d'onda di "cut-off"  $\lambda_c$  in corrispondenza di un angolo di radenza  $\vartheta$  può essere calcolata dalla relazione:

$$\lambda_c = \vartheta \sqrt{\frac{\pi}{n_e r_e}}$$

dove  $n_e$  è la densità degli elettroni dell'oro ed  $r_e$  il raggio classico dell'elettrone. Sostituendo ad  $n_e$  ed  $r_e$  i relativi valori numerici si ottiene  $\lambda_c = 4.7$  Å valore all'interno dell'intervallo spettrale prescelto.

I fotoni di energia più alta che servirebbero solo ad abbassare il contrasto sono in tal modo assorbiti dallo specchio che è disposto in modo da poter raccogliere e foccheggiare 1 mrad verticale di radiazione. Il raggio di curvatura  $R_1$  pari a 42.7 cm fornisce per  $\vartheta = 1.5^\circ$  una distanza focale  $F_2$  data da:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{2 \sin \vartheta}{R_1} - \frac{1}{F_1}$$

dove  $\vartheta$  è l'angolo di radenza,  $R_1$  il raggio di curvatura ed  $F_1$  la distanza sorgente-specchio. Sostituendo i valori riportati in Tab. 5 si ottiene  $F_2 = 23.47$  m.

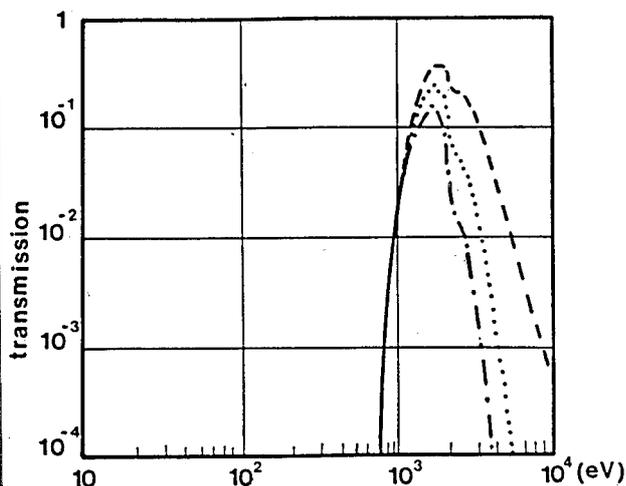
Il foccheggiamento verticale aumenta l'intensità della sorgente e fornisce un fascio verticale più omogeneo.

La linea, infine, è equipaggiata con una finestra di Be di dimensioni pari  $(80 \times 10)$  mm<sup>2</sup> e spessore  $d = 25$   $\mu\text{m}$  che può essere rimossa dall'asse di

propagazione del fascio senza per questo dover intervenire sulla linea.

L'effetto congiunto dello specchio e della finestra di Be è illustrato in Fig. 69 dove, nell'interval-

Fig. 69 - Trasmissione dell'insieme specchio cilindrico più finestra di Be per un angolo d'incidenza pari a  $1.5^\circ$  (-) uno specchio; (···) due specchi; (- - -) tre specchi.



lo spettrale scelto, è riportata la trasmissione dell'insieme specchio-finestra. Alle basse energie è la trasmissione del Be che decresce rapidamente mentre alle alte energie è la riflettività dell'oro che per un angolo di radenza  $\vartheta = 1.5^\circ$  decresce per fotoni aventi energia maggiore di 3 keV, come mostrato in Fig. 69.

### 3.1 CONFIGURAZIONE A FASCIO OSCILLANTE

Per illuminare "wafers" aventi superfici con area fino a  $100 \times 100 \text{ mm}^2$ , senza porre in movimento l'insieme maschera-resist, si è realizzato e installato sulla linea un sistema di due specchi piani e paralleli posti a circa 22 m dalla sorgente. Dei due specchi uno è fisso e su di esso incidono 3 millirad orizzontali di radiazione con un angolo di radenza pari a  $1.5^\circ$ ; il secondo, invece, oscilla alla frequenza di 1 Hz con un escursione di  $\pm 0.15^\circ$  rispetto alla sua posizione di quiete. Il sistema del

doppio specchio evita deflessioni orizzontali poiché impone al fascio solo uno spostamento verticale di pochi millimetri. Con un tale apparato è possibile spazzolare verticalmente superfici, di altezza fino a 120 mm, poste alla distanza di circa 13 m con un fascio di radiazione avente una distribuzione spettrale praticamente inalterata in quanto la variazione dell'angolo di radenza sulla coppia di specchi piani è praticamente trascurabile.

Alla linea, è connessa una camera per esposizione dotata di un sistema di pompaggio a turbina per consentire cicli veloci di svuotamento. Una coppia di slitte XY, dotate di movimenti di precisione con comando remoto, consente di centrare il sistema maschera-resist rispetto al fascio di raggi X la cui intensità viene predeterminata mediante misure calorimetriche integrate. L'uso di fotodiodi consente invece di controllare in tempo reale l'intensità del fascio incidente. La camera sperimentale è stata studiata per esperimenti volti alla caratterizzazione degli X-resist tenendo conto che nell'intervallo spettrale 0.8 keV - 3.5 keV saranno disponibili potenze specifiche pari a circa  $200 \text{ mW/cm}^2$  valore questo che tiene conto anche degli assorbimenti dovuti all'ottica della linea.

Inizialmente si prevede di lavorare con un fascio bianco per poi passare all'uso di fasci monocromatici ottenuti mediante "dispositivi a multilayer" a banda molto larga.

### 3.2 CONFIGURAZIONE A FASCIO FISSO

Una linea a fascio fisso adotta la soluzione di porre in movimento il sistema maschera-resist. Naturalmente tale metodo impone movimenti le cui ripetibilità devono essere almeno 1 ordine di grandezza più piccole delle dimensioni delle strutture che si vuole replicare. Tale requisito viene soddisfatto utilizzando apparati chiamati "stepper" i quali vengono connessi alla linea a raggi X tramite una interfaccia che deve assolvere alla duplice funzione di:

- a) separare lo stepper, che generalmente lavora in aria o in atmosfera inerte, dalla linea di tra-

sporto che, anche nella parte più lontana dell'anello di accumulazione lavora ad una pressione non superiore a  $10^{-5}$  millibar;

- b) isolare lo stepper da qualsiasi vibrazione proveniente dalla linea indipendentemente dalla causa che lo genera.

Il corretto funzionamento di uno stepper impone che esso venga installato rispettando specifiche condizioni ambientali quali:

- a) l'uso di piattaforme antivibranti;  
b) il controllo delle condizioni di pulizia dell'ambiente in cui è installato: tipicamente tali ambienti sono "camere bianche di classe 100";  
c) costanza della temperatura dell'ambiente in cui lavora; non sono tollerate variazioni di temperatura superiori a  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

Alla linea per Litografia operante a Frascati è stato connesso uno stepper e quando essa lavora in questa configurazione il sistema degli specchi oscillanti è posto fuori del fascio.

Le esposizioni dei resist sono attualmente realizzate utilizzando uno stepper tipo MAX1 della K. Süss. Entro il 1989 si prevede di usare uno stepper tipo XR-200 di nuova concezione che verrà installato in un laboratorio dedicato equipaggiato di "camera bianca di classe 100". Infatti quest'ultimo apparato garantisce repliche sequenziali di differenti maschere sullo stesso wafer con una precisione nel riallineamento pari a  $0,1$  micron. È costituito da due sistemi distinti: al primo è destinato il compito della manipolazione dei wafer, al secondo quello più tecnologicamente avanzato del controllo e dell'allineamento delle maschere rispetto ad uno stesso wafer. Tale allineamento è ottenuto in due fasi distinte: la prima fase, quella di avvicinamento, viene realizzata mediante motori passo-passo aventi una risoluzione pari a  $0,5$  m/passi; la seconda, quella di centratura, avviene tramite sistemi piezoelettrici che pongono in movimento la maschera con una ripetibilità pari a  $10$  nm e la cui posizione è controllata da sensori ottici basati su interferometria laser.

## Bibliografia

- 1) F. Antonangeli, M.L. Apicella, A. Balzarotti, L. Incocchia, M. Piacentini, *Physica* 105 B, 25 (1981).
- 2) F. Antonangeli, P. Piacentini, R. Girlanda, G. Martino, E.S. Giuliano, *Phys. Rev. B* 32, 6644 (1985).
- 3) P. Pavone, Tesi di laurea, Università di Messina (1987).
- 4) G. Martino, R. Girlanda, P. Pavone, E.S. Giuliano, M. Piacentini: Estratti del LXXIII Congresso SIF, pag. 110 (1987).
- 5) R.A. Sparks - *Crystallographic Computing Techniques* - ed. Ahmed, Munksgaard, 1976, 452.
- 6) R. Colella - *Acta Cryst.* 1974, A30, 413.
- 7) F. Cerrina, H. Guckel and S.D. Wiley: A synchrotron radiation X-ray lithography beam line of novel design - *J. vac. Sci. Technol. B* E(1) (1985).
- 8) E. Burattini, A. Balerna, E. Bernieri, C. Mencuccini, R. Rinzivillo, G. Dalba and P. Fornasini. Adone wiggler beam lines progress report-NIM A 246, 125 (1986).

## Pubblicazioni 1987

- 1) A. Congiu Castellano: "Oxygen binding site structure in hemoproteins by XANES". Springer Series in Biophysics 2, 92 (1987).
- 2) I. Ascone, A. Fontaine, A. Bianconi, A. Congiu Castellano, A. Giovannelli, M. Momentau: "Energy dispersive X Ray Absorption Spectroscopy: strenghts and limitations for time resolved studies of Biostructures". Springer Series in Biophysics 2, 125 (1987).
- 3) S. Morante, A. Congiu Castellano, M. Dell'Ariceia, P.J. Durham, A. Giovannelli, E. Burattini, A. Bianconi: "The high and low spin Iron sites and the  $T_1$  to  $R_1$  transition in carp hemoglobin". Springer Series in Biophysics 2, 110 (1987).
- 4) A. Congiu Castellano, A. Bianconi, M. Dell'Ariceia, S. Della Longa, A. Giovannelli, E. Burattini, M. Castagnola: "Oxygen bonding in human hemoglobin and its isolated subunits; A XANES study" *Biochem. Biophys. res. Comm.* 147, 31-38 (1987).
- 5) A. Bianconi, A. Congiu Castellano, I. Ascone, M. Barteri, A. Fontaine, A. Giovannelli: "Time dependent structural changes in active sites of hemoproteins by dispersive X-ray absorption spectroscopy" 9th International Biophysics Congress - Jerusalem August 23-28, 1987.
- 6) A. Bianconi, A. Congiu Castellano, E. Burattini, M. Dell'Ariceia, S. Morante, A. Giovannelli "Local Fe site structure modulation in the T to R transition in carp hemoglobin in solution by XANES" 9th International Biophysics Congress - Jerusalem August 23-28, 1987.

- 7) A. La Monaca, A. Bigi, A. Ripamonti, N. Roveri, M. Iannuzzi, R. Messi: "Small Angle X-ray Diffraction of Collagen Fibrils using a three-dimensional Imaging Gas Detector", in *Biophysics and Synchrotron Radiation*, Edited by A. Bianconi and A. Congiu Castellano, Springer Series in Biophysics, vol. 2 p. 303 Springer and Verlag, Berlin-Heidelberg. New York (1987).
- 8) A. La Monaca: "Scintillation Gas Detector based on a charge Coupled Device: A Feasibility study of a Position Sensitive Detector for ESRF High Brilliance X-ray Source, Report INFN - LNF87/70 (R) (1987).
- 9) A. La Monaca: "New Scattering Camera for Anisotropic Ultra-Low Angle Scattering Experiment using a Three-dimensional Imaging Gas Detector Operating with ESRF X-ray sources", Report. Report INFN-LNF87/71 (R) (1987).
- 10) G. Dalba, P. Fornasini, G. Giunta, E. Burattini and A. Tomasi: "Local structure in non-crystalline Sb-S semiconductors. Journal of Non-crystalline Solids, 97-98 (1987) 411-414.
- 11) G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Burattini, A. Fontana: "EXANES structural studies on  $(AgI)_x (Ag_2O B_2 O_3)_{1-x}$  glasses. Submitted to "Solid State Ionics".
- 12) G. Dalba, P. Fornasini, G. Giunta and E. Burattini: "EXAFS and XRD study of the local structure in non-crystalline thin films and glasses".
- 13) E. Bernieri, E. Burattini: "Multielectron transition above the krypton k edge. Phys. Rev. A 35, 8, 3322 (1987).
- 14) G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Bernieri, E. Burattini, S. Mobilio: "EXAFS studies of silver ion coordination in silver borate glasses. Journal of non crystalline solids 91 (1987) 153-164.
- 15) G. Vlaic, j.C.J. Bart, W. Cavigliolo, A. Furesi, V. Rappini, M.G. Cattania, Sabbadini and E. Burattini: "EXAFS characterization of Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst using Synchrotron Radiation.
- 16) M. Belli, E. Bernieri, A. Bianconi, M. Matzeu, G. Onori, L. Rongoni, L. Palladino, A. Scafati: Studies on Mn-ATP, Cu-ATP and Cu-DNA Complexes - Congresso Nazionale della Società Italiana di Biofisica Pura ed Applicata, Viareggio 1987. Riassunti p. 33

## 5. - FISICA GENERALE E DIVERSI

### ESPERIMENTO HEPNET II

*Componenti del gruppo locale:* M.L. Ferrer, E. Pace, Borsista INFN.

*Altri componenti italiani:* A. Ghiselli, CNAF-INFN di Bologna, G. Mirabelli, Sezione INFN di Roma, E. Valente (Coordinatore nazionale) Sezione INFN di Roma.

*Istituzioni esterne partecipanti:* CERN, Università di Oxford e RAL in Gran Bretagna, SARA in Olanda.

Questo esperimento ha affrontato durante l'anno 1987 diverse tematiche:

1. Modifiche e ampliamenti del software di multigateway GIFT per trasferimento di files tra differenti reti di calcolatori che utilizzano diversi protocolli di comunicazione e che è stato realizzato dallo stesso gruppo negli anni 85-86.
2. Studio della possibilità di offrire alla comunità accademica e scientifica europea il prodotto GIFT come una soluzione ad interim che permetta il trasferimento di files tra tutti i protocolli di rete in essa utilizzati. Tutto questo in attesa che i fornitori di protocolli di comunicazione rendano disponibili implementazioni del prodotto FTAM, la definizione del quale è stata appena completata da parte delle organizzazioni internazionali ISO/OSI.
3. Test di prodotti per posta elettronica che seguono gli standard definiti dall'ISO/OSI e studio di un progetto di migrazione verso questo sistema all'interno della rete INFNET.

Nell'ambito del punto 1), il gruppo locale ha collaborato al completamento con relativa documentazione per la distribuzione, della versione finale del software centrale di GIFT, che è stata utilizzata dalla comunità olandese di SARA, per l'introduzione con relativa facilità dei protocolli di rete TCP/IP e RHF nel multigateway. Alla fine del 1987 la macchina di GIFT interconnette pertanto i seguenti protocolli di rete: DECNET, CERNET, Blue Book, RHF e TCP/IP, permettendo ad un utente di ognuna delle reti coinvolte di accedere a files in una qualsiasi delle altre reti senza

software aggiuntivo sulla propria macchina.

Nell'ambito del punto 2), il gruppo ha partecipato attivamente alle riunioni di lavoro del progetto RARE che all'interno della Comunità europea si preoccupa di stabilire come gli standard devono essere implementati presso la comunità accademica e di ricerca. Ha definito accordi con la Digital Equipment che permettano di poter valutare i prodotti di FTAM da lei offerti in un prossimo futuro a livello di test. Studia l'inserimento del FTAM DEC nel software di GIFT per poter fornire a RARE un prodotto ad interim che permetta file transfer tra calcolatori con FTAM funzionante e calcolatori con solo i prodotti attualmente disponibili. Prepara test di prodotti FTAM già forniti anche se non concordanti con le ultimissime definizioni da parte delle organizzazioni ISO/OSI.

Nell'ambito del punto 3), sono stati fatti localmente test di funzionalità del prodotto X400 della DEC che implementa gli standard per la posta elettronica, collaborando con il CNAF che ha il compito di definire la migrazione della rete INFNET verso questo sistema.

#### ESPERIMENTO STARNET

*Il gruppo locale è costituito da:* O. Ciaffoni (assistente), L. Trasatti (collaboratore), E. Pace (borsista), A. Martini (collaboratore), M. Pistoni (assistente), M. Coli (associato), M.L. Ferrer (collaboratore, responsabile nazionale), G.P. Di Pirro (associato) e G. Paolo Carlucci (laureando).

*Il resto della collaborazione è formato da:* B. Caccia e S. Valentini (Laboratorio di Fisica. Sanità), D. Depedis, G. Medici, G. Mirabelli, E. Velente (INFN-Roma I), R. Cardarelli, R. Santonico (INFN-Roma II), A. Ghiselli, P. Bacilieri (INFN-CNAF).

L'esperimento STARNET si propone di progettare e realizzare entro il 1990 un prototipo di rete metropolitana ad altissima velocità. Parametri di questa rete saranno:

Mezzo fisico utilizzato: fibra ottica monomodale  
Topologia: bus con stelle interconnesse connettendo ognuna fino a 8 stazioni

Protocollo: Un controllore per ogni stella che riceve le richieste di assegnazione del canale e che al momento opportuno abilita la trasmissione alle diverse stazioni secondo un algoritmo di assegnazione che diminuisce i tempi morti nell'occupazione della fibra. Assegnazione sequenziale del canale ai diversi controllori secondo un algoritmo tipo Token.

Il controllore della stella, TRANTOR, gestisce fino a 8 canali doppi su fibre ottiche verso le diverse stazioni, attraverso i quali viaggiano i messaggi di controllo e di assegnazione del canale di dati. Ogni stazione gestisce i due canali di controllo (ricezione e trasmissione) e i due canali di dati a velocità iniziale di 140 Mbps (una espansione verso più alte velocità, dell'ordine di 1 Gbps potrebbe essere testata a completamento dell'attuale progetto).

La stazione è costituita da tre elementi fondamentali:

- TRIFFID: L'interfaccia verso la fibra con parallelizzatore/serializzatore a 32 bits più una codifica di conversione 8/10 bits in modo di eliminare dalla fibra sequenze consecutive di "uno" o "zero". Recupero del clock nella ricezione del segnale.
- DIASPAR: Modulo intelligente capace di analizzare, in ricezione il contenuto del messaggio per decodificare l'indirizzo e selezionare i pacchetti a lui indirizzati. Calcolo per ogni pacchetto del CRC (cyclic redundancy code). Supporto di una memoria veloce tampone. Inserimento del proprio indirizzo nei pacchetti di trasmissione.
- MEMSTR: Memorie di grosse dimensioni e più bassa velocità che fanno da interfaccia verso l'Host.

Nell'anno 1987 è stato progettato e testato un prototipo di TRIFFID e si è cominciata la realizzazione del master. Analogamente è stato progettato il MEMSTR e si è cominciato lo studio di interfacciamento software verso un calcolatore VAX dotato di bus BI. È stato anche progettato e verrà realizzato nei primi mesi del 1988 un prototipo di TRANTOR mentre si sta studiando il

progetto del DIASPAR che deve includere tutto il protocollo di rete che è ancora in via di definizione.

È stato creato il laboratorio di ottica con l'acquisto della strumentazione di misura così come delle apparecchiature necessarie alla connessione e saldatura delle fibre.

Per la realizzazione dei disegni, sbrogliatura e progetto del circuito stampato si utilizzano CAD elettronici disponibili presso le Sezioni INFN interessate al progetto. Dove possibile verranno anche utilizzate tecniche di simulazione sullo stesso CAD.

Dal punto di vista software gli studi finora compiuti portano alla progettazione di un protocollo di rete che assicuri la compatibilità verso altre reti locali definite come standard da organizzazioni internazionali: Ethernet, Token passing, Token ring. Il software di comunicazione su queste reti è definito in modo tale che se sono rispettate certe definizioni di interfacciamento, il tutto diventa indipendente da come è progettato il protocollo e la tipologia della rete locale o metropolitana sulla quale avviene la trasmissione dei dati. Un altro problema che è in studio è la possibilità di realizzare dei "Bridges" d'interconnessione ai più bassi livelli di protocollo possibile verso reti locali tipo Ethernet che sono molto utilizzate nella comunità dell'INFN.

#### RIVELATORE DI PARTICELLE IONIZZANTI BASATO SU GIUNZIONI TUNNEL SUPERCONDUTTRICI (SLEND)

*Componenti del gruppo:* G. Agnelli (A), S. Catà (A), F. Celani, A.M. Cucolo (A), A. Giorgi\* (Laur. LNF), S. Pace (A), A. Rindi, A. Saggese (Bors. INFN), R. Scafuro\* (laur. Univ. Salerno).

*Tecnici:* M. Lindozzi\*, A. Pecchi.

\* fino a giugno '87

*Collaborazione con:* Univ. Salerno, M.P.I., Tübingen (RFG).

#### PREMESSA

Dopo l'"invenzione" da parte di Müller e Bed-

norz dei nuovi superconduttori ad alta temperatura critica, il gruppo ha deciso di impegnare parte delle risorse finanziarie e scientifiche su tale linea di ricerca. Gli sforzi sono stati fortunatamente ripagati da risultati scientifici estremamente interessanti: è stato, tra l'altro, brevettato un nuovo processo di fabbricazione dei superconduttori ad alta temperatura critica (vedi allegato).

L'attività dell'esperimento SLEND si è quindi "sdoppiata" in due linee di ricerca, perfettamente integrate, una rivolta alla linea "tradizionale" utilizzando giunzioni Nb/Pb e l'altra volta alla preparazione di nuovi superconduttori da utilizzare sia, ai tempi lunghi, come possibili rivelatori di particelle che, nell'immediato futuro, come versatili schermi magnetici per le giunzioni Nb/Pb in sostituzione del "laborioso" Cryoperm.

L'esperimento SLEND si propone di realizzare un nuovo tipo di rivelatore di particelle ionizzanti ad altissima risoluzione energetica usando le giunzioni tunnel superconduttrici.

La risoluzione energetica ottenibile è in teoria di oltre trenta volte migliore di quella dei rivelatori attualmente utilizzati. Si potrebbe, ad esempio, misurare l'eventuale massa dell'antineutrino elettronico.

In un rivelatore di particelle uno dei più importanti "fattori di merito" è l'energia  $W$  spesa dalla particella incidente per creare un "elettrone libero" che può essere raccolto e successivamente amplificato.

È stato teoricamente dimostrato e sperimentalmente confermato che la risoluzione energetica intrinseca di un rivelatore è proporzionale (entro un fattore 1 - 3) alla radice quadrata di tale energia  $W$ : le prestazioni migliorano al diminuire di  $W$ .

Il rivelatore che si sta studiando è basato sulle proprietà intrinseche dei materiali superconduttori configurati in un "sandwich" a giunzione: Superconduttore, Isolante, Superconduttore (SIS). L'energia di gap ( $V_g$ ) di tali materiali (l'energia di eccitazione  $W$  è strettamente proporzionale all'energia di gap) è pari alla somma dei valori di gap dei singoli superconduttori configuranti il rivelatore ed è tipicamente dell'ordine

di 1 - 3 meV a temperature dell'ordine di 1 - 7 K, cioè quelle raggiungibili usando opportunamente l'He liquido (Fig. 70). Tale valore di energia, estremamente basso, va confrontato, per esempio, con il valore di energia di gap del miglior rivelatore attualmente utilizzabile, il Ge, che ad una temperatura di 77 K (azoto liquido) ha un gap dell'ordine di 1000 meV.

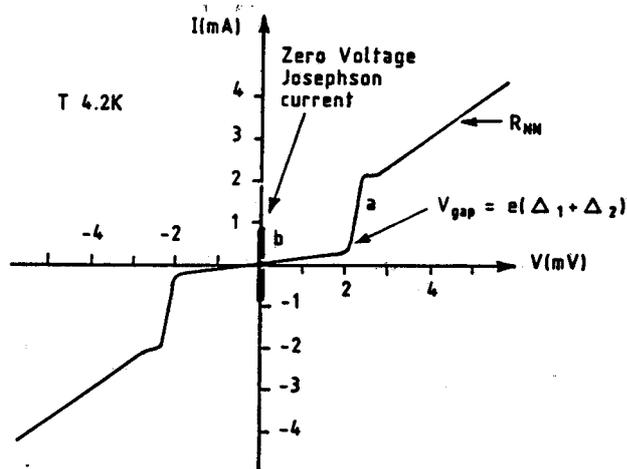


Fig. 70 - Caratteristica I-V di una tipica giunzione Nb-Nb<sub>x</sub>O<sub>y</sub>-Pb a 4.2 K. Si notano sia la caratteristica tunnel (a) che quella Josephson a tensione nulla (b). Riguardo la caratteristica di tunnel (a) si osservano, a T = 4.2K la corrente sub-gap di leakage (0 - 2 mA), la tensione di gap  $V_g \approx 2.4$  mV, il ramo di caratteristica normale  $R_{nn}$  per  $V > 2$  mV.

Le giunzioni studiate sono da noi stessi fabbricate presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Salerno e sono di tipo Nb-Nb<sub>x</sub>O<sub>y</sub>-Pb. Tali giunzioni sono abbastanza robuste (particolarmente il Nb) e ad alta temperatura critica T<sub>c</sub>, rispettivamente di 7.2 K e 9.2 K per il Pb ed il Nb le cui V<sub>g</sub> (estrapolate a 0 K) sono rispettivamente di 1.35 e 1.5 meV. Finora il grosso dei lavori precedenti è stato fatto usando giunzioni Sn-Sn<sub>x</sub>O<sub>y</sub>-Sn che hanno una T<sub>c</sub> di 3.7 K ed una V<sub>g</sub> di 0.6 meV. I maggiori problemi derivanti dall'uso di tali giunzioni, oltre ovviamente alla T<sub>c</sub> sensibilmente bassa, sono la loro estrema delicatezza e breve vita media: non sopportano cicli termici 300 → 4.2 → 300 K, devono essere conservate a

77 K ed hanno comunque una vita media dell'ordine del mese. Ultimamente alcuni progressi al riguardo sono stati fatti da un gruppo del SIN di Zurigo dove sono state realizzate giunzioni Sn-Sn di alta qualità le migliori delle quali hanno sopportato fino a 5 cicli termici.

Le difficoltà nell'uso delle giunzioni superconduttrici come rivelatore sono di ordine teorico e sperimentale. Il maggior problema di ordine teorico è che finora non esiste un modello che spieghi esaurientemente il funzionamento di tale rivelatore in quanto tutte le simulazioni numeriche 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 è una situazione "molto lontana dall'equilibrio in situazione spazialmente non omogenea e dipendente esplicitamente dal tempo".

Dal punto di vista sperimentale i problemi sono di ordine principalmente "tecnologico":

- la giunzione si trova in un ambiente criogenico, temperatura dell'ordine di 4.2 K o inferiore, mentre l'elettronica di front-end è a temperatura ambiente. Inoltre i segnali uscenti sono, almeno teoricamente, per il Nb e Pb, particolarmente veloci (dell'ordine del ns), quindi è indispensabile usare cavi coax che, per motivi di input termico, devono essere abbastanza lunghi (> 50 cm);
- la ottimizzazione della configurazione (tensione, corrente, carica) di preamplificazione da usare come front-end;
- esistono stati di instabilità e variazioni semi-permanenti della caratteristica I-V quando la giunzione è eccitata con impulsi abbastanza "grossi". Tali stati sono stati da noi evidenziati sperimentalmente per la prima volta già dal 1985 e studiati con un certo dettaglio. Questo metodo è estremamente interessante dal punto di vista della rivelazione poiché è possibile variare la caratteristica di tunnel del rivelatore dopo che è stato costruito.

L'attività sperimentale svolta nell'87 può esse-

re così riassunta:

- 1) È stata studiata la possibilità di mettere lo stadio di preamplificazione in tensione all'interno del criostato, ancorato termicamente alle temperature dell'azoto liquido. Tale set-up comporta una drastica riduzione sia della lunghezza del cavo coax (da 50 a pochi cm) che dei punti di disadattamento di impedenza. Sono stati quindi studiati estensivamente componenti sia attivi che passivi che possono operare correttamente a tale temperatura (77K) oltre che, per confronto e completezza, anche a 300 K e 4.2 K. Riguardo ai componenti attivi sono stati studiati nelle loro caratteristiche di noise e GBW i FET RF al Si "convenzionale" (2N4416A), i "super" FET RF (U311), i MOS al Si con lunghezze di gate dell'ordine del  $\mu\text{m}$  (BF982) ed i nuovi MES-FET al GaAs (CF 100, CF 300) (ref. 1).
- 2) Sono state analizzate e discusse teoricamente in dettaglio, per la prima volta, alcune possibili cause che limitano la risoluzione energetica intrinseca delle STJ usate come rivelatore (ref. 2). È stato analizzato, teoricamente, il possibile "scenario" dell'insieme giunzione-preamplificatore al variare sia del punto di lavoro del rivelatore che delle caratteristiche e limiti dell'elettronica front-end. (ref. 3).
- 3) È stato analizzato il comportamento dello strato di ossido, quindi della caratteristica di tunnel, al variare del processo di fabbricazione. Un notevole risultato è venuto dal confronto tra il comportamento di giunzioni ossidate con lo sputtering RF e con il metodo "termico" (ref. 4). È proseguita l'analisi on-line con elaborazione numerica della caratteristica di I-V per evidenziare contributi diversi da quelli convenzionali, particolarmente quelli dovuti al cosiddetto "TUNNEL RISONANTE". Sono stati utilizzati, per mezzo del sistema completamente computerizzato di "eccitazione" della giunzione ed acquisizione dati messo a punto sia nei LNF che all'Università di Salerno, programmi che evidenziano la struttura

della barriera con il metodo numerico cosiddetto della "derivata logaritmica della conduttanza" (ref. 6).

- 4) Una ulteriore specifica analisi sul delicato e complesso argomento del punto 2 è riportata nella ref. 7.
- 5) È stato fatto un proposal di esperimento per la determinazione della massa dell'antineutrino elettronico dallo studio del decadimento  $\beta$  utilizzando le giunzioni superconduttrici "tradizionali". La schermatura dei campi magnetici verrà realizzata con materiali ad alta  $T_c$  (ref. 8).
- 6) Riguardo alla collaborazione in atto con la Università di Tübingen (RFG), ove esiste la facility di un microscopio elettronico a scansione a bassa temperatura (LTSEM), grandi sforzi sono stati fatti e si stanno ancora facendo per poter realizzare innovative giunzioni tunnel su substrati di zaffiro con geometria multistrato. Con tale tecnica costruttiva non è più necessario disporre di una ingombrante bobina esterna per produrre il campo magnetico necessario a sopprimere il ramo Josephson delle curve I-V ma è sufficiente un sottile film di Nb depositato sotto la giunzione stessa. L'isolamento tra quest'ultimo e la giunzione vera e propria è realizzato tramite deposizione, con sputtering RF, di ossido di tantalio. Nei nostri programmi il LTSEM verrà usato come sorgente controllata di elettroni ad energia (3-30 KeV), intensità e durata (5ns-DC) variabili per verificare principalmente la linearità del nostro rivelatore. Alla data attuale abbiamo ottenuto finalmente i primi "campioni" realizzati con tale innovativa, anche se indubbiamente laboriosa, tecnica. Sono state eseguite misure di "pattern magnetico" e "qualità I-V" sia usando come campo magnetico il nuovo film di Nb che una convenzionale bobina esterna. I risultati sono stati buoni per quanto riguarda il pattern in campo magnetico e incoraggianti per la qualità I-V (il processo di fabbricazione delle STJ così modificato necessita ovviamente di qualche perfezionamento). Alcuni risul-

tati su tale innovativa tecnica di costruzione sono stati dati durante il congresso dell'A.I.V. '87. È previsto un "run" di misure ad aprile '88.

7) Sono in corso di esecuzione sia lavori di meccanica "criogenica" che di elettronica ultra low-noise per poter effettuare nei LNF, in maniera accurata, misure di spettroscopia con sorgenti X usando un versatile dewar in acciaio. Il nostro scopo immediato è riuscire a separare "bene" i due picchi caratteristici a 5.89 KeV e 6.49 KeV del  $Fe^{55}$ . Abbiamo comunque incontrato notevoli difficoltà nel mantenere un tasso di evaporazione di elio da tale dewar, modificato per i nostri scopi, sufficientemente basso da permettere misure dell'ordine di qualche ora. Sono state apportate così ulteriori modifiche ed i risultati sembrano ora accettabili. Contemporaneamente, visti i problemi incontrati, abbiamo ordinato un tipo particolare di dewar a "bocca larga" (20 cm) per poter inserire con un nuovo "discendente" di nostro progetto la giunzione ed una opportuna sorgente direttamente nell'He. Tale dewar è arrivato a Dicembre 87.

8) Durante lo studio di componenti attivi a temperature criogeniche è risultata evidente la incongruenza di alcune misure fatte utilizzando i risultati di caratteristigrafi commerciali. Per risolvere tali inconvenienti abbiamo dovuto sviluppare un nuovo tipo di caratteristigrafo (basato su un T.I.A. oggetto di una nostra precedente pubblicazione) che desse misure consistenti anche utilizzando i Fet e MOS a temperature criogeniche.

9) Per finire, come già accennato nella premessa, anche il nostro gruppo ha realizzato superconduttori ad alta  $T_c$ .

Dopo aver realizzato superconduttori YBCO con il metodo della calcinazione sin da aprile '87, ci siamo resi conto che tale metodo, benché soddisfacente per applicazioni "standard" e molto semplice non era però utilizzabile per le nostre necessità: l'effetto misurato di schermaggio del campo magnetico esterno era pari solo al 5% del volume del superconduttore a

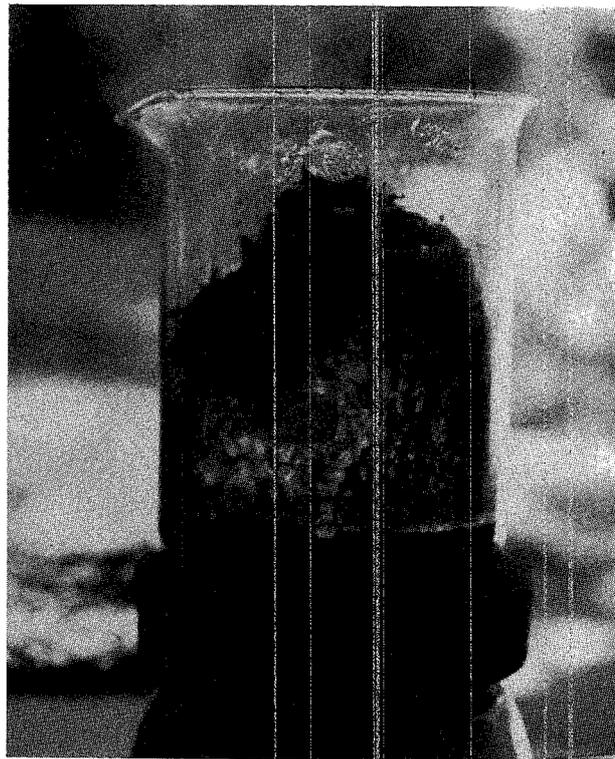
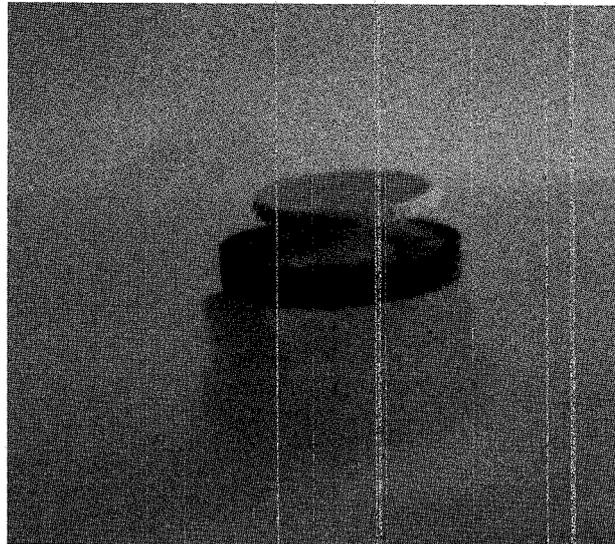


Fig. 71 - Fase finale del processo di fabbricazione, prima dei trattamenti termici in forno con atmosfera controllata, dei superconduttori ceramici realizzati con il metodo della pirólisi di citrati.

Fig. 72 - Levitazione magnetica in un magnete da 1000 Gauss in un superconduttore da noi prodotto. Le dimensioni della pasticca sono 19x6 mm, la temperatura è di  $\sim 85K$ .



77K. Abbiamo quindi rivolto la nostra attenzione, a partire da luglio, a metodi alternativi che potessero dare risultati migliori. Abbiamo utilizzato il metodo dell'cosiddetta "pirolisi di citrati" che dava valori di schermaggio a 77K del 10% (Fig. 71-72). Sviluppando e modificando in maniera sostanziale tale metodo, con opportune "aggiunte", abbiamo realizzato a ottobre dei superconduttori che hanno un valore di suscettività magnetica, a bassi campi, del 93% a 77K e del 100% a 4.2K. Tale metodo è stato da noi brevettato in data 12.1.88 con numero 47521A88. I materiali realizzati, oltre al valore elevato di suscettività, hanno anche caratteristiche meccaniche tali da poter essere lavorati con utensili convenzionali (fresa, tornio, trapano etc.).

Il metodo della pirolisi da noi adottato è descritto in ref. 9, mentre i dettagli di quello brevettato verranno pubblicati appena possibile compatibilmente con le esigenze ed i limiti dovuti al brevetto.

#### Publicazioni anno 1987

- 1) F. Celani et al.: Behaviours and Comparison of RF Devices Si JFET, Dual Gate MOSFET and GaAs MESFET at 4.2, 77 and 300 K from the point of view of Noise and GBW in the Frequency Range 10kHz - 50 MHz.
  - Invited Paper at "Low Temperature Electronics", 18-23 Ottobre 1987, Honolulu, USA
  - Verrà pubblicato sulla Rivista "Journal of Electrochemical Society"
  - Frascati Report LNF 87-94 (P).
- 2) F. Celani, et al.: Intrinsic Resolution of Superconducting Tunnel Junctions, Used as Ionizing Particle Detectors.
  - Invited Paper at "II Soviet-Italian Symposium on Weak Superconductivity", Napoli, 5 - 7 Maggio 1987,
  - Frascati Report LNF - 87/25 (P);
  - Pubblicato nel volume della serie "Advances in the Physics of Condensed Matter", della World Scientific.
- 3) F. Celani et al.: Signal to Noise Ratio of Superconducting Tunnel Junctions as Ionizing Particle Detectors.
  - Contributed Paper at "1987 International Superconductivity Electronics Conference", Tokyo, 28-30 Agosto 1987
  - Pubblicato nel volume della serie I.S.E.C. 87, pag. 349
  - Frascati Report L.N.F. 87/73 (P).
- 3a) F. Celani, et al.: Superconducting Tunnel Junctions as High Resolution Ionizing Particle Detectors. A Discussion on Intrinsic Resolution.
  - Invited short paper at "Low Temperature XVIII", Special Session on Cryogenic particle Detectors, Kyoto, 19-26 Agosto 1987.
- 4) F. Celani et al.: Voltage Induced Variations of the Tunnel Barrier in Nb/Pb Junctions.
  - Contributed Paper at the "Applied Superconductivity Conference", Baltimore, USA, Sept. 1986
  - Pubblicato su I.E.E.E. Trans. on Magnetics, Mag. 23, 692, 1987;
  - Frascati Report LNF 86/46 (P).
- 5) F. Celani et al.: Analysis of Tunnel Barrier in Nb/Pb Junctions.
  - Contributed Paper at X Congresso Nazionale A.I.V., Stresa, 12-17 Ottobre 1987; verrà pubblicato su "Vuoto".
- 6) F. Celani et al.: Instabilities of Niobium Native Oxide as a Tunnel Barrier in Superconducting Junctions.
  - Contributed Paper at "1988 March Meeting of the American Physical Society"; to be submitted to Physics Review B.
- 7) F. Celani et al.: Limits to the Energetic Resolution of Ionizing Particle Detectors using Superconducting Tunnel Junctions in the Giaver Regime.
  - Invited Paper at "Workshop on Superconductive detectors" Torino, 26-29 Ottobre 1987; verrà pubblicato sui volumi della serie "Advances in the Physics of Condensed Matter", della World Scientific.
- 8) F. Celani et al.: Neutrino Mass Determination by Decay Spectrum: Present and Future Situation.
  - Contributed Paper at "I Workshop on Superconductive Detectors", Torino, 26-29 Ottobre 1987; verrà pubblicato sui volumi della serie "Advances in Physics of Condensed Matter", della World Scientific;
  - Frascati Report LNF 88/33 (1988).
- 9) F. Celani et al.: Metodi di preparazione di superconduttori ceramici ad alta temperatura critica caratterizzati da buone proprietà diamagnetiche; Il Nuovo Saggiatore, 1, 1988, pag. 7, Frascati Report LNF 88/5 (1988).

## 6. - FISICA TEORICA

*Componenti del gruppo:* V. Bellucci, E. Etim, M. Greco, A. Grillo, G. Martinelli, C.R. Natoli, F. Palumbo, G. Pancheri

*Associati:* G. De Franceschi, M. Benfatto, S. Ferrara

*Ospiti:* V. Azcoiti, A. Grau, Y.N. Srivastava

L'attività del gruppo teorico nel 1987 ha riguardato sia la fisica delle particelle elementari, che fisica dello stato solido. Le varie attività in cui si articola la ricerca dei componenti del gruppo, sono descritte qui di seguito.

### 1. STUDIO DELLA FISICA DEI COLLIDER ADRONICI

Nel 1987 è proseguito lo studio dei processi di scattering adronici lungo le seguenti linee di ricerca:

- i) studio di processi con particelle prodotte ad altissimo momento trasverso;
- ii) studio degli eventi a basso momento trasverso;
- iii) studio dei processi di jet ad alto momento trasverso.

Da un lato si è portato a termine lo studio delle possibili implicazioni dell'osservazione di bosoni  $W$  prodotti con un momento trasverso molto alto. L'interpretazione da noi avanzata è che il  $W$  osservato sia il prodotto del decadimento di un quark pesante, sia esso il top o un bottom di quarta generazione, di massa  $m_Q > m_W$ . In questa interpretazione, i due jet adronici che sono presenti nell'evento sono il prodotto di decadimento nel canale quark-antiquark di un altro  $W$  proveniente dell'antiquark pesante prodotto nella reazione

$$p\bar{p} \rightarrow QQ + X \rightarrow W^+ + W^- + X'$$

L'analisi fatta mostra che il numero totale di eventi possibili osservati dalle due collaborazioni UA1 e UA2 è compatibile con la produzione di una coppia  $QQ$  di quarks pesanti di massa  $\approx 90$  GeV. La difficoltà con questa interpretazione è che la distri-

buzione osservata in momento trasverso del  $W$  è centrata su valori troppo alti di  $p_{\perp}$ , anche tenendo in considerazione effetti di bremsstrahlung di stato iniziale. La statistica tuttavia è troppo bassa per raggiungere qualunque conclusione.

È proseguita la ricerca di effetti perturbativi negli eventi caratterizzati da basso momento trasverso. Questa ricerca era nata dall'ipotesi che le differenze osservate fra i dati a "bassa energia" ( $\sqrt{s} \approx$  ISR range) e quelli ad alta energia (CERN Collider) per quel che riguarda eventi prodotti a basso  $p_{\perp}$ , fossero dovute al contributo crescente dello scattering di gluoni prodotti con momento abbastanza alto da poter essere calcolato perturbativamente. L'ipotesi che in circa il 20% degli eventi di minimum bias sia presente lo stesso meccanismo che ha portato all'osservazione dei jet di alto  $p_{\perp}$ , è stata confermata dalla misura delle sezioni d'urto dei minijet condotta a termine dal gruppo di Roma in collaborazione con questa iniziativa specifica. La giustificazione teorica di questo risultato si basa sull'aumento rapido della luminosità gluonica con l'energia. Si noti che a  $\sqrt{s} = 630$  GeV il numero di gluoni prodotti con  $p_{\perp} \geq 3$  GeV è abbastanza alto da dare luogo ad una sezione d'urto di circa 10 mb e che l'uso della QCD perturbativa è giustificato dal fatto che l'energia del centro di massa dei partoni  $\sqrt{s} \approx 6 \div 7$  GeV, è paragonabile a quelle che hanno permesso di vedere la formazione dei primi jets nello scattering  $e^+e^-$ . Naturalmente un ulteriore aumento dell'energia porta però ad un break down del calcolo perturbativo, dovuto principalmente alla possibilità che i jet osservati provengano dallo scattering simultaneo di più di due partoni. L'inclusione dello scattering multipartonico porta allo studio del problema della distribuzione dei partoni nello spazio  $b$  degli urti.

Nel campo della QCD perturbativa è inoltre in fase di studio avanzato il calcolo delle correzioni agli ordini superiori nella fisica dei jet in processi del tipo

$$p_i + p_j \rightarrow p_k + p_l \quad p_{i,j,k,l} = \text{partoni}$$

in collaborazione con F. Aversa, P. Chiappetta e J.P. Guillet. Ciò è ottenuto mediante l'uso di tecniche algebriche (MACSYMA, REDUCE) sia al CERN che a Roma. Il processo di calcolo è in fase avanzata di completamento.

## 2. PROCESSI E TEORIE ELETTRODEBOLI

Sono continuati gli studi nell'ambito della teoria elettrodebole, con particolare riguardo alla fisica dei futuri colliders  $e^+e^-$ , ed al problema delle correzioni radiative, agli ordini superiori al primo, per gli esperimenti a LEP/SLC e ai futuri colliders tipo CLIC.

Nell'ambito dei gruppi di studio per un futuro collider  $e^+e^-$  ad energie intermedie, sono state esaminate varie tematiche di fisica dei "sapori pesanti", in preparazione del Workshop di Courmayeur.

## 3. FISICA DEL RETICOLO

L'attività di gruppo IV si è svolta in collaborazione con V. Azcoiti, A. Cruz e A. Tarancon, dell'Università di Zaragoza (nell'ambito dell'accordo INFN-CAYCIT) e con G. di Carlo, laureando dell'Università dell'Aquila e associato presso i LNF.

Si è iniziato un programma di ricerca concernente le proprietà delle teorie SU(2)-Higgs su reticolo. È stato dimostrato il confinamento in tutte le fasi della teoria per il Modello di Georgi-Glasgow (preprint LNF 87-86, in pubblicazione su Phys. Letters) e si sono cominciate a studiare esistenza e proprietà dei monopoli di 'tHooft-Polyakov.

## 4. TEORIA DEI CAMPI

Si è iniziato lo studio della possibilità di regolarizzare le teorie dei gauge con un reticolo definendo tutte le varianti sui siti, a differenza della regolarizzazione di Wilson che pone i campi materiali sui siti ma associa i campi di gauge ai links. Si è dimostrato che una tale regolarizzazione è possibile usando variabili gauge-invarianti.

La teoria così formulata è stata studiata soltan-

to nel limite di grandi costanti di accoppiamento. In questo limite non si ha confinamento nel caso abeliano, mentre nel caso non abeliano il confinamento dipende da come si impone il vincolo di Gauss, ma non è dovuto ad un potenziale lineare.

## 5. DIFFRAZIONE AD ALTISSIME ENERGIE NELLO SCATTERING TRA NUCLEI

A prima vista, i dati sperimentali ad altissime energie mostrano differenze nello scattering tra nucleoni da quelli tra nuclei e quelli tra nucleoni e nuclei.

Le differenze derivano dal fatto che negli ultimi casi, gli effetti di multiple scattering sembrano mostrarsi nelle presenze di multiple dips che sono assenti negli scattering tra nucleoni. In realtà è possibile estendere il metodo di Glauber tale che esso sia applicabile a tutti questi casi, indifferentemente.

È ciò che si è fatto nella Ref. (13) qui sotto per i processi  $\alpha\alpha \rightarrow \alpha\alpha$ ,  $\alpha d \rightarrow \alpha d$  e  $\alpha He^3 \rightarrow \alpha He^3$ . Applicazione al processo  $dd \rightarrow dd$  è in preparazione (Ref. (14)).

## 6. QUANTIZZAZIONE STOCASTICA

Sistemi dinamici governati dall'equazione di Langevin, come equazione di moto, possiedono simmetrie. È stato da noi precedentemente dimostrato che tali simmetrie sono geometriche e sono generate da vettori di Killing.

Nella Ref. (15) si dimostra come, direttamente dall'equazione di Langevin stessa si possa pervenire all'esistenza di queste simmetrie. Nella Ref. (16) invece si dimostra come la si può fare partendo dall'equazione di Fokker-Planck.

Nella Ref. (17) dimostriamo che fluttuazioni obbediscono equazioni di Hamilton generalizzate, dando luogo, quindi, alle parentesi di Poisson generalizzate.

## 7. STRUTTURA DELLA MATERIA

È proseguito lo sforzo interpretativo degli spettri di assorbimento da parte di materia allo

stato condensato sia da un punto di vista strutturale che elettronico.

Riguardo allo studio strutturale, oltre alla determinazione di funzioni di correlazione di ordine superiore a due in sistemi abbastanza complessi come silicio cristallino e ferrocene in cristalli in collaborazione con gruppi sperimentali italiani e francesi, si è iniziato ad incorporare nella descrizione di diffusione multipla gli effetti di disordine sia di carattere strutturale che termico. Il risultato è interessante perché in linea di principio tale schema di calcolo potrebbe aprire la strada alla discriminazione fra differenti modelli di materiale amorfo utilizzando la spettroscopia di fotoassorbimento. Le prime simulazioni teoriche riguardanti il silicio amorfo sono incoraggianti e si pensa di completare lo schema di calcolo con le prime applicazioni a materiali reali nel prossimo anno.

Da un punto di vista dello studio delle proprietà elettroniche i risultati raggiunti sono di notevole interesse. Infatti per la prima volta si è riusciti ad incorporare i processi multicanale delle eccitazioni atomiche in uno schema teorico di tipo a diffusione multipla. È stato infatti derivato uno sviluppo della sezione d'urto di fotoassorbimento dove vengono considerate in maniera esplicita le transizioni tra diversi canali. Tale generalizzazione, oltre a fornire la possibilità di studiare in termini quantitativi i processi a molti corpi negli esperimenti di fotoemissione e fotoassorbimento, offre uno schema teorico generale con il quale studiare problemi sia di carattere elettronico che strutturale in materia allo stato condensato. Come prima e diretta applicazione ne sono state discusse le implicazioni nei sistemi a valenza mista e si è dimostrato come tale teoria risolve in maniera naturale il problema delle doppie soglie in tali sistemi. Si prevede di modificare quanto prima nel prossimo anno i programmi di calcolo esistenti al fine di includere quantitativamente tali effetti.

#### Publicazioni

1) G. Altarelli, et al., "The Standard Theory Group", pubblicato sui Proc. of the Workshop on Physics at Future Accelerators, La Thuile, CERN, 1987.

- 2) M. Greco, "Role of Radiative Corrections for Precision Tests of the Standard Model", La Thuile-Moriond 1987.
- 3) A. Grau, M. Greco e G. Pancheri, " $W^+W^- \gamma$  Productions in  $e^+e^-$  Annihilation in the TeV region", LNF-87/99 (PT).
- 4) M. Greco, "Physics at Future Accelerators", Workshop on the Eloisatron Project, Erice 1987.
- 5) M. Greco, "Radiative Corrections to  $e^+e^-$  Reactions at LEP/SLC Energies", La Rivista del Nuovo Cimento, in corso di stampa, and LNF-86/55 (PT).
- 6) S. Geer, G. Pancheri e Y.N. Srivastava, "Large Transverse Momentum  $W$  Production at Hadron Colliders", Physics Letters 192, 223 (1987).
- 7) G. Pancheri with UA1 Collaboration, "Production of  $W$ 's with Large Transverse Momentum at the CERN Proton-Antiproton Colliders", Physics Lett. 193, 389 (1987).
- 8) G. Pancheri and Y.N. Srivastava "On the Contribution of Hard Scattering processes to low-pt physics", pubblicato nei Results and Perspectives in Particle Physics, La Thuile 1987.
- 9) G. Pancheri and Y.N. Srivastava, "Minimum Bias and Minijets at the SSC", in From Colliders to Supercolliders, Madison 1987, Ed. by Barger and Halzen.
- 10) V. Azcoiti, A. Cruz, G. di Carlo, A.F. Grillo e A. Tarantcon: "Study of Confinement in the Adjoint SU (2)-Higgs Model by Means of the Fredenhagen-Marcu Parameter" LNF 87/86 - in pubblicazione su Phys. Lett.
- 11) V. Azcoiti, A. Cruz, G. di Carlo, A.F. Grillo e A. Tarantcon: "Magnetic Monopole Excitations in the Georgi-Glasgow Model", Preprint dell'Università di Zaragoza, inviato a Phys. Letters.
- 12) F. Palumbo, Phys. Lett. 199B, 440 (1987).
- 13) E. Etim., L. Satta, "Description of Diffraction Scattering on Nuclei at all momentum transfers" LNF-87/17 (P) (Di prossima pubblicazione nel Europysics Lett.).
- 14) E. Etim e L. Satta "Diffractive Limit in Deuteron-Deuteron Scattering" (in preparazione).
- 15) E. Etim, "Killing Symmetries from Langevin Equation" LNF-87/20 (PT). (Di prossima pubblicazione nel Phys. Lett. A).
- 16) E. Etim, Symmetries of Random Systems from the Fokker-Planck Equation, LNF-88/2 (PT).
- 17) E. Etim., On the Equations of Motion of Fluctuations and Symmetries of Random Systems, in corso di pubblicazione.
- 18) A. Bianconi, A. Di Cicco, A. Pavel, M. Benfatto, A. Marcelli, C.R. Natoli, P. Pianetta and J. Woicikk, Phys. Rev. B36, 6426 (1987).

- 19) M. Benfatto and C.R. Natoli, *Jour. of Non-Crystal Solids* 95 & 96, 319 (1987), and LNF-87/107 (PT) (1987).
- 20) C.R. Natoli, Lectures given at the "Nato Advance Study Institute", Vimeiro (Portugal), 30 August-30 September 1987, and LNF-87/83 (PT) (1987).
- 21) C.R. Natoli and M. Benfatto, Invited paper 10<sup>th</sup> Taniguchi Intern. Symp. on "Core Level Spectroscopy in Condensed System", Osaka (Japan) October 19-24, 1987.
- 22) J. Garcia, A. Bianconi, M. Benfatto and C.R. Natoli, "On the Quantitative Jahn-Teller Distortion of  $\text{Cu}^{2+}$  Site in Aqueous Solution by XANES Spectroscopy", to be published in *Chem. Phys.* (1988).
- 23) M.F. Ruiz-Lopez, M. Loos, J. Goulon, M. Benfatto and C.R. Natoli, "Reinvestigation of the EXAFS & XANES Spectra of Ferrocene & Nickelocene in the Framework of the Multiple Scattering Theory, to be published in *Chem. Phys.* (1988).
- 24) M. Benfatto and C.R. Natoli, "Beyond the Pair Distribution Function in X-Ray Absorption Spectra", Invited Paper to X-Ray 87 Conf., Paris (France) September 1987.

## DIVISIONE MACCHINE

### ATTIVITÀ

L'attività della Divisione si esplica, tramite i suoi cinque Servizi, nello svolgimento dei programmi di ricerca e sviluppo e nella cura del funzionamento delle macchine per gli utenti.

In questa introduzione vengono tracciate le linee salienti dell'attività, che viene poi descritta in dettaglio per i Servizi.

### FUNZIONAMENTO

Dal Gennaio al Luglio 87 le macchine hanno fornito agli utenti circa tremila ore di fascio. Gli ultimi due mesi sono stati dedicati principalmente agli utenti della Luce di Sincrotrone, in vista della lunga fermata che è soprattutto dedicata all'installazione dei nuovi esperimenti FENICE e JET-TARGET.

Per migliorare il funzionamento delle macchine sono in corso alcune innovazioni, tra cui un nuovo iniettore del Linac, capace di fornire correnti di picco più elevate in impulsi brevi, per aumentare le velocità ed efficienza d'iniezione dei positroni; una nuova cavità a radio-frequenza migliorata nei parametri elettrici e di vuoto; nuovi alimentatori dei magneti e quadrupoli; un nuovo calcolatore HP per il controllo delle macchine; migliorie del sistema di vuoto dell'anello.

### PROGRAMMI

Sono in corso il ripristino dei fasci incrociati nell'anello per l'esperimento FENICE e una notevole opera di schermatura supplementare contro le radiazioni per l'esperimento JET-TARGET.

Sono state costruite varie camere speciali per il TALADON, per il nuovo canale di luce di sincrotrone CALF e per il JET-TARGET.

È stato completato il progetto preliminare della macchina per la luce di sincrotrone di Trieste AFRODITE.

È stato avviato lo studio di un "collider" superconduttore per elettroni e positroni di alta ener-

gia (ARES), culminato nel workshop internazionale di Courmayeur.

### PROGETTO LISA

Nell'87 è stato approvato il progetto del linac superconduttore da 50 MeV con ricircolo, LISA, che servirà come macchina di prova della tecnologia delle cavità superconduttrici applicata agli acceleratori lineari, in vista dei futuri "colliders" e per la realizzazione di un FEL di elevata potenza nell'infrarosso.

Sono stati progettati l'iniettore e la maglia di circolazione ed elaborati i parametri del FEL. Sono state completate le specifiche e la proposta d'ordine delle cavità superconduttrici.

È stata delineata la configurazione degli edifici che dovranno ospitare la macchina e sono state definite le specifiche degli impianti tecnici.

Nella Tabella I sono riportate le caratteristiche della macchina. Uno schema ed ulteriori informazioni sulla stessa sono riportati nella parte del Servizio della Fisica degli Acceleratori.

Tab. I

Energia base	25 MeV
Energia con ricircolazione	49 MeV
Corrente di picco/impulso	6A ( 25 MeV)
Corrente media/impulso	1.3 mA ( 25 MeV)
Duty cycle	≤ 10%
Emittanza invariante	$10^{-5}$ m <sup>3</sup> rad
Dispersione d'energia	$2 \times 10^{-3}$

### SERVIZIO FISICA DEGLI ACCELERATORI

*Componenti:* M. Bassetti, M. Biagini, C. Biscari, M. Castellano, S. Guiducci, S. Kulinski, L. Palumbo, P. Patteri, M. Preger (Resp.).

### ATTIVITÀ SU ADONE

Sono stati realizzati e provati sul calcolatore i

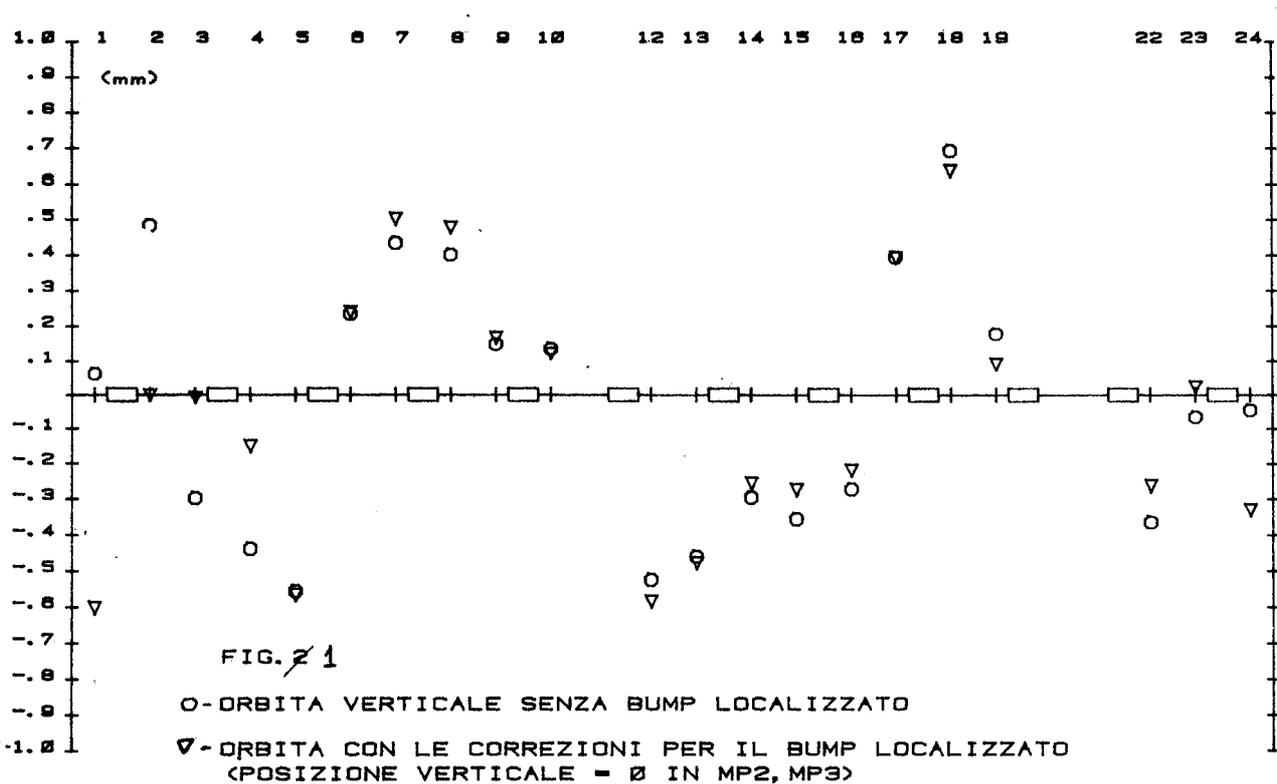


Fig. 73 - Azzeramento della posizione verticale del fascio di Adone nei monitors di posizione MP2 ed MP3 adiacenti alla sezione dritta del LADON.

programmi di controllo per ottimizzare la posizione del fascio nella macchina: questi permettono di effettuare automaticamente la correzione dell'orbita di errore, e di spostare ed inclinare il fascio nei punti di particolare interesse per gli esperimenti. La riproducibilità della posizione del fascio nei monitors di posizione adiacenti alle sezioni dritte è assicurata da una procedura che calcola ed imposta le correnti negli avvolgimenti di correzione, fino a misurare la posizione desiderata in una qualsiasi coppia di monitors adiacenti. La procedura on-line di correzione dell'orbita di errore permette di ottenere orbite residue dell'ordine di 1 mm di ampiezza picco-picco sui punti di lavoro tipici degli esperimenti a fascio singolo. La Fig. 73 mostra invece il risultato della procedura di steering localizzato per portare a zero la posizione misurata in due monitors (quelli adiacenti alla sezione dritta del Ladon): la precisione di po-

sizionamento è limitata dalla precisione della misura di posizione (dell'ordine delle decine di micron) mentre la posizione del fascio all'esterno della zona sperimentale non varia più di  $\approx 0.1$  mm.

Sono state eseguite in collaborazione con il Servizio Elettronica misure sistematiche della lunghezza dei pacchetti accumulati nell'anello analizzando la risposta di un fotodiode rapido, allo scopo di valutare l'impedenza della ciambella di Adone dopo la sua quasi totale sostituzione. Il risultato è riportato nella Fig. 74: l'allungamento anomalo dimostra lo stesso andamento qualitativo delle misure precedenti, con un notevole spostamento delle correnti di soglia (il miglioramento è di circa un fattore 3).

PROGETTO AFRODITE (Sincrotrone Trieste)

È stato completato il disegno preliminare della

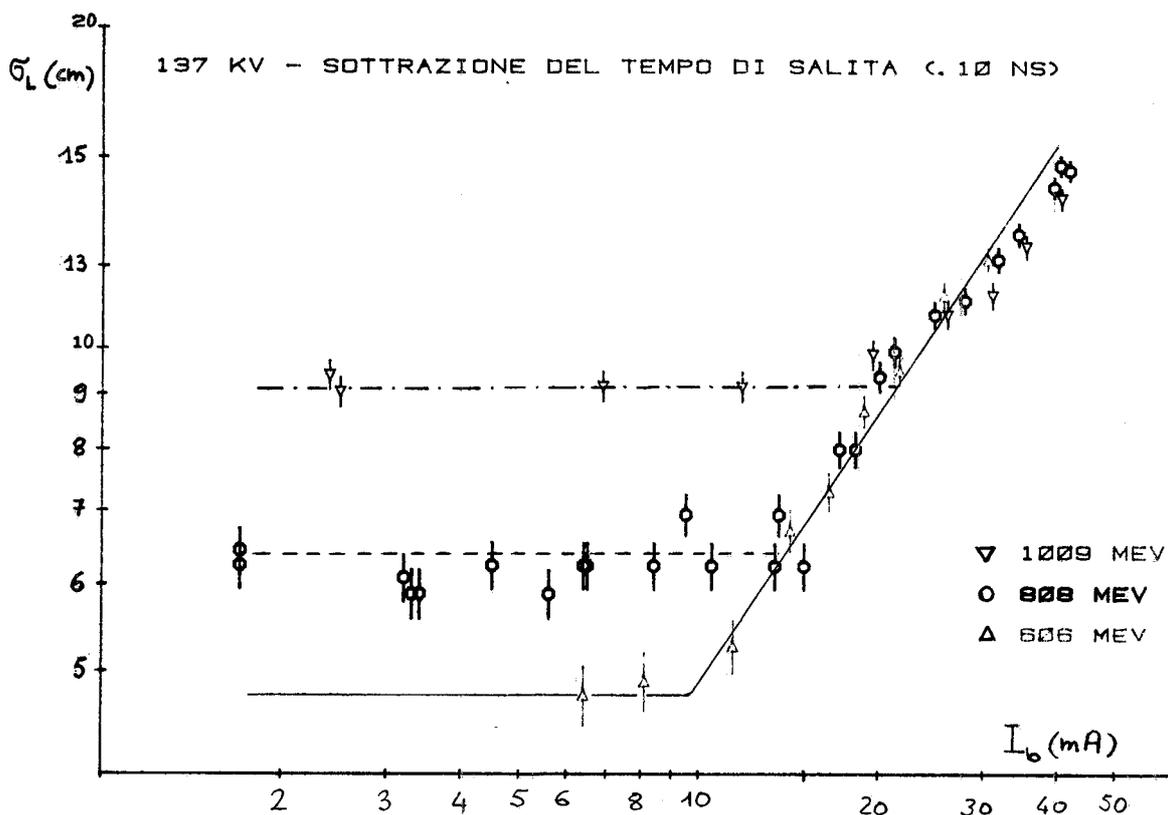


Fig. 74 - Misura della lunghezza del bunch di Adone in funzione della corrente accumulata (1 solo bunch). Nella zona costante la lunghezza è determinata dalla sola radiazione.

macchina, con la stesura del rapporto definitivo, contenuto in una speciale Nota interna dei Laboratori. Sono stati affrontati i problemi relativi al sistema di iniezione nel sincrotrone booster per l'anello, quello della sensibilità agli errori di posizionamento e della correzione dell'orbita di errore, dell'effetto di wigglers ed ondulatori sull'orbita di macchina.

Ospiti della Divisione per questo progetto sono stati M. Zisman da Berkeley, che ha installato sul VAX il programma ZAP per la valutazione delle soglie di instabilità e degli effetti collettivi applicandolo quindi al caso della macchina di Trieste, e Liu Lin dall'Università brasiliana di Campinas, che ha studiato a fondo una possibile alternativa alla struttura magnetica proposta nel rapporto definitivo, e cioè una struttura di tipo "Chasman-Green" con indice di campo nei magneti curvanti.

Nel quadro di una collaborazione tra la Divisione Macchine e la Società Sincrotrone Trieste, due componenti del Gruppo (M. Bassetti ed S. Guiducci) sono stati ospiti del locale Laboratorio, collaborando alla scelta della struttura magnetica della macchina (composta di tratti acromatici costituiti da una coppia di magneti con indice di campo ed un tripletto di quadrupoli F-D-F) ed allo studio della sensibilità agli errori e della correzione dell'orbita di errore.

#### PROGETTO LISA

Il progetto LISA, già approvato ed in parte finanziato dall'Istituto, prevede in un primo stadio la realizzazione di un acceleratore di bassa energia ( $\approx 30$  MeV) superconduttore da utilizzare come sorgente di elettroni per un FEL nell'infrarosso. La macchina servirà inoltre per acquistare la tecnologia e l'esperienza nel campo dell'accelera-

zione con cavità superconduttrici necessarie allo sviluppo di futuri colliders  $e^+$   $e^-$  ed alta energia.

Sono stati studiati in particolare i problemi connessi all'iniettore ed al trasporto del fascio dall'iniettore alle cavità superconduttrici. È stato usato il programma PARMELA per simulare il comportamento del fascio e valutarne le caratteristiche all'uscita dal Linac. Il sistema di trasporto dall'iniettore alle cavità è stato progettato in modo da essere acromatico ed isocrono per particelle non ancora abbastanza relativistiche ( $\approx 1$  MeV di energia cinetica), da poter applicare i metodi usuali dell'ottica delle particelle di alta energia. L'emittanza prevista (tenendo conto degli effetti di carica spaziale con una corrente media di 13 mA) all'energia di 30 MeV è dell'ordine di  $10^7$  mrad in ambedue i piani con una lunghezza dei pacchetti di 0.5 mm ed una dispersione di energia di  $0.6 \times 10^{-3}$ . Tali parametri permettono la realizzazione di sorgenti FEL di lunghezza d'onda dell'ordine di 10  $\mu\text{m}$  con potenze di alcuni KW ed efficienze dell'ordine dell'1%.

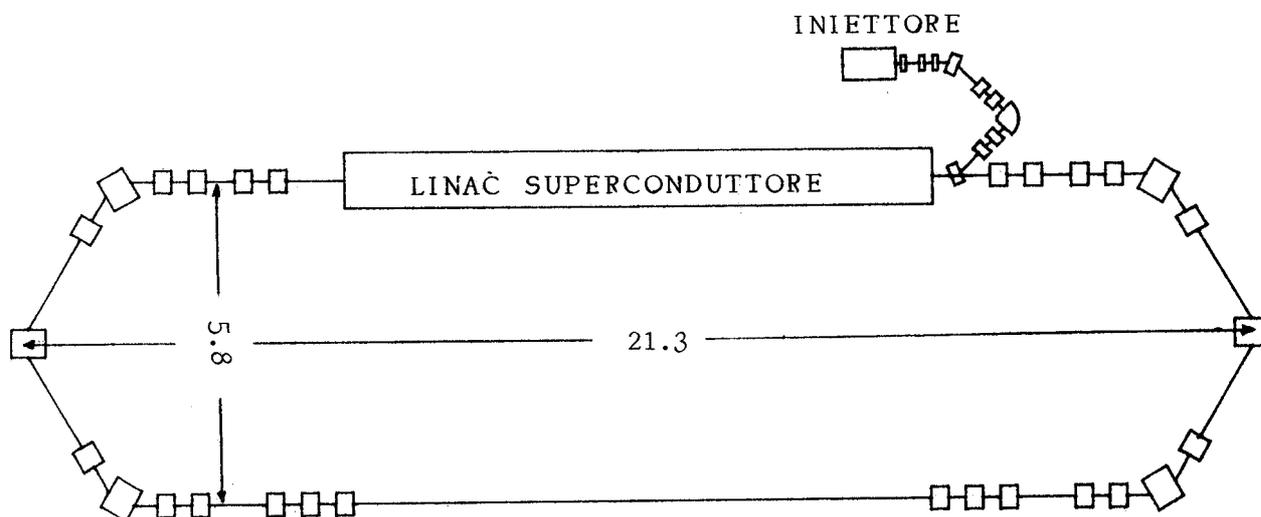
Per estendere il campo di lunghezze d'onda estraibile dal FEL e per migliorarne l'efficienza è prevista in una fase successiva la realizzazione di un sistema di ricircolazione del fascio di elettroni,

in modo da riportare il fascio accelerato all'ingresso nel Linac: se l'ingresso del fascio avviene in corrispondenza della fase accelerante del campo elettrico si ha una seconda accelerazione attraverso le cavità acceleratrici, ottenendo in uscita un fascio di circa 60 MeV; se l'ingresso avviene invece in controfase, il fascio cede quasi tutta la sua energia al campo elettromagnetico nelle cavità, aumentando così l'efficienza globale della produzione di luce coerente. A questo scopo sono state proposte varie soluzioni per un canale magnetico acromatico ed isocrono per evitare il deterioramento della qualità del fascio e minimizzare l'effetto di possibili instabilità caratteristiche degli acceleratori riciclati. Una rappresentazione schematica del canale di ricircolazione con il sistema di trasporto dall'iniettore al Linac è riportata in Fig. 75.

#### PROGETTO ARES

Negli ultimi mesi dell'anno è stato iniziato lo studio preliminare di un collider superconduttore riciccolato di alta energia per elettroni e positroni per la produzione di quarks dotati di bellezza (seguendo le linee di una proposta di U. Amaldi e G. Coignet), culminato in un Workshop inter-

Fig. 75 - Rappresentazione schematica del Linac Superconduttore con il sistema di iniezione ed il canale di ricircolazione del fascio per il raddoppio e il recupero di energia.



nazionale tenutosi a Courmayeur nel Dicembre 1987. Durante l'autunno sono stati ospiti della Divisione J. Rees, D. Ritson e K. Brown da SLAC, che hanno studiato i parametri generali della macchina ed alcuni problemi particolari, come ad esempio quello della focalizzazione finale dei fasci di elettroni e positroni a sezioni trasverse dell'ordine del micron.

Per valutare la fattibilità del progetto è stato intrapreso lo studio di alcuni punti cruciali per l'intero complesso, quali quello del sistema di produzione di positroni e degli anelli di damping per realizzare le bassissime emittanze richieste per ottenere la luminosità desiderata. Su quest'ultimo punto si è arrivati alla proposta di una macchina a bassa emittanza (sul tipo delle sorgenti di luce di sincrotrone) contenente due lunghe sezioni dritte riempite da wigglers che aumentano di ordine di grandezza l'energia irraggiata in ogni giro. Si ottiene in questo modo una riduzione sia dei tempi di smorzamento delle oscillazioni di betatrone e sincrotrone che dell'emittanza del fascio rispetto ad una struttura magnetica senza wigglers.

## SERVIZIO OPERAZIONE

*Componenti Servizio: 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. Piermarini, B. Spataro, P. Tiseo, R. Valtriani, M. Vescovi (Responsabile), R. Zarlenga.*

Il Servizio, oltre alla conduzione delle macchine (Tab. II) ed alla relativa manutenzione degli impianti (accessi per oltre 4500 ore), ha partecipato allo studio, alla progettazione ed alla costruzione di nuovi apparati e nuova strumentazione da installare sulle macchine per migliorarne il funzionamento e la diagnostica.

Nel corso degli ultimi mesi si è provveduto al collaudo separatamente del nuovo cannone e della nuova sezione acceleratrice.

Per il cannone si sono raggiunti ottimi risultati avendo ottenuto impulsi di corrente di 15A, con tempi di durata dell'ordine di 6ns.

La sezione acceleratrice completa del sistema di alimentazione R.F., raffreddamento idraulico e di alimentazione stabilizzata dei solenoidi di focalizzazione è stata condizionata con impulsi fino a 6 MW di potenza di picco. Il cannone e la sezione acceleratrice sono stati montati sul LINAC, dopo il riallineamento di tutte le sezioni della macchina.

Il Servizio è stato inoltre impegnato nel rifacimento parziale e nella revisione generale delle sicurezze delle macchine con l'installazione di un sinottico in sala controllo indicante lo stato di funzionamento generale delle macchine e di un nuovo sistema di controllo dell'accesso all'interno delle macchine stesse.

Il Servizio ha partecipato attivamente alla definizione ed allo studio del nuovo acceleratore LI-SA.

**Tab. II. Funzionamento delle macchine  
Gennaio-Luglio 87**

Esperienza	Ore fornite
LUCE DI SINCROTRONE	1450
LADON	570
LEALE	430
LELA	400
<b>Totale utenti</b>	<b>2850</b>
Condizionamento e Fisica macchina	600
Manutenzione, riparazione	930
<b>Totale generale</b>	<b>4380</b>

## SERVIZIO ELETTRONICA

*Componenti Servizio: V. Andreassi, F. Bertino, O. Coiro, S. Fortebracci, U. Frascaco, O. Giacinti, C. Marchetti, F. Ronci, F.V. Rubeo, F. Sanelli, M. Serio (resp.). S. De Simone: Staff Direzione di Divisione, delegato all'Elettronica.*

Il Servizio cura lo sviluppo e la realizzazione della diagnostica degli acceleratori, la manutenzione e gli ammodernamenti della strumentazione della Sala Controllo Adone, partecipa ai turni di misura e di messa a punto delle Macchine, con-

tribuisce all'attività del Magazzino Elettronica dei LNF, provvede all'installazione e alla gestione dei mezzi di calcolo nell'area Adone e dà supporto tecnico ad esperimenti che si svolgono presso i LNF e fuori.

Alcuni componenti del Servizio partecipano ai programmi di ricerca dell'INFN ed a collaborazioni internazionali nel campo degli acceleratori di particelle.

L'attività principale nel 1987 ha riguardato i lavori di ripristino di Adone a fasci incrociati e l'ammmodernamento delle macchine.

In vista dell'iniezione di fasci di positroni, il canale di trasporto Linac-Adone è stato equipaggiato con nuovi monitor di posizione e di intensità a strip-line (Servizio SMIV per la parte meccanica e di installazione).

Sono stati realizzati i circuiti ed il software per il controllo automatico, tramite microcomputer dedicato, della commutazione del modo di funzionamento del Linac e dei canali magnetici di trasporto per iniezione di elettroni e positroni.

Sono stati realizzati gli impulsatori di potenza a Thyatron ed i relativi circuiti di controllo, temporizzazione, misura e protezione per il kicker di iniezione (Bumper) e per i Deflettori.

Le caratteristiche principali degli impulsatori di potenza sono:

	Bumper	Deflettori
Polarità	Programmabile	± Fissa
Corrente max (kA)	± 2	20
Tensione max (kV)	± 5	9
Durata FWHM ( $\mu$ s)	5	40
Ripetizione max (pps)	5	5
Campo di deflessione (Gm)	100	2000

È stato modificato il sistema di Multiplexer distribuito dei Monitor di posizione "a bottoni" per migliorare il rapporto segnale/rumore a bassa corrente di fascio. Questo è di particolare importanza ai fini della messa a punto dell'iniezione dei positroni. L'errore RMS previsto è  $\approx 6 \mu\text{m} \times \text{mA}$  per correnti di fascio  $\leq 1.5 \text{ mA}$ ; per valori supe-

riori di corrente la sensibilità è  $\approx 4 \mu\text{m RMS}$ .

Il sistema di correzione dell'orbita è stato potenziato sostituendo le bobine di correzione sulle gambe di ritorno dei magneti con altre di sezione maggiore e con numero maggiore di avvolgimenti. L'intensità massima dei correttori magnetici orizzontali è aumentata di un fattore  $\approx 3$ . Nel corso del 1988 verrà ultimato il miglioramento di tutti i correttori orizzontali di Adone.

Il Servizio Elettronica ha partecipato e contribuito ai turni di messa a punto e caratterizzazione del feedback trasverso rapido e longitudinale sul moto di baricentro e sui modi relativi ed a misure di lunghezza dei bunches in regime di allungamento anomalo.

Nell'ambito della collaborazione con l'esperimento Fenice è stato studiato e realizzato un sistema a circuito stampato e cavi piatti "twisted pair" per il collegamento dei segnali provenienti dalle strip X-Y dei tubi a streamer limitato ai canali digitali. Sono stati progettati e realizzati i circuiti stampati e le connessioni per circa 36000 canali.

## SERVIZIO RADIOFREQUENZA

*Componenti: P. Baldini, R. Boni (resp.), F. Lucibello, S. Quaglia, A. Spreccacenero, T. Tranquilli.*

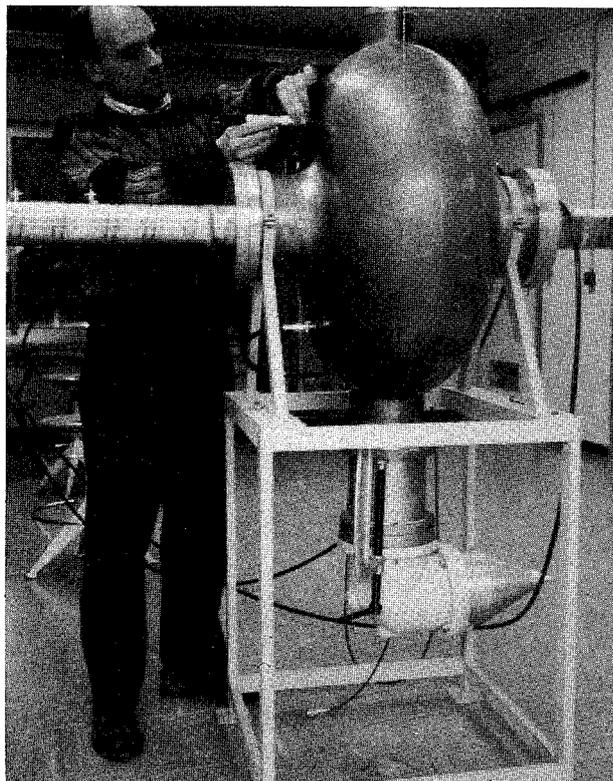
L'attività di base del servizio è la gestione e lo sviluppo degli impianti a radiofrequenza di Adone. Esso inoltre partecipa a programmi di sviluppo della macchina, a progetti di macchine e ad esperimenti di gruppo V che comportino elaborazione e studio in particolari sistemi RF e richiedano conoscenze specifiche.

Nel 1987 sono stati portati a termine con successo i collaudi di potenza sulla nuova cavità RF di Adone che verrà installata sulla macchina. La peculiare e nuova geometria, che è stata oggetto di approfondita ricerca, rende il risonatore privo di scariche risonanti ad alto livello che avevano reso difficile e critico il funzionamento della precedente cavità acceleratrice. È stato realizzato un dispositivo di smorzamento dei modi di risonanza superiori del risonatore che verrà collaudato quanto prima.

È terminata la costruzione del nuovo feedback longitudinale di Adone a 22 MHz che è stato inoltre parzialmente collaudato sulla macchina (per gli elettroni).

È proseguito lo studio ed il progetto del nuovo sistema RF a 360 MHz da installarsi in Adone per il nuovo esperimento della Jet-target. In particolare, l'elettronica di pilotaggio e di controllo del sistema sono in fase di sviluppo e di messa a punto nel laboratorio RF. La cavità risonante acceleratrice è stata progettata e la sua costruzione è stata assegnata a una ditta nazionale. Sono stati eseguiti misure e collaudi a bassa potenza su un prototipo in rame in scala 1:1, mostrato nella Fig. 76. I modi di risonanza superiori della cavità sono tuttora oggetto di accurata indagine allo scopo di realizzare un sistema di smorzamento degli stessi che sono, come noto, fonte di instabilità per il fascio di particelle accumulato.

Fig. 76 - Modello della cavità a 350 MHz.



Il servizio RF è già impegnato nella partecipazione al progetto LISA e precisamente nello studio del sistema accelerante a radiofrequenza e nella definizione, in collaborazione con altri servizi, di alcuni fondamentali parametri della nuova macchina.

## SERVIZIO MECCANICA IMPIANTI E VUOTO

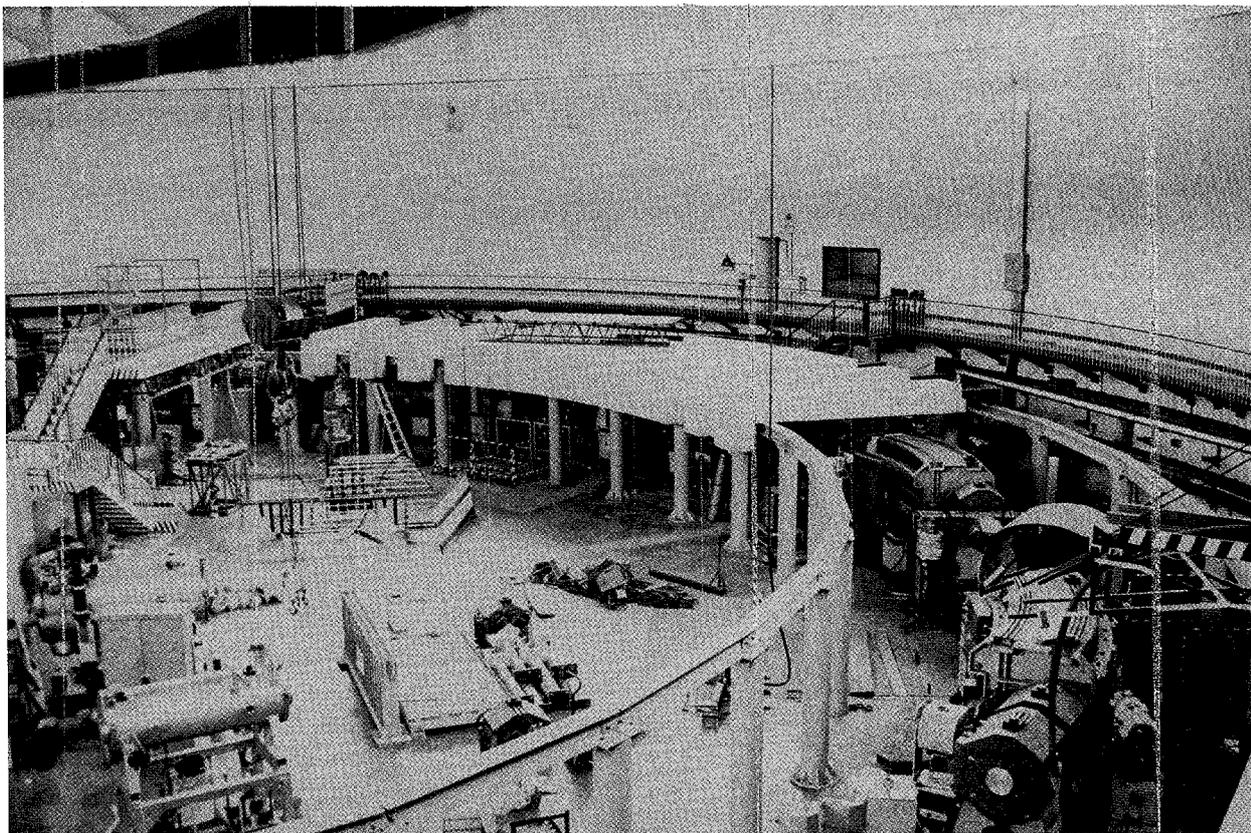
*Componenti servizio: A. Aragona, G. Carinci, G. Ceccarelli, R. Ceccarelli (dist. DT), V. Chimenti, A. Cupellini, M. De Giorgi, N. De Sanctis, R. Di Raddo, M. Di Virgilio, G. Ermini, S. Faini (Resp.), F. Fiore (dist. DT), G. Fontana, R. Lanzi, V. Lollo, C. Marini, A. Mazzenga, G. Modestino (dist. DT), E. Passarelli, M. Ruggeri, G. Serafini, A. Sorgi, M. Sperati, G. Turchetti.*

Oltre la normale attività istituzionale sulle macchine dei Laboratori, il Servizio è stato impegnato su due importanti linee di lavoro: una riguardante i programmi di macchina e l'altra attività parallele di interesse di Centro.

### 1 - Programmi riguardanti le macchine

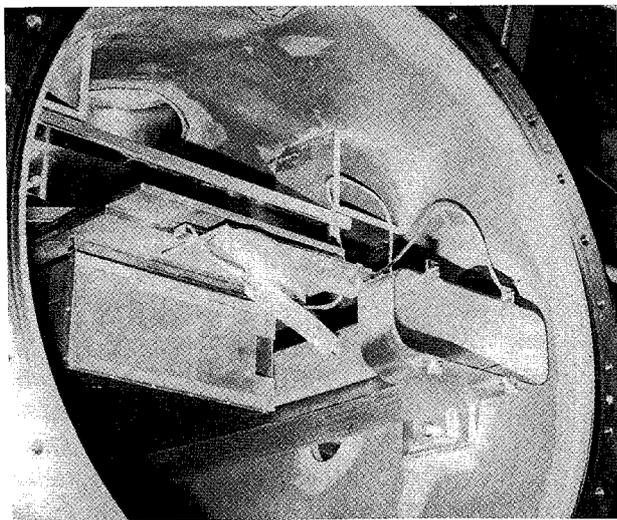
1.1 - Fermata macchine '87: la prima metà dell'anno è stata dedicata alla conduzione della macchina ed alla preparazione della fermata. Questa è cominciata nel mese di Agosto ed è consistita prevalentemente nel ripristino del funzionamento a fasci incrociati di Adone e nel montaggio dell'esperimento Jet Target. I lavori più importanti, come dimensione, sono stati i seguenti: il montaggio del nuovo sistema di iniezione del Linac, la ricostruzione dell'ottica di trasporto dei positroni, i nuovi deflettori (Fig. 77 e 79), le camere da vuoto speciali (Taladon, Calf, Jet Target sez. curva), le prove di vuoto e di potenza su l'ultima cavità RF, l'assistenza alla copertura in calcestruzzo dell'anello (Fig. 78) e lo smontaggio dell'esperimento Lela.

1.2 Miglioramento della vita media del fascio in Adone: come è noto (vedi Memo V35) Adone ha bisogno di un certo numero di interventi sul vuoto per poter garantire una vita media del fascio di alcune ore come in passato. Quest'anno

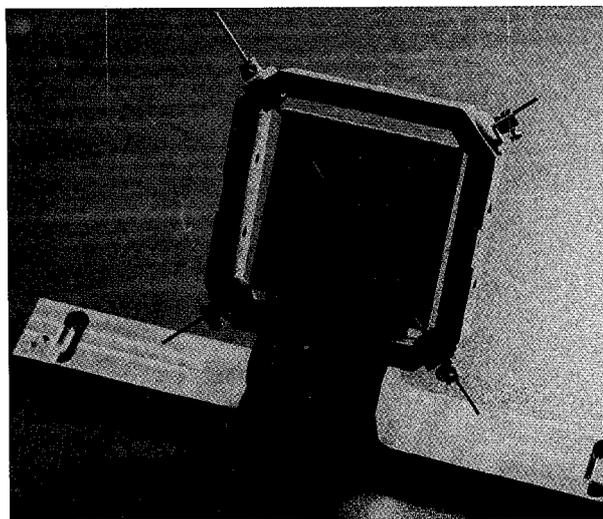


*Fig. 78 - Montaggio schermature Adone.*

*Fig. 77 - Nuovo deflettore per elettroni di Adone*



*Fig. 79 - Targhetta in ceramica al Cromo del deflettore di Adone.*



l'attività è stata dedicata ai punti seguenti: completamento del sistema di riscaldamento (la fine del lavoro è prevista per la fine dell'88), installazione di 8 nuove pompe ioniche tipo Star cell, attività di laboratorio per la rigenerazione delle vecchie pompe ioniche, acquisto di spettrometri di massa da dedicare all'anello.

1.3 - Attività di ricerca e sviluppo: per alcuni programmi è stato necessario svolgere una certa attività di laboratorio. Ad esempio:

A - Targhette al fosforo per il canale dei positroni. Le attuali targhette in ceramica al cromo non sono sufficientemente sensibili. Con riferimento ad una analoga attività a SLAC sono stati preparati alcuni fosfori, con diverse tecniche di deposizione e sono stati provati con un fascetto di elettroni. A conclusione è stato scelto come materiale fosforescente il tungstato di calcio depositato secondo una certa tecnica. La targhetta così fatta è stata provata con successo sul canale elettroni dell'ottica di Adone.

B - Deposizioni di strati resistivi. Per la terminazione della struttura di rame dei deflettori era necessario costruire una resistenza estesa del valore di circa 100 ohm. Questa è stata realizzata con uno strato di grafite insieme ad un opportuno legante. Questo strato è adatto all'ultravacuo e può sopportare la temperatura di degassamento.

C - Modifica della struttura interna delle pompe ioniche. Numerosi parametri intervengono nel determinare la geometria interna di una ionica, ossia la struttura responsabile della scarica alla Penning. Sono state fatte con successo prove di laboratorio per ottimizzare le prestazioni delle pompe ai vuoti limite. Questa ricerca ha applicazione immediata nell'esperimento Electron Cooling ma può avere applicazioni utili in genere per le macchine acceleratrici.

2 - Programmi di Centro.

2.1 - Superconduttività: il Servizio è inserito in tutti i programmi di superconduttività dei Laboratori nel campo delle macchine acceleratrici. Quest'anno in particolar modo ha gestito, in collaborazione con la Divisione Tecnica, il primo

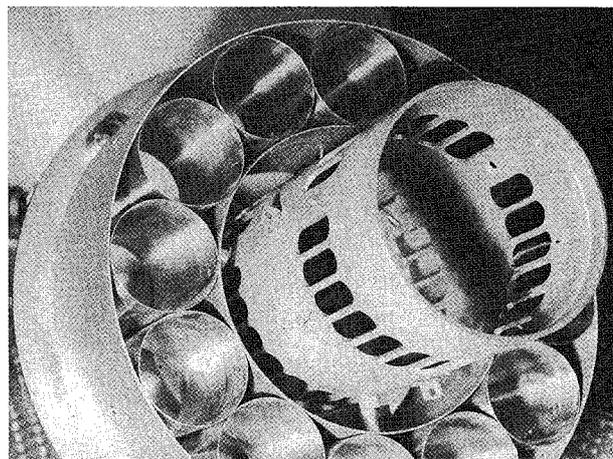


Fig. 80 - Prototipo della sezione di interazione dell'esperimento Electron Cooling.

impianto criogenico funzionante nei Laboratori (vedi relazione specifica).

2.2 - Esperimento Electron Cooling. L'esperimento è entrato nel vivo del programma ed ha richiesto l'impegno notevole di alcune persone del Servizio (vedi relazione specifica). Nella Fig. 80 è mostrata la camera d'interazione dell'esperimento.

2.3 - Progetto LISA. È stato fatto lo studio di ottimizzazione delle aree relative al progetto: sala acceleratore, sala macchine, sala controllo e sala tecnologie, il tutto con particolare riguardo ai problemi di radioprotezione. Questo lavoro ha richiesto l'impegno notevole di alcune persone del servizio (vedi relazione specifica).

## ESPERIMENTO LELA

*Componenti: M. Castellano, S. Guiducci, P. Patteri, M. Preger, M. Serio*  
*Collaborazione con la Sezione INFN ed Università di Napoli*

LELA è un esperimento di fattibilità di un Laser ad elettroni liberi su anello di accumulazione (Adone), iniziato nel 1981. Con l'installazione di un onduttore convenzionale di 11.6 cm di passo e 4.5 Kgauss di campo massimo è stata eseguita la prima fase dell'esperimento, che prevedeva lo studio della radiazione spontanea dall'ondulato-

re e la misura dell'interazione tra il fascio di elettroni ed il campo elettromagnetico di un laser esterno. Tale fase si è conclusa con la misura del guadagno del sistema (rapporto tra le intensità della radiazione stimolata e del laser esterno). Nel 1984 è stata installata, sul prolungamento della sezione dritta di Adone sulla quale è installato l'ondulatore, la cavità ottica di 17.5 m progettata e costruita nella Sezione di Napoli.

Le operazioni di messa a punto e l'analisi delle prestazioni della cavità (rese purtroppo lente e laboriose dalla scarsità di tempo macchina a disposizione) hanno rivelato ben presto un rapido danneggiamento degli specchi causato dalla componente ultravioletta della radiazione dell'ondulatore ed una notevole criticità dell'allineamento dell'asse ottico sulla traiettoria del fascio nella sezione dritta, dovuta in parte alla lunghezza della cavità ed in parte alla mancanza di un sistema adeguato di misura della posizione del fascio. La messa a punto del sistema in queste condizioni ha portato nel 1986 a misurare un fattore di merito della cavità (energia elettromagnetica immagazzinata in cavità su energia emessa per radiazione spontanea ad ogni passaggio del fascio di elettroni) pari a  $q \approx 130$ .

L'esperienza acquisita ed il nuovo sistema di misura della posizione del fascio installato sull'anello nel corso della fermata del 1986 hanno permesso di raggiungere nel 1987 un fattore di merito dell'ordine di 1000, realizzando l'allineamento in tempi estremamente brevi, in modo da evitare il deterioramento degli specchi prima della misura. Questo risultato è stato possibile grazie al sistema di correzione on-line dell'orbita chiusa di Adone, che consente di controllare e riprodurre efficacemente la posizione del fascio dopo ogni iniezione, ed un programma di allineamento automatico per ottimizzare rapidamente il fattore di merito della cavità (Fig. 81).

Durante il 1987 si è tentato di utilizzare per l'esperimento la struttura magnetica a dispersione nulla nella sezione dritta dell'ondulatore realizzata alla fine dell'anno precedente, che avrebbe dovuto portare un notevole aumento del guadagno:

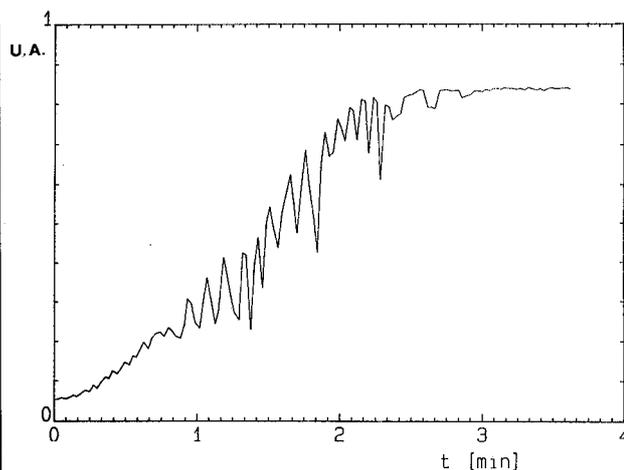


Fig. 81

putroppo il valore più basso del "momentum compaction" intrinseco a questa nuova ottica ha portato come conseguenza un abbassamento delle soglie di instabilità longitudinali a trasverse, che non è stato possibile curare con gli esistenti sistemi di feedback. Mancando il tempo a disposizione per eseguire le necessarie prove di macchina, si è deciso di utilizzare i turni e gli specchi a disposizione con la struttura normale di Adone, anche se il basso valore del guadagno corrispondente ( $\approx 3 \times 10^{-4}$ ) non permette di raggiungere la soglia di oscillazione.

Con l'inizio della fermata del 1987, in considerazione dell'esistenza di una nuova iniziativa nei LNF nel campo dei FEL nell'infrarosso (progetto LISA) e dell'aumentato carico di esperimenti su Adone previsti per il 1988 (FENICE, JET-TARGET etc.), si è deciso di concludere l'esperimento LELA. L'ondulatore è stato disinstallato, e sarà utilizzato dalla Sezione INFN di Milano.

#### Memorandum interni

AF-23 V. Chimenti "Vacuum system" (5/1/87).

RM-32 S. Guiducci, M. Preger "Misure sull'ottica LELA del 20 e 22 dicembre 1986" (12/1/87).

AF-25 C. Biscari, E. Gianfelice "Sensitivity of the ECG16b to position and field errors and closed orbit correction" (12/1/87).

RM-33 M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, P. Patteri, M. Serio "Misura della lunghezza del bunch in Adone" (13/1/87).

- AF-26 M. Biagini "ECG16 "Effect of undulators on beam parameters" (21/1/87)
- AF-27 M. Bassetti, B. Spataro "Canale di trasporto Linac-Booster" (19/1/87)
- AF-28 S. De Simone, M. Serio "Beam diagnostic for Afrodite" (20/1/87)
- AF-29 R. Boni, F. Tazzioli "RF system for Afrodite" (6/2/87)
- SC-129 E. Gianfelice, S. Pella, M. Preger (Programma per la correzione automatica dell'orbita di errore in Adone" (2/2/87)
- FEL-6 C. Biscari, L. Palumbo "Guadagno per un FEL infrarosso in presenza di effetti collettivi" (10/2/87)
- L-88 F. Tazzioli "Parametri preliminari di un Linac superconduttore sperimentale" (18/2/87)
- L-89 A. Aragona, S. Faini "Dimensionamento meccanico di un criostato verticale per cavità s.c. - prima valutazione delle entrate di calore e dei consumi di azoto e di elio (24/2/87)
- SC-130 C. Biscari, M. Preger "Bumps localizzati in Adone" (3/3/87)
- RM-34 S. Guiducci, M. Preger "Resoconto turni LELA del 25-27 febbraio 1987" (6/3/87)
- RM-34AM. Preger "Addendum al memorandum RM-34" (16/3/87)
- AF-30 E. Gianfelice, L. Palumbo, M. Zisman "Instabilities and beam lifetimes for Afrodite lattices" (25/3/87)
- AF-31 P. Patteri "Efficienza di iniezione nel booster per Afrodite" (9/4/87)
- MM-19 C. Marchetti, F. Ronci: "Assemblaggio sonda di Hall per Wiggler superconduttore", (23/4/1987)
- L-90 A. Aragona, S. Faini "Verifica del dimensionamento meccanico e delle entrate di calore di un criostato verticale" (6/5/87)
- AF-32 Liu Lin "CG16b structure" (11/5/87)
- L-91 M. Preger "Canale di trasporto acromatico ed isocrono per il ricircolo del prototipo Linac superconduttore (12/5/87)
- L-92 M. Castellano "Caratteristiche del fascio di elettroni del Linac superconduttore per un FEL ad alta efficienza (13/5/87)
- SM-33 M. Bassetti, M. Biagini "Struttura di Adone con 24 quadrupoli e sestupoli" (4/6/87)
- SC-131 C. Biscari, M. Preger "Programma on-line per lo steering localizzato del fascio nelle sezioni dritte di Adone" (1/7/87)
- V-35 V. Chimenti "Stato attuale e possibili miglioramenti del vuoto di Adone" (3/8/87)
- L-93 M. Preger "Trasporto unitario per il canale di ricircolo di LIS-A" (25/8/87)
- SM-34 M. Preger "The Adone lattice" (8/9/87)
- G-92 J. Rees "CEBAF cost estimate summary" (21/9/87)
- RF-59 P. Baldini, F. Lucibello "Low level wideband amplifier per RF Jet-Target" (24/9/87)
- L-94 S. Kulinsky, M. Vescovi "Gun for LISA" (9/10/87)
- RF-59A P. Baldini, F. Lucibello "Addendum al memorandum RF-59" (14/10/87)
- RF-60 P. Baldini, R. Boni "Nuovo feedback longitudinale 22 MHz" (23/10/87)
- L-95 M. Castellano "Some considerations on beam parameters in a superconducting linear collider Bb factory" (26/10/87)
- L-96 M. Preger "Disegno preliminare di un Final Focus per LIS-C" (27/10/87)
- LIS-1 D. Ritson "Design for the LIS Final Focus system" (5/11/87)
- LIS-2 C. Biscari "Sistema di trasporto isocrono iniettore-Linac (LISA)" (6/11/87)
- LIS-3 R. Boni, B. Spataro, M. Vescovi "Il sistema a radiofrequenza per LIS-A" (9/11/87)
- LIS-4 R. Boni, B. Spataro "cavità accelerante per il cannone a microonde. Prime considerazioni" (19/11/87)
- FEL-7 L. Palumbo "Spread di energia in presenza di campo laser" (23/11/87)
- LIS-5 R. Boni "Accoppiamento fra sorgente e cavità superconduttrice e modo di operazione" (26/11/87)
- LIS-7 P. Patteri, M. Preger "Studio preliminare dei ricircoli per LIS-B" (2/12/87)
- L-97 M. Vescovi "Monitor di intensità resistivo per il Linac" (2/12/87)
- LIS-8 M. Preger "Canale di ricircolazione per LIS-A con minimizzazione del beam break-up" (7/12/87).

#### Note interne e pubblicazioni

- S. Tazzari et al.: "Design study for the Trieste Synchrotron Light Source" LNF-87/6 (R), 13/2/87.
- The Adone Group: "Design study for the Trieste Synchrotron Light Source" Particle Accelerator Conference, Washington, March 1987.
- M.E. Biagini, C. Biscari, E. Gianfelice, S. Guiducci, L. Palumbo, M. Preger: "Lattice Studies for the Trieste Synchrotron Radiation Machine" Particle Accelerator Conference, Washington, March 1987.
- A. Aragona, C. Biscari, S. De Simone, E. Gianfelice, S. Guiducci, V. Lollo, S. Pella, M. Preger, M. Serio: "Measurement and correction of the closed orbit in the storage ring Adone" Particle Accelerator Conference, Washington, March 1987.
- Fenice Collaboration: "An Experiment to Measure the

Electromagnetic Form Factors of the Neutron in the Time-like Region at Adone" LNF-87/18, 17/4/1987.

- S. Tazzari: "Electron Storage Rings for the Production of Synchrotron Radiation" LNF-87/24 (P), 12/6/1987.
- The LISA Project Group: "Project of a Superconducting RF Electron Linac a Frascati INFN Laboratories" 2nd Workshop on RF Superconductivity, Argonne, September 1987.
- L. Palumbo: "A Diffraction Radiation Model for Energy Losses" Workshop on New Developments in Particle Acceleration Techniques, Orsay, July 1987.
- F. Tazzioli: "Nuclear Physics Activities in Frascati INFN Laboratories" Convegno sulla Fisica Nucleare, Cortona, Settembre 1987.
- S. Kheifets, L. Palumbo, 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 Nuclear Science, October 1987.
- S. Kulinski, M. Vescovi: "A Gun for LISA" LNF 87/98 (R), 16/11/1987.
- P. Patteri, M. Preger, M. Ambrosio, G. Barbarino, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, M.R. Masullo, "Optical cavity alignment and mirror damage in the LELA FEL experiment" Nuclear Instruments and Methods A259, p. 88, 1987.
- N. Cavallo, F. Cevenini, M. Castellano, M.R. Masullo, S. Guiducci, P. Patteri, M. Preger, M. Serio "Final report on the LELA experiment" 9th Int. Conf. on FEL, Williamsburg (U.S.A., 1987) in corso di stampa su NIM.

### ELECTRON COOLING AD ALTA ENERGIA PER IL LEAR

*Componenti del gruppo:* A. Aragona, M. Castellano, V. Chimenti, V. Lollo, C. Sanelli, G. Serafini, G. Turchetti.

*Collaborazione con:* Ferrara, Genova, Napoli, Torino.

Questo esperimento si prefigge di ottenere un efficiente sistema di raffreddamento dei fasci p e p dell'anello per antiprotoni LEAR-CERN, necessario per raggiungere una ridottissima dimensione trasversa del fascio di protoni ed evitare, di conseguenza, un rapido degradamento dello stesso. La tecnica del cooling permette infatti di au-

mentare il tune shift  $\Delta$ , del fascio di antiprotoni che, a data intensità, è inversamente proporzionale alle dimensioni del fascio di protoni. L'aumento di  $\Delta$ , permette a sua volta di aumentare la luminosità dello stesso fattore, consentendo di raggiungere i valori richiesti ( $L > 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ ). Le caratteristiche del fascio di elettroni necessario per il cooling sono:

- Energia 700 KeV, corrente 3,5A.

Il vuoto dovrebbe essere  $< 10^{-11}$  torr.

Per quanto riguarda i LNF, le attività portate avanti nel corso del 1987 sono le seguenti:

A) Studio del sistema da vuoto in grado di rispettare le specifiche richieste per il montaggio del sistema sull'anello LEAR del CERN.

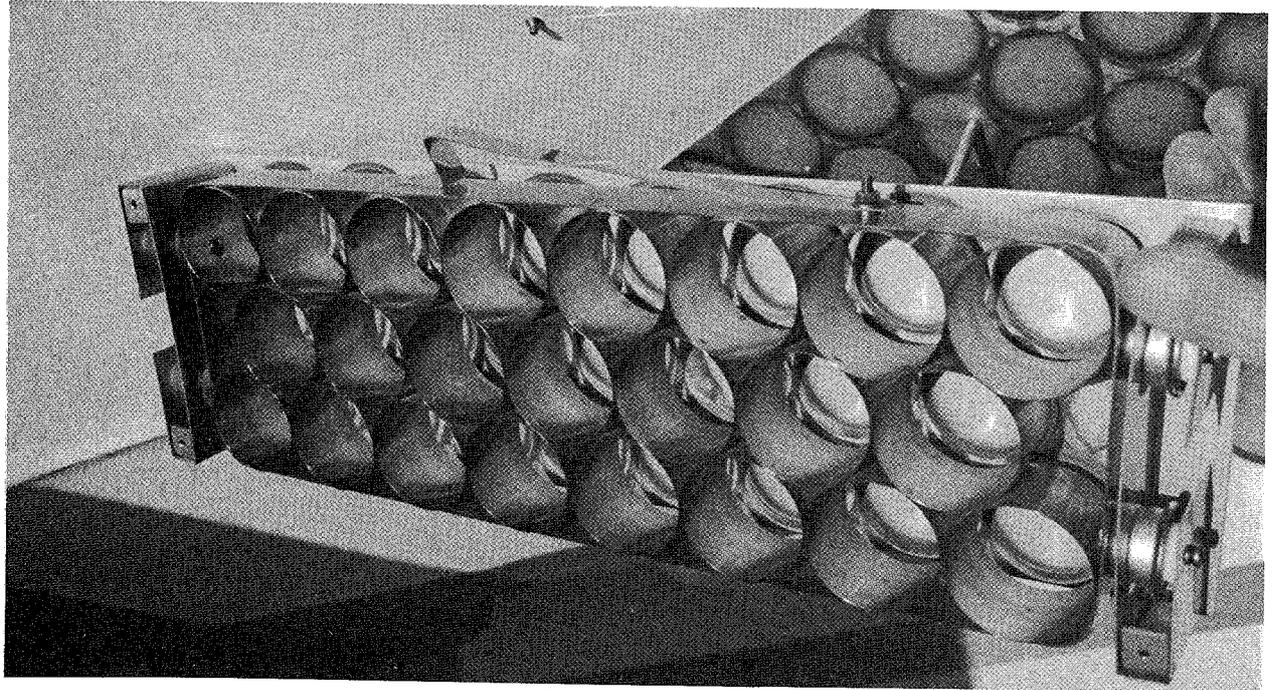
A-1) È stato sperimentato un sistema di pompaggio basato sull'uso di pompe a getter non evaporabile. La sperimentazione non è conclusa. Ci riserviamo ulteriori prove prima di un giudizio definitivo di scelta.

A-2) È stata portata avanti la sperimentazione di un diverso sistema di pompaggio basato sull'uso di pompe ioniche speciali. In particolare si è studiato, costruito e sperimentato un primo tipo di elemento pompante con buoni risultati.

È in corso la costruzione di un secondo prototipo dell'elemento pompante, già pensato per l'impiego nella sezione d'interazione definitiva. Questo prototipo verrà provato nel campo magnetico di un solenoide del sistema, al fine di ottimizzarne la velocità di aspirazione ai vuoti prescritti.

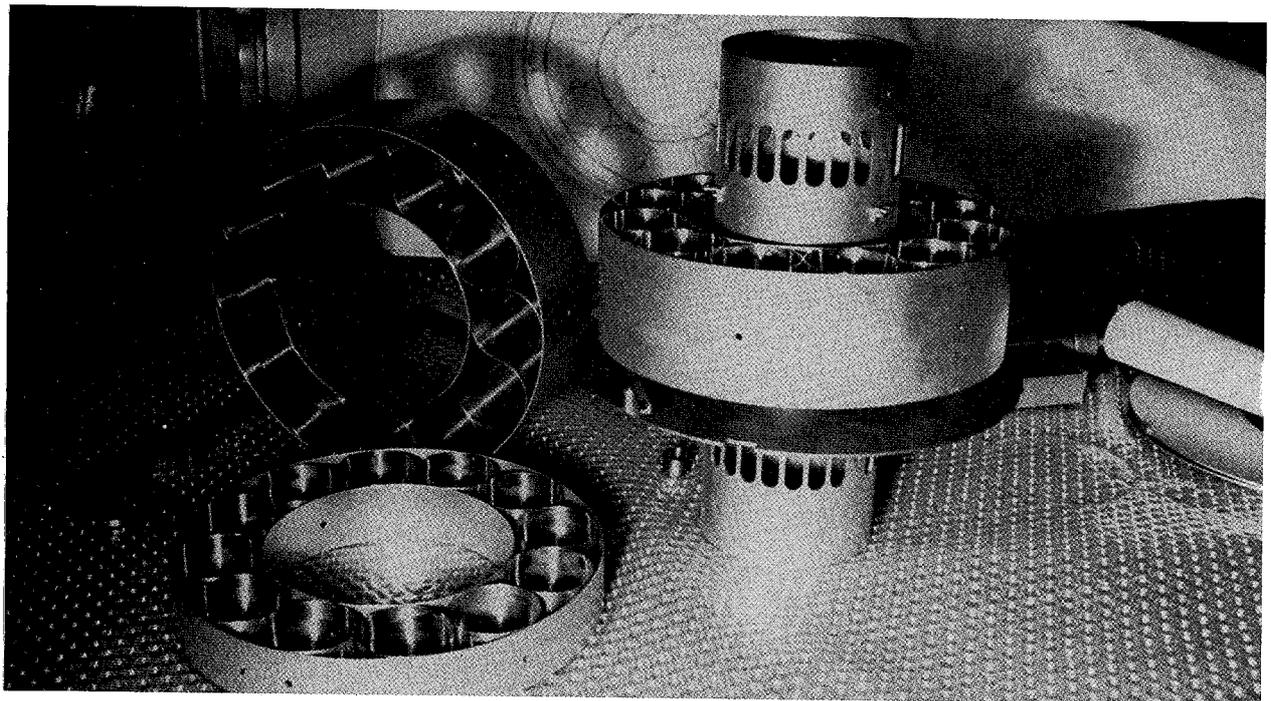
A-3) Sono state eseguite le prove di potenza del cannone dell'esperimento, con particolare riguardo allo studio del suo degassamento in esercizio. Con il sistema da vuoto definitivo il cannone lavora, a regime, ad una pressione di  $1 \times 10^{-9}$  torr, conformemente ai dati di progetto.

A-4) Sono state eseguite delle prove di deformazione sotto pressione esterna di pompe ioniche "Starcell" della ditta VARIAN. Queste prove si sono rese necessarie perché una parte del sistema da vuoto lavorerà in ambiente di esafluoruro di zolfo alla pressione di 3 Atm.



*Fig. 82 - Prototipo di pompa ionica a celle grandi.*

*Fig. 83 - Parti della pompa ionica della camera di interazione.*



esafluoruro di zolfo alla pressione di 3 Atm. Queste prove hanno mostrato la necessità di apportare delle modifiche strutturali al corpo-pompa. D'accordo con la ditta è stata definita una modifica di progetto in corso di realizzazione.

B) Progetto meccanico delle parti costituenti l'apparato

B-1) Progetto e costruzione contenitore per prove in pressione delle pompe ioniche

B-2) Progetto e costruzione prototipi pickups. Ne sono stati realizzati, per successivo affinamento, svariati modelli, l'ultimo dei quali ha dato risultati più che soddisfacenti.

B-3) Progetto e costruzione del prototipo della camera d'interazione

B-4) Progetto delle camere da vuoto degli elementi magnetici toroidali.

#### PROGRAMMA DI SUPERCONDUTTIVITÀ

*Componenti del gruppo:* A. Aragona, A. Cattoni (Responsabile), R. Ceccarelli, M. De Giorgi, S. Faini, G. Fiore, U. Gambardella, R. Lanzi, L. Maritato, G. Modestino, C. Sanelli, A. Savoia.

#### LABORATORIO CRIOGENICO

L'attività del laboratorio criogenico iniziata alla fine dell'86 con la messa in funzione del 1430 KPS come liquefattore è continuata per tutto l'anno successivo. Le fasi di liquefazione hanno avuto sempre il duplice scopo sia di servizio che di verifica della funzionalità del nuovo sistema dando al personale addetto l'opportunità di completare le proprie esperienze e di raggiungere una autonomia operativa. È stata inoltre verificata la potenza del 1430 Kps come refrigeratore. Alcuni risultati sono riassunti nella tabella. I modi 1,2,3 corrispondono al funzionamento rispettivamente con 1 compressore, 2 compressori e 2 compressori con preraffreddamento con azoto.

	- 1 -	- 2 -	- 3 -	
carico termico (W)	19	45	48	60
produzione liquido (l/h)	//	0.8	//	//
pressione dewar (mbar)	275.5	250.5	320	255.5

#### FACILITIES PER LISA

Una nuova importante utilizzazione del laboratorio criogenico si è resa indispensabile nell'ambito del progetto LISA. È stata avviata infatti la realizzazione di una attrezzatura per tests su cavità RF superconduttrici. A tal fine il laboratorio è stato predisposto per le prove di una cavità monocella di niobio a 500 MHz. Per problemi di spazio ed incompatibilità con i tempi previsti per il wiggler s.c. non è possibile raffreddare il dispositivo mediante il modulo di refrigerazione. Il sistema di raffreddamento della cavità consiste quindi principalmente di un criostato, da collegare al dewar di stoccaggio, in acciaio ed alluminio con schermo raffreddato con azoto a 77° K, con autonomia termica di molte ore per dissipazioni dell'ordine di decine di Watt.

Tale criostato, il cui dimensionamento è stato fatto in collaborazione con la MAGNEX di ABINGDON (G.B.), fornito dalla stessa, è attualmente in fase di test in laboratorio. (Fig. 84).

Mentre le cavità acceleranti di LISA, in Niobio massiccio, (4 moduli a 4 celle, ciascuno in un proprio criostato) sono state ordinate all'INTERATOM, il Gruppo si è occupato dei problemi generali sulla struttura accelerante e del lay-out dei sistemi criogenici stessi. Stime degli impegni di refrigerazione per le strutture criogeniche ed acceleranti sono state fatte e, nel contempo, si è avviato un progetto per dette strutture in base al quale si sono presi i primi contatti con industrie in grado di fornire il refrigeratore. Si tratterà di un impianto con una capacità di almeno 300W all'elio più 1000 W a 80° K, prestazioni queste da ottenersi senza il precooling in azoto.

Per l'attività sulle cavità superconduttrici, da svolgere in laboratorio, si è provveduto alla valu-

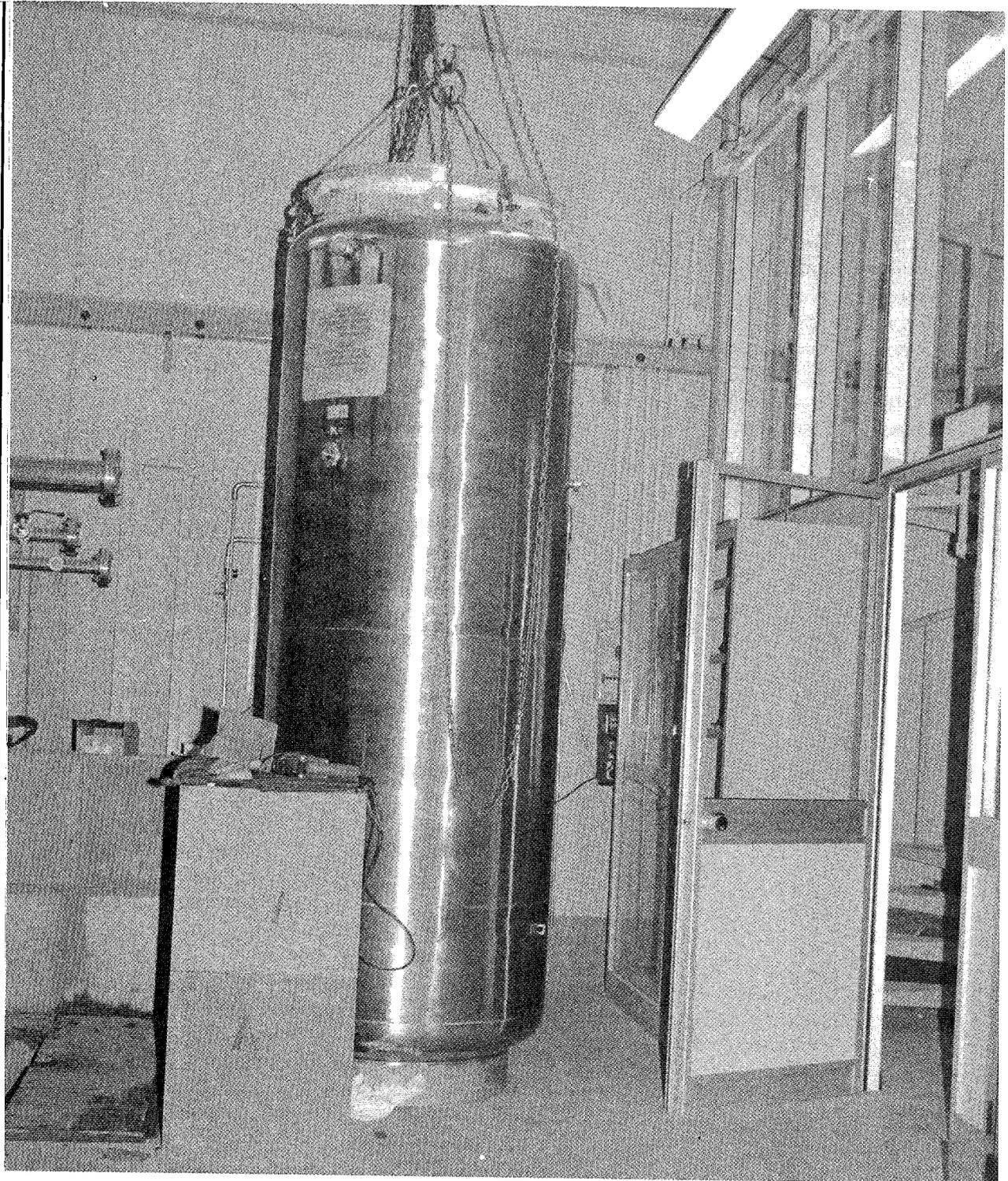


Fig. 84

tazione e scelta delle attrezzature accessorie e di servizio necessarie per operare sulle cavità stesse.

In particolare è stato portato a termine l'acquisto dei sistemi di acqua ultrapura, con resistività superiore ai  $18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm.}$ , e di aria pulita con una parete verticale a flusso laminare in classe 100. Tali sistemi, già montati e pronti per l'impiego, permetteranno di effettuare varie procedure di pulizia sia sulle cavità a cella singola che su quelle a quattro celle, dotando così i nostri laboratori della necessaria indipendenza per quanto riguarda le possibilità di intervento su eventuali disfunzioni delle strutture acceleranti (Fig. 85).

Inoltre è stato acquistato un sistema di deposizione di film sottili per sputtering a magnetron dotato di due targets che possono essere alimentati sia in DC che in AC. Tale sistema è completo di alimentatori, pompaggio, misuratore di spessore e controllo sul flusso di massa del gas Argon usato durante le deposizioni.

La versatilità del sistema permetterà la deposizione di diversi materiali con varie tecniche (sputtering reattivo, multilayer) e potrà essere usato per lo studio dei comportamenti strutturali ed elettrici di film sottili di materiali interessanti dal punto di vista delle applicazioni alle cavità ricoperte.

Per quanto riguarda la diagnostica delle cavità e supporto dell'attività sperimentale, (temperature mapping), è stato acquistato ed installato un criostato di misura a temperatura variabile (da 1.8 K a 300 K) dotato di magnete superconduttore da 5 Tesla con alta uniformità di campo (Fig. 86). Oltre al temperature mapping sulla singola cella a 500 MHz per LISA sono stati studiati analoghi test per la cavità superconduttrice di OSCAM.

#### WIGGLER SUPERCONDUTTORE

La costruzione del magnete, in corso presso l'Ansaldo e subfornitori, pur essendo in una fase avanzata, ha subito un rallentamento per i tempi di approvvigionamento dei materiali necessari alla sostituzione di una bobina, andata in corto in fase di tests elettrici (difetto costruttivo in un pas-

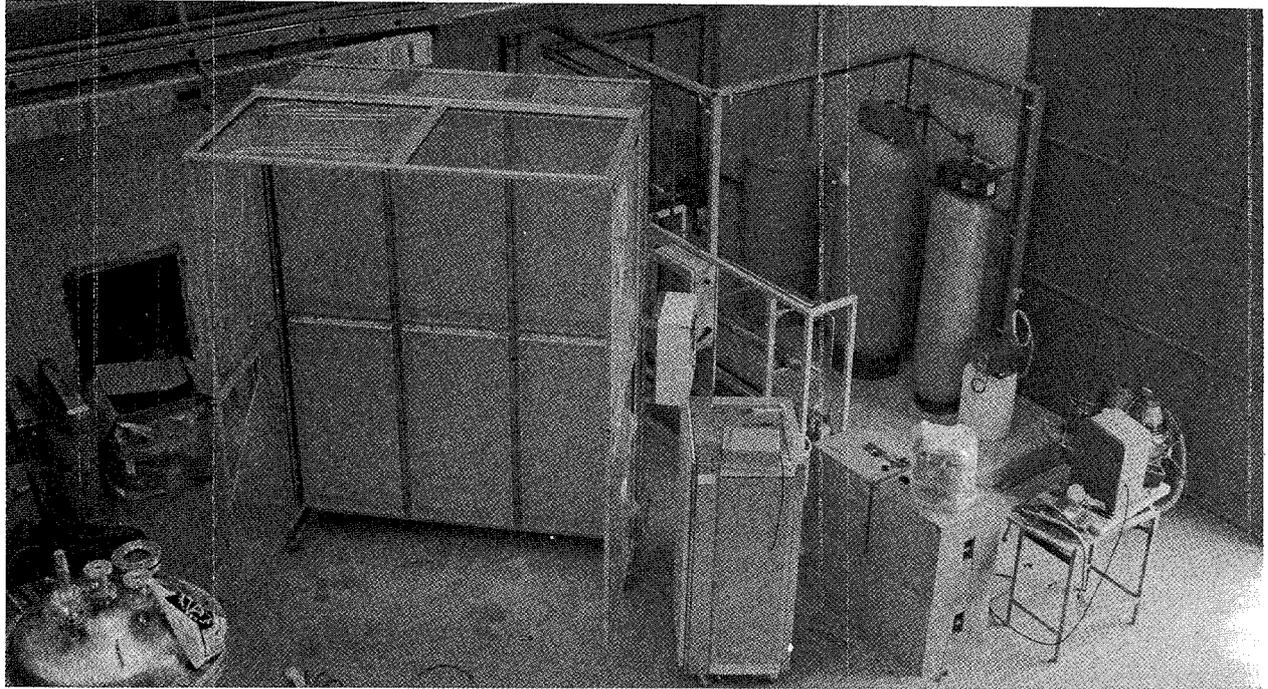
saggio di strato dell'avvolgimento), e di una lastra di acciaio inox che non ha superato i severi tests meccanici (specifica sulla deformazione ammissibile sotto un carico simulante la compressione esercitata dai poli del wiggler al massimo valore di campo magnetico previsto dal progetto). L'Ansaldo, in base all'esperienza fatta, ha dovuto apportare sostanziali modifiche alla tecnologia realizzativa.

Il nostro Gruppo, in questo periodo di "attesa", ha provveduto a definire i particolari meccanici e la strumentazione per il posizionamento del wiggler sull'orbita di Adone (il problema non è banale essendo piani ed assi magnetici del wiggler inaccessibili dall'esterno a causa del criostato) e a completare il progetto delle misure magnetiche da fare in laboratorio.

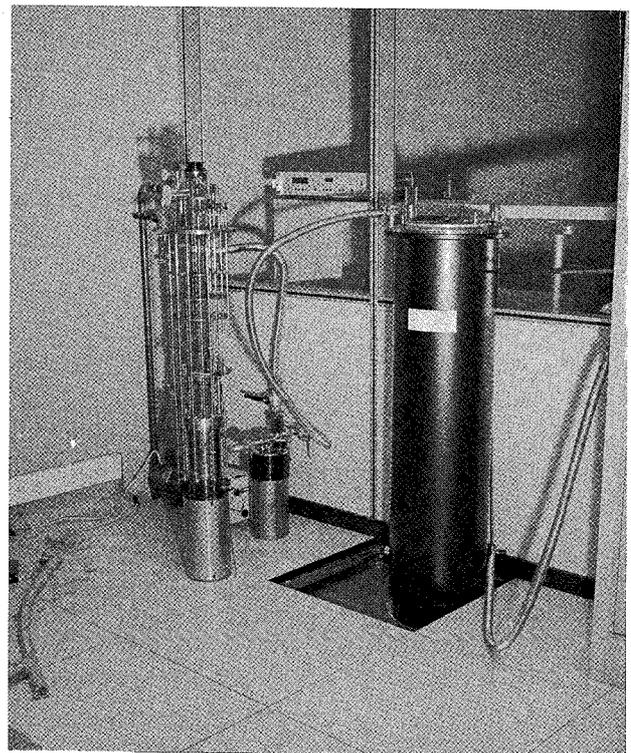
Sistema per le misure magnetiche.

In generale si è concretizzato quanto già iniziato precedentemente per l'acquisizione delle apparecchiature necessarie ad effettuare le misure sia di tipo integrale che puntuali e precisamente: Long rotating coil: questo sistema è stato definito ed è in fase di pre-collauda per accettazione. La bobina di 3 m di lunghezza, è in grado di ruotare ad una frequenza programmabile da 0 a 10 Hz (limite fissato dalla meccanica del sistema), e di traslare lateralmente di  $\pm 5 \text{ cm.}$  I parametri principali della bobina sono: lunghezza 3 m; distanza tra centro e centro dell'avvolgimento (avvolgimento diametrico) 15,6 mm; numero di spire 500; una prova per verificare la sensibilità del sistema è stata effettuata in assenza di campo magnetico onde valutare la componente verticale del campo magnetico terrestre che è risultata essere di 0,43 Gauss. Questo valore può essere confrontato con quello misurato al CERN di 0,42 Gauss (LEP Note 593). Attualmente è in corso lo studio per migliorare i supporti intermedi della bobina per ridurre l'oscillazione e quindi migliorare la precisione del sistema nelle zone ove è presente un gradiente di campo.

Misure puntuali: è stato definito il sistema portasonde e relativo coordinatometro per la mappatura con sonde di Hall del campo. La ditta Con-



*Fig. 85*



*Fig. 86*

tek di Varallo sta ultimando il sistema; il carrello portasonde, a sospensione pneumatica, scorre entro un tubo di guida della lunghezza di 3 m circa ed è trascinato da un nastro trasportatore su cui si effettua la lettura di posizione. In fasi successive il sistema potrà essere sia riutilizzato per altre misure con la eventuale sostituzione del tubo e relativo portasonde, sia essere implementato con motorizzazione, lettura della posizione tramite telescopio elettronico ed asservimento al sistema di acquisizione dati 3852A HP, già installato.

**Magnetometro E6000:** la Magnex ha consegnato lo strumento che è stato provato confrontandolo con un altro magnetometro della Bell con un campo di prova di circa 3 kGauss. La prova ha dato risultati soddisfacenti.

**Magneti compensatori:** sono stati consegnati ed assemblati, su uno dei due magneti sono state effettuate delle misure con sonda di Hall, utilizzando un alimentatore HP in grado di fornire una corrente massima pari a circa la metà di quella nominale di progetto ( $\sim 640$  A), corrispondente ad un campo di 3 kGauss circa. Le misure hanno messo in evidenza un ottimo accordo con la previsione data dal MAGNET, a pari corrente di eccitazione. I valori misurati risultano essere leggermente inferiori a quelli calcolati con un errore di  $\sim 0,85\%$ . Ottima anche la rispondenza al codice della zona di plateau radiale che si estende da  $-7.3$  a  $7.15$  cm. rispetto al centro del magnete, con variazione  $\Delta B/\bar{B}$  contenuta entro il  $\pm 0,1\%$ . Purtroppo l'alimentatore citato non ha buona stabilità, mentre gli impianti ad hoc, che sono in fase conclusiva di costruzione e dei quali è prevista la consegna a febbraio '88, avranno una stabilità a meglio dello  $0.01\%$ . Ci si aspetta quindi che alcuni errori dovuti a derive termiche e ripple residuo debbano sparire, migliorando le prestazioni dei due magneti compensatori.

Infine, nell'ambito del programma di superconduttività, è stato provato ed acquistato in permanent leasing il codice di calcolo tridimensionale MAGNUS, compatibile col VAX, in grado, tra l'altro, di effettuare la rappresentazione grafi-

ca spaziale di mesh, geometria, linee di campo, equipotenziali, plots delle componenti del campo lungo direzioni a scelta e quant'altro di interesse in magnetostatica. La consegna è prevista per gli inizi dell'88.

## PROGETTO ARES

Contributi sono stati dati al progetto della macchina per quanto riguarda valutazioni di massima sulla struttura accelerante, il dimensionamento degli impianti criogenici necessari al funzionamento delle cavità sia nella soluzione standard a  $5$  MV/m sia a  $7$  MV/m. È stata anche effettuata una valutazione economica. Contributi sono stati dati inoltre al progetto del rivelatore per quanto riguarda il dimensionamento di massima, magnetico e criogenico, del solenoide superconduttore.

### Publicazioni:

- Adone Group: "Design Study for the Trieste Synchrotron Light Source" - LNF - 87/6(R), 13/2/1987.
- A. Cattoni, C. Sanelli: "Metodi di calcolo di ondulatori in vista della costruzione di un modello di Linac s.c. con un esperimento di free electron laser" - LNF-87/14 (R), 1/4/1987.
- The LISA Project Group: "Project of a Superconducting RF Linac at Frascati INFN Laboratories" 3rd Workshop on RF Superconductivity, Argonne - USA, September 1987.
- L. Maritato: "Superconduttività ad alta  $T_c$  - Fabbricazione e Caratterizzazione di film sottili di  $YBa_2Cu_3O_x$  e problematiche per le applicazioni alle cavità acceleranti" - LNF - 87/102 (NT), 25/11/1987.
- G. Modestino, R. Lanzi, R. Ceccarelli, G. Fiore: "Prove di refrigerazione" - SCOW-17, 12/11/1987.
- L. Maritato: "Trattamenti superficiali per la costruzione di cavità acceleranti di Niobio "bulk" ad alto Q ed Eac" - SCOW-18, 30/11/1987.
- U. Gambardella: "Criostato wiggler superconduttore: considerazioni sullo schermo a  $77$  K" - SCOW-19, 8/12/1987.
- U. Gambardella, "Wiggler superconduttore: posizionamento meccanico e termometria" - SCOW-20, 10/12/1987.
- U. Gambardella: "Misure di dissipazioni termiche in cavità superconduttrici" - SCOW-21, 18/12/1987.

## DIVISIONE TECNICA

### SERVIZIO PROGETTAZIONI E SPERIMENTAZIONI

*Componenti del servizio:* P. Bannella, A. Battisti, A. Beatri-ci, G. Bisogni, B. Casagrande, A. Ceccarelli, A. Cecchetti, S. Cerioni, R. Ciocca, A. De Paolis, B. Dulach (Resp.), G. Ferretti, E. Jacuessa, V. Luppino, U. Martini, A. Olivieri, D. Orecchini, M. Rossi, G. Sensolini, F. Sgamma, M. Troiani.

I programmi assegnati al servizio per il corrente anno si sono rivolti principalmente agli esperimenti ALEPH, ZEUS, LVD, JET-TARGET, FENICE, e hanno richiesto un notevole contributo di progettazione, di costruzione di prototipi, di assistenza alle installazioni e di ricerche di mercato.

Consistenti collaborazioni, anche se non programmate, sono state prestate alla DIVISIONE MACCHINE e agli esperimenti CDF e MACRO.

Contributi vari sono stati dati ai gruppi SLD, ICARUS, FLATEV, NUSEX, LEALE, LADON, PULS, CALCOLO, FISA, IE, OFTA, TUBIFICIO, utilizzando gli spazi creati nei programmi prioritari, congiunti a un maggiore impegno del personale coinvolto.

L'istogramma allegato mostra i contributi prestatati dal servizio ai vari gruppi, concentrati in attività di progetto, costruzione ed installazione, le quali comprendono anche attività di consulenza, allineamenti, misure, ricerche di mercato e acquisti.

Inoltre, con l'acquisizione di più idonea strumentazione, in particolare di una stazione di misura tridimensionale e di moderne attrezzature topografiche, il laboratorio misure ed allineamenti si è reso operativo rispondendo in maniera soddisfacente alle numerose richieste di collaborazione.

Anche l'attività del Cad/CAE è passata da una fase di puro know-how e di acquisizione di hardware a una fase più applicativa, producendo una interessante serie di lavori operativi.

La sintesi che segue è una descrizione solo approssimativa della mole di lavoro trattata dai tre

gruppi; progettazione, costruzione, acquisti e magazzino, costituenti il servizio.

### GRUPPO PROGETTAZIONI

#### Aleph

È stato studiato il sistema di fissaggio e riferimento dei tubi a streamer e delle stirps di lettura delle camere dei  $\mu$ .

È a uno stadio avanzato la stesura dei disegni delle camere del secondo strato.

#### Zeus (Fig. 87)

È stato sviluppato lo studio ed il disegno dei sistemi di raffreddamento, alimentazione elettrica e movimentazione dei toroidi.

Sono in via di esecuzione i particolari costruttivi dei toroidi ottimizzati anche in relazione alle esigenze dei rivelatori connessi.

Sono state avviate le procedure di gara per l'aggiudicazione della commessa e sono state elaborate le specifiche tecniche relative.

#### LVD (Fig. 88-89)

È iniziato lo studio ed il progetto dei pannelli di supporto dei tubi a streamer e strips del sistema di tracking che ricopre due lati del 200 porta tank dell'esperimento.

Sono state condotte ricerche di mercato sugli adesivi da utilizzare per il fissaggio dei tubi e delle strips sui pannelli ed effettuate prove di affidabilità a temperature variabili.

Si sta studiando un meccanismo semiautomatico per il montaggio del sistema di tracking sui pannelli.

È stata progettata la meccanica del laboratorio ASTRA da adibire ai tests dei tubi a streamer. A regime sarà in grado di testare 1500 tubi contemporaneamente.

#### Obelix (Fig. 90-91)

Si è conclusa l'installazione del magnete a campo assiale completo di impiantistica elettroidraulica. I tests di funzionalità sono programmati per il 1988.

È terminato il progetto della struttura di sostegno e scorrimento dei quattro supermoduli ed è

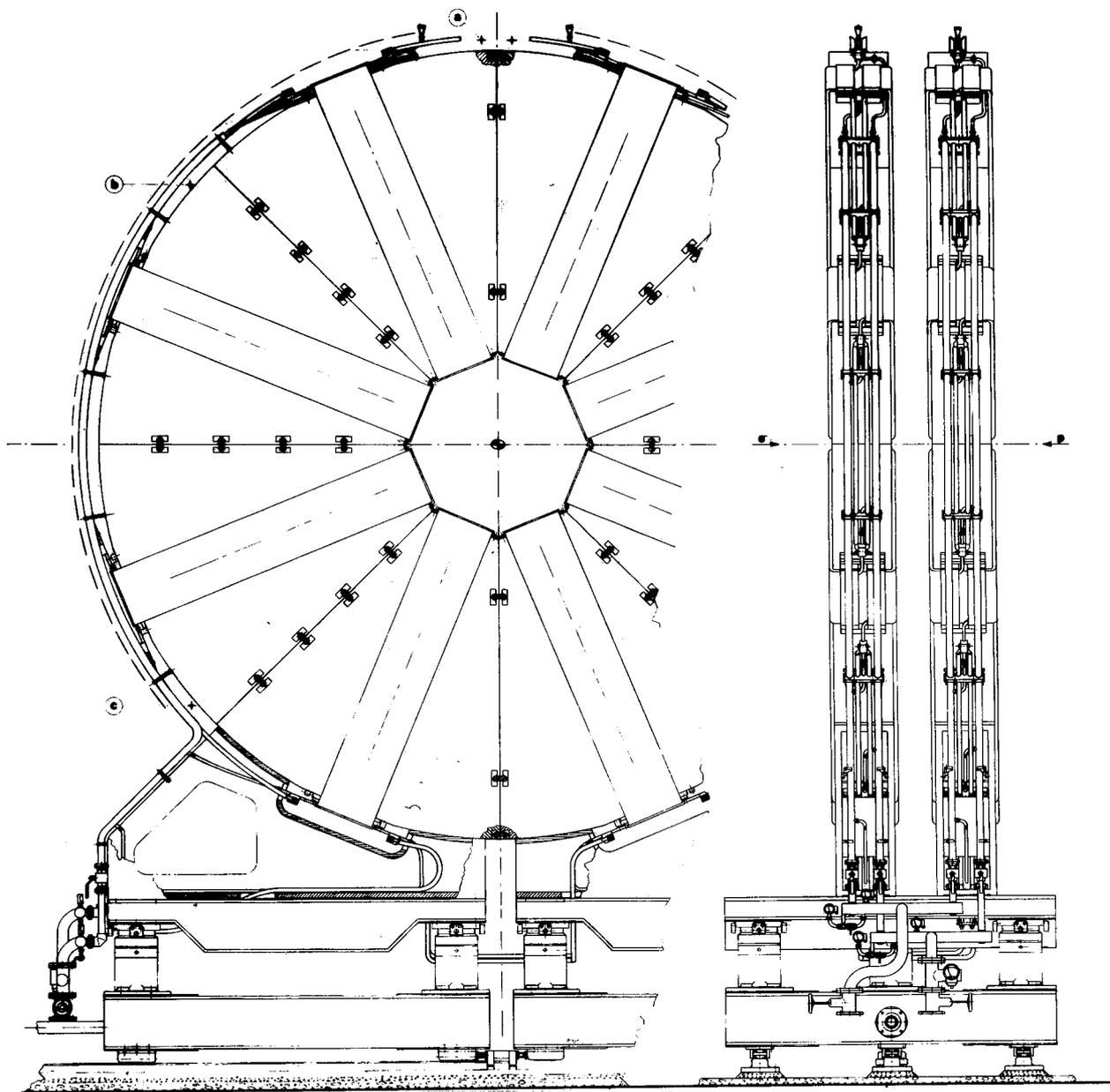


Fig. 87 - Zeus - toroidi.

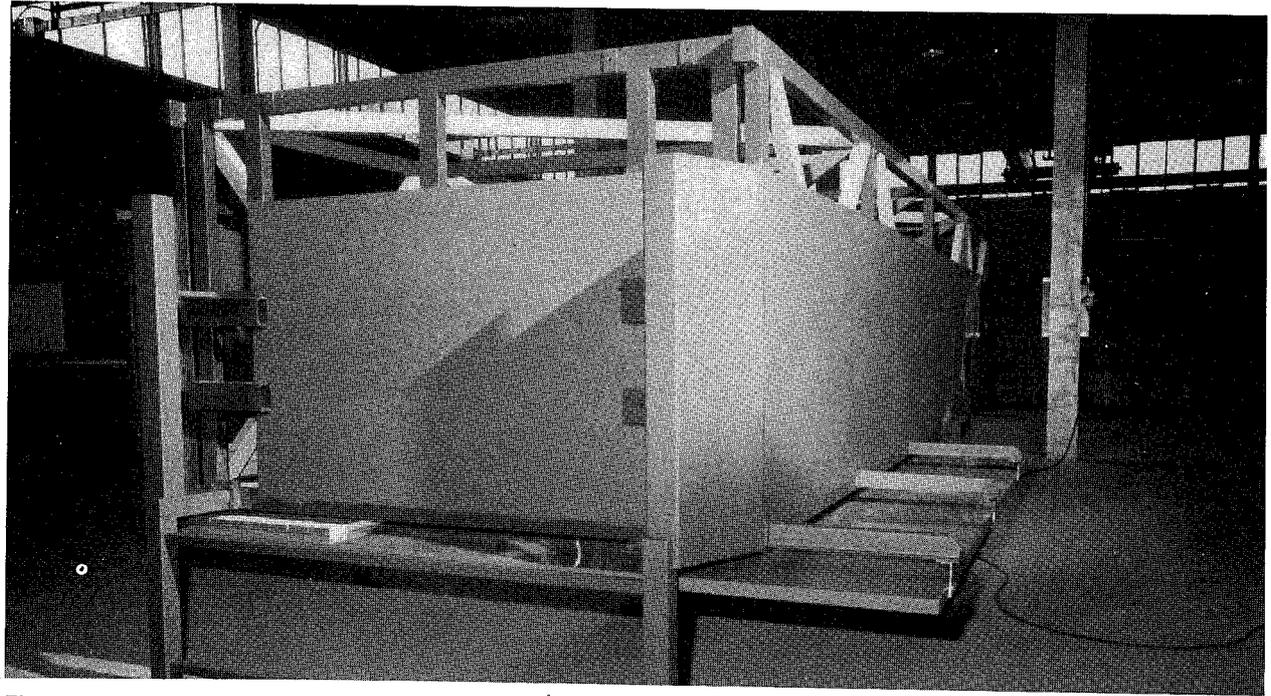
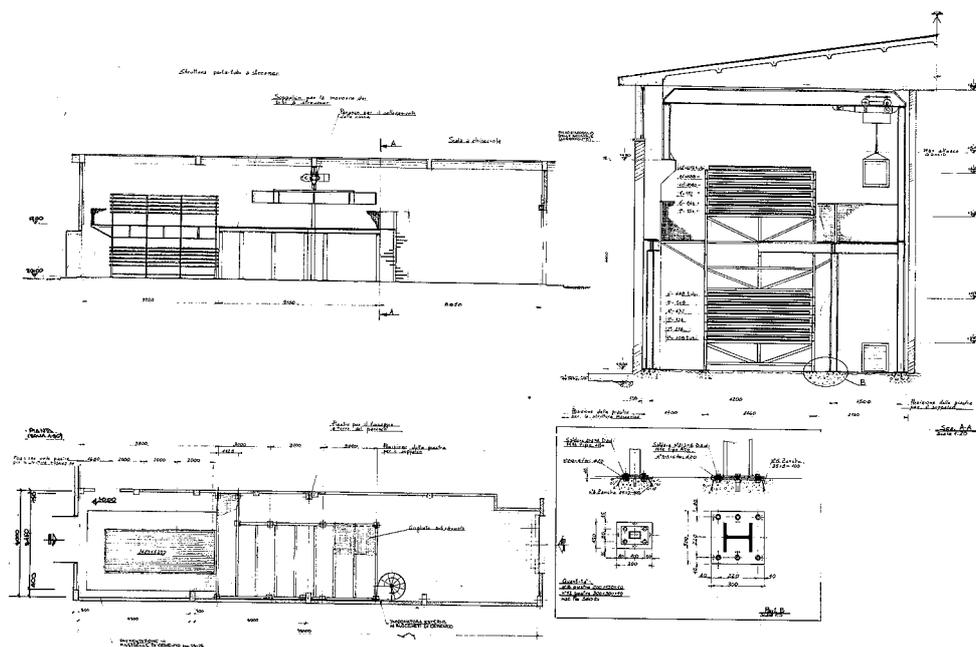


Fig. 88 - LVD - sistema di tracking.

Fig. 89 - LVD - laboratorio ASTRA.



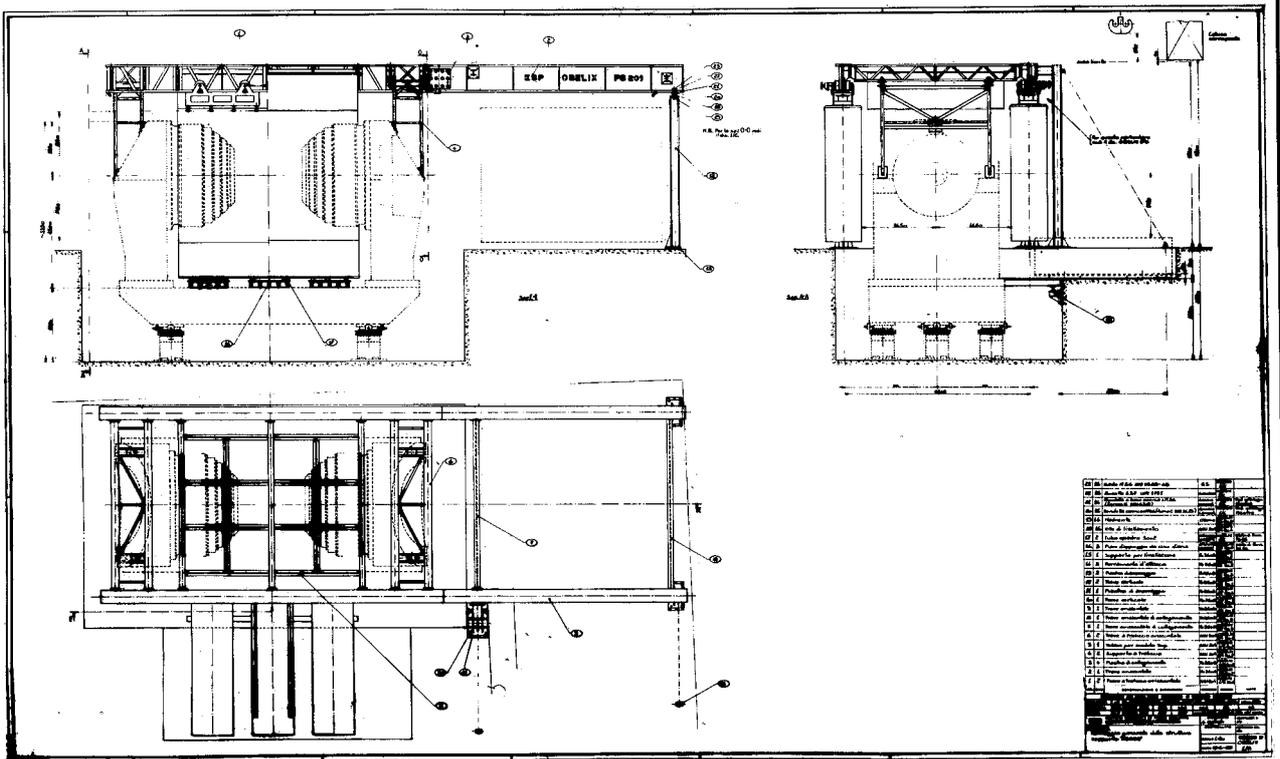
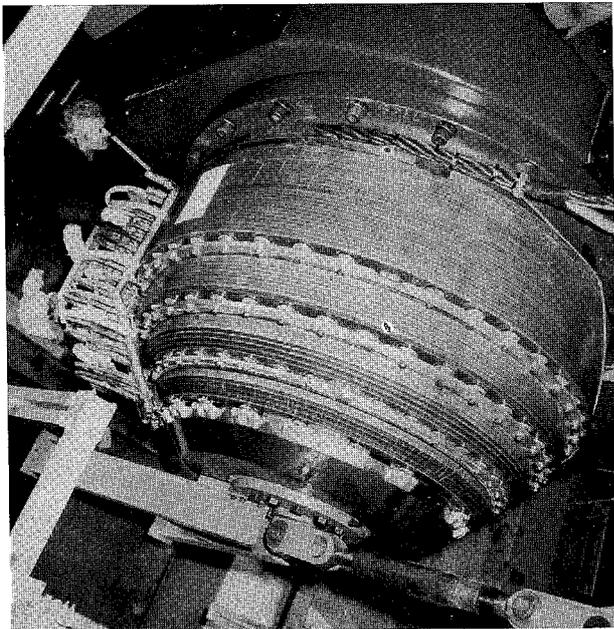


Fig. 90 - Obelix - struttura di sostegno dell'HARGD

Fig. 91 - Obelix - installazione del magnete



stata aggiudicata la fornitura a una ditta esterna.

È iniziato lo studio della stratigrafia dei quattro supermoduli dell'HARGD e del sistema di impaccamento e sostentamento.

#### Jet Target (Fig. 92)

È stato progettato il basamento del magnete dello spettrometro provvisto di movimenti con il relativo supporto per i rivelatori in BGO.

È stata progettata la movimentazione delle targhettole, inserite nelle gap dello spettrometro, utilizzando un sistema pneumatico.

#### Fenice (Fig. 93)

È stato eseguito il montaggio di prova dell'intero apparato in sala MEA ottimizzandone la sistemazione generale ed i movimenti.

È stato realizzato il basamento nella zona sperimentale ed installato l'apparato in posizione definitiva.

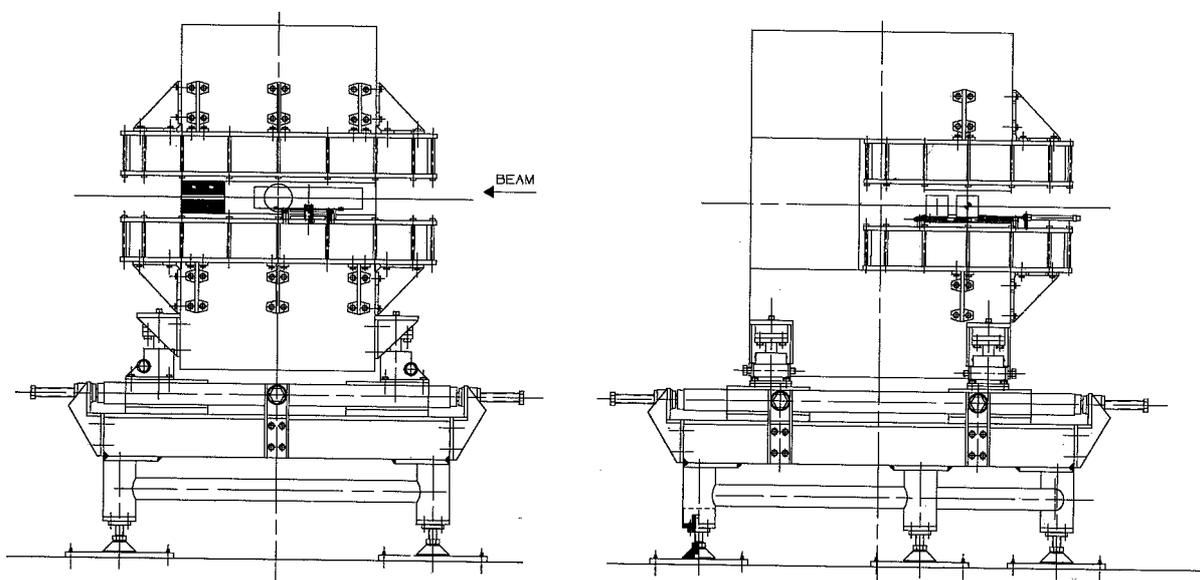
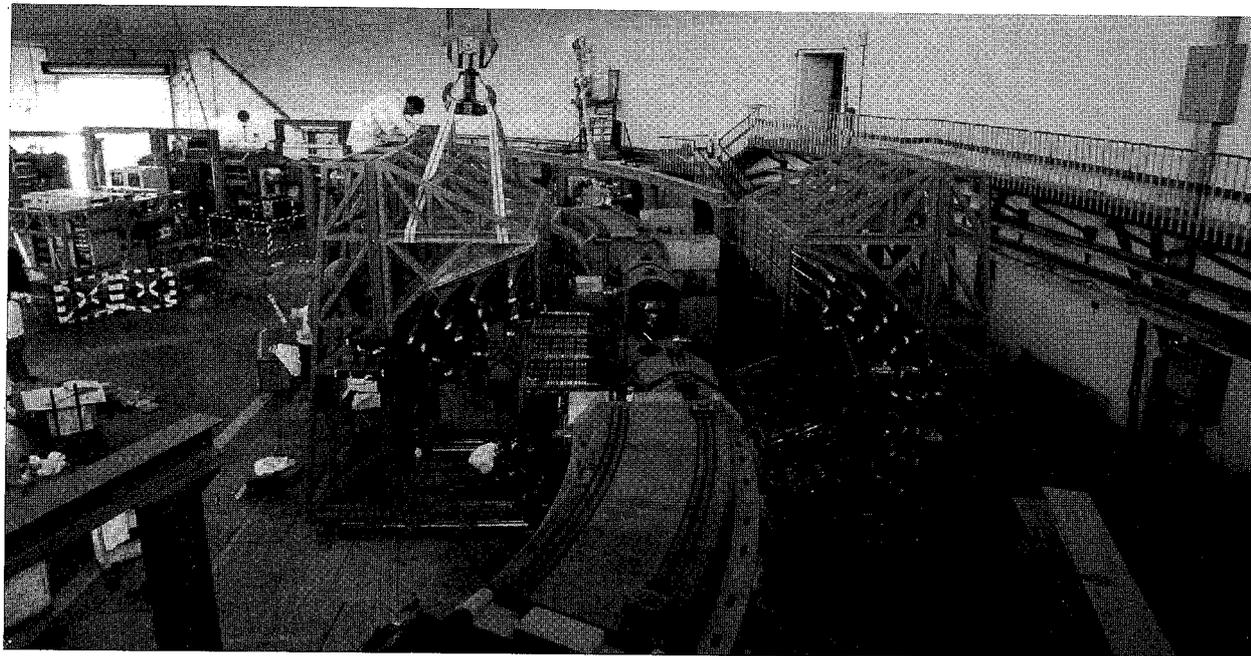


Fig. 92 - Jet-target - Layout del magnete eseguito con il CAD.

Fig. 93 - Fenice - Installazione dell'apparato sperimentale.



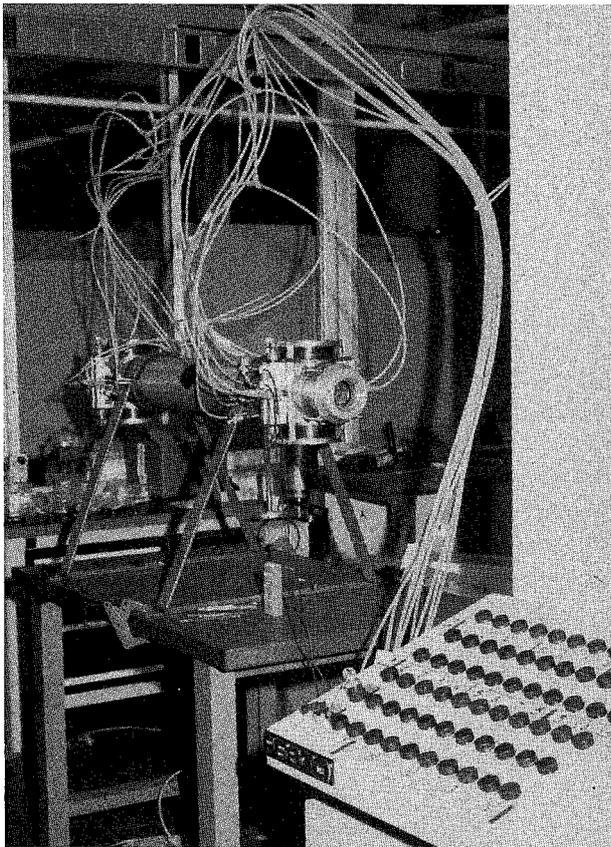
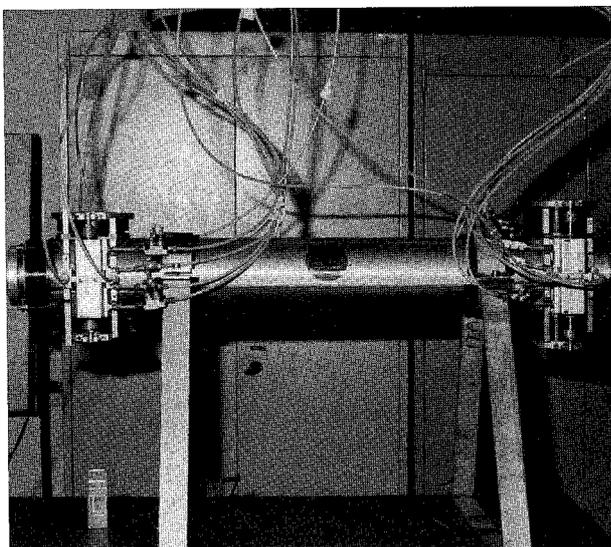


Fig. 94 - CDF - rivelatore per piccoli angoli

Fig. 95 - CDF - corpo del rivelatore per piccoli angoli.



È in fase di allestimento la sistemazione del rivelatore di vertice e dei lavori di contorno.

La costruzione dei manufatti per la casamatta, blocchi e travi in cemento normale e con densità maggiorata, è terminata e sono pronti per essere montati.

#### CDF (Figg. 94-95-96)

È stata progettata la meccanica di un rivelatore per piccoli angoli, da inserire sul canale da vuoto del tevatron del Fermilab, utilizzando per il movimento un sistema pneumatico.

L'attività del laboratorio di metrologia e allineamenti si è rivolta principalmente all'esp. MACRO per l'allineamento dell'apparato nel laboratorio G. Sasso, all'esp. FLATEV al Fermilab per il rilievo delle coordinate degli sciamatori di piombo e dei contatori rispetto al tooling-balls, all'esp. CDF per la misura della posizione dei fili sensibili delle camere a deriva rispetto al beam, al gruppo PULS per il controllo della planarità degli specchi utilizzati per la luce di sincrotrone; all'esp. FENICE per l'allineamento della struttura portante e dei rivelatori esterni sull'asse dell'anello di Adone, alla Div. Macchine per il riallineamento dell'acceleratore lineare.

Sono stati, inoltre, elaborati due prontuari che documentano la potenzialità strumentale del reparto allo scopo di ottimizzarne l'utilizzazione.

#### Progetto CAD/CAE (Figg. 95-96)

Sono stati installati all'inizio dell'anno i sistemi per il disegno computerizzato e per l'analisi dimensionale tramite elementi finiti. Tale installazione è stata oggetto di continui miglioramenti nel corso dell'anno sia per l'hardware che per il software: nella stanza CADCAE sono attualmente a disposizione tre workstations grafiche con alimentazione stabilizzata, collegate ad una macchina per hardcopy a colori, ad un plotter elettrostatico formato AO e ad una stampante alfanumerica; è acquisita la licenza per l'uso del software CAD su una delle tre W.S. mentre sulle altre due sono disponibili licenze gratuite e temporanee, messe a disposizione da Italcad per motivi di studio, su una delle tre è inoltre acquisita la licenza per

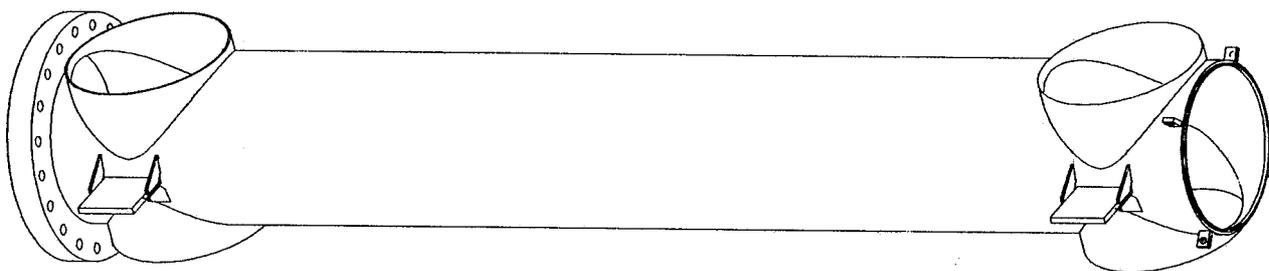
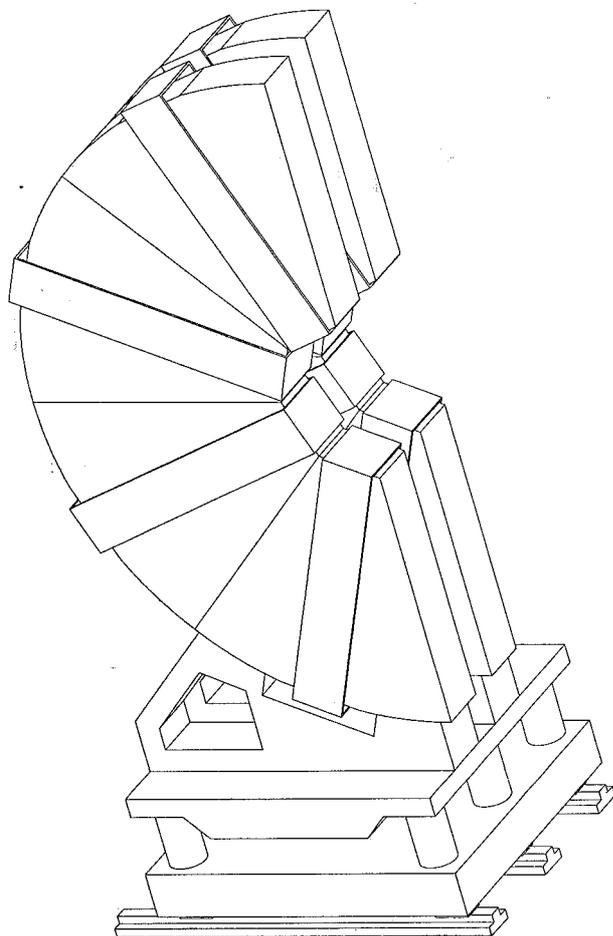


Fig. 96 - Zeus - modello solido di metà toroidi con relativi supporti.

Fig. 97



il software PAFEC (analisi dimensionale).

Ad una fase iniziale, necessaria per l'apprendimento dell'uso dei programmi, è seguita una fase di utilizzazione relativa a vari esperimenti:

JET-TARGET: disegni bidimensionali

CDF: modello solido del corpo del rivelatore a piccoli angoli

ZEUS: disegni bidimensionali e modello solido dei toroidi con i relativi supporti

ZEUS: analisi dimensionale dei toroidi soggetti al peso proprio

Intensa è stata inoltre la collaborazione con la Italcad per la definizione dei miglioramenti da apportare al programma CAD in modo da renderlo utilizzabile in ambiente INFN. Anche a questo scopo si sono organizzati a Frascati due momenti di studio e di discussione specifici: un seminario tenuto da Italcad sulla modellazione solida all'inizio di novembre ed un workshop dal titolo "Il CAD nella progettazione meccanica dell'INFN" alla fine dello stesso mese, estesa a tutto l'Ente ed interessata è stata la partecipazione in entrambe le occasioni.

#### GRUPPO COSTRUZIONI

Le richieste maggiori per la costruzione di prototipi e per l'assistenza alle installazioni sono venute dall'esp. LVD per la realizzazione dei due pannelli di supporto del sistema di tracking. Di un tavolo e di un portauova per il laboratorio

ASTRA; dall'esp. FENICE per la costruzione di particolari vari e modifiche alla struttura con relativo montaggio; dall'esp. ALEPH per la costruzione di particolari e modifiche del sistema di supporto delle camere per i  $\mu$  e collaborazione al montaggio dei relativi rivelatori; dell'esp. CDF per la modifica dei rivelatori per piccoli angoli e costruzione di pezzi vari per la realizzazione di camere a deriva; dall'esp. JET-TARGET per la costruzione della supporteria del magnete e relativa installazione. Realizzazione dei contenitori dei rivelatori inseriti nel magnete Adone; dall'esp. OBELIX per l'installazione del magnete al CERN e la costruzione di particolari per la modifica dell'impianto elettroidraulico; dall'esp. MACRO per la costruzione di un contenitore del rivelatore liquido, di una passerella per il montaggio dei tubi al G. Sasso e di pezzi vari.

#### UFFICIO ACQUISTI E MAGAZZINO

Ha eseguito ricerche di mercato ed esecuzione di ordini per un totale di 309 Ml di lire, di cui 205 Ml per conto del Servizio, 51 Ml per il Magazzino Metalli e 55 Ml per i vari Gruppi dei Laboratori.

Ha curato la scelta di nuovi materiali da immagazzinare e l'incremento delle scorte esistenti.

Ha steso la bozza del nuovo catalogo illustrativo dei materiali e componenti meccanici giacenti in Magazzino.

Ha curato la registrazione e l'elaborazione dei prelievi effettuati dai Gruppi presso i due Magazzini dei Laboratori che ammontano a circa 175 Ml di lire.

#### GRUPPO ELETTROTECNICA

Oltre alla normale gestione della St. Elettrica AT/MT, delle reti e cabine di distribuzione in MT/bt e del lato di potenza degli alimentatori AC/DC, il Gruppo si è visto impegnato anche su programmi di ricerca e di sviluppo dei LNF.

Le attività più significative dal punto di vista dell'impiantistica "tradizionale", sono state:

- Cabina da 500 kVA (3.000/380 V) per il capannone Gran Sasso

- Impianti vari e controllo motori per il Lab. di Superconduttività
- Alimentazione edificio FI.SA.
- Alimentazione cabina di pompaggio (impianto idrico LNF)
- Quadro Lab. ASTRA
- Impianti vari Lab. Fotografico
- Impianti vari Esp. FENICE
- Impianti vari Lab. Metrologia
- Consulenza messa a terra Esp. MACRO (LNGS)
- Studio per alimentazione zona LISA
- Studio per impianti annessi al Wiggler s.c. in Adone
- Studio per alimentazione ed impianti del nuovo edificio AE
- Planimetria elettrica dei Laboratori
- Realizzazione software per Macintosh "Il dimensionamento degli impianti elettrici"
- Ristrutturazioni di impianti esistenti:
- Studio ed ordini per l'installazione dei nuovi alimentatori di potenza dei magneti di Adone
- Nuovi quadri di distribuzione Amministrazione, Direzione, Magazzino, nuova Forestiera e CRAL
- Nuovi quadri Aree Attrezzate.
- Particolare attenzione è stata posta al problema della "distribuzione pulita" dell'energia elettrica, soprattutto per quanto riguarda l'alimentazione di computers.
- Gruppo di continuità da 20 kVA per l'Amministrazione
- Collegamento gruppo di continuità LADON
- Stabilizzatore e gruppo per CAD
- Acquisizione di uno strumento per la misura dei disturbi di rete
- Altro settore di attività a cui è stato dedicato particolare interesse è quello dell'automazione e controllo, con la collaborazione data all'Esp. OBELIX al LEAR (vedi Fig. 98):
- Collegamento di potenza dell'Open Axial Field Magnet da 700 kW
- Apparato di controllo del sistema di raffreddamento, realizzato con logiche programmabili.
- Studio ed ordini per ripetizione a distanza e

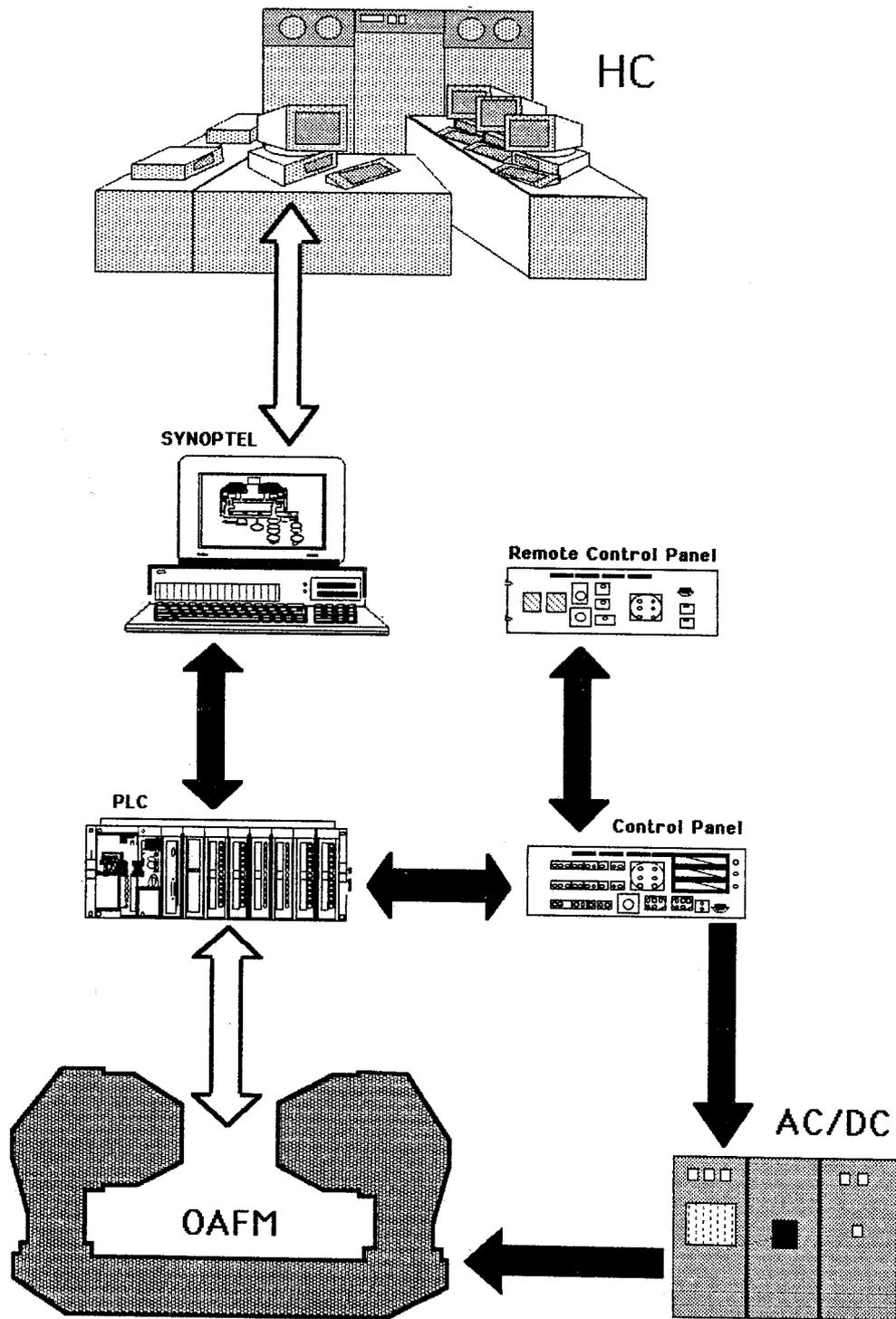


Fig. 98

realizzazione del sinottico di controllo su di un PC a colori.

### SERVIZIO RIVELATORI

*Componenti del gruppo:* R. Baldini-Ferrolì, R. Bonini, G. Catitti, V. Chiarella (Resp.), G. Di Giovanni, R. Di Stefano, A. Di Virgilio, C. Federici, L. Iannotti, D. Pistoni, D. Riondino, G. Sabbatini, A. Tiburzi, S. Valeri.

- OFTA
    - Nel primo semestre l'attività dell'OFTA è stata prioritariamente dedicata all'esperimento ALEPH. L'utilizzazione massiccia di risorse esterne da parte dell'esperimento MACRO, unitamente ad uno slittamento al secondo semestre delle restanti parti, ha invece consentito un supporto ben più ampio del preventivato a FENICE. Nel seguito un dettaglio dei principali impegni assolti.
  - ALEPH
    - Completamento della costruzione dei rivelatori per il barrel;
    - Realizzazione dei rivelatori per il primo strato di camere dei  $\mu$  ;
    - Montaggio calorimetro hadronico al CERN;
    - Montaggio delle prime camere dei  $\mu$  .
  - FENICE
    - Assemblaggio dei rivelatori;
    - Assemblaggio dell'apparato.
  - FLATEV
    - Partecipazione al lavoro di riparazione dei danni provocati dall'incendio.
  - MACRO
    - Macchina per stesura dell'elettrodo di massa sui rivelatori streamer;
    - Struttura mobile per il miscelatore di gas;
    - Montaggio dei rivelatori a tubi streamer al LNGS.
  - SLD
    - Montaggi negli USA;
    - Assistenza locale.
  - TUBIFICIO
    - Manutenzione secondo le richieste.
  - CAD MECCANICO
    - Sono stati fatti gli investimenti necessari ad iniziare l'attività.
  - VARIE
    - Assistenza e consulenza a vari gruppi esterni per le loro attività nei LNF (lavori al tubificio, lavorazioni meccaniche spicchiole, consulenza...);
    - È stato inoltre offerto, ed ampiamente utilizzato, l'accesso e l'uso del parco macchine OFTA ai tecnici meccanici dei vari esperimenti. Per i dettagli si rinvia alle relazioni dei singoli gruppi utenti.
- LFCS (Laboratorio Fotografico e Circuiti Stampati)
- Le attività di disegni per pubblicazioni tecnico-scientifiche, di progettazione masters per circuiti stampati e di documentazione fotografica si sono svolte regolarmente, mentre la realizzazione di prototipi di C.S. ha subito una interruzione in autunno per consentire il rifacimento dell'impianto di scarico dei prodotti chimici, non più idoneo al suo compito.
  - Rinnovo e messa in funzione dell'impianto galvanico;
  - Rifacimento degli impianti di aerazione della camera oscura;
  - Acquisizione e messa in opera della strumentazione per il CAD elettronico;
  - Elaborazione del calendario per il 1988.
- Pubblicazioni**
- 1) D. RIONDINO: La progettazione del circuito stampato nel laboratorio fotografico e circuiti stampati dei LNF-LNF-87/6 (NT).
- Memorandum interni**
- C. Sanelli: "Sistema di distribuzione di energia elettrica per Afrodite", AF-24 (8/1/1987).

- G. Modestino, R. Lanzi, R. Ceccarelli, G. Fiore: "Prove di refrigerazione", SCOW-17 (12/11/1987).
- C. Sanelli: "Quadrupoli per il canale di trasporto iniettore-linac s.c.", LIS-6 (30/11/1987).
- F.Q. Wei, M. Troiani, A. Ceccarelli: "Frascati 60M Linac realignment", M-55 (10/12/1987).

#### **Publicazioni**

- The Adone Group: "Design study for the Trieste synchrotron light source", LNF-87/6(R), (13/2/1987).
- A. Aragona, A. Cattoni, S. Faini, G. Modestino, M. Preger, C. Sanelli, A. Savoia, F. Sgamma, G. Turchetti: "S.Co.W. Superconducting wiggler for Adone", LNF-87/27 - SIF, Synchrotron Radiation at Frascati Users Meeting (1987).
- The LISA Project Group: "Project of a superconducting RF electron linac at Frascati INFN Laboratories", 3rd Workshop on RF Superconductivity, Argonne, USA (Sept. 1987).
- L. Maritato: "Superconduttività ad alta  $T_c$  - Fabbricazione e caratterizzazione di fili sottili di  $YBa_2Cu_3O_x$  e problematiche per le applicazioni alle cavità acceleranti", LNF-87/102(NT), (25/11/1987).

## SERVIZI DI CENTRO

### SERVIZIO DI CALCOLO

*Componenti del gruppo:* M.L. Ferrer, A. Martini, collaboratori O. Ciaffoni, Ster, M. Pistoni, M.A. Spano-Melorio, assistenti

Le risorse di calcolo locale centralizzate sono fornite da un VAX 8650, ottenuto modificando il VAX 8600 già esistente. Il VAX 8650 contiene 32 Mbytes di memoria centrale, 6 dischi di circa 3.2 Gbytes di capacità complessiva (5 RA81 e 1 RA82) e 3 unità a nastro magnetico.

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. È possibile l'accesso oltre che dalla rete INFNET utilizzando il protocollo DECNET, anche utilizzando una serie di linee gestite da Modem con la possibilità dell'autochiamata.

È in via di installazione una rete locale Thin-ethernet con la definizione di una "Local area Vax Cluster" che permetterà l'utilizzo di Vax-station senza dischi di appoggio locale. Il membro principale di questo cluster sarà un VAX non in cluster con il VAX 8650, secondo le attuali specifiche software.

È anche in via di installazione il software JNET che permetterà l'inserimento nella rete EARNET/BITNET dei Laboratori come nodo IRMLNF. Il collegamento avverrà tramite il nodo IRMIAS della sede IAS del CNR. La linea fisica, a 9600 bps, verrà gestita da un interfaccia DMF32 ed è già installata.

Le linee di comunicazione che utilizzano il protocollo DECNET vengono gestite dal Router-Decnet e sono le seguenti:

- \* LNF - CNAF (9600 bps)
- \* LNF - Laboratorio Gran Sasso (9600 bps)
- \* LNF - INFN Roma (48000 bps).

La linea a 9600 bps verso il CNAF verrà attestata su un'interfaccia DMF32 sul VAX in modo di gestirla attraverso un protocollo X25 che permet-

ta la divisione del tipo di traffico: interattivo su questa linea, batch (tipicamente trasferimento o accesso a files remoti) attraverso la linea a 48000 che ci collega con INFN - Roma. Questo verrà fatto nella ridefinizione della topologia della rete INFNET che è attualmente in studio e che pretende una migliore utilizzazione delle linee esistenti.

È stata anche approvata nel 1987 una linea di collegamento con l'ESRIN, dipartimento dell'ESA a Frascati, per permettere un'interconnessione a livello italiano delle reti SPAN (comunità ESA-NASA) e HEPNET (la rete della Fisica delle Alte Energie, della quale INFNET fa parte). Questa linea, a 19200 bps, verrà attestata al Router-Decnet.

Il servizio di stampa locale è servito da stampanti seriali collegate attraverso Terminal server e di stampanti parallele; QMS e LASERJET, quest'ultima acquistata nel 1987.

Il collegamento verso la rete pubblica, ITPAC, avviene attraverso il VAX 8650 utilizzando il software PSI V4.0 e un'interfaccia sincrona su DMF32. È anche installato sul VAX 8650 il software di interfacciamento verso il servizio di telex ITA-03 dell'Eurotech.

Il servizio di mail elettronico continua ad essere fornito attraverso DECNET, EARNET/BITNET e ITAPAC. Contemporaneamente i Laboratori collaborano con il CNAF per la definizione dei 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.

I programmi di espansione per l'anno 88 prevedono installazioni presso il VAX 8650 e installazioni di altri calcolatori in cluster con lo stesso.

- Disco ottico da essere utilizzato come supporto dati per gruppi di ricerca di fisica Nucleare
- VAX 8250 per l'esperimento CDF
- Stazioni di lavoro grafico tipo VAX-station

## SERVIZIO FISICA SANITARIA

*Componenti del gruppo:* R. Centioni, M. Chiti, A. Esposito, A. Gentile, M. Pelliccioni

Nel corso del 1987, il Servizio Fisica Sanitaria ha come di consueto garantito la sorveglianza fisica della radioprotezione nei LNF in ottemperanza a quanto previsto dalla vigente normativa di legge.

Nell'ambito di tale attività le più importanti azioni assicurate, oltre naturalmente a quelle di routine, hanno riguardato le modifiche in corso di realizzazione al complesso Linac-Adone-Leale. Per la maggior parte di esse si è trattato di un lavoro di individuazione dei problemi di radioprotezione e di progettazione delle relative soluzioni, mentre per quanto concerne il nuovo cannone del linac e la nuova cavità RF di Adone si è proceduto anche ai relativi collaudi sperimentali. Notevole inoltre il lavoro svolto per migliorare il sistema di sicurezza delle macchine.

Ha avuto poi inizio lo studio dei problemi di radioprotezione per le attività dei LNF legate alla superconduttività (cavità SC e soprattutto progetto LIS.A). Nell'ambito del progetto LIS.A, sono stati in particolare affrontati, ma non ancora completamente definiti, tutti i più importanti problemi di radioprotezione da risolvere in vista dell'inoltro alle Autorità Vigilanti della richiesta di autorizzazione alla costruzione.

Per quanto riguarda infine le azioni di studio e aggiornamento si ricordano le ricerche aventi per oggetto il calcolo dell'attenuazione dei neutroni in termini delle nuove grandezze operative introdotte per il controllo dell'irradiazione esterna (in collaborazione con un ricercatore della Sezione di Torino) e lo studio della risposta ai fasci di radiazione di sincrotrone di TLD appositamente progettati per questo tipo di applicazioni (in collaborazione con ricercatori del The Boris Kidrič Institute of Nuclear Science, Vinča, Jugoslavia).

### **Pubblicazioni**

- A. Esposito, M. Pelliccioni: Measurements of Gas

bremsstrahlung in the ADONE storage ring, XX Midyear Topical Symposium of the Health Physics Society, CONF-8602106, pag. 495, (Reno, 1987).

- M. Pelliccioni: Operational quantities and units problems in beta and soft X-rays dosimetry, Proc. of the first Yugoslav-Italian radiation protection association meeting (Pula-Yugoslavia, 1986).
- M. Pelliccioni and A. Zanini: Neutron attenuation curves in ordinary concrete using various radiation protection quantities, Rad. Prot. Dos. 18,43, (1987).
- 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, Sixth Symposium on Neutron Dosimetry, Neuherberg, Federal Republic of Germany, 1987 (in corso di stampa).

## SERVIZIO DI MEDICINA DEL LAVORO

*Componenti:* E. Righi (Resp.), P. Rufini

*Collaboratori esterni:* G. Altomano (medico autorizzato per la radioprotezione), R. Cozza (oculista), V. De Simone e M. De Simone (pronto soccorso).

Nell'anno 1987 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.

Il S.M.L. ha curato inoltre 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.

ro e della Radioprotezione medica, in particolare:

1. prosecuzione dello studio sugli indicatori biologici della dose e riorganizzazione del programma di ricerca sulla 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 da magistrati) per la valutazione del rapporto di causalità tra esposizione a radiazioni ionizzanti e tumori, comprendente i seguenti aspetti:
  - analisi dei principi metodologici finalizzati alla valutazione medico-legale del nesso di causalità tra esposizione a radiazioni ionizzanti e tumori;
  - elaborazione dei quadri epidemiologici nella popolazione italiana;
  - definizione di tabelle di riferimento per la valutazione matematico-probabilistica del rischio attribuibile nei singoli casi;
  - possibili forme di recepimento della specifica metodologia valutativa nel contesto giuridico nazionale (in sede penale, civile e assicurativa).

#### **Pubblicazioni**

- 1) E. Righi: "Rischio da campi magnetici statici. I limiti di esposizione". L.N.F. 87/10 (P), 24 marzo 1987.
- 2) E. Righi: "La dosimetria citogenetica in radioprotezione medica: criteri metodologici e significato medico diagnostico". Atti del VII Congresso Nazionale AIRM su "Aspetti clinici della radioprotezione", Siena 29/31 ottobre 1985, Serie Simposi ENEA, giugno 1987, pp. 55-109.
- 3) D. Morano, M. Di Pofi, E. Righi, G. Trenta: "Sindromi talassemiche eterozigoti e rischio professionale da radiazioni ionizzanti". Atti del VII Congresso Nazionale AIRM su "Aspetti clinici della radioprotezione", Siena 29/31 ottobre 1985, Serie Simposi ENEA, giugno 1987 pp. 199-220.
- 4) E. Righi, M. Di Pofi: "Chernobyl un anno dopo. Aspetti clinici dell'incidente di Chernobyl. La patologia da radiazioni ionizzanti (terza di tre parti)". Medicina, 7, pp. 291-308, 1987.
- 5) E. Righi: "La lesività da laser: criteri e interventi di sorveglianza medica". Atti del Convegno sulla Saldatura Laser organizzato dall'Istituto Italiano della Saldatura,

ENEA-CRE Frascati, 29-30 ottobre 1987.

- 6) Gruppo di ricerca CARIOPEPR (Medicina del Lavoro e Gruppo PEPR LNF, INFN; USL Roma 29; Gruppo ENEA): "Studio di un sistema automatizzato per la dosimetria citogenetica". LNF-87/100 (R), 20 novembre 1987.

#### **SERVIZIO DOCUMENTAZIONE**

*Componenti del gruppo:* L. Invidia, G. Leoni, M. Pacifici e G. Romagnoli, R. Baldini-Ferrolì (Resp.).

La Biblioteca ha avuto nel corso dell'anno un incremento di circa 400 volumi. Ai libri acquistati su segnalazione vanno aggiunti volumi pervenuti alla biblioteca per donazione o scambio. Gli abbonamenti a riviste non hanno subito particolari variazioni, tranne la tendenza ad aumentare le riviste in dotazione ai vari gruppi. Il totale è di 146 titoli complessivi.

Il Servizio Documentazione nel 1987, oltre al lavoro di routine per la gestione del Servizio ha curato 108 lavori, oltre ai 23 delle Sezioni dell'INFN e l'edizione di 35 lavori inviati per la pubblicazione a riviste e Proceedings delle Conferenze (v. elenco pubblicazioni).

Si è concluso il catalogo delle pubblicazioni dei LNF su VAX, per la consultazione e la ricerca automatica (v. LNF-87/87 (NT)).

È aumentato lo scambio delle pubblicazioni con Istituti italiani e stranieri (circa 350).

Inoltre il Servizio Documentazione, ha partecipato all'organizzazione e alla Segreteria di:

- "1st Frascati Meeting on Synchrotron Radiation Applications to Digital Subtraction Angiography", Frascati 6-8 Maggio 1987;
- "Bruno Touschek Memorial", Frascati 11-15 Maggio 1987;
- Meeting "Physics Possibilities of High Luminosity  $e^+e^-$  Facility up to  $\sim 12$  GeV", Frascati 22-23 Aprile 1987;
- "Perspectives in Elementary Particle Physics Theory Experiments, and Phenomenology", Roma, Accademia dei Lincei, 5-7 Nov. 1987.

**Publicazioni**

- Proc. della Conferenza "Synchrotron Radiation at Frascati: 1986 Users Meeting, Frascati, 27-29 Maggio (1986), edited by S. Mobilio, F. Patella and S. Stipcich
- (SIF, Bologna, 1987);
- Proc. del Meeting "Physics Possibilities of High Luminosity  $e^+ e^-$  Facility up to  $\sim 12$  GeV", Frascati 22-23 Aprile 1987, edited by L. Invidia (1987).

## ELENCO PUBBLICAZIONI

- 87/1 P B. D'Ettoire-Piazzoli: CYGNUS X-3 MUON SIGNAL IN THE NUSEX EXPERIMENT, H.E.-U.H.E., Vulcano (1986).
- 87/2 P A. Bianconi, I. Davoli, S. della Longa, J. Garcia, A. Kotani, A. Marcelli: THE INTERATOMIC INTERMEDIATE VALENCE STATE OF INSULATING CORRELATED OXIDES  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{PrO}_2$  and  $\text{TbO}_2$ , Pacs. 78.70. DM, Proc. Intern. Conf. on Valence Fluctuations, Plenum Press, Bangalore, n.y. (1987).
- 87/3 P C. Guaraldo, V. Lucherini, E. De Sanctis, P. Levi Sandri, E. Polli, A.R. Reolon, S. Lo Nigro, S. Aiello, V. Bellini, V. Emma, C. Milone, G.S. Pappalardo: PHOTOEXCITATION MECHANISMS AND PHOTOFISSION CROSS SECTION FOR Bi BY 100 300 MeV QUASI-MONOCROMATIC PHOTONS, submitted to Phys. Rev.
- 87/4 R G. Ciapetti, R. Colini, M. Pistoni, L. Zanello: ROTO-TRASLAZIONE DI FIGURE BIRIDIMENSIONALI CON LA STAZIONE GRAFICA WHIZZARD 7200 DELLA MEGATEK, APPLICAZIONE: PROGRAMMA PER IL DISPLAY E L'ANALISI INTERATTIVA DEI DATI DEL MICROVERTEX DI UA1.
- 87/5 NT D. Riondino: LA PROGETTAZIONE DEL CIRCUITO STAMPATO NEL LABORATORIO FOTOGRAFICO E CIRCUITI STAMPATI DEI LNF.
- 87/6 R Adone group: DESIGN STUDY FOR THE TRIESTE SYNCHROTRON LIGHT SOURCE.
- 87/8 J. Garcia, A. Bianconi, M. Benfatto, C.R. Natoli: COORDINATION GEOMETRY OF TRANSITION METAL-IONS IN DILUTE SOLUTIONS BY XANES, J. de Physique, Colloque C8, Suppl. 12, Tome 47 (1986).
- 87/9 PT S. Geer, G. Pancheri, Y.N. Srivastava: LARGE TRANSVERSE MOMENTUM W PRODUCTION AT HADRON COLLIDERS, submitted to Phys Rev. B.
- 87/10 R E. Righi: RISCHIO DA CAMPI MAGNETICI STATICI: I LIMITI DI ESPOSIZIONE.
- 87/11 A. Filipponi, F. Fiorini, F. Evangelisti, A. Balerna, S. Mobilio: AMORPHOUS HYDROGENATED ALLOY: A COMPARATIVE EXAFS STUDY OF  $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ ,  $a\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{:H}$ ,  $a\text{-Si}_x\text{N}_{1-x}\text{:H}$  AT THE SILICON K-EDGE, J. de Physique Colloque C8, Suppl. 12 Tome 47 (1986).
- 87/12 P V. Azcoiti, J.L. Cortes: PHOTON MASS GENERATION AND SPONTANEOUS BREAKING OF CHARGE CONJUGATION AND, OR SPACE-TIME SYMMETRIES, submitted to Phys. Rev. Lett.
- 87/13 V. Azcoiti: CONFINEMENT AND VACUUM STRUCTURE IN COMPACT QED ON THE LATTICE, Phys Lett, B194, 438 (1987).
- 87/14 R A. Cattoni, C. Sanelli: METODI DI CALCOLO DI ONDULATORI IN VISTA DELLA COSTRUZIONE DI UN MODELLO DI LINAC S.C. CON UN ESPERIMENTO DI FREE ELECTRON LASER.
- 87/15 NT V. Carlotti, M. Coli, L. Trasatti: PROCESSORE CONTROLLORE VME MONOSCHEDA.
- 87/16 R A. Aragona, C. Biscari, S. De Simone, E. Gianfelice, S. Guiducci, V. Lollo, S. Pella, M. Preger, M. Serio: MEASUREMENT AND STEERING OF BEAM POSITION IN ADONE.
- 87/17 P E. Etim, L. Satta: DESCRIPTION OF DIFFRACTION SCATTERING ON NUCLEI AT ALL MOMENTUM TRANSFERS, submitted to Europhys. Lett.
- 87/18 R A. Antonelli, R. Baldini-Ferrolì, M.E. Biagini, S. De Simone, B. Dulach, S. Guiducci, A. Preger, M. Serio, M. Spinetti, L. Tecchio et al.: AN EXPERIMENT TO MEASURE THE ELECTROMAGNETIC FORM FACTORS OF THE NEUTRON IN THE TIME-LIKE REGION.
- 87/19 P A. Rindi, S. Miozzi, F. Celani: CALIBRATION OF AN ANISOTROPIC NEUTRON DETECTOR, submitted to NIM.
- 87/20 PT E. Etim: KILLING SYMMETRIES FROM THE LANGEVIN EQUATION, submitted to Phys. Lett. A.
- 87/21 P C. Guaraldo: THE CASE OF H PARTICLE, Proc. of the Winter School on Hadronic Physics at Intermediate Energy (Folgaria 1987).
- 87/22 P R. Baldini-Ferrolì: HADRONIC PHYSICS AT INTERMEDIATE ENERGY, Proc. of the Winter School (Folgaria '87) II Course Ed: by T. Bressani, B. Minetti and G. Pauli, pag. 189-206 (1987).
- 87/23 P M. Spinetti: STREAMER TUBES: FEATURE AND THEIR USE, c.s. p. 409-424.
- 87/24 P S. Tazzari: ELECTRON STORAGE RINGS FOR THE PRODUCTION OF SYNCHROTRON RADIATION, Joint U.S. CERN Topical Course Texas (October 1986).
- 87/25 P S. Pace, F. Celani, A. Giorgi, A. Saggese, S. Pagano: INTRINSIC RESOLUTION OF SUPERCONDUCTING TUNNEL JUNCTIONS USED AS IONIZING PARTICLE DETECTORS, "Advances in the Physics of Condensed Matter", World Scientific (1987).
- 87/26 R RAPPORTO ATTIVITÀ 1986.

- 87/27 A. Aragona, A. Cattoni, S. Faini, G. Modestino, M. Preger, C. Sanelli, A. Savoia, F. Sgamma, G. Turchetti: S.CO.W. SUPERCONDUCTING WIGGLER FOR ADONE - Conf. Proc. "Synchrotron Radiation at Frascati - 1986, Users Meeting", SIF Vol. 5 pag. 1, Eds. S. Mobilio, S. Patella and S. Stipcich (1986).
- 87/28 M. Ambrosio, G.C. Barbarino, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini, M.R. Masullo, S. Guiducci, P. Patteri and M. Preger: LELA: A FREE ELECTRON LASER ON ADONE, c.s. pag. 11.
- 87/29 A. La Monaca, M. Iannuzzi and R. Messi: SMALL ANGLE X-RAY SCATTERING APPARATUS WITH THREE-DIMENSIONAL IMAGING GAS DETECTOR, c.s. pag. 15.
- 87/30 A. Balerna and S. Mobilio, A. Merlini: EXAFS IN A DISPERSIVE MODE, c.s. pag. 21.
- 87/31 M. Preger, B. Spataro, R. Bernabei, M.P. De Pascuale and C.Schaerf: MONOCHROMATIC AND POLARIZED TAGGED LADON GAMMA RAY BEAM AT THE ESRF MACHINE, c.s. pag. 31.
- 87/32 E. Burattini, E. Bernieri, G. Cappuccio, M. Colapietro, C. Marciante, A. Pifferi and R. Spagna: FIRST X-RAY DIFFRACTION EXPERIMENTAL RESULTS AT THE ADONE WIGGLER LINE BX1, c.s. pag. 37.
- 87/33 E. Burattini, A. Balerna, E. Bernieri, C. Mencuccini, R. Rinzivillo and Chen Quan-Hong: THE ADONE WIGGLER SOFT X-RAY BEAM LINE, c.s. pag. 47.
- 87/34 M. Benfatto and C.R. Natoli: UNIFIED SCHEME OF INTERPRETATION OF THE X-RAY ABSORPTION SPECTRA BASED ON THE MULTIPLE SCATTERING FORMALISM, c.s. pag. 59.
- 87/35 J. Garcia, M. Benfatto, A. Bianconi, A. Clozza and C.R. Natoli: COORDINATION GEOMETRY OF TRANSITION METAL IONS IN DILUTE SOLUTIONS BY XANES, c.s. pag. 63.
- 87/36 E. Bernieri, A. Balerna, S. Mobilio, E. Burattini: MULTIELECTRON TRANSITIONS ON X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY, c.s. pag. 65.
- 87/37 A. Congiu-Castellano, A. Bianconi, M. Dell'Aricea, A. Giovannelli, S. Della Longa, E. Burattini, G. Giacometti, S. Morante: LIGAND BONDING ANGLE IN HEMOPROTEINS BY XANES SPECTROSCOPY, c.s. pag. 67.
- 87/38 A. Giovannelli, I. Ascone, A. Bianconi, A. Congiu, S. Alemà, P. Fasella: CALCIUM BINDING SPECIFICITY AND LOCAL STRUCTURE IN CALCIUM MODULATED PROTEINS BY HIGH RESOLUTION XANES AND EXAFS SPECTROSCOPY, c.s. pag. 71.
- 87/39 A. Gargano, M. Benfatto, A. Bianconi, I. Davoli, P. Chiaradia, M. Fanfoni, J. Garcia, A. Marcelli and C.R. Natoli: OXIGEN K EDGE AND LOCAL STRUCTURE OF AMORPHOUS SiO<sub>2</sub>, c.s. pag. 73.
- 87/40 A. Marcelli, A. Bianconi, J. Garcia, I. Davoli: FINAL STATES AND INTERMEDIATE VALENCE IN XANES OF INSULATING RARE EARTH OXIDES, c.s. pag. 77.
- 87/41 I. Bertini, S. Mangani, L. Messori, S. Mobilio, P.L. Orioli: EXAFS INVESTIGATIONS ON AN NH<sub>2</sub>-TERMINAL CONTAINING A SINGLE IRON BINDING SITE, c.s. pag. 81.
- 87/42 M. Belli, M. Matzeu, A. Scafati, A. Balerna, E. Bernieri, S. Mobilio, G. Onori, A. Reale, A. Bianconi: INTERACTION OF DNA WITH Cu IONS, c.s. pag. 87.
- 87/43 S. Stizza, M. Benfatto, A. Clozza and J. Garcia: VANADIUM SITE STRUCTURE IN V<sub>2</sub>O GEL BY POLARIZED EXAFS AND XANES, c.s. pag. 89.
- 87/44 I. Davoli, M. Tomellini, M. Fanfoni, A. Marcelli and A. Bianconi: SURFACE XANES AT OXIGEN K-EDGE OF OXIDE GROWN ON NICKEL, c.s. pag. 93.
- 87/45 M. Diociaiuti, C. Milardi, P. Picozzi, S. Santucci, A. Balerna and S. Mobilio: EXAFS STUDY OF SPUTTERED Pd CLUSTERS, c.s. pag. 99.
- 87/46 A. Balerna, S. Mobilio: A NEW FORMULATION OF THE EXAFS DEBYE-WALLER FACTOR FOR THE DETERMINATION OF THE DYNAMICAL PROPERTIES OF SMALL GOLD CLUSTERS, c.s. pag. 101.
- 87/47 F. Garagiola, P.L. Villa, S. Mobilio, G. Vlais: THE ENVIRONMENT IN DOPED Fe<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> BY EXANES, c.s. pag. 109.
- 87/48 G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Burattini, P. Pertici: EXAFS STRUCTURAL STUDIES OF AROMATIC POLYMERS/RUTHENIUM CATALYSTS, c.s. pag. 115.
- 87/49 G. Faraci, A.R. Pennisi, A. Terrasi, A. Balerna, S. Mobilio: X-RAY ABSORPTION SPECTRA OF Xe IN Xe<sup>+</sup> IMPLANTED SILICON, c.s. pag. 127.
- 87/50 A. Balzarotti, N. Motta: EXAFS OF TERNARY SEMICONDUCTORS, c.s. pag. 129.
- 87/51 G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, E. Burattini: XAS ON FAST ION CONDUCTOR SILVER BORATE GLASSES, c.s. pag. 137.
- 87/52 A. Filipponi, F. Evangelisti, A. Balerna and S. Mobilio: AMORPHOUS HYDROGENATED ALLOYS: A COMPARATIVE EXAFS

- STUDY OF  $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ ,  $a\text{-SiN}_x\text{:H}$  AND  $a\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{:H}$  AT THE Si K-EDGE, c.s. pag. 143.
- 87/53 A. Balerna, M. Benfatto, S. Mobilio, C.R. Natoli, A. Filippini, F. Evangelisti: SPHERICAL WAVE ANALYSIS AND MULTIPLE SCATTERING AMORPHOUS SILICON, c.s. pag. 147.
- 87/54 R. Pizzoferrato, M. Casalboni, R. Francini, U.M. Grassano, F. Antonangeli, M. Piacentini, N. Zema, F. Bassani: TWO-PHOTON ABSORPTION OF ALKALI HALIDES USING SYNCHROTRON RADIATION, c.s. pag. 155.
- 87/55 V. Capozzi, L. Colangeli, E. Bussoletti, A. Minafra, A. Borghesi, A. Devito: SIZE EFFECT IN OPTICAL SPECTRA OF AMORPHOUS CARBON GRAINS, c.s. pag. 159.
- 87/56 A. Kisiel, M. Zimmel-Starnawska, F. Antonangeli, M. Piacentini and N. Zema: d-CORE TRANSITIONS IN ZnTe AND CdTe, c.s. pag. 165.
- 87/57 A. Kisiel, J. Oleszkiewicz, A. Rodzik, F. Antonangeli, M. Piacentini, N. Zema, A. Balzarotti, A. Mycielski: THE INFLUENCE OF Mn 3d ELECTRONS ON  $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$  FUNDAMENTAL REFLECTIVITY SPECTRA, c.s. pag. 167.
- 87/58 G. Chassaing, J.C. Francois, M. Sigrist, F. Antonangeli, N. Zema, M. Piacentini: OPTICAL PROPERTIES OF SCANDIUM THIN FILMS, c.s. pag. 169.
- 87/59 F. Antonangeli, N. Zema, M. Piacentini: CORE EXCITONS IN THE III-VI LAYERED SEMICONDUCTORS, c.s. pag. 173.
- 87/60 F. Antonangeli, A. Chiari, F. Fermi, U.M. Grassano, M. Piacentini, N. Zema: RELAXATION OF HIGH ENERGY ELECTRONIC STATES IN POTASSIUM IODIDE, c.s. pag. 177.
- 87/61 M. Piacentini, N. Zema, U.M. Grassano: COLOUR CENTRES LIFETIME MEASUREMENTS USING SYNCHROTRON RADIATION AND PHASE FLUOROMETRY, c.s. pag. 181.
- 87/62 F. Antonangeli, M. Piacentini, N. Zema, U.M. Grassano, A. Scacco, F. Fermi: ALKALI HALIDES LUMINESCENCE EXCITED IN UV AND VUV REGION, c.s. pag. 185.
- 87/63 F. Evangelisti, R. Cimino, F. Patella, P. Perfetti, C. Quaresima, M. Capozzi: PHOTOEMISSION SPECTROSCOPY ON AMORPHOUS SEMICONDUCTORS AND THEIR INTERFACES, c.s. pag. 193.
- 87/64 C. Coluzza, P. Perfetti, C. Quaresima, M. Capozzi, G. Fortunato: FANO RESONANCE IN AMORPHOUS SILICON NITRIDE, c.s. pag. 195.
- 87/65 C. Quaresima, P. Perfetti, M. Capozzi, C. Coluzza: DOES DIPOLE INDUCE EFFECTS ON HETEROJUNCTIONS?, c.s. pag. 197.
- 87/66 P. Chiaradia, F. Ciccaci, P. De Padova, M. Fanfoni, Z. Habib, P. Nataletti, S. Selci: INITIAL STAGES OF GaP (110) OXIDATION, c.s. pag. 205.
- 87/67 M.N. Piancastelli, R. Zanoni, M.K. Kelly, D. Kilday, G. Margaritondo, P. Perfetti, C. Quaresima, M. Capozzi: TEMPERATURE-DEPENDENT ABSORPTION OF ORGANIC MOLECULES ON Si (III)  $2 \times 1$  IN THE RANGE 140-300°K, c.s. pag. 221.
- 87/68 V. Grasso, S. Santangelo, S. Modesti, M. Fanfoni, M. Piacentini: EXPERIMENTAL STUDIES OF THE VALENCE AND CONDUCTION STATES OF THE TRANSITION METAL THIPHOSPHATES, c.s. pag. 215.
- 87/69 G. Dalba, P. Fornasini, F. Rocca, A. Krajewski, A. Ravaglioli, E. Burattini: XAS STUDIES ON THE ROLE OF THE ALKALINE ION IN A LEAD-GLAZE SYSTEM, c.s. pag. 119.
- 87/70 R A. La Monaca: SCINTILLATION GAS DETECTOR BASED ON CHARGE COUPLED DEVICE. A FEASIBILITY STUDY OF A POSITION SENSITIVE DETECTOR FOR ESRF HIGH BRILLIANCE X-RAY SOURCE, 9/7.
- 87/71 R A. La Monaca: NEW SCATTERING FOR ANISOTROPIC ULTRA-LOW ANGLE SCATTERING EXPERIMENTS USING A THREE-DIMENSIONAL IMAGING GAS DETECTOR OPERATING WITH ERSF X-RAY SOURCES, 9/7.
- 87/72 RT S. Dubnička: REDefined VMD MODEL OF ELECTROMAGNETIC FORM FACTORS OF HADRONS AND NUCLEI WITH ANALYTICITY AND PAPER ASYMPTOTIC BEHAVIOUR, 9/7.
- 87/73 P S. Pace, F. Celani, A. Saggese, A. Giorgi: SIGNAL TO NOISE RATIO IN SUPERCONDUCTING TUNNEL JUNCTIONS AS IONIZING PARTICLE DETECTORS, Pacs.: 06.70.D, Edizione Tokyo Agosto 1987, ISEC '87, pag. 349 (1987).
- 87/74 R A. Antonelli, S. Calcaterra, M. Schioppa: INVESTIGATION OF THE REACTION  $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$ .
- 87/75 PT M. Greco: ROLE OF RADIATIVE CORRECTIONS FOR PRECISION TESTS OF THE STANDARD MODEL, La Thuile (1987).
- 87/76 PT S. Bellucci: ON-SHELL EQUIVALENCE OF LIGHT-LIKE INTEGRABILITY AND CA-

- NONICAL CONTRAINTS FOR  $D=10$ ,  $N=1$  SUPERGRAVITY, submitted to Nucl. Phys.
- 87/77 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  ${}^2\text{H}(\gamma, p)n$  AT 170 AND 210 MeV, Phys. Rev. Lett. 59, 2543, (1987).
- 87/78 R S. Lo Nigro, S. Aiello, G. Lanzanò, C. Milone, A. Pagano, A. Palmieri, G.S. Pappalardo, V. Lucherini, N. Bianchi, E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Muccifora, E. Polli, A.R. Reolon, P. Rossi: FRAGMENT MASS AND KINETIC ENERGY DISTRIBUTIONS FOR THE PHOTOFISSION OF  ${}^{238}\text{U}$  WITH 100-300 MeV BREMSSTRAHLUNG, Pacs.: 25.85, Il Nuovo Cimento, 98A, n. 5, 643 (1987).
- 87/79 P G. Bagliesi, R. Baldini-Celio, G. Batignani, G. Bencivenni, G.F. Bologna, F. Bossi, U. Bottigli, C. Bradaschia, P. Campana, G. Capon, M.G. Citanesi, V. Chiarella, G. De Ninno, M. de Palma, B. D'Ettoire-Piazzoli, M. Dreucci, G. Felici, L. Foà, A. Giassi, G. Iaselli, P. Laurelli, G. Maggi, G. Mannocchi, G.P. Murtas, G. Nicoletti, S. Nuzzo, P. Picchi, A. Ranieri, G. Raso, H. Rigoni, F. Romano, F. Ruggieri, S. Scapellato, G. Selvaggi, R. Tenchini, and G. Zito: OPERATION OF LIMITED STREAMER TUBES WITH THE GAS MIXTURE  $\text{Ar} + \text{CO}_2 + n$ -PENTANE, submitted to Nucl. Inst. & Meth.
- 87/80 P G. Battistoni, P. Campana, U. Denni, G. Gustavo, E. Iarocci: PLASTIC SPARK COUNTERS WITH PVC ELECTRODES, M/M vol 270 n. 1, 190 (1988).
- 87/81 E. Bernieri, E. Burattini: MULTIELECTRON TRANSITIONS ABOVE THE KRYPTON K EDGE, Phys. Rev. A35 n. 8 3322 (1987).
- 87/82 PT S. Bellucci: SUPERSTRING MODIFICATIONS OF  $D=10$  SUPERSPACE YANG-MILLS THEORIES, submitted to Nucl. Phys. B, 26/8.
- 87/83 PT C.R. Natoli: INNER SHELL PHOTOABSORPTION AS A STRUCTURAL AND ELECTRONIC PROBE OF MATTER, Vimeiro (Portogallo) (1987).
- 87/84 NT M. Lindozzi, E. Guido: L'ACQUISIZIONE DEI DATI NELLE MISURE DI FLUSSO NEUTRONI NEL TUNNEL DEL GRAN SASSO.
- 87/85 E. Rongoni, A. Scafati, M. Matzeu, M. Belli, A. Reale, A. Balerna, A. Bianconi, E. Bernieri: UV-INDUCED REDUCTION OF  $\text{Cu(II)}$  IN DNA COMPLEX STUDIED BY  $\text{Cu-K-EDGE}$  XANES, Biopolymers Vol. 25, 217 (1987).
- 87/86 PT V. Azcoiti, A. Cruz, G. Di Carlo, A.F. Grillo, A. Tarancon: STUDY OF CONFINEMENT IN THE ADJOINT  $\text{SU}(2)$ -HIGGS MODEL BY MEANS OF THE FREDENHAGEN AND MARCU CRITERION, submitted to Phys. Lett. B.
- 87/87 NT L. Invidia, M.A. Spano-Melorio: LA COMPUTERIZZAZIONE DEL CATALOGO DELLE NOTE INTERNE LNF.
- 87/88 P G. Battistoni, C. Bloise, A.F. Grillo, A. Marini, F. Ronga and V. Valente: HIGH STATISTICS STUDY OF THE LOW ENERGY COSMIC MUONS ANGULAR DISTRIBUTION: RESULTS FROM MICRO, submitted to Nuovo Cimento C.
- 87/89 P G. Battistoni, C. Bloise, L. Liberatori and L. Satta: RESPONSE OF STREAMER TUBES OF HIGHLY IONIZING PARTICLE, submitted to NIM.
- 87/90 O. Ciaffoni, M.L. Ferrer, G. Mirabelli, L. Trastati: OPTICAL NETWORKS AND LABORATORY SERVICE, NIM A257, 632 (1987).
- 87/91 NT A. Martini: RISULTATI DEL TEST DI NMCC/DECNET MONITOR APPLICATO ALLA RETE ETHERNET DEI LNF.
- 87/92 P L. Palumbo: A DIFFRACTION RADIATION MODEL FOR ENERGY LOSSES, Orsay, France (July 1987).
- 87/93 NT F. Celani: SUPERCONDUTTIVITÀ E GIUNZIONI TUNNEL SUPERCONDUTTRICI COME RIVELATORI DI PARTICELLE IONIZZANTI.
- 87/94 P F. Celani, U. Gambardella, A. Giorgi, A. Saggese, S. Catà, S. Pace: BEHAVIOUR AND COMPARISON OF RF DEVICES  $\text{Si JFET}$ , DUAL GATE MOSFET AND  $\text{GaAs MESFET}$  AT 4.2,77 AND 300 K FROM THE POINT OF VIEW OF NOISE AND GBW IN THE FREQUENCY RANGE 10 kHz  $\div$  50 MHz, Proc. "Electrochemical Society" Vol. 88-9, pag. 473 (1988).
- 87/95 PT J. Garcia, A. Bianconi, M. Benfatto, C.R. Natoli: ON THE QUANTITATIVE JAHN-TELLER DISTORTION OF  $\text{Cu}^{2+}$  SITE IN AQUEOUS SOLUTION BY XANES SPECTROSCOPY, submitted to Chemical Physics.
- 87/96 PT M.L. Lavelle, M. Schaden, A. Vladikas: PROPAGATORS AND RELAXATION FOR STOCHASTICALLY QUANTISED  $U(1)$  IN THE TEMPORAL GAUGE, submitted to Phys. Lett. B.
- 87/97 PT A. Vladikas: QCD AT FINITE BARYON

- DENSITY, Gc, submitted to Nuclear Phys. B.
- 87/98 R S. Kulinsky, M. Vescovi: A GUN FOR LISA.
- 87/99 PT A. Grau, M. Greco, G. Pancheri:  $W^+ W^-$  GAMMA PRODUCTION IN  $e^+ e^-$  ANNIHILATION IN THE TeV REGION, Phys. Lett. B, 205 n. 4 573 (1988).
- 87/100 R Gruppo di ricerca CARIOPEPR (medicina del Lavoro e Gruppo PEPR, LNF, INFN, USL Roma 29, Gruppo ENEA): STUDIO DI UN SISTEMA AUTOMATIZZATO PER LA DOSIMETRIA CITOGENETICA.
- 87/101 PT M. Greco: PHYSICS AT FUTURE COLLIDER, Erice (June 1987).
- 87/102 NT L. Maritato: SUPERCONDUTTIVITÀ AD ALTA  $T_c$ -FABBRICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI FILM DI  $YBa_2Cu_3O_x$  E PROBLEMATICHE PER LE APPLICAZIONI ALLE CAVITÀ ACCELERANTI.
- 87/103 P R. Albrizio, R. Baldini-Ferrolì, G. Bagliesi, G. Batignani, G. Bencivenni, G. Bologna, F. Bossi, U. Bottigli, G. Bradaschia, P. Campana, G. Capon, M.G. Catanesi, V. Chiarella, G. De Ninno, M. De Palma, B. D'Ettoire Piazzoli, M. Dreucci, G. Felici, L. Foà, F. Forti, A. Giassi, M.A. Giorgi, G. Iaselli, P. Laurelli, G. Maggi, G.P. Mannocchi, A. Mesineo, G.P. Murtas, S. Natali, S. Nuzzo, P. Picchi, A. Ranieri, G. Raso, F. Romano, F. Ruggieri, S. Scapellato, G. Selvaggi, L. Silvestris, R. Triggiani and G. Zito: MONTECARLO SIMULATION OF THE ALEPH HADRON, submitted to NIM, 30/11.
- 87/104 P C. Guaraldo: ANTIPROTON-NUCLEUS INTERACTIONS AT LEAR, IV LEAR Workshop, Villars sur Olon (Sept. 1987).
- 87/105 RT S. Dubničká: ANALYSIS OF NUCLEON FORM FACTOR DATA REVEALS THE  $e^+ e^- \rightarrow nn$  CROSS SECTION TO BE REMARKABLY LARGER THAN THE  $e^+ e^- \rightarrow pp$  ONE.
- 87/106 P L. Satta: EXPERIMENTAL LIMITS ON CHARGE INDEPENDENCE AND SYMMETRY OF STRONG INTERACTIONS AT INTERMEDIATE ENERGY, II Cours, pp. 233-248 Folgaria (1987).
- 87/107 M. Benfatto, C.R. Napoli: A UNIFIED SCHEME OF INTERPRETATION OF THE X-RAY ABSORPTION SPECTRA AS STRUCTURAL PROBE, Proc. of 6th Intern. Conf. on JNL. non-Crys. Solids. Voll. 97 & 98, pag. 365-372, Kyoto, Japan (1987).
- 87/108 F. Palumbo: THE ENERGY OF TWO COLOR CHARGES IN THE  $g \rightarrow \infty$  LIMIT OF QCD IN THE REPRESENTATION, Phys. Letters B199, n. 3, 440 (1987).
- 87/109 S. Mobilio, A. Filipponi: EXAFS IN AMORPHOUS SILICON ALLOYS, J. Non-Crys. Solids 97 & 98 365 (1987).
- 87/110 P. Patteri, M.A. Preger, M. Ambrosio, G. Barbarino, M. Castellano, N. Cavallo, F. Cevenini and R. Masullo: OPTICAL CAVITY ALIGNMENT AND MIRROR DAMAGE IN THE LELA FEL EXPERIMENT, NIM A259, 88 (1987).
- 87/111 The Adone Group presented by S. Tazzari: DESIGN STUDY FOR THE TRIESTE SYNCHROTRON LIGHT SOURCE, Proc. of the IEEF Particle Accelerator, Washington p. 414 (1987).
- 87/112 A. Aragona, C. Biscari, S. De Simone, E. Gianfelice, S. Guiducci, V. Lollo, S. Pella, M. Preger, M. Serio: MEASUREMENT AND CORRECTION OF THE CLOSED ORBIT IN THE STORAGE RING ADONE, cs. p. 608.
- 87/113 M.E. Biagini, C. Biscari, E. Gianfelice, S. Guiducci, L. Palumbo, M. Preger: LATTICE STUDIES FOR THE TRIESTE SYNCHROTRON RADIATION MACHINE, c.s. p. 500.