

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI



RAPPORTO  
DI ATTIVITÀ  
1985

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
**LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI**

LNF - 86/22 (R)

Luglio 1986

**RAPPORTO  
DI  
ATTIVITÀ  
1985**

Servizio Documentazione  
dei Laboratori Nazionali di Frascati  
Cas. Postale 13 - Frascati (Roma)

**Sergio TAZZARI**  
Direttore LNF

**Aldo CATTONI**  
Direttore Divisione Tecnica

**Mario GRECO**  
Direttore Divisione Ricerca

**Franco TAZZIOLI**  
Direttore Divisione Macchine

Redazione

**Giorgio CAPON**  
**Stanislao STIPCICH**

Segretaria di redazione  
**Luigina INVIDIA**



# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	1
<b>LINEA DI RICERCA</b>	3
<b>1. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI</b>	3
Misura del fattore di forma del neutrone ad Adone (FENICE)	3
Esperimento ALEPH al LEP del CERN	4
Esperimento LAA al Collider del CERN	6
Esperimento CDF al Collider del FNAL	8
Studio della fotoproduzione di quarks pesanti al Tevatron di FermiLab (FLATEV)	10
Esperimento MAC a SLAC	13
Esperimento SLD al Linear Collider di SLAC	14
Esperimento ZUES ad HERA di DESY	15
Esperimento DM2 al DCI di Orsay	16
<b>2. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE PASSIVA</b>	19
Esperimento NUSEX al Monte Bianco	19
Esperimento MACRO al Gran Sasso	21
Esperimento LVD al Gran Sasso	22
Esperimento ICARUS al Gran Sasso	24
Ricerca di antiprotoni cosmici (MASS)	26
<b>3. - FISICA NUCLEARE</b>	28
La facility LEALE	28
Esperimenti di fotodisintegrazione con il fascio $\gamma$ LEALE (FNNI2)	28
Esperimenti con il fascio $\gamma$ Ladon	30
Jet target ad ADONE	33
Interazione di antiprotoni di bassa energia con nuclei al LEAR del CERN (TOFRADUPP)	34
Realizzazione di un fascio $\gamma$ da retrodiffusione Compton di fotoni laser a Brookhaven (LABRO)	36
Esperimenti (e,e'p), (e,e'd) a Saclay (SFR)	38
Ricerca del processo $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$ (LION)	39
<b>4. - LUCE DI SINCROTRONE</b>	41
<b>Esperimenti col fascio da magnete curvante (PULS)</b>	41
Caratteristiche del fascio dei magneti curvanti	41
Descrizione dei laboratori	41
Attività scientifica	45
<b>Esperimenti col fascio wiggler (PWA)</b>	50
Descrizione del laboratorio	50
Attività scientifica	54
<b>5. - FISICA DEGLI ACCELERATORI</b>	55
Laser ad elettroni liberi ad ADONE (LELA)	55
Electron Cooling ad alta energia per il LEAR	57
Progetto macchina per Luce di Sincrotrone (Afrodite)	58

<b>6. - FISICA GENERALE E DIVERSI</b>	61
Misure del fondo di neutroni termici e veloci al Gran Sasso (FLUNE)	61
Rivelatore a giunzioni superconduttrici tunnel (SCODET)	62
Sviluppo di sistemi a multiprocessore e reti locali (VET)	64
Internetwork File Transfer (HEPNET)	65
<b>7. - FISICA TEORICA</b>	66
Teoria dei campi	66
Fisica nucleare	67
Fenomenologia della fisica delle alte energie	67
Struttura della materia	67
<b>PROGRAMMA DI SUPERCONDUTTIVITÀ</b>	69
Progetto wiggler superconduttore per ADONE	69
Progetto di un solenoide per l'esperimento OPAL di seconda generazione	72
Programma europeo per lo sviluppo di superconduttori ad alti campi	72
<b>ATTIVITÀ DELLA DIVISIONE MACCHINE</b>	73
Servizio Operazione	73
Servizio Elettronica	74
Servizio Radiofrequenza	75
Servizio Meccanica Impianti e Vuoto	76
<b>ATTIVITÀ DELLA DIVISIONE TECNICA</b>	80
Servizio Progetti e Costruzioni	80
Servizio Elettronica	83
Servizio Rivelatori	84
<b>CENTRO DI CALCOLO</b>	86
<b>SERVIZI GENERALI</b>	87
Servizio Fisica Sanitaria	87
Servizio Medicina del Lavoro	87
Servizio Documentazione	88
<b>PUBBLICAZIONI</b>	89
<b>FRASCATI NATIONAL LABORATORIES</b>	93
INFN 160 DISCO 14	

# INTRODUZIONE

L'attività dei Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) è articolata in tre Divisioni: Divisione Ricerca, Macchine, e Tecnica.

La Divisione Ricerca comprende attività in fisica nucleare delle alte e basse energie, in fisica della luce di sincrotrone, fisica teorica e attività diverse di fisica generale.

Le attività sperimentali sono svolte parte in sede e parte presso laboratori esteri.

Le attività in sede comprendono gli esperimenti con il fascio  $\gamma$  Leale e con quello Ladon, l'esperimento sul free electron laser, gli esperimenti con la luce di sincrotrone.

In particolare l'attività di luce di sincrotrone vede numerosi utenti esterni utilizzare le facilities dei Laboratori nel quadro di una convenzione con il CNR.

Inoltre nel corso dell'anno è stato deciso di rimettere in operazione Adone con due fasci per un esperimento dedicato alla misura del fattore di forma del neutrone.

L'attività fuori sede comprende numerose collaborazioni internazionali per esperimenti al CERN, SLAC, FermiLab, Brookhaven, DESY, Saclay e Orsay.

Inoltre hanno di recente acquistato crescente importanza gli esperimenti di fisica passiva delle alte energie, iniziati con l'esperimento Nusex al Monte Bianco e ora in estensione con i tre esperimenti MACRO, LVD, ICARUS in programma al laboratorio del Gran Sasso. In attesa che tale laboratorio diventi operativo, i LNF forniscono una prima struttura di appoggio a questi esperimenti.

Nel corso del 1985 i LNF si sono rafforzati finanziariamente e operativamente. Il personale dipendente in servizio è passato da 225 a 252 unità.

I fondi assegnati sono sostanzialmente aumentati passando da 11600 ML a 22600 ML.

È entrato in funzione per la luce di sincrotrone il nuovo laboratorio PWA (Pulsed Wiggler Adone).

La Divisione Tecnica è stata potenziata con la realizzazione di una nuova hall e relativi servizi (area attrezzata).

Al centro di calcolo il VAX 780 è stato sostituito con il VAX 8600 e la memoria su disco è stata più che raddoppiata.

Tra i principali risultati conseguiti nel corso dell'anno conviene ricordare i seguenti.

L'esperimento NUSEX ha osservato un segnale di mesoni  $\mu$  proveniente da CYGNUS X3 ed in fase con esso; il fenomeno, se confermato, potrebbe non essere spiegabile con gli ordinari modi di produzione di  $\mu$  e potrebbe implicare l'esistenza di nuove particelle o di aggregati di quarks.

L'esperimento CDF al collider del Fermi-Lab ha osservato a Settembre le primissime collisioni protone-antiprotone a 800 GeV per fascio.

L'esperimento MAC a SLAC ha migliorato le misure delle vite medie di particelle con beauty e del leptone  $\tau$ .

L'esperimento DM2 a Orsay ha proseguito l'analisi dei decadimenti radiativi della  $\Psi$ .

Con il fascio  $\gamma$  LEALE sono proseguite le misure di fotodisintegrazione su deuterio e carbonio.

Col fascio  $\gamma$  LADON, sfruttando la polarizzazione del fascio, sono state eseguite misure di asimmetria delle sezioni d'urto di fotodisintegrazione su deuterio e sono iniziate le misure su carbonio con l'apparato crystal ball.

All'anello per antiprotoni Lear del CERN il gruppo Tofradupp ha misurato le sezioni d'urto di antiprotoni su H, D,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ; le misure sull'elio hanno implicazioni in astrofisica.

A Saclay sono state misurate le reazioni  $(e, e'p)$ ,  $(e, e'd)$  su  $^{40}\text{Ca}$  e  $^6\text{Li}$  ed è stato cercato il processo  $dd \rightarrow ^4\text{He} + \pi^0$  (test della simmetria di carica).

Gli esperimenti di luce di sincrotrone sono proseguiti col fascio normale (gruppo PULS) e col fascio wiggler (gruppo PWA). Col fascio normale, in particolare, è stato eseguito per la prima volta nel mondo un esperimento di spettroscopia ottica a due fotoni su solidi.

Il gruppo PWA è stato impegnato a installare e attrezzare altre linee di luce nel nuovo laboratorio e ha proseguito studi nella spettroscopia di assorbimento.

Il gruppo teorico svolge sia attività in stretta connessione con gli esperimenti (analisi teorica/fenomenologica dei risultati del collider del CERN, studio della materia allo stato aggregato con la luce di sincrotrone, problemi di astrofisica connessi agli esperi-

menti del Gran Sasso) sia attività in teoria dei campi e in fisica nucleare. In questo ambito è stato elaborato un modello dei nuclei deformati che prevede l'esistenza di stati magnetici collettivi, di cui nel corso dell'anno sono arrivate chiare conferme sperimentali.

I LNF sono ampiamente coinvolti nella progettazione, realizzazione e assemblaggio di importanti componenti nei vari esperimenti in corso di preparazione.

Nei LNF è stata realizzata una catena di montaggio per produzione su vasta scala di tubi a streamer limitato, primariamente per l'esperienza ALEPH, ma utilizzata anche da altri esperimenti interni ed esterni (SLD, DELPHI, OPAL, LVD, etc.).

Nel 1985 al FermiLab è stato completato il montaggio del barrel del calorimetro adronico di CDF (interamente costruito nei LNF) ed è in corso il montaggio del calorimetro elettromagnetico di FLATEV.

La Divisione Macchine cura l'operazione e l'upgrade delle macchine locali (Linac e Adone) e delle facilities connesse; inoltre svolge attività di ricerca in fisica degli acceleratori.

Durante l'anno è stato installato il nuovo convertitore per positroni. In vista dell'operazione di Adone a due fasci, per una efficiente iniezione dei positroni, è stato studiato, specificato e ordinato un nuovo gun per il Linac più una nuova sezione di bunching.

È in corso di realizzazione un sistema completamente nuovo di monitor di posizione del fascio; con l'occasione verrà anche quasi completamente sostituita la camera da vuoto di Adone.

È in corso il programma di messa a punto e miglioramento della cavità RF a 51 MHz; nell'anno sono stati del tutto eliminati i fenomeni di multipacting che riducevano l'affidabilità del sistema; il generatore verrà sostituito e una nuova cavità è stata ordinata per essere installata nel 1986.

Il gruppo di fisica degli acceleratori, oltre a seguire l'esperimento sul free electron laser, ha collaborato attivamente alla iniziativa nazionale per una macchina di luce di sincrotrone (progetto Afrodite) e al programma di electron cooling per Lear.

Nella Divisione Tecnica sono concentrate le attività di ingegneria e di supporto tecnico generale. La Divisione cura la costruzione

nei LNF di vari componenti per le macchine e per gli apparati sperimentali.

Inoltre fornisce un servizio di progettazione e consulenza per le realizzazioni esterne.

Da ricordare in tal senso l'appoggio dato agli esperimenti:

- MACRO per la struttura meccanica
- ICARUS per la progettazione del magnete
- ALEPH per i rivelatori di  $\mu$  esterni
- LABRO per il sistema di ottica del laser
- CDF per i monitors di luminosità
- FLATEV per il calorimetro elettromagnetico

e alle attività sulla cavità RF per Adone e sul nuovo convertitore per il Linac.

Per le esigenze dei singoli esperimenti esistono nella Divisione anche il Servizio Rivelatori (OFTA) e il Servizio Fotografico e Circuiti Stampati. Durante l'anno il primo è stato prevalentemente impegnato nella messa a punto e operazione della catena semiautomatica per la produzione dei tubi a streamer limitato; mentre il secondo ha fornito circa 250 prototipi di circuiti stampati per diverse attività dei LNF.

Nuovi programmi iniziati nel 1985.

- Programma di superconduttività. Obiettivo principale di questo programma (in collaborazione tra Divisione Tecnica e Divisione Macchine) è la costruzione di un wiggler superconduttore la cui progettazione è ad uno stato avanzato. È stato ordinato l'impianto liquefattore/refrigeratore ed è in corso di allestimento un laboratorio criogenico nell'area attrezzata.
- La collaborazione alla costruzione dei magneti di HERA.
- La collaborazione con l'esperimento SLD a SLAC. Il gruppo di Frascati parteciperà alla costruzione del calorimetro adronico.
- La già citata esperienza (FENICE) per la misura del fattore di forma del neutrone ad Adone.
- Gli esperimenti LVD e ICARUS al Gran Sasso per la ricerca di neutrini astrofisici, monopoli, e dell'eventuale decadimento del protone.
- La ricerca di antiprotoni cosmici con palloni ad alta quota (esp. MASS).
- Il programma Jet Target per l'installazione di una targhetta a getto di gas sulla sezione diritta di Adone.

# LINEE DI RICERCA

## 1. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE CON ACCELERATORI

### Misura del fattore di forma del neutrone ad Adone (FENICE)

Componenti del gruppo: R. Baldini-Ferrolì, M.E. Biagini, S. De Simone, B. Dulach, S. Guiducci, M. Preger, M. Serio, M. Spinetti.

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

Nel 1985 è stato avviato il ripristino di Adone come anello di accumulazione  $e^+e^-$ . Per questo scopo la macchina avrà prestazioni migliorate rispetto al passato, in particolare la lunghezza della zona di interazione sarà

ora di circa  $\pm 10$  cm a  $W = 2$  GeV e per  $I = 50$  mA, a causa della nuova cavità RF. Inoltre la possibilità di lavorare con un solo bunch e un'ottica più flessibile dovrebbero permettere un incremento di luminosità.

Contemporaneamente è stata avviata la realizzazione dell'esperimento FENICE, che si propone come obiettivo principale di misurare le sezioni d'urto dei processi:

$$e^+e^- \rightarrow n\bar{n}; \quad e^+e^- \rightarrow \Sigma^+\bar{\Sigma}^+;$$

$$J/\Psi \rightarrow n\bar{n}; \quad J/\Psi \rightarrow \gamma K_L^0 K_L^0,$$

I fattori di forma del neutrone non sono mai stati misurati sino ad ora nella regione time-like. Le corrispondenti previsioni teoriche sono del tutto incerte, in particolare non si conoscono stime fatte secondo la QCD. In Fig. 1 è riportata una predizione fatta in ipo-

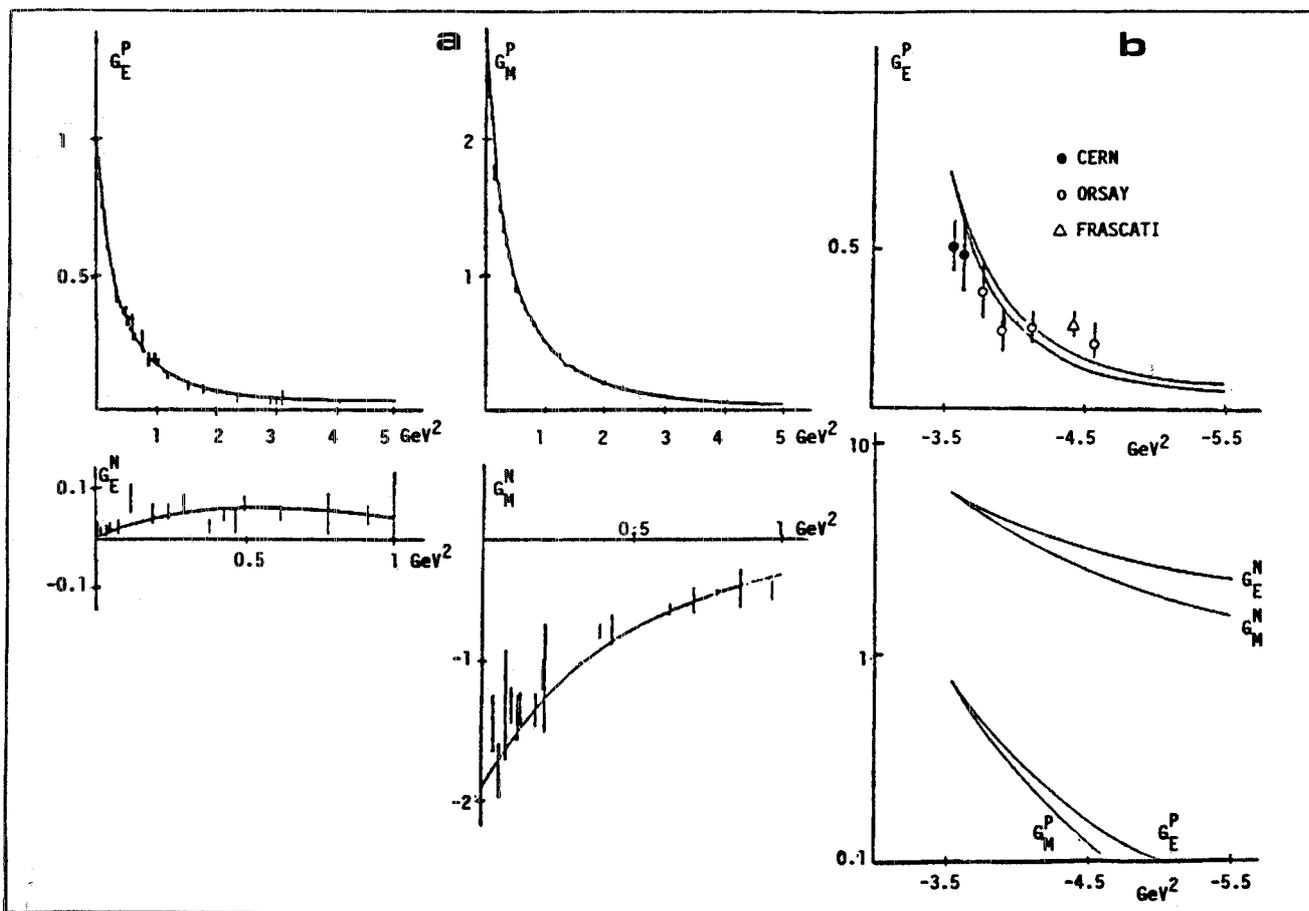


FIG. 1 - (a) Dati e fits per i fattori di forma del P e del N per  $e$ -Nucleone  $\rightarrow$   $e$ -Nucleone. (b) Dati e fits per i fattori di forma del N per  $e^+e^- \rightarrow$  Nucleone-Antinucleone.

tesi di dominanza dei mesoni vettori noti ed utilizzando le misure dei fattori di forma space-like del protone e del neutrone, insieme con le misure note a tutt'oggi del fattore di forma time-like del protone.

In vicinanza della soglia, dove i fattori di forma elettrico e magnetico devono coincidere, ci si aspetta un fattore di forma del neutrone fino ad un ordine di grandezza più grande del protone. Anche altri modelli concordano nel predire questa anomalia elettromagnetica.

Il processo  $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$  non è mai stato studiato in precedenza in quanto viene richiesto per questo un apparato ad hoc.

La sezione d'urto dovrebbe crescere rapidamente alla soglia, presentare un massimo grosso modo per  $T_n = 25-50$  MeV, e poi decrescere: la rivelazione di neutroni di questa energia richiede tipicamente scintillatori molto spessi.

D'altronde la rivelazione dell'antineutrone, perchè ne sia effettivamente identificabile la stella di annichilazione e ne sia possibile una misura calorimetrica, richiede anche un calorimetro pesante ed a grana fine.

L'esperienza FENICE, che è in corso di realizzazione, è costituita da 8 settori, che coprono circa 85% di  $4\pi$ , costituiti a loro volta da, in sequenza, 8 strati di tubi a streamer a struttura leggera, un sandwich di 3 piani di scintillatori e tubi a streamer per uno spessore totale di circa 20 cm di scintillatore, un sandwich di 17 piani di ferro, di circa 1 cm, e tubi a streamer, intercalati da uno scintillatore ogni 5 strati.

L'apparato è chiuso in una casamatta di cemento sovrastata da tubi RPC, allo scopo di migliorare la reiezione dei raggi cosmici.

Dovrebbe essere così possibile riconoscere gli eventi  $n\bar{n}$  mediante la sola identificazione dell'antineutrone, per pattern e tempo di volo, rivelando come check anche il neutrone in circa il 20% dei casi.

Il processo  $e^+e^- \rightarrow \Sigma^+\bar{\Sigma}^-$  è atteso avere alla soglia una sezione d'urto dell'ordine del nanobarn, come  $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$  alla soglia, ed è cinematicamente identificabile in FENICE, tramite la ricostruzione della massa della  $\Sigma$ .

Si prevede inoltre di mettere a punto l'apparato alla  $J/\Psi$ . Alcuni giorni di raccolta dati dovrebbero essere sufficienti per misurare  $J/\Psi \rightarrow n\bar{n}$  con buona precisione (attualmente è noto con errore del 50%) e permettere di

vedere se sono identificabili altri decadimenti neutri della  $J/\Psi$ .

È in corso di studio la possibilità di osservare la risonanza  $\xi$  (2200), la cui esistenza è attualmente controversa, identificandola nel decadimento, mai studiato sino ad ora:  $J/\Psi \rightarrow \gamma K_1^0 K_1^0$ .

## Esperimento ALEPH al LEP del CERN

Componenti del gruppo: R. Baldini, G. Beck, G. Bencivenni, G. Bologna (A), F. Bossi, P. Campana, G. Capon, P. Deninno, B. D'Ettore-Piazzoli (A), G. Felici (A), P. Laurelli, G. Mannocchi (A), M. Pallotta, G.P. Murtas (A), P. Picchi (A).

Tecnici: M. Anelli, G. Corradi, U. Denni, G. Mazzenza, G. Nicoletti.

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

È stata completata la fase di messa a punto delle macchine per la verniciatura, per la tessitura, per il test ed il condizionamento dei tubi e si è cominciata la produzione di serie.

In particolare, rispetto al 1984, è stata completamente riprogettata e realizzata la macchina per saldare il filo sui distanziatori.

È stata completata la verniciatura di circa 5500 profili da circa 7 m, corrispondenti al 90% del barrel. La catena di montaggio, dal profilo verniciato al tubo condizionato, è attualmente in grado di produrre circa 60 ottotubi completi al giorno, con uno scarto non superiore al 2%.

Al CERN è stata allestita la sala per il test definitivo e l'assemblaggio nei moduli di ferro del barrel. Sono stati realizzati per questo sistemi di alimentazione, pilotaggio del condizionamento e test per un totale di circa 1250 camere contemporaneamente e sono già state spedite al CERN 1500 camere.

Le pads, di vetronite biramata, sono in produzione con un ritmo di circa 1.5 moduli/settimana, il disegno è eseguito a Bari (circa 2 pads/ora) e l'assemblaggio è eseguito al CERN.

Le strips sono in produzione presso la Polivar e ne sono state realizzate sinora circa 30% del barrel.

È in fase di completamento lo sviluppo del sistema di alta tensione. Esso prevede l'estrazione dai fili di un segnale da utilizzare come trigger per  $\mu$ . È altresì previsto, per la stessa via, il test completo del sistema mediante impulsaggio.

È continuato lo studio della risposta di un prototipo del calorimetro ad un fascio di pioni o muoni di energia variabile da 5 a 20 GeV.

In particolare è stata studiata la possibilità di identificare  $\mu$  in varie configurazioni, sia come particelle isolate sia sovrapposte a sciami adronici. Sono stati studiati insiemi di variabili in modo da avere una identificazione veloce (variabili globali) o, seguendo localmente la traiettoria del muone, in modo da avere una identificazione anche in presenza di più sciami adronici (variabili locali). L'efficienza di identificazione è stata massimizzata utilizzando il metodo statistico dell'analisi discriminante. Qualitativamente la separazione fra gruppi, che si raggiunge, è illustrata in Fig. 2, per particelle da 10 GeV. Ciò

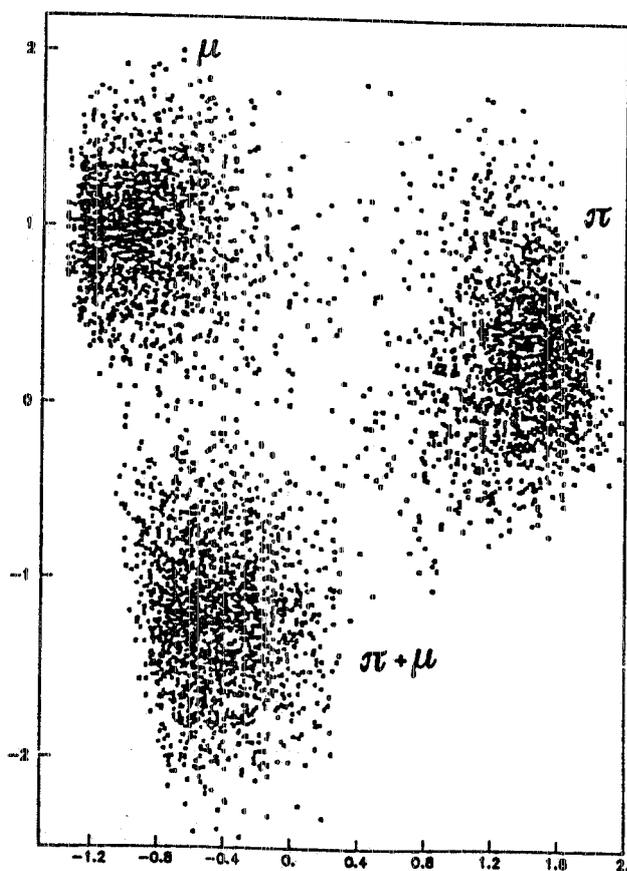


FIG. 2 - Separazione eventi  $\pi$ ,  $\mu$ ,  $\pi + \mu$  a 10 GeV.

corrisponde a una probabilità di confusione tra gruppi dello  $0.5 \pm 0.5\%$ , indipendente dall'energia e dalle variabili scelte, entro l'errore con cui è stimata, da confrontare con una probabilità di confusione attesa dal Montecarlo dello 0.3% circa.

È stato completato lo studio della risposta nella misura dell'energia incidente, ottenendo la linearità e la risoluzione in funzione dell'energia riportate in Fig. 3. È ancora in fase di elaborazione lo studio della risposta combinata dei calorimetri elettromagnetico ed adronico.

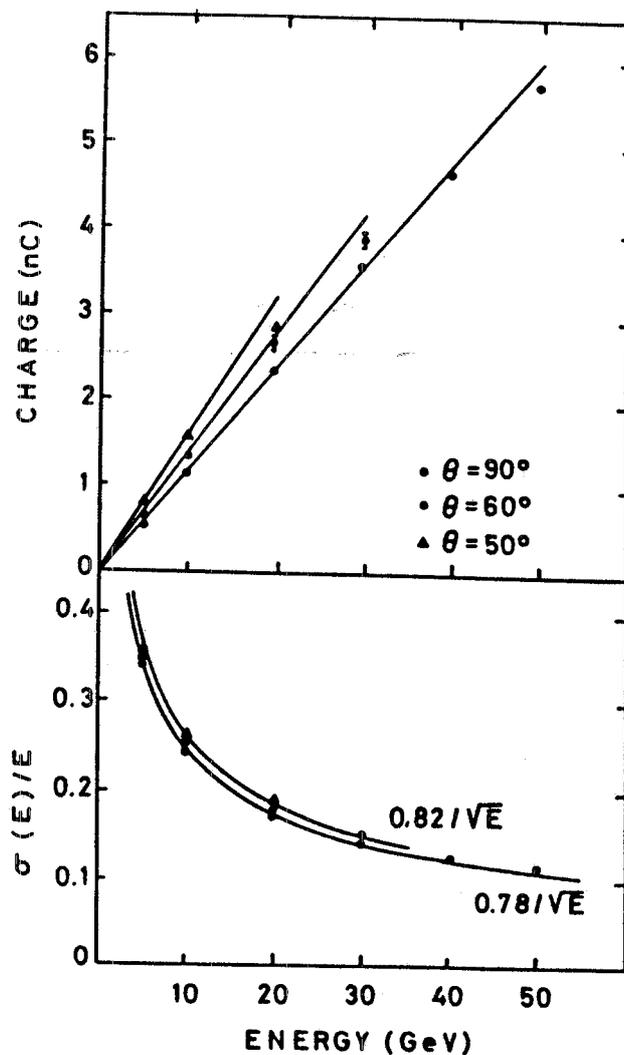


FIG. 3 - Linearità e risoluzione del calorimetro adronico in funzione dell'energia, per pioni a vari angoli di incidenza.

## Esperimento LAA (Lepton Asymmetry Analyser) al Collider del CERN

Componenti del gruppo: M. Spinetti, G. Susinno, L. Votano

Collaborazione con: Bologna, CERN, Lecce.

Una proposta<sup>(1)</sup> per una ricerca di nuovi quarks pesanti prodotti in interazioni adroniche al Collider del CERN fu presentata nel Maggio 1984.

La proposta è basata sui risultati degli studi della collaborazione agli ISR, che hanno mostrato un importante contributo alla sezione d'urto di produzione di heavy flavours dovuto a processi in cui si viene a formare un barione pesante con un comportamento "leading".

Nessun modello teorico prevedeva l'elevato livello di sezione d'urto di tale processo. Un'estrapolazione di tali risultati al Collider del CERN permette di prevedere che una asimmetria di carica deve essere presente nei leptoni prodotti in avanti provenienti dai decadimenti "semileptonici" dei quarks pro-

dotti. Il segno di tale asimmetria dipende dalla natura "up-like" o "down-like" del quark prodotto, ed il valore di  $P_{\perp}$  a cui tale asimmetria si manifesta dipende dalla differenza di massa tra il quark prodotto ed il quark immediatamente successivo nella catena di decadimento. La proposta originale prevedeva la realizzazione di due spettrometri per  $\mu$  accoppiati ad UA2, che coprissero le regioni avanti ed indietro sino ad un angolo di  $30^{\circ}$  rispetto alla direzione dei fasci.

La possibilità di ottenere una migliore informazione globale sull'evento convinse in seguito la collaborazione a studiare la possibilità di accoppiare LAA ad UA1, malgrado i maggiori problemi di installazione, ivi presenti, dovuti alla scarsità di spazio disponibile.

La Fig. 4 mostra un esempio dell'asimmetria aspettata in tali condizioni sperimentali.

Per esser certi di poter riconoscere con alta efficienza i muoni prodotti nelle interazioni  $p\bar{p}$  in regioni ad elevato fondo proveniente dall'alone dei fasci e dagli sciami diffusi dai materiali circostanti fu deciso di effettuare una misura di test.

A tale scopo due piccoli spettrometri sono stati costruiti ed installati nelle regioni pros-

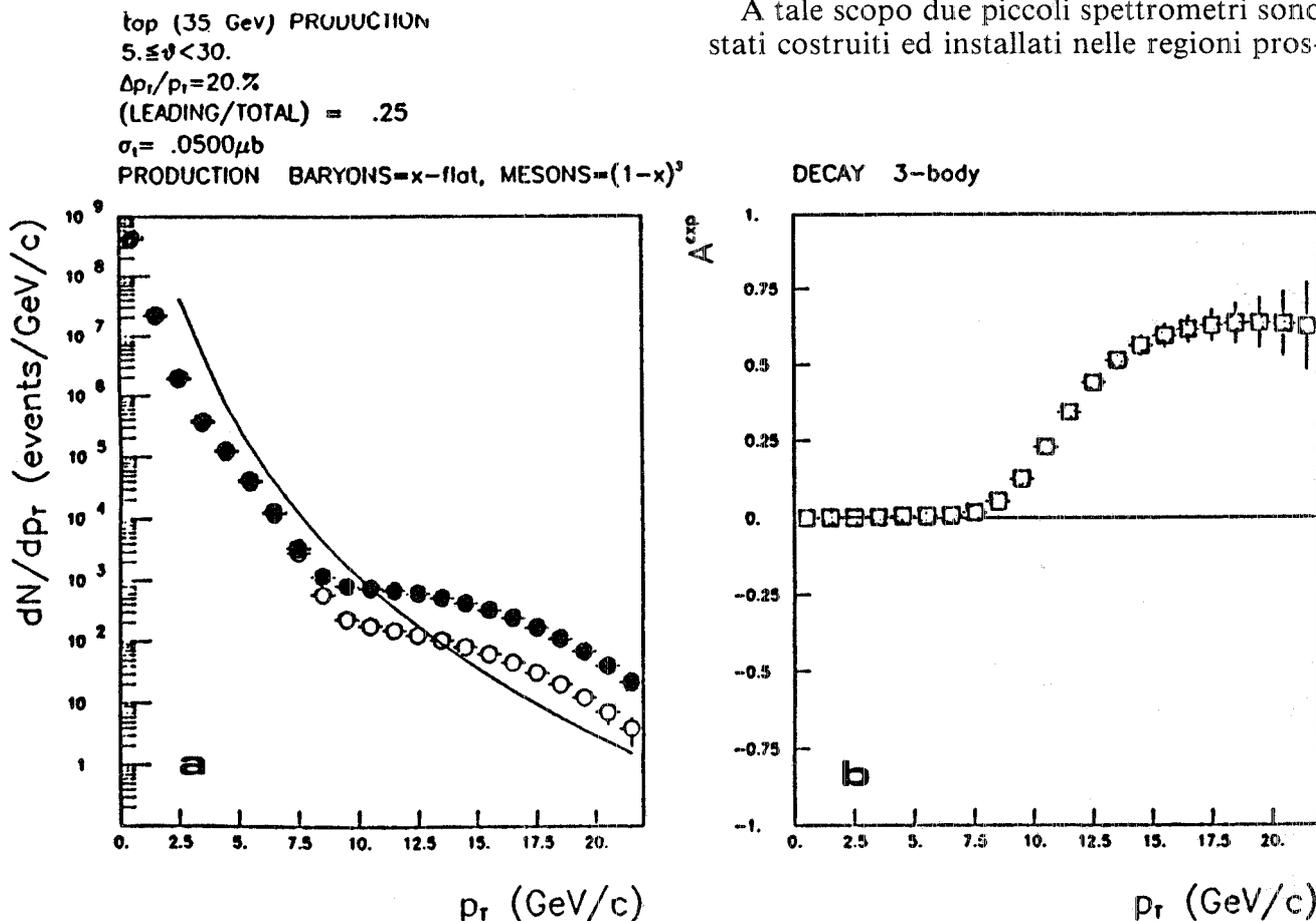


FIG. 4 - (a) Numero atteso di  $\mu^+$  (punti neri) e  $\mu^-$  (cerchi aperti) in funzione di  $P_{\perp}$  e per una luminosità integrata di  $10 \text{ pb}^{-1}$  per una massa del top di  $35 \text{ GeV}/c^2$ . Il fondo stimato è indicato con una linea continua. (b) Asimmetria attesa in funzione di  $P_{\perp}$ .

sime ai fasci presso UA1. Ciascuno spettrometro (Fig. 5) è costituito da tre blocchi di ferro magnetizzato di 51 cm di spessore. La

I risultati del test dimostrano la fattibilità di una misura di muoni nelle regioni prossime ai fasci. Infatti si è mostrato sia che i  $\mu$

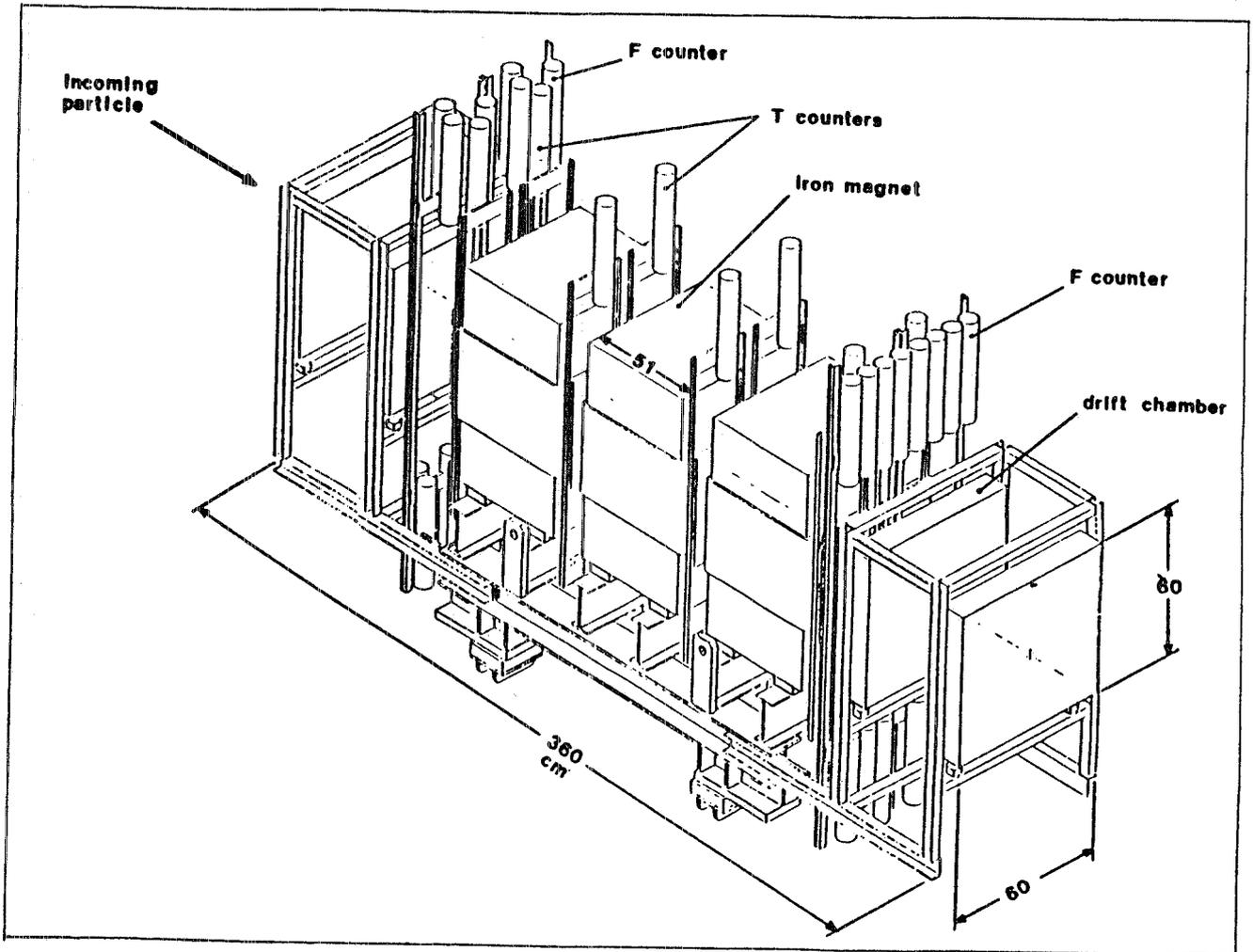


FIG. 5 - Vista di uno dei due spettrometri di test installati al Collider.

superficie della sezione trasversale dei magneti è di  $100 \times 60 \text{ cm}^2$  per permettere il passaggio delle bobine. Una corrente di 6000 A spire produce nel ferro un campo di 1.7 Tesla.

Gli spettrometri sono stati montati in modo che i loro assi longitudinali puntassero il vertice di interazione con un angolo di  $7.5^\circ$  rispetto alla direzione dei fasci. I due spettrometri sono stati dotati di contatori a scintillazione per il "trigger" e di camere a deriva per la misura del momento. I contatori T definiscono particelle in grado di attraversare l'intero spettrometro selezionando quelle in tempo con la collisione dei fasci. I contatori F misurano la deflessione subita dai  $\mu$  all'interno dello spettrometro, permettendo di selezionare sul loro impulso.

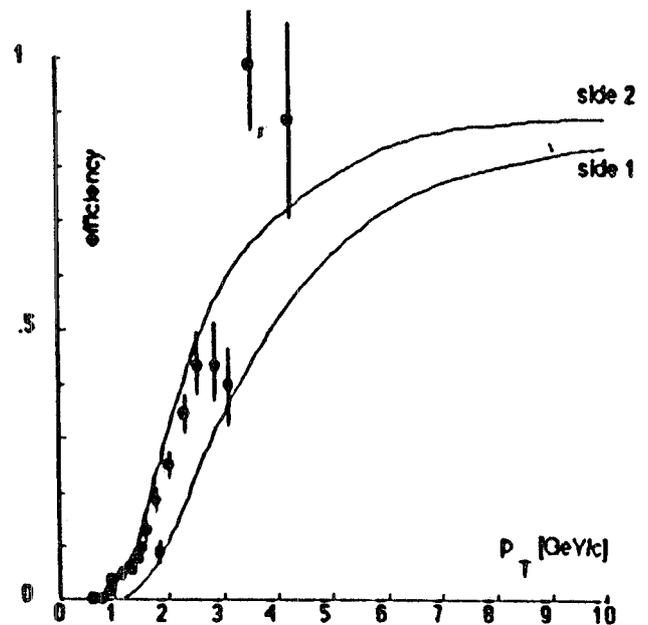


FIG. 6 - Confronto tra l'efficienza di trigger per differenti impulsi trasversi misurata e calcolata. Side 1 e side 2 indicano le zone di ciascuno spettrometro più vicine o più lontane ai fasci.

sono distinguibili dal fondo sia che una selezione sul loro impulso permette di controllare la frequenza di trigger.

In Fig. 6 l'efficienza di trigger per differenti impulsi trasversi misurata è confrontata con quella aspettata.

In seguito al successo di questo test si è quindi proposta<sup>(2)</sup> l'installazione di LAA nelle regioni avanti ed indietro di UA1.

Nelle Fig. 7a e 7b sono mostrate la vista superiore e quella laterale dell'apparato proposto.

### Publicazioni

- (1) K. Alberini et al., The Lepton Asymmetry Analyser: A proposal, CERN/SPSC/84-33, SPSC/P200 (1984).
- (2) G. Bari et al., The Lepton Asymmetry Analyser: LAA, CERN SPSC 86-3; SPSC/P200 Addendum 1 (1986).

### Esperimento CDF al Collider del FNAL

Componenti del gruppo: S. Bertolucci, M. Cordelli, M. Curatolo, B. Esposito, P. Giromini, S. Miscetti, A. Sansoni.

Tecnici: M. Biagioli, P. Locchi, S. Mengucci, A. Rutili.

Collaborazione con: Argonne, Brandeis, Chicago, FNAL, Harvard, Illinois, LBL, Pennsylvania, Pisa, Purdue, Rockefeller, Rutgers, Saga, Texas A&M, Tokio, Tsukuba, Wisconsin.

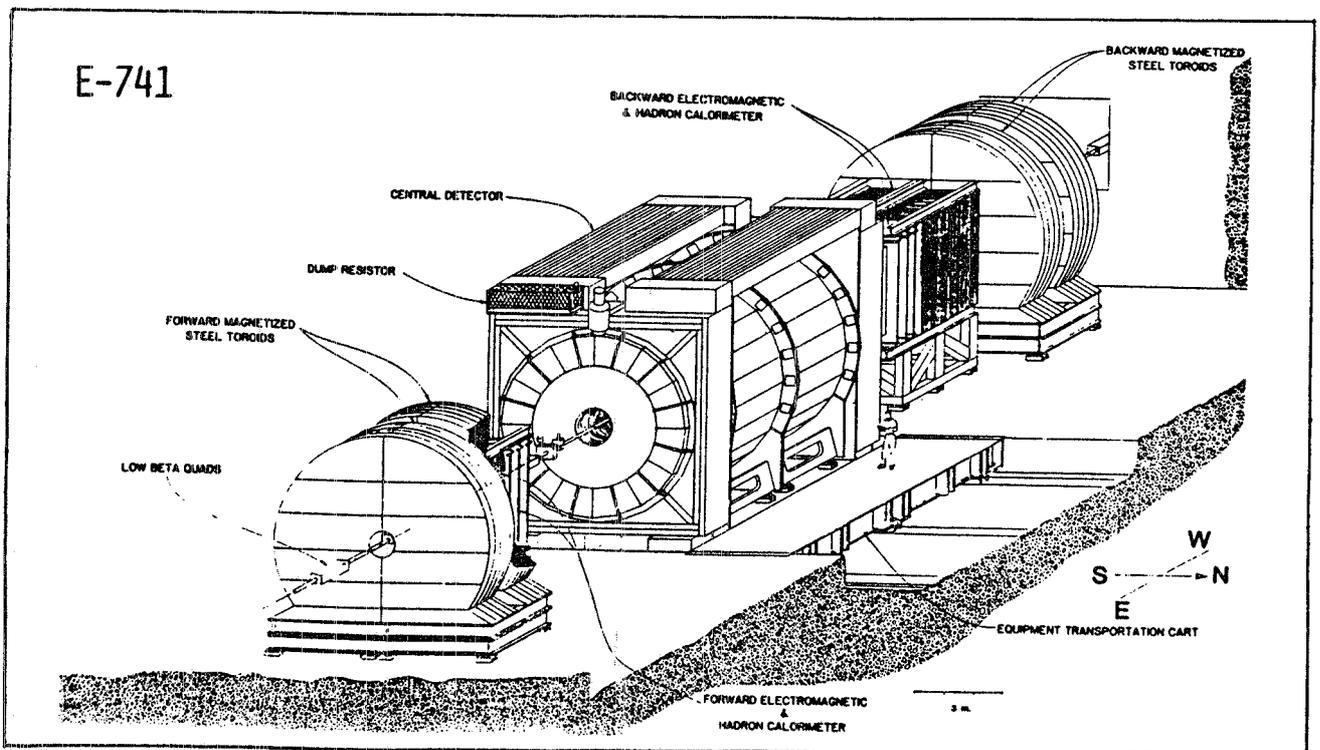
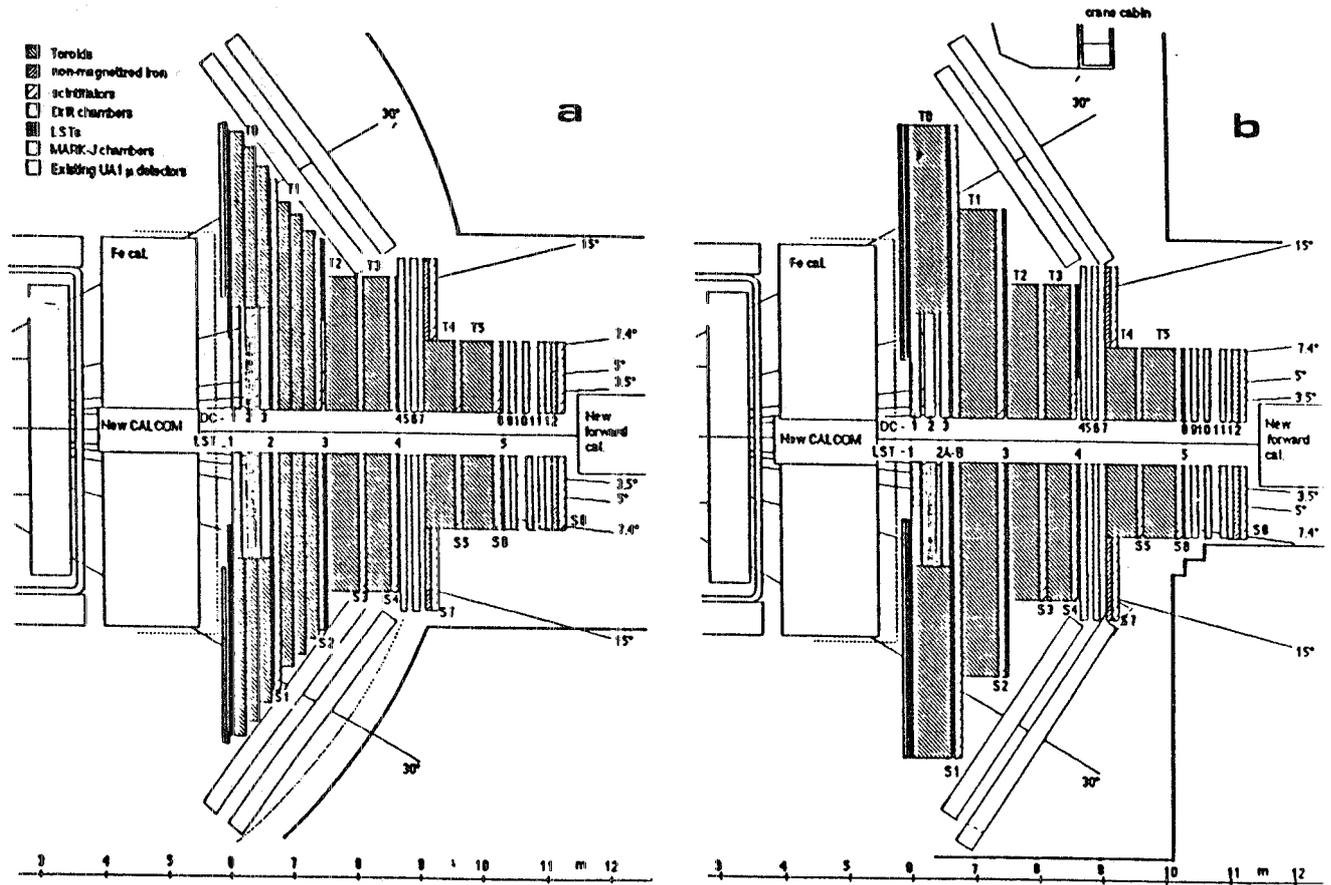
CDF (Fig. 8) è un rivelatore general purpose, costruito per esplorare la fisica delle collisioni protone-antiprotone a 2 TeV nell'ambito del progetto TeV I a Fermilab.

L'apparato consiste di un rivelatore centrale magnetico e calorimetrico che copre un angolo fra  $10^\circ$  e  $170^\circ$  rispetto alla direzione del fascio incidente e da due rivelatori nei coni in avanti fra  $2^\circ$  e  $10^\circ$  e fra  $170^\circ$  e  $178^\circ$ .

Gli scopi principali del rivelatore sono: 1) la misura del flusso di energia elettromagnetica ed adronica con granularità fine ed uniforme su tutto l'angolo solido; 2) misura della direzione delle particelle cariche su tutto l'angolo solido; 3) analisi in momento delle particelle cariche fra  $15^\circ$  e  $165^\circ$ ; 4) identificazione e analisi in momento dei muoni nell'intervallo angolare fra  $2^\circ$  e  $20^\circ$ ,  $40^\circ$  e  $140^\circ$ ,  $160^\circ$  e  $178^\circ$ .

I componenti più importanti del rivelatore sono i seguenti:

- a) Il magnete solenoidale del rivelatore centrale con una bobina superconduttrice da 15 kG, diametro 3m, lunghezza 5 m, spessore  $0.8 x_0$ .
- b) Il sistema di rivelazione di particelle cariche che consiste in una camera a drift centrale (CTC) "a là Tasso" all'interno della bobina. All'interno della CTC sono contenute lungo la ciambella otto TPC (VTPC) per rivelare la topologia degli eventi. All'interno della VTPC è un microvertice a rivelatori di silicio, realizzato in gran parte dall'Università di Pisa, per studiare vertici secondari. Camere a drift radiali ai lati della CTC completano il sistema di tracking.
- c) I calorimetri elettromagnetici all'esterno della bobina per identificare fotoni ed elettroni. Ci sono tre sistemi di rivelatori elettromagnetici: il centrale è costituito da sandwich piombo e scintillatore  $20 x_0$  di spessore,  $\Delta t/E \sim 15\%/\sqrt{E}$  (alla profondità di  $6 x_0$ ; un sistema di camere proporzionali con lettura dei fili e dei catodi permette la determinazione della posizione dei fotoni con precisioni  $\sigma_x \sim 3$  mm). A piccoli angoli il rivelatore elettromagnetico centrale è costituito da un sandwich piombo e camere proporzionali ( $\Delta t/E \sim 30\%/\sqrt{E}$  e  $\sigma_x \sim 3$  mm).
- d) Il calorimetro adronico circonda su tutto l'angolo solido quello elettromagnetico. Il calorimetro centrale è costituito da un sandwich di 2.5 cm di ferro ed 1 cm di scintillatore. Lo spessore è  $5\lambda$  e la risoluzione è  $\Delta t/E \sim 52\%/\sqrt{E} + 5\%$ . Questo calorimetro copre da  $30^\circ$  a  $150^\circ$  ed è stato costruito da Frascati e Pisa, che hanno anche realizzato il sistema di monitoring del guadagno del calorimetro, mediante iniezioni di quantità note di luce o di ionizzazione. A piccolo angolo il calorimetro è completato da un sandwich di ferro (5 cm) e camere proporzionali ( $7\lambda$  e  $\Delta t/E \sim 100\%/\sqrt{E}$ ).
- e) Il rivelatore di muoni. Il rivelatore centrale posto tra il calorimetro adronico ed il ritorno in ferro del flusso del magnete, è costituito da un doppio strato di camere a drift a cella larga. Il rivelatore a piccolo angolo è costituito da toroidi di ferro (spessore 1.5 m) magnetizzati a 15 kgauss ed intervallati da camere a drift radiale.



f) "Beamline equipment", tra cui i monitors di luminosità, costruiti da Pisa e Frascati. Sono sette inserzioni sul tubo della macchina che permettono di avvicinare il più possibile al fascio rivelatori di silicio a distanze di 8, 20 e 50 m dalla zona d'interazione, intervallandosi ai magneti di bending della macchina. La precisione spaziale dei rivelatori ( $100\mu$ ) permette analisi magnetica ( $\Delta P/P \approx 0.001 P$ ) di particelle scatterate fino a  $t_{\text{min}} \leq 0.01 \text{ GeV}^2$ . Questi rivelatori permettono la misura della sezione d'urto elastica e diffrattiva e, usando il teorema ottico e il rate totale misurato da tutto l'apparato, della sezione d'urto totale e della luminosità della macchina.

In attesa del primo periodo di lunga presa dati (fine 1986) CDF ha già avuto un primo run di prova nell'autunno 1985. I pochi eventi raccolti sono in fase di analisi. Figg. 9 e 10 sono displays online degli eventi raccolti: Fig. 9 mostra la vista polare e azimutale di un evento ricostruito dalle VTPC, mentre la Fig. 10 mostra un lego plot del flusso di energia misurato dai calorimetri.

### Studio della fotoproduzione di quarks pesanti al Tevatron di FermiLab (FLATEV)

Componenti del gruppo: G. Basini, S. Bianco (A.), A. Ciocci (L), M. Enorini (A), F.L. Fabbri, M. Occhi-grossi (L), G. Rivellini (A), A. Scotti di Uccio (L), L. Simonelli (L), A. Zallo.

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

Collaborazione con: Bologna, Colorado, FermiLab, Milano, Notre Dame, Pennsylvania.

Scopo di questo esperimento è lo studio della fotoproduzione di particelle contenenti quark pesanti (charm e beauty) al fascio di fotoni a larga banda della Proton East Area al Tevatron.

L'intensità disponibile è di  $5 \times 10^7$  fotoni/impulso con energia compresa tra (200-600) GeV, il che permette la produzione di beauties con una sezione d'urto circa 10 volte più alta che presso i fasci esistenti.

Il rivelatore di vertice (Fig. 11) fa uso di bersagli attivi di rivelatori al silicio ( $T_1, T_2$ ) per l'identificazione del vertice primario e di

3 gruppi di microstrips ( $T_3$ ) per l'identificazione dei vertici secondari.

Lo spettrometro (Fig. 12) è stato progettato per permettere la ricostruzione di eventi con stati finali ad alta molteplicità. Esso consiste di due magneti M1, M2 per misure di impulso trasverso sino a 1 GeV/c, di 7 gruppi di MWPC per la tracciatura delle particelle cariche, di 4 contatori Cerenkov, di 2 calorimetri elettromagnetici, di un calorimetro adronico, di filtri e rivelatori di muoni.

L'elevata intensità ed energia del fascio di fotoni unita ad un rivelatore di vertice ad altissima risoluzione spaziale danno a questo apparato una capacità di rivelazione dei beauties di due ordini di grandezza superiore a quella degli apparati esistenti.

Responsabilità dei Laboratori Nazionali di Frascati è stata la progettazione e la costruzione del calorimetro elettromagnetico esterno (O.C.).

La segmentazione trasversale e longitudinale è stata disegnata tenendo conto che dalle simulazioni fatte l'energia media dei fotoni su O.C. è  $\approx 3 \text{ GeV}$  con code fino a  $10 \div 20 \text{ GeV}$ , mentre l'energia media degli elettroni è di circa  $10 \text{ GeV}$  con code fino a  $25 \div 30 \text{ GeV}$ .

L'O.C. (Fig. 13) è uno sciamatore a sandwich piombo-scintillatore di 20 r.l., posizionato tra le camere P2 ed il magnete M2. L'accettanza geometrica coperta è ( $30 \leq \theta \leq 125$ ) mrad nel piano orizzontale e ( $50 \leq \theta \leq 175$ ) mrad nel piano verticale. Le dimensioni totali sono ( $4.5 \times 3.4 \times 1.8$ ) m.

Il sandwich piombo-scintillatore consiste di 30 piani Al-Pb-Al ognuno spesso 0.5 r.l. e 30 piani di scintillatore diviso in strisce larghe 3.4 cm, montati alternativamente nella direzione verticale ed orizzontale.

La luce proveniente da strisce di 5 successivi piani pari (dispari) viene raccolta da una guida di luce ed inviata al fotomoltiplicatore (EMI 9902). Si ottengono così 6 indipendenti campionamenti dello sciame con un deposito totale di energia che è circa il 16% dell'energia incidente.

Due piani di contatori inclinati di 45 e 145 gradi permettono di risolvere le ambiguità x-y. Un piano di contatori orizzontale posto dopo 1.2 r.l. di Al-Pb-Al permette la distinzione in tempo reale del segnale elettrone-pione (piano di precampionamento).

Un primo test dell'O.C. è stato effettuato nell'estate 1985 al FermiLab in una configurazione ridotta; sono stati per questo test as-

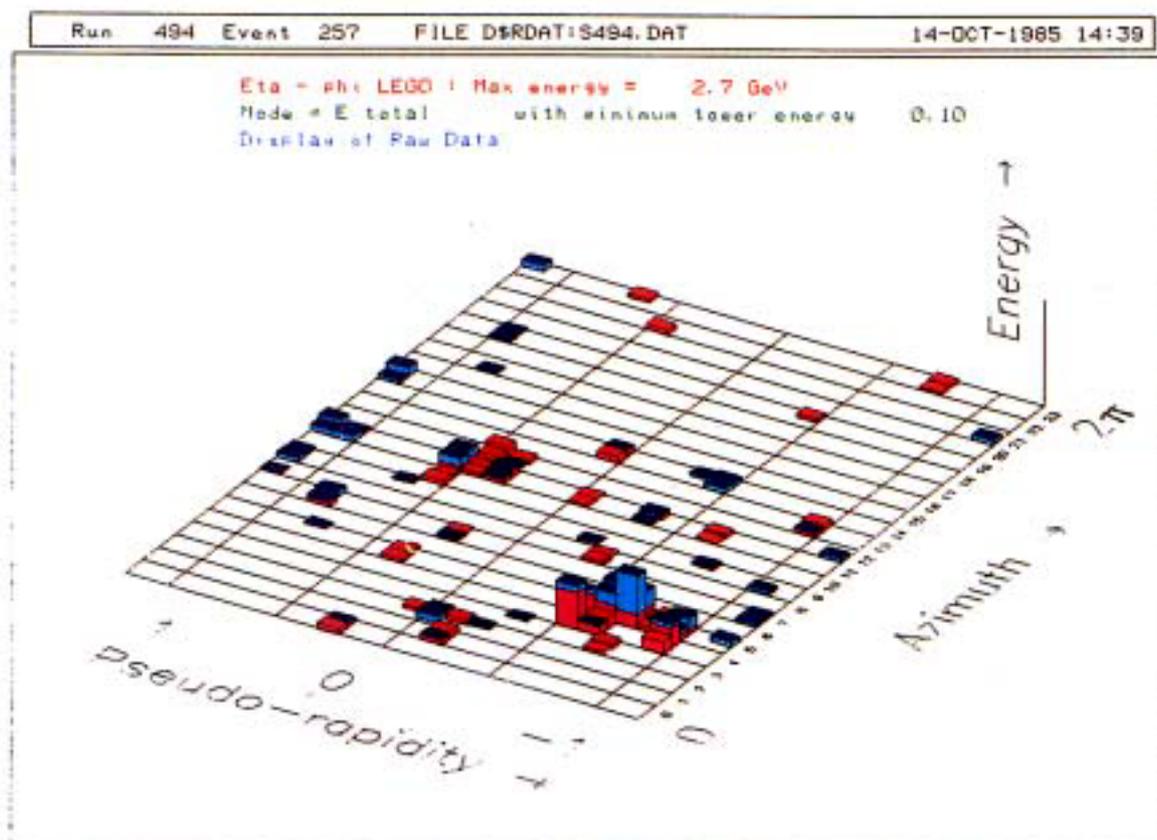


FIG. 9 - On-line display di un evento.

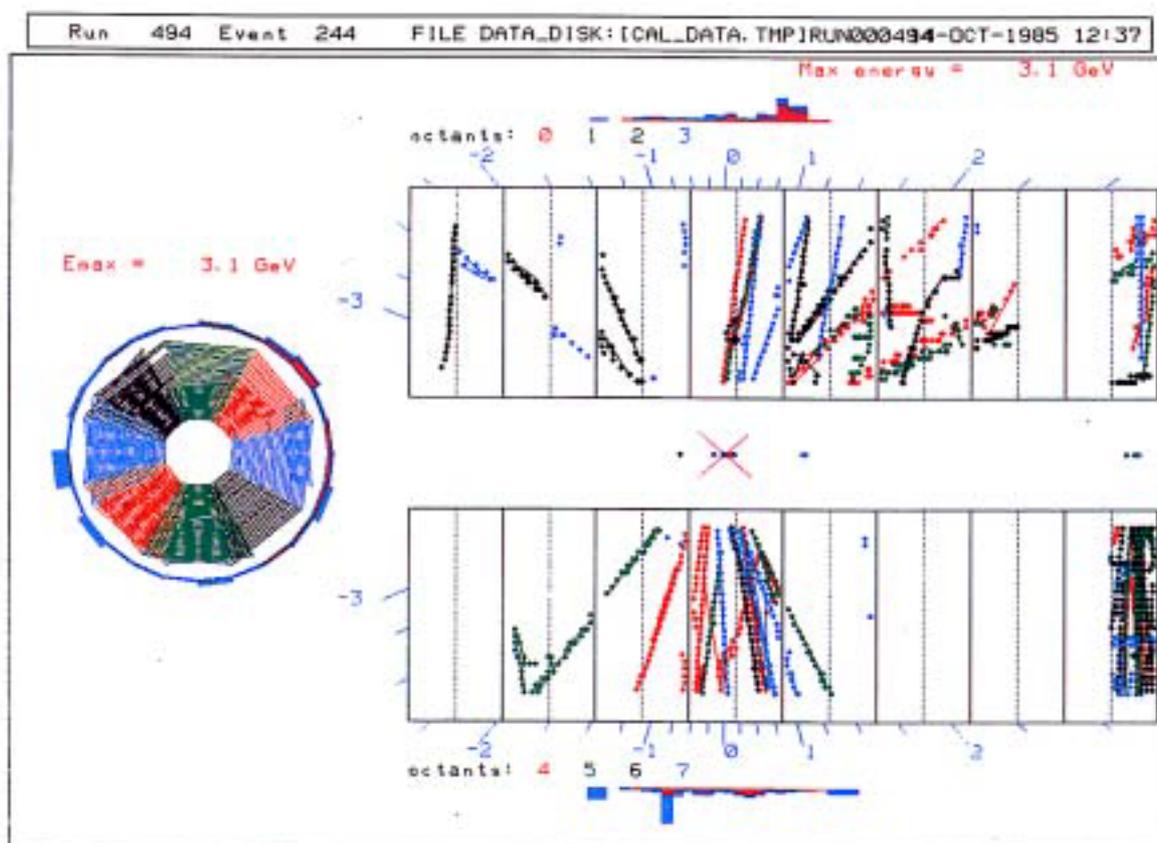


FIG. 10 - Lego plot della distribuzione di energia misurata dai calorimetri per un evento.

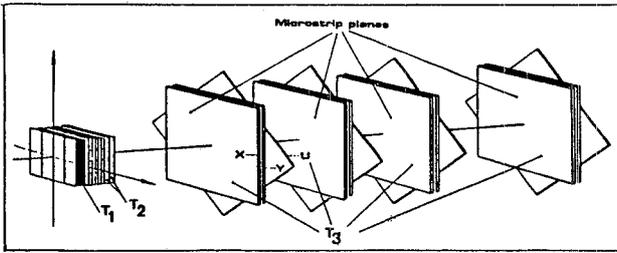


FIG. 11 - Il rivelatore di vertice: sono visibili il telescopio di rivelatori di silicio (T<sub>1</sub>) e i gruppi di microstrip (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>).

sembrati e testati sul fascio dell'esperimento circa 600 contatori. È stata completata la costruzione di altri 200 contatori che si prevede di installare nella primavera del 1986.

Durante il 1986 verrà iniziata la costruzione delle parti di implementazione del calorimetro recentemente approvata (aumento di granularità del piano di pre-campionamento ed aggiunta di due piani di campionamento trasversale per la risoluzione delle ambiguità).

Una prima presa dati al FermiLab è prevista per la primavera del 1987.

#### Publicazioni

- M. Enorini et al., A Montecarlo program for beauty and charm photoproduction at the Tevatron energies, Frascati report LNF-83/22 (1983).
- M. Enorini et al., Simulation of diffractive and non diffractive heavy quark photoproduction at the Tevatron energies, Frascati report LNF-84/22 (1984).
- S. Bianco et al., Frascati report LNF-85/49 (1985).

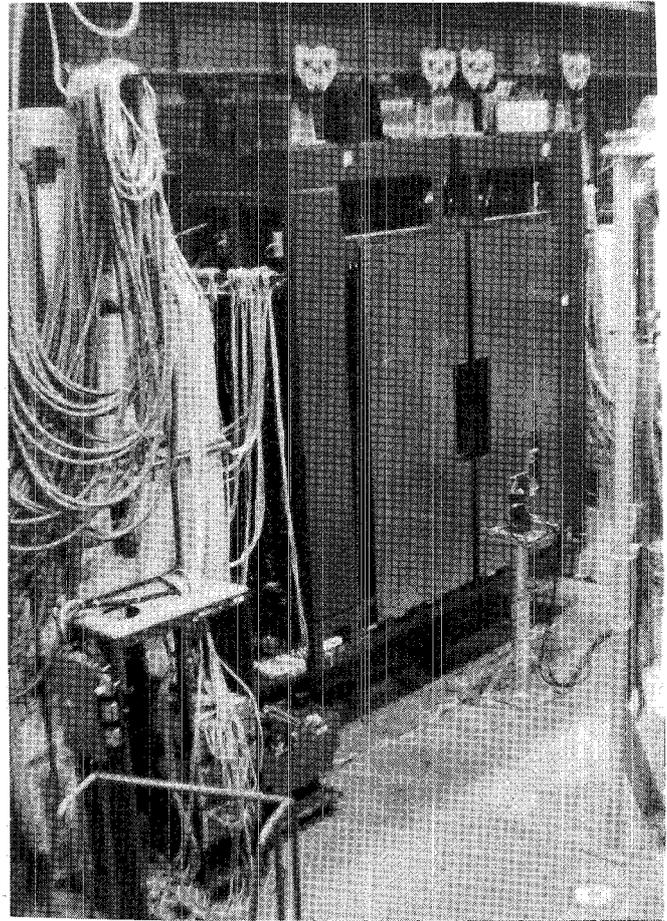


FIG. 13 - Vista frontale del calorimetro elettromagnetico esterno (O.C.).

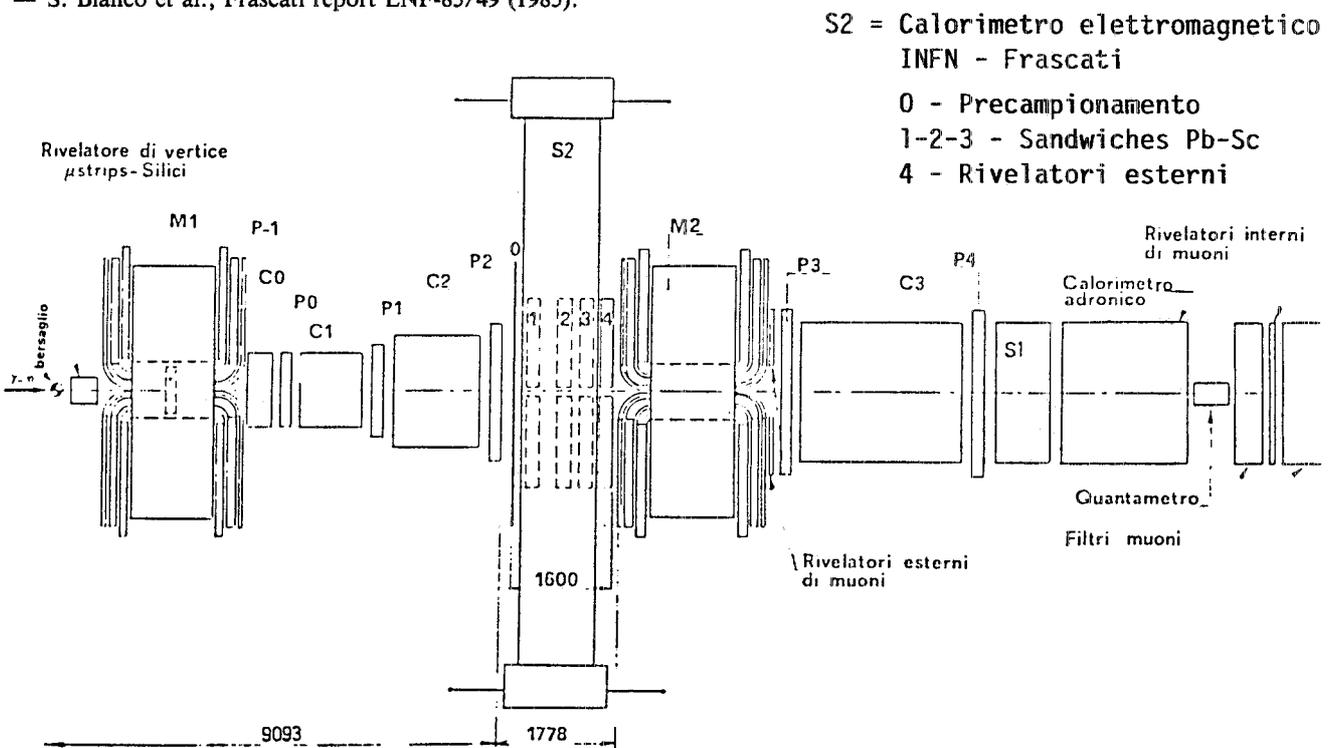


FIG. 12 - Schema del bersaglio e dello spettrometro in avanti dell'esperimento: il calorimetro e.m. dei Laboratori Nazionali di Frascati è indicato con S2. Tutte le distanze sono in mm.

## Esperimento MAC a SLAC

Componenti del gruppo: T. Camporesi (A), R. De Sangro (A), I. Peruzzi, M. Piccolo.

Collaborazione con: Colorado, Houston, Northeastern, SLAC, Utah, Winsconsin.

MAC (MAGnetic Calorimeter) è uno degli esperimenti in funzione presso l'anello di accumulazione e<sup>-</sup> PEP a SLAC (Stanford, USA). Durante il 1985 MAC ha raccolto dati corrispondenti ad una luminosità integrata di circa 60 pb<sup>-1</sup>.

Tali dati non vanno semplicemente ad arricchire la già considerevole statistica accumulata negli anni precedenti (~ 200 pb<sup>-1</sup>), ma offrono nuove interessanti possibilità di analisi, grazie alla superiore qualità del tracking. Si tratta infatti dei primi dati raccolti dopo l'installazione della nuova camera di vertice ad alta precisione, progettata espressamente per consentire una più accurata misura delle vite medie del quark b e del leptone tau.

Ricorderemo che MAC è stato il primo esperimento a misurare la vita media delle particelle con "beauty": la scoperta che questa fosse molto più lunga di quanto ci si aspettasse, ha suscitato un enorme interesse teorico e ha stimolato anche altri esperimenti a implementare un sistema più preciso per la misura del parametro d'impatto e dei vertici secondari.

Diamo ora una breve descrizione del rivelatore di vertice realizzato da MAC: si tratta di una camera a drift costituita da 324 tubi disposti in sei strati concentrici in un contenitore pressurizzato a 4 atmosfere. Le pareti di questo contenitore sono due cilindri, di raggio rispettivamente 3 e 9 cm. Il cilindro più interno sostituisce la camera a vuoto originale di PEP ed è realizzato in berillio, ricoperto da uno strato spesso 50 micron di tantalio.

I tubi a drift sono di mylar alluminato, avvolto elicoidalmente in forma cilindrica; hanno un raggio di 3.54 mm e contengono un filo spesso 30 microns. La lunghezza del rivelatore è di 40 cm, e consente la copertura dell'85% dell'angolo solido totale.

La camera opera ad una pressione nominale di 4 atm in una miscela Argon (49%), Anidride Carbonica (50%) e Metano (1%): questo gas, pur non offrendo caratteristiche di saturazione per la velocità di drift, è stato

scelto per le ottime caratteristiche di 'non-polimerizzazione', allo scopo di assicurare una lunga durata del rivelatore.

Con questa miscela è possibile far lavorare la camera sia in regime 'proporzionale saturato' che di 'streamer limitato', a seconda del valore della tensione di alimentazione. Si è scelto il modo 'proporzionale saturato' per un duplice motivo: la minor corrente media nella camera sotto fascio e la riduzione del cross-talk.

L'elettronica di front-end è stata sviluppata a Frascati dalla componente italiana del gruppo, in collaborazione con il Gruppo Elettronica di Adone: consiste di un pre-amplificatore di carica rapido seguito da uno shaper con cancellazione del polo a zero (basato sull'ibrido della Laben 5242) e di un discriminatore a doppia soglia (basato sul comparatore Plessey SP9817). In condizioni operative il sistema lavora con una 'timing threshold' pari a 2 elettroni primari.

Data la vicinanza del rivelatore al fascio, solo 3.5 cm, è stato necessario disegnare le schermature con estrema cura. Oltre alle maschere, queste comprendono anche uno schermo attivo costituito da un rivelatore di germanato di bismuto nella regione angolare tra 34 e 90 mrad. In questo modo è stata salvaguardata la possibilità di riconoscere eventi a gamma singoli con una copertura angolare dell'angolo solido pressochè completa. I risultati ottenuti sono stati estremamente soddisfacenti: in condizioni normali di presa dati, la camera riceve in media soltanto 1.5 hits/beam crossing.

Le procedure di calibrazione ed allineamento del rivelatore hanno assorbito una parte notevole delle risorse del gruppo nel 1985; esse sono basate sullo studio dello scattering Bhabha. Si tratta di eventi molto semplici dal punto di vista topologico che permettono di determinare, con procedimenti di iterazione successive, i parametri rilevanti della camera: relazione spazio-tempo, posizione e direzione nello spazio di ciascun tubo.

Effettuata la calibrazione, le prestazioni di questo rivelatore si sono rivelate eccellenti: in condizioni standard la risoluzione spaziale, mediata su tutta la camera (includendo quindi la sistematica del posizionamento), è pari a 50 microns. Se invece si esclude la regione di drift immediatamente intorno al filo (circa 0.5 mm), dove la risoluzione è domina-

ta dalla statistica di formazione delle coppie di ioni, si ottiene una sigma puntuale di 38 microns.

La risoluzione nella misura della distanza di minimo approccio è di 80 microns per tracce di momento elevato ( $> 5 \text{ GeV}/c$ ) e degrada al diminuire del momento a causa dello scattering multiplo.

I dati raccolti con la camera di vertice sono in avanzata fase di analisi e saranno pubblicati entro breve tempo: essi riguardano sia la vita media delle particelle con 'beauty' che quella del leptone tau.

Nel frattempo è continuato il programma di ricerca di MAC per lo studio delle caratteristiche degli eventi multiadronici, la ricerca di nuove particelle, la misura dell'asimmetria nella produzione di coppie di leptoni o di quarks, i decadimenti del leptone tau, etc. Per i risultati ottenuti facciamo riferimento alle pubblicazioni della collaborazione.

## Esperimento SLD al Linear Collider di SLAC

Componenti del gruppo: A. Calcaterra, R. De Sangro, I. Peruzzi, M. Piccolo.

Collaborazione con: Bologna, Boston, Caltech, Cincinnati, Colorado, Columbia, Ferrara, Illinois, MIT, Padova, Perugia, Pisa, Rutherford, Santa Cruz, SLAC, Triumph, Vanderbilt, Victoria, Washington, Wisconsin.

L'esperimento SLD (Slac Large Detector) è in corso di progettazione e realizzazione a SLAC, in varie Università americane, a Rutherford e in Italia, con la partecipazione di diverse sezioni INFN. Si tratta di un progetto di grande impegno tecnico che ha come scopo la costruzione di un rivelatore che possa sfruttare a pieno la potenzialità del collider  $e^+e^-$  SLC, che entrerà in funzione alla fine del 1986 a SLAC.

SLC consentirà lo studio dell'interazione  $e^+e^-$  all'energia di produzione della  $Z^0$ : la produzione di  $Z^0$  sarà molto copiosa anche nel caso in cui la macchina dovesse raggiungere soltanto una frazione della luminosità di progetto, e renderà possibile lo studio dettagliato dei vari canali di decadimento. Altri temi di ricerca che si potranno affrontare sono la ricerca del sesto quark, il top, l'eventuale studio degli stati del "toponio" o delle particelle con "open" top; la ricerca dei me-

soni di Higgs; di eventuali altri leptoni, sia carichi che neutri o di altre particelle "esotiche"; la spettroscopia delle particelle con beauty, la ricerca di particelle supersimmetriche, la determinazione del numero di neutrini "leggeri" ecc.

La fisica  $e^+e^-$  a queste energie verrà studiata anche dagli esperimenti di LEP al CERN. SLC, essendo un collider lineare, ha però almeno due caratteristiche che lo rendono una macchina unica: le dimensioni dei fasci estremamente ridotte (pochi microns) e il basso duty cycle (180 Hz) consentiranno misure di vita media di grande precisione, con la possibilità di usare la tecnica dei CCD; il fascio di elettroni potrà essere polarizzato longitudinalmente, e questo rende possibili una vasta gamma di esperimenti di altissimo interesse.

SLD è un apparato "general purpose" che combina un tracking di alta precisione con un sistema di identificazione di particelle, sia leptoni che adroni, e con la misura calorimetrica su praticamente tutto l'angolo solido. Le componenti principali del rivelatore, procedendo dalla zona di interazione verso l'esterno, sono:

a) Un sistema di CCD, che fornisce una misura molto accurata sia del vertice primario che dei vertici secondari degli eventi multiadronici.

b) Una camera a drift centrale per il tracciamento delle particelle cariche e la misura del loro impulso.

c) Un sistema di Cerenkov Ring Imaging Detectors (CRID), per la identificazione di particelle su un range di momento molto ampio.

d) Un calorimetro ad Argon Liquido (LAC) con radiatore di piombo, che nella regione frontale, a segmentazione più fine, costituisce il calorimetro elettromagnetico (20 r.l.) e che ha uno spessore complessivo di oltre 3 lunghezze di interazione.

e) Una bobina magnetica convenzionale, in alluminio e dallo spessore di circa 0.5 lunghezze di assorbimento, che fornisce un campo magnetico di 0.6 T, necessario per la misura dell'impulso dei carichi.

f) Un calorimetro adronico a ferro e gas (WIC), per la misura della parte di sciame adronico che non viene assorbita dal LAC e per il tracciamento e l'identificazione dei muoni. Il ferro provvede anche al ritorno di flusso del campo magnetico.

Tutti questi componenti, a parte ovviamente il magnete, sono costituiti da un elemento centrale, che copre la regione a grande angolo, e da due elementi laterali, o "end caps", che completano la copertura dell'angolo solido. L'accettanza angolare è quindi pressochè completa e le tecniche usate sono omogenee in tutto il rivelatore.

I gruppi italiani dell'INFN sono impegnati, insieme ad MIT e Wisconsin, nella progettazione, realizzazione e messa in opera del WIC. Le grandi dimensioni di questo rivelatore (la superficie coperta è di quasi 5000 mq) e la difficoltà di accesso, una volta montato nel ferro, richiedono la scelta di una tecnica che unisca a semplicità di costruzione e economicità dei materiali impiegati, doti di grande robustezza e che dia quindi affidamento per una lunga durata di funzionamento, praticamente in assenza di manutenzione.

Per questi motivi abbiamo deciso di utilizzare i tubi di plastica operanti nel regime di streamer limitato; questa tecnica, sviluppata originariamente a Frascati, è stata già usata con successo nell'esperimento NUSEX, ed è anche stata adottata da diversi altri grossi esperimenti attualmente in preparazione.

La parte attiva del WIC consiste in 15 strati di tubi a streamer, per un totale di circa 80000 celle, alternati a lastre di ferro dello spessore di 5 cm. I tubi sono lunghi 6.8 m nel rivelatore centrale (barrel) e hanno lunghezza variabile tra 4 e 8 metri nelle "end caps". Due strati sono in realtà doppi e consentono la misura della posizione nello spazio, per un più preciso tracciamento dei muoni.

La plastica è resa conduttiva, con una resistività tra 1 e 2 Mohm, che la rende trasparente a transienti, mediante l'applicazione di uno strato di grafite. Questa operazione avviene nei LNF, dove sono state realizzate delle attrezzature che consentono la grafitatura di circa un kilometro di profili al giorno. Nei tubi così preparati viene poi "tessuto" un filo, dello spessore di 100 micron, a cui viene applicata una tensione di circa 4.5 Kvolt.

La lettura del segnale indotto dagli streamer avviene invece su elettrodi esterni, strip e pads. Il segnale raccolto sulle strips, ovvero elettrodi paralleli al filo, viene analizzato digitalmente e permette il tracciamento dei muoni o di altre particelle che non dovessero essere assorbite nel LAC. I pads invece, collegati tra di loro a formare una "torre" proiettiva, forniscono l'informazione calori-

metrica, e i loro segnali vengono analizzati analogicamente.

Nel 1985 il gruppo è stato impegnato nel progetto dettagliato del rivelatore, e in un vasto programma di test e studio della tecnica dei tubi a streamer, per mettere a punto i dettagli costruttivi. Particolare attenzione è stata dedicata al problema di come realizzare i piani di strips e pads. La soluzione prescelta è quella di adoperare un materiale simile alla vetronite, il glass steel, che viene prodotto in fogli di grande dimensione, rivestito di rame da uno o entrambi i lati. Strips e pads vengono poi ottenuti graffiando il rame, per una larghezza di 1 mm e in modo da ottenere il disegno desiderato, usando una fresa montata su un plotter e guidata da un calcolatore.

La produzione di massa dei tubi è già iniziata: nel 1985 abbiamo grafitato circa 5000 moduli da 8 tubi ciascuno, sufficienti per tutta la parte a grande angolo; sono state messe a punto le attrezzature per la preparazione di strips e pads e la saldatura delle connessioni dei pads. Entro il 1986 tutto il materiale realizzato in Italia dovrà essere spedito a SLAC dove le camere verranno assemblate a partire dal Giugno 1986, per essere pronte a venir inserite nel ferro nel Marzo del 1987.

### Esperimento ZEUS ad HERA di DESY

Componenti del gruppo: R. Casaccia, I. Laakso, A. Rindi, G. Susinno, L. Votano.

Collaborazione con: Amsterdam, Argonne, Bologna, Bonn, Bristol, Carleton, Columbia, Cracow, DESY, ENEA-Frascati, Ferrara, Firenze, Freiburg, Hamburg, Illinois, L'Aquila, Lecce, London, Madrid, Manitoba, McGill, Michigan, Milano, Nijmegen, Ohio, Oxford, Padova, Palermo, Pennsylvania, Princeton, Rutherford, Siegen, Torino, Toronto, Virginia, Warsaw, Weizmann, Wisconsin, York.

Sono in via di definizione i rivelatori per HERA a DESY per osservare le collisioni tra protoni ed elettroni, rispettivamente da 820 GeV e 30 GeV. Oltre alla macchina HERA stessa, il contributo dell'INFN si concentra, maggiormente, sull'esperimento ZEUS, in collaborazione con istituzioni di altri otto paesi.

Questo rivelatore è ottimizzato per lo studio di correnti neutre e cariche. Il principale scopo nella progettazione dell'esperimento è

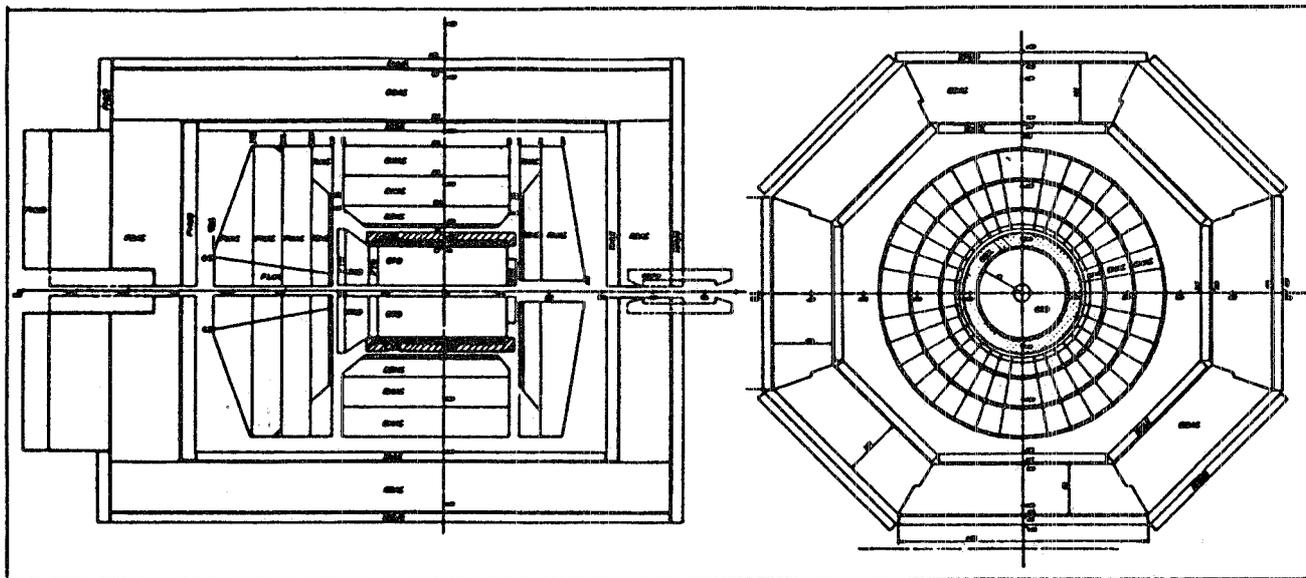


FIG. 14 - Vista laterale e frontale dell'apparato ZEUS.

stato quello di raggiungere una buona rivelazione dei jets di particelle ed identificazione dei leptoni. La configurazione del rivelatore è mostrata in Fig. 14.

Procedendo dalla zona di interazione, osserviamo le camere centrali immerse in un campo magnetico da 1.8 T, ottenuto per mezzo di un solenoide sottile superconduttore. All'esterno di questo c'è il rivelatore calorimetrico diviso in tre parti: elettromagnetico, adronico e di guardia.

I primi due sono di spessore variabile tra 4 e 7 lunghezze di interazione mentre il terzo, ricavato dal ferro di schermo magnetico, ha uno spessore di 3 ÷ 5 lunghezze di interazione. Il materiale calorimetrico contiene uranio impoverito e la lettura è effettuata mediante scintillatori e rivelatori al silicio.

L'identificazione degli elettroni è affidata contemporaneamente alla calorimetria E.M., alle camere centrali ed ai rivelatori di radiazione di transizione. L'identificazione dei  $\mu$  è affidata ai rivelatori all'interno ed all'esterno dello schermo di ferro.

Per aumentare l'ermeticità dell'intero apparato, verranno installati dei contatori di elettroni, fotoni e protoni fino a 100 metri di distanza per rivelare i processi relativi a produzione a piccolissimi angoli dai rispettivi fasci elettroni e protoni. L'approntamento del rivelatore è previsto per l'anno 1989.

Le parti dei rivelatori con principale responsabilità italiana sono:

- rivelatore dei vertici;
- rivelatore dei  $\mu$  a grandi angoli;
- rivelatore dei  $\mu$  in avanti;
- rivelatori al silicio;
- identificatore del Leading proton;
- solenoide superconduttore.

La partecipazione dei LNF riguarda principalmente la rivelazione dei  $\mu$  in avanti ed il solenoide superconduttore; per la realizzazione di quest'ultimo ci si avvarrà della collaborazione del Centro di Frascati dell'ENEA.

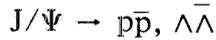
### Esperimento DM2 al DCI di Orsay

Componenti del gruppo: A. Antonelli, R. Baldini, S. Calcuterra, G. Capon, M. Schioppa.

Collaborazione con: Clermont-Ferrand, Orsay, Padova.

La raccolta dati da parte di DM2 è stata arrestata nel Marzo 1985. L'apparato è stato smontato e anche l'anello di accumulazione DCI sarà trasformato per renderlo più adatto all'estrazione della luce di sincrotrone.

Nell'anno trascorso è stata data priorità all'analisi degli 8.6 milioni di decadimenti adronici della  $J/\Psi$  raccolti. In particolare per quanto riguarda i decadimenti adronici sono stati studiati con alta statistica



e la distribuzione angolare di questi processi si è mostrata in ottimo accordo con la predizione di QCD (Figg. 15 e 16)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega^*} \propto 1 + \frac{M_\psi^2 - 4M_B^2}{M_\psi^2 + 4M_B^2} \cos^2\theta^*$$

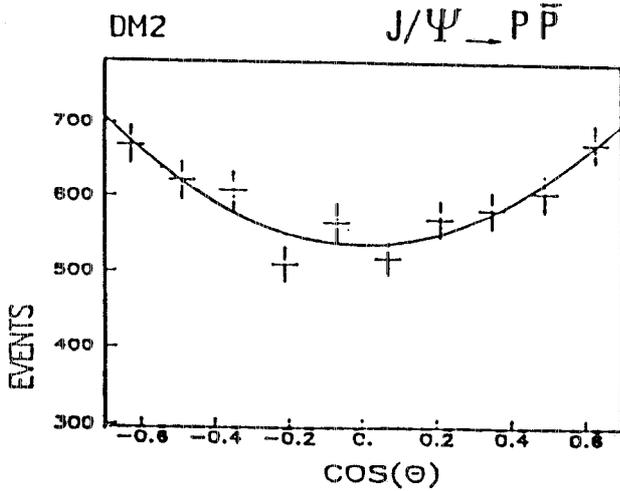


FIG. 15 - Distribuzione angolare  $J/\psi \rightarrow p\bar{p}$ .

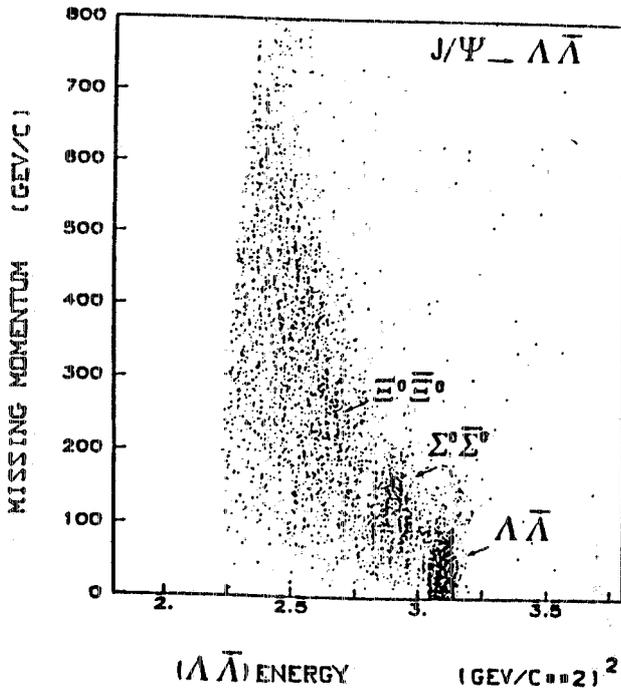
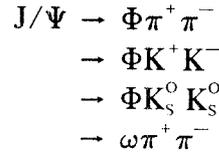


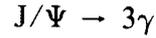
FIG. 16 - Evidenza dei decadimenti  $J/\psi \rightarrow$  barioni strani.

Sono stati studiati decadimenti del tipo  $J/\Psi \rightarrow$  vettore + tensore:



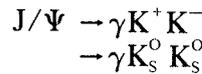
dove in particolare si ha per la prima volta evidenza della  $\Theta(1700)$  in un decadimento non radiativo.

Sono stati studiati i canali di decadimento



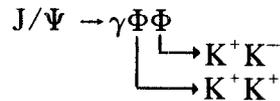
ottenendo, sulla base della precisione angolare, delle risoluzioni in massa  $\gamma\gamma$ , ad esempio  $\eta$  o  $\eta' \rightarrow \gamma\gamma$ , comparabili con quelle ottenute con particelle cariche.

Per quanto riguarda i decadimenti radiativi i risultati di DM2 concordano solo in parte con i risultati ottenuti da MARK III. Particolarmente importante è il confronto per quanto riguarda



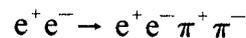
dove definitivamente non c'è evidenza della  $\xi$  (2200) (Fig. 17a). Una struttura più larga è forse evidente, attorno a 2100 MeV, nella massa  $K_s^0 K_s^0$  (Fig. 17b) e il massimo di questa struttura è spostato di 50 MeV rispetto al segnale visto da MARK III: più di quanto può essere atteso dalla calibrazione in massa dell'apparato.

Viceversa una struttura stretta a 2200 appare nel decadimento (Fig. 18)



Tuttavia la sua rilevanza statistica è scarsa. È allo studio l'identificazione dello stesso decadimento attraverso  $\Phi \rightarrow K_s^0 K_L^0$ .

Tra i molti altri risultati ottenuti dalla collaborazione DM2 particolare menzione va alla identificazione del processo



per piccole masse  $\pi^+\pi^-$  (Fig. 19).

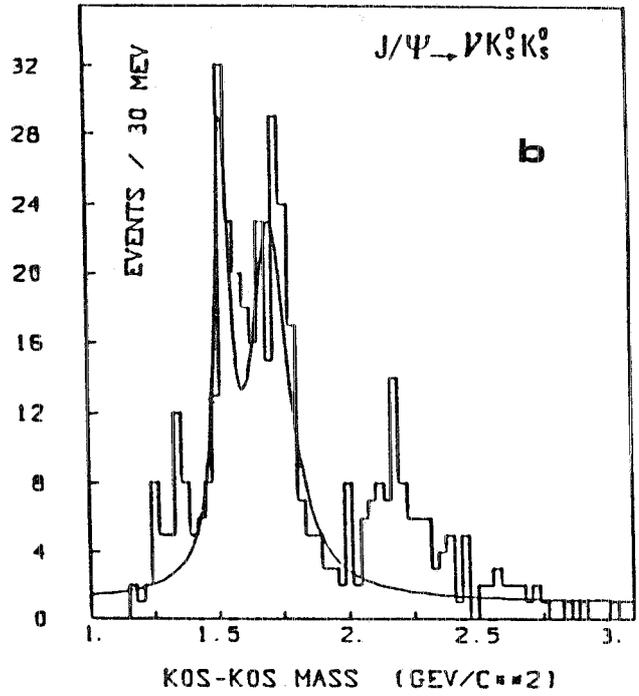
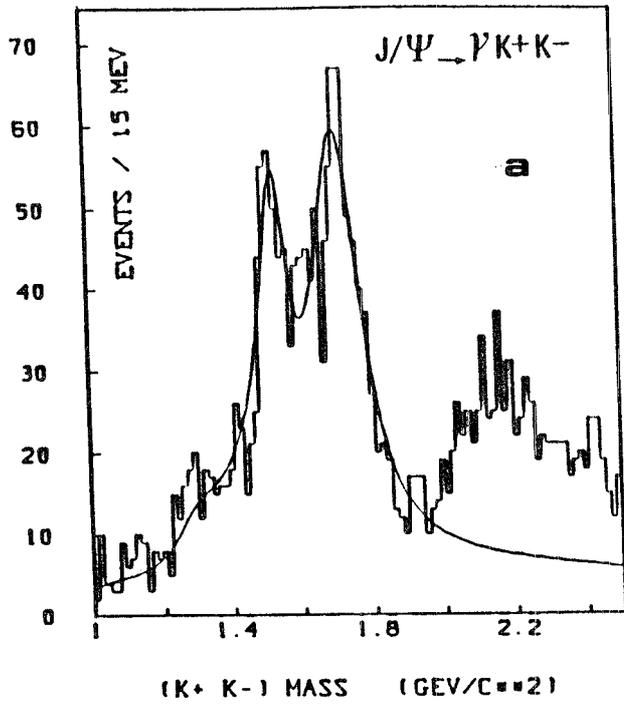


FIG. 17 - (a) Massa invariante  $K^+K^-$  per  $J/\psi \rightarrow \gamma K^+K^-$ . (b) Massa invariante  $K_S^0 K_S^0$  per  $J/\psi \rightarrow \gamma K_S^0 K_S^0$ .

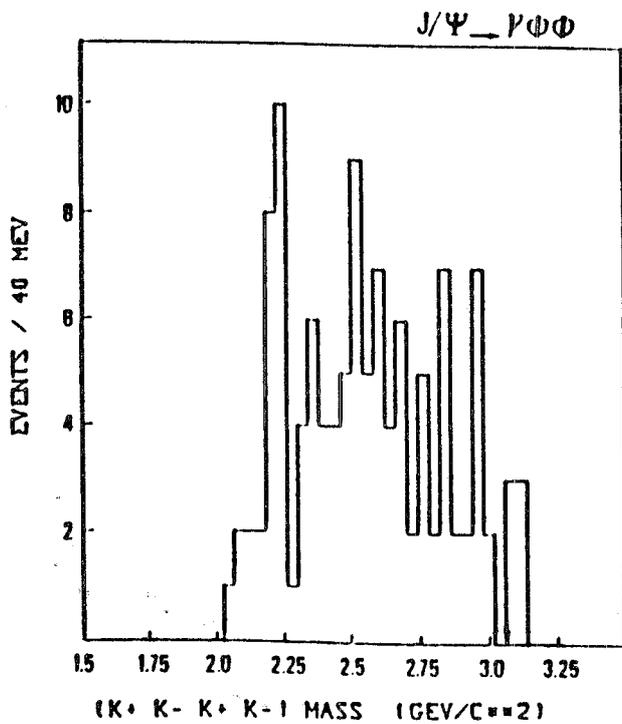


FIG. 18 - Massa invariante  $\Phi\Phi$  per  $J/\psi \rightarrow \gamma\Phi\Phi$ .

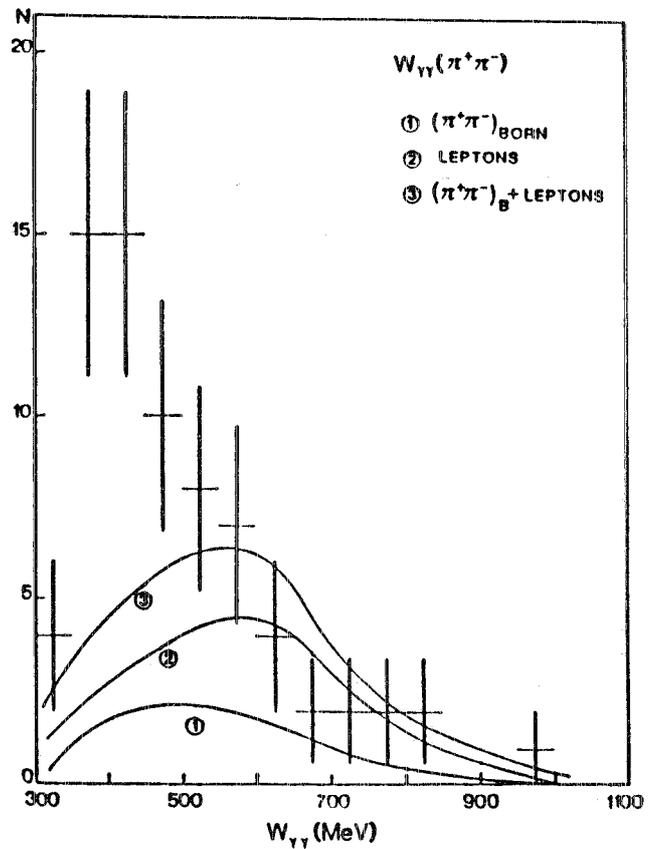


FIG. 19 - Massa invariante  $\pi^+\pi^-$  per  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\pi^+\pi^-$ .

## 2. - FISICA DELLE ALTE ENERGIE PASSIVA

### Esperimento NUSEX al Monte Bianco

Componenti del gruppo: G. Battistoni, C. Bloise (A.), P. Campana, V. Chiarella, A. Ciocio (A.), E. Iarocci, G.P. Murtas (A.), L. Satta.

Tecnici: U. Denni, G. Mazzenga, G. Nicoletti.

Collaborazione con: CERN, Milano, Torino.

L'esperimento NUSEX è dedicato in primo luogo alla misura della vita media del nucleone e allo studio della fisica dei muoni dei raggi cosmici di alta energia.

Il progetto dell'apparato è iniziato nel 1979, sulla base delle indicazioni delle teorie di grande unificazione, che prevedevano una vita media del nucleone intorno a  $10^{30}$  anni. Le principali richieste di progetto erano:

- 1) Raggiungere una sensibilità di circa  $10^{31}$  anni sui principali canali di decadimento.
- 2) Permettere un'adeguata capacità di riconoscimento delle topologie degli eventi, per poter discriminare il fondo dovuto alle interazioni di neutrini atmosferici.
- 3) Dimensionare il rivelatore in modo da poter utilizzare un laboratorio sotterraneo già esistente nel tunnel del Monte Bianco.

Per soddisfare tali richieste si è scelto di utilizzare la tecnica della calorimetria digitale. L'apparato, schematizzato in Fig. 20, consiste di un cubo di 3.5 m di lato, realizzato con 136 lastre di ferro da 1 cm di spessore, intervallate con piani di tubi a streamer limitato con catodo resistivo, a lettura bidimensionale ( $\sim 1 \text{ cm}^2$  di granularità)<sup>(1)</sup>. La massa totale è di 150 tonnellate, corrispondenti a  $\sim 6 \times 10^{32}$  nucleoni.

I tubi a streamer sono stati sviluppati nei LNF. Il numero totale di fili è circa 50000, con quasi 90000 canali di lettura digitale su due viste proiettate, per la ricostruzione spaziale degli eventi. Le prestazioni dell'apparato sono state valutate mediante calibrazione su fasci di  $e$ ,  $\pi$  e  $\nu$ .

L'apparato è in presa dati continua, all'85% del tempo solare, dal Giugno 1982.

Il laboratorio del Monte Bianco ha una copertura di roccia superiore o uguale a 5000

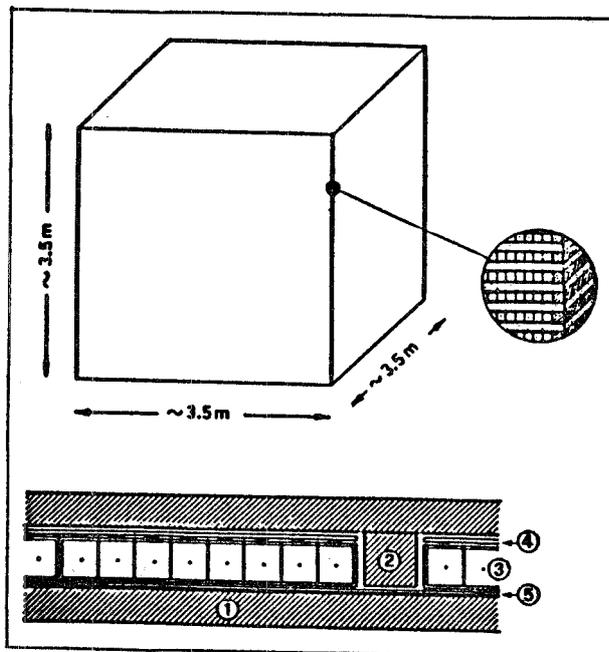


FIG. 20 - Schematizzazione dell'apparato NUSEX con dettaglio di un piano di tubi: 1, 2: Lastra di ferro e distanziatore; 3: Sezione dei tubi a streamer; 4, 5: Strisce per la rivelazione del segnale indotto in x e y.

metri di acqua equivalente. A questa profondità la frequenza di muoni di raggi cosmici nell'apparato è  $\sim 1.3$  eventi/ora. La frequenza degli eventi totalmente confinati nel volume sensibile dell'apparato (cioè senza alcuna particella carica che sia originata o che si fermi fuori del rivelatore) è pari a  $\sim 1$  evento/mese. Tali eventi sono, per la quasi totalità, interpretabili come interazioni di neutrini atmosferici. Finora solamente due eventi contenuti (su un totale di 34) sono ricostruibili come possibili decadimenti di protone, rispettivamente secondo i canali  $p \rightarrow \mu^+ K^0$  e  $p \rightarrow e^+ \pi^0$ . La probabilità che tali eventi siano invece dovuti ad interazione di neutrino è di poco superiore al 10%. I limiti superiori sulla vita media del nucleone, divisa per il branching ratio, sono dell'ordine di  $10^{31}$  anni, sui principali canali di decadimento<sup>(2)</sup>.

Per quanto riguarda la fisica dei raggi cosmici, è stata intrapresa la ricerca di sorgenti galattiche di alta energia. Recentemente alcuni esperimenti per lo studio degli sciami estesi in superficie hanno pubblicato l'evidenza di un segnale di fotoni di altissima energia ( $\sim 100 \text{ TeV}$ ) provenienti da CYGNUS X3<sup>(3,4)</sup>. Tale sorgente, già individuata in passato nell'emissione di raggi X, è interpretata come un sistema binario formato da

un oggetto compatto (probabilmente una pulsar) e una stella di massa  $\sim 5 M_{\odot}$ . Esistono modelli, per questi sistemi, che prevedono un meccanismo di accelerazione di particelle fino a  $\sim 10^{17}$ - $10^{18}$  eV che, interagendo con la materia della compagna massiva, danno luogo ad un flusso di secondari. Mentre i secondari carichi vengono dispersi dal campo magnetico galattico, i  $\gamma$  e  $\nu$  di alta energia (emessi sostanzialmente nei decadimenti dei  $\pi$ ) mantengono inalterata la loro direzione. Tale flusso risulterebbe pulsato per via della rotazione del sistema binario, ed il conseguente effetto di schermo in direzione dell'osservatore. Il periodo misurato per CYGNUS X3 è di 4.8 ore. Uno degli esperimenti citati<sup>(4)</sup> ha riportato l'indicazione di una anomala produzione di muoni negli sciami provenienti da CYGNUS. Sulla base di ciò è stata effettuata una analisi in fase dei muoni di alta energia rivelati in NUSEX, utilizzando le effemeridi di CYGNUS X3. In Fig. 21 è riportato il diagramma di fase (rispetto al periodo di 4.8 ore) dei tempi di arrivo dei muoni provenienti da una finestra di  $10^{\circ} \times 10^{\circ}$  intorno alla direzione di CYGNUS X3, selezionati su un campione di 27000 muoni singoli<sup>(5)</sup>. Si nota un eccesso nell'intervallo di

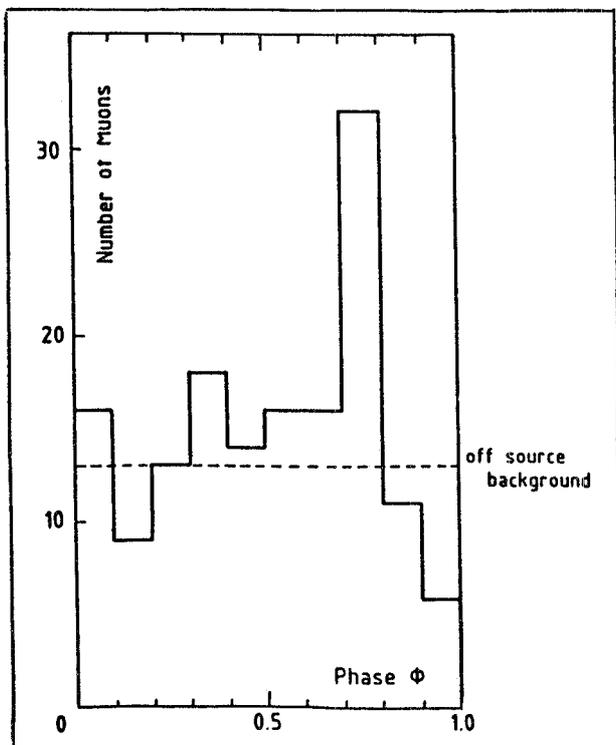


FIG. 21 - Distribuzione di fase dei muoni provenienti da una finestra di osservazione di  $10^{\circ} \times 10^{\circ}$  centrata su Cygnus -X3.

fase 0.7-0.8. Nella stessa figura è anche riportato il livello del fondo misurato fuori dalla direzione della sorgente. La probabilità che il picco osservato sia dovuto alla fluttuazione di un fondo uniforme è  $6.5 \times 10^{-4}$ . Un risultato analogo è stato ottenuto anche da un altro esperimento sotterraneo negli Stati Uniti<sup>(6)</sup>.

L'intensità del segnale osservato è superiore di un fattore 100-1000 al flusso di muoni aspettato in base allo spettro in energia misurato dei  $\gamma$  da CYGNUS X3. L'eventuale conferma di questo risultato implicherebbe un aumento anomalo della sezione d'urto di fotoproduzione ad energie  $\geq 100$  TeV, oppure l'esistenza di una nuova particella neutra, di massa non superiore a 2 GeV, con grande sezione d'urto per produzione di  $\mu$ .

L'esperimento NUSEX permette inoltre di rivelare eventuali monopoli magnetici pesanti, previsti dalle teorie di grande unificazione. Infatti l'apparato è in grado di rivelare particelle di bassa velocità ( $\beta \sim 2 \times 10^{-4}$ ) e basso potere ionizzante (fino al 6% di una particella al minimo di ionizzazione). Non sono stati individuati eventi candidati, e il limite sul flusso di monopoli, in funzione della velocità, è riportato in Fig. 22<sup>(7)</sup>, insieme a quelli ottenuti da altri esperimenti. Tale limite è relativo all'analisi di  $\sim 15000$  ore di presa dati, ed è pari a  $2.3 \times 10^{-13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$  (al 90% di livello di confidenza) su quasi tutto l'intervallo di  $\beta$ .

L'esperimento continuerà la presa dati nel 1986.

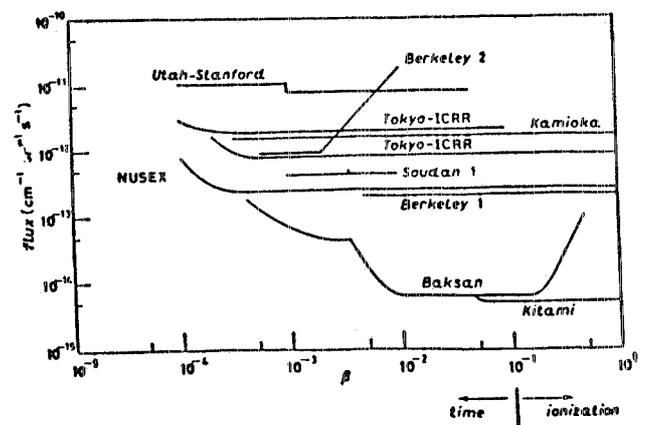


FIG. 22 - Limiti superiori sul flusso di monopoli in funzione della velocità, per NUSEX ed altri esperimenti utilizzando tecniche differenti.

## Pubblicazioni

- (1) G. Battistoni et al., Frascati report LNF-85/48 (1985); inviato a Nuclear Instr. and Meth.
- (2) G. Battistoni et al., Muon tracking underground, Proceedings of the 1st Symposium on Underground Physics, Sant Vincent, April 1985; in corso di stampa sul Nuovo Cimento.
- (3) J. Lloyd-Evans et al., Observation of  $\gamma$  rays  $> 10^{15}$  eV from Cygnus X-3, Nature **305**, 784 (1983).
- (4) M. Samorski and W. Stamm, 18th Intern. Cosmic Ray Conf., Bangalore, India, August/September 1983, Vol. 11, p. 244.
- (5) G. Battistoni et al., Observation of a time modulated muon flux in the direction of Cygnus X-3, Phys. Letters **155B**, 465 (1985).
- (6) M.L. Marshak et al., Evidence for muon production by particles from Cygnus X-3, Phys. Rev. Letters **54**, 2079 (1985).
- (7) G. Battistoni et al., Limit on monopole flux in the Mont Blanc NUSEX experiment, Proceedings of the 1st Symposium on Underground Physics, Sant Vincent, April 1985; in corso di stampa sul Nuovo Cimento.

## Esperimento MACRO al Gran Sasso

Componenti del gruppo: G. Battistoni, H. Bilokon, C. Bloise (A.), P. Campana, V. Chiarella, A. Ciocio (A.), A. Grillo, E. Iarocci, A. Marini, A. Rindi, F. Ronga, L. Satta, M. Spinetti, L. Trasatti, V. Valente.

Tecnici: U. Denni, G. Mazzenga, G. Nicoletti.

Collaborazione con: Bari, Bologna, Boston, Caltech, CERN, CNR, Drexel, Indiana, Michigan, Pisa, Roma, Texas A&M, Torino, Virginia.

Nell'anno 1985 l'esperimento MACRO ha percorso le tappe dell'iter istituzionale per la sua approvazione. È stato approvato dal Comitato Scientifico Gran Sasso e, successivamente, dal Gruppo Nazionale II dell'INFN che ne ha esaminato anche il piano finanziario. Verso la fine dell'anno l'esperimento è stato vagliato dalle competenti istituzioni statunitensi per quanto riguarda la partecipazione della componente americana; anche in questa sede MACRO ha ottenuto un giudizio favorevole ed una raccomandazione di finanziamento.

Nel corso dell'anno la collaborazione ha affrontato i problemi organizzativi e la divisione dei compiti e delle responsabilità per la realizzazione dell'apparato sperimentale fra le varie Sezioni.

All'inizio dell'estate è stato, nei LNF e con la collaborazione della Sezione di Roma, at-

trezzato a laboratorio mobile un container rimorchiabile con il quale sono state effettuate alcune misure di prova nella galleria del Gran Sasso. In particolare è stata misurata la radioattività ambiente nella sala B utilizzando un tubo streamer. Successivamente in un prototipo di blocco di cemento a bassa radioattività è stato misurato il fondo di singola di un tubo streamer nelle condizioni di schermaggio simili a quelle dell'esperimento. Esso è risultato sufficientemente basso, 37 Hz/m<sup>2</sup>, e tale da essere compatibile con gli schemi di trigger allo studio.

Sempre in galleria si è poi misurato, con un telescopio di tubi streamer di circa 1 metro quadro di superficie, il flusso di muoni cosmici e la loro distribuzione angolare. La misura è durata 41 ore effettive e sono stati raccolti 81 eventi.

I risultati, come si vede nella Fig. 23, sia pure con l'approssimazione dovuta alla bassa statistica, mostrano un buon accordo con quanto previsto in base alla conoscenza attuale del profilo dei monti soprastanti e della composizione della roccia.

La misura verrà ripetuta in un prossimo futuro mentre una più dettagliata mappa della montagna è allo studio.

I tubi a streamer che verranno impiegati in MACRO hanno una sezione sensibilmente maggiore (3×3 cm<sup>2</sup>) dello standard attualmente in produzione nei LNF per gli esperi-

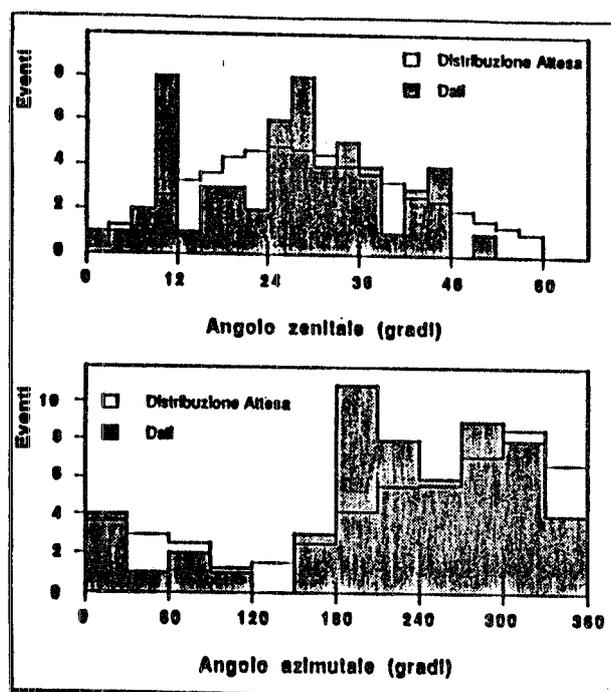


FIG. 23 - Distribuzione angolare di muoni cosmici al Laboratorio del Gran Sasso.

menti di natura calorimetrica. Tale dimensione, che ottimizza le prestazioni dell'apparato in relazione alla risoluzione angolare richiesta di frazione di grado, ha portato a prevedere una nuova catena di montaggio ed a progettare tutte le parti componenti. I prototipi di tali parti saranno pronti all'inizio del 1986.

In laboratorio sono state effettuate le prove di funzionamento su un tubo campione e determinate le condizioni di lavoro.

Ai LNF spetta anche la responsabilità dell'on-line dell'apparato. Pur trattandosi di un esperimento sotterraneo, la frequenza di trigger attesa è piuttosto alta, dell'ordine di 200 Hz, dovuta essenzialmente ai candidati monopolo: inoltre la quantità di dati da leggere è anch'essa elevata, 5 - 10 kbytes per evento. La frequenza di trigger è una conseguenza della necessità di accettanze in tempo fino a mezzo millisecondo per i monopoli lenti.

È stato disegnato un sistema di acquisizione basato su una rete di microvax collegati in Ethernet e coordinati da un calcolatore centrale (Fig. 24). Nel 1986 si prevede di mettere insieme l'intero sistema.

La meccanica generale dell'apparato, supporti, strutture d'insieme, assorbitori, dispositivi d'assemblaggio ecc., è in fase avanzata di progetto nei LNF.

Relazioni sullo stato del progetto e studi sulle prestazioni dell'esperimento nei vari te-

mi di fisica che esso affronterà sono stati presentati e discussi al 1st Symposium on Underground Physics di Saint-Vincent ed alla 19th ICRC di La Jolla.

### Pubblicazioni

- Proceedings of the 19th Intern. Cosmic Ray Conference, La Jolla, 11-23 August, 1985 (NASA, 1985), Vol. 8, pp. 43, 128, 132, 136, 226, 230.
- Proceedings of the 1st Symposium on Underground Physics, Saint-Vincent 1985, in corso di stampa.

### Esperimento LVD al Gran Sasso

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

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

Collaborazione con: Bologna, Brown, CERN, Firenze, Houston, L'Aquila, Lecce, Milano, MIT, Moscow, Palermo, Saclay, Tokyo, Torino.

LVD (Large Volume Detector) è un esperimento che sarà installato nella sala centrale (B) del Laboratorio del Gran Sasso.

La fisica underground normalmente richiede apparati che siano in grado di soddisfare ad un vasto spettro di obiettivi scientifici e di operare per tempi molto lunghi. In questa ottica l'esperimento LVD si propone di realizzare un osservatorio sotterraneo dedicato principalmente all'astrofisica neutrinica ed alla ricerca di sorgenti di gamma di alta energia. Citiamo in primo luogo l'osservazione di eventuali collassi gravitazionali stellari e la possibilità della scoperta di una nuova fisica connessa con le recenti indicazioni sperimentali di rivelazione di muoni che puntano a CYGNUS X3.

Possiamo riassumere schematicamente gli obiettivi dell'esperimento nello studio di:

- collassi gravitazionali;
- CYGNUS X3;
- neutrini solari;
- sorgenti di neutrini di alta energia;
- neutrino mixing;
- relic  $\nu$ 's;
- fisica della radiazione cosmica;

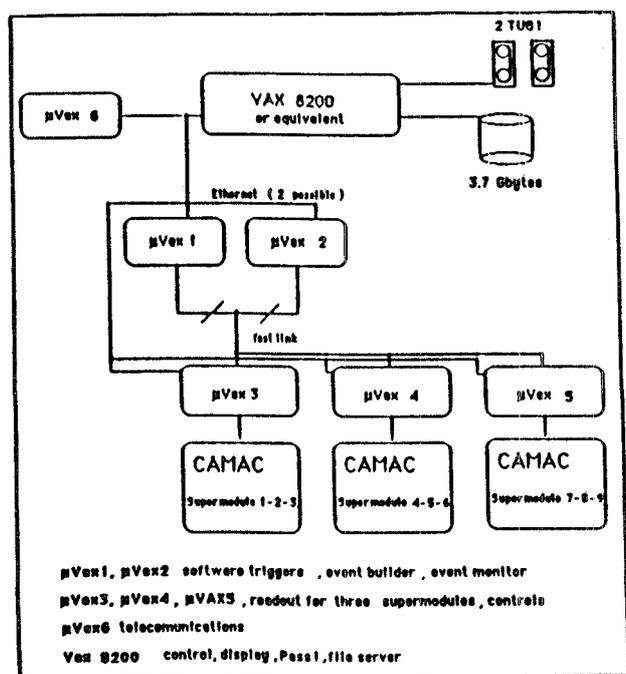


FIG. 24 - Sistema di acquisizione dati.

- decadimento del protone;
  - ricerca di monopoli
- e così via.

Nel corso del 1985 l'esperimento è stato approvato dal Comitato Scientifico del Gran Sasso e dall'INFN.

In tale anno sono state prese importanti decisioni riguardanti: la formazione della collaborazione, la definizione dei parametri generali dell'apparato, la definizione della scala dei tempi e l'assegnazione di responsabilità.

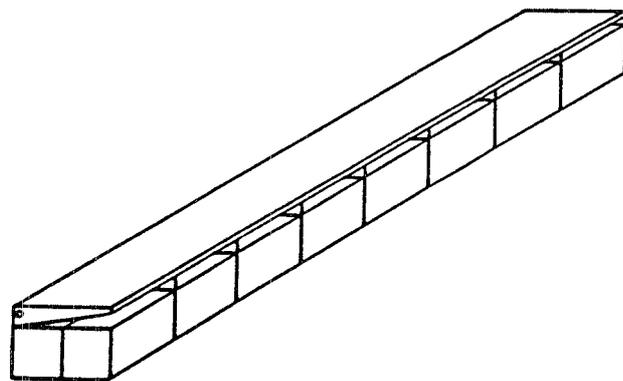


FIG. 26 - Modulo base di LVD.

### Apparato

In Fig. 25 è mostrato un disegno schematico dell'apparato con una tabella dei principali parametri.

Il progetto è basato su una completa modularità. Ciascun modulo consiste di un contenitore di ferro che contiene 16 contatori a scintillatore liquido. Ciascun contenitore è circondato su due lati dal sistema di tracking. I moduli sono quindi inseriti in una struttura portante di ferro che fornisce anche la rigidità strutturale richiesta in una zona a rischio sismico come quella del Gran Sasso.

In Fig. 26 è mostrato un disegno schematico del singolo modulo. Una delle proprietà di tale struttura modulare è quella che è pos-

sibile iniziare la presa dati a partire dalla costruzione dei primi moduli poichè l'aggiunta di nuovi moduli non interrompe la presa dati di quelli già funzionanti.

Il sistema di tracking è realizzato mediante i tubi standard a streamer limitato con sistema di lettura da strips sulle coordinate x e y. L'intero apparato sarà costituito da circa 8000 camere, di queste una prima frazione sarà realizzata a Frascati e si sta studiando la possibilità di costruire le rimanenti negli Stati Uniti.

Per ciò che concerne il sistema di contatori a scintillazione al momento sono previsti 3 fototubi da 15 cm di diametro che guardano un volume di  $1 \times 1 \times 1.5 \text{ m}^3$ .

**L= 31 m, W= 13 m, H= 12 m**

**VOLUME= 4836 m<sup>3</sup>**

**MASS IRON= 1800 tons**

**MASS SCINTILLATOR= 1800 tons**

**200,000 CHANNELS TRACKING**

**10,000 CHANNELS PULSE HEIGHT**

**SPACIAL RESOLUTION 0.5 cm**

**ENERGY THRESHOLD 3 MeV**

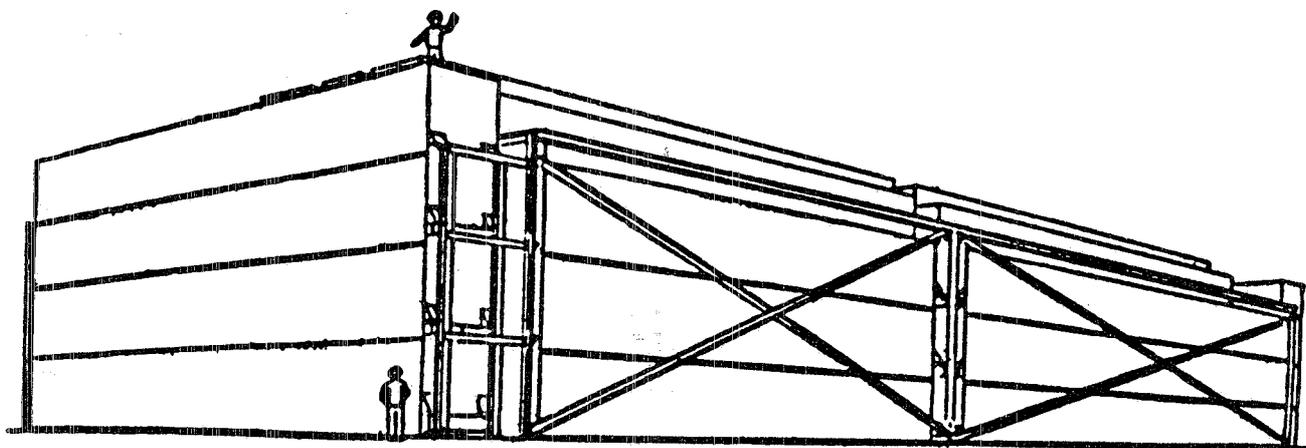


FIG. 25 - Veduta d'assieme dell'apparato LVD.

Si sta esplorando la possibilità di utilizzare dei fototubi più veloci da 5 cm di diametro e una barra di waveshifter lunga 1 m immersa nello scintillatore. Questo dovrebbe produrre un guadagno di circa un ordine di grandezza nella raccolta di luce.

Inoltre è in preparazione un Montecarlo per determinare la risposta dell'apparato al flusso noto di raggi cosmici sulla superficie della terra tenendo conto della geometria e composizione della roccia del Gran Sasso.

I risultati saranno confrontati con le misure ottenute con un test che sarà fatto al Gran Sasso.

### *Test al Gran Sasso*

Nei primi mesi del 1986 il gruppo LVD intende equipaggiare a Frascati un laboratorio mobile su trailer che sarà portato dentro il Gran Sasso. Lo scopo è sia quello di misurare il flusso di raggi cosmici che quello di determinare il fondo di radioattività visto dai nostri contatori a scintillazione.

Per il primo obiettivo si userà un rivelatore di muoni temporaneamente prestato da un esperimento del FermiLab, costituito da 8 piani di tubi proporzionali in alluminio con precisione spaziale di 1 mm e superficie di 3.5 m<sup>2</sup>.

Si pensa di prendere dati per circa due mesi e ciò dovrebbe fornirci una eccellente misura dello spettro di muoni al Gran Sasso. Per il secondo obiettivo si useranno dei contatori a scintillazione dell'esperimento LSD e si vuole determinare la soglia più bassa che possiamo usare nel Gran Sasso.

### *LVD Crash Program*

In questo momento vi è un enorme interesse intorno a CYGNUS X3. È certo che CYGNUS X3 è una sorgente di fotoni di altissima energia. Le indicazioni più interessanti tuttavia provengono da esperimenti underground che sembrano rivelare muoni di alta energia che puntano a CYGNUS X3.

Il crash program LVD prevede l'installazione nel Gran Sasso di 114 m<sup>2</sup> di rivelatori di muoni per l'inizio del 1987 e 348 m<sup>2</sup> per l'inizio del 1988.

Con tale rivelatore si intende produrre dati definitivi in merito alla domanda se le particelle neutre provenienti da CYGNUS X3

producano o no più muoni di quelli previsti dalla teoria per fotoni di alta energia. In caso positivo ciò costituirà una importante scoperta con implicazioni nel campo della fisica delle particelle, elettrodinamica quantistica e astrofisica.

### *Scala dei tempi*

La collaborazione LVD intende realizzare 24 moduli di tracking per Gennaio 1987 data in cui il Laboratorio del Gran Sasso dovrebbe essere disponibile per la sperimentazione, e completare i rimanenti fino al totale di 98 per l'inizio del 1988. Per l'inizio del 1987 saranno inoltre disponibili circa 100 contatori a scintillazione.

La presa dati sulla parte di tracking può partire con l'installazione dei primi moduli; via via che i contenitori con lo scintillatore saranno disponibili, essi saranno sostituiti ai moduli provvisori di sostegno al sistema di tracking e la presa dati sarà integrata con i dati dal sistema di scintillatori.

L'intero apparato dovrebbe essere completato entro il 1989-90 data in cui si prevede sia arrivato tutto lo scintillatore liquido proveniente dall'Unione Sovietica.

### **Esperimento ICARUS al Gran Sasso**

Collaborazione: CERN, Harvard, Frascati, Milano, Padova, Pavia, Roma, Tokyo, Wisconsin.

ICARUS sarà un rivelatore omogeneo (Fig. 27) di volume molto grande (4500 m<sup>3</sup>) di Argon o Metano liquidi; sarà continuamente sensibile e capace di fornire immagini di qualità analoga ad una camera a bolle con granularità di circa 1 mm<sup>3</sup> e operato in campo magnetico di 0.5 T. Il rivelatore si basa su di una nuova tecnica che alcuni dei proponenti hanno sviluppato negli ultimi anni per ottenere liquidi di grande purezza (< 1 ppb di O<sub>2</sub> equivalente), in cui gli elettroni rimangono liberi per un tempo che supera il millisecondo. Gli elettroni di ionizzazione sono fatti muovere sotto l'azione di un campo elettrico (1kV/cm) per un cammino dell'ordine di 2m e successivamente rivelati da piani di fili in

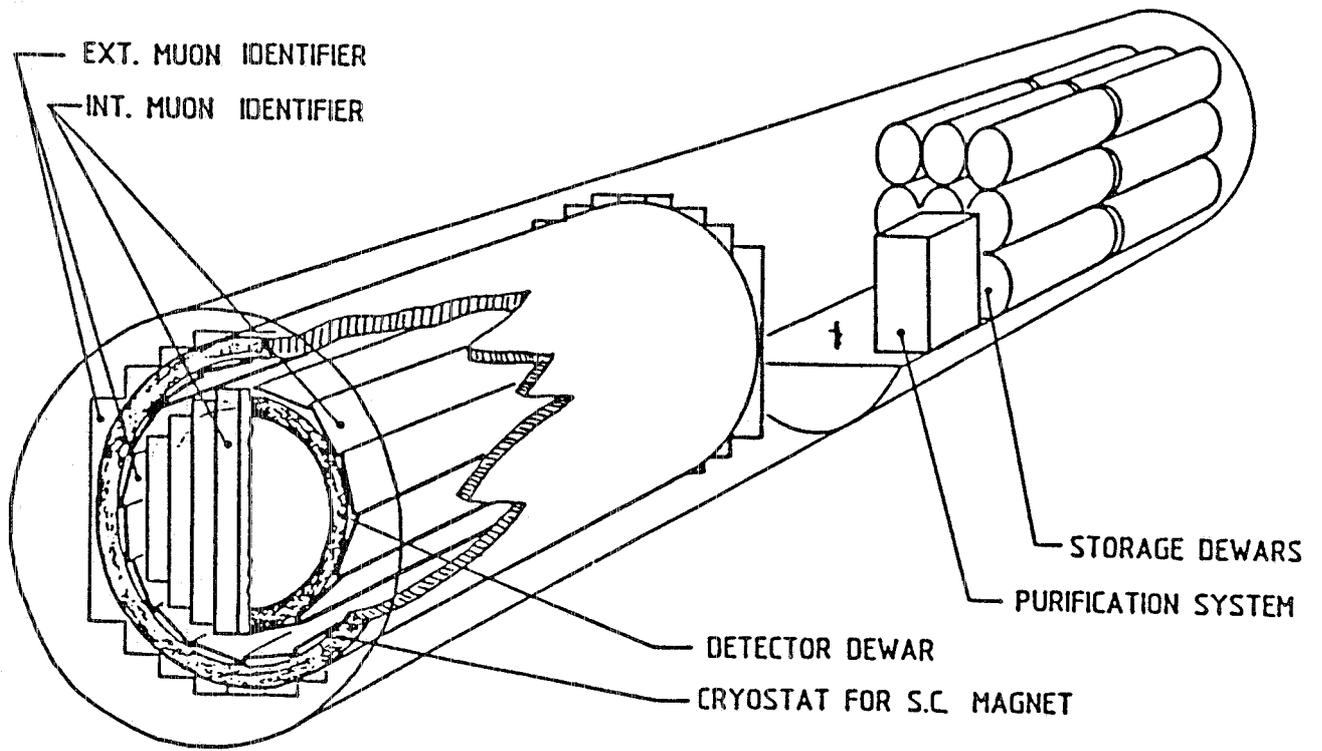


FIG. 27 - Vista d'assieme dell'apparato ICARUS.

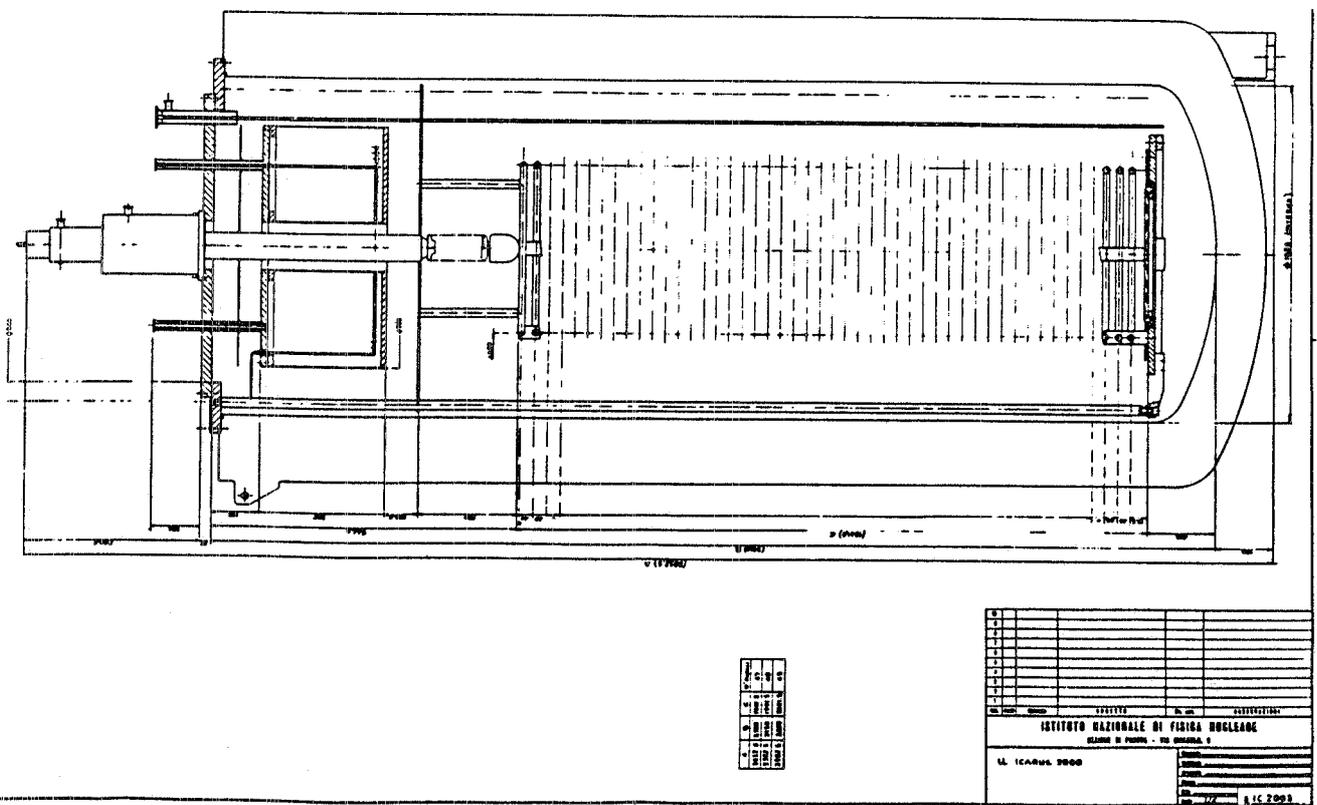


FIG. 28 - Progetto meccanico per il prototipo.

diverse direzioni fornendo un'immagine tri-dimensionale di alta risoluzione di tutti gli eventi ionizzanti che si producono nel rivelatore. Per la prima volta non si avrà alcuna amplificazione del segnale della ionizzazione nel mezzo; l'amplificazione sarà affidata all'elettronica che stiamo sviluppando. Il rivelatore sarà auto-triggerante. La ionizzazione specifica lungo il cammino delle particelle sarà accuratamente misurata permettendo l'identificazione e la determinazione del verso di  $k$ ,  $\mu$  e  $\pi$  di bassa energia o a riposo.

L'esperimento ha una vasta gamma di obiettivi di ricerca nei campi della fisica delle particelle elementari e dell'astrofisica; in particolare:

- 1) rivelazione di  $\mu$  energetici, prodotti nell'atmosfera o da interazione di neutrini nella roccia, che penetrano attraverso le pareti della caverna;
- 2) interazioni di neutrini nel volume del rivelatore;
- 3) decadimenti dei nucleoni in tutti i modi di decadimento;
- 4) neutrini e antineutrini di alcuni MeV di energia dal sole, da reattori nucleari e galattici;
- 5) monopoli e altri fenomeni esotici se dovessero esserci.

L'attività svolta nel 1985 comprende:

1. Studio e progetto del magnete (CERN, LNF con consulenza Ansaldo).
2. Progetto prototipo rivelatore di volume  $40 \times 40 \times 200 \text{ cm}^3$ 
  - Meccanica (CERN, Padova) (Fig. 28)
  - Criogenia (CERN, Milano, Padova)
  - Elettronica (CERN, Harvard, Padova)
  - On-line (Milano, Padova, Pavia, Wisconsin).
3. Studio collegamento ad alta velocità tra il laboratorio interno e il laboratorio esterno in fibra ottica.

## Ricerca di antiprotoni cosmici (MASS)

Componenti del gruppo: G. Basini, F. Bongiorno (A.), A. Codino (A.), M. Ricci (A.), P. Spillantini.

Collaborazione con: CERN, CNR (Piano Spaziale), NASA Goddard Space Flight Center, Roma.

Scopo dell'esperimento MASS (Matter Antimatter Space Spectrometer) è la ricerca sistematica di antimateria primaria di origine cosmica in alta quota. L'interesse di tale ricerca è già significativo nel caso di misure accurate del rapporto  $\bar{p}/p$  primario, ma ancora più notevole diventerebbe qualora si giungesse ad ottenere evidenza di uno stato legato di antimateria (ad es. nuclei di antielio).

Tre esperimenti non recenti (Fig. 29) hanno osservato circa 40 antiprotoni primari; la "rate" osservata è maggiore di quella prevista in base ai modelli teorici attuali, ma la scarsa significanza statistica delle misure non permette di trarre conclusioni.

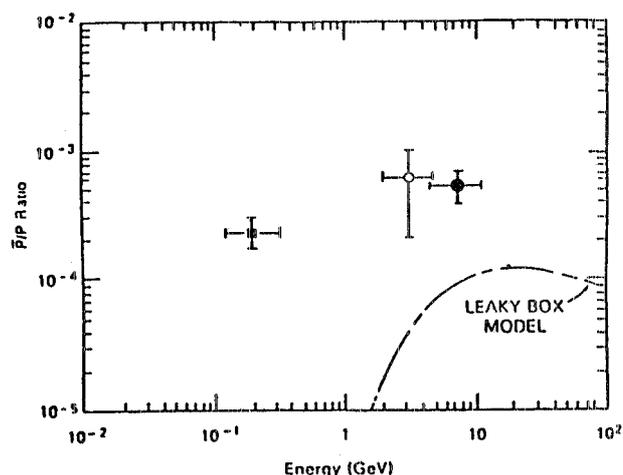


FIG. 29 - Previsioni teoriche e osservazioni sperimentali del rapporto  $\bar{p}/p$ . Linea tratteggiata: modello "leaky box", con lunghezza media di propagazione  $\lambda = 5 \text{ g cm}^{-2}$ . ●: punto di R.L. Golden et al., Phys. Rev. Letters 43, 1196 (1979); ○: punto di E.A. Bogomolov et al., Proc. 16th Intern. Cosmic Ray Conf., Kyoto (1979); ■: punto di A. Buffington et al., Ap. J. 248, 1179 (1981).

La linea di ricerca dell'esperimento MASS si articola in tre fasi successive:

- 1) Ricerca e misura del flusso di antiprotoni primari ( $E_{\text{cin}} < 300 \text{ MeV}$ ) con un calorimetro tracciante a grana fine e contatori a scintillazione (in collaborazione con il gruppo APEX del Goddard Space Flight Center della NASA) portati in alta atmosfera da un pallone. La Fig. 30 mostra lo schema dell'apparato; il calorimetro, di

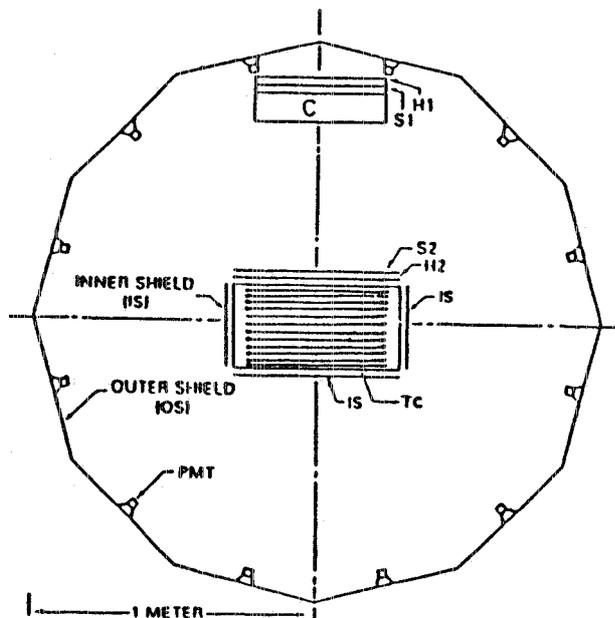


FIG. 30 - Schema dell'apparato per APEX. C: rivelatore Cerenkov; S1, S2: scintillatori; H1, H2: odoscopi; TC: calorimetro tracciante.

dimensioni  $(60 \times 60 \times 30)$  cm<sup>3</sup> e densità  $4$  g/cm<sup>3</sup>, sarà costituito di tubi a streamer in ottone di sezione  $(5 \times 5)$  mm<sup>2</sup>.

- 2) Integrazione della fase 1) con l'aggiunta di un magnete superconduttore (funzionante come lente convergente) onde ricavare una misura dell'impulso degli antiprotoni (e aumentarne la rate). In Fig. 31 è schematizzata la disposizione generale dell'apparato approntato per lancio con pallone.

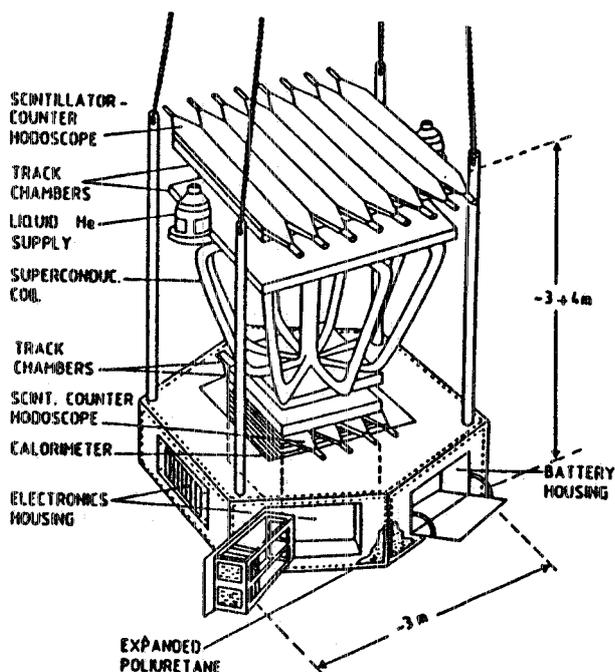


FIG. 31 - Disposizione generale dell'apparato per lancio con pallone.

- 3) Possibile partecipazione alla messa in opera di una facility costituita da un magnete superconduttore da installare permanentemente sulla stazione orbitante della NASA prevista per i primi anni novanta.

Il gruppo LNF, in collaborazione con il gruppo di Roma, è impegnato nella realizzazione del calorimetro tracciante che dovrà consentire di:

- a) misurare molteplicità, energia e direzione dei  $\pi^\pm$  di fondo in modo da consentirne una drastica sottrazione;
- b) ricavare una misura calorimetrica dell'energia totale rilasciata (e in particolare dei  $\pi^0$ ) e quindi ottenere una chiara segnatura degli eventi di annichilazione con ricostruzione del vertice.

Allo scopo di ottimizzare la granularità del calorimetro è stato predisposto il test di un prototipo da effettuare entro la metà del 1986 su un fascio di antiprotoni al LEAR del CERN.

Il prototipo è costituito da 30 piani di tubi a streamer in ottone di sezione  $(4 \times 4)$  mm<sup>2</sup> alternati con lastre di assorbitori in rame (spessore 6 mm) per una superficie attiva di  $(30 \times 40)$  cm<sup>2</sup>. La lettura spaziale viene effettuata prelevando il segnale dai fili (i piani sono alternativamente disposti con fili ruotati di  $90^\circ$ ); viene anche letta la carica totale raccolta piano per piano. Il trigger è costituito da due piccoli contatori a scintillazione posti in coincidenza, mentre un collimatore e un contatore di veto (utilizzato off-line) provvedono a ridurre la rate e a definire la traiettoria degli antiprotoni.

Da questo test si potranno ricavare i seguenti dati:

- 1) pattern dell'annichilazione;
- 2) misura della risoluzione energetica e capacità di chiusura cinematica degli eventi;
- 3) possibili configurazioni di trigger più selettive;
- 4) stima del potere di reiezione del fondo.

È da sottolineare il fatto che tali informazioni non possono essere ottenute con la necessaria precisione dalla simulazione con un Montecarlo (difficoltà di simulazione accurata a bassissime energie, scarsità di informazioni sperimentali); tuttavia un Montecarlo verrà utilizzato per estrapolare i risultati del test alla geometria finale del calorimetro.

Il calorimetro nella sua versione finale sarà sottoposto a test con cosmici tra la fine del

1986 e l'inizio del 1987 e trasportato al Goddard Space Flight Center subito dopo per inserirlo in APEX.

### 3. - FISICA NUCLEARE

#### La facility LEALE (Laboratorio Esperienze Acceleratore Lineare Elettroni)

Il LEALE dispone di un fascio di fotoni quasi monocromatici prodotto dalla annichilazione in volo su un bersaglio di idrogeno dei positroni del Linac di Frascati. Il trasporto dei positroni nell'area LEALE avviene con un sistema di beam-handling a 2 stadi. Il primo, subito a valle del Linac, è costituito da elementi focalizzanti e di definizione delle dimensioni del fascio e prevede la misura dello spettro energetico dei positroni (odoscopio). Il secondo stadio è un sistema acromatico (di tipo Brown) di deflessione a  $45^\circ$  e focalizzazione sul bersaglio di annichilazione. I controlli sul fascio comprendono una selezione in energia attraverso un sistema di slitte mobili calibrate sull'odoscopio, la misura di forma e posizione mediante camere a fili all'altezza del bersaglio, il controllo dell'intensità mediante monitor non-intercettanti costituiti da toroidi di ferrite, la misura assoluta dell'intensità data da una tazza di Faraday posta nel piano focale di un magnete situato dopo il bersaglio di annichilazione per eliminare dal fascio di fotoni i positroni che non hanno subito annichilazione. È inoltre possibile, mediante due magneti che deflettono in verticale in senso opposto, variare l'angolo di incidenza dei positroni sul bersaglio di annichilazione e pertanto variare il rapporto tra i fotoni di annichilazione e quelli di bremsstrahlung e le caratteristiche in intensità e monocromaticità dei fotoni di annichilazione.

I fotoni sono prodotti da un bersaglio di idrogeno liquido di 0.0118 lunghezze di radiazione. La definizione del fascio avviene attraverso un sistema di 5 collimatori posti on-line attraverso uno spettrometro a coppie connesso su calcolatore. Forma e posizione del fascio sono controllate mediante camere proporzionali a fili. L'energia totale del fascio di fotoni è misurata mediante un quantmetro di Wilson il cui sistema di integra-

zione è stato modificato per fornire una sensibilità costante nel range di energia di misura. Un programma di simulazione di Monte Carlo, che tiene conto delle caratteristiche del fascio di positroni e di tutti i processi fisici lungo la linea, nonché delle caratteristiche di raccolta dei fotoni, in eccellente accordo con gli spettri misurati, permette di calcolare emittanza, flusso e spettro del fascio di fotoni.

L'energia dei fotoni è variabile da circa 60 MeV a circa 300 MeV. A  $0^\circ$  di angolo di raccolta, entro un angolo solido geometrico di  $5 \times 10^{-5}$  sr, l'intensità è  $2 \times 10^7$  fotoni/sec a 300 MeV, con una monocromaticità dell'1.7%. Il fascio del LEALE è attualmente impiegato nello studio della fotodisintegrazione di nuclei leggeri ( $^2\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ) e per misure di fotofissione su nuclei medi e pesanti. La particolare cura rivolta ai sistemi di monitoraggio e controllo e la monocromaticità del fascio hanno permesso la minimizzazione delle incertezze sistematiche nei risultati sperimentali ottenuti e caratterizzato i dati ottenuti a Frascati tra quelli dei maggiori laboratori europei.

#### Esperimenti di fotodisintegrazione con il fascio $\gamma$ LEALE (FNNI2)

Componenti del gruppo: G.P. Capitani, E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini, E. Polli, A.R. Reolon.

Tecnici: M. Albicocco, A. Orlandi, A. Macioce, W. Pesci, A. Viticchié.

Collaborazione con: Genova.

#### a) Fotodisintegrazione del deuterio.

Scopo dell'esperimento è la produzione di un insieme di valori attendibili della sezione d'urto di questo processo che costituisce una ricca fonte di informazioni sulle proprietà dell'interazione nucleone-nucleone, sugli effetti delle risonanze isobariche e delle correnti di scambio mesoniche e sulle conseguenze nelle proprietà nucleari della struttura a quarks dei nucleoni. Purtroppo i dati esistenti in letteratura nell'intervallo di energie dei fotoni tra 100 e 300 MeV differiscono tra di loro fino ad un fattore 2 e, quindi, non hanno permesso di evidenziare, tra le varie teo-

rie, quella più idonea a descrivere il processo. Molto probabilmente la causa sperimentale più importante della discrepanza dei dati è l'uso di fasci di fotoni di bremsstrahlung. L'esperimento descritto è stato pertanto progettato in modo da ridurre gli errori sistematici e conoscere accuratamente la normalizzazione.

Nel corso dell'anno è stata completata l'analisi dei dati raccolti tra 100 e 255 MeV di energia dei fotoni di annichilazione e a cinque angoli dei protoni tra  $32.5^\circ$  e  $130^\circ$ . I risultati sono stati pubblicati<sup>(1)</sup> e sono in corso di pubblicazione<sup>(2)</sup>. In Fig. 32 sono riportate le distribuzioni angolari da noi misurate, insieme con i valori ottenuti da recenti esperimenti con fotoni monocromatici. Il fatto più significativo è l'accordo entro gli errori totali tra i valori ottenuti con fotoni monocromatici da vari laboratori. Pertanto valori sperimentali affidabili della sezione d'urto del processo sono oggi disponibili dalla soglia della reazione fino a circa 450 MeV e, conseguentemente, è possibile una verifica più stringente delle teorie.

Nel corso dell'anno, inoltre, è stata completata la fase di installazione e messa a punto del nuovo esperimento nella fotodisinte-

grazione del deuterio. La caratteristica principale di questo secondo esperimento consiste nella misura simultanea, con apparati identici, della sezione d'urto di fotodisintegrazione a  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  e  $180^\circ$  nell'intervallo di energie del fotone da 100 a 250 MeV. Infatti, finora, la sezione d'urto del processo  $d(\gamma, p)$  è stata misurata a  $0^\circ$  soltanto a Mainz nel 1976 per energie del fotone incidente tra 20 e 120 MeV e a  $180^\circ$  soltanto a Bonn nel 1983 per energie tra 200 e 440 MeV. Non esistono misure a  $0^\circ$  e  $180^\circ$  ottenute con uno stesso apparato. Questi dati mostrano una notevole discrepanza con la prevista asimmetria avanti-indietro nelle distribuzioni angolari. Nel nostro esperimento, invece, sarà possibile fornire un valore del rapporto avanti/indietro della sezione d'urto, esente da errori sistematici. Inoltre il rivelatore a  $90^\circ$  consentirà una normalizzazione assoluta attendibile dei valori a  $0^\circ$  e  $180^\circ$ .

Nel corso dell'anno:

- È stato installato sul fascio di fotoni il magnete cilindrico in passato impiegato con la camera a streamer sul fascio di pioni. Sono state studiate le sue caratteristiche ottiche (misura della mappa e calcolo delle traiettorie dei protoni).

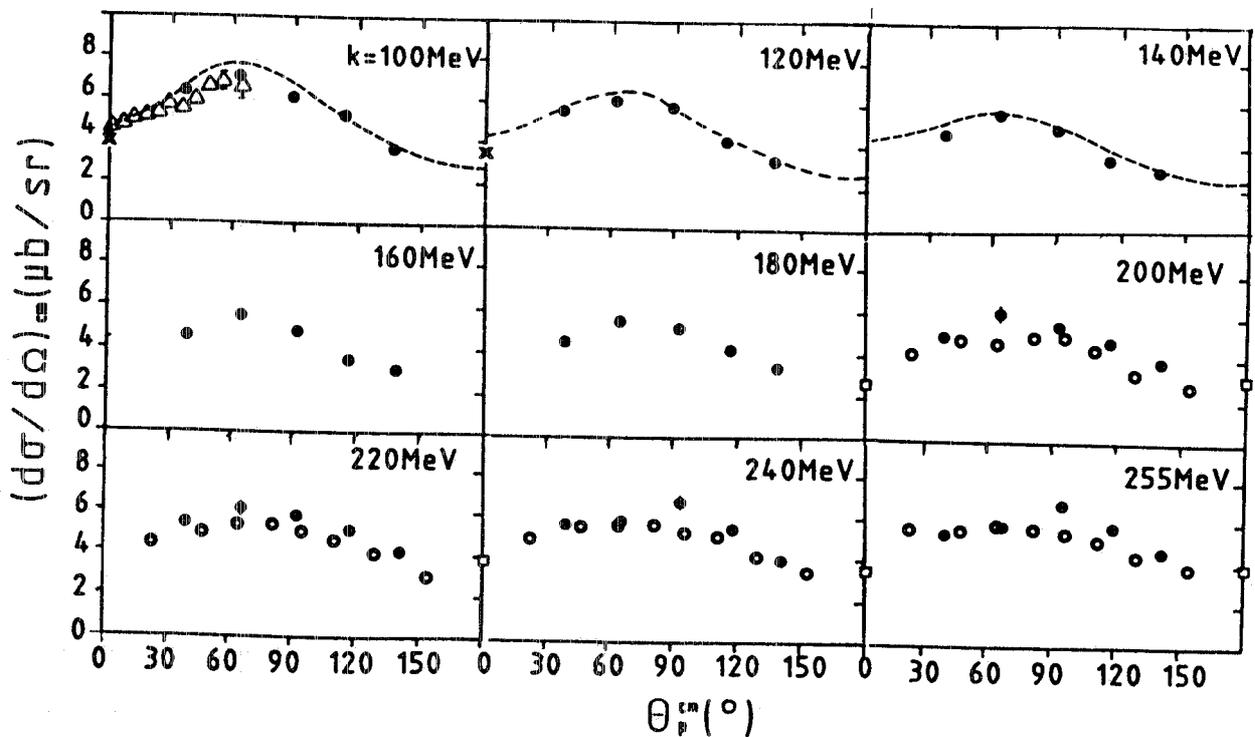


FIG. 32 - Distribuzioni angolari per la reazione  $\gamma d \rightarrow p + n$  a differenti energie del  $\gamma$  incidente. ●: nostro lavoro; x: R.J. Hughes et al., Nucl. Phys. A267, 329 (1976); Δ: H.O. Meyer et al., Phys. Rev. Letters 52, 1759 (1984); □: K.H. Althoff et al., Z. Phys. C21, 149 (1983); ○: J. Arends et al., Nucl. Phys. A412, 509 (1981); ---: M.P. De Pascale et al., Phys. Letters 119B, 30 (1982).

- Sono state progettate, realizzate e installate due camere da vuoto di forma trapezoidale, che permettono di ridurre i fondi elettromagnetici lungo il percorso del fascio e le perdite di energia dei protoni.
- È stata revisionata e modificata la targhetta di deuterio liquido.
- Sono stati costruiti, installati e messi a punto rivelatori per protoni.
- È stato messo a punto il nuovo sistema di acquisizione dati sul PDP 11/44. È stato anche scritto un programma di simulazione dell'esperimento che consente di calcolare gli spettri dei protoni a partire dallo spettro dei fotoni e dalla geometria dell'apparato sperimentale.

### b) Fotodisintegrazione del Carbonio

Scopo dell'esperimento è lo studio del meccanismo di assorbimento dei fotoni nei nuclei e in particolare di verificare la validità e i limiti del modello a quasi-deutone.

Nel corso dell'anno è stata completata l'analisi dei dati della reazione  $(\gamma, p)$  inclusiva su  $^{12}\text{C}$  raccolti a 160 e 200 MeV di energia dei fotoni di annichilazione e a cinque angoli di emissione del protone, tra  $32.5^\circ$  e  $130^\circ$ . Nella Fig. 33 sono riportate le distribuzioni in energia dei protoni, integrate sull'angolo di emissione, misurate a due energie dei fotoni [a) 159 MeV b) 198 MeV]. Le curve a tratto

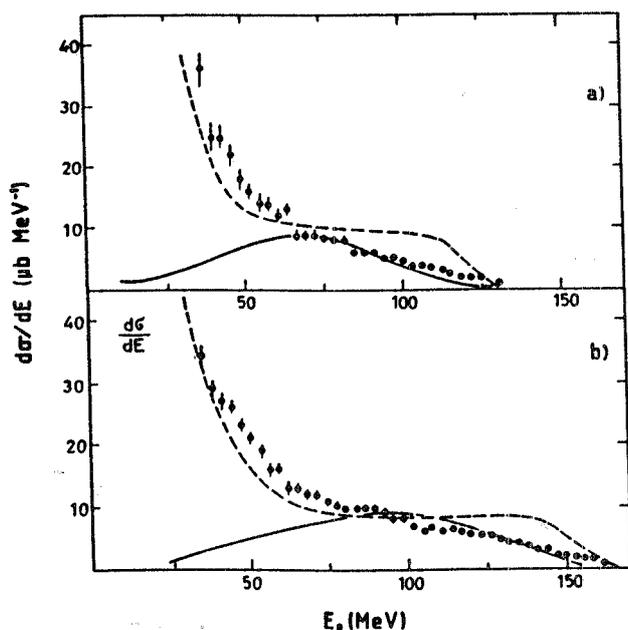


FIG. 33 - Distribuzioni di energia del protone nella reazione  $(\gamma, p)$  inclusiva su  $^{12}\text{C}$ .

pieno e tratteggiato sono rispettivamente le previsioni di un calcolo con un modello a quasi-deutone e con un modello "precompound-decay".

I risultati dell'esperimento hanno evidenziato la necessità di tenere in dovuta considerazione gli effetti delle interazioni nello stato finale nei calcoli con il modello a quasi-deutone<sup>(3)</sup>.

### Publicazioni

- (1) E. De Sanctis et al., Deuteron photodisintegration cross section between 100 and 220 MeV, Phys. Rev. Letters **54**, 1639 (1985).
- (2) E. De Sanctis et al., Frascati report LNF-85/58 (1985); inviato a Phys. Rev. C.
- (3) M. Anghinolfi et al., Frascati report LNF-85/57 (1985); inviato a Nuclear Phys. A.

### Esperimenti con il fascio $\gamma$ Ladon

Componenti del gruppo: G. Giordano, G. Matone.

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

Collaborazione con: Roma I, Roma II, Sanità.

Il fascio LADON, nato nel 1972, è prodotto dalla diffusione Compton all'indietro di luce laser incidente sugli elettroni circolanti in Adone. L'impulsaggio dei fotoni, effettuato per accordare i pacchetti di luce con i bunches di elettroni al centro di una sezione dritta della macchina, è oggi ottenuto mediante la tecnica del mode-locking; questa ha assicurato un incremento dell'intensità del fascio prodotto rispetto al precedente metodo del cavity-dumper.

Le caratteristiche principali del fascio sono:

- a) La possibilità di variarne facilmente l'energia da  $E_\gamma = 5$  MeV a 78.7 MeV, cambiando l'energia degli elettroni da 370 MeV a 1.5 GeV.
- b) La sua quasi perfetta polarizzazione (per es. a  $E_\gamma = 15$  MeV il grado di polarizzazione lineare è  $p = 0.99 \pm 0.02$  come misurato recentemente, compatibile col valore teorico  $p = 0.997$ ) e la possibilità di ruotare il piano di polarizzazione rispetto al piano di reazione.
- c) Un bassissimo numero di fotoni di fondo, prodotti essenzialmente solo dalla brems-

strahlung sulle residue molecole di gas nel vuoto di  $10^{-9}$  Torr dell'anello. La risoluzione in energia varia da  $\sim 2\%$  FWHM alle energie più basse fino a  $\sim 8\%$  a  $E_\gamma = 78.7$  MeV, mentre l'intensità è attualmente compresa fra  $10^5$   $\gamma$ /sec e  $1.8 \times 10^5$   $\gamma$ /sec nello stesso intervallo.

Di seguito è riportato lo stato degli esperimenti in corso, ricordando inoltre che il fascio è utilizzato anche da utenti esterni, quali il gruppo GAPLA dell'Istituto di Fisica di Napoli e Fotofissione Catania.

#### a) Misura dell'asimmetria nella fotodisintegrazione del deuterio.

Nel 1985 è stato pubblicato<sup>(1)</sup> il complesso delle misure sulla fotodisintegrazione del deuterio, volte a raggiungere una migliore conoscenza del fattore di asimmetria della sezione d'urto differenziale. L'andamento della  $\Sigma(\theta_n, E_\gamma)$  a diverse energie e a vari angoli ha permesso una analisi dettagliata in riferimento sia ai più noti modelli teorici (De Turreil-Sprung, Reid soft-core e Paris potentials) che a molti esperimenti precedenti di altri autori.

Sono stati ricavati i valori dei coefficienti  $A_i$  ( $i = 1, 4$ ) e  $B_i$  ( $i = 2, 4$ ) dello sviluppo in serie di polinomi di Legendre della sezione d'urto differenziale a quattro energie e i corrispondenti coefficienti  $a, b, c, \dots, h$  dello sviluppo in multipoli. È stato così possibile dedurre la componente  $I_0(\theta)$  indipendente dalla polarizzazione e la componente  $PI_1(\theta)$  dipendente dal grado di polarizzazione  $P$  dei gamma. È utile pertanto sottolineare che per la prima volta è stato possibile dare una stima dei  $B_i$  e in parallelo di  $f, g, h$  in quanto è stato utilizzato un fascio di fotoni quasi totalmente polarizzato.

Un buon accordo di  $(a + c)$  è stato ottenuto rispetto alle misure dirette della sezione d'urto in avanti effettuate a Mainz, Louvain e Indiana (Fig. 34)

#### b) Misure della sezione d'urto totale di fotodisintegrazione del deuterio

Nello stesso anno sono terminate le misure e l'analisi dei dati relativi alla sezione d'urto totale di fotodisintegrazione del deuterio.

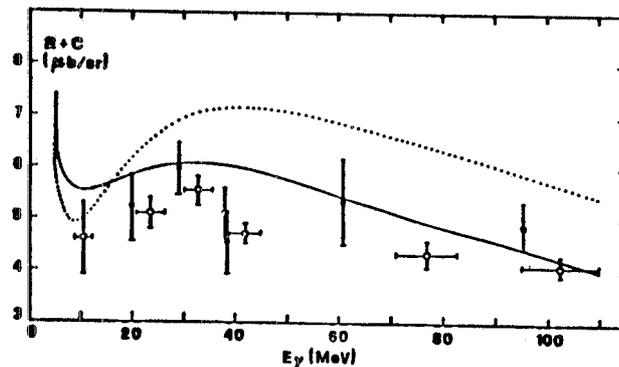


FIG. 34 - Grafico delle nostre stime (●) per  $a+c$  confrontate con i risultati sperimentali di Mainz (□), Louvain (○) e Indiana (■). Le curve teoriche sono state calcolate da Cambi et al. in IA (linea tratteggiata) e con correzioni relativistiche (linea continua) utilizzando il potenziale Paris.

Sono state esplorate sette energie fra 15 e 80 MeV.

I risultati, in corso di pubblicazione<sup>(2)</sup>, sono riportati in Fig. 35 confrontati con un calcolo teorico, che include esplicitamente anche effetti di scambio (MEC), configurazioni isobariche (IC) e correzioni relativistiche alle densità di carica a un corpo e a due corpi nel potenziale Paris.

Questi dati sembrano confermare la sostanziale validità della teoria standard e non mettono in evidenza chiari effetti di ulteriori gradi di libertà subnucleonici.

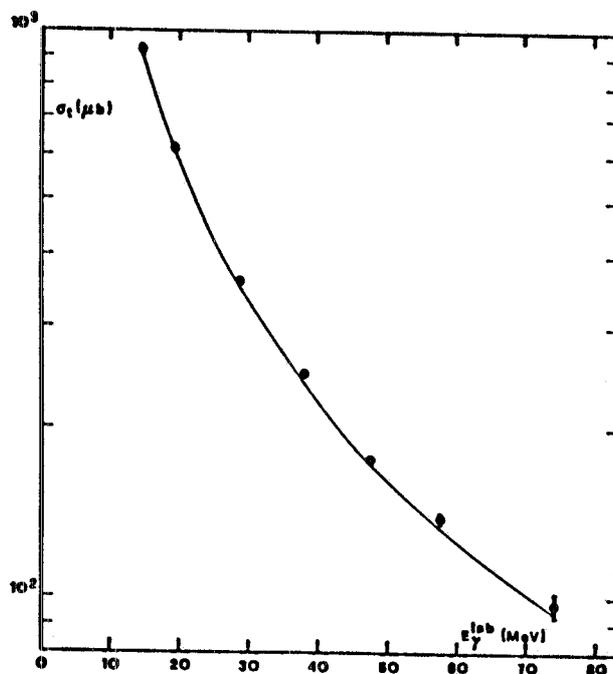


FIG. 35 - Risultati sperimentali (●) della misura della sezione d'urto totale di disintegrazione del deuterio confrontati con un calcolo teorico di Cambi et al., che utilizza il potenziale Paris.

c) *Misure della sezione d'urto totale di foto-disintegrazione dell'<sup>4</sup>He*

Lo stesso sistema costituito dalla cella e dallo scintillatore plastico liquido, che è stato utilizzato con il deuterio, viene ora usato per le misure della sezione d'urto totale dell'<sup>4</sup>He. Sono stati raccolti dati preliminari a varie energie ed è in fase avanzata l'analisi di quelli relativi alle energie nominali di 30, 32 e 40 MeV.

d) *Esperimenti con la crystal ball.*

Si è realizzato per primo un esperimento che ha mostrato l'ottimo funzionamento della facility crystal ball, analizzando la diffusione elastica su <sup>12</sup>C di fotoni da 15.1 MeV. Si è così verificata la corretta ricostruzione dell'andamento in funzione di  $\theta$  (Fig. 36a) e di  $\varphi$  (Fig. 36b) della sezione d'urto differenziale all'energia di risonanza.

Nel mese di novembre si è, quindi, passati ad effettuare le prime misure di fattibilità dell'esperimento sulla polarizzabilità del nucleone, volto ad approfondire l'attuale conoscenza delle costanti di polarizzabilità elettrica e magnetica del protone. Tale esperimento utilizza un particolare bersaglio a idrogeno liquido<sup>(3)</sup> progettato appositamente, la cui sezione è riportata in Fig. 37.

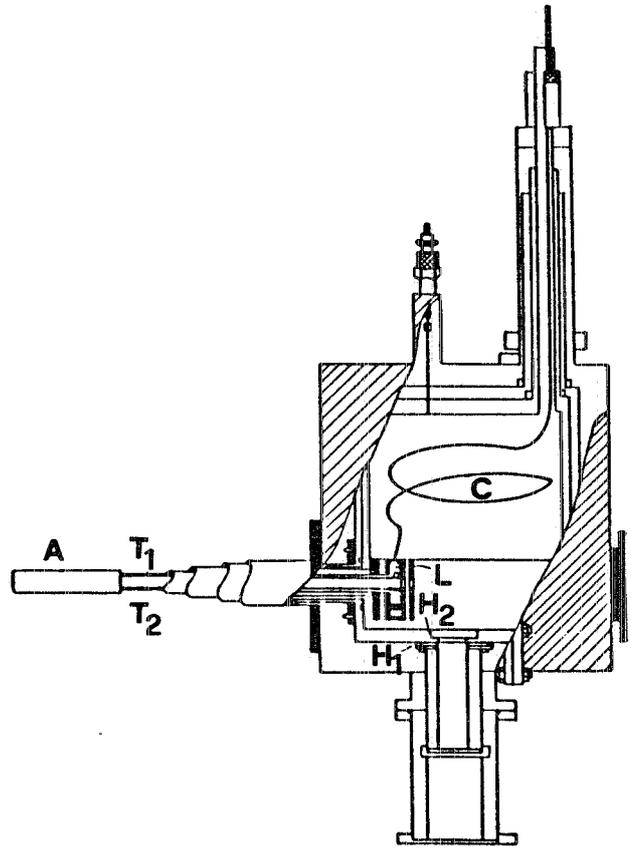


FIG. 37 - Vista schematica del bersaglio a idrogeno liquido. Sono visibili le teste di raffreddamento H<sub>1</sub> e H<sub>2</sub>, il tubicino di alimentazione C, la camera di liquefazione L, e i due capillari T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, che garantiscono il completo riempimento della cella A.

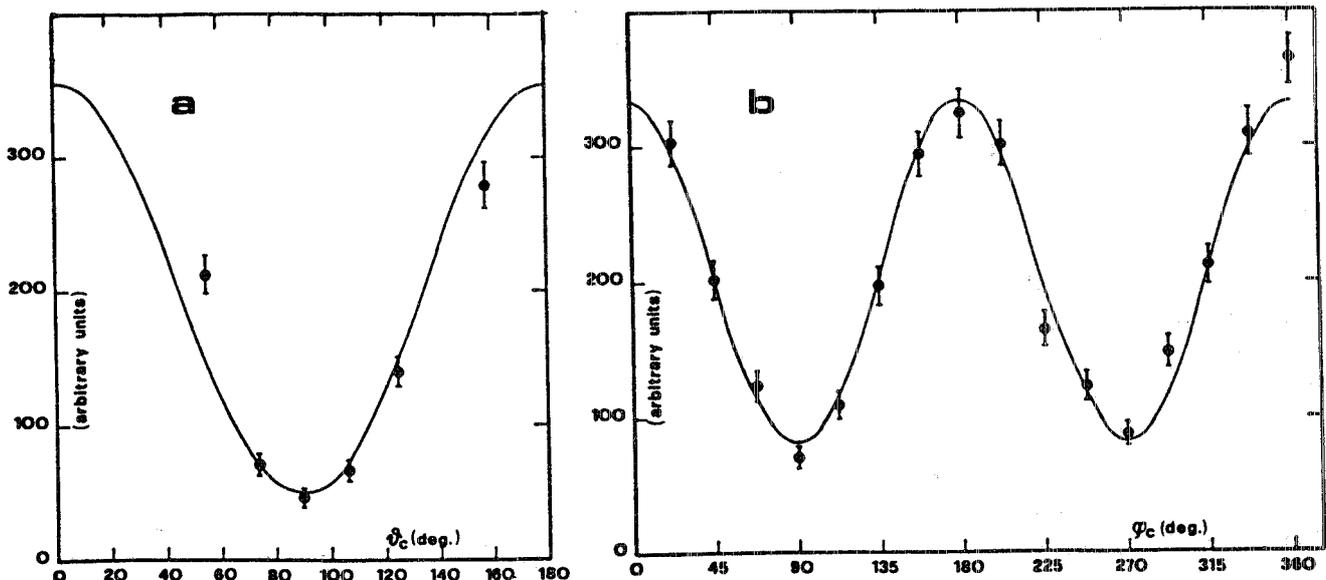


FIG. 36 - (a) Distribuzione sperimentale in  $\Theta$  degli eventi ricostruiti ottenuta con la crystal ball a  $\varphi = \text{cost.}$  Sono stati presi in considerazione i contatori con un angolo centrale pari a  $\varphi_c = 78.75^\circ$ ; b) Distribuzione sperimentale in  $\varphi$  per gli stessi eventi di Fig. a) a  $\varphi = \text{cost.}$  I contatori selezionati sono quelli con un angolo centrale pari a  $\varphi_c = 90^\circ$ . Le curve dei fit evidenziano l'andamento delle distribuzioni.

Nello stesso periodo è cominciato il primo esperimento della linea sulla diffusione elastica  $\gamma\gamma'$  su nuclei leggeri utilizzando un bersaglio di  $^{12}\text{C}$ . Con esso ci si propone di misurare i contributi delle strength E1 ed E2 alla sezione d'urto e a tale scopo verrà misurata la sezione d'urto differenziale fra  $E_\gamma = 20$  MeV e  $E_\gamma = 78.7$  MeV a step confrontabili con la risoluzione energetica del fascio.

L'acquisizione dei dati è stata nel frattempo ottimizzata con l'adozione di una architettura a multi-microprocessore ("CES" Firecracker); inoltre la tecnica scelta per la ricostruzione dei baricentri degli sciami ha mostrato una soddisfacente funzionalità.

### Publicazioni

- 1) M.P. De Pascale et al., Polarization asymmetry in the photodisintegration of the deuteron. Phys. Rev., C32, 1830 (1985).
- 2) R. Bernabei et al., Frascati Report LNF-96/3 (1986); inviato per la pubblicazione a Phys. Rev. Lett.
- 3) I. Modena et al., Results on the performance of a liquid  $\text{H}_2$  and  $^3\text{He}$  target., In corso di pubblicazione su Nuclear Instr. and Meth.

### Jet target ad Adone

Componenti del gruppo: G.P. Capitani, E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Levi Sandri, V. Lucherini, E. Polli, A.R. Reolon.

Tecnici: M. Albicocco, A. Orlandi, A. Macioce, W. Pesci, A. Viticchié.

Collaborazione con: Genova.

Scopo del progetto è la costruzione di una targhetta gassosa a getto per vari elementi e la sua installazione su una sezione diritta di Adone per l'esecuzione di esperimenti di fisica nucleare con i fasci di fotoni ed elettroni.

Con un'energia degli elettroni fino a 1.5 GeV ed un ciclo utile del 10-20% si realizzerà una facility per la fisica nucleare competitiva con quelle proposte e/o in corso di costruzione all'estero.

In un primo momento verrà prodotto un fascio di fotoni monocromatici generati dalla bremsstrahlung sulla jet-target degli elettroni circolanti in Adone. Il fascio verrà reso

monocromatico mediante la tecnica del tagging: la rivelazione degli elettroni verrà effettuata sfruttando il magnete deflettore di Adone posto immediatamente a valle della sezione diritta in cui verrà installata la jet target.

Tra la fine del 1984 e la prima metà del 1985 sono stati effettuati 5 turni macchina su Adone con i seguenti obiettivi:

- 1) Misura della corrente massima accumulabile in pochi secondi di iniezione (tipicamente dieci) per esplorare il possibile impiego di un fascio accumulato con vita media estremamente breve (dell'ordine dei minuti).
- 2) Ottimizzazione dell'efficienza di iniezione.
- 3) Misura dei fondi (gamma e neutroni) in condizioni di iniezione ottimizzata, e confronto con i valori tipici in condizioni standard di iniezione in Adone: lungo i finestroni non schermati dell'edificio, sul piazzale antistante e nelle zone limitrofe.

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- 1) Si è riusciti ad accumulare nell'anello la corrente massima di 249 mA in 10 impulsi di iniezione (tempo: 10 sec; frequenza: 2 p.p.s. di cui uno solo in anello).
- 2) È stato eliminato il 2° impulso spurio all'iniezione.
- 3) Per ridurre il numero di giri in cui effettuare l'iniezione, e diminuire quindi le perdite, si è ridotta la durata dell'impulso del Linac da 4  $\mu\text{sec}$  a circa 500 nsec. L'efficienza di iniezione così ottimizzata, misurata dal rapporto tra la carica totale accumulata per impulso e la carica totale iniettata, è risultata dell'ordine del 20 ÷ 30%.
- 4) In condizioni di efficienza di iniezione ottimizzata sono state effettuate diverse serie di misure dei livelli di radiazione. Per quanto concerne i valori alla quota dei finestroni di Adone - presi in 19 punti lungo l'anello - si possono trarre le seguenti conclusioni qualitative: l'effetto del taglio dell'impulso, migliorando l'efficienza di iniezione, ha abbassato i fondi lungo tutto l'anello (eccetto in un punto vicino al deflettore dove l'effetto è stato nullo) di fattori variabili da punto a punto e in maniera poco riproducibile (cioè diversi da run a run). Si va da un miglioramento minimo di un fattore 1.4 fino ad un massimo di un fattore 80. Facendo una media dei 19 valo-

ri presi in ogni misura, e poi la media per le varie misure, si deduce un fattore 9 medio di miglioramento dei fondi.

Nel corso dell'anno, inoltre:

- a) Sono state studiate, insieme al Servizio di Fisica Sanitaria, le schermature necessarie per permettere un utilizzo della jet target con iniezioni ravvicinate in Adone. Sulla base delle esigenze emerse, e di quelle già evidenziate per le altre attività su Adone, è in corso di elaborazione un progetto di schermatura complessiva dell'anello, in particolare per quanto concerne la copertura della macchina, oggi inesistente.
- b) È stato completato il progetto tecnico della jet target presso la Sezione INFN di Genova. Tutti i relativi ordinativi sono stati emessi.
- c) È stato eseguito, presso il LEALE, lo studio di simulazione dell'interazione tra il fascio di elettroni circolanti in Adone e la jet target, nonché lo studio del sistema di tagging. Per quanto riguarda quest'ultimo dispositivo, la rivelazione degli elettroni come già detto verrà effettuata sfruttando il magnete deflettore di Adone posto immediatamente a valle della sezione diritta in cui verrà installata la jet target. Il sistema di rivelazione è costituito da 81 scintillatori plastici (NE Pilot U) disposti su due file in modo che gli scintillatori del secondo piano si sovrappongono all'incirca per metà ai due scintillatori del piano anteriore. Ogni scintillatore è in buona approssimazione un parallelepipedo di dimensioni  $2.5 \times 20 \times 40 \text{ mm}^3$ . Il dispositivo definisce 80 canali di energia con una risoluzione inferiore all'1%. I contatori verranno posizionati entro uno dei magneti deflettori di Adone, lungo una circonferenza di raggio 485 cm e disposti al centro del traferro del magnete. La raccolta di luce verrà effettuata con fibre ottiche opportunamente costruite, che consentiranno di utilizzare fototubi veloci disposti fuori del magnete. L'accettazione complessiva in energia va da  $0.45 \cdot E_0$  a  $0.85 \cdot E_0$  dove  $E_0$  è l'energia della macchina. Il tempo risolutivo della coincidenza è di  $2 \div 3 \text{ nsec}$ , l'intensità prevista di  $\sim 10^6$  fotoni/sec per percento di energia. Gli ordinativi per la costruzione dei rivelatori e dell'elettronica associata ai contatori sono stati emessi.
- d) È stato avviato lo studio presso la Divisione Macchine di un nuovo sistema di radio-

frequenza (350 MHz) allo scopo di ottenere un rapporto vere/causali migliore di almeno un ordine di grandezza rispetto a quanto ottenibile con l'attuale cavità.

- e) Sono stati finora preparati cinque memorandum:
  - il primo è un riassunto dei risultati delle prove su Adone;
  - il secondo contiene un progetto di massima per migliorare l'efficienza di iniezione in Adone, — sia per la jet target sia per gli esperimenti con entrambi i fasci  $e^+e^-$  — mediante l'inserimento sulla macchina di 3 kickers, oltre al bump;
  - il terzo contiene una prima proposta di programma scientifico con un fascio di fotoni prodotti con la jet target ed è stato presentato il 3.5.1985 alla Commissione Scientifica Nazionale di Fisica del Nucleo;
  - il quarto è una proposta di un esperimento di fotofissione con un fascio di fotoni di bassa intensità ( $\sim 10^4 \gamma/\text{sec}$ ) da parte del gruppo francese diretto da R. Bergère ed è stato presentato il 27.5.1985 ad una riunione ad hoc sul progetto jet target della Commissione Scientifica Nazionale di Fisica del Nucleo;
  - il quinto riguarda lo studio dei vantaggi forniti da una cavità ad alta frequenza.

### **Interazione di antiprotoni di bassa energia con nuclei al LEAR del CERN (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 del comportamento della materia adronica alle alte temperature e/o densità;
- c) restrizioni sull'esistenza di antimateria nei primi stadi di formazione dell'Universo e sui parametri cosmologici;
- d) studio dei potenziali  $\bar{p}$ -nucleo e  $\bar{p}$ -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 del CERN. Il magnete con i controlli di temperatura e flusso e il relativo calcolatore è dei Laboratori di Frascati. Si tratta del magnete già utilizzato al sincrotrone per la camera a bolle, completamente rigenerato nelle bobine e nella meccanica, corredato dei necessari controlli, e posto su piattaforma mobile.

L'esperimento è in misura dal Novembre del 1983 e finirà la presa dati nel Luglio 1986 (shutdown di LEAR per l'installazione del nuovo accumulatore di antiprotoni ACOL).

Nel 1983 e 1984 sono stati presi 253000 fotogrammi di reazioni ( $\bar{p}$ ,  $^4\text{He}$ ) a 201, 309 e 609 MeV/c e 170000 fotogrammi su Neon alle stesse energie. Efficienza media per l'intera camera: 1 evento ogni 4.3 fotogrammi. Numero di eventi nella regione fiduciale (55 cm nella zona centrale):  $\sim 15\%$ .

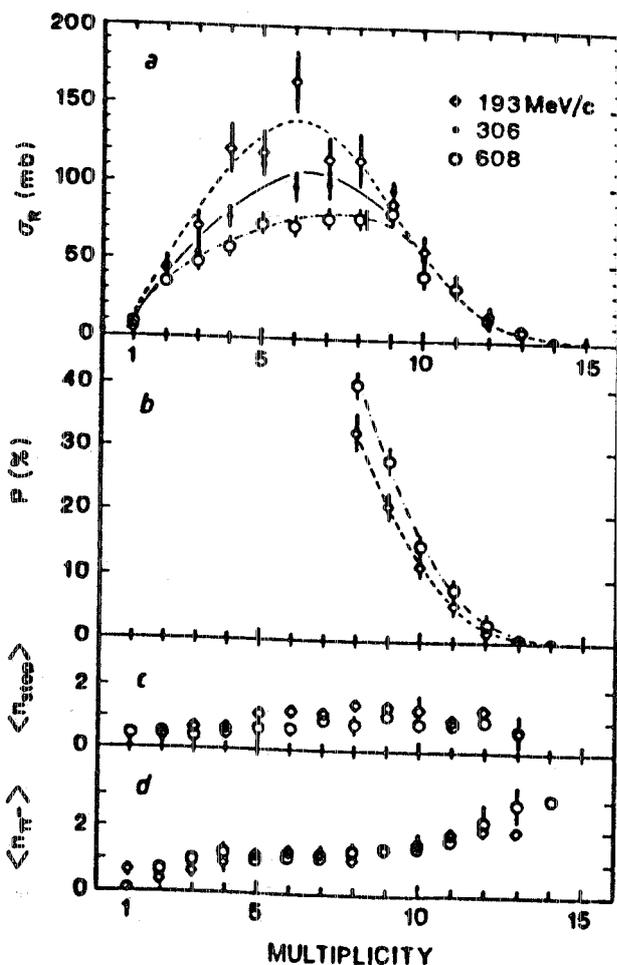


FIG. 38 - a) Sezioni d'urto di reazione vs. la molteplicità  $M$  dei rami carichi; b) Percentuali di eventi con un numero di rami carichi  $> M$  vs.  $M$ ; c) Numeri medi di particelle cariche arrestate per evento vs.  $M$ ; d) Numeri medi di pioni negativi per evento vs.  $M$ .

Nel 1985 si è lavorato al più basso valore di impulso ottenibile oggi al LEAR, 105 MeV/c, studiando reazioni in diversi nuclei: idrogeno, deuterio,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ , Neon per un totale di 111000 fotogrammi. In media 1 evento per fotogramma. Eventi utili nel volume fiduciale:  $35 \div 40\%$ .

Nel 1986 verrà completata la statistica a bassa energia prendendo dati a 105 MeV/c su idrogeno, deuterio ed  $^3\text{He}$  e a 200 MeV/c su tutti i nuclei finora studiati.

La misura degli eventi è già in corso. Dallo scanning, sono già stati ottenuti dei primi significativi risultati sperimentali contando semplicemente le interazioni non elastiche (annichilazione, frammentazione nucleare e scambio carica) e i rami carichi, distinguendo le particelle negative da quelle positive.

Nel 1985 sono stati pubblicati i risultati su  $^4\text{He}$  e Ne a 200, 300 e 600 MeV/c riguardanti le sezioni d'urto totali di reazione, le distribuzioni di molteplicità di rami carichi e la produzione di pioni negativi.

È stata anche pubblicata la distribuzione di molteplicità in eventi di annichilazione su nuclei di Ag/Br di emulsioni nucleari a 500, 400, 300 MeV/c e in quiete. Un'analisi di questi e di altri dati su differenti nuclei nello schema del modello di Glauber ha permesso di determinare il rapporto tra le sezioni d'urto di annichilazione  $\sigma_{pn}$  e  $\sigma_{pp}$  a 600 MeV/c e a 300 MeV/c.

I dati riguardanti le molteplicità di rami carichi mostrano che l'interazione è dominata dalle annichilazioni superficiali su nucleoni quasi liberi con, per i nuclei medi e pesanti, una piccola ma non trascurabile percentuale di annichilazioni profonde nella materia nucleare. Quest'ultimo aspetto ha uno specifico interesse perchè i modelli standard di cascata intranucleare (INC) prevedono che le annichilazioni profonde possano implicare fenomeni "esotici" quali l'annichilazione su più nucleoni e l'eccitazione di nuovi gradi di libertà della materia nucleare. Tipica segnatura di tali fenomeni dovrebbe essere un aumento nella produzione di iperoni e particelle strane insieme all'emissione di un alto numero di frammenti energetici nucleari. In effetti, almeno per quanto concerne la produzione di  $K_s^0$ , i nostri dati preliminari non rivelano caratteristiche differenti da quelle relative alla produzione su nucleo libero, ma una statistica più alta è necessaria per trarre delle conclusioni quantitative.

## Publicazioni

- (1) F. Balestra et al., Study of low energy antiproton interaction on light nuclei in exclusive channels, Proceedings of the Third LEAR Workshop, Ed. by U. Gastaldi et al. (Ed. Frontieres, 1985), p. 621.
- (2) F. Balestra et al., Low energy antiproton annihilation on nuclei, Proceedings of the Intern. Conf. on N-nucleus and N-nucleus interactions, Ed. by T. Walcher and R. Goodman (Plenum Press, 1985), p. 354.
- (3) F. Balestra et al., Low energy antiproton annihilation on Nuclei, in corso di pubblicazione su Czech. J. Nucl. Phys.
- (4) F. Balestra et al., Restriction on the amount of antimatter in the early universe based on the interaction of antiprotons on  $^4\text{He}$  nuclei, JINR Rapid Comm. **N6-85**, 11 (1985); in corso di pubblicazione su Czech. J. Nucl. Phys.
- (5) F. Balestra et al., Inelastic interaction of antiprotons with  $^4\text{He}$  nuclei between 200 and 600 MeV/c, Phys. Letters **165B**, 265 (1985).
- (6) F. Balestra et al., Antiproton annihilation on Ag/Br nuclei, Report CERN-EP/85-122 (1985), in corso di pubblicazione su Europhysics Letters.
- (7) F. Balestra et al., Low energy antiproton neon interaction, Report CERN-EP/85-152 (1985), in corso di pubblicazione su Nuclear Phys.

## Realizzazione di un fascio $\gamma$ da retrodiffusione Compton di fotoni laser a Brookhaven (LABRO)

Componenti del gruppo: G. Giordano, G. Matone.

Tecnici: E. Cima, E. Turri.

Collaborazione con: Brookhaven, Roma I, Roma II.

L'attività sperimentale della collaborazione LABRO durante l'anno 1985 si è mossa su due grosse linee: la costruzione del sistema Laser e la preparazione dei primi esperimenti da fare col fascio.

Il sistema Laser prevede l'uso di un laser ad argon nell'U.V. (3500 Å), il cui fascio deve essere pilotato sul fascio di elettroni della X-ray machine dell'NSLS con precisioni dell'ordine di  $10 \mu$  per le traslazioni e di  $10^{-6}$  rad per le rotazioni.

Il sistema deve essere asservito ad un computer che massimizza il flusso di  $\gamma$  prodotti muovendo in "feedback" la posizione del fascio laser.

Il sistema, originariamente disegnato a questo scopo all'inizio della collaborazione, dimostrò di non essere perfettamente ade-

guato alle necessità, a causa di non sufficienti prestazioni da parte di alcuni componenti meccanici ed ottici. Da qui la necessità di dover progettare e poi costruire apparecchiature di alta precisione meccanica commercialmente non disponibili. Viceversa l'elettronica di posizionamento e controllo del fascio, tutta costruita tra Frascati e BNL, ha dato ottimi risultati sia in precisione che in stabilità.

Attualmente è in corso di progettazione un secondo sistema laser ad anidride carbonica, da montare trasversalmente alla sezione dritta, per misurare, sempre con l'effetto Compton, l'energia degli elettroni circolanti, altrimenti non misurabile con la precisione richiesta.

L'impegno complessivo di questi due montaggi laser ha assorbito gran parte delle energie umane impegnate nella collaborazione.

Oltre a questo c'è stata la progettazione degli esperimenti. In una prima fase ci si è concentrati sull'ipotesi di una misura di fotoassorbimento di fotoni su tutta la zona della I<sup>a</sup> risonanza. Ma ad un successivo confronto delle nostre possibilità sperimentali con le recenti misure fatte a Mainz è apparsa subito chiara l'impossibilità da parte nostra di poter migliorare sostanzialmente lo "status quo" già acquisito sulla conoscenza della sezione d'urto totale nella zona della I<sup>a</sup> risonanza. Pertanto, ed anche a seguito di un Workshop organizzato a BNL, si è deciso di partire con un esperimento che estendesse a più alta energia le misure di asimmetria nella fotodisintegrazione del deuterio che abbiamo ultimato a Frascati (Fig. 39). L'obiettivo è di misurare in valore assoluto e con grande precisione sia il contributo dipendente che quello indipendente dalla polarizzazione, in quanto le previsioni teoriche sono molto dibattute in questa zona di energia sia per il forte contributo della  $\Delta$  sia per possibili effetti di risonanze dibarioniche. Gli unici dati disponibili al riguardo sono stati ottenuti con un fascio di bremsstrahlung e sono in scarso accordo con le previsioni.

L'esperimento prevede di misurare sia l'angolo che l'energia del protone con un sistema di micro-strips ed ioduro di sodio (Fig. 40). La targhetta di deuterio liquido è quasi completamente disegnata ed alcune parti sono già in costruzione. Il tutto dovrà essere pronto per l'estate 1986.

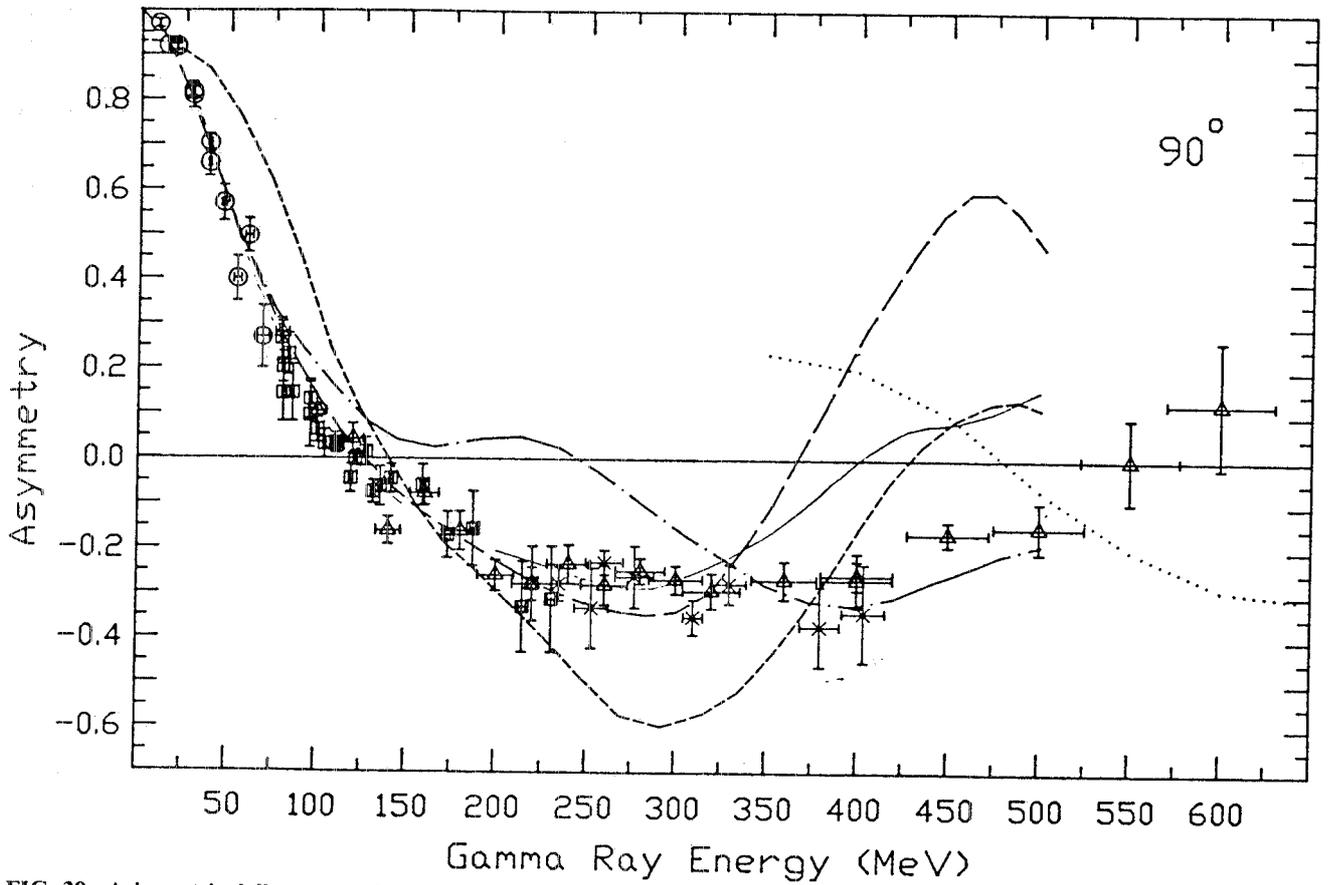


FIG. 39 - Asimmetria della sezione d'urto della reazione  $d(\gamma, p)$  a  $\theta^{cm} = 90^\circ$ . I dati sono ottenuti da: Ladon-Frascati 1981 e 1985 (cerchi), Liu 1965 (quadrati), Barbiellini et al. 1967 (croci) e Gorbenko et al. 1982 (triangoli). Le curve teoriche sono quelle di Laget 1978 (tratteggio piccolo), Laget 1984 (tratteggio lungo e tratto e punto), Ikeda et al. 1980 (curva punteggiata). La curva continua è ricavata sotto i 150 MeV da Arenhovel, e sopra i 200 MeV da Leideman e Arenhovel.

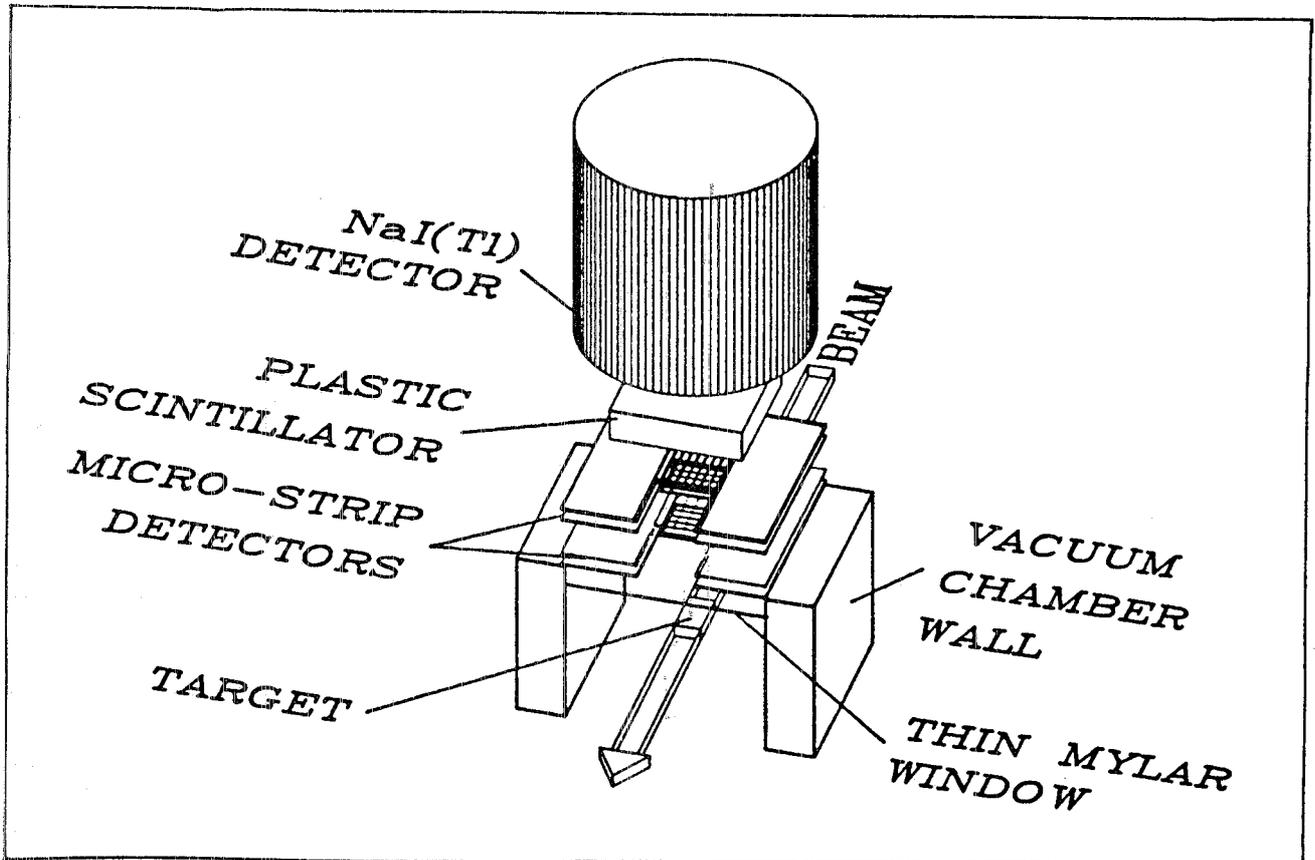


FIG. 40 - Geometria e componenti del sistema di rivelazione costituito da NaI e microstrips.

L'uso di micro-strips per le misure di posizione consente precisioni tali che si pensa di estenderne l'uso anche alla rivelazione degli elettroni sul piano focale del sistema di tagging.

Nel concludere questa rapida panoramica sull'attività LABRO, va anche sottolineata la nostra intenzione di sviluppare un nuovo sistema Laser che consenta di ottenere potenze più alte e lunghezze d'onda più corte ( $\lambda < 3500 \text{ \AA}$ ) usando un Nd-Yag quadruplicato in frequenza.

L'idea, molto ambiziosa ed impegnativa, potrebbe essere applicata anche al LADON, consentendo di portare l'energia di Frascati oltre la soglia pionica e di allacciarsi a quella del LABRO che potrebbe arrivare così a circa 600 MeV.

### Esperimenti (e,e'p), (e,e'd) a Saclay (SFR)

Componenti del gruppo: G.P. Capitani, E. De Sanctis

Collaborazione con: Saclay, Sanità

Questa attività di ricerca riguarda lo studio della struttura nucleare per mezzo di misure inclusive ed esclusive di diffusione di elettroni in cinematica quasi elastica. I dati vengono raccolti presso l'acceleratore lineare di Saclay utilizzando gli apparati sperimentali della sala HE1, consistenti in due spettrometri magnetici ad alta risoluzione con gli associati sistemi di rivelazione.

Nel corso dell'anno è stata completata la raccolta dei dati della reazione  $^{40}\text{Ca}(e,e'p)^{39}\text{K}$  allo scopo di:

- eseguire la separazione della componente longitudinale e trasversa della sezione d'urto del processo, in modo da ricavare informazioni complementari a quelle ottenute in un esperimento inclusivo (e,e') da noi eseguito in precedenza;
- ottenere una misura dei fattori di forma di carica e magnetico di un protone legato in materia nucleare.

La misura è stata effettuata raccogliendo i dati a valori fissi dell'energia e dell'impulso trasferiti ( $\bar{\omega}$  e  $q$ ) dell'impulso di rinculo ( $p_r$ ) e dell'energia mancante ( $E_m$ ), ma a due diversi valori dell'angolo di diffusione dell'elettrone

( $\theta_e$ ), rivelando il protone emesso lungo la direzione di  $q$ . Utilizzando la massima energia del linac di Saclay (720 MeV) la separazione è stata effettuata nella regione  $|p_r| < 250 \text{ MeV}$  ed  $E_m < 70 \text{ MeV}$ .

In Fig. 41 sono riportati i conteggi misurati a  $|q| = 543 \text{ MeV}/c$ ,  $p_r = 100 \text{ MeV}/c$ ,  $p' = 445 \text{ MeV}/c$  e  $\theta_e = 54^\circ$  e  $115^\circ$ . I risultati preliminari sembrano confermare la mancanza di "strength" nella componente longitudinale rispetto a quella trasversa, già osservata nell'esperimento inclusivo.

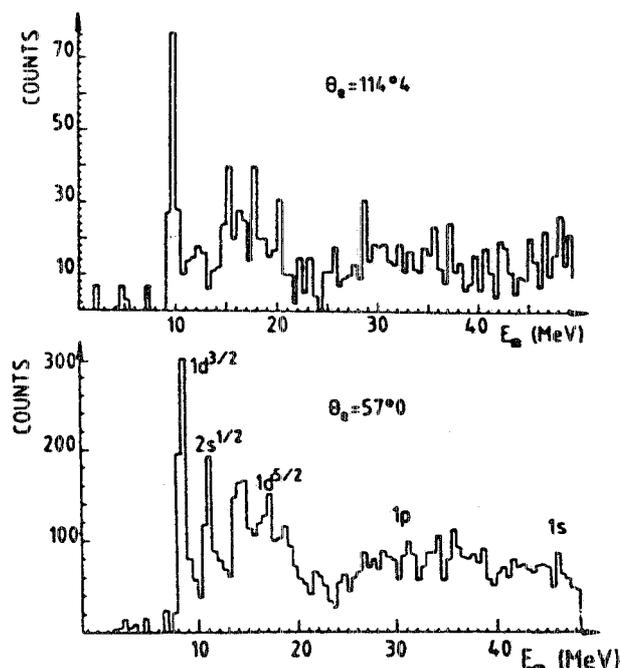


FIG. 41 - Andamento di conteggi per la reazione  $^{40}\text{Ca}(e,e'p)^{39}\text{K}$  in funzione dell'energia mancante  $E_m$ .

Nel corso dell'anno è anche iniziata la misura delle reazioni (e,e'p) e (e,e'd) su un bersaglio di  $^6\text{Li}$  con lo scopo di studiare la struttura di questo nucleo, che presenta un alto grado di correlazione tra i sei nucleoni (esistono infatti descrizioni del nucleo  $^6\text{Li}$  in termini di modello a cluster dd, di un sistema a tre corpi  $\alpha\text{NN}$ , e del modello a shells). Le misure preliminari sono state eseguite in cinematica antiparallela in modo da compensare con la riduzione dell'impulso trasferito la diminuzione della sezione d'urto conseguente alla selezione di un grande impulso relativo  $\alpha$ -d. Inoltre per semplificare l'interpretazione dei risultati è stata mantenuta costante l'energia del sistema  $\alpha$ -d nello stato finale.

Nella Fig. 42 sono riportati due spettri preliminari in energia mancante, ottenuti nel

corso della misura, da cui si nota una buona separazione tra i processi a due e a più corpi.

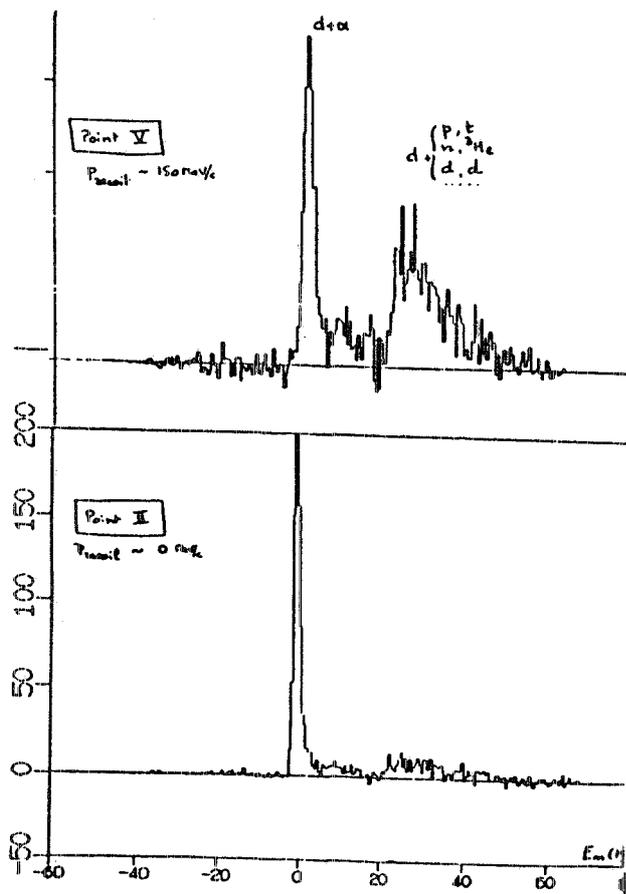


FIG. 42 - Spettri in energia mancante per la reazione  $(e, e')d$  su  ${}^6\text{Li}$ .

### Ricerca del processo $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$ (LION)

Componenti del gruppo: F.L. Fabbri, L. Satta.

Collaborazione con: Berkeley, California, Saclay.

La reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$  è uno dei test classici della simmetria di carica nella fisica nucleare. Siccome lo stato iniziale è simmetrico, la reazione è sensibile agli effetti, relativamente ben conosciuti, che dipendono dalla differenza di massa fra pioni carichi e neutri. Questi ultimi violano l'indipendenza della carica dell'interazione nucleone-nucleone. La simmetria di carica, viceversa, è rotta da effetti come il mixing  $\pi$ - $\eta$ , che è una manifestazione diretta della dipendenza dalla carica dell'interazione fra quarks. Dunque la violazione della simmetria di carica, se osservata, potrebbe essere utilizzata per studiare aspetti fondamentali della forza adronica. Stime recenti della sezione d'urto per questa reazione indicano che gli effetti dovuti alla rottura

della simmetria di carica sono alla portata delle tecniche sperimentali correnti.

I risultati precedenti sulla reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$  danno limiti superiori alla produzione di  $\pi^0$  che sono calati da  $d\sigma/d\Omega_{\text{cm}} < 97$  pb/sr a  $d\sigma/d\Omega_{\text{cm}} < 19$  pb/sr ( $\alpha \sim 90^\circ$  nel centro di massa, e per energia del  $d$  incidente variabile fra 500 e 800 MeV) nel corso degli anni.

Gli esperimenti hanno usato spettrometri magnetici per rivelare la particella  $\alpha$ , e l'esistenza del  $\pi^0$  era dedotta dalla cinematica. Questi esperimenti hanno trovato eventi apparentemente associati alla produzione di un singolo  $\pi^0$  anche quando il bersaglio di deuterio era sostituito da un bersaglio di idrogeno, dimostrando di essere giunti al loro limite di sensibilità.

L'esperimento condotto dalla collaborazione differisce dai precedenti per l'aggiunta di una parete di contatori di vetro al piombo per rivelare i fotoni di decadimento del  $\pi^0$ . I vincoli aggiuntivi posti sull'energia dei fotoni e sul loro timing hanno consentito di eliminare il fondo osservato negli esperimenti precedenti. I dati contengono solo eventi in cui l' ${}^4\text{He}$  è prodotto nel deuterio, come è dimostrato dai runs fatti con il bersaglio di  $\text{H}_2$ . Le misure sono state fatte a  $T_d = 1350$  MeV e a un angolo di uscita dell' $\alpha$  di  $\sim 13^\circ$ . Questi numeri vengono citati perchè sono il compromesso di diverse richieste in contrasto fra loro: riduzione del flusso di particelle diffuse diffraattamente nello spettrometro (alta energia), buona separazione dalla reazione permessa  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\gamma$  (bassa energia), cinematica in cui i modelli prevedono grandi sezioni d'urto.

L'apparato è mostrato in Fig. 43. Le particelle  $\alpha$  sono identificate dal tempo di volo e dalla perdita di energia negli scintillatori plastici. La parete di vetri al piombo è composta di 12 cubi di 15 cm di lato. La loro risposta in energia è stata calibrata con le reazioni  $pd \rightarrow {}^3\text{He}\gamma$  e  $pd \rightarrow {}^3\text{He}\pi^0$ .

È stato effettuato un run con un flusso totale incidente di deutoni di  $7 \times 10^{14}$  particelle. Si sono osservati 16 eventi, che si sono potuti senza ambiguità identificare come segue. Tredici provengono dalla reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0\pi^0$ , che, se pure ben separata dalla cinematica, ha una sezione d'urto rilevante, e tre dalla reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\gamma$ . Per quest'ultima la sezione d'urto corrispondente è  $d\sigma/d\Omega_{\text{cm}} = 3.81_{-1.8}^{+2.6}$  pb/sr.

Per la reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$  il non aver osservato alcun evento comporta un limite

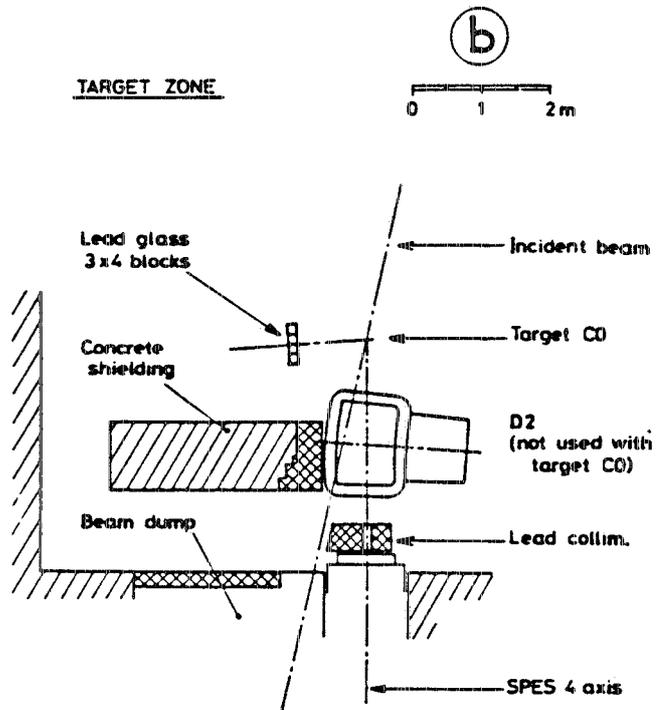
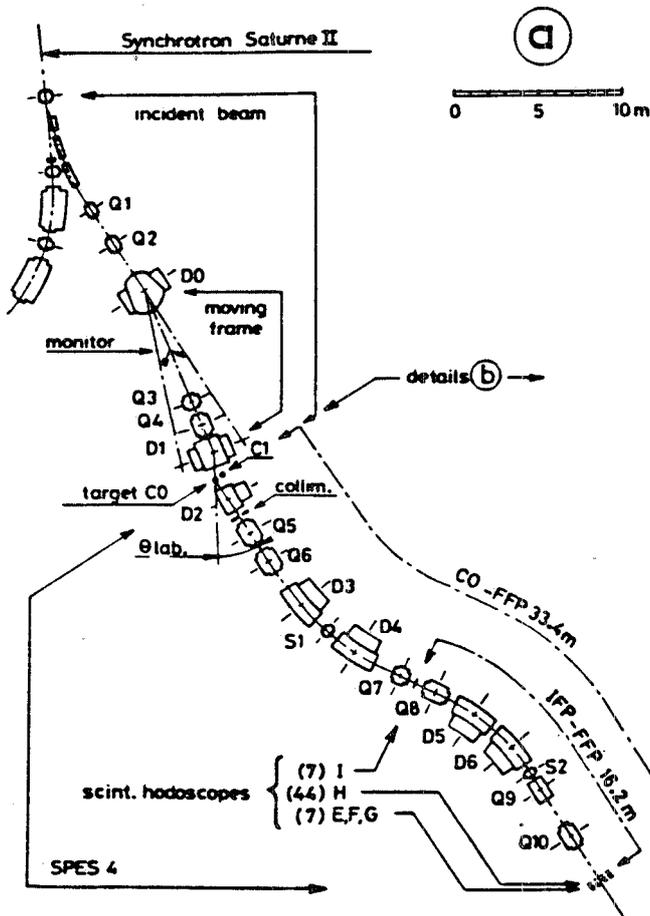


FIG. 43 - Beam layout e apparato sperimentale.

$d\sigma/d\Omega_{cm} \leq 1.7$  pb/sr a un livello di confidenza del 68%. Questo limite va confrontato con il calcolo di Cheung che predice una sezione d'urto per la reazione cercata fra 0.01 e 0.1 pb/sr e con quello di Coon e Predom che, utilizzando la recente misura della sezione d'urto di produzione di  $\eta$  nella reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\eta$ , valuta la  $d\sigma/d\Omega_{cm}(dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0)$  a 0.17 pb/sr nella regione esplorata.

Per osservare questi effetti fondamentali è quindi necessario aumentare la sensibilità

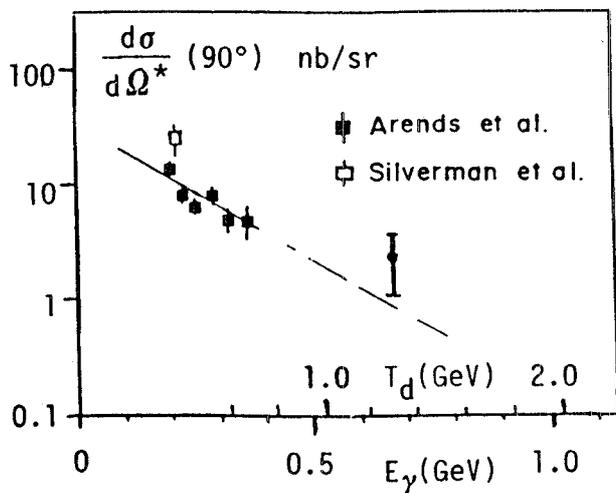


FIG. 44 - Dati sperimentali per la reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\gamma$ . La nostra misura è il cerchio pieno a  $T_d = 1.35$  GeV.

della misura di almeno un altro ordine di grandezza. Questo obiettivo sembra alla portata dell'apparato sperimentale, se non verranno scoperte nuove sorgenti di fondo, e si prevede di poterlo raggiungere nel 1986.

La Fig. 44 mostra tutti i dati esistenti per la reazione  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\gamma$ , e la Fig. 45 l'andamento nel tempo del limite sulla sezione d'urto per il processo  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$ .

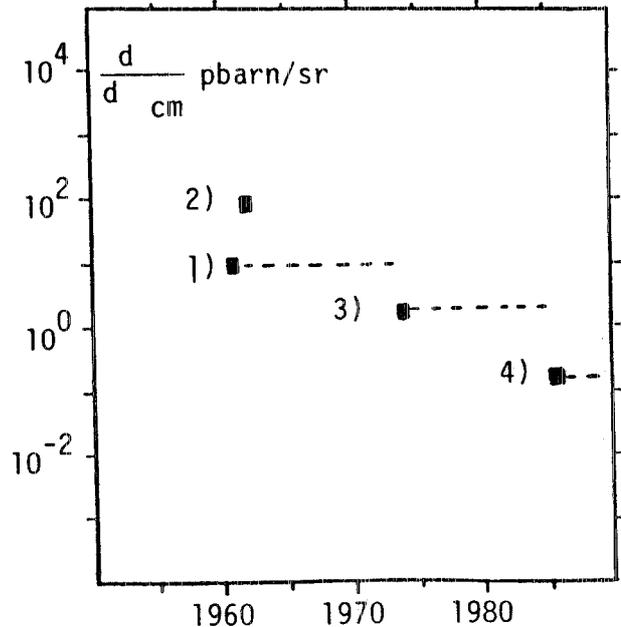


FIG. 45 - Limite superiore alla sezione d'urto per il processo  $dd \rightarrow {}^4\text{He}\pi^0$  in funzione del tempo. 1) J.A. Poirier et al., Phys. Rev. 122, 1917 (1961); 2) Y. Akimov et al., Sov. Phys. JETP 14, 512 (1962); 3) J. Banaigs et al., Phys. Letters 53B, 390 (1974); 4) nostro esperimento.

#### 4. - LUCE DI SINCROTRONE

##### Esperimenti col fascio da magnete curvante (PULS)

Componenti del gruppo: Nel 1985 il personale assegnato alla convenzione da parte del CNR è stato di 3 tecnici (M. Capozzi, L. Moretto, M. Brolatti) a tempo pieno e di 5 ricercatori (F. Antonangeli, P. Chiaradia, P. Perfetti, M. Piacentini, C. Quaresima) ed 1 tecnico (S. Priori) dell'Istituto di Struttura della Materia, a tempo parziale. Da parte INFN sono stati messi a disposizione 3 ricercatori (A. La Monaca, S. Mobilio, A. Savoia) e 5 tecnici (R. Bolli, F. Campolungo, A. Mantella, L. Sangiorgio, V. Tullio) tutti a tempo pieno. Hanno collaborato inoltre, M. Fanfoni, N. Zema (CNR-ISM), R. Pizzoferrato (II Università), M. Casalbani (II Università) e gli associati INFN, A. Congiu-Castellano, I. Davoli, M. Iannuzzi, F. Patella e A. Reale.

##### CARATTERISTICHE DEL FASCIO DEI MAGNETI CURVANTI

Nella Tabella I sono riassunte le caratteristiche della macchina rilevanti per l'uso come sorgente di Luce di Sincrotrone.

Le dimensioni e divergenza del fascio di elettroni sono state calcolate utilizzando le formule ed i dati del Memo E-23 (6/12/77) di M. Preger per un accoppiamento  $\varepsilon^2 = 0.04$  nel punto a  $5^\circ 12'$  dall'inizio del settore curvo (punto PULS). La Fig. 46 riporta l'emissione

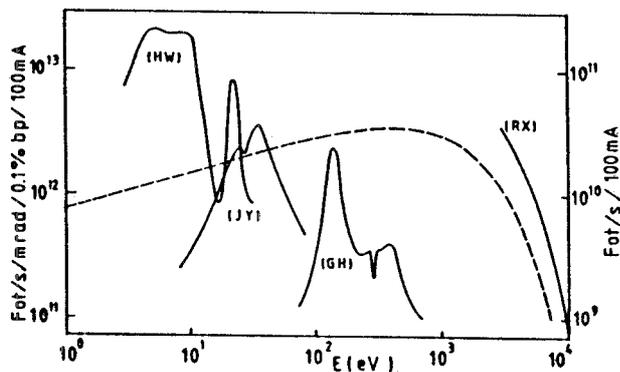


FIG. 46 - Emissione spettrale del settore curvo di Adone (curva tratteggiata, scala delle ordinate a sinistra) e flusso ottenibile all'uscita dei quattro monocromatori PULS (curve continue, scala delle ordinate a destra).

sione spettrale dal settore curvo di Adone (curva tratteggiata, scala delle ordinate a sinistra) ed il flusso ottenibile all'uscita dei quattro monocromatori (curve continue, scala delle ordinate a destra) le cui caratteristiche sono riassunte in Tabella II.

##### DESCRIZIONE DEI LABORATORI

In Fig. 47 è riportata la pianta di Adone con i laboratori di luce di sincrotrone PULS e PWA. Il percorso delle linee di fascio è

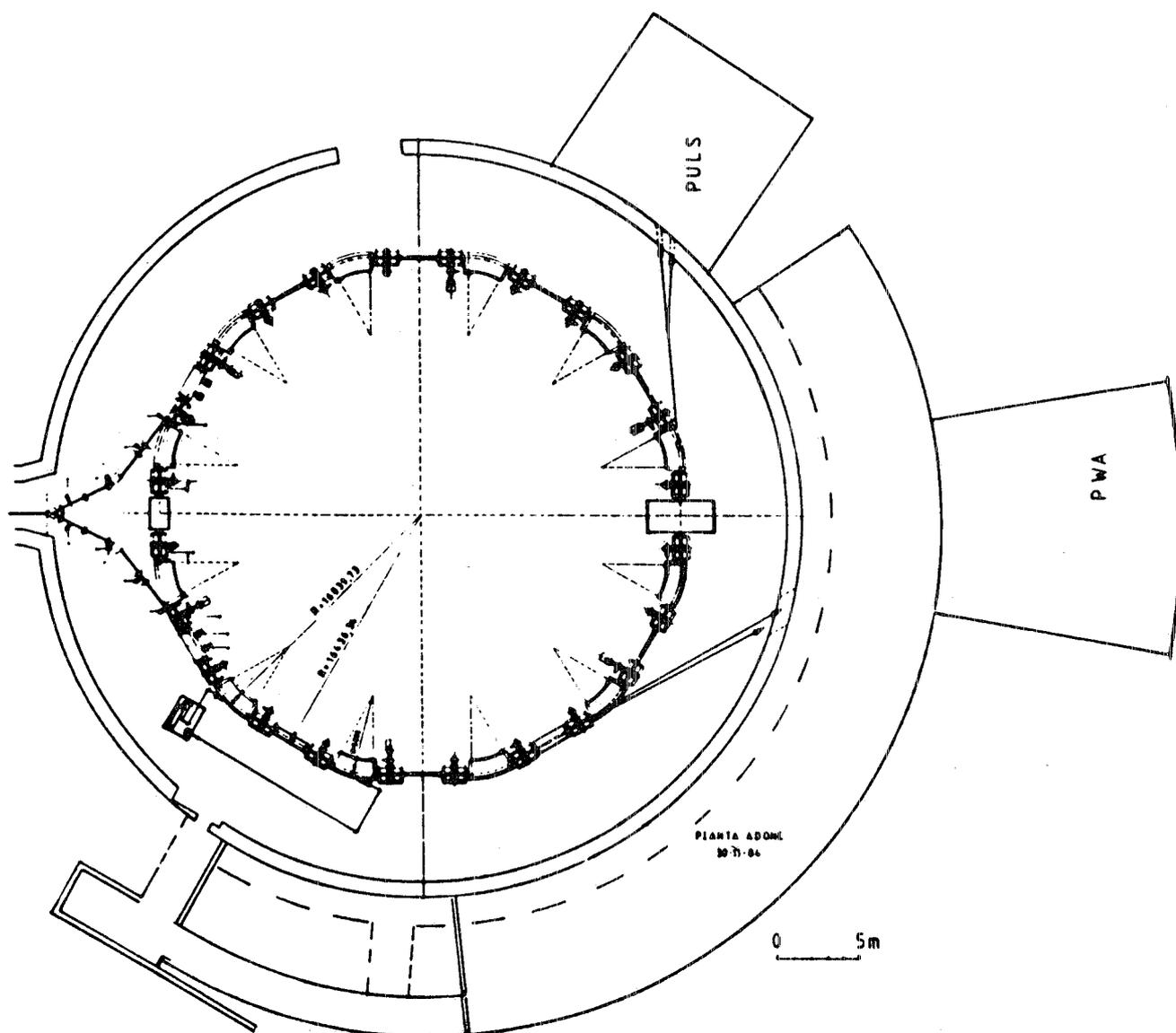
TABELLA I

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	$N = 1-18$
Raggio di magneti	$R = 5 \text{ m}$
Energia caratteristica	$E = 1.51 \text{ keV}$
Angolo di emissione ad $E = E_c$	$= 0.18 \text{ mrad}$
Grado di polarizzazione	$> 0.8$
Brillantezza ad $E = E_c$ con $1\sigma$	$6.4 \times 10^{14} \text{ fotoni/s/0.1\%/mrad}^2/\text{cm}^2$
Potenza totale irradiata	$P = 9 \text{ KW}$
Larghezza dell'impulso	$2 \sigma_r = 1.2-0.3 \text{ ns}$
Ripetizione dell'impulso	$\tau = 350-19 \text{ ns}$
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 $\sigma_{Z'} = 0.031 \text{ mrad}$

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

	INTERVALLO DI ENERGIA	FOTONI/s/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	$10^8$	$10^{-3}$	600 linee/mm



**FIG. 47 - Pianta di Adone con indicato il percorso delle linee di fascio PULS e PWA.**

schematizzato all'interno dell'edificio Adone.

Al piano terreno dell'edificio PULS sono installati i 2 canali di luce a raggi X e Grasshopper (Fig. 48) mentre al primo piano sono disponibili due canali di luce nell'ultravioletto: Jobin-Yvon e Hilger & Watts (Fig. 49).

— Canale Raggi X

Questa linea ha due stazioni sperimentali che consentono l'esecuzione di misure di assorbimento e fluorescenza con Raggi X e di Small Angle Scattering nell'intervallo spettrale 2800 eV - 13000 eV.

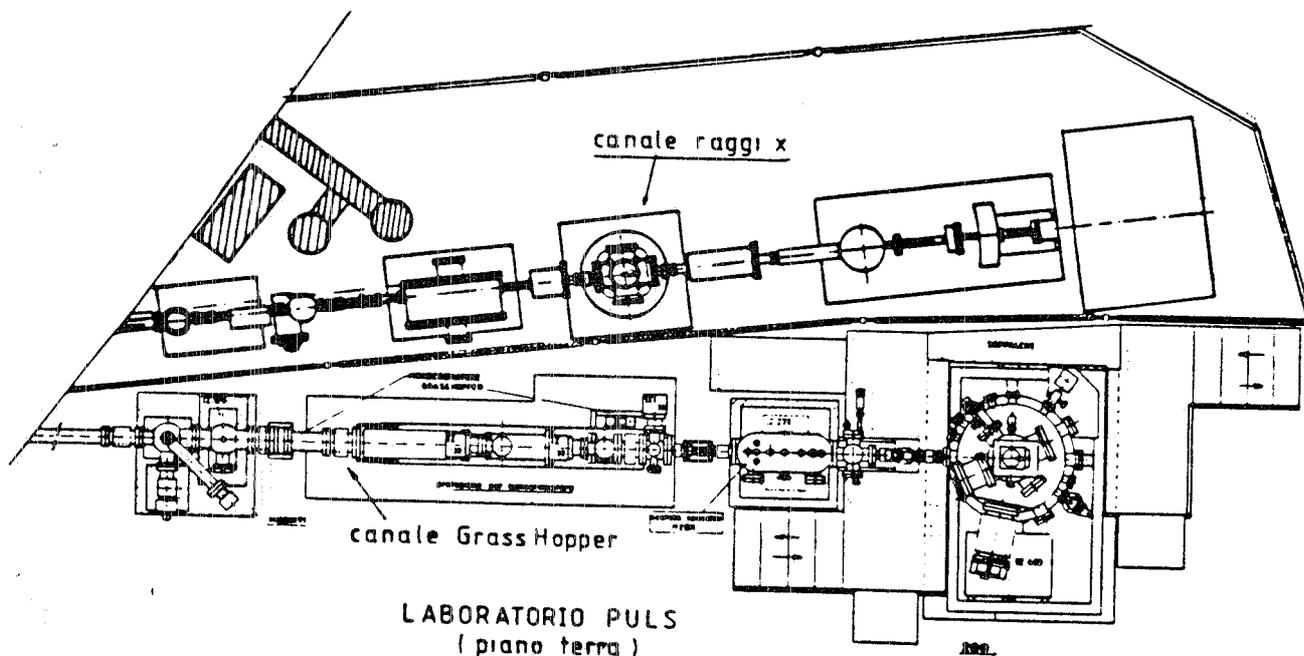


FIG. 48 - Canali di luce a raggi X e Grasshopper all'interno dell'edificio PULS.

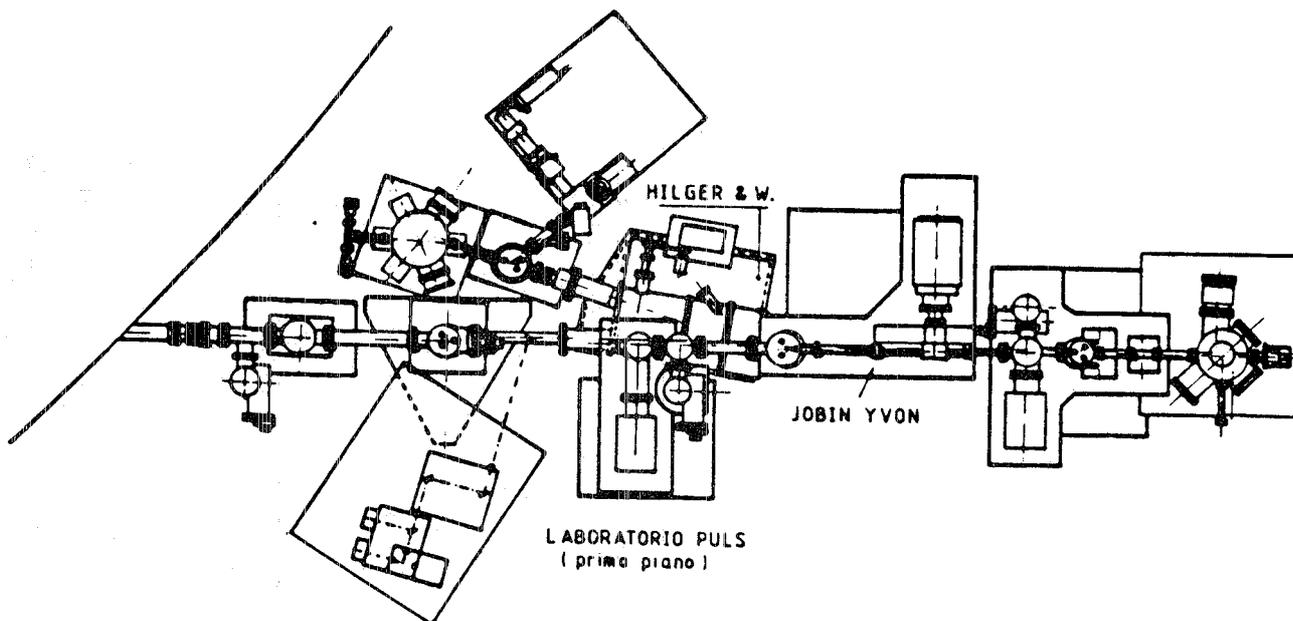


FIG. 49 - Canali di luce Jobin-Yvon e Hilger & Watts all'interno dell'edificio PULS.

Il futuro della spettroscopia con Raggi X è legato principalmente allo sviluppo di nuove apparecchiature sperimentali che permettano di registrare spettri di assorbimento in tempi dell'ordine delle frazioni di secondo invece che delle decine di minuti. A tale scopo è in corso di sviluppo una apparecchiatura sperimentale per "EXAFS Dispersivo" (Fig. 50).

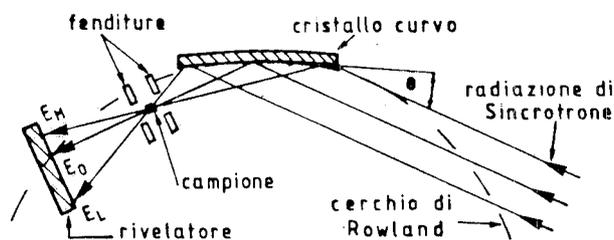


FIG. 50 - Descrizione schematica dello spettrometro per misure di assorbimento di raggi X in modo dispersivo.

Il fascio X quasi-parallelo proveniente dall'anello di accumulazione incide su un cristallo curvo focalizzante. Poiché l'angolo di radenza del fascio X con la superficie del cristallo varia con continuità, il fascio riflesso avrà una distribuzione spettrale continua intorno al valore medio  $\lambda = 2d \sin\theta$ , di larghezza pari a 1000 eV su un tipico cristallo di Si(111) lungo circa 10 cm. Il campione, quindi, posto nel punto focale, è investito contemporaneamente da tutte le lunghezze d'onda tipicamente misurate in uno spettro d'assorbimento X. Il fascio diverge poi dopo il fuoco verso un "position sensitive detector". L'intensità misurata in funzione della posizione fornisce direttamente lo spettro di trasmissione del campione in funzione della energia. Nel corso del 1985 è stato realizzato in collaborazione con il Dipartimento di Fisica del CRR Euratom di Ispra, un sistema per curvare un cristallo di Si(111) di forma triangolare. Il test del sistema è stato eseguito con una sorgente a raggi X convenzionale verificando le proprietà focalizzanti e la risoluzione del cristallo. È stata esclusa la formazione di stress superficiale.

Sull'apparato SAXS per gli esperimenti di diffrazione a piccolo angolo è stata montata una nuova versione del rivelatore (camera a drift ad immagine tridimensionale). Il rivelatore è dotato di una nuova linea di ritardo per la lettura della coordinata parallela al filo di anodo, linea costruita nei Laboratori Nazionali di Frascati con la collaborazione

del gruppo Magneti dell'ENEA. Le caratteristiche tecniche della linea di ritardo (116 nsec/cm, 1.58 db di attenuazione su 3 cm di lunghezza, 5 MHz di banda passante) hanno permesso di ottenere risoluzioni spaziali di 130  $\mu$ , paragonabili alla risoluzione della coordinata di drift. Attualmente il numero di punti simultaneamente rivelabili sulla stessa area del rivelatore è di 34000 pixels (con un fattore 5 di miglioramento rispetto alla precedente versione) con possibilità di ottenere spettri di più alta definizione con alta sensibilità.

A titolo di esempio riportiamo nelle Figure 51 e 52 due spettri di diffrazione a piccolo angolo da campioni di materiale di interesse biomedico, registrati alla fine dell'anno.

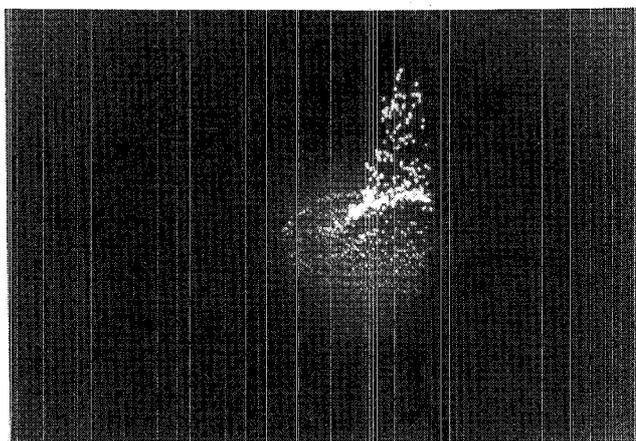


FIG. 51 - Spettro SAXS di un campione di cornea  $C_{12}$ , azzatura 650 Å. È visibile l'anello di diffrazione del 6° ordine. Gli ordini inferiori non sono osservabili a causa della diffusione isotropica di alta intensità attorno al fascio primario.

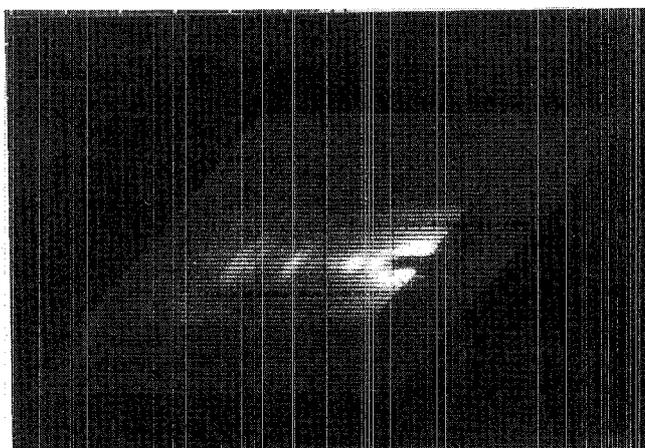


FIG. 52 - Spettro di collagene secco di spaziatura 670 Å. Sono visibili i tipici ordini di diffrazione lungo l'asse della fibra dal 2° al 9°. È stato osservato anche il 19° ordine.

### — Canale Grasshopper

La linea a raggi X molli del monocromatore Grasshopper è equipaggiata con una camera di misura per la fotoemissione sia risolta che integrata angolarmente. Essa è stata ufficialmente aperta agli utenti nel marzo 1985. Nel corso dell'anno si è svolta prevalentemente attività di servizio e di supporto agli utenti. Tra le migliorie introdotte vi sono: un sistema di sfaldatura dei campioni, una linea di introduzione dei gas e un moltiplicatore di elettroni per la misura della  $I_0$ . Sono stati inoltre affrontati, a livello di progetto, vari problemi quali il miglioramento del vuoto, l'introduzione rapida dei campioni e l'aumento del flusso dei fotoni nel canale. Le soluzioni individuate comportano modifiche rilevanti sia per la camera (nuovo manipolatore) che per il monocromatore (sostituzione dello specchio sferico M1 con uno specchio ellittico). A queste modifiche si intende procedere nel corso del 1986.

### — Canale Jobin-Yvon

La linea è dedicata a misure di fotoemissione integrata in angolo nel range spettrale dell'ultravioletto da vuoto. L'apparecchiatura sperimentale funziona a regime da diversi anni ed è completamente equipaggiata per studi di fisica delle superfici. Da questo anno è disponibile anche un manipolatore con raffreddamento alla temperatura dell'azoto liquido. Gli elementi ottici della linea deterioratisi negli anni, sono stati rigenerati o sostituiti ottenendo un aumento di un fattore dieci sui segnali rivelati.

### — Canale Hilger & Watts

Le apparecchiature disponibili su questo canale ultravioletto consentono misure di assorbimento, riflettanza, luminescenza, luminescenza risolta in tempo e spettroscopia a due fotoni con Luce di Sincrotrone.

Nel 1985 la linea VUV (vacuum ultraviolet) ha funzionato soprattutto per la sperimentazione. Solamente i primi turni dell'anno sono stati impiegati per rifare l'allineamento ottico della linea, che nel corso degli anni precedenti si era notevolmente modificata. Inoltre, presso l'Istituto di Struttura della Materia, si è modificata la camera di

misura per la luminescenza, alla quale sono state aggiunte un certo numero di nuove porte per poterci inserire diversi accessori per la manipolazione e preparazione dei campioni. Infine si è migliorato notevolmente il sistema di raccolta dei fotoni di luminescenza.

## ATTIVITÀ SCIENTIFICA

I turni macchina disponibili per Luce di Sincrotrone vengono assegnati dal Consiglio Scientifico di Luce di Sincrotrone in parte a programmi di ricerca di gruppi esterni ed in parte per le ricerche del gruppo interno responsabile di ciascuna linea.

Nei paragrafi che seguono è riportata l'attività scientifica del gruppo interno mentre gli esperimenti condotti da gruppi esterni ed il loro responsabile sono elencati alla fine di ciascun paragrafo.

### a) Esperimenti con raggi X

#### — Proprietà strutturali e dinamiche di cluster di metalli

Sono proseguiti gli studi delle proprietà strutturali e dinamiche di clusters di metalli (Au, Ag, Pd) di dimensioni inferiori a 30 Å. Come noto, tali clusters presentano un grosso interesse in quanto dotati di proprietà catalitiche. In letteratura esistono grosse controversie sulle proprietà strutturali di tali clusters essendo riportate per gli stessi metalli nelle stesse condizioni contrazioni e/o espansioni del parametro reticolare o addirittura cambi di struttura con formazione di fase icosaedrica che, termodinamicamente, dovrebbe essere la fase più stabile per clusters con meno di 50 atomi.

L'EXAFS è la tecnica sperimentale più promettente per risolvere tali controversie.

In particolare sull'Au, oltre i già riportati studi sulla struttura che hanno mostrato l'esistenza di una contrazione del parametro reticolare ed hanno escluso una transizione di fase, si è verificato che le proprietà fononiche non sono interpretabili semplicemente con un calo della temperatura di Debye, ma occorre considerare esplicitamente il contributo dei fononi di superficie.

Inoltre sul Pd si è trovato che la riportata espansione del parametro reticolare è un ef-

fetto legato alla idrogenazione del metallo e non ad un effetto cluster.

#### — Proprietà strutturali di leghe amorfe idrogenate (GeSi, SiC., SiN...)

In stretta collaborazione col gruppo G15 dell'Istituto di Fisica di Roma I sono proseguiti gli studi strutturali delle leghe amorfe di Si e Ge cresciute per glow-discharge. Le misure sul Si sono state eseguite presso l'anello di accumulazione ACO al LURE (ORSAY).

In particolare nell'ultimo anno si sono studiate le leghe  $a\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{:H}$ ,  $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x$  ed  $a\text{-SiN}_x\text{:H}$ , composti di notevole importanza per le recenti applicazioni elettroniche. L'analisi dei dati ha mostrato che nel  $a\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{:H}$  si può pensare ad un modello di struttura "random-mixing" in cui gli atomi sono distribuiti casualmente nella matrice, per cui le proprietà globali non sono altro che la media delle proprietà dei singoli legami Si-Ge, Si-Si, Ge-Ge che intervengono nel composto con una probabilità che è determinata solo dal caso.

Un tale modello nella fase attuale non può essere escluso per il SiC mentre è sicuramente non vero per il SiN dove esiste come coordinazione preferenziale Si-N e non si formano legami N-N.

#### — Sviluppo di nuovi rivelatori

Sviluppando l'idea di convertire raggi X in radiazioni U.V. da rivelare con dispositivi a stato solido, nel corso dell'anno sono stati effettuati alcuni tests su un rivelatore fotosensibile lineare a stato solido usando luce ultravioletta.

Il dispositivo a trasferimento di carica, un CCD di tipo commerciale Thomson TH 7803A a canale sepolto di 1728 pixels, è stato provato eliminando la finestra di vetro di protezione non idonea alla rivelazione di fotoni U.V.

Il primo test è stato effettuato con esito positivo usando la riga a  $\lambda = 2536 \text{ \AA}$  di una lampada al mercurio. Successivamente è stata esplorata la regione spettrale da 1100 a 3000  $\text{ \AA}$  della linea Hilger & Watts. Il dispositivo è risultato sensibile alla luce U.V. della regione spettrale 1450-3000  $\text{ \AA}$ , ma ha mostrato danneggiamento ottico permanente sotto radiazione di lunghezza d'onda  $\lambda = 1800 \text{ \AA}$ . Sulla base di questi risultati è allo

studio l'applicazione di questo dispositivo alla rivelazione posizionale dei Raggi X tramite l'utilizzazione di un opportuno convertitore a gas nobile con emissione di luce ultravioletta di circa 2000  $\text{ \AA}$ .

#### — Esperimenti esterni

- Studi strutturali sui centri redox della ossidasi del citocroma C da pseudomonas aeruginosa (A. Colosimo)
- Ordine disordine in strutture di silicati (A. Mottana)
- Studio EXAFS e XANES di polisaccaridi di calcio (T. Prosperi)
- Proprietà strutturali di leghe random pseudobinarie  $A_{1-x}B_xC$  (A. Balzarotti)
- Superossido dismutasi con rame e/o zinco sostituito o mancante (G. Rotilio)
- Analisi strutturale e dinamica di composti  $AB_2X_4$  e  $ABX_4$  ternari e pseudoternari (P.P. Lottici)
- Indagine EXAFS sulle interazioni metalloacidi nucleici (P. Orioli)
- EXAFS e XANES di perovskiti metalliche  $Mn_3$ , GaN,  $Mn_3$ , ZnN, e  $Mn_3$ , GaC (A. Bianconi)
- Determinazione della valenza mista dei composti di Ytterbio: a) cristalli singoli e leghe; b) sistema di impurezze (A. Bianconi)
- EXAFS di sistemi a valenza mista: soglie L del Ce e Yb (A. Bianconi)
- Indagine EXAFS su proteine ferrose (P. Orioli)
- EXAFS e XANES di  $V_2O_5$  amorfo e ricristallizzato (S. Stizza)
- Studi EXAFS di materiali granulari (L. Alagna)

#### b) Esperimenti di Fotoemissione

##### — Ossidazione della superficie di sfaldatura del GaP mediante spettroscopia di fotoemissione.

È stata studiata la banda di valenza e i livelli di core Ga(3d) e P(2p). I risultati, in corso di pubblicazione, indicano che l'ossidazione procede in due stadi: nel primo l'ossigeno si adsorbe in siti particolari, forse steps o difetti, e questo provoca una forte variazione di band bending, mentre nel secondo stadio si ha la copertura graduale di tutta la

superficie con la saturazione dei dangling bonds.

### — Studio delle interfacce semiconduttore-semiconduttore

Nel campo delle interfacce semiconduttore-semiconduttore i parametri fondamentali che determinano le proprietà di trasporto della giunzione sono le discontinuità di banda di valenza  $\Delta E_v$  e di conduzione  $\Delta E_c$ . La misura di tali parametri in diverse interfacce è importante per la comprensione del meccanismo fisico che sta alla base della ripartizione della differenza delle due gaps in  $\Delta E_v$  e  $\Delta E_c$ . In particolare è importante conoscere il ruolo che ha un eventuale dipolo di interfaccia nello stabilire le discontinuità di banda. Al fine di chiarire quest'ultimo punto si sono realizzate delle interfacce inserendo sottili strati metallici ( $\sim 1 \text{ \AA}$ ) tra i due semiconduttori. Una misura della banda di valenza fatta con spettroscopia fotoelettronica permette di misurare la discontinuità di banda direttamente dallo spettro se la differenza di energia delle due gaps è sufficientemente grande e lo spessore dell'overlayer è sufficientemente piccolo da rendere ben visibili i due edges.

Un esempio è riportato in Fig. 53 per l'interfaccia ZnSe/Ge e ZnSe/Al/Ge. Si nota chiaramente che l'alluminio ha l'effetto di aumentare la discontinuità di 0.2 eV. Risultati interessanti sono stati ottenuti con intralayers di Al all'interfaccia CdS/Ge e intralayers di idrogeno e cesio in  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  e CdS/Si. È stato sviluppato un semplice modello basato sulla differenza di elettronegatività dei vari componenti dell'interfaccia per

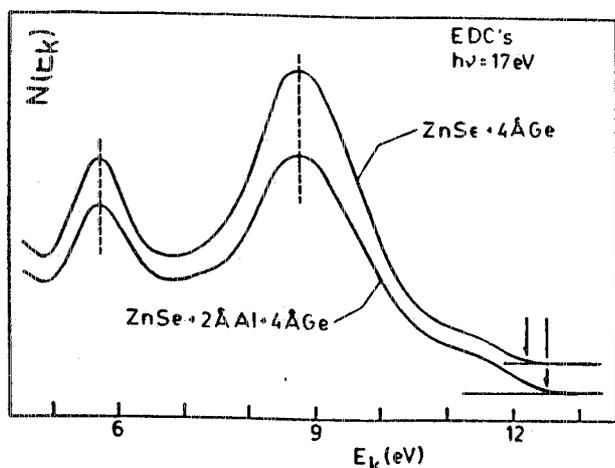


FIG. 53 - Spettri di fotoemissione della banda di valenza delle eterostrutture ZnSe/Ge e ZnSe/Al/Ge.

calcolare la carica trasferita e la variazione del dipolo all'interfaccia causata dall'intralayer. I risultati del calcolo sono molto incoraggianti in quanto predicono non solo il verso di variazione della discontinuità della banda di valenza ma danno anche variazioni confrontabili con quelle osservate sperimentalmente.

### — Proprietà elettroniche dei semiconduttori amorfi del gruppo IV e loro leghe

Questa attività è sviluppata in collaborazione con il prof. Evangelisti della Università di Roma "La Sapienza". Un risultato interessante nel campo dei semiconduttori amorfi è lo studio dell'andamento della gap di energia in a-Si, a-Si<sub>0.5</sub>C<sub>0.5</sub>H. Tale studio è stato fatto mediante misure di fotoemissione delle bande di valenza, dei livelli di core 2p del Si e delle bande di conduzione mediante partial yield dai livelli di core 2p. La differenza tra la soglia di assorbimento dai livelli di core 2p e l'energia di legame degli stessi livelli rispetto alla banda di valenza è il valore della gap di energia. Si ottengono valori che passano da 0.6 eV in a-Si a 0.35 eV in a-Si<sub>0.5</sub>C<sub>0.5</sub>H. Le gaps di energia misurate sugli stessi materiali mediante assorbimento ottico dalla banda di valenza danno valori che vanno da 1.2 eV a 2.2 eV. I diversi valori trovati nei due casi sono stati interpretati in termini di shifts eccitonici dovuti all'interazione tra la buca di core e l'elettrone eccitato in banda di conduzione. Lo shift eccitonico crescente è dovuto ad una diversa riduzione dello schermo dell'interazione elettrone-lacuna legata alla diversa localizzazione dell'eccitone. La localizzazione dell'eccitone aumenta con il grado di disordine passando da a-Si a a-Si<sub>0.5</sub>C<sub>0.5</sub>H. Gli spettri di fotoemissione dei livelli di core 2p del Si e le soglie della banda di conduzione misurate rispetto al massimo della banda di valenza sono riportate in Fig. 54.

### — Esperimenti esterni

- Discontinuità di banda all'eterogiunzione ZnSe-Ge (G. Margaritondo)
- Struttura elettronica e proprietà di interfaccia di semiconduttori ternari II-III (A. Franciosi)
- Adsorbimento di semiconduttori su substrati metallici (G. Margaritondo)

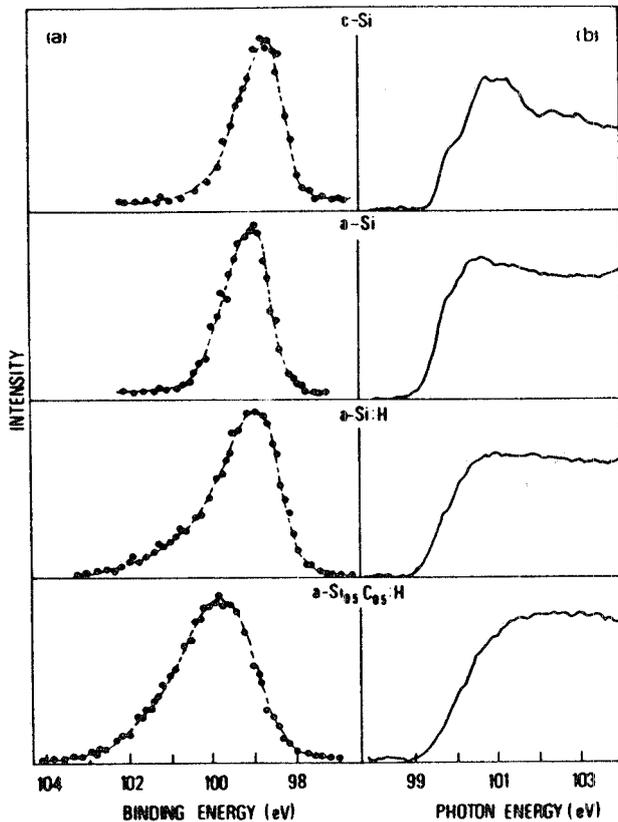


FIG. 54 - Spettri di fotoemissione dei livelli di core 2p e bande di conduzione misurati con la tecnica del "partial yield" in alcune leghe a base di silicio amorfo.

- Studio delle perdite "many-electron" di metalli semplici con radiazione di sincrotrone (C. Mariani)
- Studio dei parametri d'interfaccia in strutture a-Si:N(x):H/a-Si:H (G. Fortunato)
- Interazione metallo-supporto in sistemi di interesse catalitico (G. Furlani)
- Proprietà elettroniche di leghe ternarie  $A_{1-x}B_xC$  studiate con la fotoemissione (A. Balzarotti)
- Studio delle eterostrutture tra semiconduttori amorfi mediante fotoemissione (F. Evangelisti)
- Studio dei vetri nel sistema  $Na_2O-SiO_2$  (I. Davoli)
- Chemisorbimento di H sulla superficie di sfaldatura dei semiconduttori III-V (C. Calandra)
- XANES ed EXAFS delle soglie K dell'ossigeno in  $SiO_2$  amorfo e cristallino (E. Fritsch)
- Studio dei composti intercalati  $Li_xNiPS_3$ ,  $Li_xFePS_3$  (V. Grasso)
- SEXAFS nella emissione fotoelettronica su cristalli singoli (L. Papagno).

### c) Esperimenti di spettroscopia ottica nell'ultravioletto da vuoto

#### — Spettroscopia a due fotoni su alogenuri alcalini.

È proseguito lo studio sistematico degli spettri di emissione e di eccitazione degli alogenuri di potassio puri e drogati con tallio a varie temperature. Di particolare interesse possono essere alcuni risultati ottenuti in corrispondenza dell'eccitazione delle bande C del  $Tl^+$ . Questi risultati sono ancora in fase di analisi.

Il risultato di maggiore impegno e di notevole interesse scientifico ottenuto nel 1985 riguarda le misure di spettroscopia a due fotoni con Luce di Sincrotrone eseguite su alogenuri alcalini. Queste ultime sono state svolte in collaborazione con ricercatori della II Università di Roma (R. Pizzoferrato et al., Two-photon absorption of alkali halides using synchrotron radiation, inviato a Europhysics Letters).

La spettroscopia a due fotoni si basa su un processo del secondo ordine che è regolato da regole di selezione completamente diverse da quelle che determinano l'assorbimento ad un fotone. Pertanto, con questa tecnica diviene possibile esplorare un diverso insieme di stati eccitati del sistema in esame. Dal punto di vista pratico, la spettroscopia a due fotoni consiste nel misurare l'assorbimento di un fascio di radiazione (fascio sonda, per il quale il campione è trasparente) indotto dalla presenza di un secondo fascio di radiazione (anche per questo il campione è trasparente). Almeno uno dei due fasci di radiazione deve essere molto intenso ed in genere si utilizza un laser. Fino ad ora la spettroscopia a due fotoni si è sviluppata nelle regioni spettrali accessibili con sorgenti standard, ma non nella regione del lontano ultravioletto per mancanza di una sorgente sonda particolarmente intensa. Noi abbiamo utilizzato, come sonda, la radiazione ultravioletta di Adone in coincidenza con gli impulsi di un laser Nd-Yag. Il nostro è stato il primo esperimento al mondo di spettroscopia a due fotoni su solidi con Luce di Sincrotrone e la sua importanza consiste nell'averne dimostrato la fattibilità e di aver aperto il lontano ultravioletto alla spettroscopia a due fotoni e, più in generale, all'ottica non lineare.

Per ottenere questo risultato si sono dovuti impiegare molti turni per prove e collaudi.

Si è dovuto mettere in coincidenza l'impulso del laser Nd-Yag ( $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$ ; 10 ns di durata; 30 Hz di ripetizione) con uno degli impulsi di Adone (4ns di durata, 8.53 MHz di ripetizione - macchina funzionante a tre pacchetti di elettroni), scartando col sistema di acquisizione tutti gli impulsi inutili di Adone. L'intensità media di questi impulsi in coincidenza viene poi confrontata con l'intensità media di un secondo impulso di Adone emesso fuori coincidenza dallo stesso pacchetto di elettroni (vedere lo schema temporale di Fig. 55). I risultati ottenuti per il KI riproducono

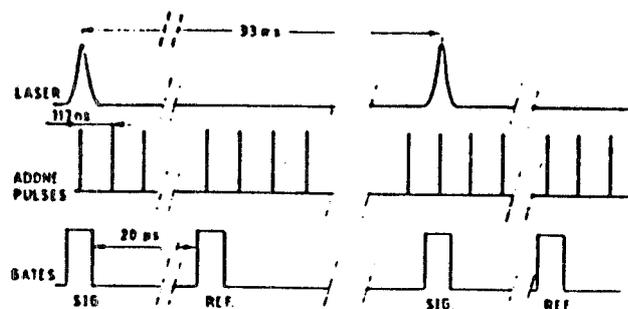


FIG. 55 - Schema temporale degli impulsi del laser Nd:Yag, degli impulsi di Adone, e dei gates usati nell'elettronica di rivelazione relativamente all'esperimento a 2 fotoni con radiazione di sincrotrone.

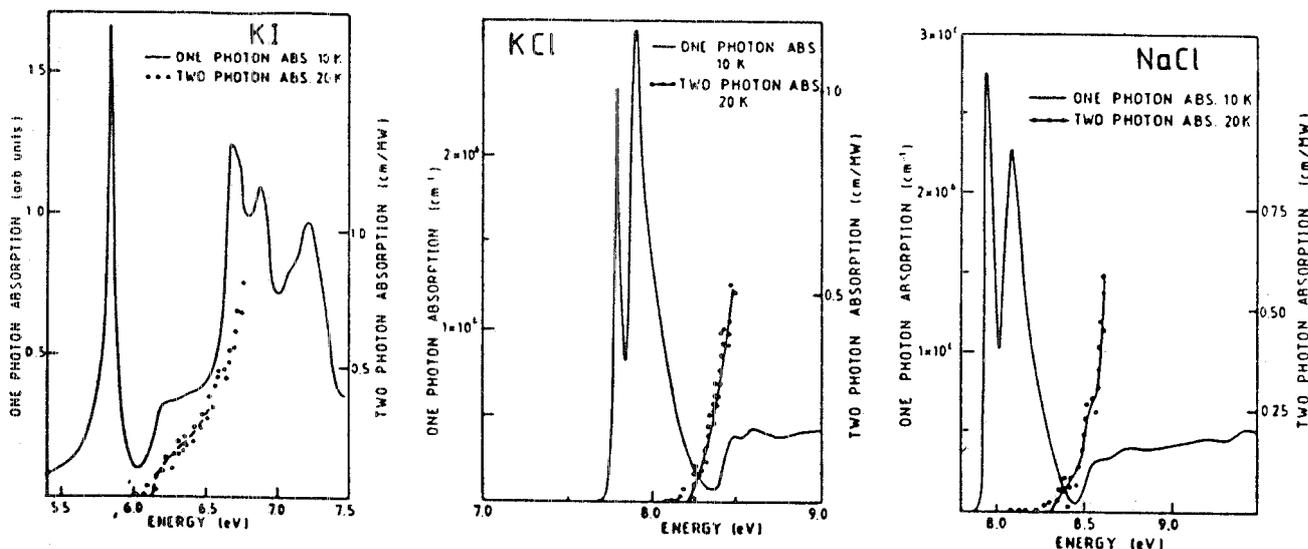


FIG. 56 - Settori di assorbimento ad un fotone intorno alle soglie fondamentali del KI, KCl ed NaCl come si trovano in letteratura, confrontate con gli spettri a due fotoni misurati da noi. Per questi ultimi la scala delle energie è  $E = h\nu_{\text{laser}} (= 1.27 \text{ eV}) + h\nu_{\text{Adone}}$ .

le misure di Hopfield e Worlock (Phys. Rev. A137, 1455, 1965), e di Frölich (Festkörperproblem, Vol. X, pag. 227, 1970) mentre quelli ottenuti per il KCl e per il NaCl (presentati in Fig. 56) sono nuovi.

#### — Esperimenti esterni

- Rilassamento di stati eccitati di alta energia in cristalli di alogenuri alcalini (F. Fermi)
- Spettri di riflettività di composti II-VI e loro cristalli misti (A. Kisiel)
- Spettri di riflettività dei composti misti II-VI del manganese (A. Kisiel)

- Strutture eccitoniche di core in composti lamellari III-VI (M. Piacentini)
- Riflettività di materiali nel lontano U.V. (G. Chassing)
- Luminescenza in alogenuri alcalini puri e drogati con tallio (U.M. Grassano)
- Tempi di vita di fluorescenza in metalloproteine (A. Finazzi-Agrò)
- Risposta spettrale U.V. in rivelatori lineari CCD (A. La Monaca)
- Riflettività V.U.V. di Co-Ge, Co-Ga, Ni-P nelle fasi amorfa e cristallina (L. Poporenko)
- Caratterizzazione ottica di piccole particelle per simulare l'estinzione da parte di polvere interstellare (V. Capozzi)

## Pubblicazioni

- G. Vlaic et al., EXAFS studies of Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for the low temperature CO shift reaction, *J. of Catalysis* **96**, 314 (1985).
- L. Incoccia et al., Extended X-ray absorption fine structure study of hydrogenated amorphous silicon-germanium alloys, *Phys. Rev.* **B31**, 1028 (1985).
- M. Emili et al., Structural investigations by EXAFS, XANES and XRD of TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> glassy and glass-ceramic materials prepared by the sol-gel method, *J. Non-Crys. Solids* **74**, 129 (1985).
- A. La Monaca, M. Iannuzzi and R. Messi, Small angle X-ray scattering experiments with three-dimensional imaging gas detectors, *Proceedings of the Conf. on Physics in Environmental and Biomedical Research, ISS 1985*, ed. by S. Onori and E. Tabet (World Scientific Publishing Co., Singapore, 1986).
- M.K. Kelly et al., Cationic origin of the anomalous resonant photoemission in GaP, *Phys. Rev.* **B31**, 1133 (1985).
- R.R. Daniels et al., Two possible examples of Schottkylike behavior of heterojunction interfaces, *J. Vac. Sci. Technol.* **A3(3)**, 379 (1985).
- D.W. Niles et al., Heterojunction band discontinuity control by ultrathin intralayers, *Appl. Phys. Letters* **47**, 1092 (1985).
- C. Coluzza et al., Photoemission studies of a-SiN:H/a-Si:H heterojunctions, *Proceedings 11th Intern. Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors, Rome 1985*.
- P. Perfetti, Resonant photoemission in semiconductors, *Intern. School "Enrico Fermi" in Solids, Varenna, July 9-19, 1985*.
- A. Franciosi et al., Au-Si interface formation: the other side of the problem, *Phys. Rev.* **B32**, 6917 (1985).
- F. Evangelisti et al., Photoemission of amorphous silicon/germanium heterojunctions, *Mat. Res. Soc. Symposium Proceedings, vol. 49 (1985)*.
- M. Fanfoni et al., Comparison between X-ray absorption and extended energy-loss fine structure above the M<sub>2,3</sub> edge of cobalt, *Phys. Rev.* **B32**, 7826 (1985).
- A. Marcelli et al., Local structure in SiO<sub>2</sub> glasses by oxygen K edge XANES, *J. de Physique* **46**, C8-107 (1985).
- P. Picozzi et al., Vacuum ultraviolet reflectivity of small gold clusters, *Vuoto* **15**, 39 (1985).
- F. Antonangeli et al., Conduction band states of TiS<sub>2</sub> studied by means of polarized X-ray absorption, *Phys. Rev.* **B32**, 6644 (1985).
- P. Picozzi et al., Vacuum UV reflectivity of very thin gold films, *Thin Solid Films* **126**, 123 (1985).
- P. Picozzi et al., Vacuum ultraviolet reflectivity of small gold clusters, *Phys. Rev.* **B31**, 4023 (1985).

## Esperimenti col fascio wiggler (PWA)

Componenti del gruppo: E. Burattini, A. Balerna, E. Bernieri.

Tecnici: S. Simeoni, A. Grilli (distaccato da IESS del CNR).

Collaboratori: Chen-Qian Mong (Università of S.T. China, Hefei).

## DESCRIZIONE DEL LABORATORIO

Con l'inaugurazione del nuovo Laboratorio PWA, avvenuta il 2 Maggio 1985, si è avviato un impegnativo programma di ricerche e di sviluppo che porterà, entro il 1986, alla messa in opera di altre due linee, rispettivamente BX2-S e BX2-L, oltre la linea BX1 già operante, tutte utilizzando la radiazione prodotta dal magnete wiggler e geometricamente disposte come indicato in Fig. 57. Nel corso del 1985 i programmi di sviluppo del laboratorio hanno, pertanto, riguardato principalmente la progettazione e l'installazione delle due nuove linee BX2-S e BX2-L e la messa in opera della linea BX1 con le relative 4 stazioni sperimentali ad essa connesse in modo seriale.

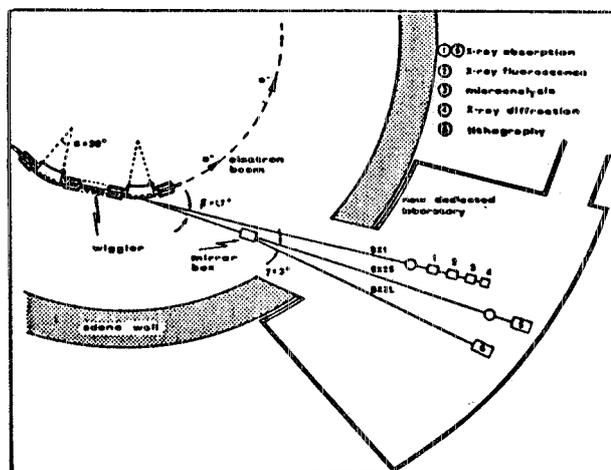


FIG. 57 - Planimetria delle linee a raggi X nel laboratorio Wiggler.

Nel mese di Novembre, ricevuta l'autorizzazione da parte del Servizio di Fisica Sanitaria il gruppo operante all'interno del Laboratorio ha iniziato l'attività sperimentale e l'assistenza ai gruppi esterni durante i turni dedicati a Luce di Sincrotrone.

Nel corso del presente rapporto di attività viene data una breve descrizione e della situazione presente e degli sviluppi futuri.

## — La linea BX1

Le caratteristiche della linea BX1 sono riassunte nella Tabella III.

**TABELLA III**  
**Caratteristiche della linea BX1**

Distanza sorgente monocromatore	30 m
Spessore della finestra di Be	100 $\mu$ m
Accettanza orizzontale	1 mrad
Intervallo spettrale	3-30 KeV
Flusso a 3 KeV	$3 \times 10^{10}$ fotoni: $s^{-1} \text{ mrad.}^{-1} \text{ mA}^{-1}$ $\Delta E/E = 10^{-3}$
Monocromatore	Channel-cut Si(111) Si(220)

Tre nuove stazioni sono state aggiunte a quella dedicata a misure di spettroscopia di assorbimento e rese operative.

Si potrà quindi svolgere la seguente attività sperimentale:

- Spettroscopia di fluorescenza;
- Microanalisi elementare;
- Diffrattometria e cristallografia.

1) *La camera per fluorescenza* (Collaborazione con le Università dell'Aquila (A. Reale) e di Napoli (R. Rinzivillo)).

In questa camera è possibile eseguire misure di XANES e di EXAFS in fluorescenza su campioni ad alta diluizione (< 1 mM) e su film sottili.

Nel corso dell'anno la camera è stata installata sul fascio, si sono testati i rivelatori a scintillazione NaI(Tl) e la relativa elettronica, infine si sono eseguite misure preliminari sulla soglia K del Ge.

2) *La camera per microanalisi* (Collaborazione con il Dipartimento di Energetica di Roma (S. Sciuti e G. Gigante)).

Per l'alto flusso fotonico, l'energia variabile con continuità e la polarizzazione lineare, la Luce di Sincrotrone rispetto ad altre

sorgenti quali protoni, raggi X convenzionali, sembra consentire miglioramenti della tecnica di fluorescenza, quali, l'abbassamento dei limiti minimi di rivelazione (MFL), la riduzione degli effetti di matrice, nonché ottimizzazioni per quanto concerne la quantità di energia assorbita dal campione.

L'apparato sperimentale installato sulla linea BX1 consiste in una cella di misura, un rivelatore al Ge HP del tipo planare, una catena elettronica composta da preamplificatore, amplificatore, ADC ed un sistema di elaborazione e presentazione dati.

La cella di misura è equipaggiata con un rivelatore a 90°, nel piano orbitale, rispetto alla direzione del fascio incidente. Ciò offre il vantaggio di ridurre notevolmente la radiazione diffusa dal campione caratteristica, questa, a cui contribuisce anche la polarizzazione lineare nel piano orbitale della radiazione di sincrotrone. Tale camera può operare sotto vuoto minimizzando così gli effetti dovuti allo scattering dell'aria.

Nelle misure effettuate sono stati utilizzati campioni sottili in cui gli effetti di autoassorbimento sono trascurabili.

I risultati ottenuti con tempi di misura di 200-300 sec mostrano che, in tali condizioni, è raggiungibile un MDL di circa 5ng/cm<sup>2</sup> (1 p.p.m) per la riga K $\alpha$  del rame con una eccitazione prossima alla soglia di assorbimento; per la riga L $\alpha$  del Pb, con una eccitazione di

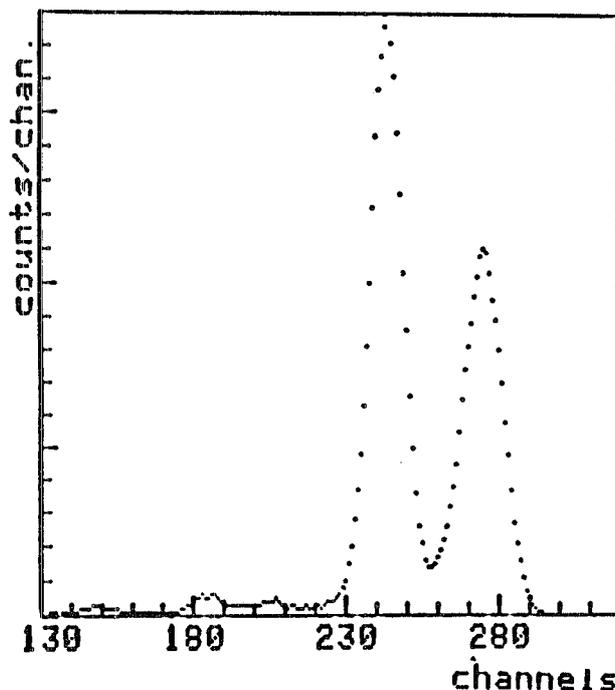


FIG. 58 - Riga  $K\alpha$  del Cu e riga di scattering emesse da un campione contenente 180 ng di rame in corrispondenza dell'area irraggiata.

13 KeV, il MDL raggiungibile è invece di 55 ng/cm<sup>2</sup>.

In Fig. 58 è presentato lo spettro relativo ad un campione contenente, nell'area illuminata dal fascio, 180 ng di rame.

Ulteriori utilizzazioni del sistema sono in programma e si prevede di usare tale stazione per misure su campioni biologici o tecnologici di varia natura.

3) *La stazione diffrattometrica* (Collaborazione con l'Istituto di Strutturistica Chimica del CNR di Montelibretti (M. Colapietro e G. Cappuccio)).

Sempre nel corso del 1985, è stato installa-

TABELLA IV

Axial load force (N) max.	3600
Vernier scale unit in degrees	0.005
Absolute angle deviation in arcsec.	≤ 30
Radial and axial deviation max.	≤ 0.01
Positioning reproducible in arcsec.	≤ 2
Reduction ratio	1:360
Weight	36 kg

TABELLA V

	$\chi$ -circle	$\phi$ -circle
Venier scale unit in degrees	0.01	0.02
Absolute angle deviation in arcsec.	≤ 30	≤ 30
Positioning reproducible in arcsec	≤ 2	≤ 2
Reduction ratio	1:360	1:180
Sphere error in mm	≤ 0.02	
Parallelism $\chi$ -plane/ $\phi$ -axis in arcsec	≤ 5	
Weight	17 kg	

to e allineato un diffrattometro HUBER a quattro cerchi. Le caratteristiche dei goniometri  $\theta$  e  $2\theta$  sono riportate in Tabella IV. La Tabella V mostra invece le caratteristiche della culla di Eulero (cerchi  $\chi$  e  $\phi$ ).

Il diffrattometro è mosso da quattro motori passo-passo da 200 passi per giro. Un sofisticato sistema software controlla il diffrattometro. Il programma di controllo è strutturato in direttive che permettono una buona flessibilità nell'utilizzo dello strumento e una completa interattività.

Le possibilità ammesse dal programma prevedono tutte le operazioni di ingresso e di uscita dei parametri cristallografici e strumentali e i calcoli matematici per l'esecuzione delle complesse operazioni sperimentali che vanno dalla determinazione della orientazione del cristallo alla raccolta metodica delle intensità diffratte.

Per un migliore utilizzo del sistema di calcolo a disposizione (sistema CPM) tutto il software è stato scritto in linguaggio Assembler Z80 (circa 17000 linee, pari a 34 KB di memoria).

Il diffrattometro è collegato al sistema di calcolo tramite una interfaccia intelligente basata su un microprocessore Z80, che provvede alla esecuzione e al controllo delle operazioni elementari che sono alla base di ogni misura.

Per supportare e allineare lo strumento rispetto al fascio incidente è stato studiato e realizzato un tavolo che può essere orientato in tutte le direzioni mediante cinque microazionamenti di precisione controllati da un microprocessore Z80 dedicato.

Un box con ampio sportello di plexiglas al Pb (corrispondente ad un mm di spessore di Pb) scherma lo strumento verso l'ambiente esterno.

Negli ultimi mesi dell'anno all'interno del box ha trovato posto ed è stata allineata una camera per polveri Debye del tipo Gandolfi. L'insieme della strumentazione è mostrato in Fig. 59 mentre le Figg. 60 mostrano i primi spettri ottenuti da cristallo singolo.

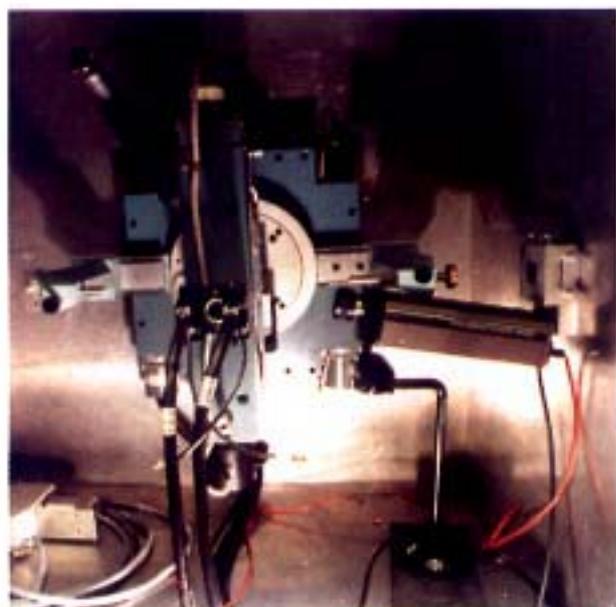


FIG. 59 - Il diffrattometro Huber a quattro cerchi installato sulla linea BX1.

#### — La linea BX2-S

La linea è stata completamente progettata e realizzata per i primi 20 metri. È stato inoltre completato il monocromatore, finanziato e realizzato nell'ambito di una collaborazione con le Università di L'Aquila, Napoli, Roma e Trento, coordinata da A. Reale e finanziata dal Ministero della P.I. (fondi del 40%).

Sono state eseguite misure comparate di flusso BX1-BX2, integrate su tutto lo spettro trasmesso da una finestra di Al spessa due millimetri.

I risultati mostrano, in accordo con le previsioni, che il fascio è sufficientemente omogeneo sul piano orizzontale e la sua intensità è comparabile con quello presente sulla linea BX1.

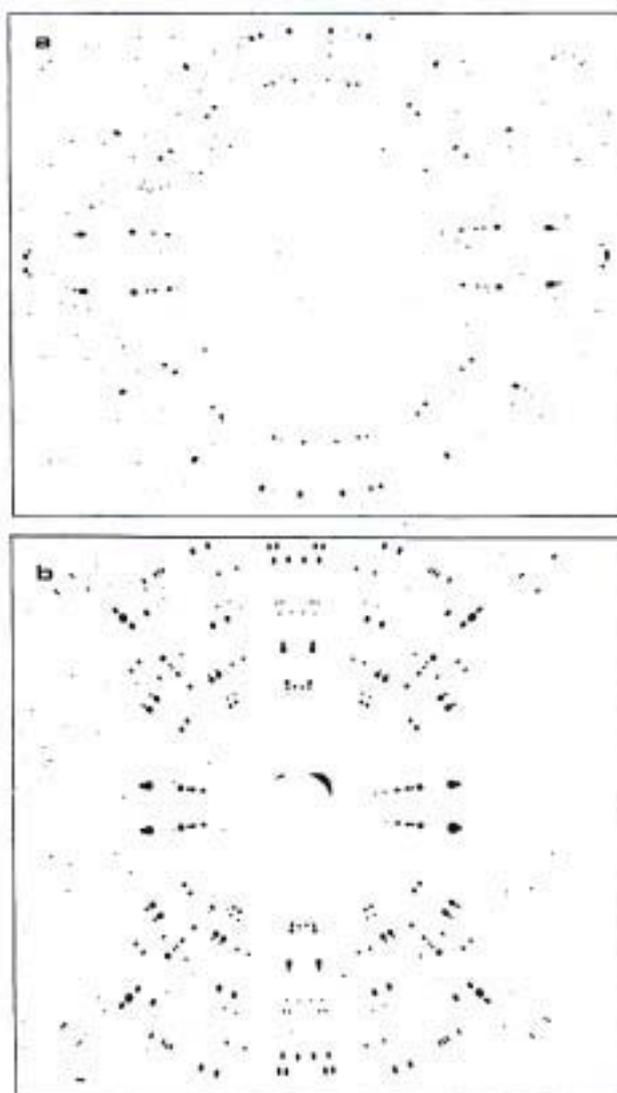


FIG. 60 - (a) Diffrazione da cristallo rotante di quarzo. (b) Diffrazione da cristallo rotante di 3.5-diciano-nitro-benzene.

#### — La linea BX2-L

Questa linea nata da una collaborazione Stanford-Frascati sarà dedicata alla litografia con raggi X ed ha come scopo quello di ottenere un fascio le cui caratteristiche possono essere così riassunte:

- 1) Intervallo spettrale tra 1000 e 3000 eV;
- 2) Uniformità del fascio;
- 3) Esposizione di grandi superfici ( $\sim 7 \times 7$  cm<sup>2</sup>);
- 4) Veloci cicli di esposizione.

Nel corso dell'anno sono stati completati, in un lavoro d'equipe con gli americani, i

progetti degli elementi ottici (Fig. 61) della linea, della scatola di esposizione, e delle scatole portaspecchi. Queste ultime sono in avanzato stato di realizzazione (70%). Per il montaggio della linea si attende l'autorizzazione del Servizio di Fisica Sanitaria.

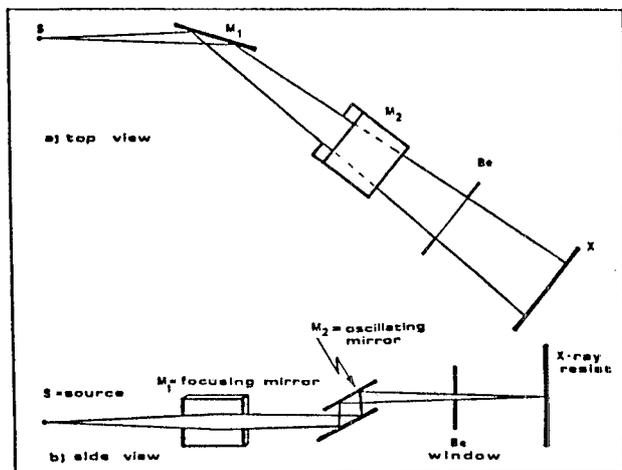


FIG. 61 - Lo schema ottico della linea per litografia BX2 L.

### ATTIVITÀ SCIENTIFICA

L'attività sperimentale nel campo della spettroscopia di assorbimento è proseguita (limitatamente ai pochi turni utilizzati) sui programmi già in corso prima dell'inaugurazione nel nuovo Laboratorio. In particolare sono stati portati avanti i seguenti programmi:

- Studio delle sezioni d'urto di processi multielettronici in sistemi gassosi, molecolari e allo stato solido;
- Misure di EXAFS su composti del Rb;
- Misure di EXAFS e XANES su composti biologici contenenti Fe;
- Misure di EXAFS e XANES su sistemi amorfi binari e terziari contenenti Ag, Zn, e Ru.

### Publicazioni

- E. Ransoni et al., UV-induced reduction of Cu (II) in DNA Complex Studied by Cu-K-Edge XANES, inviato a Biopolymers.
- A. Balerna et al., A structural investigation on small gold clusters by EXAFS, Surf. Sc. **156**, 206 (1985).
- A. Balerna et al., Extended X-ray-absorption fine-structure and near-edge-structure studies on evaporated small clusters of Au, Phys. Rev. **B31**, 5058 (1985).
- E. Burattini et al., Adone Wiggler beam lines progress report, inviato a Nucl. Instr. and Meth.
- G. Dalba et al., EXAFS studies of the silver ions coordination in silver borate glasses, inviato a Journal of Non-Crystalline Solids.
- E. Bernieri and E. Burattini, Multielectron effects on the Kr k-edge, inviato a Phys. Rev.
- A. Bianconi et al., Increase of the Fe effective charge in hemoproteins during oxygenation process, Bioch. and Biophys. Res. Comm., **131**, 98 (1985).
- E. Burattini, G. Dalba and P. Fornasini, XANES studies of unoccupied electronic states and local real structures of some antimony chalcogenides, in corso di pubblicazione su Nuovo Cimento D.
- G. Vlaic et al., EXAFS characterization with synchrotron radiation of Ru/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst, inviato a J. of Catalysis.
- A. Bianconi et al., Determination of Co and CN bond angles by X-ray absorption near edge structures in chelated protohema in solution, Biochimica and Biophysica Acta, **831**, 128 (1985).

## 5. - FISICA DEGLI ACCELERATORI

### Laser ad elettroni liberi ad ADONE (LELA)

Componenti del gruppo: E. Gianfelice, S. Guiducci, P. Pat-  
teri, M. Preger.

Collaborazione con: Napoli.

L'esperimento LELA è iniziato nel 1980 con lo scopo di studiare la fattibilità di un Laser ad elettroni liberi (FEL) su un anello di accumulazione. Un FEL è costituito essenzialmente da un magnete ondulatorio in cui viene emessa radiazione di sincrotrone e una cavità ottica in cui la radiazione è intrappolata e accumulata; quando il fascio di elettroni relativistici passa attraverso un magnete ondulatorio, costituito da una successione di brevi dipoli con polarità alternata, la radiazione è emessa in avanti entro un cono di piccola apertura angolare e se i parametri dell'ondulatore sono opportunamente stabiliti la radiazione proveniente da diversi punti della traiettoria si sovrappone e interferisce producendo una distribuzione spettrale quasi monocromatica; la larghezza della distribuzione è circa  $1/N$ , dove  $N$  è il numero di poli dell'ondulatore, e la lunghezza d'onda di picco della distribuzione è determinata dal periodo del campo magnetico, dalla sua intensità e dall'energia del fascio.

Nel 1971 J.M.J. Madey prevede la possibilità di stimolare l'emissione della radiazione di ondulatorio e di realizzare attraverso questo processo di amplificazione un Laser ad elettroni liberi, la cui lunghezza d'onda non è naturalmente vincolata alle transizioni di livello atomici. Il primo Laser di questo genere funzionò a Stanford nel 1977, usando il fascio del Linac superconduttore. Successivamente sono stati costruiti in diversi laboratori altri FEL operanti prevalentemente nell'infrarosso e con fasci non riciccolanti; lo sviluppo dei FEL su anelli di accumulazione è stato invece molto più incerto sia per la scarsa disponibilità delle macchine, sia per la difficoltà intrinseca degli esperimenti a causa del basso fattore di amplificazione ottenibile.

L'esperimento di Frascati è uno dei pochissimi, insieme con quello in corso a Novo-

sibirsk in URSS e quello che ha funzionato con successo ad Orsay in Francia, che sia stato dedicato allo studio del FEL su un anello di accumulazione; l'interesse per l'uso di queste macchine, più complesse e costose dei Linac, è dovuto alla maggiore energia e qualità del fascio di elettroni che permetterebbe a questi FEL di operare nell'ultravioletto, dove non sono disponibili altri Laser a lunghezza d'onda variabile.

L'esperimento LELA, come gli altri in corso che usano acceleratori preesistenti e non ottimizzati per il FEL, lavora nel visibile; le previsioni teoriche sull'emissione spontanea e sull'amplificazione nell'interazione degli elettroni con un fascio laser sono state confermate dal lavoro degli anni scorsi. Tra la fine del 1983 e l'inizio del 1984 è stata progettata e costruita presso la Sezione di Napoli la cavità ottica, lunga 17.5 m e asimmetrica rispetto all'ondulatore, per poterla installare senza modificare le schermature esistenti. Poiché l'accessibilità della cavità ottica è fortemente limitata quando il fascio di elettroni è accumulato nell'anello, i controlli e la diagnostica per l'allineamento sono remotizzati; i movimenti per il tuning longitudinale e trasversale sono interamente sottovuoto per non diminuire il  $Q$  della cavità con finestre inserite tra gli specchi.

Nella seconda metà del 1984 la cavità è stata montata su Adone. Nel corso del 1985 tutto il gruppo LELA è stato impegnato a Frascati nelle prove di allineamento e nella misura dei progressi effettuati; dopo un allineamento manuale preliminare della cavità si procede nelle fasi successive con i traslatori piezoelettrici; poiché questi ultimi, nelle procedure iterative di allineamento, si muovono lungo un ciclo di isteresi è stata verificata la ripetibilità e precisione di posizionamento entro poche decine di microradianti (Fig. 62).

Quando la cavità è allineata la radiazione rimane intrappolata e viaggia avanti e indietro tra gli specchi, fino a sovrapporsi a quella emessa nel nuovo passaggio del bunch di elettroni; in Fig. 63 è mostrato il segnale visto da un fotomoltiplicatore dietro uno specchio quando la cavità è parzialmente allineata.

Contemporaneamente, presso la Sezione di Napoli, sono stati studiati i danni subiti dagli specchi inseriti nella cavità ed è stato costruito un nuovo sistema di raccordo tra le

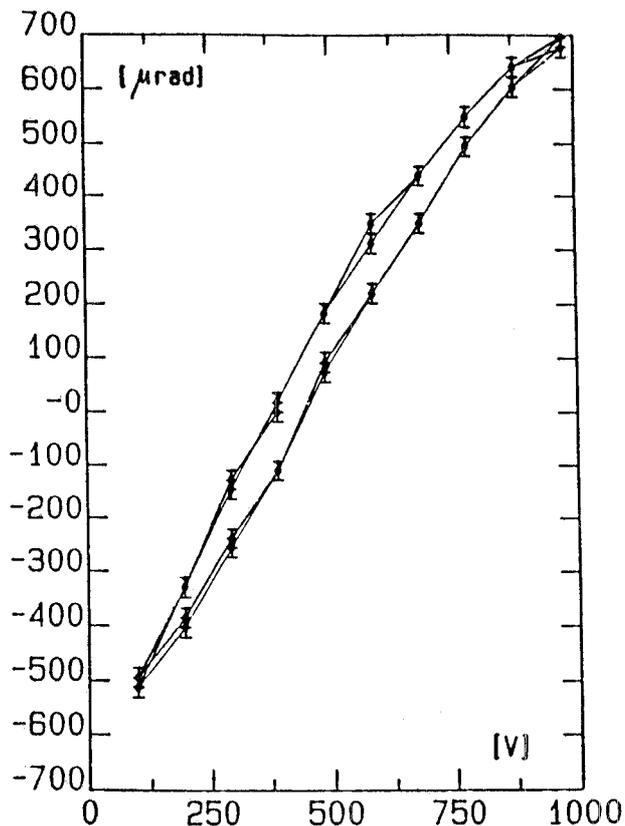


FIG. 62 - Test in alto vuoto della ripetibilità dei movimenti micrometrici della cavità ottica.

teste terminali della cavità e le pompe, così da sfruttare al meglio la capacità di pompaggio installata (Fig. 64); si stanno provando inoltre, in collaborazione con due Ditte produttrici, diversi materiali per la realizzazione di specchi dielettrici multistrato che siano resistenti agli intensi flussi di UV emessi dall'ondulatore. Le analisi eseguite, principalmente con la tecnica della spettroscopia Auger, hanno dimostrato che la perdita di riflettività è dovuta all'impiantazione del carbonio dei gas residui al posto dell'ossigeno dello strato di SiO superficiale.

Nel corso del 1986 sono programmate ulteriori migliorie al vuoto e una misurazione sistematica della concentrazione del carbo-

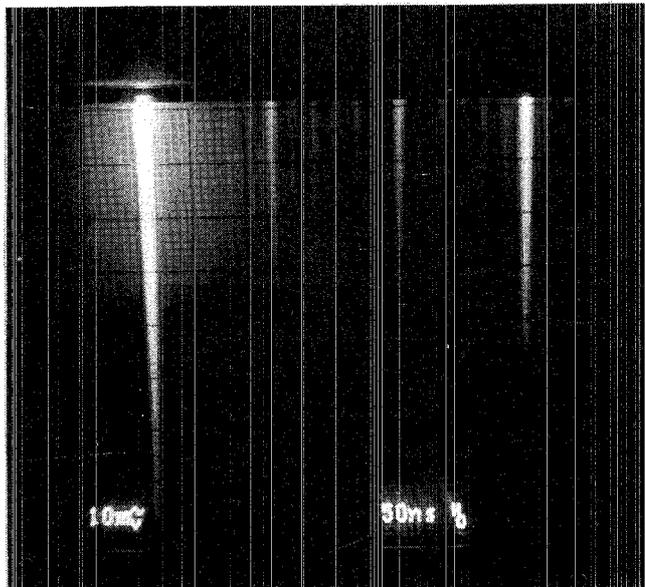


FIG. 63 - Foto delle riflessioni successive dell'impulso di fotoni dentro la cavità.

nio e dell'intensità cumulativa del flusso di UV incidente per avere una valutazione quantitativa della resistenza dei materiali usati. Nella seconda metà dell'anno inoltre, grazie alle notevoli migliorie al sistema di controllo e diagnostica del fascio di Adone programmate in primavera, potrà essere finalmente realizzata la nuova ottica di LELA, calcolata per ottenere un aumento dell'amplificazione determinante per l'esito finale dell'esperimento.

#### Publicazioni

M. Biagini et al., Gain of the LELA Free Electron Laser and characteristics of the optical cavity, Nucl. Instr. & Meth. A237, 273 (1985).

M. Biagini et al., FEL experiment at the Frascati National Laboratory, Proc. of the Laser '84 Conference, in corso di stampa.

M. Castellano et al., A remote control system for the LELA experiment, Nucl. Instr. & Meth. A239, 235 (1985).

M. Ambrosio et al., Optical cavity of the Adone FEL experiment, Nucl. Instr. & Meth., in corso di pubblicazione.

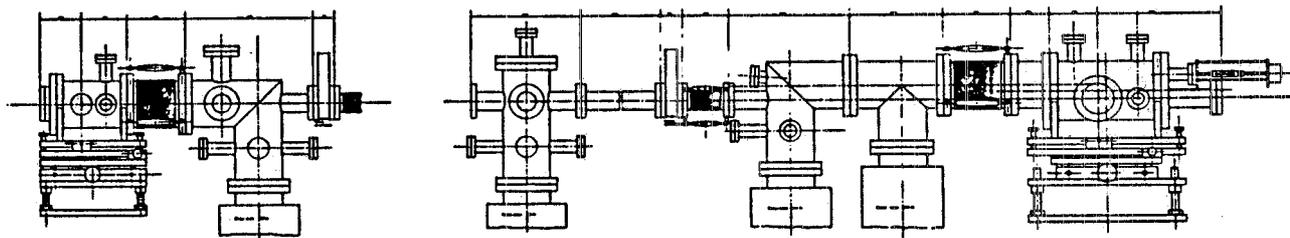


FIG. 64 - Disegno delle nuove sezioni terminali della cavità.

M. Ambrosio et al., Preliminary results on dielectric mirror damage due to the radiation of a high K undulator, 7th Intern. Conf. on FEL, Tahoe City (1985), in corso di stampa su Nucl. Instr. & Meth.

M. Ambrosio et al., Status report of the LELA experiment, 7th Intern. Conf. on FEL, Tahoe City (1985), in corso di stampa su Nucl. Instr. & Meth.

M. Ambrosio et al., Damage investigation of dielectric mirrors for a Free Electron Laser optical cavity, Proc. del IX Congresso Naz. sulla Scienza e Tecnologia del Vuoto (1985), in corso di stampa.

## Electron Cooling ad alta energia per il LEAR

Componenti del gruppo: A. Aragona, M.E. Biagini, S. Faini, C. Sanelli.

Collaborazione con: ENEA - Frascati, Ferrara, Genova, Napoli, Torino.

La possibilità di trasformare l'anello per antiprotoni LEAR al CERN in un collider  $p\bar{p}$  o in un anello "SUPER LEAR" rappresenta un passo fondamentale per lo studio delle collisioni  $p\bar{p}$  con fasci di buona qualità ed alta intensità. Per raggiungere la luminosità richiesta ( $L > 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) è necessario un efficiente sistema di raffreddamento dei fasci di  $p$  e  $\bar{p}$ . In questo, l'Electron Cooling, che permette di raggiungere una dimensione trasversa del fascio di protoni piccolissima e di evitare un rapido degradamento del fascio per interazione fascio-fascio, è la tecnica di punta. Infatti il tune shift  $\Delta\nu$  del fascio di antiprotoni, per una certa intensità, è inversamente proporzionale alle dimensioni del fascio di protoni; dunque la diminuzione di queste, ottenibile con il cooling, permette di aumentare il  $\Delta\nu$ , aumentando così la luminosità dello stesso fattore.

Un sistema di raffreddamento ad elettroni ad alta energia, da installare sul LEAR, è in fase di avanzata progettazione.

Le caratteristiche del fascio di elettroni necessario per il cooling sono riportate in Tabella VI.

La potenza al fascio è fornita da un generatore elettrostatico ad alta tensione. Per ragioni di isolamento il generatore sarà contenuto in una tank contenente  $\text{SF}_6$  alla pressione di 8 atmosfere, una tank simile conterrà il sistema di recupero dell'energia. Tra i vari tipi di generatori è stato scelto il Cockroft-

TABELLA VI

Energia del fascio	$0.1 \div 1 \text{ MeV}$
Corrente	10 A (a 1 MeV)
Diametro del fascio	3 cm
Spread in energia	$< 10^{-3}$
Temperatura trasversa	$< 0.5 \text{ eV}$
Tensione collettore	$0 \div 10 \text{ KV}$
Campo magnetico massimo	3 KG
Lunghezza sez. interazione	1.5 m
Vuoto all'interazione	$\sim 10^{-12} \text{ Torr}$

Walton, perchè costruibile in diversi stadi con facilità.

Il fascio di elettroni è fornito da un electron gun con catodo a riserva, riscaldato a  $1050^\circ\text{C}$ , che produce un fascio di intensità 10 A e superficie  $7 \text{ cm}^2$  ad 1 MeV. Poichè gli elettroni devono avere una temperatura trasversa minore di 0.5 eV, i primi elettrodi sono disegnati con una geometria Pierce "a flusso inverso", seguita dalla "ottica risonante" standard per minimizzare la spirale degli elettroni.

Questo gun porta gli elettroni a circa 130 keV, mentre l'accelerazione fino ad 1 MeV viene ottenuta mediante un tubo acceleratore. L'effetto di lente divergente alla fine di questo tubo viene compensato opportunamente dal campo elettrico. Un campo magnetico solenoidale permette di mantenere collimato il fascio, compensando gli effetti di carica spaziale, dal catodo al collettore. Dopo la sezione acceleratrice il fascio di elettroni viene curvato per interagire con i  $p(\bar{p})$  in una sezione diritta ( $\sim 1.5 \text{ m}$ ) del LEAR. La curvatura viene fornita da magneti toroidali che fanno fare al fascio un angolo di  $36^\circ$ , e da dipoli di basso campo ( $\sim 50 \text{ G}$ ) che permettono di diminuire la divergenza verticale degli elettroni dovuta al passaggio nei toroidi.

Per evitare una perdita di potenza ed una caduta di 10 MW, occorre provvedere ad un sistema efficiente di recupero dell'energia degli elettroni. Questo sistema consiste in un tubo deceleratore, la cui ottica è in tutto simile a quella del tubo acceleratore, nel quale gli elettroni vengono decelerati fino a 30 keV, e raccolti da un collettore, con una dissipazione in energia dell'ordine dei 20 KW.

In questo modo possono minimizzare le perdite relative in corrente attorno a  $10^{-4}$ .

L'intero apparato deve avere un vuoto compatibile con il vuoto del LEAR ( $\sim 10^{-12}$  Torr).

Per studiare la fattibilità del progetto è stato costruito un prototipo presso il Centro Ricerche Energetiche dell'ENEA di Frascati. L'apparato consiste in un cannone pulsato ( $20 \div 60$  keV,  $2\mu\text{s}$ ), una regione di drift di  $\sim 1$  m ed un collettore depresso per il recupero dell'energia, completamente immersi in un campo magnetico solenoidale  $\sim 1$  KG per ridurre la divergenza prodotta dalla carica spaziale. Una difficoltà nel massimizzare l'efficienza di recupero è data dall'emissione di secondari dal collettore. Nel collettore di acciaio inossidabile del prototipo il rate di elettroni secondari era dell'ordine dell'1% degli elettroni primari.

La pressione misurata vicino al catodo, alla temperatura di  $1500^\circ\text{C}$ , era di  $10^{-7}$  Torr. Sono state fatte prove nel range di energia  $20 \div 55$  keV, misurando le correnti elettriche emesse a differenti energie, per le quali è stato verificato il corretto andamento secondo la legge di Child. È stato inoltre studiato il problema del recupero dell'energia: le perdite di corrente misurate, dell'ordine dell'1% sono da attribuirsi all'emissione di secondari da parte del collettore. Poiché la potenza persa è in generale dissipata come calore nel collettore, è preferibile operare con il potenziale al collettore  $V_c$ , il più basso possibile. La minimizzazione delle perdite è stata fatta operando a diversi  $V_c$ . L'efficienza di recupero ottenuta (si è recuperato circa il 98% della potenza totale) è sufficiente per assicurare una buona operazione nel range di energia di interesse. I risultati di queste misure sono stati pubblicati nei Proceedings della Conferenza Internazionale degli Acceleratori (Maggio 1985).

Il sistema definitivo ad alta energia (700 keV per il momento) è in fase di avanzata progettazione. È stato completato lo studio teorico del gun e delle sezioni acceleratrice e deceleratrice, a cura della Sezione INFN di Ferrara. La Sezione di Torino si sta occupando del dimensionamento e disegno dell'intero apparato, nonché del generatore di tensione; inoltre provvederà all'acquisto del cannone e del tubo acceleratore/deceleratore. Genova e Torino studieranno inoltre la diagnostica Laser per la misura della temperatu-

ra longitudinale del fascio. I Laboratori Nazionali di Frascati sono impegnati nel progetto dei solenoidi e dei toroidi ed in generale nel calcolo delle traiettorie degli elettroni in presenza di discontinuità di campo magnetico: si vuole una uniformità di campo migliore di  $10^{-4}$ , anche nei punti di congiunzione del tratto gun-tubo acceleratore (dove si passa da un solenoide di 50 cm di diametro ad uno di 25 cm) e del tratto toroide-solenoidale. Inoltre i Laboratori stanno progettando la camera da vuoto con relativo sistema di pompaggio per l'ultravuoto, per il quale, date le stringenti richieste, occorreranno soluzioni tecnicamente all'avanguardia. In particolare si prevede l'uso di "getters evaporabili" e di pompe comandabili con fibre ottiche, perché contenute nelle tanks ad alta tensione.

Da parte della Sezione di Napoli sono in studio pick-up ad alta frequenza con dielettrico, per la misura della temperatura trasversa del fascio. Prototipi di pick-up dello stesso tipo sono già stati installati nell'SPS al CERN. È previsto che il montaggio dell'apparato avvenga durante il 1988.

#### Publicazioni

- M.E. Biagini et al., Perspectives for a High Energy Electron Cooling at LEAR. An Experimental Test, Proc. of the Intern. Conf. on Particle Accelerators, Vancouver, Maggio 1985.

#### Progetto macchina per Luce di Sincrotrone (Afrodite)

Componenti del gruppo: S. Bartalucci, M. Biagini, C. Biscari, R. Boni, E. Gianfelice, S. Guiducci, L. Palumbo, P. Patteri, M. Preger, F. Tazzioli.

Nei primi mesi del 1985 si è delineata la scelta di Grenoble quale sito per la macchina europea per la luce di sincrotrone e contemporaneamente nasceva l'idea di realizzare, come iniziativa nazionale, un anello per luce di sincrotrone di caratteristiche complementari a quelle del progetto europeo.

Analogamente a quanto avviene negli Stati Uniti, dove si propone di realizzare, oltre ad un anello di 6 GeV di caratteristiche simili a quelle della macchina europea, una macchi-

na da 1.5 GeV (progetto ALS di Berkeley), ci si è indirizzati verso l'idea di una sorgente costituita principalmente da canali di luce provenienti da ondulatori, e progettata in modo da ottimizzare la brillantezza del fascio nella regione di energia tra 1.5 e 2 GeV: le possibilità di utilizzare alcune delle sezioni diritte dell'anello per l'installazione di wigglers ad alto campo magnetico ed alcuni magneti curvanti come sorgenti di luce rimangono tuttavia tra i criteri di progetto.

La brillantezza spettrale del fascio di fotoni (definita come numero di fotoni emessi nell'unità di tempo per unità di angolo solido e di superficie della sorgente in un intervallo unitario di frequenza) è la caratteristica che distingue un anello progettato specificatamente per la produzione di luce di sincrotrone da una macchina costruita per fisica delle alte energie, come Adone, ed utilizzata in un secondo tempo come sorgente di luce: per ottenere una brillantezza elevata, il fascio di elettroni deve avere un valore di emittanza (definito come il prodotto della dimensione trasversa per la divergenza del fascio di particelle) confrontabile con quello della radiazione emessa da una singola particella che attraversa un onduttore. Questo è un requisito molto stringente per la tecnologia attuale degli anelli di accumulazione, che comporta lo studio di problemi finora mai affrontati nella realizzazione di macchine per la fisica delle alte energie.

Il lavoro del gruppo Fisica degli Acceleratori, iniziato nel mese di Aprile, ha come scopo la definizione di una struttura magnetica che permetta di ottenere un'emittanza dell'ordine di  $5 \times 10^{-9}$  m.rad ad 1.5 GeV (minore quindi di  $10^{-8}$  m.rad a 2 GeV) con una corrente totale di fascio dell'ordine di 100 mA, in modo da poter giungere ad un disegno di massima dei componenti dell'anello che consenta una stima del costo totale della macchina.

I problemi connessi alla realizzazione di una struttura magnetica a bassa emittanza sono essenzialmente determinati dal forte foccheggiamento necessario per ottenerla. Le principali conseguenze negative che ne derivano sono:

- la forte dipendenza dei parametri ottici dall'energia delle particelle, che viene corretta con elementi magnetici non lineari;
- la sensibilità della traiettoria degli elettroni e delle caratteristiche della macchina

agli errori di posizionamento e di alimentazione degli elementi magnetici;

- la limitazione alla vita media dei fasci dovuta allo scattering delle particelle all'interno del fascio stesso (effetto Touschek).

Per studiare il comportamento delle diverse soluzioni proposte per la realizzazione dell'ottica a bassa emittanza sono stati implementati sul VAX dei Laboratori i seguenti programmi di calcolo, prima disponibili solo presso il CERN:

- MAD per l'ottimizzazione lineare delle strutture magnetiche;
- PATRICIA per il calcolo della correzione non lineare degli effetti cromatici e per il tracking delle particelle lungo l'anello;
- PETROC per la valutazione della sensibilità agli errori di posizionamento e di alimentazione e per l'ottimizzazione delle correzioni di orbita;
- BBI per il calcolo delle soglie di instabilità.

Sono inoltre stati studiati a Berkeley i problemi connessi con la valutazione della vita media per effetto Touschek e dell'allungamento anomalo dei pacchetti di elettroni con il programma ZAP, attualmente ancora in fase di sviluppo.

Con questi mezzi di calcolo sono state prese in considerazione e messe a confronto diverse soluzioni di strutture magnetiche, descritte nei Memorandum del progetto; sono state inoltre studiate le caratteristiche di stabilità dei fasci e la struttura magnetica di un sincrotrone per l'iniezione alla massima energia dell'anello.

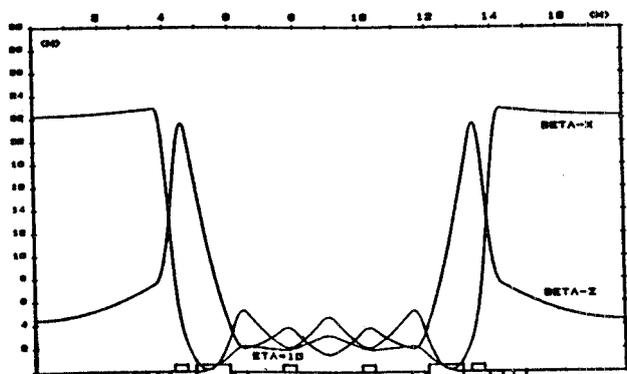
Le principali caratteristiche delle ultime tre strutture (dette rispettivamente AF8, AF9 ed AF10) sono riportate in Tabella VII, mentre in Fig. 65 sono mostrate, a titolo di esempio, le funzioni ottiche della soluzione AF8 per 1/12 dell'anello. Sempre sulla base della soluzione AF8 è iniziato il progetto costruttivo degli elementi magnetici dell'anello, del sistema di radiofrequenza e della camera da vuoto.

#### **Pubblicazioni**

- M. Biagini, C. Biscari, E. Gianfelice e M. Preger, Scaling della struttura di ESRP ad un anello per luce di sincrotrone da 2 GeV, Memorandum (Div. Macchine) G-57 (1985).  
M. Preger, Struttura ottica detunata per Afrodite (AF2), G-58 (1985).  
C. Biscari, Sensibilità della struttura AF2 agli errori di posizionamento e di campo magnetico, G-59 (1985).

**TABELLA VII**  
**Parametri delle ottiche del progetto Afrodite**

	AF8	AF9	AF10
Energia (Gev)	1.5	1.5	1.5
Emittanza orizzontale (m.rad × 10 <sup>9</sup> )	4.0	4.0	4.3
Circonferenza (m)	215	293	277
Numero di ondulatori	12	12	12
Spread di energia r.m.s. (× 10 <sup>4</sup> )	6.4	5.7	5.7
Frequenza di betatrone orizzontale	14.72	18.78	19.27
Frequenza di betatrone verticale	8.22	8.28	14.37
Cromatismo naturale orizzontale	- 44.8	- 29.6	- 30.0
Cromatismo naturale verticale	- 29.2	- 18.9	- 27.5
Numero di magneti curvanti	24	48	72 + 24
Lunghezza del magnete (m)	1.047	0.654	0.262/0.524
Campo magnetico (T)	1.25	1.00	1.00
Numero di quadrupoli	132	192	132
Lunghezza massima (m)	0.4	0.4	0.5
Gradiente massimo (T/m)	17.9	17.1	12.8
Numero di sestupli	132	108	168
Lunghezza massima (m)	0.2	0.2	0.2
Gradiente massimo (T/m <sup>2</sup> )	845	262	420



**FIG. 65 - Struttura AF8. Funzioni ottiche per 1/12 dell'anello.**

P. Patteri, Variazioni dell'intensità dei quadrupoli intorno ai punti di lavoro di Afrodite, G-60 (1985).

S. Bartolucci e L. Palumbo, Instabilità multibunch: semplice formula per il calcolo della corrente di soglia nel caso di accoppiamento con un risonatore a banda stretta, T-120 (1985).

P. Patteri e M. Preger, Struttura ottica AF3 di Afrodite con 6 wigglers e 6 ondulatori, G-61 (1985).

S. Bartolucci e L. Palumbo, Valutazione preliminare dei parametri R.F. e studio delle instabilità longitudinali multibunch in Afrodite (AF2), G-62 (1985).

M. Preger, Struttura AF5 per Afrodite, G-63 (1985).

S. Guiducci e M. Preger, Struttura AF6 per Afrodite, G-64 (1985).

P. Patteri e M. Preger, Struttura AF7 per Afrodite, G-65 (1985).

F. Tazzioli, Considerazioni sulla radiofrequenza per Afrodite, RF-56 (1985).

R. Boni, Una possibile radiofrequenza per Afrodite, RF-57 (1985).

C. Biscari, Struttura AF8 per Afrodite, G-67 (1985).

S. Guiducci, Struttura AF9 per Afrodite, G-68 (1985).

S. Bartolucci e R. Coisson, Un onduttore per Afrodite: studio preliminare, G-69 (1985).

E. Gianfelice, Struttura AF10 per Afrodite, G-70 (1985).

## 6. - FISICA GENERALE E DIVERSI

### Misure del fondo di neutroni termici e veloci al Gran Sasso (FLUNE)

Componenti del gruppo: A. Rindi, F. Celani, M. Lindozzi, A. Pecchi.

All'interno dei laboratori sotterranei del Gran Sasso, in aggiunta al flusso di muoni di alta energia che attraversano lo spessore di roccia sovrastante, ci si deve aspettare la presenza di radiazioni alfa, beta, gamma e neutroni di energia dalla termica in poi emessi dai radioisotopi presenti nella roccia, nel cemento di copertura dei laboratori, nell'aria e generati nella cascata dei muoni cosmici nell'ultimo spessore di roccia.

La conoscenza esatta dei flussi e energie di queste radiazioni è di fondamentale importanza per qualsiasi tipo di esperimento si voglia realizzare in quei laboratori; essa causa il background negli strumenti di rivelazione estremamente sensibili che verranno utilizzati e condiziona la sensibilità che si può raggiungere nelle misure. In genere, lo sperimentatore è interessato alla conoscenza del "fondo proprio" dello strumento che usa, ma quando questo fondo sia superiore ai valori ammessi dall'esperimento e si voglia cercare di ridurlo è necessario conoscere precisamente il tipo di radiazione che lo produce.

Il gruppo si propone di misurare il flusso dei neutroni di energia compresa fra la termica e circa 15 MeV, che rappresentano la componente significativa del campo neutronico presente comprendendo la parte più importante della cascata, i neutroni di evaporazione e quelli emessi per fissione spontanea.

Considerazioni teoriche sul trasporto dei raggi cosmici attraverso la roccia e sulla radioattività dei materiali costituenti la roccia che circonda i laboratori del Gran Sasso (presenza di isotopi che decadono per fissione spontanea) fanno prevedere che all'interno dei laboratori il "fondo" di neutroni in quell'intervallo di energie sia compreso fra  $10^{-7}$  e  $10^{-6}$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. È assai difficile misurare con la precisione richiesta flussi di neu-

troni di questa entità. Ci siamo orientati verso l'uso di contatori proporzionali di grosse dimensioni riempiti di <sup>3</sup>He o di BF<sub>3</sub> utilizzati singolarmente o in parallelo; abbiamo dovuto progettare dei preamplificatori speciali per ridurre il rumore di fondo dell'elettronica.

Nel 1985 sono state effettuate tre misure nelle zone della galleria dove è stato possibile accedere. Le prime due misure hanno permesso di stabilire soltanto dei limiti superiori del flusso. La terza misura avrebbe situato il flusso dei neutroni termici e veloci attorno a  $2 \times 10^{-6}$  n cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Tuttavia, l'errore statistico di queste misure è ancora troppo grande per trarre delle conclusioni definitive.

Il programma per il 1986 prevede:

- a) Calcolo teorico, più preciso di quanto già fatto, del flusso di neutroni nella galleria da cascata cosmici. Si utilizzeranno dei programmi Montecarlo che studiano il trasporto dei muoni, opportunamente adattati ai nostri scopi.
- b) Prova dei nuovi contatori proporzionali al BF<sub>3</sub> di grandi dimensioni. Costruzione dei moderatori in paraffina. Se il funzionamento è accettabile, misure al Gran Sasso.
- c) Progetto e costruzione di preamplificatori per la messa in parallelo di 4 o più contatori proporzionali all'<sup>3</sup>He. Calibrazione dei contatori. Misure al Gran Sasso.
- d) Studio di nuovi sistemi di rivelazione. Si è notato un notevole miglioramento della risoluzione dei contatori al BF<sub>3</sub> diminuendo la temperatura del tubo. Riteniamo il fenomeno assai interessante e vorremmo studiarlo sistematicamente.

Se riusciamo a rendere operativa una stazione mobile di misura di bassissimi flussi di neutroni, sarebbe interessante effettuare misure in varie gallerie a diverse profondità.

#### Pubblicazioni

- 1) E. Fiorini et al., Frascati report LNF-85/7 (1985).
- 2) A. Rindi et al., Frascati report LNF-85/28 (1985).

## Rivelatore a giunzioni superconduttrici tunnel (SCODET)

Componenti del gruppo: M. Baffa (A.), S. Catà (A.), F. Celani, B. D'Ettore-Piazzoli (A.), S. Pace (A.), B. Savo (A.).

Collaborazione con: Salerno, Torino.

Scopo dell'esperimento è l'uso di giunzioni superconduttrici tunnel come rivelatori di particelle ionizzanti.

Le giunzioni usate, (fabbricate dal gruppo presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Salerno), sono del tipo Nb-NbxOy-Pb, quindi "robuste" e ciclabili termicamente (da 300 K a 4.2 K e viceversa) senza particolari accorgimenti protettivi che sono invece indispensabili per le relativamente più diffuse giunzioni Sn-SnxOy-Sn.

L'interesse verso tale tipo di rivelatore, nonostante le grosse difficoltà sperimentali per la sua utilizzazione (dewar per He liquido, segnali piccoli, veloci e "difficili" da raccogliere ecc.) nasce poichè in teoria è l'unico che permetta di avere un valore di "energia di eccitazione" ( $W$ ) notevolmente più piccolo di quello dei migliori rivelatori a semiconduttore oggi utilizzabili. Quantitativamente, per i semiconduttori Si ( $T = 300$  K) e Ge ( $T = 77$  K) si ha rispettivamente  $W \approx 3.6$  eV e  $W \approx 2.9$  eV mentre per i superconduttori (usati generalmente in regime di tunnel) Sn-Sn ( $T \approx 1.2$  K) e Nb-Pb ( $T \approx 4.2$  K) si avrebbe, secondo la teoria, rispettivamente  $W \approx 1$  meV e  $2 \approx$  meV.

Poichè la risoluzione energetica intrinseca di un rivelatore è proporzionale a  $\sqrt{W}$ , si otterrebbe, a parità fattore di Fano ed energia persa nel rivelatore stesso, un miglioramento di un fattore  $30 \div 60$  usando il Nb-Pb o Sn-Sn al posto del Si o Ge. Si riuscirebbe, in questo modo, a rivelare e misurare segnali estremamente "deboli" quali, ad esempio, la eventuale massa dell'anti-neutrino elettronico.

Di tali prestazioni teoriche così "buone" non si ha, tuttora, una conferma sperimentale consistente.

La differenza, ancora elevata, tra valori aspettati e misurati è collegata, secondo noi, anche alla corrispondente elevata differenza nei tempi di raccolta del segnale: quelli misurati sono molto più lunghi di quelli aspettati secondo la teoria dei fenomeni di non-equilibrio nei superconduttori.

Una delle ipotesi da vagliare è la possibilità che i segnali rivelati fino ad ora siano principalmente l'effetto secondario del riscaldamento locale del substrato generato dalle particelle incidenti.

Un'altra ipotesi, ricollegabile alla "degradazione" del segnale e particolarmente evidente nel Nb, è la possibilità che avvengano fenomeni di instabilità della giunzione legati al tunnelling ed agli stati di interfaccia. Tali fenomeni (potenzialmente interessanti) rendono molto più complessa del previsto sia la polarizzazione della giunzione stessa che l'analisi del segnale raccolto.

Abbiamo quindi deciso di studiare con maggiore dettaglio il secondo problema (rinviando al 1986 lo studio del primo) soprattutto perchè lo studio può essere effettuato anche a temperature maggiori di quelle dell'He liquido (cioè a 77 K e 300 K): e perchè non esiste ancora nel LNF la disponibilità di un liquefattore di He.

Lo studio si è basato sull'analisi della caratteristica I-V per tensioni ( $\pm 10 \div 800$  mV) molto maggiori di quelle della gap del superconduttore ( $\approx \pm 2$  mV - Fig. 66). Tale studio

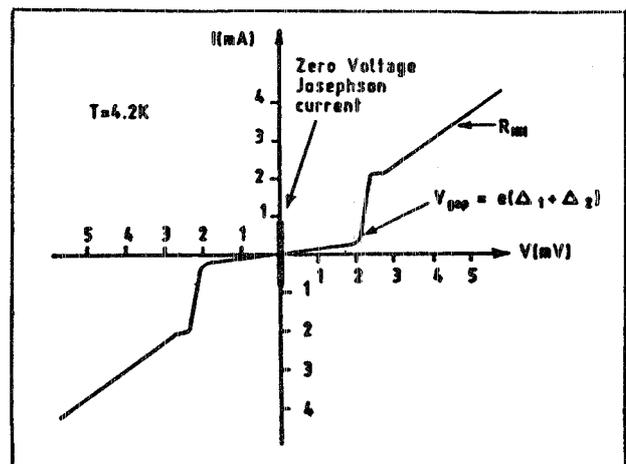


FIG. 66 - Tipica caratteristica I-V di giunzione superconduttrice Josephson-Tunnel per  $T < T_c$ .

è stato effettuato in DC a bassa frequenza e singolo impulso non ripetitivo, con eccitazione sia unipolare che bipolare e diverse forme d'onda (sinusoidale, trapezoidale, rettangolare, triangolare - Fig. 67).

I risultati ottenuti sono stati pubblicati o sono in corso di pubblicazione su Physics Letters A.

Praticamente, sono stati evidenziati su giunzioni Nb-Pb con spessore di ossido di Nb elevato ( $> 50$  Å nom.):

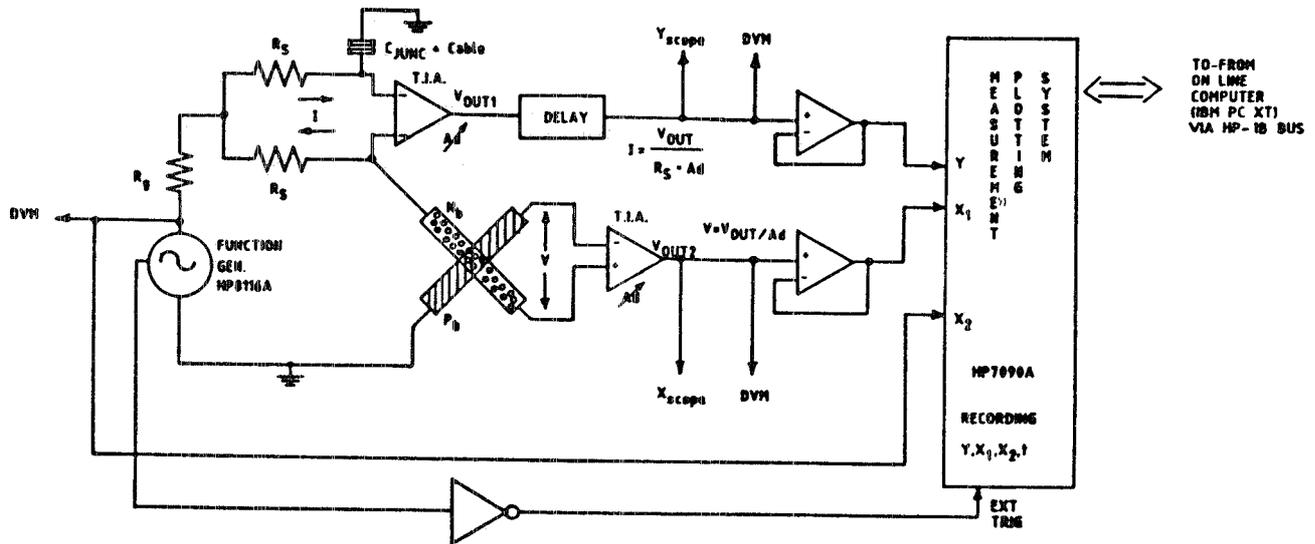


FIG. 67 - Set-up sperimentale.

- a) effetti di isteresi, ripetibili, a "lunga memoria" ( $> 2 \times 10^5$  sec) e reversibili utilizzando opportuni impulsi di tensione;
- b) cambiamento semipermanente della probabilità di tunnel e quindi della struttura della barriera dopo ossidazione utilizzando semplicemente impulsi di tensione;
- c) autooscillazioni, non distruttive, della giunzione a bassa frequenza se vengono superate alcune tensioni di soglia (positive o negative) a 77 K;
- d) osservazione di una resistenza dinamica negativa se si supera un'altra opportuna tensione di soglia a 300 K (Fig. 68);
- e) dipendenza "complessa" dei valori assoluti di tensione, corrente e tempo di eccitazione, per ottenere un certo tipo di effetto (Fig. 69);
- f) dimostrazione delle possibilità di poter cambiare, in maniera reversibile, la resistenza di tunnel normale ( $V < 10$  mV) di un fattore  $> 250$  a  $T = 300$  K.

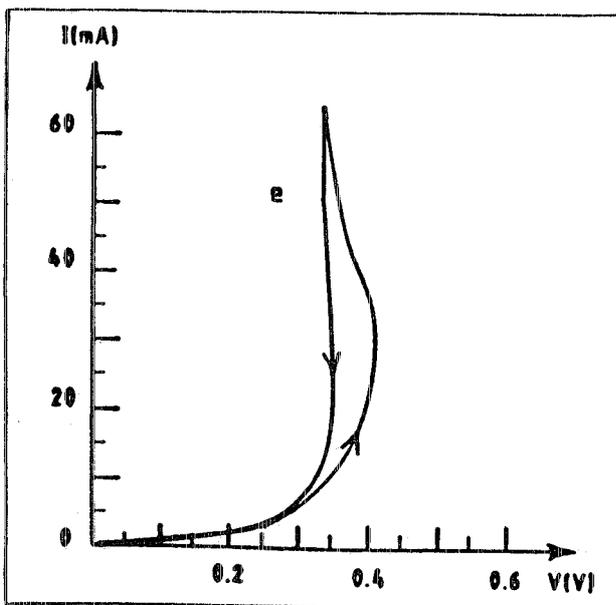


FIG. 68 - Parte positiva della caratteristica I-V (campione 137EM), per impulso trapezoidale con  $T_R = T_F = 10$  ms, mostrando un ramo con resistenza dinamica negativa ( $T = 300$  K).

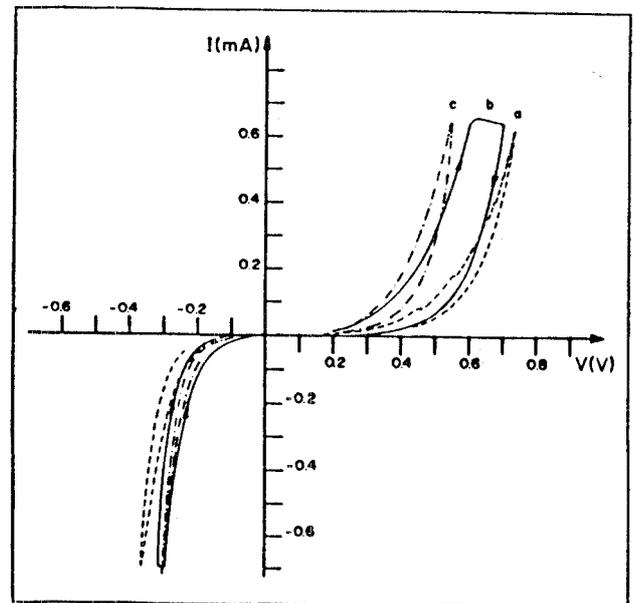


FIG. 69 - Caratteristiche I-V della giunzione 138H4S ( $A = 50 \times 50 \mu\text{m}^2$ )  $R_{NN}(300 \text{ K}) = 40 \text{ K}\Omega$ . a) DC; b) Impulsata, impulso trapezoidale con  $T_R = T_F = 100$  ms,  $T_W = 1.25$ ; c) Impulsata, impulso triangolare con  $T_R = T_F = 10$  ms.

È stato possibile evidenziare alcuni degli effetti su citati grazie ad un nuovo tipo di True Instrumentation Amplifier a Fet sviluppato dal gruppo<sup>(3)</sup> caratterizzato da un valore di I bias particolarmente basso ( $\leq 1$  pA) e co-

stante per qualunque valore sia di tensione di modo comune ( $< \pm 10$  V), che di frequenza ( $< 2$  MHz).

Attualmente il gruppo è impiegato su due linee di ricerca:

- 1) Messa a punto dell'hardware e del software per l'acquisizione on-line dei dati, tramite Personal Computer IBM-XT compatibile HP-IB, per l'analisi automatica volta alla evidenziazione del cosiddetto "Tunneling risonante" secondo il modello teorico sperimentale sviluppato da J. Halbritter di Karlsruhe (RFT).
- 2) Sviluppo e ottimizzazione di nuova elettronica e costruzione di nuovi tipi di giunzioni per effettuare un esperimento in collaborazione con l'Università di Tubingen (RFT) volto alla determinazione sia dei tempi intrinseci di salita e successivo rilassamento del segnale delle giunzioni, sotto eccitazione controllata di elettroni a  $T = 1.8 \div 7$  K ed energia incidente  $\approx 3 \div 30$  keV, che della precedentemente citata energia equivalente di eccitazione W.

Con il secondo esperimento si potrebbe, almeno in linea di principio, verificare per la prima volta la "linearità" di risposta del rivelatore al variare dell'energia ed intensità del fascio incidente. Viene utilizzata la facility (LTSEM) esistente in detta Università, costituita da un microscopio elettronico a scansione, da noi usato come sorgente controllata di radiazioni, posto in un sistema a bassa temperatura ( $1.8 \div 18$  K).

Per terminare, riguardo al problema della raccolta del segnale, attualmente limitata dal lungo cavo coassiale di collegamento giunzione (posta dentro al dewar a temperatura dell'He liquido)-preamplificatore posto a temperatura ambiente, stiamo studiando sistematicamente vari componenti elettronici e configurazioni circuitali che posano sopportare temperature criogeniche pur dissipando poca potenza con un valore ragionevolmente basso del noise totale nello stadio front-end.

#### Publicazioni

- 1) F. Celani, S. Pace and M. Baffa, Hysteretic effects in the D.C. current-voltage characteristics of normal Nb/Pb tunnel junctions, *Phys. Letters* **111A**, 141 (1985).
- 2) F. Celani et al., Frascati report LNF-85/16 (1985); *Phys. Letters* **114A**, 495 (1986).
- 3) F. Celani et al., Frascati report LNF-85/41 (1985); inviato al *Nuclear Instr. and Meth.*

- 4) S. Pace e F. Celani, Problematiche dei rivelatori di particelle a superconduttori, Comunicazione al Congresso ISI, Torino, Settembre 1985; in corso di pubblicazione.
- 5) F. Celani, Giunzioni tunnel Nb/Pb: evidenze sperimentali per effetti isteretici e variazioni controllate semipermanenti della resistenza, Relazione, su invito, al 71 Congresso SIF, Trieste, Ottobre 1985.

#### Sviluppo di sistemi a multiprocessore e reti locali (VET)

Componenti del gruppo: O. Ciaffoni, M.L. Ferrer, A. Martini, M. Pistoni, L. Trasatti.

Il gruppo VET si propone di studiare la realizzazione di sistemi di acquisizione dati e controllo di processo utilizzando tecniche a multiprocessore e sfruttando le moderne tecnologie di reti locali.

In questa ottica il gruppo si è concentrato sullo studio del sistema VME. Il VME è uno standard per bus a multiprocessore generato dalle industrie costruttrici della famiglia 68000 di microprocessori a 16/32 bit. Contrariamente alla passata storia dell'elettronica, stiamo in questo momento assistendo alla presentazione di standard da parte dell'industria e non degli utilizzatori. Questo è generato dalla crescente mole di applicazioni nel campo dell'elettronica digitale, che rendono qualsiasi utente troppo piccolo per avere voce in capitolo.

Di fondamentale importanza in questo momento resta il seguire gli standard più promettenti dal punto di vista dell'acquisizione dati e della fisica in particolare, per poter trarre il massimo beneficio possibile dalla crescente mole di prodotti che si trovano in commercio.

Un altro argomento che sta avendo grande impulso al momento attuale è quello delle reti locali, cioè della possibilità di avere vari oggetti, sia master che slave, che colloquiano e si dividono delle risorse utilizzando come mezzo di comunicazione un singolo canale ad alta velocità, gestendo con un opportuno protocollo l'accesso dei singoli utenti al mezzo comune.

In entrambi questi campi il gruppo VET si è adoperato per acquisire e sviluppare le relative competenze. Nel 1985 le realizzazioni effettuate sono state:

### *Hardware:*

1. Realizzazione di una scheda di espansione di memoria VME da 256 KByte e progetto di una scheda da 2 MByte.
2. Realizzazione di un'interfaccia fra bus VME e rete locale Ethernet utilizzando la scheda Interlan NM-10 per il colloquio con Ethernet.
3. Realizzazione di un'interfaccia parallela ad alta velocità per il trasferimento dati fra un bus VME ed un VAX, utilizzando le porte parallele della DMF-32 installata sul VAX dei LNF.
4. Realizzazione di un programmatore di EPROM in standard VME. Si tratta di una semplice scheda slave VME (non intelligente), di costo minimo ma capace, date le risorse del bus, di competere favorevolmente con i complessi programmatori di Eprom autonomi reperibili in commercio. La scheda è stata progettata in modo fortemente modulare, in modo da permettere con piccole modifiche di estenderne l'uso alla programmazione di PROM e PAL.

### *Software:*

1. Implementazione del protocollo X-ON/X-OFF su un crate VME per la comunicazione seriale con un VAX su linea RS/232.
2. Implementazione di software di base per la comunicazione VME-Ethernet.
3. Implementazione di software di base per la comunicazione parallela VME-VAX.

Nel 1986 queste linee di sviluppo saranno perseguite con una serie di altre realizzazioni: in particolare, è in fase di progetto una scheda VME intelligente per l'acquisizione dati da catene di tubi a streamer e per la loro preelaborazione con un processore 68000.

Inoltre il lavoro sulla comunicazione fra VME e VAX verrà proseguito utilizzando: per la comunicazione parallela un Microvax II con interfaccia parallela; per la rete locale Ethernet un'interfaccia intelligente Motorola MUME330; è inoltre in fase di studio la realizzazione di una scheda di controllo Ethernet in standard VME.

Per quanto riguarda il software, verrà perseguito lo sviluppo comparato di software di comunicazione VME-VAX e VME-Microvax su canali paralleli e seriali per

scambio files, login remoto e trasferimento dati ad altissima velocità.

### **Pubblicazioni**

- 1) O. Ciaffoni et al., Frascati report LNF-85/55 (1985).
- 2) O. Ciaffoni et al., Proposal for the implementation of a high speed fiber optic data link between the Gran Sasso Laboratories and the external facilities, Proposta presentata al Comitato Utenti del Laboratorio del Gran Sasso, Novembre 1985.
- 3) G. Novelli and L. Trasatti, Frascati report LNF-85/65 (1985).
- 4) M.L. Ferrer et al., Frascati report LNF-85/66 (1985).

### **Internetwork File Transfer (HEPNET)**

Componenti del gruppo: M.L. Ferrer.

Collaborazione con: Roma.

Nell'anno 1985 il gruppo ha ultimato la realizzazione e il test di funzionamento del progetto "General Internetwork File Transfer" (GIFT).

L'idea principale del progetto era quella di estendere le possibilità del software standard DEC (Digital Equipment Corporation) per permettere l'accesso a dischi residenti su calcolatori remoti non supportati dal software di rete DECNET, in un modo trasparente all'utente, ossia, utilizzando gli stessi comandi che vengono impiegati per accedere ai dischi sulla rete DECNET.

Il software standard DEC, ed in particolare il "Record Management Services" (RMS) accede ai dischi locali e remoti utilizzando la stessa sintassi. È l'RMS che si incarica di convertire le procedure di accesso locali in simili procedure remote aprendo dei collegamenti DECNET e gestendo il corrispondente protocollo di comunicazione che le permetta l'accesso al disco con le relative funzioni di apertura, lettura, scrittura, stampa, sottomissione di jobs, ecc.

L'esperimento si proponeva modificare lo standard RMS inserendo altri protocolli di rete che sono supportati dai calcolatori DEC; in particolare, quelli più interessanti dal punto di vista della fisica delle alte energie: CERNET, JANET, TCP/IP, FTAM-OSI standard.

L'esperimento è stato realizzato utilizzando un VAX 11/780 installato al CERN che è contemporaneamente nodo delle reti INFNET (software DECNET), CERNET e JANET.

Il compito del gruppo è stato di:

- creare la struttura centrale, "kernel", del RMS modificato;
- definire le interfacce software verso un meta-protocollo "mappabile" verso il protocollo DECNET;
- scrivere una prima implementazione verso CERNET-IBM delle relative routines di interfacciamento col meta-protocollo.

L'interfaccia verso CERNET è stata realizzata entro la prima metà del 1985 con la collaborazione di una persona incaricata dal CERN. Contemporaneamente è stato realizzato l'interfacciamento verso e dalla rete JANET a carico di ricercatori del Rutherford Laboratory.

Il progetto è diventato subito una facility

d'uso generale nei tre ambienti: INFNET, CERNET, e JANET, sostituendo le procedure precedentemente utilizzate dai diversi ambienti, specialmente per la facilità di approccio verso l'utente, che non ha bisogno di apprendere nuovi comandi oltre a quelli forniti dal linguaggio del sistema operativo DEC.

Nel 1986 ci saranno altre realizzazioni da parte di collaboratori esterni, principalmente per quanto si riferisce a FTAM-standard OSI per "File Transfer" sempre che sia conclusa la definizione dello standard, e il protocollo TCP/IP, di grande importanza nella tematica relativa al controllo di processi.

L'esperimento è finito, ma l'attività del gruppo HEPNET, nel campo della problematica della connessione in rete, continua, restando sempre orientata alla risoluzione di problemi annessi all'interconnessione tra protocolli diversi sia ad alto livello ("gateway" per "file transfer") che a basso livello ("routers" o "bridges").

## 7. - FISICA TEORICA

Componenti del gruppo: M. Benfatto, G. De Franceschi (A), E. Etim, M. Greco, A. Grillo, G. Martinelli, (in congedo al CERN), C. Natoli, F. Palumbo, G. Pancheri, G. Preparata (visitor), Y. Srivastava (A).

### Teoria dei campi

Nella quantizzazione dei campi è necessario assumere un definitivo comportamento dei campi stessi sul bordo del volume di quantizzazione. Se il volume è infinito si deve prescrivere il modo di andare a zero dei campi all'infinito, se è finito si devono prescrivere i valori che i campi possono assumere sulla superficie. L'effetto della scelta delle condizioni al contorno è stato studiato per la

quantizzazione di teorie di gauge con condizioni periodiche. L'aspetto specifico di tali condizioni è l'esistenza di modi di momento zero.

Si è dimostrato che quando i campi di gauge sono accoppiati a materia fermionica, l'hamiltoniana non è limitata inferiormente poiché l'ampiezza dei modi di momento zero non è limitata. L'unica regolarizzazione tra quelle note che può curare questa patologia è quella di dare una massa al campo di gauge. Ciò consente nel caso abeliano di introdurre una scala di energia nella teoria<sup>(1,2)</sup>.

Sono state studiate con i metodi delle sommità di Euler-Borel le condizioni fisiche e matematiche che permettono la continuazione analitica di "asymptotic freedom" a bassa energia, proposta da Shifman, Vainstein e Zakharov. Nell'ambito di tale studio è stata introdotta per la prima volta la trasformata di Euler ed è stata dimostrata la sua relazione, da una parte, con la trasformata di Borel e dall'altra con le rappresentazioni del gruppo  $SO(2,1)$  rilevante allo sviluppo asintotico

di cui si cerca la continuazione a bassa energia. Il lavoro è in preparazione.

### Fisica nucleare

La risonanza gigante di dipolo magnetico nei nuclei deformati risulta separata in alcuni nuclei in due picchi. Questa separazione è stata attribuita al carattere triassiale della deformazione stessa. Si è trovata una relazione tra il parametro  $\gamma$  che determina la misura di deviazione dalla simmetria assiale e la separazione in energia e il rapporto in intensità dei due frammenti della risonanza.

Si è così stabilito che lo studio della risonanza gigante di dipolo magnetico consente di conoscere il carattere della deformazione nucleare (assiale o triassiale) con grande precisione, una informazione che finora non era possibile ottenere in alcun modo<sup>(3,4)</sup>.

### Fenomenologia della fisica A.E.

Nel 1985 l'attività è stata dedicata principalmente all'analisi teorica e fenomenologica dei dati del Collider protone-antiprotone del CERN<sup>(6-10)</sup>. Tale attività che prosegue ormai da più di tre anni si è svolta in stretta collaborazione con i due gruppi sperimentali UA1 e UA2 producendo anche, in alcuni casi, un'indirizzo dell'analisi dei dati che è stato estremamente fruttuoso. Questo è avvenuto in particolare a riguardo del suggerimento che alcune delle anomalie osservate al Collider nella fisica del minimum bias fossero dovute alla presenza di un numero non trascurabile di jets di bassa energia. È inoltre continuato lo studio delle proprietà di decadimento e produzione del bosone vettoriale intermedio al Collider del CERN e al LEP.

Il grande interesse suscitato nella comunità scientifica dai risultati al Collider  $\bar{p}p$  al CERN ha motivato l'organizzazione, in collaborazione con la Regione Valle d'Aosta, del "5° Topical Workshop on Proton-Antiproton Collider Physics", a Saint-Vincent<sup>(11)</sup>.

Infine, è stato compiuto uno studio accurato delle correzioni radiative ai processi di annichilazione  $e^+e^-$  alle energie di LEP/SCC, nell'ambito anche di appositi

gruppi di studio creati al CERN su tali tematiche.

### Struttura della materia

L'attività di ricerca connessa allo studio della materia allo stato aggregato mediante Luce di Sincrotrone è proseguita lungo le linee già indicate nel Rapporto di Attività del 1984.

In particolare è stato completato il lavoro di generalizzazione del metodo di diffusione multipla per il calcolo delle sezioni d'urto di fotoassorbimento superando due delle approssimazioni tipiche della teoria ordinaria: muffintin e approssimazione sferica<sup>(12)</sup>.

È stato inoltre sviluppato il formalismo necessario all'introduzione di potenziali complessi in modo da poter calcolare fin dall'inizio la parte anelastica della sezione d'urto di assorbimento. I risultati sono in fase di analisi e saranno presentati alla prossima Conferenza "EXAF and Near Edge Structure IV" (Fontevraud, Francia, Luglio 1986).

È continuata la fase di interazione con l'attività dei gruppi sperimentali afferenti ai LNF e non, tramite l'applicazione del programma di calcolo esistente a vari sistemi di interesse. Si sono ottenuti risultati incoraggianti per la comprensione della composizione strutturale nei vetri di Vanadio, negli ossidi di silicio e in composti di origine biologica. Le conclusioni sono state presentate alla "Third Inter. Conf. on the Structure of Non-Crystalline Materials", Grenoble<sup>(13)</sup>, alla "Eleventh Intern. Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors", Rome<sup>(14)</sup> e alla "First European Conf. on the Progress in X-ray Studies by Synchrotron Radiation", Strasburgo<sup>(15)</sup> e pubblicati nei rispettivi Proceedings.

Infine, proseguendo nello sforzo iniziato alla fine dello scorso anno si sono esplicate le condizioni matematiche sotto le quali è possibile lo sviluppo in serie della matrice di diffusione. Tale sviluppo offre le possibilità di descrivere la sezione d'urto di fotoassorbimento come somma di contributi dovuti a processi di diffusione multipla del fotoelettrone nello stato finale degli atomi del mezzo assorbente. Sulla base di tale descrizione del processo si è riusciti per la prima volta a isolare il contributo del terzo ordine nel caso di

uno ione permanganato in soluzione aprendo così la via alla misura di funzioni di correlazione a più corpi ( $> 2$ )<sup>(16,17)</sup>.

### **Pubblicazioni**

- (1) F. Palumbo, Frascati report LNF-85/30 (1985); inviato al Nuovo Cimento.
- (2) F. Palumbo, Frascati report LNF-85/45 (1985); Relazione su invito al Symposium on Symmetry and Supersymmetry in Subnuclear Physics, Capri, Maggio 1985.
- (3) F. Palumbo and A. Richter, Splitting of the magnetic dipole giant resonance and triaxial deformation, *Phys. Letters* **158B**, 101 (1985).
- (4) N. Lo Iudice et al., Effect of triaxial deformations on the splitting of the M1 isovector rotational state, *Phys. Letters* **161B**, 18 (1985).
- (5) G. Pancheri et al., KNO scaling violations and the appearance of the triple gluon coupling at the CERN collider, *Phys. Letters* **151B**, 453 (1985).
- (6) G. Pancheri, Jets in minimum bias physics, Proceedings of the 5th Topical Workshop on Proton-Antiproton Collider Physics, Saint-Vincent, Febbraio/Marzo 1985, Ed. by M. Greco (World Science, 1985), p. 505.
- (7) G. Pancheri and Y.N. Srivastava, Test in minimum bias physics, *Phys. Letters* **153B**, 69 (1985).
- (8) G. Pancheri, The emergence of the jet phenomenon in the inelastic cross-section, Proc. of the Europhysics Conf. on High Energy Physics, Bari, July 1985; in corso di pubblicazione.
- (9) M. Greco, Frascati report LNF-85/14 (1985).
- (10) M. Greco, Collider physics and the standard model, Frascati report LNF-85/39 (1985); invited talk at the XVII Symposium on Multiparticle Dynamics, Kiryat-Anavim (Israel), June 1985.
- (11) Proceedings of the 5th Topical Workshop on Proton-Antiproton Collider Physics, Saint-Vincent, Febbraio/Marzo 1985, Ed. by M. Greco (World Science, 1985).
- (12) C.R. Natoli et al., Frascati report LNF-85/46 (1985); inviato a *Phys. Rev.*
- (13) S. Stizza et al., Frascati report LNF-85/43 (1985).
- (14) M. Benfatto et al., Frascati report LNF-85/44 (1985).
- (15) J.E. Penner-Hahn et al., Frascati report LNF-85/42 (1985).
- (16) M. Benfatto et al., Frascati report LNF-85/26 (1985); inviato a *Phys. Rev. B*.
- (17) M. Benfatto et al., Frascati report LNF-85/53 (1985).

# PROGRAMMA DI SUPERCONDUTTIVITÀ

Hanno contribuito al programma: A. Aragona, A. Cattoni (Resp.), S. Faini, G. Modestino, M. Preger, C. Saneli, A. Savoia, F. Sgamma, G. Turchetti.

Gli obiettivi proposti nel 1985 per il programma di Superconduttività sono stati raggiunti:

## Progetto wiggler superconduttore per ADONE.

Come già indicato nel rapporto di attività per il 1984 il fine di questo programma è realizzare un wiggler superconduttore con un campo utile di 6 Tesla il che rappresenta un significativo improvement della facility per raggi X attuale (wiggler convenzionale campo massimo 1.85 Tesla).

Con questo nuovo wiggler si otterrà un flusso di fotoni energetici (3 ÷ 80 KeV) sensibilmente più intenso di quello fornito dal wiggler convenzionale (3 ÷ 30 KeV).

I parametri principali del magnete sono:

Numero di poli	1 s.c. + 2 compensatori convenzionali
$\lambda_w/2$ (picco negativo)	20 cm (vedi Fig. 70)
Traferro polo s.c.	6 cm (distanza fra le espansioni polari)
Traferro magneti compensatori	5 cm
Apertura utile fascio f.m.m./polo s.c.	3.2 cm
f.m.m./polo compensatore	183092 Asp bobina int. 537264 Asp bobina est.
Campo max sul piano mediano	~ 11500 Asp
Energia immagazz. (parte s.c.)	6 Tesla
Lunghezza d'onda critica	124 Kjoules
	1.38 Å

Il magnete si compone di 1 polo s.c. con schermi e di 2 magneti compensatori esterni caldi. Il criostato (contenente il polo s.c.) e i

2 magneti compensatori vanno installati sulla sezione diritta dell'anello di accumulazione Adone.

Il diagramma di campo atteso lungo la sezione diritta è rappresentato in Fig. 70. I magneti compensatori, ognuno con propria alimentazione, vanno eccitati con una corrente tale da produrre un campo magnetico di segno opposto a quello generato dal polo s.c. Il valore della corrente di eccitazione va scelto in modo che l'integrale del campo magnetico lungo la sezione diritta risulti nullo.

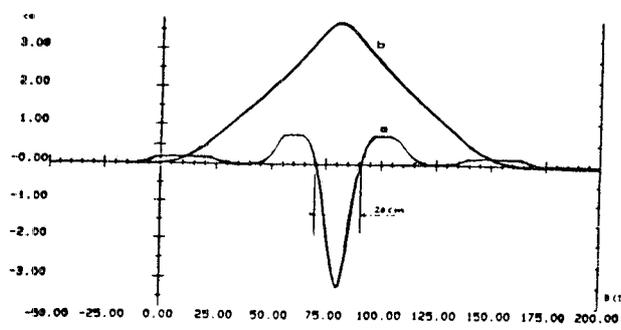


FIG. 70 - Diagramma di campo (a) e traiettoria delle particelle (b).

Sempre in Fig. 70 è rappresentata a scopo illustrativo la traiettoria delle particelle che presenta un unico bump necessario a fornire una sorgente di Luce di Sincrotrone costituita da un solo picco luminoso nello spazio delle fasi radiale sotto i vari angoli di osservazione (vedi Fig. 71).

Un layout qualitativo dell'assetto meccanico sulla sezione diritta è riportato in Fig. 72.

Le caratteristiche principali delle bobine s.c. sono riportate nella Tabella VIII.

La progettazione effettuata nel 1984 ha affrontato il problema del field mapping con l'uso dei codici MAGNET e POISSON, dello studio delle interazioni wiggler-parametri ottici della macchina e della configurazione nello spazio delle fasi radiale della sorgente di Luce di Sincrotrone ottenibile.

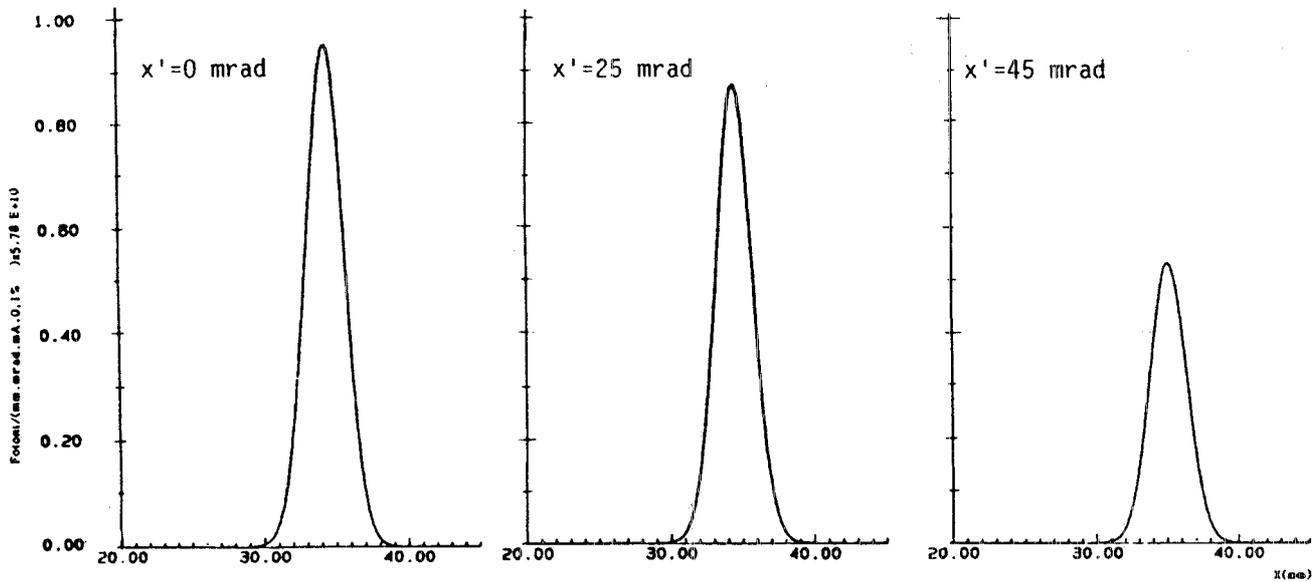


FIG. 71 - Sorgente di luce di sincrotrone nello spazio delle fasi radiali.

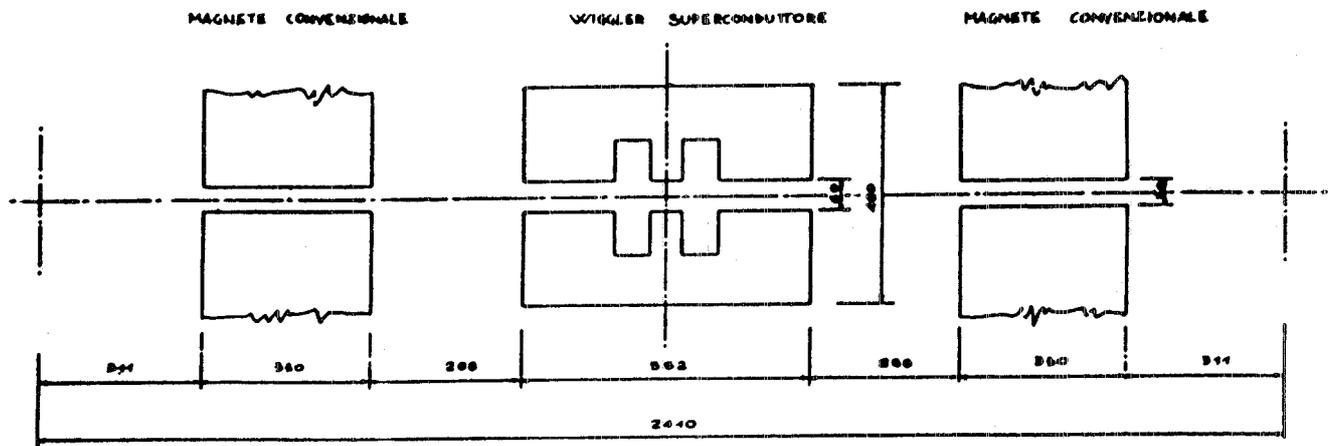


FIG. 72 - Lay-out posizionamento meccanico su sezione diritta Adone.

TABELLA VIII

	BOBINA INTERNA	BOBINA ESTERNA
N. di spire	503	1476
∅ del filo nudo	1.607 mm	1.306 mm
∅ dei filamenti	42 μ	34 μ
N. di filamenti	488	488
∅ del conduttore isolato (da confermare)	1.65 mm	1.34 mm
Rapporto Cu/sc	2:1	2:1
Passo dell'elica	25 mm	25 mm
Corrente di eccitaz.	364 A	364 A
Campo di lavoro	6.9 Tesla	5.5 Tesla
Densità di corrente (over all)	179 A/mm <sup>2</sup>	272 A/mm <sup>2</sup>
Densità di corr. critica (over all)	~ 450 A/mm <sup>2</sup>	~ 650 A/mm <sup>2</sup>

Nel 1985 lo studio ha affrontato in particolare il problema del quench e il problema del termine sestupolare, integrato lungo la traiettoria delle particelle, introdotto dal wiggler stesso sulla macchina. Il quench è stato studiato con il codice di Wilson ed ha richiesto una modifica del primo progetto della bobina portando il rapporto rame/superconduttore a 2/1 e l'introduzione di una resistenza di protezione esterna. Con queste modifiche al progetto l'andamento del quench è del tutto accettabile come riportato in Fig. 73.

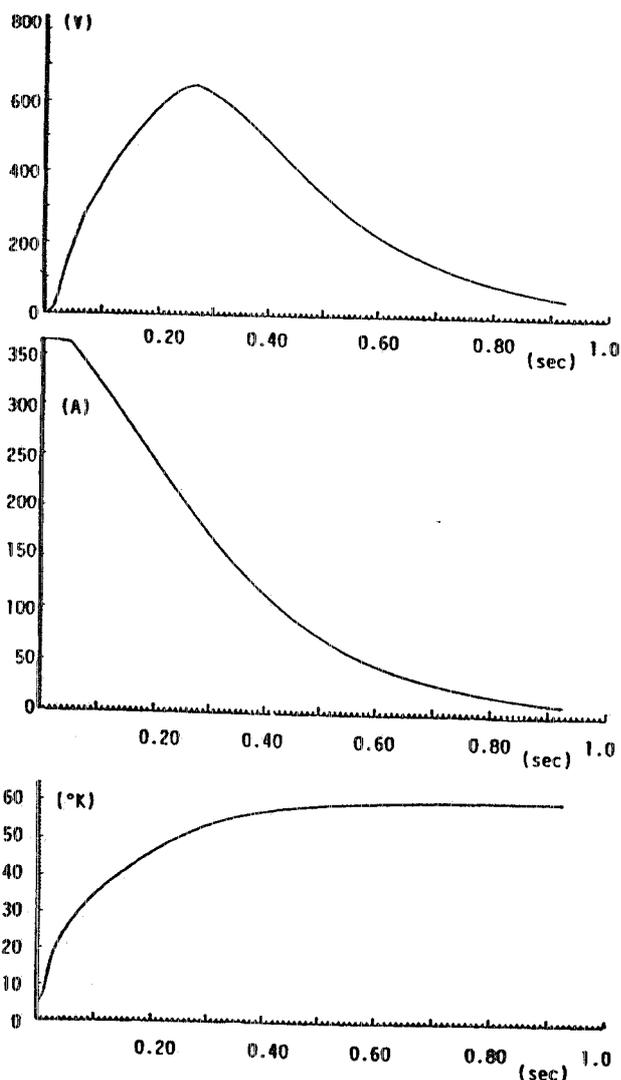


FIG. 73 - Quench wiggler superconduttore.

Per quanto riguarda il termine sestupolare integrato uno studio dettagliato è stato fatto con l'impiego del codice tridimensionale PROFI (W. Müller - T.H. Darmstadt) utilizzato sul computer del CERN. I risultati del calcolo sono riportati in Fig. 74. Si nota che

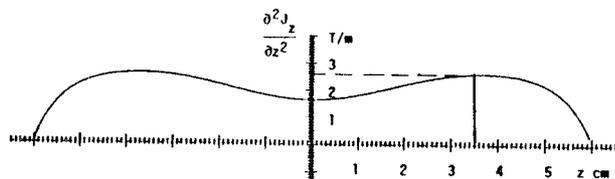


FIG. 74 - Derivata seconda dell'integrale del campo lungo il wiggler come funzione della coordinata trasversa z. Il suo valore massimo (2.6 T/m) eccede il limite ammesso di 1.5 T/m per cui è stata aumentata la dimensione del polo.

il limite al termine sestupolare integrato imposto dalla macchina è superato e pertanto si è provveduto a incrementare la larghezza radiale del polo da 200 a 240 mm. In più i magneti compensatori, con una adatta sagomatura dei poli, consentirebbero di sommare un sestupolo di segno opposto a quello creato dal polo superconduttore qualora ciò risultasse necessario.

Studi dettagliati sono stati fatti anche delle sollecitazioni meccaniche sul nucleo di ferro e sulle bobine, della distribuzione del campo magnetico nei vari strati della bobina e del campo disperso, importante quest'ultimo per la collocazione del refrigeratore, sensibile a campi superiori a 50 Gauss (Figg. 75, 76, 77).

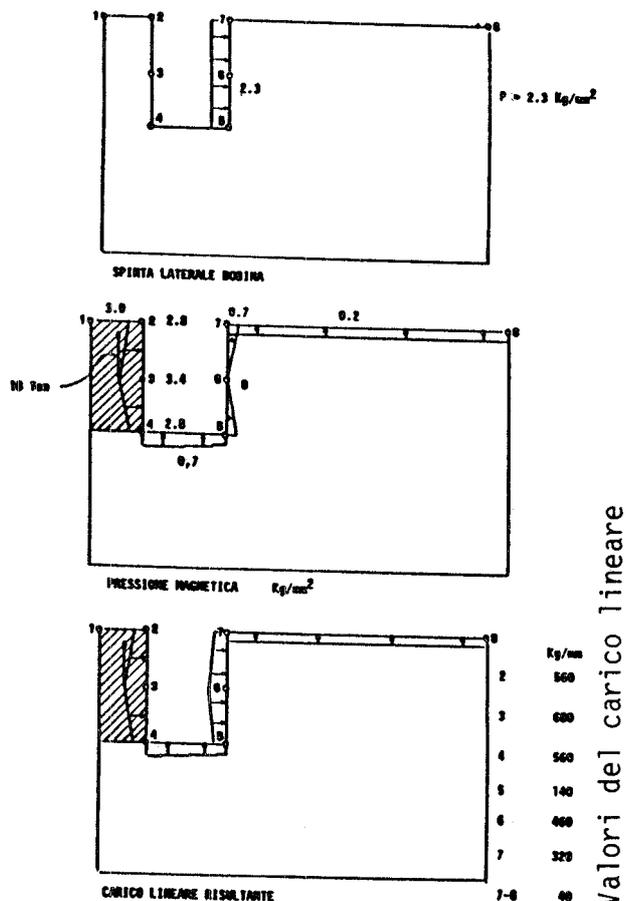


FIG. 75 - Studio delle sollecitazioni meccaniche sul nucleo di ferro e sulle bobine.

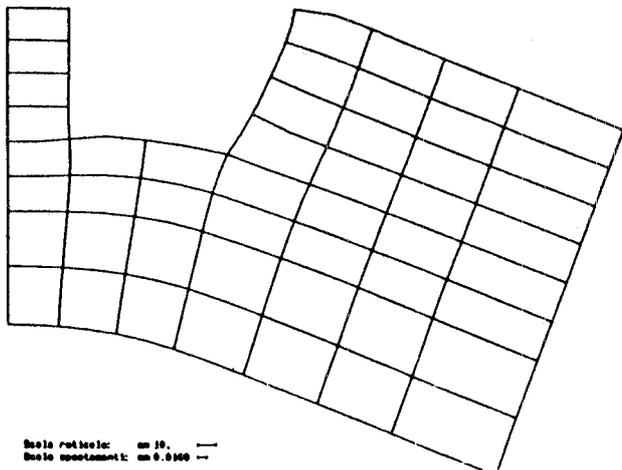


FIG. 76 - Deformazioni amplificate del nucleo magnetico senza piastre di contenimento bobine.

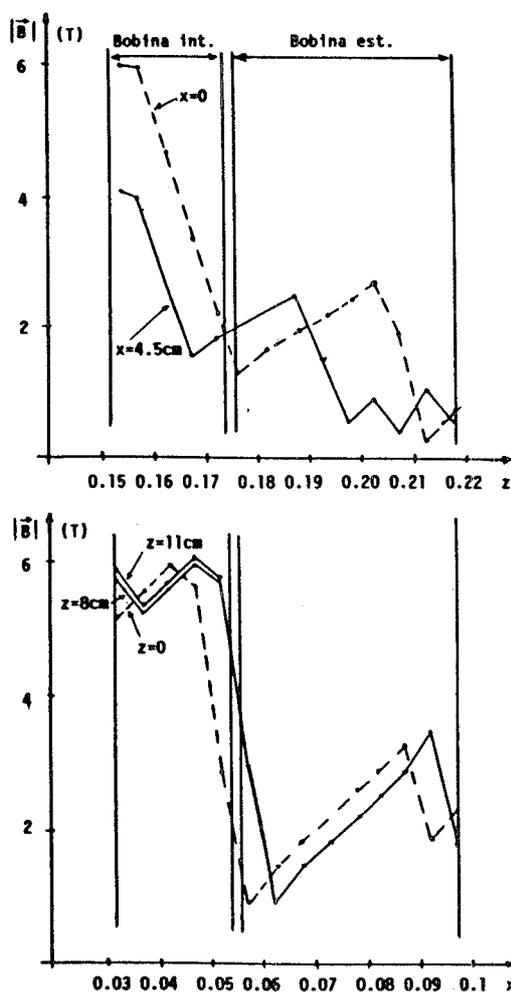


FIG. 77 - Campo alle bobine in funzione della coordinata trasversa e della coordinata longitudinale.

In base alle risultanze degli studi effettuati sono state stese le specifiche per la richiesta d'offerta per la costruzione del wiggler con alcuni disegni di massima. L'Ansaldo di Genova è la ditta scelta per la costruzione del

magnete. L'ordine è stato inviato a Dicembre 1985 e la Ditta ha iniziato la progettazione costruttiva di dettaglio.

Per gli aspetti criogenici del programma uno studio dettagliato del liquefattore/refrigeratore e degli impianti accessori è stato compiuto nel corso del 1985 in collaborazione con le possibili Ditte fornitrici. È stata espletata la gara e la fornitura è stata assegnata alla CTI americana rappresentata dalla Cryophysics di Ginevra.

Il Laboratorio Criogenico, destinato ad alloggiare anche una facility per le misure magnetiche sul wiggler e i magneti superconduttori che seguiranno, sarà installato nell'area attrezzata.

### Progetto di un solenoide per l'esperimento OPAL di seconda generazione.

Lo studio di fattibilità del solenoide per OPAL è stato concluso nell'estate del 1985. In collaborazione con l'Ansaldo è stato steso il rapporto finale che è stato consegnato al CERN come previsto dagli accordi CERN/INFN.

### Programma europeo per lo sviluppo di superconduttori ad alti campi.

Nel corso del 1985 sono stati tenuti vari meeting, a livello europeo, che hanno avuto per argomento lo sviluppo dei superconduttori di tipo A15 e lo studio della possibile versione di magneti ad alto campo realizzati con superconduttore convenzionale raffreddato con elio superfluido.

Alcuni possibili sviluppi del programma sono stati visti anche nel quadro del programma EUREKA. Per quanto riguarda i LNF si è proseguito lo studio di una bobina in  $Nb_3Sn$ . Effettivamente, dopo contatti presi sia con l'industria italiana (LMI) sia con l'industria europea (Vacuum Schmelze), non è semplice trovare fili commerciali di cui si possa proporre l'impiego con le caratteristiche che si vorrebbero. È in corso lo studio del quench per una bobina delle stesse dimensioni e struttura di quelle previste per il wiggler superconduttore, realizzata con filo in  $Nb_3Sn$ , con l'intenzione di proporre una upgraded version da testare ovviamente in laboratorio.

Questo programma è tuttora non finanziato.

# ATTIVITÀ DELLA DIVISIONE MACCHINE

## Servizio Operazione

Componenti servizio: D. Badoni, G. Baldini, M. Belli, B. Bolli, A. Cecchinelli, R. Clementi, M. Gentile, E. Grossi, P. Locchi, M. Martinelli, V. Pavan, S. Pella, R. Pieri, S. Simeoni, B. Spataro, P. Tiseo, R. Valtriani, M. Vescovi (Resp.).

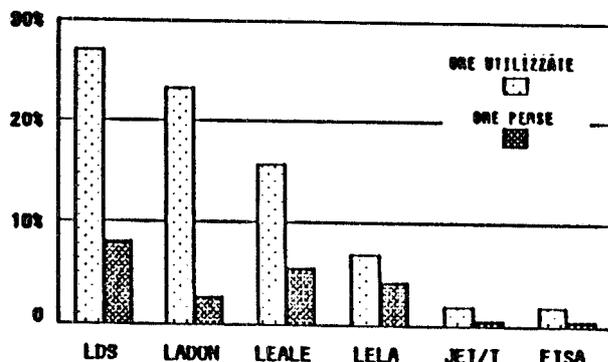
Il Servizio, oltre alla conduzione delle macchine (Fig. 78) ed alla relativa manutenzione degli impianti (accesi per oltre 6000 ore) ha partecipato allo studio, alla realizzazione ed alla installazione del nuovo Positron Converter, allo studio del nuovo Gun e della nuova sezione acceleratrice del Linac.

— Positron Converter (Fig. 79).

A fine Ottobre 1985 è stato installato l'insieme contenitore targhetta-lente positroni sul Linac. Il risultato ottenuto è stato soddisfacente avendo verificato il basso livello di radioattività residua dei materiali usati. Si sono verificati alcuni inconvenienti riguardo la tenuta da vuoto di alcune flange speciali rapide dovuti principalmente all'impossibilità di simulare in laboratorio gli stress indotti dal fascio di elettroni sulla struttura. Sono in corso studi per apportare le modifiche necessarie a rendere affidabile il sistema. Questo lavoro è svolto in collaborazione con A. Vitali e con il Servizio Meccanica della Divisione.

— Gun e sezione acceleratrice del Linac.

Le esigenze dei futuri esperimenti su Adone (esperimento nñ e Jet-Target) hanno reso necessario prevedere una nuova sorgente di elettroni del Linac ed una nuova 1ª sezione acceleratrice. Si è proceduto quindi a studiare l'insieme ed a contattare varie Ditte che fossero in grado di fornire quanto da noi richiesto. Questo nuovo sistema aumenterà notevolmente il rate di iniezione di positroni in Adone, soddisfacendo le esigenze per l'accumulazione di  $e^+$  e  $e^-$ , e costituirà un ammodernamento del Linac con ricaduta positiva per tutti gli utenti del Linac e di Adone.



Esperimento	Ore		%
	assegnate	utilizzate	
LDS	1944	1503	77%
LADON	1416	1292	91%
LEALE	1190	865	73%
LELA	748	394	53%
JET-TARGET	144	108	75%
FISA	120	96	80%
	<b>5562</b>	<b>4258</b>	<b>77%</b>

Ore perse	Motivazione	%
309	Cavità RF	5.5%
101	Alim. magn. e quadr.	2%
418	Vuoto Linac e P.C.	7.5%
390	Impianti idraulici	7%
86	Varie	1%
<b>1304</b>		<b>23%</b>

FIG. 78 - Funzionamento macchina anno 1985.

Il nuovo Gun sarà del tipo a triodo e fornirà una corrente di picco di 12A con una durata minima di 5 ns, pur avendo la possibilità di fornire impulsi di 500 mA per 4  $\mu$ sec.

La nuova sezione acceleratrice necessaria per il bunching di corrente elevata (12A) sarà del tipo SW e, con una potenza di picco di 10 MW, fornirà in uscita una energia di 20 MeV.

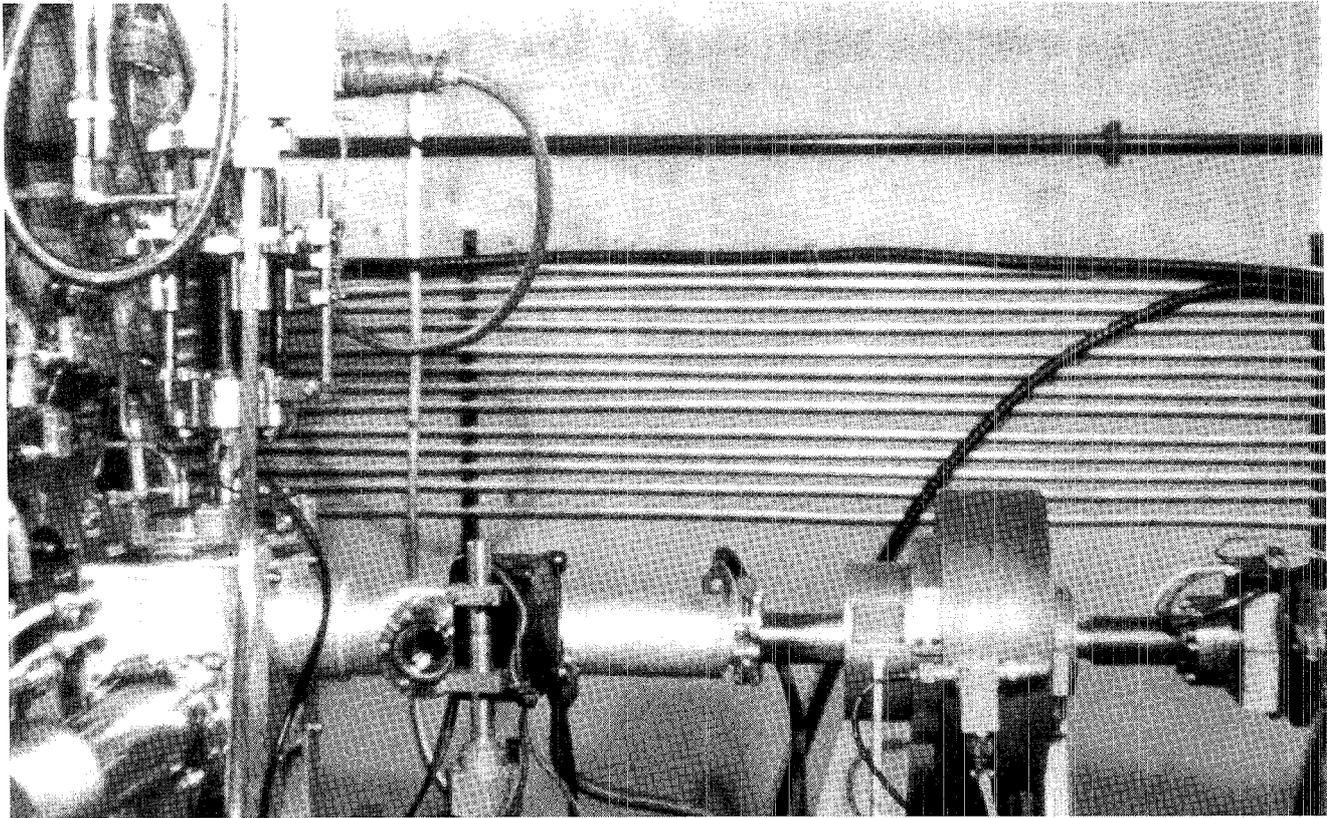


FIG. 79 - Il nuovo positron converter montato sull'acceleratore lineare.

I contratti relativi sono stati emessi nella seconda metà del 1985 e la consegna è prevista per la fine del 1986.

### 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.).

Il Servizio di elettronica ha come attività di base permanente lo sviluppo e la manutenzione della strumentazione di Adone. Il Servizio inoltre contribuisce ai programmi di sviluppo delle macchine e alcuni membri sono impegnati in esperienze.

I programmi portanti del 1985 sono stati l'introduzione su Adone di un nuovo sistema di rivelatori di orbita del fascio e il ripristino dei positroni in Adone per l'esperienza FE-NICE.

Nella fermata del 1986 è prevista l'installazione di 21 stazioni di rivelatori situate nella mezzeria dei doppietti di quadrupoli. Ciascu-

na stazione è costituita da quattro elettrodi a bottone. La posizione del fascio viene ricavata dalle tensioni indotte negli elettrodi misurate mediante un rivelatore a banda stretta accordato sulla 18<sup>a</sup> armonica della frequenza di rivoluzione. Ciascun bottone viene collegato sequenzialmente al rivelatore per mezzo di un multiplexer a relè. I rivelatori consentiranno di localizzare l'orbita del fascio entro il millimetro.

È stato costruito, in collaborazione con il Servizio di Meccanica della Divisione, un prototipo di sezione di camera da vuoto con una stazione di rivelazione. È stata messa in opera una apparecchiatura per la taratura mediante un filo teso parallelamente all'asse della camera. Una foto dell'apparecchiatura è riportata in Fig. 80. Nella Fig. 81 è mostrato un dettaglio dei rivelatori.

Nella Fig. 82 è tracciato un sistema di curve di livello risultanti dalla taratura.

Il prototipo tarato è stato installato su Adone nella fermata di Luglio. È stato provato su di esso un circuito di rivelazione dei segnali. Il progetto del sistema elettronico di multiplexing è stato completato.

In vista del ripristino dei positroni è stata installata la nuova catena orizzontale del

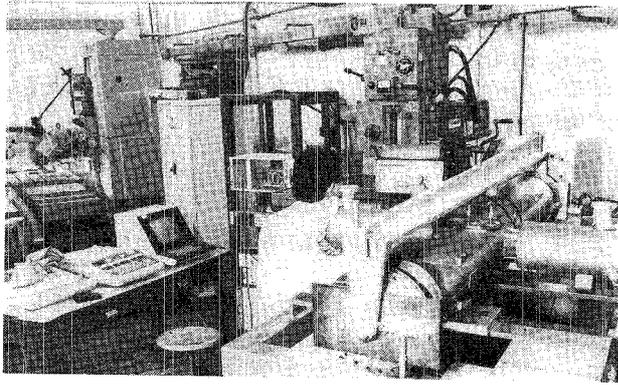


FIG. 80 - Apparato di taratura del rivelatore di posizione del fascio.

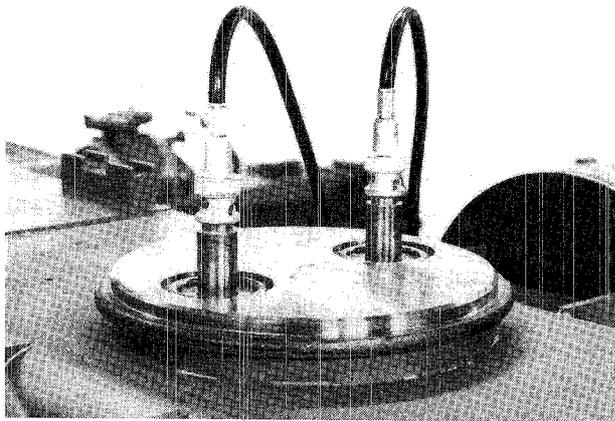


FIG. 81 - Dettaglio del rivelatore.

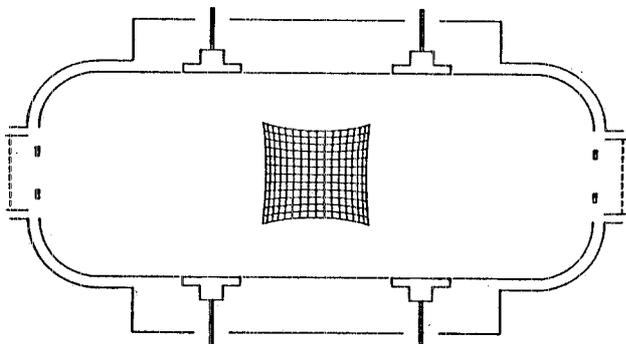


FIG. 82 - Curve di taratura del rivelatore di posizione del fascio.

feedback trasverso che impiega strip-lines a 50 Ohm sia come rivelatori che come kickers. È stato inoltre fatto il progetto e un circuito di prova del nuovo impulsatore bipolare che permette una facile commutazione da  $e^+$  a  $e^-$ . È stato inoltre completato e installato sulla macchina, in collaborazione con il Servizio radiofrequenza, il feedback di baricentro sulle oscillazioni longitudinali che opera sulla catena di radiofrequenza modulando in fase la tensione della cavità mediante un segnale errore prelevato dal fascio.

## Servizio Radiofrequenza

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

L'attività di base del Servizio è la manutenzione degli impianti di Adone. Esso inoltre partecipa a programmi di sviluppo della macchina e a progetti di nuove macchine.

Nel 1985 ha avuto corso il programma di ammodernamento degli impianti RF che comporta la sostituzione sia del generatore RF che della cavità. Quanto a questa, sono state fatte simulazioni al calcolatore (Fig. 83) per studiare i fenomeni di scarica risonante (multipacting) che limitano le prestazioni della vecchia cavità. Tali studi hanno portato a scelte della geometria della cavità e trattamenti superficiali che permettono di eliminare le soglie di scarica più elevate. È stata ordinata una nuova cavità di alluminio che verrà presumibilmente installata durante la fermata del 1986.

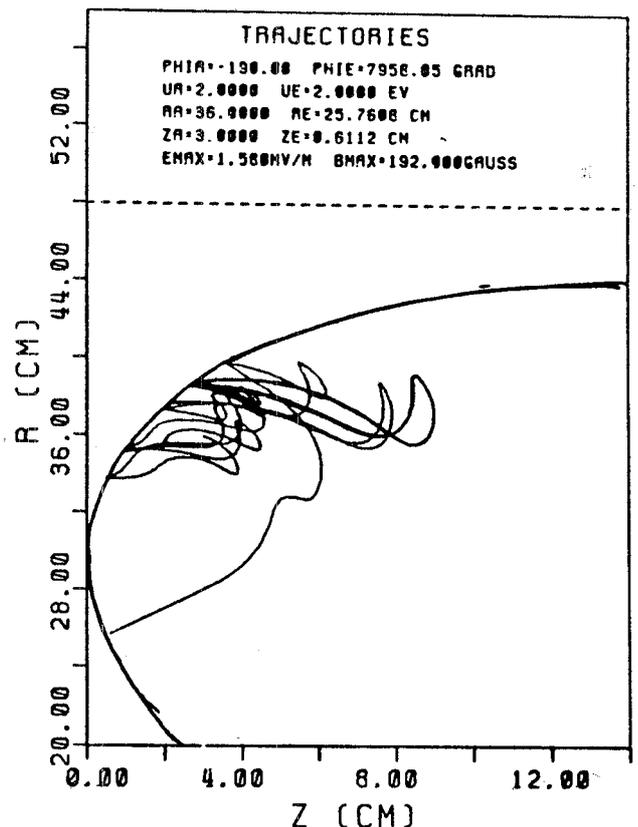


FIG. 83 - Traiettoria di multipacting per la cavità a RF.

Treatamenti superficiali con deposito di grafite sono stati sperimentati con successo sulla vecchia cavità.

Il nuovo generatore è stato consegnato e collaudato (Fig. 84).

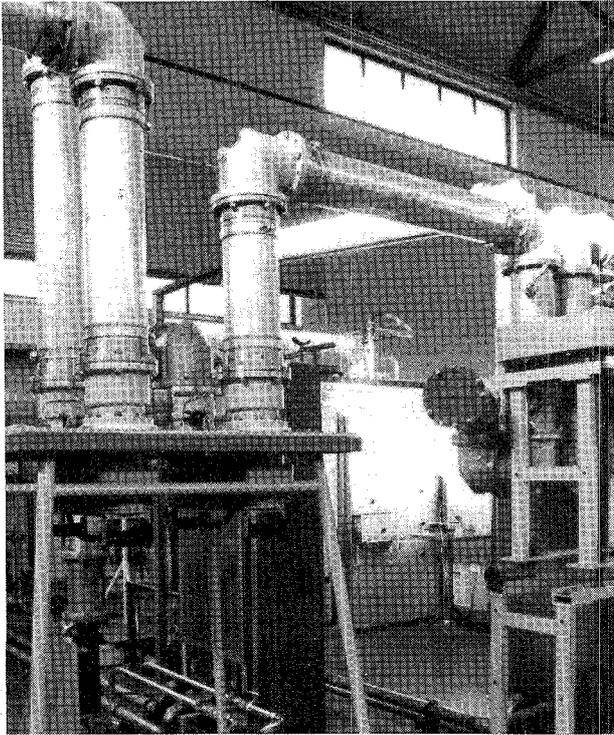


FIG. 84 - Il nuovo generatore per la cavità a RF.

In relazione al progetto di macchina per Luce di Sincrotrone, Afrodite, sono stati studiati i problemi di radiofrequenza e fatti alcuni progetti preliminari.

### Servizio Meccanica Impianti e Vuoto

Componenti servizio: A. Aragona, A. Battisti, G. Carinci, G. Ceccarelli, V. Chimenti, A. Cupellini, M. De Giorgi, N. De Sanctis, R. Di Raddo, M. Di Virgilio, G. Ermini, S. Faini (Resp.), R. Lanzi, V. Lollo, C. Marini, A. Mazzenga, E. Passarelli, M. Ruggeri, G. Serafini, F. Sgamma (distaccato dalla DT), A. Sorgi, M. Sperati, G. Tuchetti.

Oltre la normale attività sugli impianti delle macchine acceleratrici dei Laboratori, il Servizio è stato occupato essenzialmente nella progettazione della nuova camera da vuoto di Adone. La sezione della camera sarà leggermente più piccola ( $190 \times 72$ ) dell'attuale e sarà costante lungo l'orbita.

I problemi la cui soluzione ha richiesto il maggiore impegno sono stati i seguenti:

— Rivelatori d'orbita.

Si tratta (Fig. 85) di una struttura a

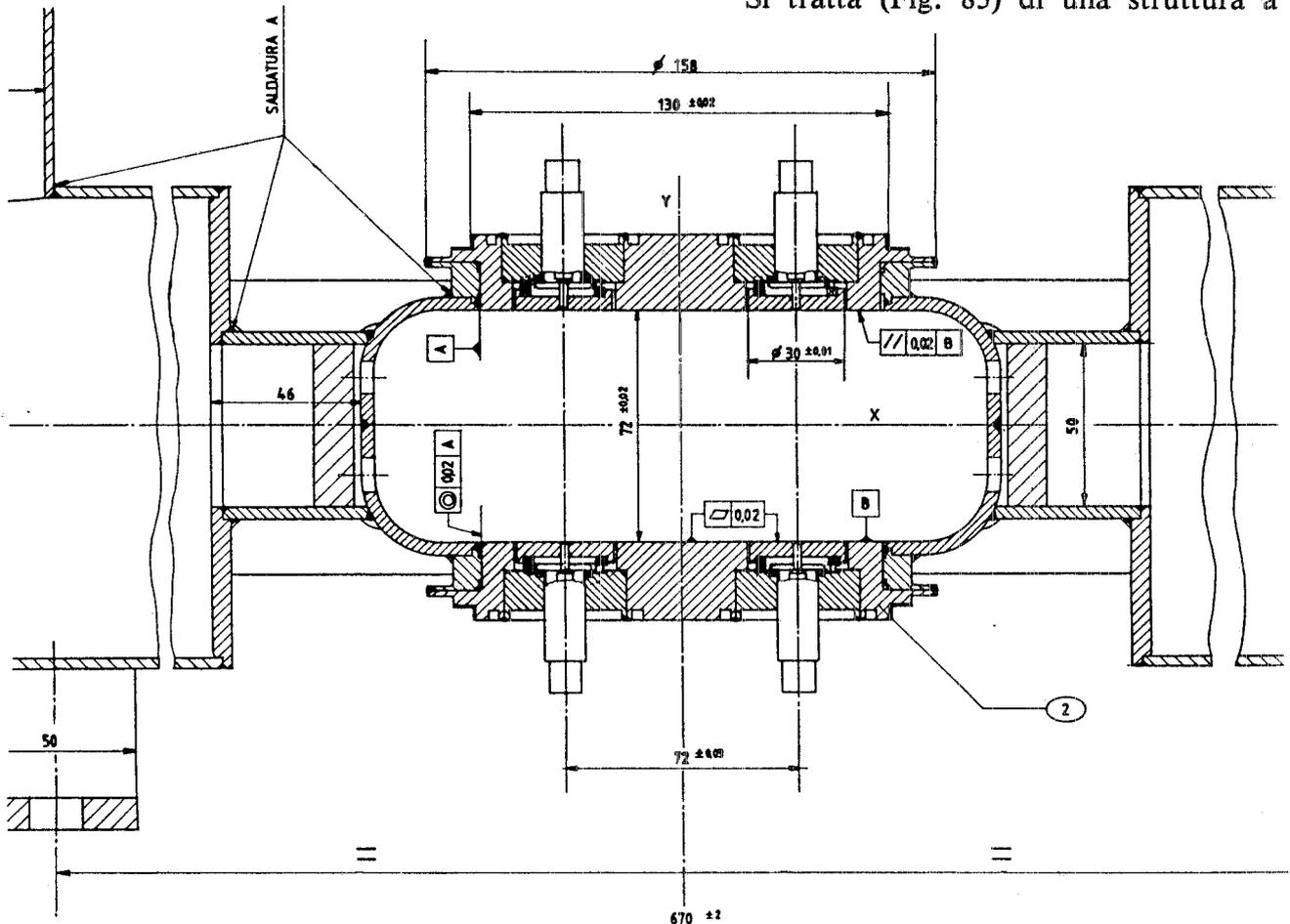


FIG. 85 - Rivelatori d'orbita del fascio di Adone visti in sezione.

quattro elettrodi, posti ai vertici di un quadrato, a filo della parete interna della camera e sorretti da passanti ceramici coassiali. Questa struttura deve avere un'elevata precisione meccanica, non deve deformarsi quando viene fatto il vuoto e deve essere posta al centro di ciascuna delle 24 sezioni a T. Queste specifiche hanno richiesto lo studio di diverse soluzioni e la costruzione di numerosi prototipi.

— Banco di taratura dei rivelatori.

Si tratta di una struttura, con movimenti di precisione, adatta a tarare elettricamente i rivelatori già montati sulle camere a T.

— Riferimento dei rivelatori all'ottica di macchina.

Tra le varie soluzioni possibili è stato scelto di riferire l'intera camera a T, con dei bracci di precisione, alle espansioni polari dei quadrupoli.

A metà anno sono stati montati su Adone i prototipi di una camera a T e di una camera curva (Fig. 86). La consegna della camera a T è prevista nella primavera 1986 e subito dopo si provvederà all'installazione.

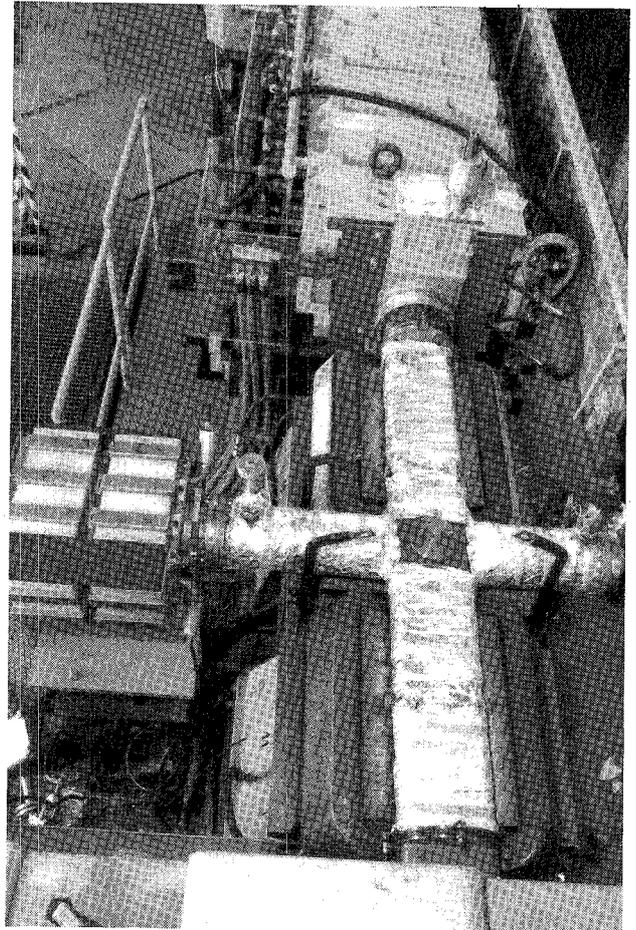


FIG. 86 - Prototipo della camera da vuoto a T di Adone montato vicino al magnete wiggler.

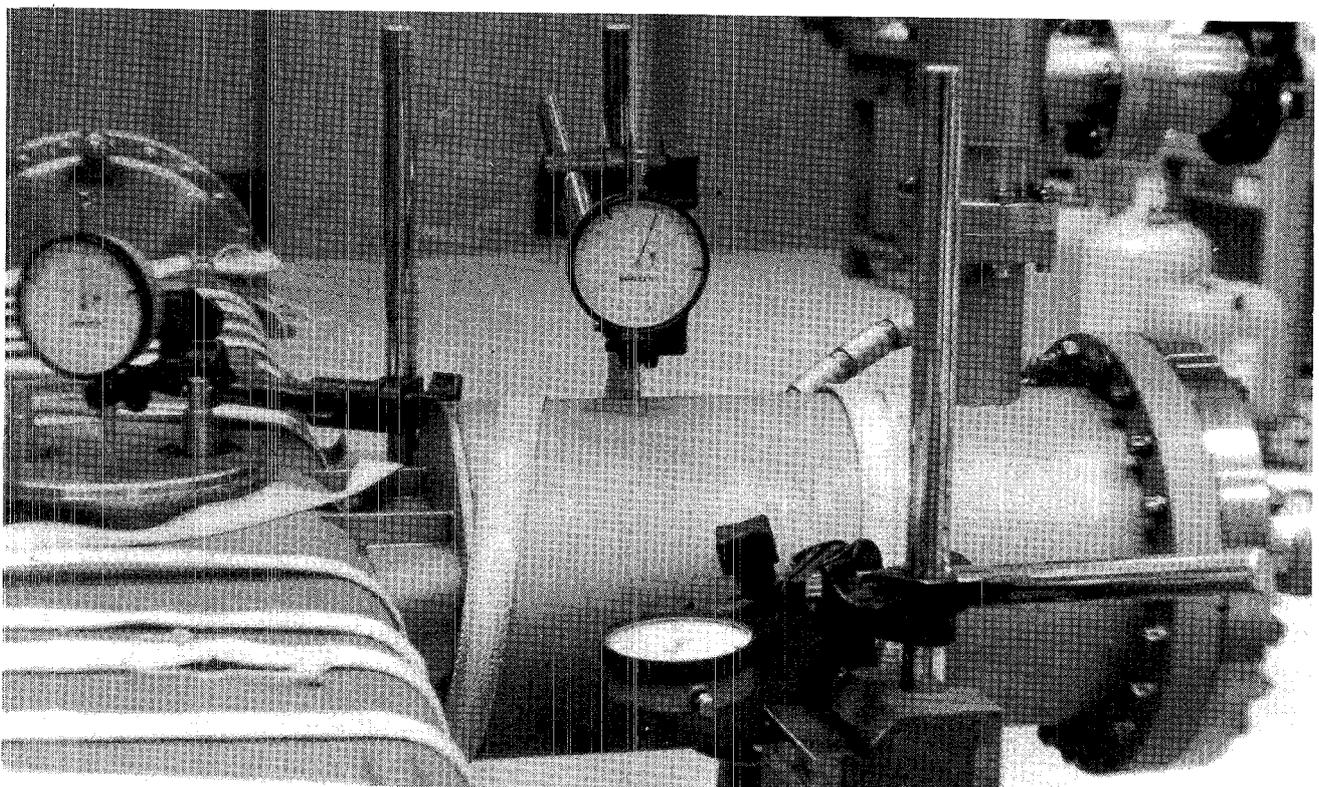


FIG. 87 - Camera da vuoto a T sottoposta a controllo dimensionale.

In parallelo alla sostituzione della camera sarà montato un sistema di acquisizione dati per la diagnostica del vuoto. In relazione a ciò nel corso dell'anno è stato sviluppato il progetto e si è dato inizio alla realizzazione dei primi prototipi.

— Riduzione del multipacting su cavità a radiofrequenza.

Le scariche del tipo multipacting sulla cavità RF di Adone creano una serie di problemi, come difficoltà di accensione, sovraccarichi sull'alimentazione, ecc.

È noto che queste scariche dipendono dal coefficiente di emissione secondaria di elettroni della superficie interna. In particolare sono responsabili dell'innescò della scarica alcune zone ben definite e individuabili mediante programmi di calcolo.

Se si trattano queste zone con una sostanza a basso coefficiente di emissione (ad es. Carbonio, Nitruro di Titanio, ecc.) si impedisce l'innescò della scarica.

Sono state fatte delle prove di grafitazione, anche per mettere a punto la tecnica di deposito, su un modello 1:3 della cavità di Adone. Le prove hanno avuto successo e si è quindi passati al trattamento della cavità a 51.4 MHz della macchina (Fig. 87). Anche in questo caso la grafitazione ha avuto successo, sia per l'eliminazione del Multipacting, come si voleva, sia per quanto riguarda la compatibilità con l'ultravacuo.

Il programma futuro prevede lo studio di nuovi materiali e di nuove tecniche di deposizione, anche in vista di eventuali applicazioni nel campo delle cavità superconduttrici.

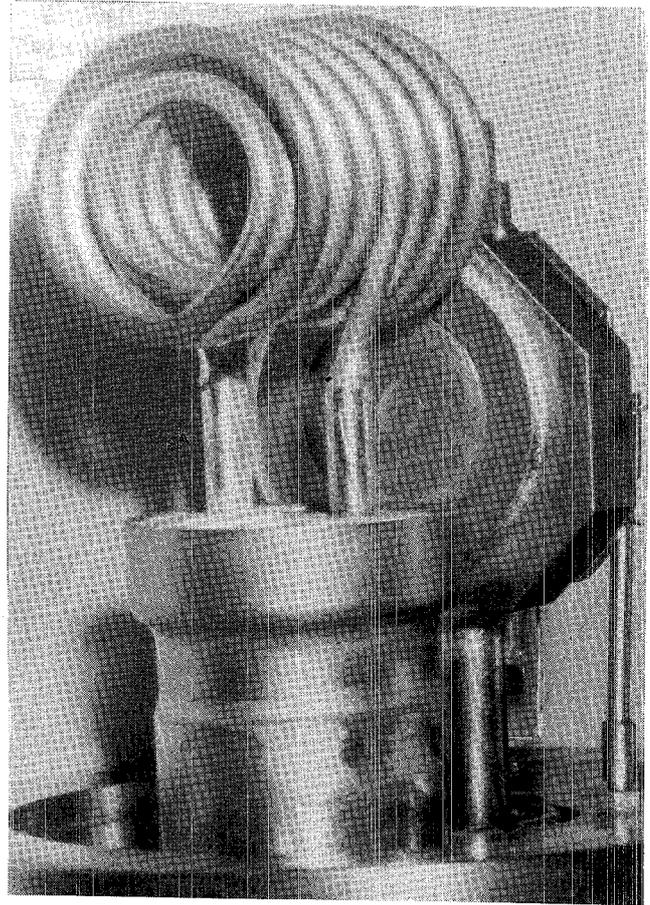


FIG. 89 - Targhetta di conversione  $e^-$ ,  $e^+$  e lente pulsata montata sulla flangia a connessione rapida.

— Positron Converter.

È stato costruito e montato sul Linac il nuovo modello di contenitore e di equipaggio mobile della targhetta di conversione  $e^-$ ,  $e^+$  (Figg. 88 e 89).

Le caratteristiche e le specifiche cui deve soddisfare il contenitore sono le seguenti:

- una camera di tenuta al vuoto;
- una struttura per assorbire le radiazioni emesse;

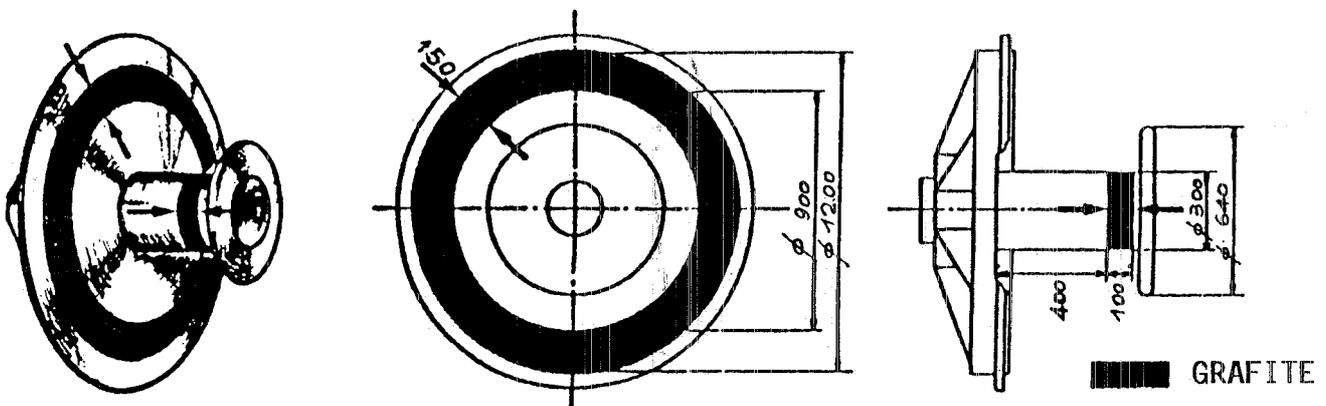


FIG. 88 - Cavità RF di Adone: posizione e dimensioni dei layers di grafite sui funghi e sui flangioni.

— una scelta dei materiali limitata esclusivamente a quelli a bassa attività residua, cioè a materiali che sotto irraggiamento formano prevalentemente radionuclidi a vita media breve.

L'alluminio per la camera a vuoto e il piombo puro come assorbitore risponde alle specifiche suddette. Per la costruzione dell'oggetto abbiamo usato metalli puri ma di tipo commerciale, per la loro facile reperibilità.

Gli sviluppi futuri prevedono la soluzione di alcuni problemi presentatisi in questi ultimi turni, la modifica del dispositivo di traslazione della targhetta e lo studio della possibilità di inserire un monitor di dimensioni del fascio.

#### — Superconduttività.

Alcune persone del gruppo si sono occupate dell'avvio del programma di Superconduttività, in particolare dedicandosi al layout degli impianti, alla scelta dei materiali e dei componenti, ecc. È stato messo a punto un sistema di calcolo per la determinazione delle caratteristiche generali di Wiggler superconduttore.

Il Servizio ha preso possesso, durante l'anno, dei nuovi locali, dando inizio alla loro sistemazione in funzione delle varie attività. A regime si avranno due sale vuoto ad atmosfera controllata, una sala forni, una sala prove e collaudi, una officina meccanica.

#### **Pubblicazioni**

— M.E. Biagini et al., Perspectives for a high energy electron cooling at LEAR. An experimental test, 1985 PAC Conf., Vancouver, May 1985; IEEE Trans. NS-32, 2409 (1985).

- P. Fernandes et al., Design of the cavities for RF energy storage, c.s., p. 2812.
- R. Boni et al., Reduction of multipacting in an accelerator cavity, c.s., p. 2815.
- S. Tazzari, The European synchrotron radiation facility, c.s., p. 3400.
- S. Bartalucci, An overview of programs for calculation of undulator radiation spectra, Proc. of SPIE Conf. on Insertion Devices, San Francisco, Oct. 1985.
- S. De Simone et al., Amplificatore distribuito per feedback trasverso, Memorandum SC-116.
- M. Preger, Inserzione ad alta risoluzione energetica per il fascio gamma monocromatici sulla macchina Europea per la Luce di Sincrotrone, Memorandum G-56.
- F. Tazzioli, Curve di livello dei rivelatori a bottoni, Memorandum SC-117.
- A. Aragona et al., Strumentazione Adone e camera da vuoto: situazione al 11/1/1985, Memorandum SC-118.
- M. Biagini et al., Scaling della struttura di ESRP ad un anello per Luce di Sincrotrone da 2 GeV, Memorandum G-57.
- M. Preger e F. Tazzioli, Deformazione localizzata dell'orbita per l'iniezione in Adone, Memorandum EI/14.
- S. De Simone e M. Troiani, Allineamento del braccio portafilo (simulatore fascio) per calibrazione dei monitor di posizione delle nuove sezioni quadrupolari di Adone, Memorandum M-43.
- R. Boni e F. Tazzioli, Stato e prospettive della radiofrequenza di Adone, Memorandum RF-55.
- A. Aragona e F. Sgamma, OPAL: calcolo delle deformazioni specifiche dei vari strati costituenti la bobina, Memorandum M-44.
- S. Bartalucci e L. Palumbo, Instabilità multibunch: semplice formula per il calcolo della corrente di soglia nel caso di accoppiamento con un risonatore a banda stretta, Memorandum T-120.
- M. Preger, Monitor di luminosità per l'operazione di Adone a due fasci, Memorandum SC-119.
- F. Sgamma, Sollecitazioni e deformazione di un cilindro soggetto al peso proprio e poggiato orizzontalmente su due generatrici simmetriche rispetto alla verticale, Memorandum M-47.
- M. Preger, Ottimizzazione della risoluzione energetica per un fascio di backscattering di luce laser da un fascio di elettroni, Memorandum G-66.
- M. Serio et al., Adone 1986: Strumentazione e camere da vuoto, Memorandum SC-120.
- S. De Simone e M. Serio, Multiplexer per monitor di posizione, Memorandum SC-121.
- F. Tazzioli, Lunghezza dei pacchetti in Adone, Memorandum T-121.

# ATTIVITÀ DELLA DIVISIONE TECNICA

## Servizio Progetti e Costruzioni

Componenti servizio: A. Beatrici, G. Bisogni, B. Casagrande, A. Cecchetti, A. Ceccarelli, R. Ciocca, B. Dulach (Resp.), G. Fontana, V. Luppino, U. Martini, M. Meli, A. Mengucci (distaccato al CDF), A. Olivieri, G. Sensolini, G. Sabbatini (distaccato all'OFTA), F. Sgamma, M. Troiani, A. Vitali, A. Zolla.

Durante il corso dell'anno, allo scopo di razionalizzare le attività dedicate alla meccanica, è stato deciso di unire in un unico servizio, per un periodo di sperimentazione, le strutture di progettazione e di costruzione con tutte le attività al contorno. Inoltre è stato effettuato dopo lunga attesa, l'indispensabile trasferimento dei laboratori e degli uffici nelle nuove e più spaziose aree. Queste importanti innovazioni, che permetteranno in un prossimo futuro un migliore utilizzo sia del personale che delle attrezzature, hanno solo parzialmente rallentato le attività del Servizio relative ai diversi programmi dei Laboratori.

Per il Laboratorio del Gran Sasso si sta collaborando attualmente a due tra i diversi esperimenti programmati: l'esperimento MACRO e l'esperimento ICARUS.

Per l'esperimento MACRO sono state eseguite le prove di resistenza meccanica su tutti i componenti della struttura le quali hanno dato risultati più che soddisfacenti. È stato inoltre costruito un prototipo in scala naturale di un blocco di cemento sul quale sono stati eseguiti i collaudi strutturali e studiate le procedure di costruzione (Fig. 90).

Per l'esperimento ICARUS, che si propone temi di ricerca relativi sia alla fisica delle particelle elementari che all'astrofisica, si è iniziato lo studio di fattibilità del magnete caldo da 0,5 Tesla. La Fig. 91 mostra schematicamente la posizione del magnete all'interno della sala C del laboratorio. Date le notevoli dimensioni del solenoide (diametro esterno circa 18 metri, lunghezza circa 25 metri) si sta studiando un sistema costruttivo, costituito di settori di alluminio di  $\pi/2$  d'arco opportunamente collegati tra loro, che permette l'assieme in sito del solenoide.

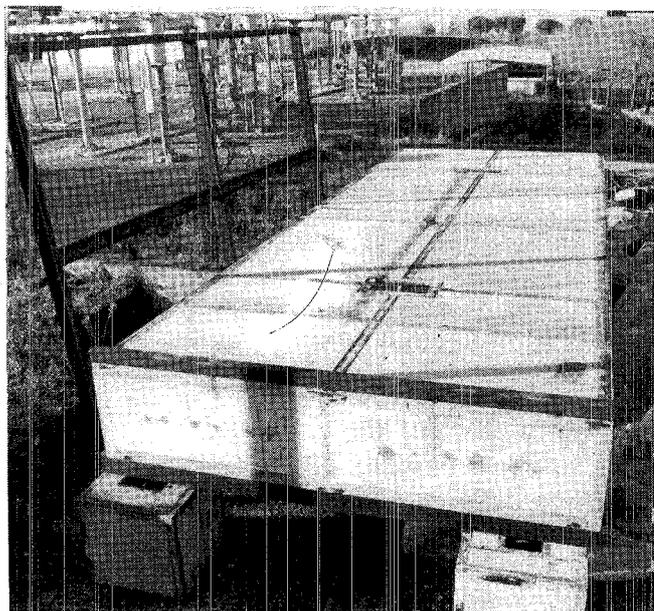


FIG. 90 - Blocco di cemento per l'esperimento MACRO.

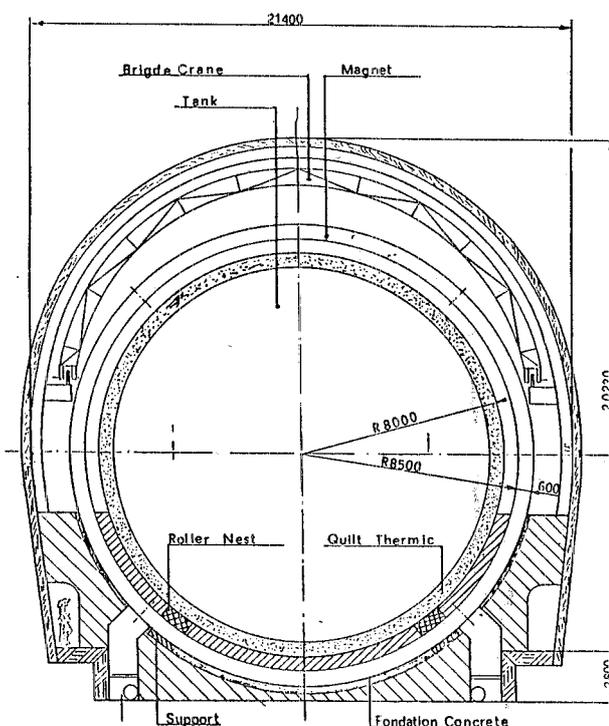


FIG. 91 - Posizione del magnete per esperimento ICARUS all'interno della sala C del laboratorio del Gran Sasso.

La Fig. 92 mostra il disegno di uno dei circa duemila settori che compongono il magnete.

L'attività su programmi in corso presso i laboratori stranieri si è maggiormente concentrata sugli esperimenti ALEPH al CERN, LABRO a Brookhaven, CDF e FLATEV al FermiLab.

Per l'esperimento ALEPH è iniziato lo studio del primo strato di rivelatori per i  $\mu$  che circondano il barrel ed è stato costruito un prototipo di contenitore dei rivelatori su cui sono state effettuate le prove ed i collaudi necessari

L'esperimento LABRO ci ha visto impegnati nel progetto di parti di canale da vuoto e nello studio preliminare dell'apparato sperimentale.

Per l'esperimento CDF è stato completato il progetto definitivo dei rivelatori sottovuoto (Fig. 93) e della relativa supporteria ed è iniziata la costruzione dei cinque esemplari.

Con l'installazione sul fascio  $\gamma$  del FermiLab dell'esperimento FLATEV si è conclusa nei tempi previsti la fase più impegnativa di

questo programma. Rimangono da definire alcuni problemi al contorno che verranno approfonditi nei primi mesi del 1986.

Le attività all'interno dei Laboratori si sono concentrate principalmente su lavori per migliorare l'efficienza di Adone e del Linac e per aumentare l'energia. In particolare è iniziata la costruzione presso una Ditta esterna della 2<sup>a</sup> Cavità RF 51.4 MHz e del basamento nelle nostre officine. È stato disegnato e costruito all'interno il convertitore elettronpositroni con la relativa lente di focalizzazione. Il corpo di questa delicata apparecchiatura è stato costruito completamente in alluminio allo scopo di abbassare i livelli di radioattività secondaria dovuta al forte irraggiamento a cui è sottoposto tutto il materiale circostante il convertitore.

Con l'acquisto di nuove attrezzature si è potuto effettuare un accurato controllo della posizione dei magneti e dei quadrupoli di Adone. Tale controllo ha evidenziato una ellitticità dell'orbita geometrica della macchina ed una espansione media di 1 mm sul raggio. A seguito di tali risultati si sta program-

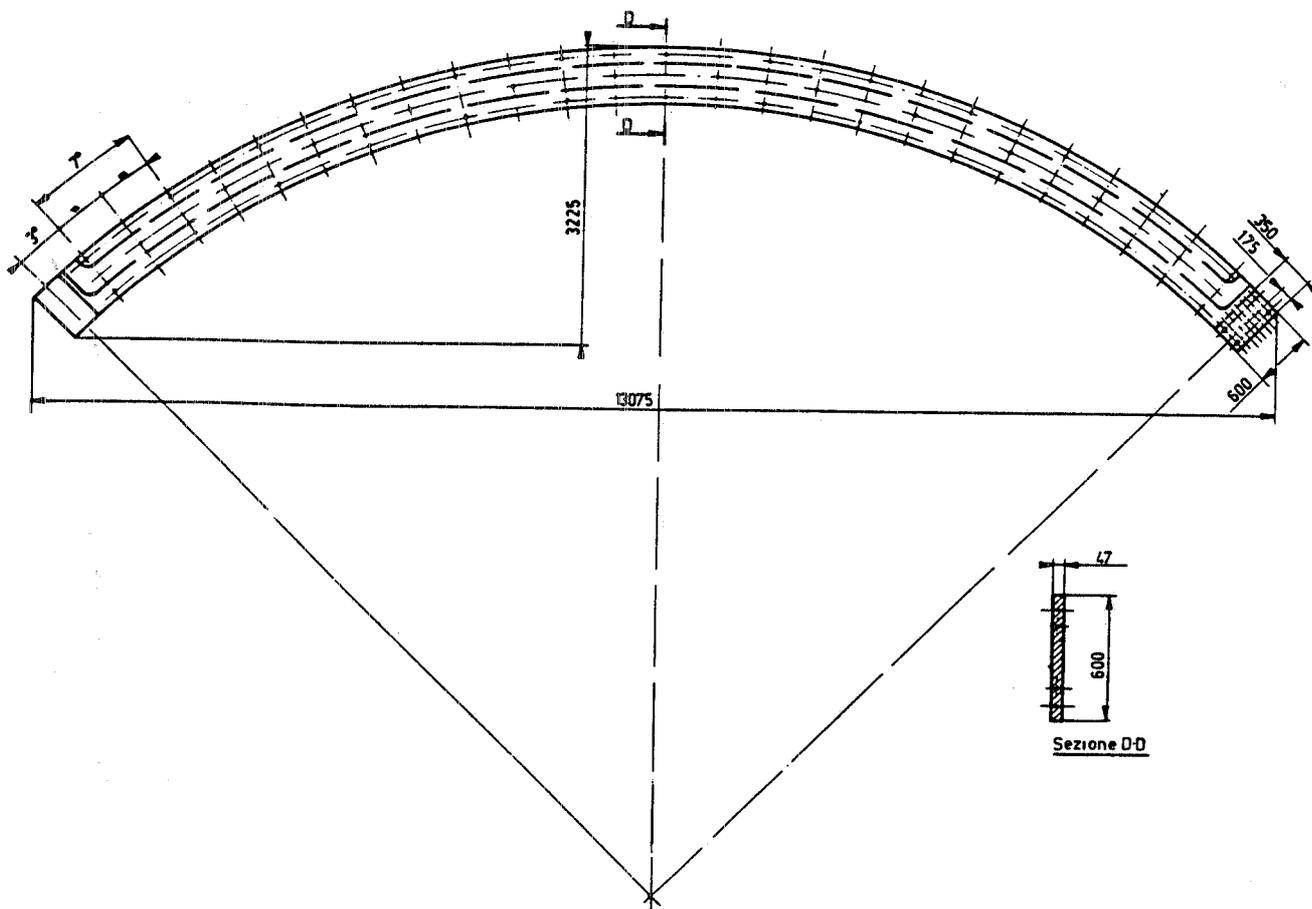


FIG. 92 - Disegno di uno dei settori che compongono il magnete.

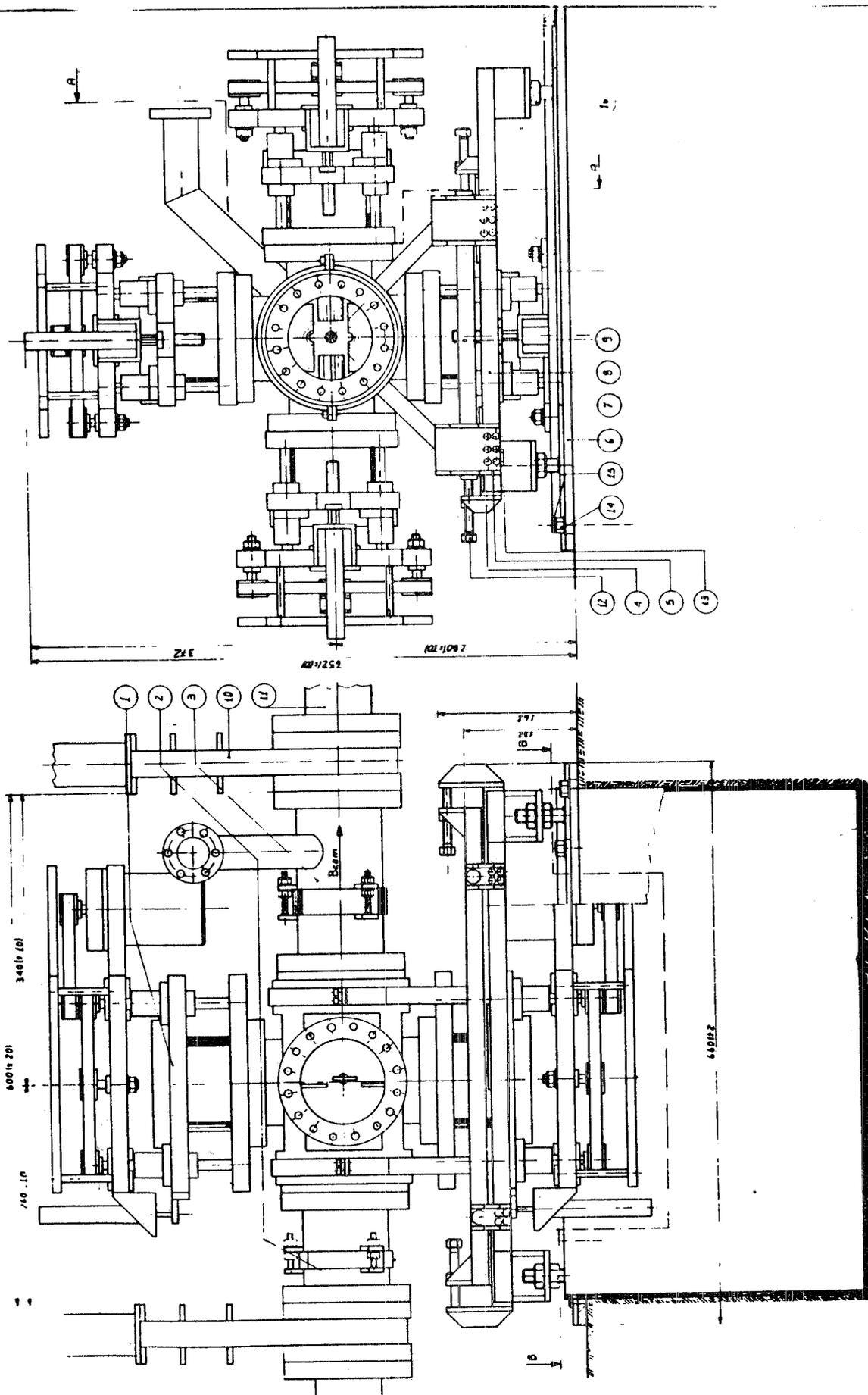


FIG. 93 - Rivelatori sottovuoto per l'esperimento CDF.

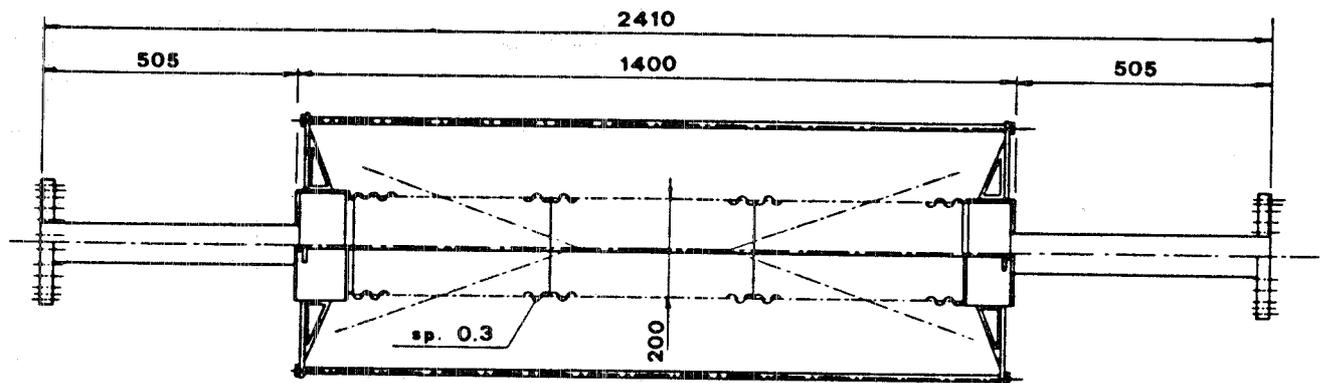


FIG. 94 - Disegno della camera a vuoto a parete sottile per l'esperimento FENICE.

mando un intervento di aggiustamento di tutta la macchina che verrà probabilmente effettuato entro il 1986.

Diversi interventi di allineamento e controllo di apparecchiature e apparati sperimentali sono stati richiesti dai gruppi: LEALE, LADON, PULS, e PWA.

Nel 1986 verranno ripristinati in Adone i fasci e<sup>+</sup> e<sup>-</sup> richiesti dall'esperimento FENICE per effettuare le misure del fattore di forma del neutrone. Per questo esperimento stiamo collaborando con il progetto della camera da vuoto a parete sottile (Fig. 94) e con lo studio preliminare del rivelatore di vertice.

Relativamente alla computerizzazione della gestione del magazzino metalli si sono ulteriormente perfezionate le varie procedure di carico, scarico, produzione di rendiconti e di cataloghi.

Inoltre si è estesa tale computerizzazione alla gestione del magazzino centrale per conto dell'Amministrazione e in via transitoria.

### Servizio Elettrotecnica

Componenti servizio: D. Cosson, G. Fuga, F. Iungo, A. Rioldino, M. Rondinelli, C. Sanelli (Resp.).

Nel corso dell'anno è stato portato a compimento l'ampliamento dei Laboratori Adone permettendo ai Servizi interessati di prendere possesso delle aree di loro interesse; inoltre è stata avviata la seconda fase dell'appalto per gli impianti di riscaldamento e di condizionamento che, seppure non ultimata, era già funzionante durante l'inverno 1985/86.

L'acquisizione di nuovo personale (due elettricisti) ha permesso, oltre la normale manutenzione e gestione delle reti di distri-

buzione, la realizzazione di un notevole numero di installazioni nonché dei turni di reperibilità più efficienti che in passato.

Particolare attenzione è stata rivolta alla sicurezza delle persone e cose; in collaborazione con l'Ufficio Sicurezza si è ristrutturato il locale del gruppo elettrogeno di emergenza in base alla nuova normativa che prevede un locale completamente isolato dai locali attigui; sugli impianti di conversione AC/DC di potenza dotati di trasformatori con centro stella isolato sono state installate particolari attrezzature per la rilevazione e segnalazione del primo guasto a terra.

È stata realizzata l'alimentazione del Tubificio, del PEPR e del LADON dalla nuova cabina prefabbricata di distribuzione LADON-NUSEX; il nuovo trasformatore in resina epossidica per il nuovo impianto trasmettitore per la cavità RF è stato installato ed in Ottobre era funzionante; si è iniziata la installazione del nuovo alimentatore Ansaldo per il magnete wiggler, la cui ultimazione è prevista per l'inizio del 1986.

È stato realizzato uno stallo provvisorio per l'alimentazione dell'edificio Alte Energie permettendo, in collaborazione con il Servizio di Edilizia, di procedere allo smantellamento della vecchia cabina elettrica ed alla preparazione del basamento e dei cavidotti necessari ad ospitare, nello stesso posto della vecchia, la nuova cabina di trasformazione. Si sono acquisite nuove tecniche di programmazione per Controllori Logici Programmabili (PLC) che saranno utilizzate nella realizzazione del nuovo quadro per il controllo e comando dei motori della sala pompe Adone, la cui fornitura è attesa per la primavera 1986.

Il contributo offerto dal Servizio alla superconduttività, allo Electron-Cooling, è descritto nei relativi reports.

## Servizio Rivelatori

Componenti servizio: R. Baldini, R. Bonini, G. Catitti, V. Chiarella (Resp.), G. Di Giovanni, R. Di Stefano, A. Di Virgilio, C. Federici, L. Iannotti, D. Pistoni, D. Riondino, M. Santoni, S. Valeri.

### OFTA

L'inizio dell'anno ha visto l'OFTA impegnata nel collaudo e messa a punto della catena semiautomatica per la tessitura ed il montaggio di tubi a streamer a catodo resistivo (Fig. 95).

Successivamente a tale fase è iniziato il montaggio di tali rivelatori per l'esperimento ALEPH.

I rivelatori prodotti per ALEPH durante l'anno coprono circa un terzo del necessario per il barrel del calorimetro adronico (vedi relazione su ALEPH).

Nella seconda metà dell'anno è stata realizzata, su principi diversi e alla luce dell'esperienza nel frattempo maturata, una nuova macchina per il fissaggio a caldo dei fili sui cavalierini in plastica (Fig. 96), in sostituzione di un'altra già esistente.

Durante il corso dell'anno è stata inoltre effettuata la manutenzione ordinaria e straordinaria a tutto il "Tubificio", compreso il reparto "verniciatura", e fornita ai vari gruppi ospiti (OPAL, DELPHI, SLD...) la necessaria assistenza per la parte di competenza del Servizio.

Per la parte elettronica ci si è avvalsi della collaborazione del G. Corradi del gruppo ALEPH.

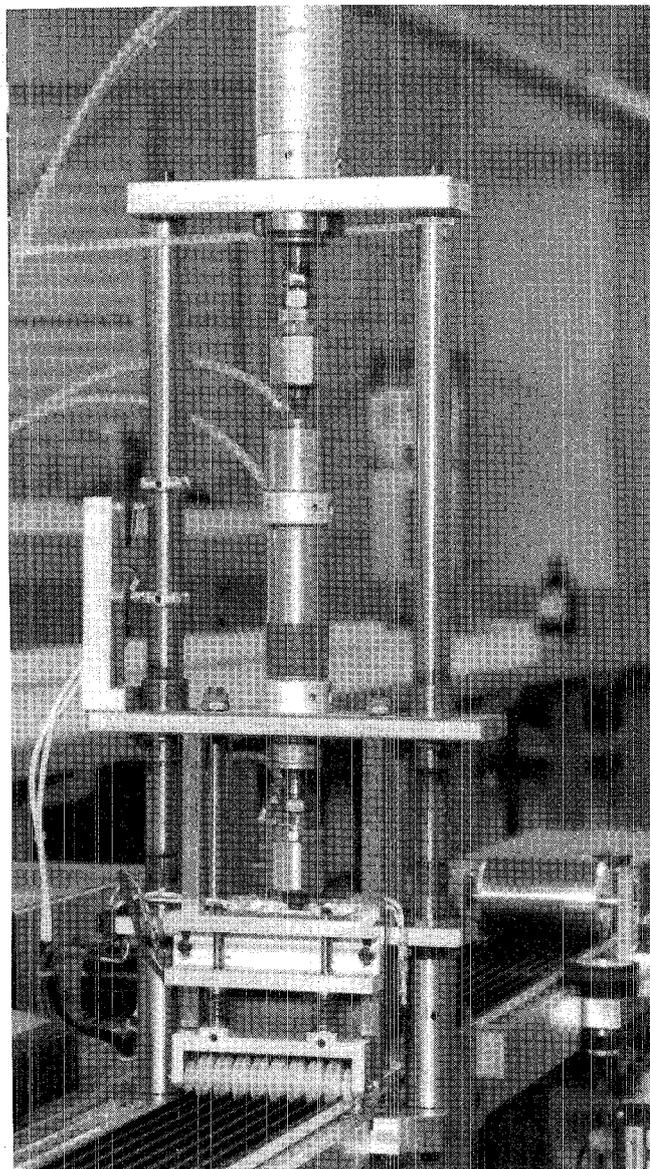


FIG. 96 - Macchina per il bloccaggio a caldo dei fili. Si notano i due pistoni pneumatici in cascata, il primo dei quali porta una battuta mobile di riferimento a contatto del profilo mentre il secondo aziona le punte calde.

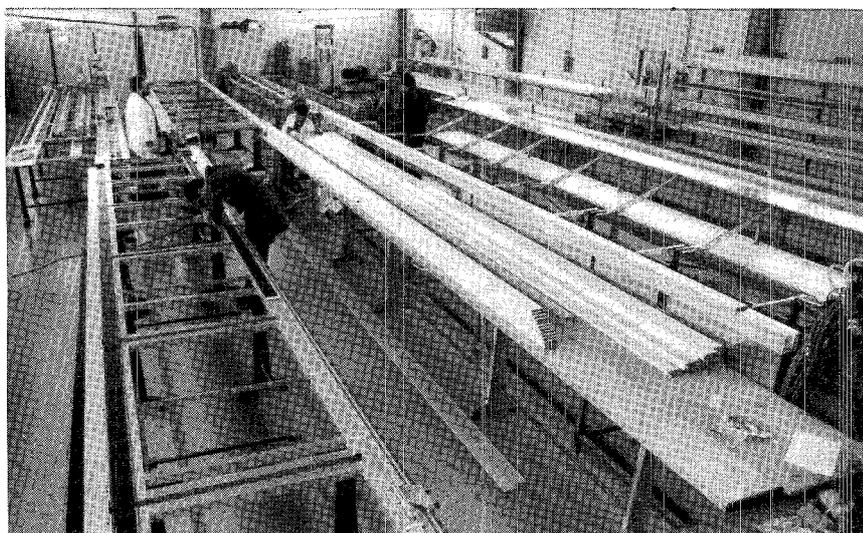


FIG. 95 - Tubificio. Veduta del reparto tessitura e montaggio.

## *Laboratorio Fotografico e Circuiti Stampati*

Il Laboratorio Fotografico e Circuiti Stampati svolge sostanzialmente i seguenti compiti:

- Documentazione fotografica BN e colore, comprensiva di ripresa, sviluppo e stampa anche per diapositive e trasparenze, specie per rielaborazioni particolari o per motivi di urgenza.
- Disegni per pubblicazioni. Si eseguono figure e disegni tecnico-scientifici per le pubblicazioni interne e su riviste.
- Masters per Circuiti Stampati. Una persona è dedicata allo sbroglio di circuiti elettronici ed alla realizzazione dei masters per i circuiti stampati. La tecnica è ancora completamente manuale a causa dell'impossibilità di meccanizzazione dati gli esigui finanziamenti del Servizio. La produzione annua è di una decina di masters complessi.
- Realizzazione prototipi di circuiti stampati. È questa ormai la principale attività del laboratorio. Viene di norma realizzato un prototipo di C.S. partendo dal master originale ed eseguendo tutti i passaggi fotografici, inclusa la generazione con tecnica fotografica della massa diffusa (se richie-

sta). Quindi si passa alla preparazione meccanica delle piastre ed al successivo trattamento chimico-galvanico che include metallizzazione dei fori, depositi di stagno-piombo, doratura contattiere, etc.

I prototipi così realizzati sono di livello tecnico elevato. Le produzioni in serie successive ai prototipi vengono invece commissionate a Ditte esterne a cura degli utenti stessi.

Durante l'anno sono stati realizzati circa 250 prototipi.

## **Pubblicazioni**

- B. Dulach and G. Sensolini, ALEPH experiment. Transverse test on  $\mu$  detector container, Memorandum M-45.
- B. Dulach, Esperimento FENICE. Dati generali sulle aree utilizzate dall'esperimento. Memorandum M-46.
- A. Aragona e F. Sgamma, OPAL. Calcolo delle deformazioni specifiche dei vari strati costituenti la bobina, Memorandum M-44.
- G. Fuga, Misure magneti deuterio LEALE, Memorandum IDT-19.
- S. De Simone e M. Troiani, Allineamento del braccio portafilo (simulatore fascio) per calibrazione dei monitor di posizione delle nuove sezioni quadrupolari di Adone, Memorandum M-43.

# CENTRO DI CALCOLO

Componenti del gruppo: M.L. Ferrer, A. Martini.

Tecnici: O. Ciaffoni, M. Pistoni, M.A. Spano.

Nel 1985 le risorse di calcolo locali sono considerevolmente aumentate in tre importanti aspetti:

1. Capacità di calcolo centrale, in seguito alla sostituzione del VAX 11/780 (1 Mips) con il VAX 8600 (4-5 Mips).
2. Estensione della rete locale Ethernet fino a coprire le seguenti aree: Divisione Macchine, Divisione Tecnica, LEALE, PULS, Superconduttività.
3. Collegamento del VAX alla rete pubblica ITAPAC.

Il Centro è così configurato:

- Cluster centrale.
- Computer interconnect per VAX 8600
  - \* CPU 8600 con 8 Mbytes di memoria;
  - \* Floating point accelerator;
  - \* 2 Adattatori Unibus.
- HSC50, Controllore per dischi e nastri
  - \* 4 dischi con capacità totale di 2 Gigabytes;
  - \* 3 unità a nastro magnetico 1600/6250 bpi.
- Interfacce di comunicazione
  - \* 3 DMF32, 1 CS21, 2 DZ11, 1 DM32 che forniscono 80 linee per terminali, 3 controllori per stampanti ai quali sono collegate due Centronics 600 linee/minuto e tre linee sincrone alle quali sono collegate una linea a 2400 bps verso ITAPAC e due DECNET verso le sedi INFN di Roma e Napoli a 9600 bps;
  - \* 1 DMR11, linea sincrone per collegamento DECNET verso il nodo centrale della rete INFNET al CNAF (Bologna);
  - \* 1 LV11, interfaccia per stampante VERSATEC;
  - \* 1 DEUNA, interfaccia verso la rete Ethernet.

Sul VAX 8600 è installato il sistema operativo VMS 4.2 e i seguenti linguaggi o programmi di utilità generale: DECNET, FORTRAN, BASIC, PASCAL, C, CDD, DTR, FMS.

È anche funzionante il software per la gestione dei "terminal server" installati lungo la rete, che forniscono attualmente altre 40 linee per terminali. Il numero di "terminal server" a disposizione aumenterà nel prossimo anno permettendo così di ridurre il numero di interfacce collegate direttamente all'Unibus del VAX 8600.

La gestione software dell'interfacce per il telex ITA-03 dell'Eurotech che è stata realizzata presso il Centro è anche installata sul VAX 8600.

A livello di prova sono installati il software VAXELAN che utilizza come "target" un micro VAX-1 installato presso il Centro e il software DOGS, sempre della Digital, per il CAD meccanico.

Sono anche a disposizione le librerie di programmi ufficialmente supportate dal CERN.

Per la gestione della rete ITAPAC si utilizza il software PSI 3.2 della Digital. Questo software permette l'accesso alla rete pubblica come PAD e mail elettronico. Attraverso il calcolatore direttamente collegato ad ITAPAC possono accederci altri calcolatori della rete DECNET utilizzando il software PSIACCESS. Attualmente sono così collegate le sedi di Roma e del CNAF.

Per mail elettronico e file transfer verso e da altri nodi non collegati alla rete INFNET (DECNET) è utilizzata la rete EARNET/BITNET attraverso i nodi di Pisa (CNUCE), Bologna (CINECA) e CERN.

L'utilizzo della capacità di calcolo dell'8600 da parte degli attuali 200 utenti del calcolatore è stato negli ultimi mesi del 1985 di circa il 60% del tempo solare.

I programmi di espansione per l'anno 1986 prevedono:

- Altri 4 Mbytes di memoria centrale;
- Stampante grafica laser-printer;
- Stazioni di lavoro grafico.

Altre risorse di calcolo sono nate all'interno dei Laboratori. Da illustrare, una rete interna di personal computers MacIntosh che oltre ad essere collegati individualmente al calcolatore centrale condividono una stazione di printer grafica.

# SERVIZI GENERALI

## SERVIZIO FISICA SANITARIA

Componenti servizio: R. Centioni, M. Chiti, A. Esposito, A. Gentile, M. Pelliccioni (Resp.).

Ospiti: P. Bianco, K. Parthasaradhi.

Nel corso del 1985 il Servizio Fisica Sanitaria ha continuato, come di consueto, ad assicurare nei Laboratori la sorveglianza fisica della radioprotezione.

Le azioni di maggior rilievo affrontate nell'ambito di tale attività hanno riguardato l'installazione del nuovo positron converter del Linac e l'entrata in esercizio del canale BX1 del Laboratorio PWA.

Prendendo spunto dai problemi incontrati in quest'ultima occasione, si è ripreso lo studio dei livelli di dose prodotti dalla bremsstrahlung su gas residuo in Adone, con l'obiettivo di trovare conferma ai modelli di calcolo.

Nell'ambito delle attività di studio e sviluppo è stata anche portata avanti la raccolta dati sulla produzione di gas tossici da parte dei fasci di elettroni di potenza, in collaborazione con la USL-RM29.

È stato anche studiato il problema delle nuove grandezze operative da utilizzare nel controllo dell'irradiazione esterna. Su questo argomento è stato dato inizio anche a una collaborazione con un ricercatore della Sezione di Torino dell'INFN, avente per oggetto l'uso delle nuove grandezze nel calcolo delle schermature per neutroni.

È altresì proseguita la collaborazione con i ricercatori interessati alle attività nel Laboratorio del Gran Sasso, per conto dei quali sono state effettuate nuove indagini sulla radioattività nei vari tipi di cemento e misure in galleria dei livelli di dose da raggi gamma e di concentrazione di radon in aria.

È anche proseguita la collaborazione con il CERN relativa ai problemi di radioprotezione posti dalla costruzione del LEP.

Avvalendosi infine della presenza di un ricercatore ospite, sono state effettuate, con il fascio di raggi X del PULS, misure di sezioni

d'urto fotoelettriche in prossimità del K-edge per vari materiali.

## Pubblicazioni

A. Benco, L. Frittelli e M. Pelliccioni, Alcune grandezze da utilizzare nelle valutazioni radioprotezionistiche. *Sicurezza e Protezione*, 7, 85 (1985).

G. Busuoli and M. Pelliccioni, A practical proposal for neutron dosimetry in radiation protection, *Radiation Protection Dosimetry*, 12, 167 (1985).

## SERVIZIO MEDICINA DEL LAVORO

Componenti servizio: P. Rufini, E. Righi (Resp.)

Nell'anno 1985, il Servizio di Medicina del Lavoro (SML) dei LNF ha effettuato la sorveglianza medica preventiva, periodica e straordinaria per il personale che svolge attività con esposizione professionale al rischio da radiazioni ionizzanti (D.P.R. 185/64).

Il SML ha effettuato inoltre i controlli sanitari e di igiene ambientale per i rischi convenzionali (D.P.R. n. 303/56: "Norme generali di igiene del lavoro").

Dette attività di medicina preventiva comprendono anche indagini cliniche per lo screening di malattie a significato medico-sociale.

Accanto agli aspetti più propriamente operativi, il SML ha svolto attività di studio e di approfondimento nel campo della medicina del lavoro con particolare riferimento alle necessità dell'Ente (radiopatologia clinica, aspetti medici della sovraesposizione accidentale alle radiazioni ionizzanti; dosimetria citogenetica; lesività e protezionistica dei laser, dei campi magnetici, delle radiofrequenze e microonde).

L'attività di studio, che ha già avuto concreti riflessi applicativi, viene svolta in collaborazione con le altre unità dei LNF o

nell'ambito di gruppi di lavoro di Associazioni Scientifiche.

Alcune linee di studio fanno parte dei programmi di ricerca effettuati in collaborazione con la USL Roma 29 e con la Regione Lazio.

## **SERVIZIO DOCUMENTAZIONE**

Componenti servizio: L. Invidia, G. Leoni, M. Pacifici, G. Romagnoli, S. Stipich (Resp.)

Quest'anno la biblioteca ha avuto un incremento di circa 300 volumi. Gli abbonamenti sono stati ridotti rispetto al 1984 e attualmente i Laboratori sono abbonati a circa

130 riviste. Prosegue lo scambio delle pubblicazioni con circa 280 Istituti italiani e stranieri.

Nel 1985 il Servizio ha composto e stampato 100 lavori, 32 dei quali per le altre Sezioni dell'INFN. Sono stati anche composti circa 80 lavori inviati per la pubblicazione alle riviste e per i Proceedings delle Conferenze. Il servizio ha pubblicato, nel corso dell'anno, i Proceedings della "4<sup>a</sup> Sessione dell'International Seminar on Nuclear War" e del "ESONE CAD Seminar for Electronics" (v. elenco pubblicazioni).

Il reparto tipografico è stato potenziato con l'acquisto di una nuova impaginatrice e di una seconda stampatrice offset, mentre il reparto composizione è in attesa dell'elaboratore Macintosh, corredato delle stampanti "Laser Write" e "Image Write", nonché dei programmi relativi alle esigenze del servizio.

## Articoli su Riviste

- L. Incoccia, S. Mobilio, et al.: EXTENDED X-RAY ABSORPTION FINE STRUCTURE STUDY OF HYDROGENATED AMORPHOUS SILICON-GERMANIUM ALLOYS, *Phys. Rev.* **B31**, 1028 (1985).
- G. Pancheri, Y.N. Srivastava and M. Pallotta: KNO SCALING VIOLATIONS AND THE APPEARANCE OF THE THREE GLUON COUPLING AT THE COLLIDER, *Phys. Lett.* **151B**, 453 (1985).
- G. Altarelli, R.K. Ellis and G. Martinelli: LEPTON PAIR PRODUCTION AT ISR ENERGIES AND QCD, *Phys. Lett.* **151B**, 457 (1985).
- G. Battistoni, C. Bloise, P. Campana, V. Chiarella, E. Iarocci, G.P. Murtas, G. Nicoletti, L. Satta, et al.: PRIMARY COSMIC RAY SPECTRUM AT ENERGY  $\sim 10^{13}$ - $10^{16}$  eV FROM MULTIPLE MUON EVENTS IN NUSEX EXPERIMENT, *Nuovo Cimento* **8C**, 76 (1985).
- A. Castellina, H. Bilokon, et al.: CHARM HADROPRODUCTION CROSS-SECTION UP TO 100 TeV FROM MEASUREMENTS OF THE COSMIC-RAY MUON ANGULAR DISTRIBUTION. RESULTS OF THE MONT BLANC EXPERIMENT, *Nuovo Cimento* **8C**, 93 (1985).
- Y.N. Srivastava, A. Widom and M.H. Friedman: ENGINEERING THE CHIRAL ANOMALY: THE QUANTUM HALL EFFECT, *Lett. Nuovo Cimento* **42**, 137 (1985).
- G.M. Bilei, O. Ciaffoni, M.L. Ferrer and L. Trasatti: AN INTELLIGENT CONTROLLER FOR DATA ACQUISITION FROM STREAMER TUBE CALORIMETERS, *Nucl. Instr. & Meth.* **228**, 589 (1985).
- M. Greco: HIGH  $E_T$  PRODUCTION IN QCD, *Nuclear Phys.* **B250**, 450 (1985).
- Y.N. Srivastava, M.H. Friedman and A. Widom: PLANER DYNAMICS OF CHARGED QUANTUM VORTICES, *Lett. Nuovo Cimento*, **42**, 232 (1985).
- M. Falcioni, G. Parisi, et al.: AGAIN ON SU(3) GLUEBALL MASS, *Nuclear Phys.* **B251(FS13)**, 624 (1985).
- F. Celani, S. Pace and M. Baffa: HYSTERETIC EFFECTS IN THE D.C. CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF NORMAL Nb/Pb TUNNEL JUNCTIONS, *Phys. Lett.* **111A**, 141 (1985).
- F. Balestra, C. Guaraldo, A. Maggiora, et al.: EXPERIMENTAL APPARATUS FOR STUDYING INTERACTION OF ANTIPROTONS WITH LIGHT NUCLEI, *Nucl. Instr. & Meth.* **A234**, 30 (1985).
- O. Ciaffoni, M.L. Ferrer, L. Trasatti and M. Coli: CANDI 2, A CAMAC MICROCOMPUTER SYSTEM FOR A PHYSICS LABORATORY, *Nucl. Instr. & Meth.* **A234**, 288 (1985).
- G.P. Capitani, E. De Sanctis, P. Levi-Sandri, et al.: MONTE-CARLO STUDY OF PROTON MULTIPLE SCATTERING IN (e,e'p) REACTION, *Nuovo Cimento* **85A**, 37 (1985).
- P. Chiappetta, M. Greco and J. Soffer: LEPTON K SPECTRUM FROM W PRODUCTION AT COLLIDER ENERGIES, *Zeit. Phys.* **C26**, 543 (1985).
- M. Greco: BACK-TO-BACK JETS AS A TEST OF THE THREE GLUON COUPLING, *Zeit. Phys.* **C26**, 567 (1985).
- M. Mézard, G. Parisi and M.A. Virasoro: RANDOM FREE ENERGIES IN SPIN GLASSES, *J. de Phys. Lettres* **46**, L-217 (1985).
- T. Camporesi, R. De Sangro, A. Marini, I. Peruzzi, M. Piccolo, F. Ronga, et al.: SEARCH FOR SINGLE PHOTONS FROM SUPERSYMMETRY PARTICLE PRODUCTION, *Phys. Rev. Letters* **54**, 1118 (1985).
- Z.E. Meziani, G.P. Capitani, E. De Sanctis, et al.: TRANSVERSE RESPONSE FUNCTIONS IN DEEP-INELASTIC ELECTRON SCATTERING FOR  $^{40}\text{Ca}$ , AND  $^{56}\text{Fe}$ , *Phys. Rev. Letters* **54**, 1233 (1985).
- E. Fernandez, T. Camporesi, R. De Sangro, A. Marini, I. Peruzzi, M. Piccolo, F. Ronga, et al.: ELECTROWEAK EFFECTS IN  $e^+e^- \rightarrow \tau^-\tau^+$  AT 29 GeV, *Phys. Rev. Letters* **54**, 1620 (1985).
- E. Fernandez, T. Camporesi, R. De Sangro, A. Marini, I. Peruzzi, M. Piccolo, F. Ronga, et al.: MEASUREMENT OF LIFETIME AND BRANCHING RATIOS, *Phys. Rev. Letters* **54**, 1624 (1985).
- E. De Sanctis, G.P. Capitani, et al.: DEUTERON PHOTODISINTEGRATION CROSS SECTION BETWEEN 100 AND 220 MeV, *Phys. Rev. Letters* **54**, 1639 (1985).
- A. Balerna, E. Burattini, S. Mobilio, et al.: EXTENDED X-RAY ABSORPTION FINE-STRUCTURE AND NEAR-EDGE STRUCTURE STUDIES ON EVAPORATED SMALL CLUSTER OF Au, *Phys. Rev.* **B31**, 5058 (1985).
- E. Fernandez, R. De Sangro, A. Marini, I. Peruzzi, M. Piccolo, F. Ronga, et al.: PRECISION MEASUREMENT OF THE TOTAL CROSS SECTION FOR  $e^+e^- \rightarrow$  HADRONS AT A CENTER-OF-MASS ENERGY OF 29 GeV, *Phys. Rev.* **D31**, 1537 (1985).
- V. Bellini, E. De Sanctis, C. Guaraldo, V. Lucherini, E. Polli, A.R. Realon, et al.: PHOTOFISSION CROSS SECTION FOR  $^{238}\text{U}$ , BY 120-280 MeV QUASI-MONOCROMATIC PHOTONS, *Nuovo Cimento* **85A**, 75 (1985).
- M. Enorini, F.L. Fabbri, A. Zallo and P.G. Rancoita: MULTITARGET ELECTRONIC EXPERIMENT SEARCHING FOR ANOMALOUS PARTICLE FRAGMENTS, *Phys. Rev.* **C30**, 1090 (1984).
- M. Basile, M. Spinetti, G. Susinno, L. Votano, et al.: A LIMITED-STREAMER TUBE ELECTRON DETECTOR WITH HIGH REJECTION POWER AGAINST PIONS, *Nucl. Instr. & Meth.* **A235**, 74 (1985).
- S. Bianco, M. Enorini, F.L. Fabbri, A. Zallo and P.G. Rancoita: A MULTITARGET SOLID STATE DEVICE FOR STUDYING RELATIVISTIC HEAVY IONS FRAGMENTS, *Nucl. Instr. & Meth.* **A235**, 240 (1985).
- O. Ciaffoni, M. Coli, M.L. Ferrer and L. Trasatti: CAMAC AND LAN's, *Nucl. Instr. & Meth.* **A235**, 393 (1985).
- C. Rangacharyulu, F. Palumbo, et al.: SEARCH FOR ISOVECTOR MAGNETIC QUADRUPOLE STRENGTH AND SPIN-ISOSPIN CORRELATIONS IN  $^{20}\text{Ne}$ , *Phys. Rev.* **C31**, 1656 (1985).
- M. Emili, L. Incoccia, S. Mobilio, et al.: STRUCTURAL INVESTIGATIONS BY EXAFS, XANES AND XRD OF  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  GLASSY AND GLASS-CERAMIC MATERIALS PREPARED BY THE SOL-GEL METHOD, *J. Non-Cryst. Solids* **74**, 129 (1985).
- F.L. Fabbri, P. Laurelli, P. Spillantini, A. Zallo, et al.: FIRST MEASUREMENTS OF THE REACTION  $\pi^- e^- \rightarrow \pi^0 e^-$ , *Phys. Lett.* **155B**, 457 (1985).

- G. Battistoni, C. Bloise, P. Campana, V. Chiarella, A. Ciocio, E. Iarocci, G.P. Murtas, G. Nicoletti, L. Satta, et al.: OBSERVATION OF A TIME MODULATED MUON FLUX IN THE DIRECTION OF CYGNUS X-3, *Phys. Lett.* **155B**, 465 (1985).
- M. Greco: A NOTE ON HIGGS BOSON PRODUCTION IN HADRON COLLISIONS, *Phys. Lett.* **156B**, 109 (1985).
- G. Parisi: SYMANZIK'S IMPROVEMENT PROGRAM, *Nucl. Phys.* **B254**, 58 (1985).
- G. Altarelli, R.K. Ellis and G. Martinelli: VECTOR BOSON PRODUCTION AT PRESENT AND FUTURE COLLIDERS, *Zeit. Phys.* **C27**, 617 (1985).
- A. Benco, L. Frittelli e M. Pelliccioni: ALCUNE GRANDEZZE DA UTILIZZARE NELLE VALUTAZIONI RADIOPROTEZIONISTICHE, *Sicurezza e Protezione* **7**, 85 (1985).
- M.R. Biagini, R. Boni, S. De Simone, S. Guiducci, M. Preger, M. Serio, S. Tazzari, F. Tazzioli, M. Vescovi, et al.: GAIN OF THE LELA FREE ELECTRON LASER AND CHARACTERISTICS OF THE OPTICAL CAVITY, *Nucl. Instr. & Meth.* **A237**, 273 (1985).
- W.W. Ash, R. De Sangro, A. Marini, I. Peruzzi, M. Piccolo, et al.: SEARCH FOR MONOJET PRODUCTION IN  $e^+e^-$  ANNIHILATION, *Phys. Rev. Letters* **54**, 2477 (1985).
- E. Fernandez, T. Camporesi, E. De Sangro, A. Marini, I. Peruzzi, M. Piccolo, F. Ronga, et al.: MEASUREMENT OF ENERGY-ENERGY CORRELATIONS IN  $e^+e^-$  HADRONS AT  $\sqrt{s} = 29$  GeV, *Phys. Rev.* **D31**, 2724 (1985).
- A. Balerna, E. Bernieri P. Picozzi, A. Reale, S. Santucci, E. Burattini and S. Mobilio: A STRUCTURAL INVESTIGATION ON SMALL GOLD CLUSTERS BY EXAFS, *Surface Sci.* **156**, 206 (1985).
- M.A. Preger: STATE OF ART OF STORAGE RINGS FOR FEL OPERATION, *Nucl. Instr. & Meth.* **A237**, 343 (1985).
- S. Guiducci, M.A. Preger and L. Palumbo: THE EFFECT OF INTRA-BEAM SCATTERING ON THE DESIGN OF LOW EMITTANCE STORAGE RINGS FOR FEL OPERATION, *Nucl. Instr. & Meth.* **A237**, 353 (1985).
- U. Bizzarri, M. Biagini, S. Guiducci, R. Scrimaglio and S. Tazzari: EXPERIMENTAL STUDY OF BEAM OPTICS AND ENERGY RECOVERY FOR A HIGH-ENERGY ELECTRON COOLING DEVICE, *Nuovo Cimento* **88A**, 161 (1985).
- M. Anghinolfi, M. Castoldi, M. Albicocco and E. Polli: A LED SYSTEM TO CONTROL THE GAIN STABILITY OF NaI DETECTORS, *Nuovo Cimento* **88A**, 257 (1985).
- V. Azcoiti and A. Cruz: PLAQUETTE-PLAQUETTE CORRELATION FUNCTION IN A SU(2) LATTICE GAUGE THEORY WITH DYNAMICAL FERMIONS, *Phys. Lett.* **157B**, 205 (1985).
- F. Palumbo and A. Richter: SPLITTING OF THE MAGNETIC DIPOLE GIANT RESONANCE AND TRIAXIAL DEFORMATION, *Phys. Lett.* **158B**, 101 (1985).
- V. Azcoiti, A. Cruz and A. Nakamura: EFFECTS OF DYNAMICAL QUARK LOOPS ON MONTE CARLO SIMULATION IN LATTICE GAUGE THEORY, *Phys. Rev.* **D32**, 462 (1985).
- R. Benzi, G. Parisi, et al.: CHARACTERIZATION OF INTERMITTENCY IN CHAOTIC SYSTEMS, *J. Phys.* **18A**, 2157 (1985).
- G. Pancheri and Y.N. Srivastava: JETS IN MINIMUM BIAS PHYSICS, *Phys. Lett.* **159B**, 69 (1985).
- M. Basile, M. Spinetti, G. Susinno, L. Votano, et al.: DIMETHYL ETHER REVIEWED: NEW RESULTS ON USING THIS GAS IN A HIGH-PRECISION DRIFT CHAMBER, *Nucl. Instr. & Meth.* **A239**, 497 (1985).
- M. Falcioni and A. Teves: CORRECTIONS TO UNIVERSAL SCALING FOR THE 2D NON-LINEAR SIGMA MODEL ON THE LATTICE, *Phys. Lett.* **159B**, 140 (1985).
- G. Battistoni, et al.: MUON TRACKING UNDERGROUND, *Nuovo Cimento A*, in corso di pubblicazione.
- G. Battistoni, et al.: LIMIT AN MONOPOLE FLUX IN THE MONT BLANC NUSEX EXPERIMENT, *Nuovo Cimento A*, in corso di pubblicazione.
- A. Castellina, H. Bilokon, et al.: UNDERGROUND MUON ENERGY SPECTRUM AND ITS RELEVANCE FOR MUON ASTRONOMY, *Lett. Nuovo Cimento* **44**, 401 (1985).
- E. Etim and L. Schülke: VECTOR MESON-PROTON CROSS SECTIONS FROM DEEP INELASTIC SCATTERING DATA, *Nuovo Cimento* **89A**, 343 (1985).
- P. Berhet, F. Fabbri, P. Picozza, L. Satta, et al.: VERY BACKWARD  $\pi^0$  and  $\eta^0$  PRODUCTION BY PROTON PROJECTILES ON A DEUTERIUM TARGET AT INTERMEDIATE ENERGIES, *Nucl. Phys.* **A443**, 589 (1985).
- J. Banaigs, M. De Sanctis, F.L. Fabbri, P. Picozza, L. Satta, et al.: DIFFRACTIVE ONE-PION PRODUCTION IN THE  $\alpha p \rightarrow \alpha x$  PROCESSES AT  $P_\alpha = 7$  GeV/c, *Nucl. Phys.* **A445**, 737 (1985).
- A. Nakamura and L. Satta: THE TENSOR ANALYZING POWER IN BACKWARD pd ELASTIC SCATTERING AND ITS RELATION TO  $pp \rightarrow \pi d$  AT INTERMEDIATE ENERGIES, *Nucl. Phys.* **A445**, 706 (1985).
- G. Matone: PHYSICS WITH POLARIZED PHOTONS, *Nucl. Phys.* **A446**, 337c (1985).
- N. Lo Iudice, F. Palumbo, et al.: EFFECT OF TRIAXIAL DEFORMATION ON THE SPLITTING OF THE M1 ISOVECTOR ROTATIONAL STATE, *Phys. Lett.* **161B**, 18 (1985).
- F. Balestra, C. Guaraldo, A. Maggiora, et al.: INELASTIC INTERACTION OF ANTIPROTON WITH  $^4\text{He}$  NUCLEI BETWEEN 200 AND 600 MeV/c, *Phys. Lett.* **165B**, 265 (1985).
- T. Banaigs, F.L. Fabbri, P.G. Picozza, L. Satta, et al.: FIRST OBSERVATION OF THE  $d + d \rightarrow ^4\text{He} + \eta^0$  REACTION, *Phys. Rev.* **C32**, 1448 (1985).
- M. De Pascale, R. Giordano, G. Matone, P. Picozza, et al.: POLARIZATION ASYMMETRY IN THE PHOTODISINTEGRATION OF THE DEUTERON, *Phys. Rev.* **C32**, 1830 (1985).
- W.W. Ash, I. Peruzzi, M. Piccolo, et al.: PRECISE MEASUREMENTS OF THE LEPTONIC BRANCHING RATIOS OF THE TAU LEPTON, *Phys. Rev. Letters* **55**, 2118 (1985).
- G. Altarelli, G. Martinelli, et al.: ELECTROPRODUCTION OF SUPERSYMMETRIC PARTICLES AND GAUGE BOSONS, *Nucl. Phys.* **B262**, 204 (1985).
- M. Bochicchio, G. Martinelli, et al.: CHIRAL SYMMETRY ON THE LATTICE WITH WILSON FERMIONS, *Nucl. Phys.* **B262**, 331 (1985).
- A. Castellina, H. Bilokon, et al.: THE HIGH-ENERGY MUON FLUX IN AIR SHOWERS FROM CYGNUS X-3, *Lett. Nuovo Cimento* **44**, 491 (1985).
- G. Busuoli and M. Pelliccioni: A PRACTICAL PROPOSAL FOR NEUTRON DOSIMETRY IN RADIATION PROTECTION, *Radiation Protection Dosimetry* / **2**, 167 (1985).

## Rapporti LNF-85

- 1(P) R. Boni, V. Chimenti, P. Fernandes, R. Parodi, B. Spataro and F. Tazzioli: DISCHARGE PHENOMENA IN HIGH-VACUUM RESONANT CAVITIES, Proc. of "V Riunione Nazionale di Elettromagnetismo Applicato", Saint Vincent, Ottobre 1984, in corso di pubblicazione.
- 3(P) P. Fernandes, R. Parodi, C. Salvo and B. Spataro: DESIGN OF THE CAVITIES FOR STORING RF ENERGY, Proc. of "V Riunione Nazionale di Elettromagnetismo Applicato", Saint Vincent, Ottobre 1984, in corso di pubblicazione.
- 5(R) G. Turchetti: CALCOLO CONTINUO DELLA PRESSIONE IN UNA MACCHINA ACCELERATRICE. APPLICAZIONE AD ADONE.
- 7(R) E. Fiorini, C. Liguori and A. Rindi: GAMMA RAY AND NEUTRON BACKGROUND IN THE GRAN SASSO TUNNEL.
- 8(NT) G. Di Pirro and L. Trasatti: AN INTELLIGENT MASS STORAGE SYSTEM FOR CANDI2.
- 10(P) G. Martinelli: COLLIDER RESULTS AND QCD PREDICTIONS, Invited talk at the "5th Topical Workshop on Proton-Antiproton Collider Physics", Saint Vincent, Febbraio/Marzo, 1985.
- 11(NT) F. Cindolo, L. Ideo e G. Prisco: CALCOLO NUMERICO DELLE CURVE DI EMISSIONE SPONTANEA E STIMOLATA IN UN FEL E IN UN OPTICAL KLYSTRON.
- 14(R) M. Greco: HIGHER ORDER E.M. RADIATIVE CORRECTIONS  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$  AROUND THE  $Z_0$ .
- 15(P) E. De Sanctis: PHOTONUCLEAR REACTIONS AT FRASCATI, Invited talk at the "Second Workshop on Perspectives in Nuclear Physics at Intermediate Energies", Trieste, Marzo 1985.
- 16(P) F. Celani, S. Pace, S. Catà and A. Ferrigno: VOLTAGE INDUCED INSTABILITIES OF THE TUNNEL BARRIER IN Nb/Pb JUNCTIONS, Phys. Lett. A, in corso di pubblicazione.
- 24(P) M. Anghinolfi, N. Bianchi, G.P. Capitani, P. Corvisiero, E. De Sanctis, P. Di Giacomo, C. Guaraldo, V. Lucherini, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, M. Sanzone and A. Zucchiatti: DEUTERON PHOTODISINTEGRATION BETWEEN 100 MeV AND 255 MeV, Talk given at "Intern. Symp. on Mesons and Light Nuclei", Bechyne Castle, Maggio/Giugno 1985.
- 25(R) G. Auriemma, G. Basini, A. Capone, M. Ricci, A. Sciubba and P. Spillantini: MASS: MATTER ANTIMATTER SPACE SPECTROMETER. A SPACE EXPERIMENT FOR THE MEASUREMENT OF THE FLUX OF COSMIC RAY ANTIMATTER.
- 26(P) M. Benfatto, C.R. Natoli, A. Bianconi, J. Garcia, A. Marcelli, M. Fanfoni and I. Davoli: MULTIPLE SCATTERING REGIME AND HIGHER ORDER CORRELATIONS IN X-RAY ABSORPTION SPECTRA OF LIQUID SOLUTIONS, Phys. Rev. B, in corso di pubblicazione.
- 28(R) A. Rindi, F. Celani and F. Cardone: FURTHER MEASUREMENTS OF NEUTRON FLUXES AT THE GRAN SASSO LABORATORIES.
- 30(P) F. Palumbo: QUANTIZATION OF GAUGE THEORIES ON A TORUS, Inviato a Nuovo Cimento A.
- 31(P) S. Tazzari: ELECTRON STORAGE RINGS FOR THE PRODUCTION OF SYNCHROTRON RADIATION, Presented at the "1984 CERN Accelerator School", Orsay, Settembre 1984.
- 32(R) R. Coisson: CALCULATION OF SPECTRUM AND ANGULAR DISTRIBUTION NEAR THE PEAK OF AN UNDULATOR.
- 35 RAPPORTO D'ATTIVITÀ/ANNUAL REPORT 1984.
- 39(P) M. Greco: COLLIDER PHYSICS AND THE STANDARD MODEL, Invited talk at the "XVII Symposium on Multiparticle Dynamics", Kiryat-Anavim, Giugno 1985.
- 40(R) F. Cindolo, L. Ideo e G. Prisco: EFFETTI DELLE CARATTERISTICHE DEL FASCIO ELETTRONICO SULL'EMISSIONE SPONTANEA E STIMOLATA DA UN OPTICAL KLYSTRON.
- 41(P) F. Celani, M. Baffa, S. Catà, R. Falcioni and S. Pace: A SIMPLE LOW NOISE, TRUE INSTRUMENTATION AMPLIFIER FOR D.C. AND CHARACTERIZATION OF HIGH IMPEDANCE TUNNEL JUNCTIONS, Inviato a Nucl. Instr. & Meth. A.
- 42(P) J.E. Penner-Hahn, M. Benfatto, K.O. Hodgson, B. Hedman, J.T. Groves and S. Doniach: POLARIZED X-RAY ABSORPTION NEAR EDGE STRUCTURE OF HIGHLY OXIDIZED Cr PORPHYRINS, Invited talk at the "First Conference on the Progress in X-ray Studies by Synchrotron Radiation", Strasbourg, Aprile, 1985.
- 43(P) S. Stizza, M. Benfatto, I. Davoli, G. Mancini, A. Marcelli, A. Bianconi, M. Tomellini, J. Garcia and C.R. Natoli: ON THE BASIS STRUCTURAL UNIT OF AMORPHOUS  $V_2O_5$  FROM XANES AND EXAFS, Talk given at the "Third Intern. Conf. on the Structure of Non-Crystalline Materials", Grenoble, Luglio 1985.
- 44(P) M. Benfatto, A. Bianconi, I. Davoli, J. Garcia, A. Marcelli, C.R. Natoli and S. Stizza: XANES (X-RAY ABSORPTION NEAR EDGE STRUCTURE): A NEW PROBE OF HIGHER ORDER CORRELATION FUNCTION IN AMORPHOUS SEMICONDUCTORS, Presented at the "Eleventh Intern. Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors", Roma, Settembre 1985.
- 45(P) F. Palumbo: ZERO MOMENTUM MODES IN GAUGE THEORIES ON A TORUS, Invited talk at the "III Capri Symposium", Maggio, 1985.
- 46(P) C.R. Natoli, M. Benfatto and S. Doniach: THE USE OF GENERAL POTENTIALS IN MULTIPLE SCATTERING THEORY, Phys. Rev. A, in corso di pubblicazione.
- 48(P) G. Battistoni, C. Bloise, P. Campana, V. Chiarella, E. Iarocci, G.P. Murtas, G. Nicoletti, F. Ronga, et al.: THE NUSEX DETECTOR, Nucl. Instr. & Meth. A, in corso di pubblicazione.
- 49(R) S. Bianco, L. Daniello, M. Enorini, F.L. Fabbri, P.L. Frabetti, M. Giardoni, M. Occhigrossi, L. Passamonti, V. Russo, A. Sala, A. Spallone and A. Zallo: A TEST SYSTEM FOR LARGE NUMBERS OF PHOTOMULTIPLIERS.
- 50(P) I. Davoli, A. Bianconi, A. Marcelli, M. Tomellini and M. Fanfoni: MULTIELECTRON CONFIGURATIONS IN THE X-RAY ABSORPTION NEAR-EDGE STRUCTURE (XANES) OF NiO AT OXIGEN K THRESHOLD, Inviato a Phys. Rev. B.
- 51(P) J. Garcia, A. Bianconi, A. Marcelli, I. Davoli and J. Bartolome: LOCAL ELECTRONIC STRUCTURES AT SELECTED SITES OF INTERMETALLIC PEROVSKITES  $Mn_3MeX$  (Me = divalent metal, X = N, C), Inviato a Nuovo Cimento D.
- 52(R) C. Bloise: FOURIER ANALYSIS OF COSMIC RAYS ARRIVAL TIMES.

- 53(P) M. Benfatto, C.R. Natoli, J. Garcia, A. Bianconi, A. Marcelli and I. Davoli: LOCAL ORDER AT MANGANESE SITES IN IONIC SOLUTIONS BY XANES (X-RAY ABSORPTION NEAR EDGE STRUCTURE), Presented at the "Nato Advanced Study Institute on Amorphous and Liquid Materials", La Mendola, Agosto/Settembre, 1985.
- 54(P) Y.N. Srivastava and A. Widom: ENGINEERING THE CHIRAL ANOMALY: VACUUM SPIN WAVES, Lett. Nuovo Cimento, in corso di pubblicazione.
- 55(R) O. Ciaffoni, M.L. Ferrer and L. Trasatti: LOCAL AREA NETWORK EXPANSION AND HIGH SPEED INTERLABORATORY LINKS.
- 56(P) A. Bianconi, A. Marcelli, H. Dexpert, R. Karnatak, A. Kotani, T. Jo and J. Petiau: THE INTERATOMIC INTERMEDIATE VALENCE STATE OF INSULATING 4f-COMPOUNDS DETECTED BY X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY, Inviato a Phys. Rev. **B**.
- 57(P) M. Anghinolfi, V. Lucherini, N. Bianchi, G.P. Capitani, E. De Sanctis, P. Di Giacomo, C. Guaraldo, P. Levi-Sandri, E. Polli, A.R. Reolon, et al.: INCLUSIVE PHOTOPROTON SPECTRA FROM  $^{12}\text{C}$  AT INTERMEDIATE ENERGIES, Inviato a Nucl. Phys. **A**.
- 58(P) E. De Sanctis, M. Anghinolfi, G.P. Capitani, P. Corvisiero, P. Di Giacomo, C. Guaraldo, V. Lucherini, E. Polli, A.R. Reolon, G. Ricco, M. Sanzone and A. Zucchiatti: DIFFERENTIAL CROSS SECTION FOR THE  $d(\gamma, p)n$  REACTION BETWEEN 100 AND 255 MeV, Inviato a Phys. Rev. **C**.
- 59(P) S. Bartalucci: STATUS OF ADONE AS SYNCHROTRON RADIATION SOURCE, Presented at the "1985 Workshop on the Construction and Commissioning of Dedicated Synchrotron Radiation Facilities", Brookhaven, Ottobre 1985.
- 60(P) A. Segui: STRANGE QUARK MATTER FROM CYGNUS X-3, Inviato a J. of Physics **G**.
- 64(R) C. Sanelli: PROGETTO MAGNETICO DEI COMPENSATORI PER S.CO.W.
- 65(NT) G. Novelli: PARALLEL LINK BETWEEN A VAX AND A VME SYSTEM.
- 66(NT) M.L. Ferrer, E. Pace and L. Trasatti: VME-ETHERNET INTERCONNECTION.

### Proceedings

Proceedings of the ESONE CAD SEMINAR FOR ELECTRONICS, Legnaro, September 26, 1984.

Proceedings of the International Seminar on Nuclear War. 4th Session: THE NUCLEAR WINTER AND THE NEW DEFENSE SYSTEMS: PROBLEMS AND PERSPECTIVES, Erice, August 19-24, 1984 (Edited by W.S. Newman and S. Stipcich).

# FRASCATI NATIONAL LABORATORIES

The activities of the Frascati National Laboratories (LNF) are grouped into three Divisions: the Research Division, the Machine Division and the Technical Division.

The Research Division is concerned with activities in Nuclear and SubNuclear Physics, Synchrotron Light Physics, Theoretical Physics and General Physics.

Experimental activities are performed partly inside the LNF and partly in outside laboratories.

Inside activities include experiments with the Leale and Ladon  $\gamma$  ray beams, a free electron laser experiment, and experiments with the synchrotron light.

These last ones are performed within a scheme of collaboration with the National Research Council (CNR); this allows many external users to have access to the LNF synchrotron light facilities.

Moreover, during 1985 it was decided to reactivate the Adone operation with two beams for an experiment designed to measure the neutron form factor.

Outside activities include many international collaborations for experiments at CERN, FermiLab, Brookhaven, DESY, Saclay, and Orsay.

Finally the growing importance of passive underground experiments should also be mentioned. After the pioneering work of the Nussex experiment at the Monte Bianco Laboratory, three large experiments - MACRO, LVD, ICARUS - are now being planned for the Gran Sasso Laboratories.

While waiting for completion and full operation of the Gran Sasso Laboratories, the LNF provide technical support to these experiments.

During 1985 the LNF potentialities have been improved:

- the annual budget raised from 11600 to 21600 millions lire and the staff increased from 225 to 252 persons;
- the new PWA (Pulsed Wiggler Adone) Laboratory, for the use of the synchrotron light from the Adone wiggler magnet, was officially inaugurated and entered into operation;

- a new large hall with annexed services was added to the facilities of the Technical Division;

- at the computer center the 780 Vax was substituted with the more powerful Vax 8600; the disk space has been more than doubled.

Among the most significant scientific results of 1985, the following should be remembered.

The Nussex experiment found evidence of a cosmic muons signal coming from the CygnusX3 region and in phase with it. If confirmed, this observation seems not to be explainable with ordinary  $\mu$  production processes. It could imply the existence of a new neutral particle or of quark matter.

The CDF experiment did observe in September the very first proton-antiproton interactions at FermiLab at 1.6 Tev total energy.

The MAC experiment at SLAC did improve the measurements for the mean life of beauty particles and of the  $\tau$  lepton.

The DM2 experiment at DCI has continued the analysis of the  $\psi$  radiative decays.

With the Leale  $\gamma$  ray beam photodisintegration cross sections on deuterium and carbon have been measured.

Cross section asymmetry for carbon photodisintegration was measured with the Ladon polarized  $\gamma$  ray beam; experiments with the crystal ball apparatus have been started.

At the Lear antiproton ring at CERN, antiproton cross sections on H, D,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$  nuclei have been measured by the TOFRA-DUPP group; the helium measurements have relevance also for astrophysics.

At Saclay measurements of  $(e, e'p)$  and  $(e, e'd)$  reactions on  $^{40}\text{Ca}$  and  $^6\text{Li}$  have been performed; another experiment searches for the process  $dd \rightarrow ^4\text{He}\pi^0$  (test of charge symmetry).

The experiments with the synchrotron radiation use both the normal beam from the bending magnets (PULS) and the wiggler beam (PWA). With the normal beam, for the first time in the world, a two photon experiment of optical spectroscopy on solids has been performed.

The PWA group has set up other beam lines and has pursued absorption spectroscopy measurements.

Activities of the theoretical group include phenomenological analysis of the CERN collider experiments, study of condensed matter with synchrotron radiation, astrophysics problems related to the Gran Sasso experiments and fundamental problems in field theory. In nuclear physics a model for deformed nuclei has been studied which predicts the existence of collective magnetic states; this has been experimentally confirmed during the year.

The LNF are largely involved in designing, building and assembling important components for various experiments in preparation.

A production chain for large scale construction of streamer tubes has been set up. It is mainly devoted to the ALEPH experiment, but it is also used by other internal and external experiments (SLD, DELPHI, OPAL, LVD etc).

During 1985, at FermiLab, the installation of the CDF hadronic calorimeter barrel (entirely built in the LNF) was completed and the assembly of the FLATEV electromagnetic calorimeter was started.

The Machine Division takes care of the operation and upgrading of the LNF machines (Adone and Linac) and of the related facilities.

Moreover it is also active in accelerator physics research.

In the past year a new positron converter for the Linac has been installed. To increase the positron injection efficiency for the two beam operation of Adone, a new Linac gun and buncher was studied and ordered.

A new system for beam position monitoring is under construction; at its installation the Adone beam pipe will be substituted with a new one.

The 51 MHz Rf system has been improved: the multipacting phenomena which did reduce the system efficiency have been eliminated; the generator will be substituted and a new cavity has been ordered to be installed during 1986.

The accelerator physics group is involved in the free electron laser experiment, has collaborated in the project for a new national source of synchrotron light (Afrodite project) and in the electron cooling program for Lear.

The Technical Division provides the engineering and technical support to LNF activities. Many components for the experiments and the machines are built in the Division. Moreover it provides design and technical assistance for external constructions.

Important support was given to the following experiments:

- MACRO for the mechanical structure;
- ICARUS for the magnet design;
- ALEPH for the external muon detectors;
- LABRO for the laser optical system;
- CDF for the small angle luminosity monitors;
- FLATEV for the electromagnetic calorimeter;

and to the work concerning the Adone Rf cavity and the Linac positron converter.

Inside the Division, experiments can also exploit the Detector Service and the Printed Board and Photographic Service. The first one was mainly engaged in setting up and operating the production line for the streamer tubes. The second one produced about 250 printed board for the LNF experiments.

New activities started in 1985:

- Superconductivity program. The main aim of this program is the construction (a collaboration between the Machine and Technical Divisions) of a superconducting wiggler for Adone. The design phase is well advanced. The cooling system has been ordered and a cryogenic laboratory is being installed in the new hall.
- The collaboration in the construction of the HERA magnets.
- The collaboration in the SLD experiment at SLAC. The LNF group will participate to the construction of the hadronic calorimeter.
- The Adone experiment to measure the neutron form factor.
- The Gran Sasso experiments (LVD, ICARUS) to search for astrophysical muons and neutrinos, monopoles and nucleon decay.
- The search for antiprotons in cosmic radiation with high atmosphere balloons.
- The program for installing a gaseous jet target in the Adone straight section.