



ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE
LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

RAPPORTO Di ATTIVITA' 1979

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-80/63
Ottobre 1980

*Rapporto
di attività
1979*

Comitato Scientifico

Renato SCRIMAGLIO
Direttore LNF

Piergiorgio PICOZZA
Aiuto di Direzione LNF

Aldo CATTONI
Direttore Divisione Tecnica

Armando REALE
Direttore Divisione Ricerca

Sergio TAZZARI
Direttore Divisione Machine

Capo Redattore

Stanislao STIPCICH
Responsabile Servizio Documentazione

I N D I C E

INTRODUZIONE	1
DIVISIONE RICERCA	3
1.- <u>Fisica delle Particelle con Tecniche Elettroniche</u>	3
1.1.- Gruppo MEA	3
1.2.- Gruppo $\gamma\gamma 2$	3
1.3.- Gruppo Orsay-DM2	3
1.4.- Gruppo PEP 14	4
1.5.- Gruppo Neutrino	6
1.6.- Gruppo Frascati-Saclay	7
1.7.- Gruppo FRAM	8
1.8.- Produzione coerente di bremsstrahlung e di coppie in cristalli sottili	8
1.9.- Gruppo MDA	9
1.10.- Gruppo ZETAO	9
1.11.- Gruppo NUSEX	9
2.- <u>Fisica delle Particelle con Tecniche Visualizzanti</u>	10
2.1.- Gruppo Camera a Bolle	10
3.- <u>Fisica dei Nuclei</u>	11
3.1.- Esperimenti con l'acceleratore lineare (Lab. LEALE)	11
3.2.- Gruppo LADON	16
4.- <u>Fisica Teorica</u>	19
5.- <u>Ricerche Tecniche</u>	20
5.1.- Ricerche sulla dinamica dei sistemi a due livelli	20
6.- <u>Fisica Generale</u>	21
6.1.- Gruppo PULS	21
6.2.- Gruppo PWA	45
DIVISIONE MACCHINE	46
DIVISIONE TECNICA	50
SERVIZI	58
1.- <u>Centro di Calcolo</u>	58
2.- <u>Servizio di Fisica Sanitaria</u>	59
3.- <u>Servizio Documentazione</u>	59
ELENCO PUBBLICAZIONI	60
SUMMARY	67

LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

INTRODUZIONE.

Questo rapporto di attività per l'anno 1979 dei Laboratori Nazionali di Frascati è suddiviso, come ormai è tradizione, in tre parti corrispondenti alle tre Divisioni in cui si articola l'attività dei Laboratori e precisamente le Divisioni Ricerca, Macchine e Tecnica.

Per quanto concerne la Ricerca, le linee di attività sono quelle corrispondenti ai Gruppi INFN.

Nell'anno 1979 sono state definitivamente completate le analisi dei risultati ottenuti ad ADONE sulla fisica e^+e^- , mentre si è visto il consolidarsi delle collaborazioni dei Laboratori di Frascati con Laboratori europei ed americani (Orsay, PEP, FERMILAB) accanto all'attività, che data ormai da molti anni, presso il CERN e Saclay, e all'inizio di una grossa collaborazione per un esperimento sulla stabilità del nucleone.

Per quanto concerne la Fisica Nucleare, si sono avuti interessanti risultati finali con i fasci di pioni, il completamento del fascio di fotoni monocromatici da annichilazione con relativo inizio di raccolta di misure di fotodisintegrazione e di fotofissione di nuclei.

Il 1979 ha visto il completamento delle caratteristiche del fascio LADON e l'inizio della sperimentazione con tale fascio.

L'attività del Gruppo Teorico dei Laboratori è stata orientata in maniera approfondita verso vari temi, come la fisica delle interazioni, le supersimmetrie, la fisica dello stato solido e le proprietà dei materiali amorfi.

Per quanto riguarda la Fisica Generale, nel corso dell'anno, è diventato operante il programma PULS di luce di sincrotrone, che ha subito acquisito una notevole serie di risultati scientifici, mentre è stato completato dalle Divisioni Macchine e Tecnica il magnete Wiggler, inserito subito su Adone e collaudato con successo.

Da menzionare, inoltre, la collaborazione di molti ricercatori dei Laboratori ai gruppi di studio ECFA-LEP e al progetto ESRF.

Notevole è stato il lavoro delle Divisioni Macchine e Tecnica, che, oltre ad assicurare il buon funzionamento delle macchine del Centro e l'appoggio agli esperimenti, hanno condotto a termine o impostato una serie di lavori di fisica della macchina e tecnologici quasi tutti di alto livello. Tra questi, oltre alla realizzazione del Wiggler, basti citare la progettazione di un FEL per ADONE, la continuazione dello studio di progetto per ALA e ALFA, le collaborazioni al livello europeo.

Un quadro completo delle attività è dettagliato nei Rendiconti del Convegno sulle Attività presso i Laboratori Nazionali di Frascati, del 16-17 Ottobre 1979.

DIVISIONE RICERCA

Gruppo I - FISICA DELLE PARTICELLE CON TECNICHE ELETTRONICHE.

1. 1. - Gruppo MEA.

Componenti del gruppo: B. Esposito, A. Marini, G. Piano-Mortari e F. Ronga, in collaborazione con Maryland, Padova e Roma.

Il gruppo ha proseguito l'analisi dei dati raccolti ad Adone nel periodo 1974-1978. Le misure dei film sono continuate utilizzando i tavoli di Padova e Roma. Sono stati pubblicati risultati relativi alla produzione multiadronica fino a 1,6 GeV di energia (v. LNF-79/29), ed agli spettri inclusivi e frazione K/π nella regione 1,4-2,3 GeV (v. Nuovo Cimento 55A, 437 (1980)). Sono stati studiati inoltre i canali $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ ed $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, ottenendo risultati preliminari che sono in corso di stesura definitiva per la pubblicazione.

1. 2. - Gruppo $\gamma\gamma 2$.

Componenti del gruppo: R. Baldini-Celio, G. Battistoni, G. Capon, R. Del Fabbro, P. De Santis, E. Iarocci, M. M. Massai, S. Moriggi, G. P. Murtas, M. Spinetti e V. Valente, in collaborazione con Bologna e Roma.

Il gruppo ha completato l'analisi dei dati raccolti ad Adone nel 1978. In particolare sono stati completamente analizzati, in termini di sezioni d'urto, i dati raccolti con l'aggiunta del core di tubi proporzionali.

Sono state pubblicate le misure di sezione d'urto totale $\sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow \text{adroni})$ e di molteplicità cariche e neutre nell'intervallo di energie esplorato da Adone. In queste misure vi è completo accordo e coerenza interna tra i dati raccolti in tempi successivi e con l'apparato modificato.

Per i maggiori dettagli si rimanda alle pubblicazioni LNF-79/33 e 79/34.

1. 3. - Gruppo Orsay-DM2.

Componenti del gruppo: G. Capon, in collaborazione con Orsay.

Attualmente la componente italiana è rappresentata da G. Capon che ha già trascorso due anni (dal 1/9/1977 al 1/9/1979) al Laboratorio di Orsay con un contratto di ricercatore straniero. Il gruppo francese comprende circa 20 fisici. E' allo studio la possibilità di estendere la collaborazione ad alcuni ricercatori della Sezione di Padova.

L'esperimento si propone di studiare le interazioni e^+e^- all'anello DCI di Orsay con un apparato di elevate prestazioni: analisi magnetica, efficiente rivelazione di fotoni, grande angolo solido, identificazione di particelle.

Attualmente l'apparato è in corso di installazione sull'anello. Tutte le camere a fili interne sono state costruite e sono in fase di test. Tutti i contatori a scintillazione e i Cerenkov sono pronti. Tre ottanti del rivelatore di fotoni sono stati assemblati; gli altri cinque lo saranno nel corso della fermata macchina. E' in corso la costruzione dei piani di bitubi per il rivelatore di μ .

Si prevede di iniziare i turni di messa a punto dell'apparato sull'anello a partire dal prossimo maggio e di iniziare le misure verso la fine dell'estate.

La componente italiana ha seguito soprattutto lo sviluppo del software dell'esperimento sia per la parte di controllo on-line (programmi di sorveglianza e visualizzazione al PDP 11/40), sia per la parte di ricerca e fit di tracce nelle camere interne al magnete. Questo ultimo lavoro viene attualmente proseguito in sede al Centro di Calcolo dell'Università di Roma.

1.4. - Gruppo PEP 14.

Componenti del gruppo: A. Marini, I. Peruzzi, M. Piccolo e F. Ronga, in collaborazione con Berkeley, Hawaii, Northwestern e Stanford.

Nel corso del 1979 è stata completata la costruzione e l'istallazione nella sezione diritta numero 6 del PEP del dispositivo per la ricerca di quarks liberi costituito da contatore a scintillazione, Cerenkov e camere proporzionali (Fig. 1).

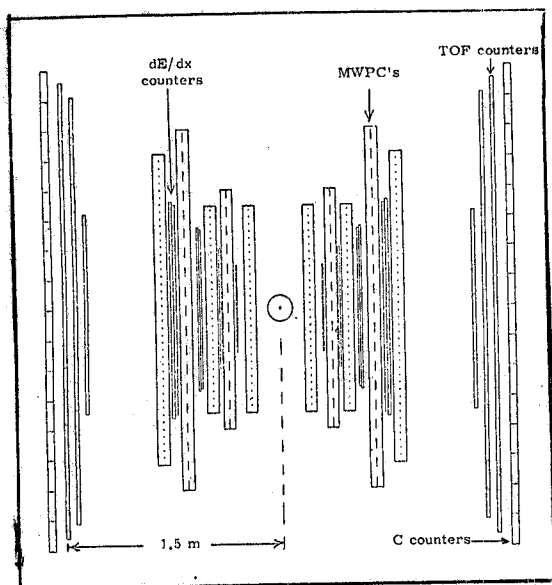


FIG. 1 - Dispositivo per la ricerca di quarks a PEP.

Il metodo sperimentale consiste nella determinazione della carica attraverso la misura del dE/dx e del β (mediante la tecnica del tempo di volo) dei prodotti di reazione e^+e^- . Scopo delle camere proporzionali è la ricostruzione nello spazio delle traiettorie, mentre i Cerenkov sono usati per identificare in maniera indipendente dal tempo di volo le particelle con $\beta = 1$.

L'apparato è stato inoltre implementato con un sistema di rivelatori sottili, posti fra la ciambella e la prima camera proporzionale, per far fronte alla possibilità che i quarks abbiano una sezione di urto di interazione con la materia molto maggiore di quella di un normale adrone. L'inserimento, che estende la sensibilità del dispositivo per quarks a venti sezione d'urto d'interazione da 4x a 50x quella di un normale adrone, è costituito da camere proporzionali sottili (6 per ramo, 2×10^{-4} lunghezze d'interazione ciascuna) e da scintillatori sottili (3 strati per ramo, spessore $1/16''$) per un totale di 2×10^{-2} lunghezze d'interazione compresa la ciambella.

Compiti del gruppo italiano, durante il 1979, sono stati la costruzione ed i tests dei contatori Cerenkov ed, in collaborazione con la Stanford University, la costruzione ed i tests dei contatori di TOF e degli scintillatori sottili, dei quali vengono illustrate le caratteristiche principali:

- a) I Cerenkov sono realizzati in UVT-lucite ($n = 1.49$), hanno dimensioni $300 \times 21 \times 15$ cm, sono visti alle estremità da due fotomoltiplicatori EMI 961 R da 5" ed hanno lunghezza di attenuazione $\lambda \sim 3.5$ m. I tests eseguiti con raggi cosmici e con il fascio di π di LEALE hanno mostrato che per particelle con incidenza normale e $\beta = 1$ il numero di fotoelettroni per un fototubo è ~ 5 ; che, malgrado le caratteristiche di direzionalità della luce Cerenkov, la somma dei segnali raccolti alle estremità è praticamente costante lungo il contatore (Fig. 2); che il rapporto fra luce Cerenkov e luce di scintillazione è

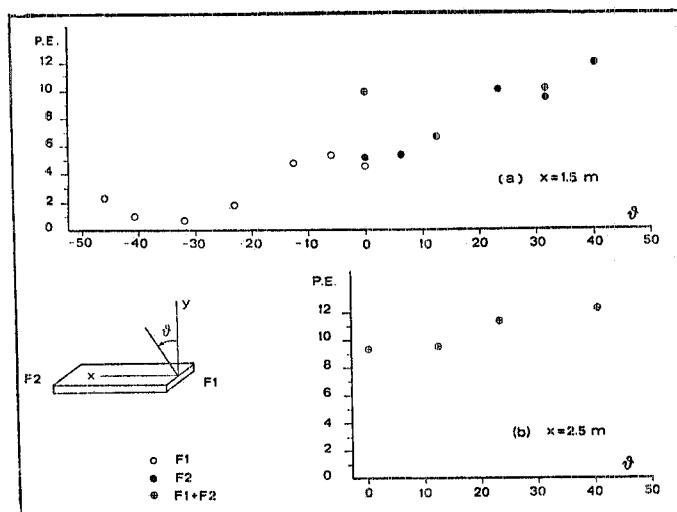


FIG. 2 - Contatori di Cerenkov; numero di fotoelettroni in funzione dell'angolo di incidenza θ . F1 e F2 sono i due fototubi all'estremità del contatore. F1+F2 corrisponde alla somma dei segnali dei fototubi. a) Telescopio di test al centro del contatore; b) Telescopio di test piazzato a 1 m dal centro del contatore.

$\sim 45/1$ (Fig. 3) e che l'efficienza di rivelazione, sommando l'uscita dei due fototubi, è maggiore del 99 % con contaminazione trascurabile da particelle con β minore della soglia Cerenkov (Fig. 4).

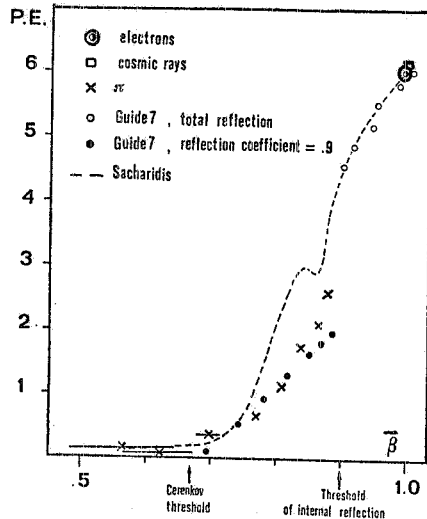


FIG. 3 - Contatori di Cerenkov; numero di fotoelettroni in funzione di β . La curva tratteggiata è tratta dal lavoro di Sacharidis (1972); Guide 7 è un programma di Massam di simulazione usato per il calcolo delle efficienze del contatore. Le caratteristiche geometriche del contatore determinano la differenza fra la curva di Sacharidis ed i risultati ottenuti nella regione dell'angolo critico.

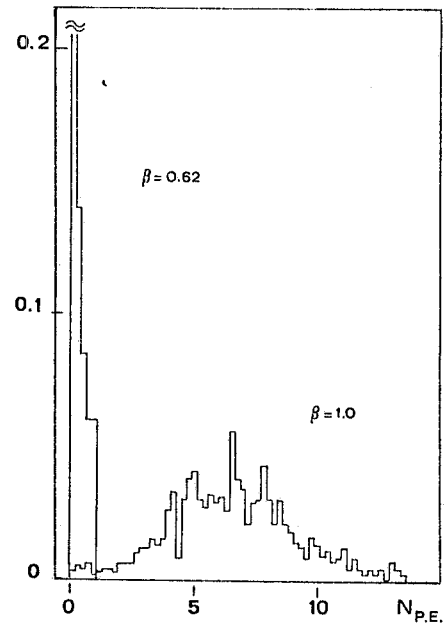


FIG. 4 - Contatori di Cerenkov; distribuzioni normalizzate della ampiezza di impulso a $\beta = 0.62$ e $\beta = 1$.

b) I contatori di tempo di volo sono realizzati in PILOTF, hanno dimensioni $300 \times 20 \times 2.5$ cm, sono visti da due fotomoltiplicatori AMPEREX XP2230 da 2" ed hanno lunghezza d'attenuazione $\lambda \sim 2.2$ m.

In Fig. 5 è riportato un tipico spettro d'ampiezza con sovrapposto il fit con una distribuzione Vavilov-Poisson; il numero di fotoelettroni è ~ 110 , la FWHM ~ 32 %.

La Fig. 6 mostra un tipico spettro di tempo di volo; includendo l'incertezza nel tempo di collisione fascio-fascio e senza correzioni geometriche si ha $\sigma(\text{TOF}) = 260$ psec, che implica $\Delta\beta/\beta \sim 5\%$ a 90° .

c) Il sistema degli scintillatori sottili, installato nell'apparato alla fine del 1979, consiste in tre strati di scintillatori per ramo, ciascuno composto da

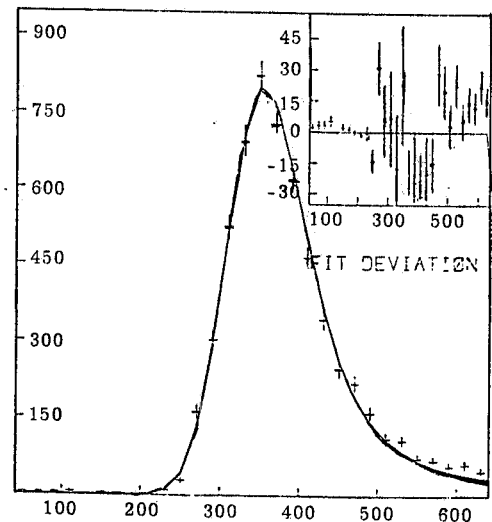


FIG. 5 - Contatori di TOF. Spettro di ampiezza di impulso.

almeno 8 scintillatori (PILOT F, 24" x 2, 1/2" x 1/16") visti da due fotomoltiplicatori AMPEREX XP 2230 da 2", la lunghezza d'attenuazione è $\lambda \sim 50$ cm.

La Fig. 7 mostra un tipico spettro d'ampiezza con sovrapposto un fit con distribuzione Vavilov-Poisson; il numero di fotoelettroni è circa 37.

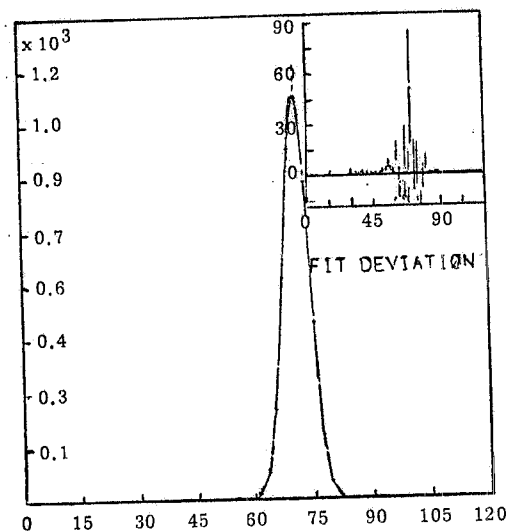


FIG. 6 - Contatori di TOF. Spettro di tempo di volo.

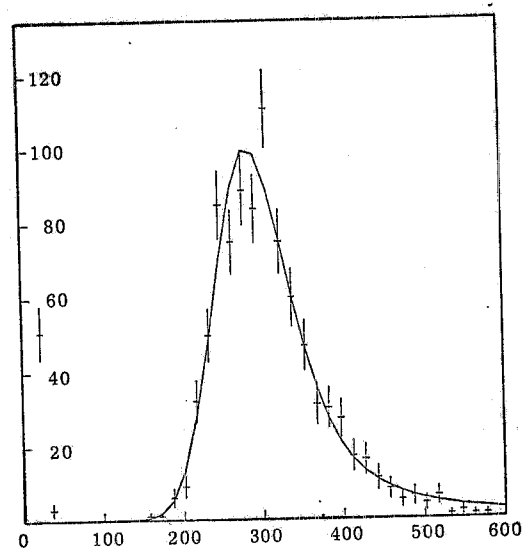


FIG. 7 - Scintillatori sottili. Spettro di ampiezza di impulso.

Le richieste per il 1980 del gruppo all'ECFA, il Comitato coordinatore delle attività a PEP, consistono in 400 turni con $L_{min} = 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ ad una energia $W = 30 \text{ GeV}$ e di 100 turni con $L_{min} = 1.5 \times 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ a $W \sim 36 \text{ GeV}$. Con il run proposto l'esperimento è in grado di porre, qualora non siano rivelati quarks, un limite su $\sigma(e^+e^- \rightarrow q + \bar{q} + \dots) / \sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-) < 5 \times 10^{-4}$ (90% livello di confidenza) per quarks di massa $< 14 \text{ GeV}/c^2$. Tale limite è inferiore di circa tre ordini di grandezza a quello pubblicato nel 1979 dall'esperimento JADE operante su PETRA.

1.5. - Gruppo Neutrino.

Componenti del gruppo: V. Valente, in collaborazione con Amsterdam, CERN, Hamburg, Mosca e Roma.

L'anno 1979 è stato completamente dedicato alla presa dati. I risultati salienti, già presentati a Congressi internazionali, e, taluni, pubblicati, riguardano:

- Misura della polarizzazione di μ^+ prodotti dalle interazioni di $\bar{\nu}$ di alta energia.
- Studio delle distribuzioni in x e y delle interazioni di corrente carica e neutra di neutrini ed antineutrini su targhetta isoscalare.
- Studio della fattibilità di un esperimento sullo scattering di neutrini su elettrone e misure preliminari di sezioni d'urto per neutrini ed antineutrini.
- Studio della reazione di decadimento inverso del μ .
- Misura del flusso di neutrini ed antineutrini di tipo " μ " ed " e " "pronti" in un esperimento di beam-dump.

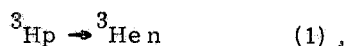
I risultati dei punti a-d concorrono a confermare, ad un livello più o meno preliminare, la natura dominante vettore-assiale della corrente carica debole leptonica, la teoria a due componenti del neutrino "left-handed", la similitudine di struttura fra interazioni di corrente carica e di corrente neutra, il corrente valore dell'angolo di Weinberg-Salam.

Dalle misure del punto e, invece, si ricavano informazioni sulla produzione di particelle a vita breve (charmate) nella interazione protone-nucleone e loro decadimenti; nello stesso tipo di esperimenti si può inoltre sperare di rivelare interazioni caratteristiche del neutrino τ .

1.6. - Gruppo Frascati-Saclay.

Componenti del gruppo: F. L. Fabbri, P. Picozza e L. Satta, in collaborazione con Saclay e Caen.

Sono state analizzate le misure effettuate con il fascio di tritoni su bersaglio di idrogeno per le reazioni di scambio carica e scattering elastico:



a 415 e 600 MeV/n di energia cinetica dal nucleo incidente. Le sezioni d'urto differenziali così ottenute sono presentate nelle Figg. 8 e 9.

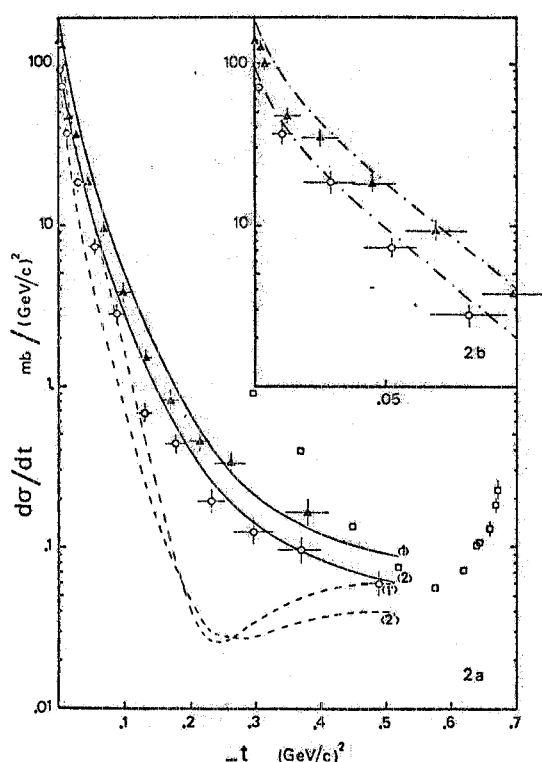


FIG. 8 - Sezioni d'urto differenziali per scambio di carica ${}^3\text{Hp} \rightarrow {}^3\text{Hen}$: $\blacktriangle$ 415 MeV per nucleone; $\bullet$ 600 MeV per nucleone; $\blacksquare$ 156 MeV per nucleone. (a): --- modello di Glauber; — stesso modello senza effetto di interferenza. (b) fits di impulsi approssimati per piccoli t. I valori dei parametri usati sono: $\sigma = 28$ mb, $a = 2.0$ (GeV/c) $^{-2}$, $\rho = 0.6$, $R = 1.5$ Fm a 415 MeV; $\sigma = 38$ mb, $a = 2.5$ (GeV/c) $^{-2}$, $\rho = -0.1$, $R = 1.5$ Fm a 600 MeV.

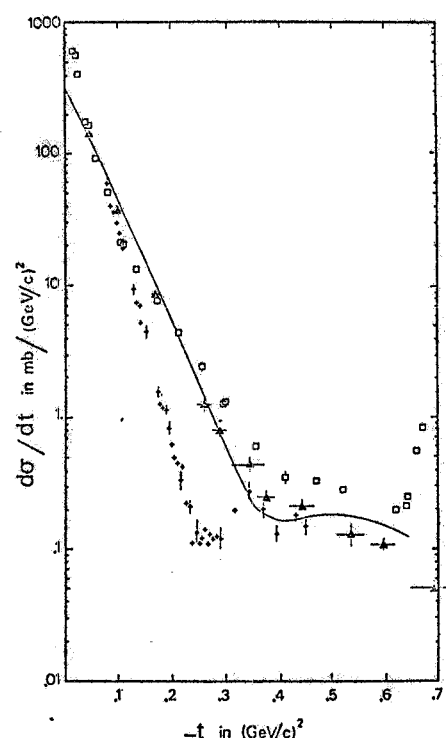
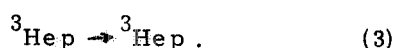


FIG. 9 - Sezioni d'urto differenziali elastiche ${}^3\text{Hp} \rightarrow {}^3\text{Hp}$: $\blacktriangle$ 415 MeV per nucleone; $+$ 600 MeV per nucleone; $\blacksquare$ 156 MeV per nucleone. La linea continua è il risultato di un calcolo secondo il modello di Glauber a 415 MeV con i seguenti valori dei parametri: $\sigma = 28$ mb, $a = 2.0$ (GeV/c) $^{-2}$, $\rho = 0.6$.

Si è tentata un'analisi dei risultati sulla base di un calcolo alla Glauber indipendente dallo spin e dall'isospin, ma questo semplice modello non è in grado di interpretare i dati sperimentali. In particolare esso prevede un sensibile effetto di interferenza fra singolo e doppio scattering, con un minimo nella $d\sigma/dt$ a $|t| = 0.22$ GeV $^2/c^2$ per la (2), che non appare nelle misure.

Questo disaccordo, che è probabilmente dovuto all'assenza di effetti di spin e isospin nel modello, potrà essere superato con un'analisi microscopica dettagliata che tenga conto simultaneamente delle reazioni (1), (2) e della reazione



Si sta inoltre studiando, in collaborazione con R. Baldini Celio e G. Basini, il meccanismo della produzione coerente di un mesone π nell'urto deuterio-protone a 3 GeV/c, e alfa-protone a 4 e 5 GeV/c. I dati sperimentali presentano una struttura nella sezione d'urto differenziale, centrata alla massa di 1150 MeV/c², indipendente dall'energia e dall'angolo. Si sta tentandol'interpretazione del fenomeno attraverso una reazione di tipo diffrattivo (alla Deck) con l'accitazione di una risonanza Δ all'interno del nucleo. Il confronto fra i primi risultati del modello e i dati è incoraggiante.

1.7. - Gruppo FRAM.

Componenti del gruppo: R. Baldini Celio, F. Celani, F. L. Fabbri, G. Rivellini, L. Satta, P. Spillantini e A. Zallo, in collaborazione con Milano, Pisa, Roma e Torino.

Nel corso dell'anno è terminata la fase di installazione e taratura dell'apparato, ed è cominciata la raccolta dei dati di fotoproduzione coerente. Una prima serie di misure è stata effettuata in idrogeno, richiedendo nel trigger soltanto il protone di rinculo nel rivelatore di vertice. I dati raccolti hanno permesso di mettere a punto i programmi di ricostruzione e calibrare la risoluzione dello spettrometro magnetico in avanti.

E' stata poi installata una parte della targhetta attiva di silicio per la misura della vita media dei mesoni D, ed è stato reso operativo il trigger in avanti, che richiede la presenza nello spettrometro di almeno due adroni o di un adrone e un fotone di alta energia. Dal campione di eventi raccolti fino alla fine dell'anno sono stati estratti quattro candidati in cui sono chiaramente identificate le coppie di mesoni D.

Per il 1980 è previsto il completamento della targhetta di silicio e un periodo di running che consentirà di avere una statistica di due ordini di grandezza migliore di quella attuale. Alla fine di questo periodo si prevede di modificare l'apparato per iniziare la misura del fattore di forma del π e del k dalla diffusione π -e e k-e.

1.8. - Produzione coerente di bremsstrahlung e di coppie in cristalli sottili.

Contributo di G. P. Murtas, in collaborazione con R. Del Fabbro (Pisa).

La produzione coerente di bremsstrahlung e di coppie in cristalli sottili è stata studiata sperimentalmente in questi laboratori negli anni 1959-1965.

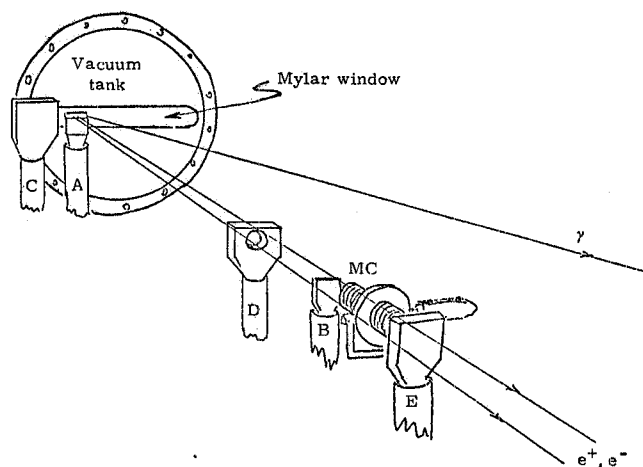


FIG. 10 - Telescopio usato al fascio di elettroni o positroni al CERN. MC è un monocristallo di silicio spesso 10 cm.

I risultati di questa ricerca sono ben noti e si possono riassumere brevemente:

La forma dello spettro di bremsstrahlung in cristalli dipende dall'angolo di incidenza degli elettroni e dall'energia dell'elettrone incidente.

Quando l'angolo fra la direzione di volo degli elettroni e quella dell'asse cristallino tende a zero l'energia irradiata nella parte bassa dello spettro cresce.

L'energia irradiata per effetto coerente è una funzione crescente dell'energia dell'elettrone.

Partendo da queste considerazioni e da altre più dettagliatamente descritte nella nota LNF-80/14, abbiamo pensato che si poteva realizzare un rivelatore abbastanza compatto che riesca a discriminare elettroni di alta energia allineati con l'asse cri-

stallino entro qualche milliradiante da elettroni provenienti da altre direzioni e meglio ancora discriminare elettroni allineati da altre particelle μ , π , ... etc. allineate o no.

Un semplice dispositivo costituito da un cristallo di Si spesso 10 cm seguito da uno scintillatore plastico è stato da noi provato al CERN parassitando il fascio di elettroni e positroni da 100 GeV del Gruppo FRAM (v. Fig. 10).

L'analisi di ampiezza dei segnali provenienti dallo scintillatore ha permesso di distinguere elettroni allineati entro qualche milliradiante da elettroni disallineati a random.

In Fig. 11 sono mostrati gli spettri di ampiezza per positroni allineati e non. La parte bassa dello spettro è dovuta a particelle di fondo e non varia al variare della posizione del cristallo.

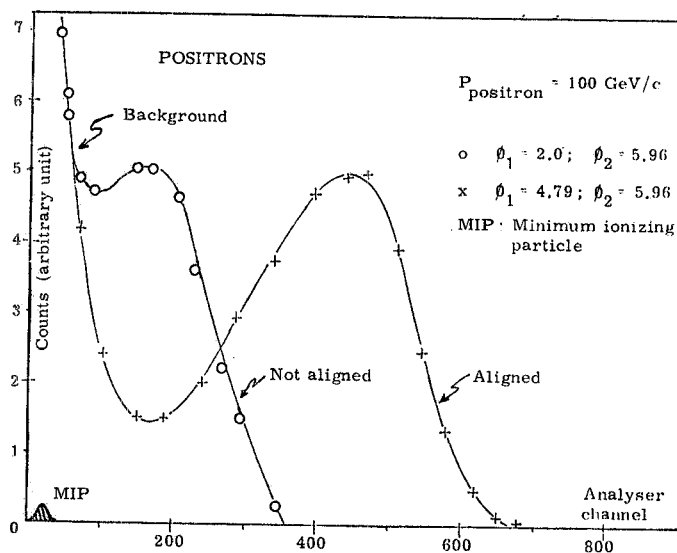


FIG. 11 - Spettro di impulsi del contatore E di Fig. 10 per positroni allineati e no con l'asse del cristallo.

1.9. - Gruppo MDA.

Componenti del gruppo: R. Baldini Celio, S. Bartolucci, G. Battistoni, S. Bertolucci, P. Giromini, E. Iarocci, P. Laurelli, M. M. Massai, G. P. Murtas, G. B. Piano Mortari e L. Trasatti, in collaborazione con Napoli e Pisa.

Il progetto e la lavorazione del prototipo per il rivelatore 4π sono stati completati. I principali punti di interesse sono stati la ricostruzione degli eventi esclusivi nelle camere centrali (v. nota INFN/AE-79/4), la messa in opera di calorimetro ad argon liquido come rivelatore di fotoni di bassa energia, le caratteristiche di rivelatori per fotoni di bassa energia multicelle (v. nota LNF-80/10), le caratteristiche di un metodo di divisione di carica per la misura della coordinata longitudinale in lunghi fili resistivi.

1.10. - Gruppo ZETA O.

Componenti del gruppo: S. Bertolucci, M. Cordelli, P. Giromini e A. Sermonetta, in collaborazione con Pisa e Fermilab.

E' iniziato un lavoro di progetto per l'esperimento sul collider $p\bar{p}$ da 2 TeV del Fermilab, in collaborazione con Pisa.

I primi problemi di studio sono stati la riduzione ottenibile con vetri al Pb o calorimetri-sandwich per fotoni o elettroni d'alta energia (Z^0 , decadimenti leptonici del W, jets adronici a grandi momenti trasferiti, etc.), il progetto di camere centrali e di calorimetri adronici "end-cap".

1.11. - Gruppo NUSEX.

Componenti del gruppo: G. Battistoni, V. Chiarella, E. Iarocci, G. P. Murtas, G. Nicoletti e L. Trasatti, in collaborazione con Milano e Torino.

L'attività di questo gruppo è iniziata a metà 1979, al livello di prove su prototipi per la definizione dell'apparato sperimentale da proporre per un esperimento sulla stabilità del nucleone.

In autunno è stata approvata la proposta di esperimento presentata da una collaborazione Frascati-Milano-Torino, alla quale si è in seguito unito D. Cundy del CERN. Il programma di attività della collaborazione prevede la realizzazione di una parte del calorimetro nel 1980, con misure di calibrazione su vari fasci di particelle; il completamento dell'apparato dovrebbe avvenire nella prima metà del 1981.

L'attività del gruppo di Frascati è consistita nella realizzazione di prototipi e prove che hanno portato a definire la struttura ed i dettagli costruttivi dei piani sensibili del calorimetro (tubi resistivi con lettura bidimensionale a strisce).

Gruppo 2 - FISICA DELLE PARTICELLE CON TECNICHE VISUALIZZANTI.

2.1. - Gruppo Camera a bolle.

Componenti del gruppo: L. Barone, G. Piredda, G. Susinno e L. Votano, in collaborazione con CERN, Padova, Roma e Trieste.

Esperimento ANTI P2.

Scopo dell'esperimento è la misura della sezione d'urto totale, elastica e topologica di $p\bar{p}$ nel range (1900-1960) MeV per la verifica della esistenza o meno della risonanza $\rho(1936)$ MeV.

L'esperimento è stato realizzato al CERN con la camera a bolle da 2 m riempita di idrogeno. Il fascio è costituito da $\bar{p}$ di impulso 680 MeV/c. Il film viene misurato dal PEPR di Frascati e Padova. Il PEPR di Frascati ha già misurato 200 K eventi di cui 170 K eventi nel 1979. La velocità media di misura del PEPR è di (350-400) eventi per turno di operatore (3h e 30').

Nel 1979 è iniziata l'analisi degli eventi misurati a Frascati. Dalla misura della larghezza del picco di annichilazione in fondo camera si è misurato lo spread in impulso nel fascio e quindi la risoluzione in energia. Lo spread misurato è di ~ 3.15 cm corrispondente al 6% dell'impulso e ad una risoluzione di ~ 2 MeV in energia.

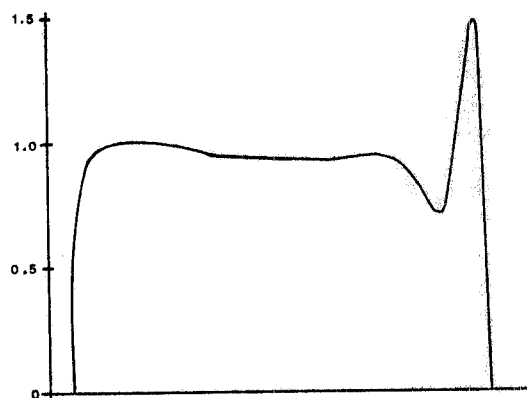


FIG. 12

Sono stati inoltre fatti vari tests per la misura della contaminazione del fascio e si è arrivati alla determinazione di opportuni tagli geometrici per eliminare l'effetto di tale contaminazione. In Fig. 12 è mostrato il rapporto delle lunghezze fra eventi che superano i tests ed eventi cosiddetti "cattivi" in cui si può vedere l'effetto della contaminazione in un accumulo di eventi "cattivi" in una zona pericolosa vicina alla risonanza. Lo stesso rapporto, fatto suddividendo interiormente gli eventi "buoni" in due sottogruppi, mostra invece che il campione selezionato è omogeneo.

Altro problema affrontato è quello della corretta misura della sezione d'urto elastica per ciò che concerne l'estrapolazione a zero gradi. Ciò implica una corretta misura negli scattering a piccoli angoli (kinks) e la determinazione della correzione per l'angolo di verticalità.

Sono stati iniziati, inoltre, dei tests (analisi sulle distribuzioni percentuali nelle topologie, distribuzione dei kinks) per vedere la compatibilità tra le misure dei due PEPR.

Gruppo 3 - FISICA DEI NUCLEI.

3.1. - Esperimenti con l'acceleratore lineare (Laboratorio LEALE).

3.1.1. - Fascio pioni.

a) Misura della diffusione elastica a grande angolo di pioni di bassa energia su nuclei.

Componenti del gruppo: C. Guaraldo, A. Maggiora e R. Scrimaglio, in collaborazione con Torino.

Nel 1979 è stata completata l'analisi dei dati della diffusione a 50 MeV di energia nominale. I risultati finali a grande angolo per le energie $T = 30, 40$ e 50 MeV sono riportati in Fig. 13, insieme ai risultati del TRIUMF e di altri Laboratori.

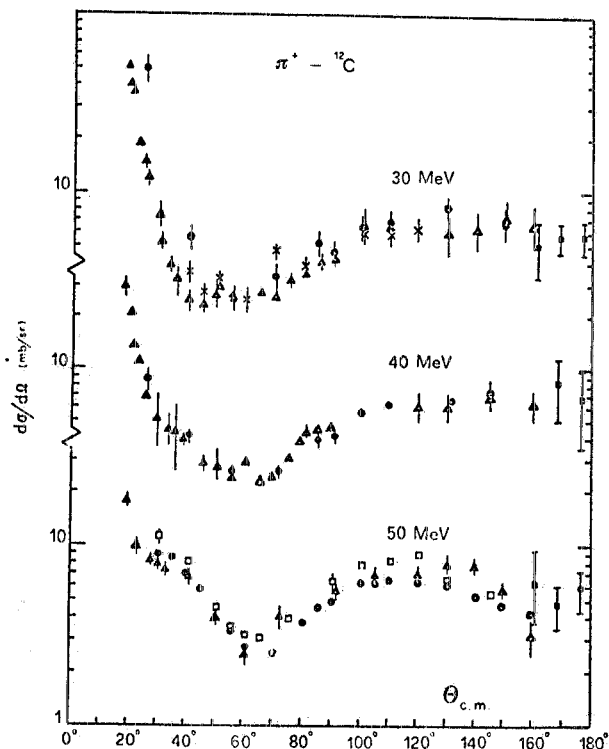


FIG. 13

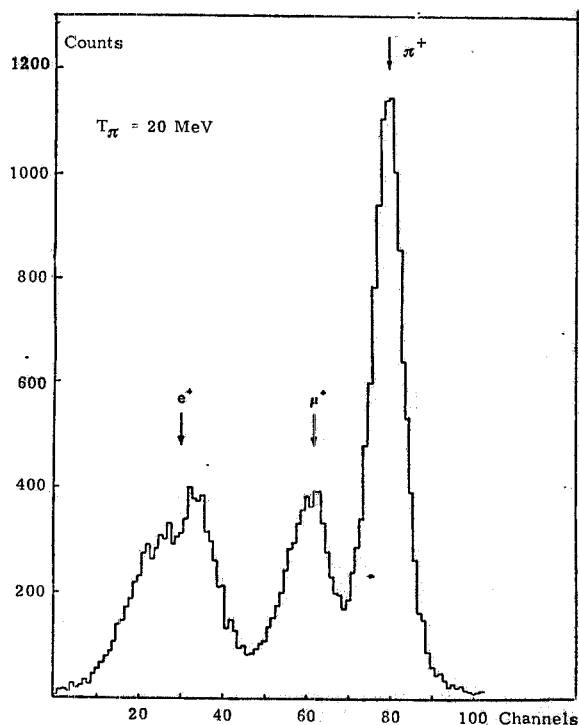


FIG. 14

E' inoltre terminata la raccolta dei dati (π^+ , ^{12}C) a 20 MeV di energia centrale. E' stato raccolto, nel 1979, un numero di trigger pari a 26.591.280, da aggiungersi ai 10.500.000 trigger raccolti nel 1978. La contaminazione totale $\mu^+ + e^+$, misurata on-line, è risultata del 62%. Un tipico spettro di contaminazione è riportato in Fig. 14. I risultati di una preanalisi su circa metà dose sono stati presentati alla Conferenza Internazionale di Vancouver (Canada).

Non esistono altre misure con pioni di questa energia: i dati pertanto non sono confrontabili con altri valori, sia pure in altre zone della distribuzione angolare.

Nella Fig. 15 la curva teorica è stata ottenuta con il potenziale ottico di Cannata, includendo le correlazioni a lungo range, dovute al principio di Pauli, e l'assorbimento reale di pioni. L'accordo, limitatamente ai due soli punti a grande angolo, appare soddisfacente.

In Fig. 16 è riportato il risultato sperimentale a 20 MeV. Le curve teoriche di Garcilazo (tratto continuo) e di Kerman et al. sono costruite tenendo conto delle differenze dello scattering su protone e su neutrone in un nucleo a spin isotopico nullo.

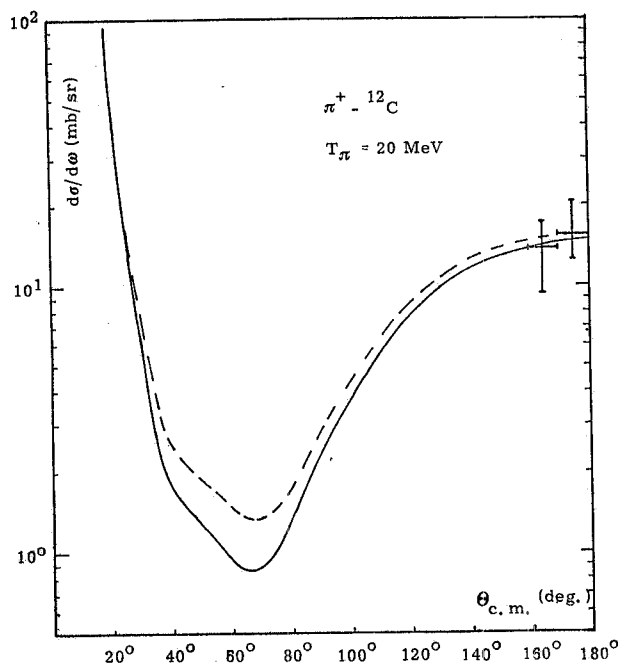


FIG. 15

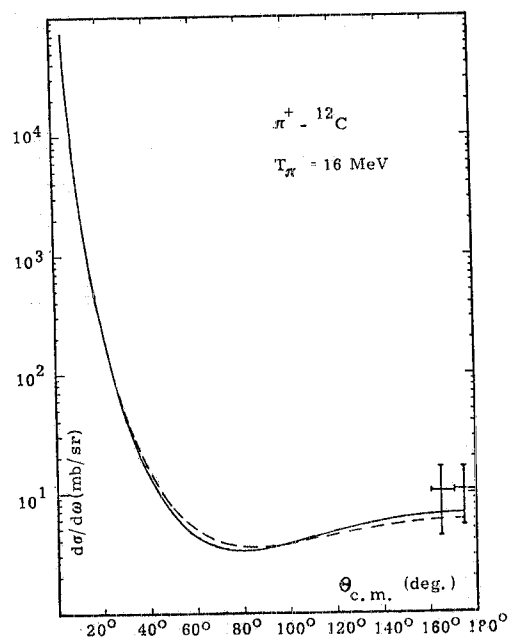


FIG. 16

E' in corso di completamento l'analisi dei rimanenti films (μ^+ , ^{12}C) a 20 MeV. E' iniziata la raccolta di dati (μ^- , ^{12}C) a 20 MeV di energia nominale. La dose raccolta è di 6.516.000 trigger.

b) Esperimento DUB-TO2.

Componenti del gruppo: C. Guaraldo e A. Maggiora, in collaborazione con Dubna e Torino.

Sono stati raccolti e parzialmente analizzati dati di scattering anelastico di pioni su ^3He e ^4He utilizzando come targhetta e come rivelatore una camera a streamer in campo magnetico.

Nello stesso tempo è stato messo a punto il programma sperimentale che la collaborazione svolgerà utilizzando il fascio di antiprotoni del LEAR al CERN, durante la ricostruzione del sincrociclotrone di Dubna. Il programma, esposto in una lettera di intenzioni trasmessa al Cern, comprende lo studio sistematico dell'interazione tra antiprotoni e nuclei di H, ^2H , ^3He e ^4He usando una camera a streamer self-shunted in campo magnetico.

c) Test beam per PEP-14.

Sono state eseguite misure di taratura su un contatore Cerenkov a plastico alle energie tra 20-130 MeV, con intervalli di 10 MeV ad una risoluzione del 10%.

d) Test beam per MDA.

Usando il radiatore e la sorgente pioni sono stati fotoprodotti e^+ a bassissima intensità (circa un e^+ per impulso di fascio) che, selezionati in impulso dal canale di trasporto e^+ usato per il fascio di gamma monocromatici, sono serviti per misure di taratura dello sciamatore a tubi dell'apparato MDA.

3.1.2. - Fascio gamma monocromatici

Sono state completate le misure dello spettro energetico del fascio di fotoni con lo spettrometro a coppie. In Fig. 17 è riportato lo spettro misurato per energia di positroni $E_+ = 200$ MeV

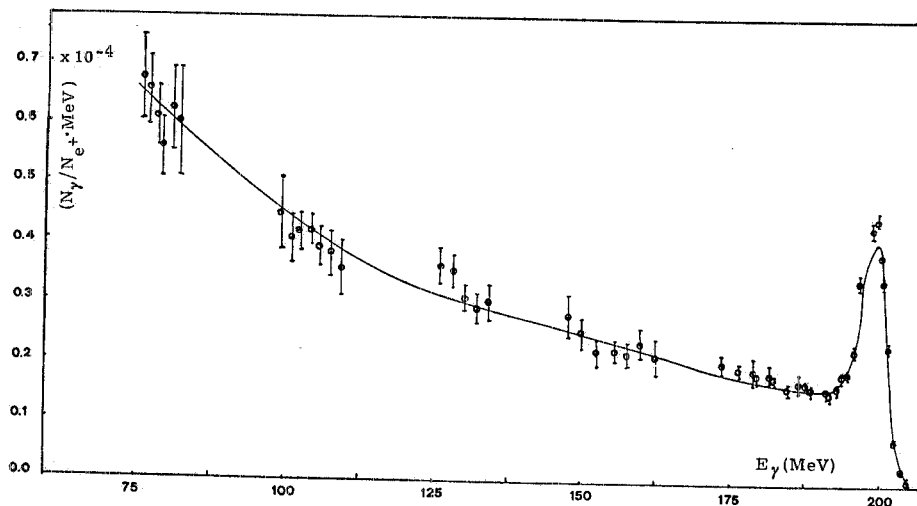


FIG. 17 - Spettro energetico del fascio di fotoni misurato con lo spettrometro a coppie per energia di positroni $E_+ = 200$ MeV. La curva a tratto pieno è il risultato del calcolo teorico.

insieme con la stima teorica (curva a tratto pieno) che tiene conto della perdita di energia e dello scattering multiplo dei positroni nel bersaglio di annichilazione e nei vari mezzi (finestre di alluminio e di mylar, vari schermi frapposti), dell'emittanza e dello spettro energetico dei positroni incidenti. L'accordo tra i valori misurati e quelli calcolati del numero di fotoni per positrone e per intervallo unitario di energia è ottimo su tutto l'intervallo energetico. Risultati simili sono stati ottenuti per altre energie dei positroni. In Fig. 18 sono riportati gli spettri energetici misurati, ottenuti da positroni di energia $E_+ = 182$ MeV, raccogliendo i fotoni a 0° , 0.5° e 0.775° rispetto alla direzione dei positroni.

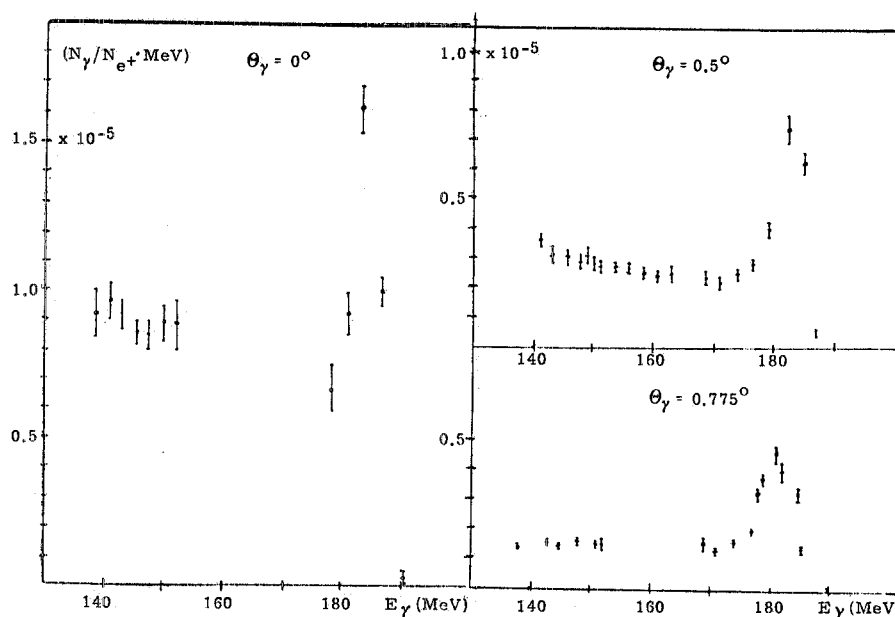


FIG. 18 - Spettri energetici misurati, ottenuti da positroni di energia $E_+ = 182$ MeV e per angoli di raccolta dei fotoni $\theta_\gamma = 0^\circ$, 0.5° , 0.775° (collimazione $\Delta\theta_\gamma = \pm 5$ mrad).

a) Fotodisintegrazione del deuterio.

Componenti del gruppo: G. P. Capitani, E. De Sanctis, P. Di Giacomo, S. Gentile, C. Guaraldo, V. Lucherini, E. Polli, A. R. Reolon e R. Scrimaglio, in collaborazione con Genova.

E' iniziata la raccolta dei dati relativi alla disintegrazione del deuterio. Per ridurre le dimensioni del fascio di fotoni sulla targhetta di deuterio è stato inserito un collimatore di piombo ($\phi = 2.5$ cm e spessore 10 cm) nell'ultimo tratto della camera a vuoto dello spettrometro a coppie.

In Fig. 19 sono riportati gli spettri dei protoni da deuterio raccolti dallo spettrometro, E , dE/dx a $\theta_p = 55^\circ$ per $E_+ = 182$ MeV.

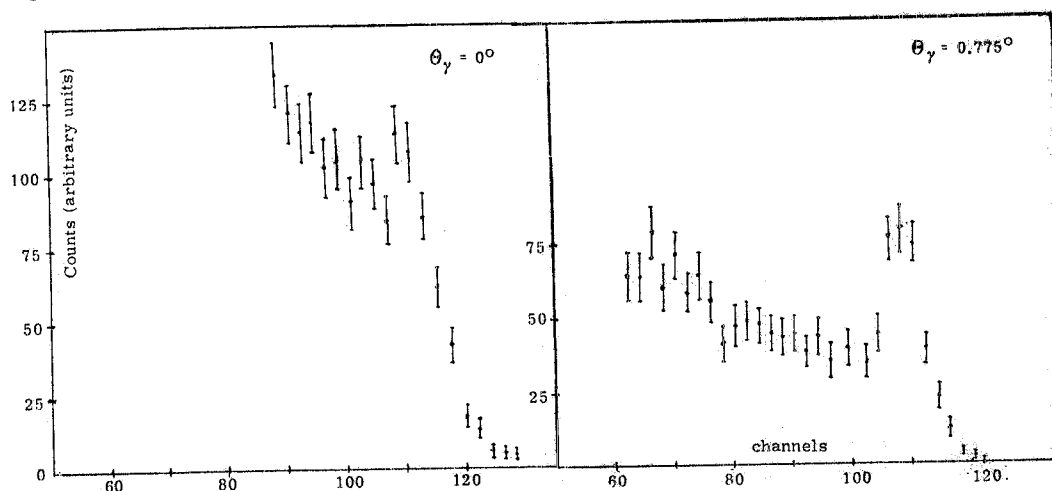


FIG. 19 - Spettro di protoni provenienti dalla fotodisintegrazione del deuterio, misurato dallo spettrometro (E , dE/dx) posto all'angolo $\theta_p = 55^\circ$, per due angoli di raccolta dei fotoni ($E_+ = 182$ MeV).

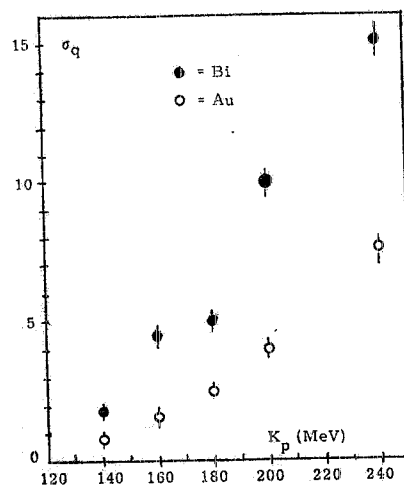
b) Misure di fotofissione.

Componenti del gruppo: E. De Sanctis, P. Di Giacomo, S. Gentile, C. Guaraldo, V. Lucherini e A. R. Reolon, in collaborazione con Catania.

In Fig. 20 sono riportati i risultati preliminari di sezione d'urto di fotofissione relativi all'esplorazione dei vetrini contenenti campioni di Bi ed Au all'intervallo di energie dei positroni 140-240 MeV.

Sono stati irradiati sandwiches di vetro contenenti bersagli di Bi, Au e U con il fascio di fotoni monocromatici raccolti a 17.5 ± 5 mrad. Le esposizioni sono state effettuate alle seguenti energie dei positroni: 140, 160, 180, 200, 220, 240, 280 e 300 MeV.

FIG. 20 - Sezione d'urto misurata di fotofissione (in unità arbitrarie) di Bi e Au in funzione dell'energia dei positroni, per angolo di raccolta dei fotoni $\theta_\gamma = 1^\circ$.



c) Esperimento SFR.

Componenti del gruppo: G. P. Capitani e E. De Sanctis, in collaborazione con Saclay e Sanità.

c1) Reazione $D(e, e'p)n$.

E' stato completato lo spoglio dei dati. Nella Fig. 21 è mostrato l'andamento della sezione d'urto nelle due condizioni cinematiche in cui è stata effettuata la misura ($E_{CM} = 54$ e 119 MeV). Nella Fig. 22 è mostrato l'andamento della distribuzione di impulso.

I risultati sono stati presentati alle Conferenze Internazionali di Mainz e Vancouver.

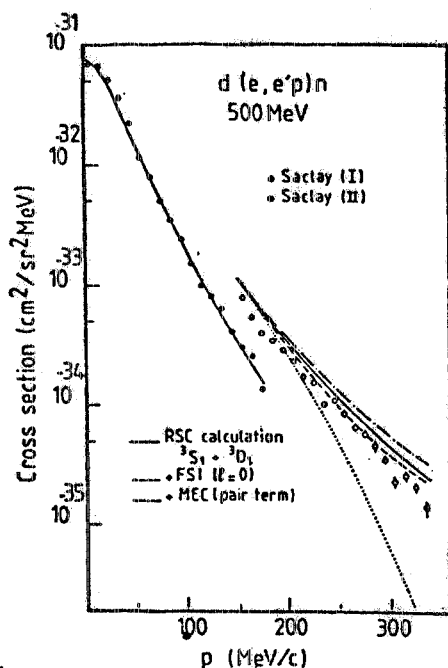


FIG. 21

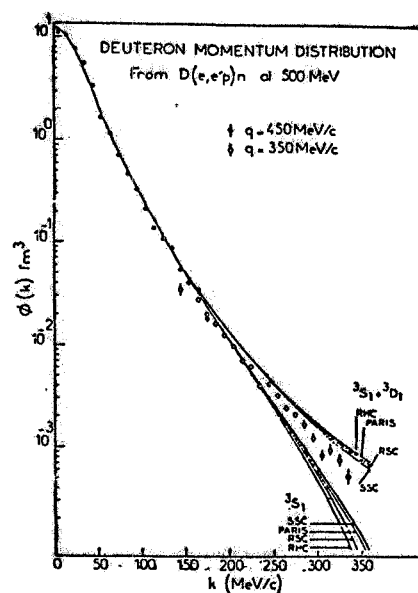


FIG. 22

c2) Reazione $(e, e'p)$ su ^{16}O e ^9Be .

E' stato completato lo spoglio dei dati di cui è ancora in corso l'analisi in termini di regole di somma (D. S. Kolthun, Phys. Rev. Letters 28, 182 (1972)), distribuzioni energetiche (Orland and Schaeffer, Nuclear Phys. A299, 442 (1978)) e meccanismo di reazione. Nelle Figg. 23 e 24 sono riportate le funzioni spettrali per ^{16}O e il ^9Be rispettivamente. I risultati sono stati presentati alle Conferenze di Mainz e Vancouver.

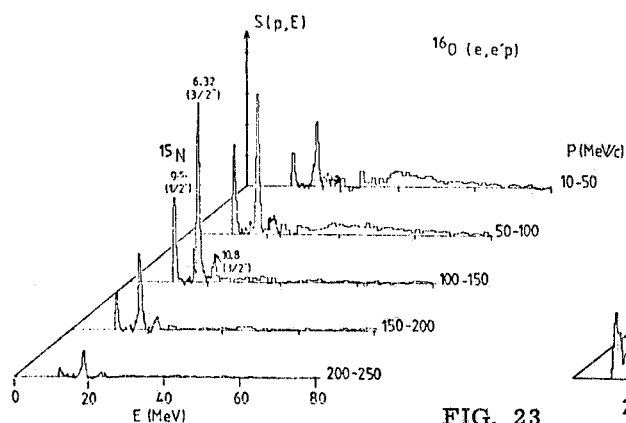


FIG. 23

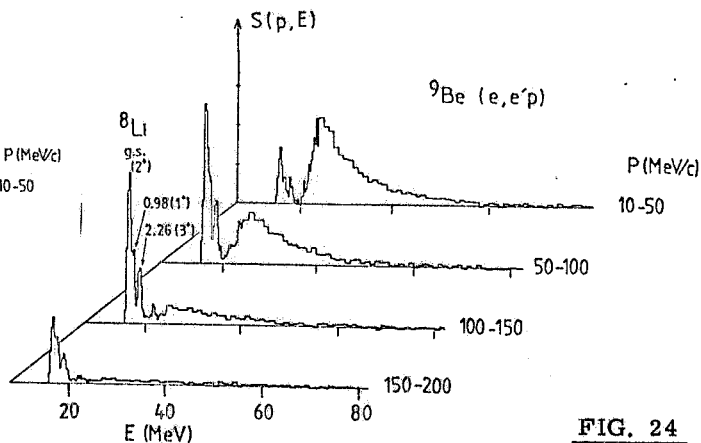


FIG. 24

c3) Diffusione quasi-elastica su ^{12}C .

La prima parte dell'esperimento è stata terminata (J. Mongey et al., Phys. Rev. Letters 41, 1645 (1978)). Si è già cominciato a prendere dati per la seconda fase che prevede un allargamento delle condizioni cinematiche (oltre il quasi-elastico a più angoli) ed una sistematica estesa a più nuclei.

c4) Reazione $\text{D}(e, e')$ alla soglia.

E' stato completato lo spoglio dei dati di cui non è ancora terminata l'analisi. In Fig. 25 è mostrato l'andamento della sezione d'urto misurata, insieme a precedenti dati (R. Rand et al., Phys. Rev. Letters 18, 469 (1967)); le due curve teoriche sono calcolate in approssimazione impulsiva senza e con ($\bar{\text{S.}}$ Lock and L. L. Foldy, Ann. Phys. 93, 276 (1975)) correnti di scambio.

c5) Reazione $(e, e'p)$ su ^3He .

L'esperimento è ancora in corso. In Fig. 26 è mostrata una parte della funzione spettrale misurata.

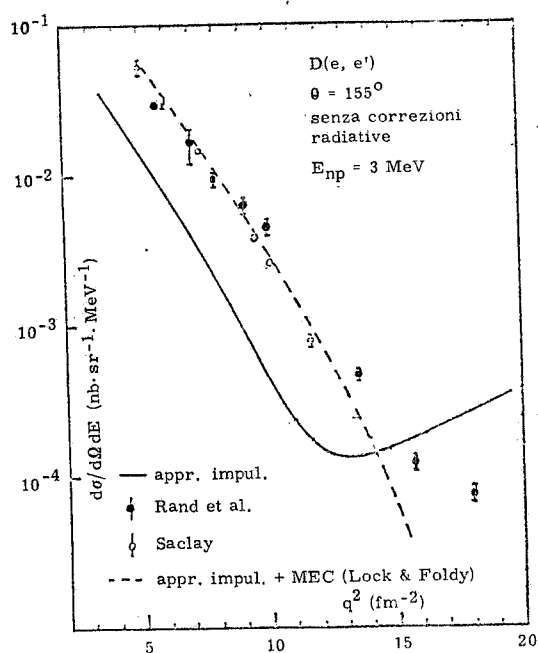


FIG. 25

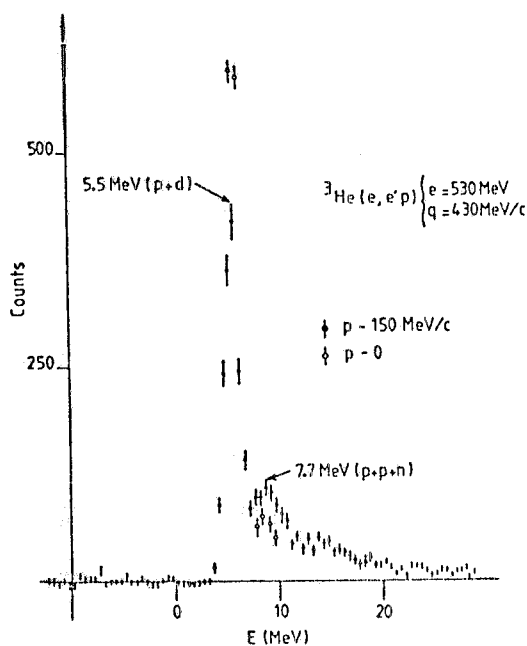


FIG. 26

3.2. - Gruppo LADON.

Componenti del gruppo: L. Federici, G. Giordano, G. Matone e P. Picozza, in collaborazione con Napoli, Roma e Sanità.

L'attività svolta nel 1979 ha riguardato lo studio delle caratteristiche del fascio γ e successivamente sono state compiute due esperienze sullo scattering elastico risonante in ^{12}C a 15.1 MeV e sulla fotodisintegrazione del deuterio. Nei primi mesi del 1979 si è compiuto uno studio matematico delle caratteristiche del fascio γ variandone l'energia in tutto l'intervallo possibile ($\sim 5 - \sim 80$ MeV).

In Fig. 27 sono riportati i valori sperimentali dell'intensità e monocromaticità del fascio. Per le misure di monocromaticità si è usato, fino a ~ 12 MeV, un rivelatore GeLi. Un tipico spettro ottenuto con questo rivelatore è mostrato in Fig. 28.

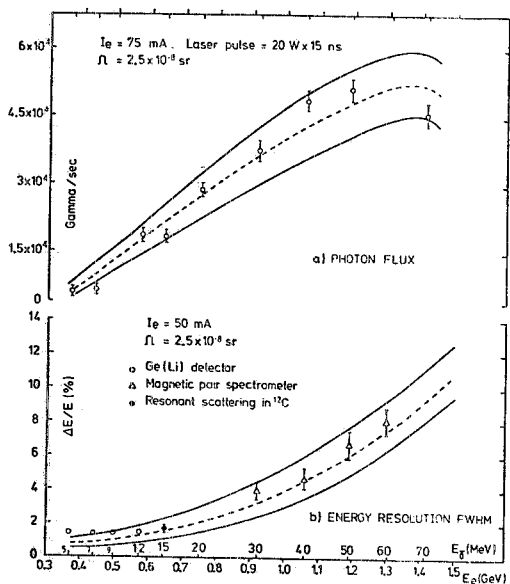


FIG. 27 - Andamento dell'intensità e della monocromaticità del fascio γ ottenuti alle diverse energie nelle condizioni di lavoro medie.

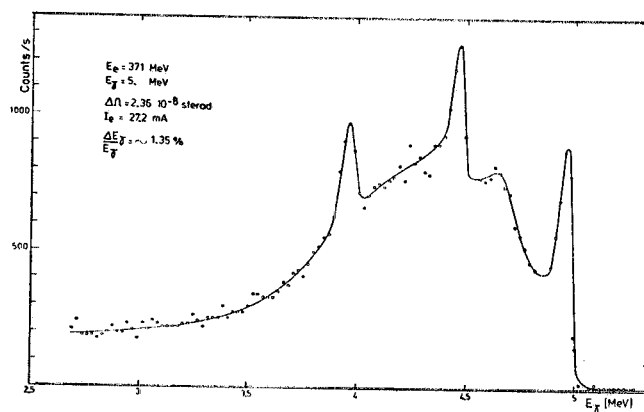


FIG. 28 - Spettro, con bremsstrahlung sottratta, del fascio γ da 5 MeV visto da un rivelatore GeLi. Sono chiaramente distinguibili il fotopicco ed i picchi di fuga singola e doppia.

Alle energie più alte è stato usato uno spettrometro a coppie con camere a fili. Nelle Figg. 29 e 30 sono mostrati due spettri ottenuti.

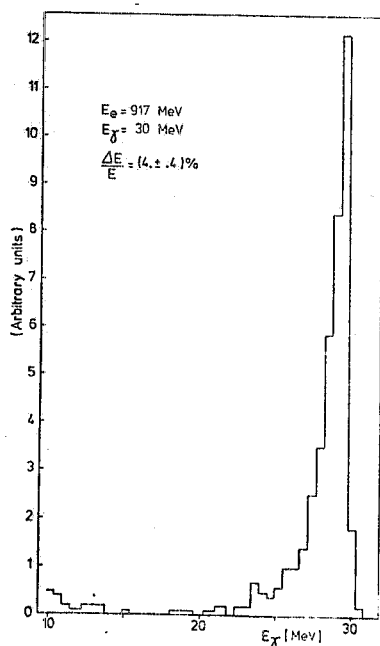


FIG. 29 - Profilo del fascio a 30 MeV ottenuto con lo spettrometro a coppie.

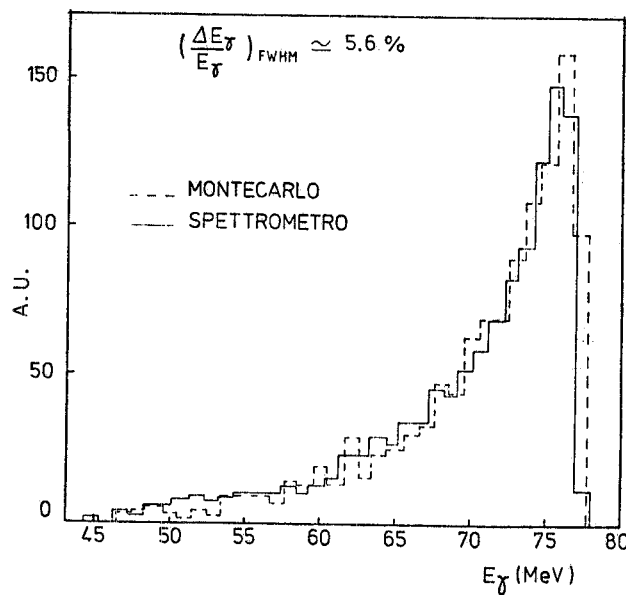


FIG. 30 - Spettro del fascio LADON ottenuto con lo spettrometro a coppie con: $E_{e^-} = 1500$ MeV, $E_\gamma \approx 78$ MeV, $\Delta\Omega = 0.56 \times 10^{-8}$ sr.

Per le misure di flussi dei γ è stato utilizzato un NaI (Fig. 31) ed alle energie più alte un Lead-glass. Il rapporto fondo-picco è in media 3%, dovuto alla pressione di poco inferiore ai 10^{-8} torr presente nella sezione interessata di Adone, ancora lontana dai valori ottimali di qualche 10^{-10} torr.

Nel secondo quadrimestre del 1979 si è portato a termine l'esperimento sullo scattering elastico risonante in ^{12}C (livello a 15.1 MeV). L'esperimento serviva principalmente a misurare la polarizzazione del fascio tramite la misura dei γ diffusi nel piano parallelo ed in quello perpendicolare alla polarizzazione. Gli spettri ottenuti da due rivelatori NaI posti nei due piani a 90° rispetto alla direzione del fascio sono riportati in Fig. 32. La polarizzazione del fascio risulta essere 0.99 ± 0.02 . Cambiando l'energia dei γ incidenti attorno al massimo della risonanza si è trovata la forma del fascio, cioè il suo andamento in funzione dell'energia (Fig. 33).

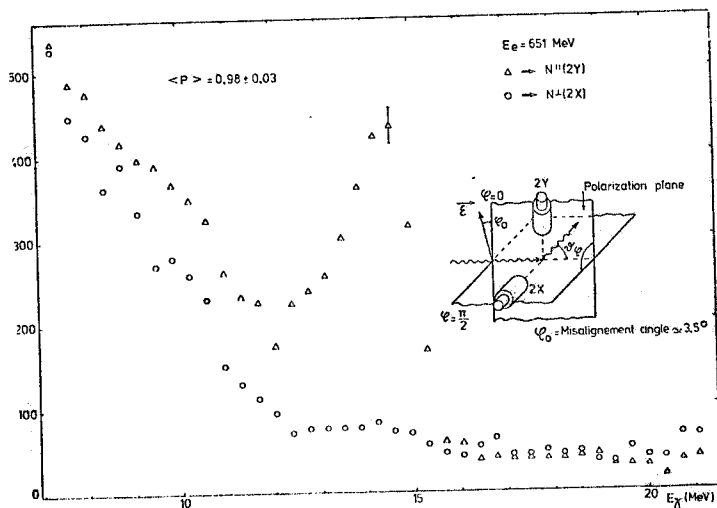


FIG. 32 - Spettro dei γ diffusi su ^{12}C a 15.1 MeV visti da NaI.

Nell'ultimo quadrimestre del 1979 si è iniziato lo studio sulla fotodisintegrazione del deuterio da γ polarizzati in collaborazione con W. Del Bianco e H. Jeremy dell'Università di Montreal (Canada).

L'apparato sperimentale da noi usato è mostrato schematicamente in Fig. 34. Uno scintillatore liquido deuterato (NE 232 CD_2) costituisce contemporaneamente la targhetta di deuterio e il rivelatore di protoni. Il rivelatore di neutroni, costituito da uno scintillatore liquido idrogenato (NE 213), è posto ad un angolo $\theta = 90^\circ$ rispetto alla direzione del fascio incidente. Le variabili dell'esperimento sono l'energia dei γ incidenti e l'angolo ϕ tra la direzione di polarizzazione lineare del fascio e la retta di volo dei neutroni rivelati.

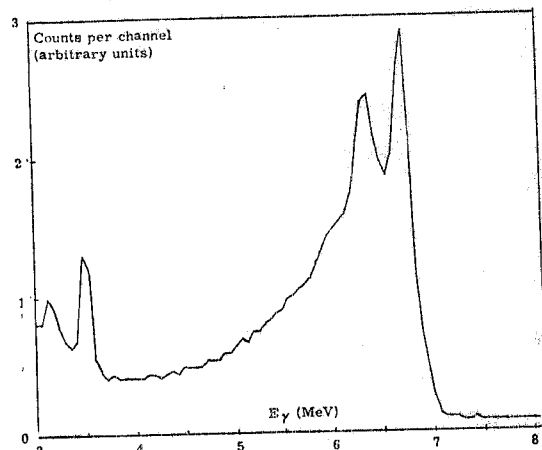


FIG. 31 - Spettro del fascio γ da 7 MeV visto da un rivelatore NaI.

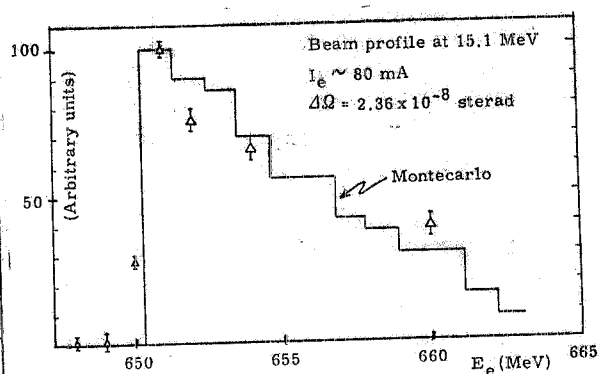


FIG. 33 - Profilo del fascio a 15.1 MeV ottenuto variando l'energia dei γ incidenti sulla targhetta di ^{12}C .

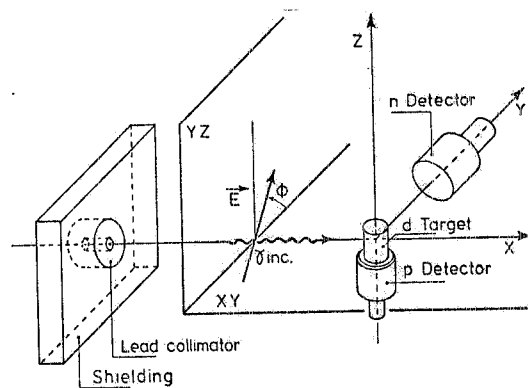


FIG. 34 - Vista schematica della sistemazione dei rivelatori usati nell'esperimento di fotodisintegrazione del deuterio.

Per analisi dei dati si utilizzano sia gli spettri lineari dei due contatori, sia il tempo di volo tra i due contatori che mostra (Fig. 35) chiaramente separati il picco dei due γ da quello dei neutroni con un basso fondo continuo di casuali.

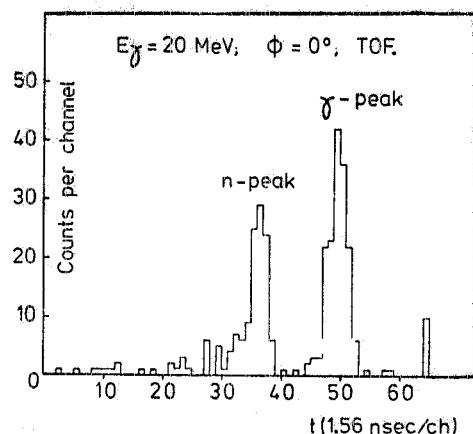


FIG. 35 - Spettro del tempo di volo tra il contatore dei neutroni e quello dei protoni.

Finora sono state realizzate misure per energie dei γ uguali a 10, 15, 20, 30 e 40 MeV. La sezione di urto differenziale del processo è:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = I_0(\theta) + I_1(\theta) P_\gamma \cos^2\theta$$

(P_γ = polarizzazione del fascio) e la grandezza che si vuole misurare è:

$$\Sigma(\theta) = I_1(\theta)/I_0(\theta)$$

che è data da:

$$\Sigma(\theta) = \frac{1}{P_\gamma} \frac{1 - R}{R - \cos 2\theta}$$

dove:

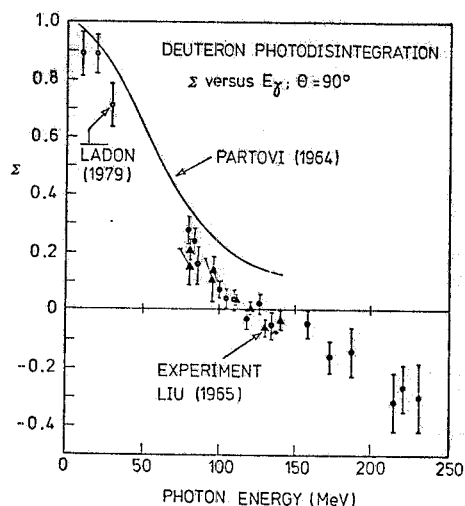
$$R = \frac{I_n(\theta)}{I_n(0^\circ)}$$

dove $I_n(\theta)$ = numero di neutroni rivelati ad angolo θ . Quindi per la misura di Σ non c'è bisogno di un monitoraggio assoluto o di conoscere l'efficienza del contatore di neutroni.

L'analisi dei dati raccolti è in corso e la Fig. 36 mostra i nostri primi risultati non ancora completamente analizzati, confrontati con quelli di Liu a più alta energia e con le previsioni di Partovi.

Nei prossimi turni, oltre a completare l'andamento di Σ andando ad energie più alte, esploreremo l'andamento in θ della sezione d'urto differenziale utilizzando un apparato, attualmente in preparazione, comprendente quattro rivelatori di neutroni.

FIG. 36 - Risultati preliminari sulla fotodisintegrazione del deuterio a 10, 20 e 30 MeV.



Gruppo 4 - FISICA TEORICA.

Componenti del gruppo: G. De Franceschi, E. Etim, S. Ferrara, M. Greco, A. Grillo, C. Natali, F. Palumbo e G. Parisi.

L'attività del gruppo teorico si è orientata principalmente verso lo studio della fisica delle interazioni forti, elettromagnetiche e deboli, in supersimmetrie, la fisica dello stato solido, le proprietà dei materiali amorfi (vetri di spin e conduttori amorfi).

Nel campo delle interazioni forti, mentre da un lato si è cercato di comprendere le origini e le conseguenze del confinamento (dell'assenza di quark liberi in natura), sono state anche studiate le conseguenze delle teorie di gauge per le interazioni forti (QCD) sulle esperienze attuali, con particolare attenzione per le distribuzioni in momento longitudinale e trasverso degli adroni prodotti in processi che coinvolgono un fotone fortemente virtuale e per le violazioni delle leggi di scala.

Per quanto riguarda le interazioni elettromagnetiche e deboli, sono stati calcolati gli effetti delle correzioni radiative elettromagnetiche sulla produzione della ipotetica particella Z, bosone intermedio delle correnti neutre.

E' stato condotto uno studio accurato delle relazioni fra le masse di particelle di spin differente che sono conseguenze generali della rottura spontanea della supersimmetria. Sono state inoltre elucidate le mutue relazioni che intercorrono fra la rottura spontanea della supersimmetria e la superconduttività.

In collaborazione col CNR sono stati calcolati i livelli energetici e le funzioni d'onda di molecole complicate, allo scopo di ottenere previsioni teoriche per gli esperimenti effettuati mediante la luce di sincrotrone.

Sono state calcolate le proprietà dei magneti amorfi (vetri di spin) nell'approssimazione di campo medio e le previsioni teoriche sono state paragonate con i risultati di esperimenti numerici appositamente effettuati utilizzando il metodo Montecarlo. Sono state anche discusse le difficoltà che l'uso della teoria dei campi presenta nel calcolo della conducibilità elettronica in conduttori amorfi.

Gruppo 5 - RICERCHE TECNICHE.

5.1. - Ricerche sulla dinamica dei sistemi a due livelli.

Contributi di A. Turrin.

Negli Atti della "1979 Particle Accelerator Conference" che ha avuto luogo a San Francisco nei giorni 12-14 Marzo (IEEE Trans. on Nuclear Sci. NS-26, 3212, June 1979) è riportato il calcolo dell'effetto, sulla polarizzazione, del salto finito del numero d'onde di betatrone nell'attraversamento rapido di una risonanza intrinseca di depolarizzazione durante l'accelerazione nelle macchine circolari.

Per dare una risposta esauriente ad alcune domande pervenute da altro Laboratorio a proposito della configurazione magnetica di Steffen (per un Siberian Snake) ruotata di 90° , è stato calcolato (v. LNF-79/8) l'effettivo numero d'onde di precessione del vettore polarizzazione per detta configurazione ruotata di un angolo qualunque.

I risultati finali indicano che la rotazione di 90° costituisce una condizione di optimum. La regola che si può pertanto stabilire per la completa utilizzazione delle prestazioni di un qualunque snake è la seguente: "configurazione simmetrica dei campi orizzontali ed antisimmetrica dei campi verticali rispetto il centro dello snake".

In LNF-79/28 si trova una configurazione per uno snake di seconda specie e si analizza la efficienza del Double Siberian Snake costituito da tale configurazione accoppiata con lo snake di prima specie di Steffen (DESY). Il risultato di questo lavoro è che è da escludersi la possibilità di accelerare in condizioni di orbita chiusa in geometria fissa.

In LNF-79/44 si dimostra che operando con lo snake di prima specie, dinamico, accoppiato con lo snake di seconda specie, statico, la polarizzazione longitudinale risulta totale nel centro di simmetria dello snake di seconda specie, ad un'energia tre volte maggiore dell'energia di iniezione. Ciò è quanto dovrebbe bastare per soddisfare alle esigenze connesse con i supersincrotroni per elettroni.

Gruppo 6 - FISICA GENERALE.

6.1. - Gruppo PULS.

Verso la metà del 1979 il "Programma di utilizzazione di luce di sincrotrone" (PULS) presso ADONE è divenuto operante; una notevole serie di risultati scientifici sono stati subito acquisiti. Questo paragrafo è intenzionalmente dettagliato allo scopo di rendere evidente le potenzialità della facility.

Responsabile	: F. Bassani
Vice responsabile	: M. Iannuzzi
Comitato di Gestione	: F. Antonangeli (Rappresentante del Personale), A. Balzarotti (CNR), F. Bassani (Responsabile), G. Chiarotti (CNR), F. Ferrari (INFN), I. F. Quercia (INFN), R. Scrimaglio (Direttore dei Laboratori Nazionali di Frascati), A. Vaciago (CNR).
Componenti del gruppo	: A. La Monaca, S. Mobilio, R. Natoli, A. Savoia (LNF); F. Antonangeli, E. Burattini, F. Cerrina, F. Comin, L. Incoccia, P. Perfetti, M. Piacentini, C. Quaresima (CNR); A. Balzarotti (Università de L'Aquila); A. Bianconi (Università di Camerino); M. De Crescenzi, S. Nannarone, F. Patella (Università di Roma).

La facility di Luce di Sincrotrone su Adone, in costruzione a cura del gruppo PULS, è composta di cinque canali di luce (ciascuno equipaggiato di monocromatore e camere di misura) coprenti l'intervallo di energia da 10 eV a 12 keV secondo la seguente suddivisione:

- 1) Canale a bassa energia : da 10 a 150 eV. Questo canale è a sua volta suddiviso in:
 - a) Canale Hilger & Watts : da 10 a 50 eV;
 - b) Canale Jobin-Yvon : da 10 a 150 eV.
- 2) Canale Grasshopper : da 130 a 800 eV.
- 3) Canale McPherson : da 100 a 1500 eV.
- 4) Canale a raggi X : da 1,5 a 12 keV.

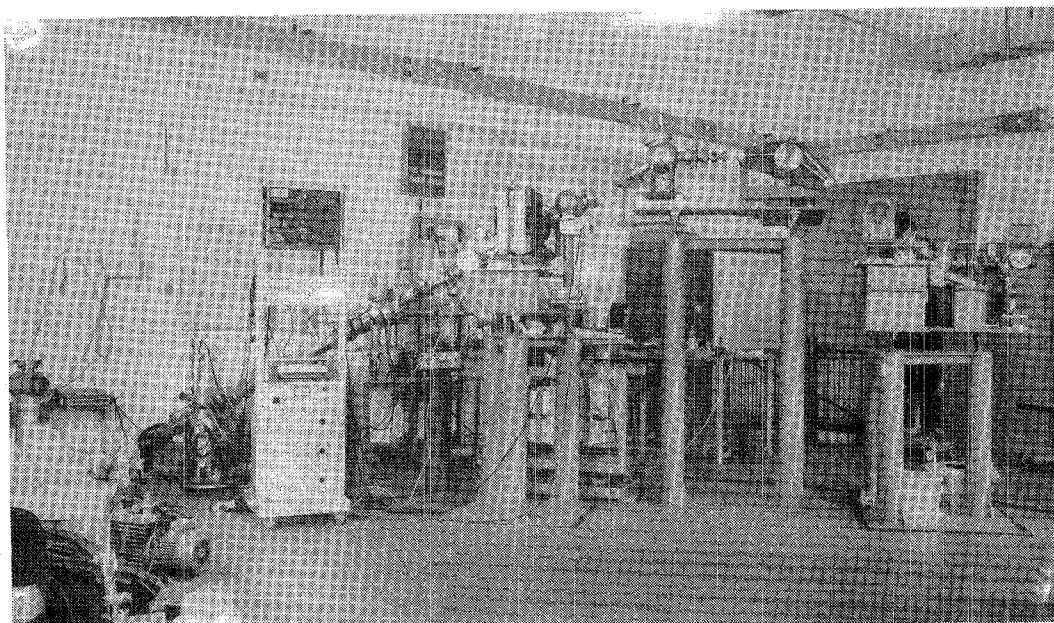
Lo stato di avanzamento dei lavori viene riportato nella Sezione A suddiviso per canale. Nella Sezione B si dà un breve resoconto delle misure effettuate con la strumentazione attualmente in funzione. Nella Sezione C, infine, viene riportato l'elenco delle pubblicazioni del gruppo e le previste partecipazioni ai Congressi nel 1980.

A. - Stato di avanzamento dei lavori.

A.1. - Canale a bassa energia.

La supporteria, dotata di movimenti fini di regolazione in verticale, e di piastre flottanti ad aria compressa per le regolazioni sul piano orizzontale, è stata già montata e collaudata. E' stata consegnata la linea da vuoto con le camere degli specchi e si sta procedendo al montaggio e all'allineamento del canale, in collaborazione con la Divisione Macchine, in modo da rendere compatibile, se possibile, tutti i canali col canale Wiggler.

E' attualmente in fase di collaudo la camera di misura da UHV da montare sul canale Hilger & Watts. La camera di misura di fotoemissione da installare sul canale Jobin-Yvon è invece già perfettamente funzionante. Essa è costituita da una camera da ultravacuo ($p \leq 10^{-10}$ torr) dotata di un manipolatore con cinque gradi di libertà, un analizzatore elettrostatico cilindrico a doppio passo per elettroni, un sistema di analisi Auger, un dispositivo per sfaldare i cristalli in ultravacuo, un riscaldatore dei campioni fino a 1000°C, un cannone ionico per la pulizia dei campioni e un'ottica LEED per l'analisi cristallografica delle superfici.



Canale a bassa energia in fase di montaggio.

A. 2 - Canale Grasshopper.

La linea da vuoto con relativa supporteria sarà pronta per l'inizio del 1980. Gli specchi saranno montati subito dopo.

E' stato ordinato, con un apposito finanziamento del GNSM, il monocromatore Grasshopper, la cui consegna è prevista per la metà del 1980, e, con un finanziamento della Facoltà di Scienze dell'Università di Roma, una camera di misura per fotoemissione angolare (consegna prevista: settembre 1980).

A. 3. - Canale McPherson.

E' previsto il finanziamento per il 1980.

A. 4. - Canale a raggi X.

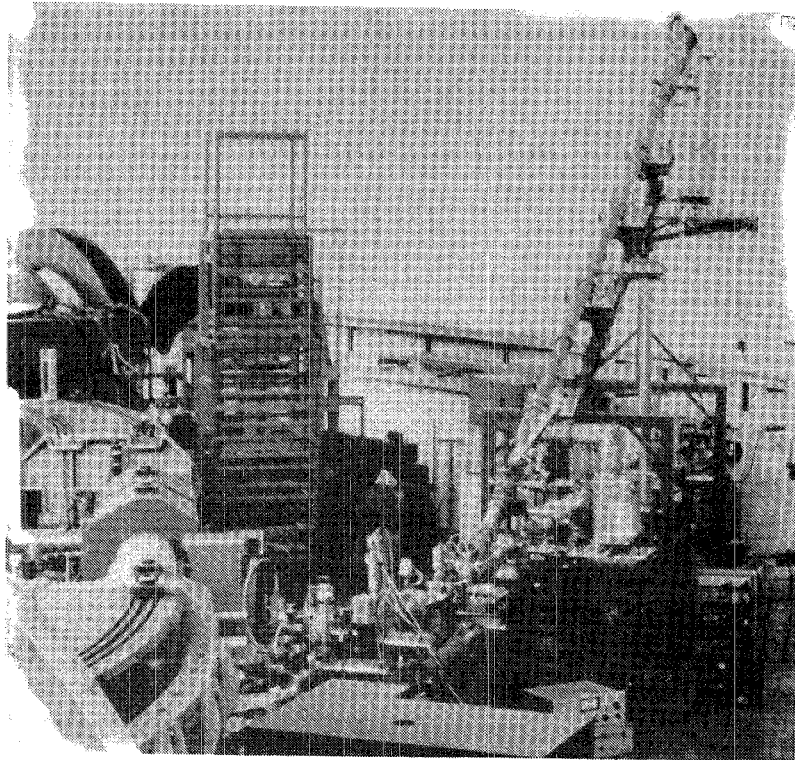
All'inizio del 1979 è stata completata l'istallazione, sui canali PULS, delle sicurezze per il vuoto e per la radioprotezione. Contemporaneamente è stato completato il montaggio della sezione terminale del canale a raggi X comprendente (v. Fig. 37):

- un monocromatore a cristallo di Silicio (220) "channel cut" il cui posizionamento angolare è pilotato da un motore passo-passo e letto da uno shaft encoder;
- una camera a ionizzazione I_0 per il monitoraggio del fascio;
- una camera di misura con portacampioni;
- una seconda camera a ionizzazione I per la rivelazione dell'intensità del fascio trasmesso dal campione.

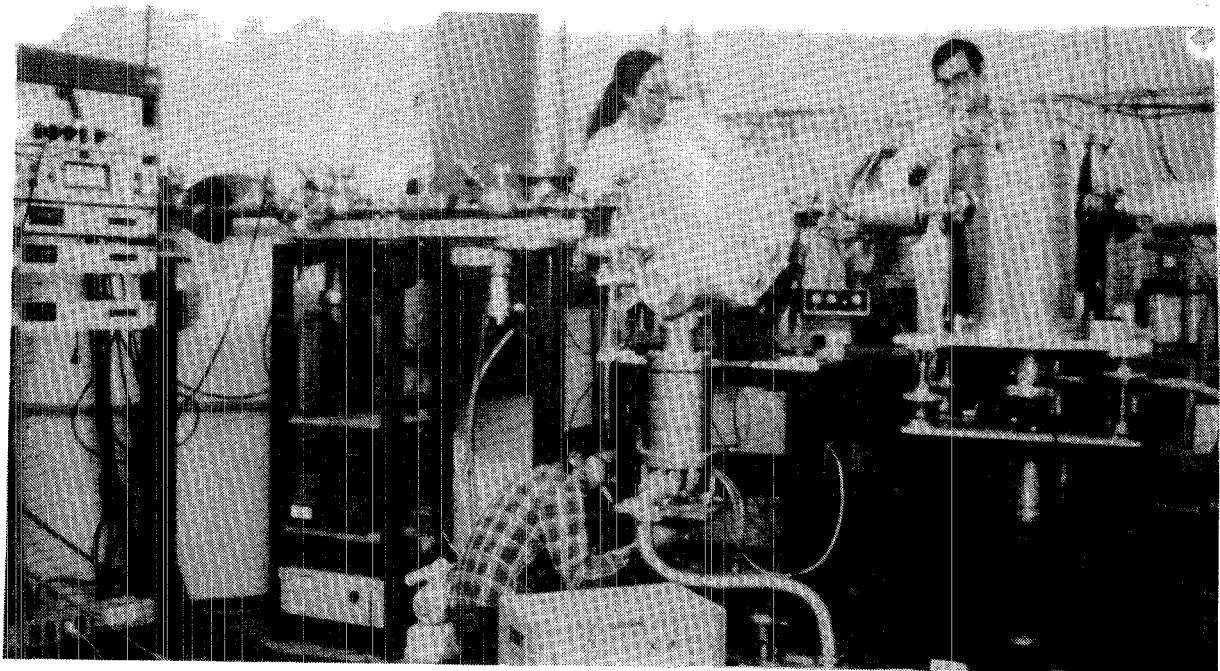
L'allineamento dell'apparato è stato eseguito con la collaborazione della Divisione Tecnica dei Laboratori.

Sono state eseguite una serie di misure di assorbimento alle soglie K e L di vari metalli e composti (Cu, CuO, Zn, Cu₂O, BaTiO₃, SrTiO₃, Mn, ecc.) nel range di energia 3.5-12 keV, per la messa a punto e la taratura dell'apparato sperimentale.

Una tipica misura di assorbimento consiste nell'acquisizione di circa 1000 punti sperimentali, a intervalli di energia dell'ordine di 1 eV, con un tempo di integrazione di circa 1 sec, in un range di energia prescelto.



Canali di luce PULS in sala Adone.



Canale a raggi X in fase di montaggio.

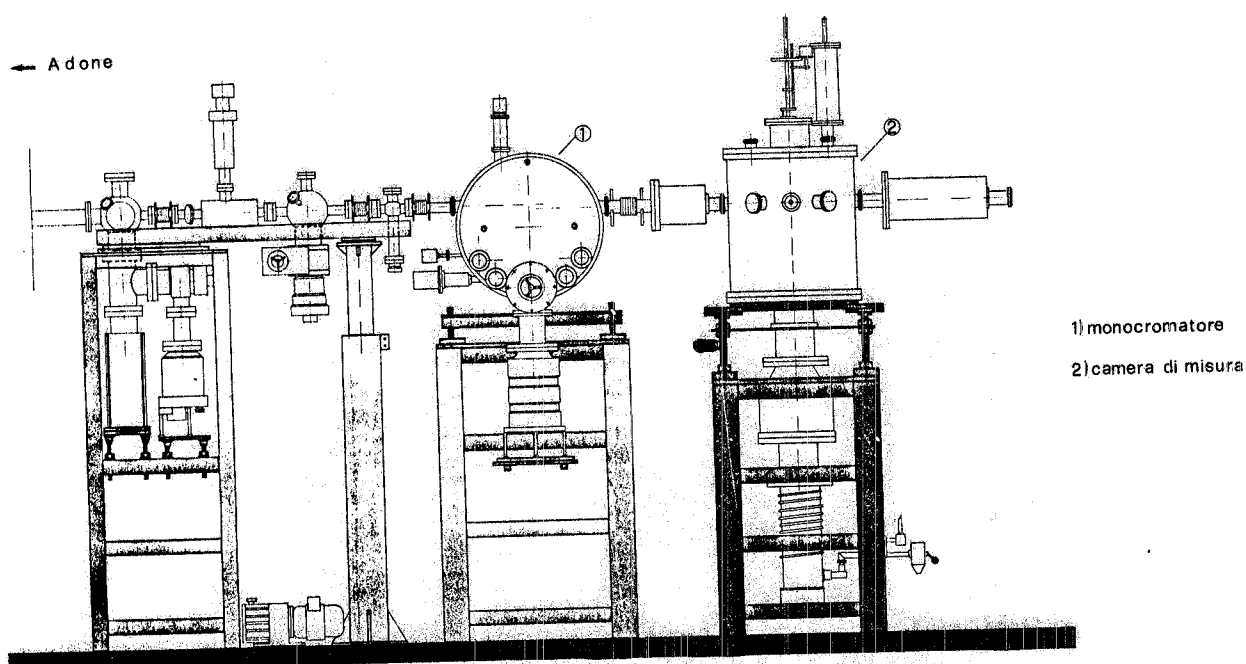


FIG. 37 - Prospetto del canale a raggi X.

A titolo di esempio, è riportato uno spettro di assorbimento del BaTiO_3 (v. Fig. 38), nel quale sono chiaramente visibili la soglia K del Ti e le tre soglie L del Ba. E' inoltre ben distinguibile la modulazione "EXAFS" (Extended X-ray Absorption Fine Structure) sulle prime tre soglie.

E' stata controllata, in particolare, la precisione e la ripetibilità del monocromatore a raggi X, e ne è stata determinata la curva di taratura.

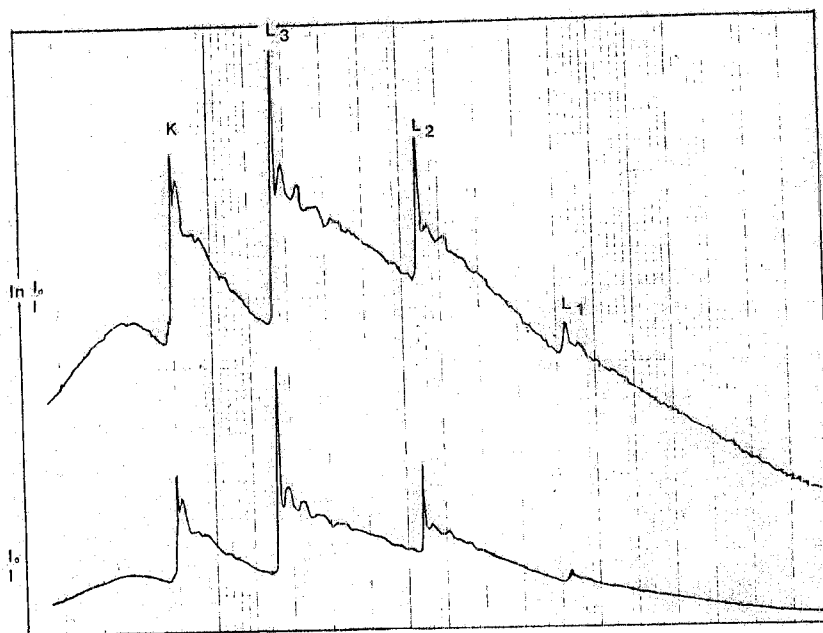


FIG. 38 - Spettro di assorbimento del BaTiO_3 . Range di energia: 4500-6500 eV; $\Delta E = 2$ eV. Corrente di Adone 12 mA @ 1500 MeV.

Le caratteristiche salienti del monocromatore attuale sono riportate in Tabella I.

TABELLA I - Caratteristiche del monocromatore a raggi X.

Tipo : monocromatore a cristallo channel-cut
Goniometro: Siemens modificato per vuoto. Possibilità di escludere il cristallo dal fascio
Motore di scansione angolare: Slosyn LS-50 esterno. Step minimo 0,7"
Lettura dell'angolo: Shaft encoder 2^{16} bits; sensibilità 3,52"
Backlash (sper): Ca. 1"
Caratteristiche ottiche con cristallo Si (220):
Range coperto: 3.5-12 keV
Risoluzione (sper.): < 1.5 eV a 5 keV
Larghezza del fascio in uscita: 13 mm
Purezza spettrale (a 5 keV): 1.4% di 2 ^a armonica; 0.01% di 3 ^a
Fotoni al secondo in uscita: $\sim 8 \times 10^7$ fotoni/sec·mA a 5 keV

Precisione e ripetibilità sono risultate confrontabili e dell'ordine del secondo di arco, indipendentemente dalla direzione di scansione del goniometro.

L'influenza delle correzioni verticali dell'orbita degli elettroni in Adone sulla taratura del monocromatore è stata valutata dell'ordine di ~ 1 eV/A di corrente sulla bcq 47, nel range intermedio di energia (5 keV).

Per quanto concerne la risoluzione in energia del monocromatore, ne è stato possibile finora determinare solo un limite superiore: $\Delta E/E \leq 3 \times 10^{-4}$.

E' stato completato il sistema automatico di controllo della scansione verticale della camera di misura. Tale scansione permette di seguire il movimento del fascio in uscita dal monocromatore con una sensibilità di 20μ , utilizzando un comando di tipo incrementale.

Sono stati inoltre approntati alcuni accessori per la camera di misura, fra cui un criostato ad azoto liquido e un riscaldatore a irraggiamento.

Si sta provvedendo al montaggio di un cristallo di Si(111) come monocromatore che consentirà di abbassare il limite inferiore di energia utilizzabile da circa 3500 eV a circa 2100 eV. In tal modo è possibile eseguire misure anche su campioni contenenti elementi più leggeri del Ca quali, ad esempio K, Cl, S di grande importanza nei sistemi biologici.

Si procederà nei prossimi mesi all'allestimento dei sistemi di rivelazione di fluorescenza X sia con rivelatori a stato solido (SiLi) sia con scintillatori o contatori proporzionali.

Il controllo dell'apparato sperimentale per misure di assorbimento di raggi X (o di EXAFS) è affidato ad un minicomputer PDP 11/03. La configurazione hardware è mostrata in Fig. 39, il sistema operativo utilizzato è il RT 11 F/B. Il package-software realizzato per il controllo dell'esperienza è un misto FORTRAN IV-Macro 11 scritto per essere

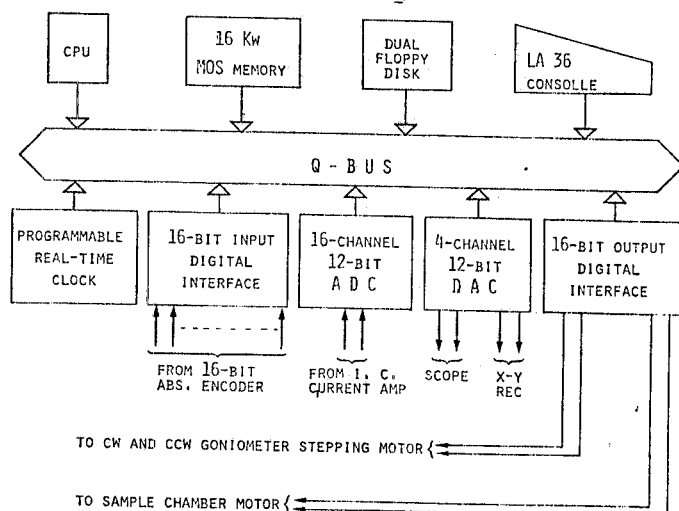


FIG. 39 - Configurazione hardware del controllo della strumentazione.

eseguito come programma di foreground: ogni tempo morto infatti viene gestito da una routine macro (CLKWT-MAC) che utilizza in interrupt un clock-programmabile. Tale routine, dopo aver inizializzato i vettori del clock invoca un context-switch passando quindi il controllo della CPU al programma di background. L'interrupt manda in esecuzione una routine il cui unico compito è restituire il controllo al programma di foreground. Tale "facility" non viene però ancora utilizzata durante i turni in quanto la memoria dello /03 è ridotta (16 K) e come tale non permette in background l'esecuzione di programmi di sviluppo e di analisi. Tuttavia ciò sarà possibile non appena saranno disponibili altri 16 K già ordinati.

Il minicomputer essenzialmente controlla i movimenti del monocromatore, tramite lettura dell'encoder e conseguenti comandi allo stepping motor, e della camera di misura, provvede alla acquisizione delle correnti delle camere a ionizzazione, plotta i dati su un display ed infine memorizza ogni run sperimentale su floppy-disk.

I dati così acquisiti sono pronti per l'elaborazione che viene eseguita per ora sullo stesso minicomputer PDP 11/03. Tuttavia, non appena verrà installato sul PDP 11/34 del Centro di Calcolo il plotter HP 7221 B, l'analisi verrà trasferita anche sul PDP 11/34, per permettere a più persone di analizzare i dati contemporaneamente. Occorre a tal punto sottolineare come l'analisi dati tipica di un esperimento EXAFS vada eseguita sull'11/34 e non sul CINECA per minimizzare i tempi reali di lavoro. A ciò valga l'osservazione che uno spettro viene registrato in non più di 30 minuti mentre l'analisi dello stesso richiede circa una giornata di lavoro "interattivo".

Il package di analisi dei dati realizzato è composto da una serie di routine che permettono di calcolare il coefficiente di assorbimento $\alpha = \ln I_0/I$, di sottrarre l'assorbimento pre-edge con la legge di Victoreen, di calcolare la derivata dello spettro per determinare l'energia di soglia, di trasformare la scala delle energie in scala di K-vectors, di sottrarre il contributo atomico mediante un fit polinomiale dei dati sopra l'edge di assorbimento, di calcolare lo spettro EXAFS definito come $(a(k) - a_0(k))/a_0(k)$ dove a_0 è il contributo atomico ed $a(k)$ è lo spettro reale, di trasformare secondo Fourier per il calcolo della funzione di distribuzione radiale, di antitrasformare nello spazio k per isolare il contributo delle singole shell. Per ogni singola shell occorre infatti calcolare sia l'andamento della funzione di back-scattering per determinare il numero di coordinazione, il tipo di atomo diffondente ed il fattore di disordine termico o strutturale (fattore di Debye-Waller), sia l'andamento delle fasi per avere un check sulla qualità dell'analisi e per determinare la distanza tra l'atomo assorbente e gli atomi delle singole shells. Maggiori dettagli su queste analisi saranno pubblicati in un report della serie LNF.

In collaborazione col Centro di Calcolo è stato realizzato un trasferimento dati dall'11/03 all'11/34. Tale trasferimento, eseguito in accordo col protocollo ideato dal Centro di Calcolo, permette di trasferire files-ASCII a records di lunghezza variabile, con una minima probabilità di errore. Tale trasferimento è stato utilizzato per trasferire dati all'11/34 per memorizzarli su DECTAPE con lo scopo sia di realizzare un archivio dei dati registrati nel laboratorio del PULS, sia di fornire i dati su nastro agli utenti esterni. Ciò è stato fatto per l'Istituto Donegani della Montedison, per l'Università di Cagliari, di Messina e di Parma, per l'Università Cattolica di Roma. I dati invece registrati dagli altri utenti, quali Università di Trento, la FIAT, il Laboratorio di Montelibretti del CNR, l'Istituto di Chimica Biologica e l'Istituto di Fisica dell'Università di Roma, vengono analizzati nei Laboratori Nazionali di Frascati.

B. - Attività di ricerca.

Il canale a raggi X è entrato in funzione nel giugno 1979. L'accesso agli utenti è stato consentito a settembre. Sono stati avviati più di venti esperimenti, condotti sia da gruppi esterni, sia in collaborazione col PULS.

Sono stati raccolti spettri EXAFS e di soglia su campioni legati a problemi specifici molto differenti e con caratteristiche chimico-fisiche assai diverse.

Sono state eseguite misure su campioni di:

- catalizzatori contenenti Cu-Zn e Ti;
- acciai e superleghe a contenuto variabile di Fe e C;

- composti strutturalmente anisotropi (GaS, GaSe, ...);
- ferroelettrici perovskitici sotto e sopra la transizione di fase ferroelettrica;
- semiconduttori amorfi;
- materiali biologici contenenti Mn, Co, Cu, Fe e Ca.

E' stata inoltre provata una camera a drift bidimensionale come rivelatore per raggi X.

Sulla base di una disponibilità mensile di circa 14 turni macchina di 12 ore, ciascun esperimento ha potuto utilizzare mediamente circa tre turni. A tutti gli utenti è stata assicurata l'assistenza prima, durante e dopo i turni, rispettivamente per la preparazione dell'esperimento, la utilizzazione dell'apparato sperimentale e l'analisi dei dati raccolti.

Infine, la camera di fotoemissione è stata usata per misure di energy loss su interfacce Si-Ge e Si-Au.

B.1. - Catalizzatori.

(Convenzione PULS-IRD)

Presso il Laboratorio Raggi X del Dipartimento Materiali Inorganici e Chimica Fisica delle Superfici dell'Istituto di Ricerche Donegani di Novara dal 1975 vengono compiute misure EXAFS utilizzando la radiazione bianca di normali tubi a raggi X (Ag, Fe, Mo). Si tratta di determinare numero, tipo e distanze dei primi vicini delle specie atomiche assorbitive presenti in catalizzatori eterogenei, che solitamente si presentano come sistemi altamente dispersi e/o disordinati, e per i quali quindi le normali tecniche di indagine strutturale non forniscono risultati certi.

La raccolta dei dati con la strumentazione convenzionale è particolarmente lunga e laboriosa: sono necessarie circa 3-4 settimane per la registrazione di uno spettro; con l'utilizzo della linea a raggi X allestita dal gruppo PULS presso i Laboratori Nazionali di Frascati, oltre ad una drastica caduta dei tempi di raccolta, si ottengono spettri con un rapporto segnale/rumore nettamente migliore rispetto all'uso di un generatore a raggi X.

Sono stati raccolti i seguenti spettri EXAFS e di soglia:

- a) Catalizzatori per conversione del CO a bassa temperatura, costituiti dal sistema $\text{CuO}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Sono stati raccolti dati di 6 materiali standard e di 4 catalizzatori freschi e ridotti. I dati sono in stato di avanzata elaborazione. In Fig. 40 vengono riportati gli spettri delle soglie del Cu presente nei catalizzatori freschi (curve 1, 2, 3, 4) e del CuO, da cui si deduce che lo stato chimico del Cu è nei campioni in esame simile a quello del Cu in CuO; in Fig. 41 sono riportati gli spettri delle soglie del Cu dopo attivazione per riduzione dei catalizzatori (curve 1, 2, 3, 4) e del Cu metallo (5).

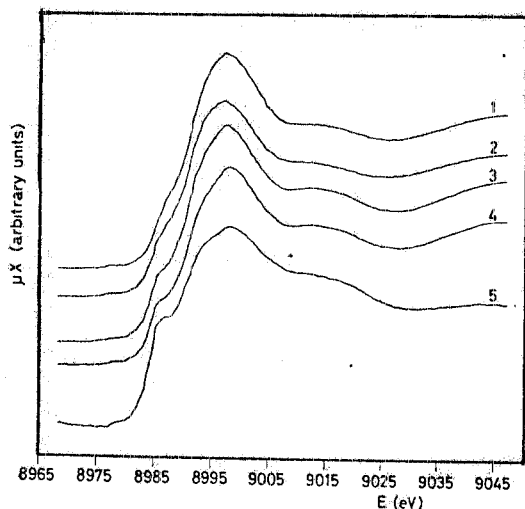


FIG. 40 - Spettri di soglia del Cu in catalizzatori freschi (curve 1, 2, 3, 4) e del CuO (curva 5).

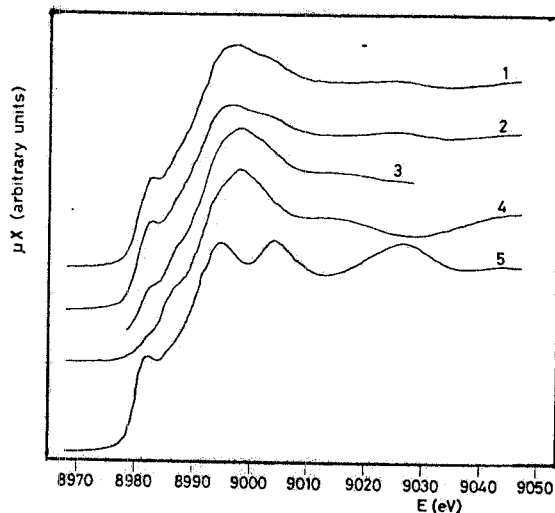


FIG. 41 - Spettri di soglia del Cu dopo attivazione per riduzione dei catalizzatori (curve 1, 2, 3, 4) e del Cu metallo (5).

metallico, da cui si evidenzia nei sistemi in esame la presenza di CuO , anche se la mancanza delle tipiche strutture presenti nel Cu metallico fa pensare ad una situazione in cui si è in presenza di piccoli clusters e/o a un forte disordine reticolare; nelle Figg. 42 e 43 sono riportate le soglie di assorbimento per lo Zn presente nei sistemi freschi e ridotti (curve 1, 2, 3, 4) e nello ZnO e in Zn metallico. Da queste curve risulta evidente che nei catalizzatori in esame lo stato chimico dello Zn è simile a quello di Zn in ZnO , e che la riduzione non ha effetti significativi su queste fasi.

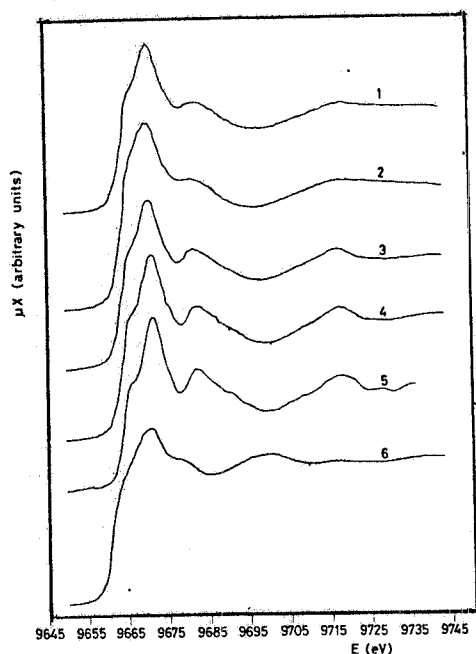


FIG. 42 - Spettri di soglia dello Zn in catalizzatori freschi (curve 1, 2, 3, 4) e in ZnO e Zn metallo (curve 5, 6).

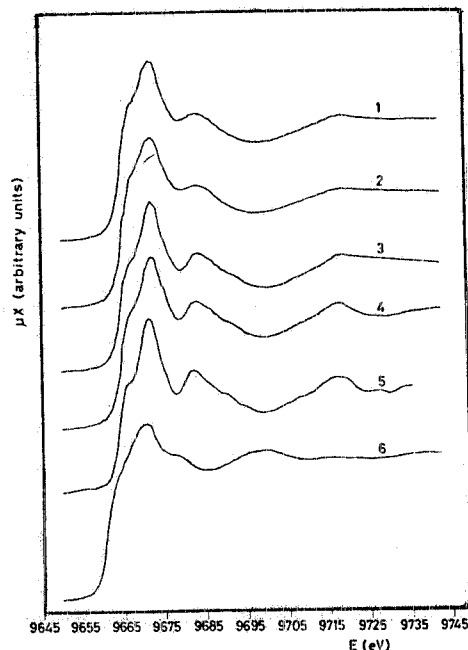


FIG. 43 - Spettri di soglia dello Zn in catalizzatori ridotti (curve 1, 2, 3, 4) e in ZnO e Zn metallo (curve 5, 6).

- b) Sistemi a base di CrO_2 e CrO_3 per nastri magnetici (15 spettri).
- c) Composti modello del Ti variamente coordinato al Cl , necessari per la definizione dello stato chimico e della coordinazione del Ti nei catalizzatori tipo Ziegler-Natta per la polimerizzazione stereospecifica delle olefine (30 spettri). L'analisi dei dati è in corso.

B.2. - Acciai e superleghe.

(Collaborazione PULS-CRF)⁽¹³⁾

Nell'ambito della collaborazione PULS - Centro Ricerche FIAT di Orbassano sono state eseguite misure della struttura fine delle soglie K di assorbimento (EXAFS) di vari materiali di interesse tecnologico.

Scopo della esperienza consiste nel determinare le possibilità applicative della tecnica EXAFS, che già risulta ampiamente consolidata nel campo dei solidi policristallini, a materiali di impiego metallurgico. In particolare si è inteso focalizzare il presente studio di fattibilità su acciai ferritico-martensitici (acciai "dual-phase"), su acciai austenitici, superleghe a base Ni , acciai amorfi. Si intende determinare i seguenti parametri:

- a) Variazione delle distanze reticolari del Fe in matrice bcc e fcc in relazione sia alla composizione chimica sia ai trattamenti termomeccanici degli acciai esaminati. Particolare interesse riveste la determinazione del rapporto c/a nelle martensiti.

- b) Parametro di misfit nella fase γ rispetto alla fase indurente γ' ($\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$) in acciai refrattari a base Ni (superleghe).
- c) Analisi del disordine strutturale in acciai amorfi ottenuti per "splat quenching" ed estensione ad acciai "amorfizzati" solo in superficie con trattamento laser.

Punto a) : Sono state eseguite misure su polveri ottenute dai seguenti campioni, forniti dal Centro Ricerche FIAT :

- Fe Armco ;
- Acciai "dual-phase" ferritico-martensitici ;
- Acciai martensitici ;
- Lega 800 austenitica (30 Ni 20 Cr base Fe) ;
- Fe_3C ;
- Acciai cementati.

Nella parte alta della Fig. 44 è mostrato il coefficiente di assorbimento $\chi(k)$ EXAFS misurato a temperatura ambiente della martensite k61 ed in basso è graficata la trasformata di Fourier del Fe (bcc) e dell'acciaio martensitico (reticolo cubico tetragonale con rapporto c/a dipendente dalla quantità di carbonio). Come si può notare i primi vicini, che nel Fe bcc sono 8 e 6 rispettivamente, presentano una trasformata di Fourier nel range 2-3 Å fortemente asimmetrica. Nella martensite la $F(r)$ risulta compressa in un unico picco. La differenza (in Å) tra i due massimi, indicati da una freccia, dà informazioni sulla quantità di carbonio imprigionato nel reticolo tetragonale martensitico. Per la fase mista, "dual-phase", dove il contenuto di carbonio è statisticamente minore che nella martensite, si dispone di una serie di spettri molto simili a quello del Fe bcc dato il basso contenuto di carbonio. In Fig. 45 è mostrata la $\chi(k)$ e la trasformata di Fourier della cementite Fe_3C ; in questo caso la distanza Fe-C è molto bene determinabile essendo più piccola di quella Fe-Fe.

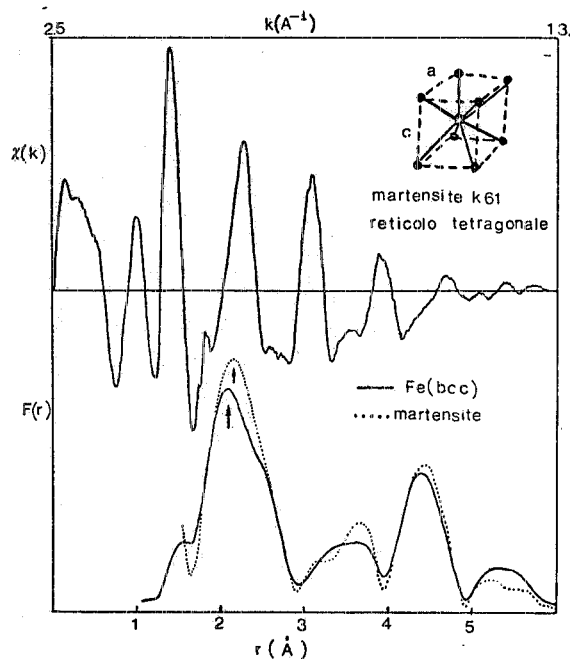


FIG. 44 - Coefficiente di assorbimento EXAFS $\chi(k)$ della martensite k61 e trasformata di Fourier $F(r)$ del Fe(bcc) e dell'acciaio martensitico.

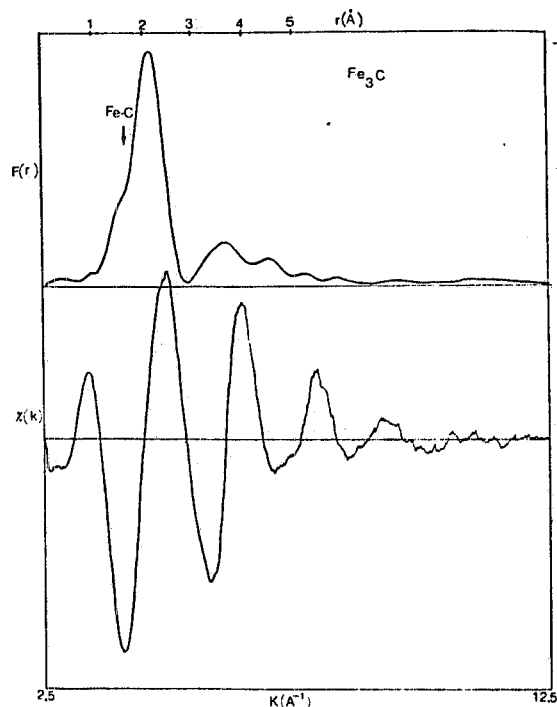


FIG. 45 - Coefficiente di assorbimento $\chi(k)$ e trasformata di Fourier $F(r)$ della cementite Fe_3C .

In Fig. 46 sono mostrate le tre soglie della lega 800 (30 Ni 20 Cr base Fe) austenitica ed in Fig. 47 la $\chi(k)$ e la $F(r)$ solo della soglia del Fe. Di questa lega si vorrebbe determinare la coordinazione di ciascun componente. Si è elaborato inoltre un modello teorico utilizzando la formula parametrizzata di Teo et al. (J. Am. Chem. Soc. 99, 3854 (1977)); la parte bassa di Fig. 47 mostra la trasformata di Fourier per il Fe fcc ed un raffronto con la fase austenitica dà utili informazioni sulla posizione degli altri atomi nella lega 800.

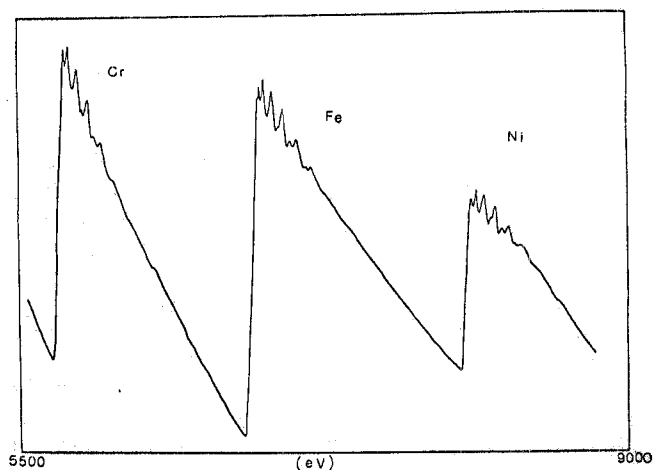


FIG. 46 - Soglie di assorbimento della lega 800 austenitica.

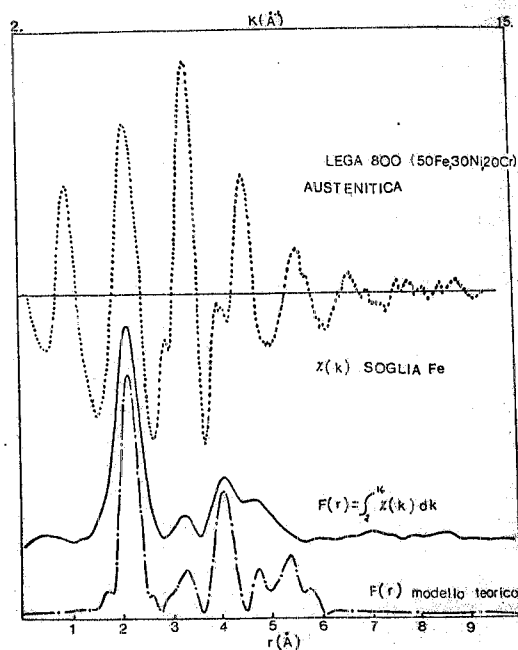
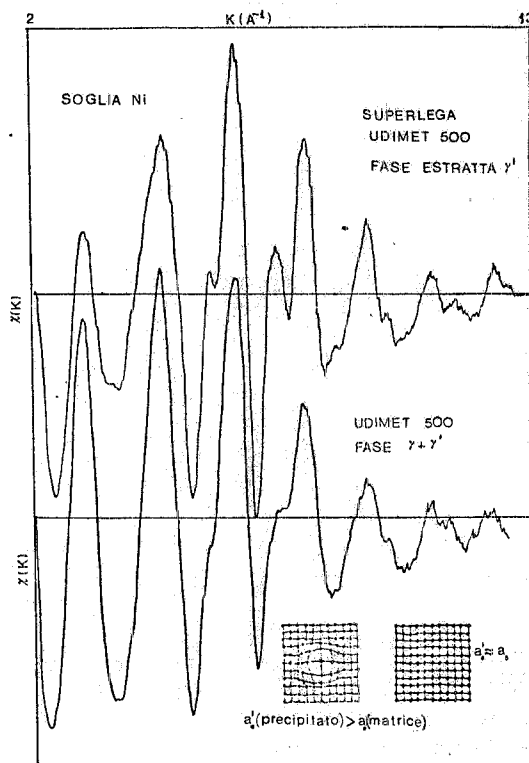


FIG. 47 - Coefficiente di assorbimento $\chi(k)$ e trasformata di Fourier $F(r)$ del Fe nella lega 800.

Punto b): In Fig. 48 sono mostrate le $\chi(k)$ ottenute dalla fase γ (reticolo fcc) estratta da superleghe $\gamma + \gamma'$ misurate alla soglia K del Ni. Il problema che si vuole analizzare è la determinazione diretta del parametro di mismatch ossia, come mostrato nella parte bassa della figura, come da un reticolo fcc γ si passa con distorsione reticolare ad uno γ' , sempre fcc ma con diverso parametro reticolare (a'_0). I due spettri sono molto diversi e questo è molto promettente per la misura diretta del parametro di mismatch. Sono state effettuate misure anche su superleghe dello stesso tipo dopo molte ore di servizio per vedere se un'eventuale segregazione a bordo grano, che infragilisce notevolmente la struttura, provoca una variazione del parametro di mismatch.

FIG. 48 - Coefficiente di assorbimento $\chi(k)$ alla soglia K del Ni nella fase γ' estratta da superlega $\gamma + \gamma'$.



Punto c): Per gli acciai amorfi sono stati misurati i seguenti campioni:

$\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$; $\text{Fe}_{80}\text{P}_{20}$; $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_6\text{P}_{14}$; $\text{Fe}_{58}\text{Ni}_{20}\text{Mo}_4\text{B}_{18}$; $\text{Fe}_{32}\text{Ni}_{36}\text{Cr}_{14}\text{B}_6\text{P}_{12}$.

Sono campioni ottenuti con un rapido raffreddamento dalla fase liquida. Il loro stato "tipo vetro" è interessante da studiare perchè conferisce a questi materiali caratteristiche molto particolari quali: bassa ossidazione, inattaccabilità dagli acidi, alta elasticità, ecc.

In Fig. 49 sono mostrati i coefficienti di assorbimento e le trasformate di Fourier del Fe e del Ni nel composto $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_6\text{P}_{14}$. Il suo disordine strutturale è chiaramente indicato nelle trasformate di Fourier che mostrano la coordinazione del Fe e del Ni solo ai primi vicini. Si sta studiando un modello teorico per deconvolvere i diversi contributi alla $F(r)$ da parte delle diverse "pairs" di atomi: infatti si vorrebbero determinare le distanze Fe-Fe, Fe-Ni, Fe-B e Fe-P che hanno raggi leggermente diversi ma compaiono tutti sotto un unico asimmetrico picco. Sono in corso analisi dettagliate delle soglie, un esempio delle quali è mostrato in Fig. 50 per il Fe(bcc) cristallino e per il Fe in $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_6\text{P}_{14}$.

Le transizioni osservate coinvolgono stati finali con simmetria "p" come un recente articolo di F. Szumbowicz e D. M. Pease (Phys. Rev. B, 3341 (1978)) ha dimostrato per il caso del Ni. Il forte decremento del primo picco (~ 7112 eV) in $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_6\text{P}_{14}$ è da noi messo in relazione con il ridotto momento magnetico per atomo misurato in questi acciai nei confronti del Fe puro.

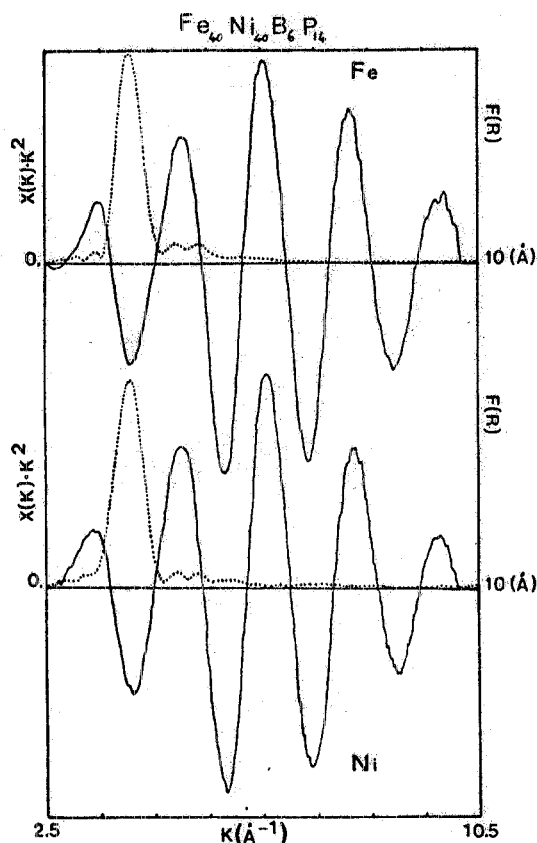


FIG. 49 - Coefficiente di assorbimento $\chi(k)k^2$ del Fe e del Ni nell'acciaio amorfo $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_6\text{P}_{14}$; in tratteggiato le rispettive trasformate di Fourier.

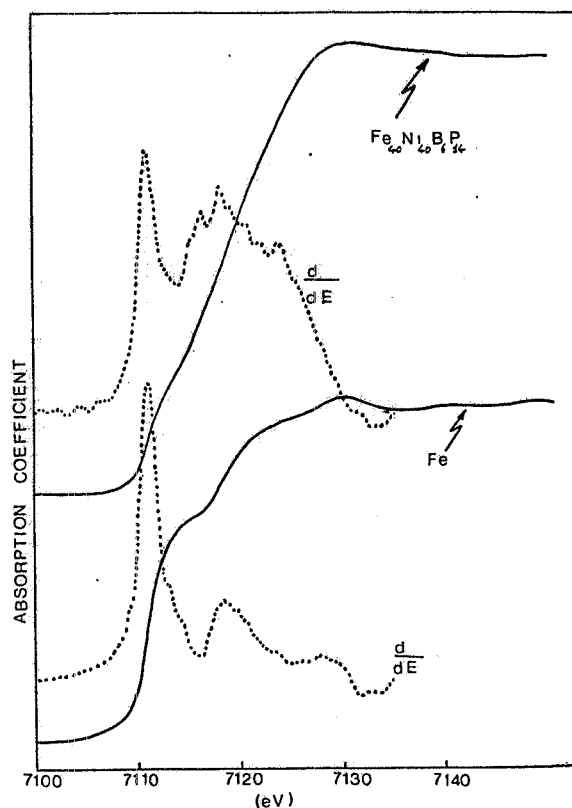


FIG. 50 - Soglia di assorbimento K del Fe(bcc) e del Fe nell'acciaio amorfo $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{B}_6\text{P}_{14}$.

B. 3. - Dipendenza dell'assorbimento nella regione della soglia K del Ga in GaS dalla polarizzazione della radiazione.

(PULS)⁽¹⁵⁾

I composti lamellari III-VI, per es. il GaS, hanno una struttura cristallina fortemente anisotropa e si sfaldano con estrema facilità lungo i piani cristallini perpendicolari all'asse $\vec{c}$ di anisotropia. Questo fatto li rende particolarmente vantaggiosi per misure di assorbimento eseguite utilizzando la polarizzazione naturale della radiazione di sincrotrone per verificare la simmetria degli stati finali vuoti vicini al livello di Fermi. I più recenti calcoli a bande hanno mostrato che gli stati associati alle bande di conduzione più basse conservano sensibilmente il loro carattere atomico. Inoltre gli stati 4p del Ga si separano per effetto del campo cristallino anisotropo e danno origine ad un gruppo di bande $p_x p_y$ che giace a più alta energia della banda di tipo p_z . Pertanto ci si aspetta che lo spettro di assorbimento vicino alla soglia K del Ga dia origine a forti strutture associate agli stati finali $p_x p_y$ quando $\vec{\epsilon}$, il versore di polarizzazione della radiazione, è perpendicolare all'asse $\vec{c}$ (incidenza normale); queste strutture dovrebbero scomparire e lasciare il posto a nuove strutture a più bassa energia, associate agli stati finali di tipo p_z , ruotando il campione, in modo da avere una componente di $\vec{\epsilon}$ parallela all'asse $\vec{c}$ del cristallo, come indicato in Fig. 51. In Fig. 52 si mostrano gli spettri misurati in corrispondenza

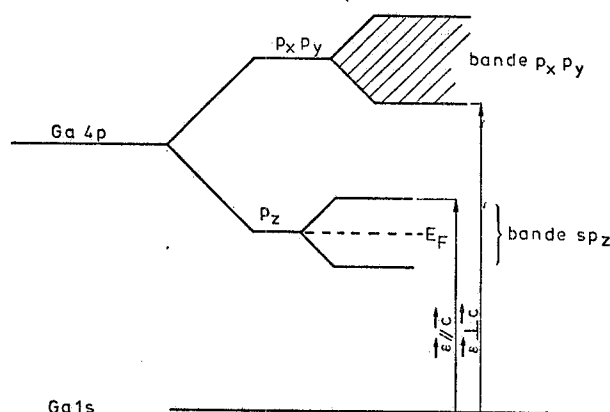


FIG. 51 - Schema dei primi livelli vuoti nel GaS. E' mostrato solo il livello 4p del Ga. Il livello 4p_z si ibridizza in parte con il livello 4s e dà origine a due bande, legante e antilegante, nel legame Ga-Ga lungo l'asse $\vec{c}$. La banda di più bassa energia contiene l'elettrone p dell'atomo di Ga ed è piena. E' indicato anche il livello 1s del Ga e le transizioni permesse nelle due condizioni di polarizzazione.

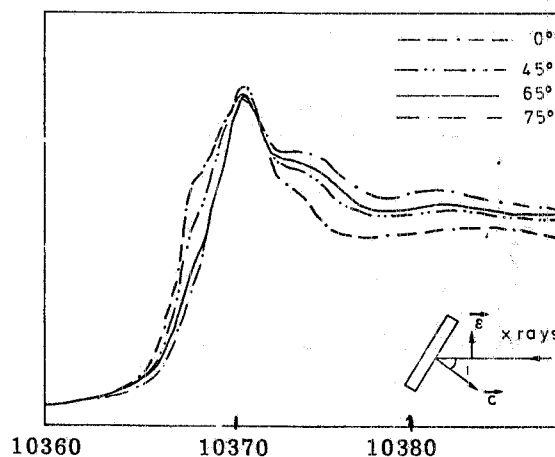


FIG. 52 - Spettri della soglia K del Ga in GaS a diversi valori dell'angolo di incidenza.

della soglia K del Ga in GaS, per diversi valori dell'angolo di incidenza. Si vede chiaramente che tutta la spalla compresa approssimativamente tra 10366 e 10368 eV (che in un calcolo di best fit è stata risolta in due lorentziane centrate rispettivamente a 10367.1 e 10368.7 eV) scompare nel passare dallo spettro misurato a 0° di incidenza ($\vec{\epsilon} \perp \vec{c}$) a quello misurato a 75° di incidenza ($\vec{\epsilon} \sim // \vec{c}$). Invece la soglia di assorbimento a 10367.1 eV ed il picco a 10370.1 eV non dipendono dalla polarizzazione. Il risultato sperimentale mostra che i primi stati accessibili nelle transizioni in esame sono quelli di simmetria $p_x p_y$, che giacciono a più alta energia in Fig. 51. Si sta lavorando per capire il motivo dell'assenza delle strutture a più bassa energia nello spettro a 75°, previste nel precedente modello secondo il quale gli stati finali sono quelli del cristallo imperturbato.

B.4. - Assorbimento alla soglia K dei ferroelettrici perovskitici SrTiO_3 , BaTiO_3 e del TiO_2 (rutile) e struttura EXAFS del SrTiO_3 .
(PULS)(4, 14)

Si è esaminata in dettaglio la soglia K del titanio nelle perovskiti di tipo ABO_3 quali il SrTiO_3 (in fase cubica) e il BaTiO_3 (tetragonale) e nel biossido di titanio. In tutti questi composti lo ione Ti^{4+} è coordinato ottaedricamente con sei atomi di ossigeno che producono un campo cristallino cubico. Tale campo dà luogo a una separazione dei livelli 3d del Ti che sono 5 volte degeneri in stati t_{2g} (3 volte degeneri) e e_g (due volte degeneri). Nei cristalli tali stati formano la prima banda di conduzione. L'analisi dettagliata di tali spettri ha permesso di stabilire:

- La struttura fine alla soglia K del titanio è descrivibile sulla base di un modello a bande (LCAO) che considera le interazioni titanio-ossigeno del tipo $(3d)_{\text{Ti}} - (2p)_{\text{O}}$ e $(3d)_{\text{Ti}} - (2s)_{\text{O}}$ come rilevanti nel produrre il gap di energia e la dispersione delle bande nello spazio K. Si sono determinati sperimentalmente i valori degli integrali a due centri ($pd\sigma$), ($pd\pi$) e ($sd\sigma$) per il SrTiO_3 e il BaTiO_3 che sono risultati in buon accordo con quelli teorici. Inoltre la larghezza misurata della banda di conduzione 3d permette di stabilire che tutte le determinazioni teoriche hanno sottostimato il valore degli integrali di sovrapposizione tra gli ioni titanio e gli ioni ossigeno.
- Gli orbitali 4d e 5d degli ioni alcalino terrosi Sr^{++} e Ba^{++} determinano le bande di conduzione più elevate che giacciono alcuni eV al di sopra delle bande 3d. Ciò è anche suggerito dal confronto tra le soglie K del Ti e L_{III} del Ba. La densità degli stati finali delle bande 4s e 4p del titanio non può descrivere le strutture localizzate osservate.
- L'intensità relativa delle strutture suggerisce che possano avvenire transizioni interbanda "non verticali" rese possibili dal momento finito del fotone che, nei raggi X, è dell'ordine della larghezza di alcune zone di Brillouin.

Si sono misurate anche le soglie L del KTaO_3 , del LiNbO_3 e del BaTiO_3 dove sono presenti strutture note come "white lines" di natura ancora non ben definita.

Si è infine ottenuta la funzione di distribuzione radiale $|F(r)|$ di varie shell di coordinazione intorno allo ione Ti^{4+} nello SrTiO_3 (Fig. 53) e si è estratto, con la tecnica dell'antitrasformata di Fourier, l'andamento dell'ampiezza $A(k)$ e della fase $\Phi(k)$ di ogni singola shell. Si è osservato il battimento tra le shells dell'O e del Ti (Fig. 54). Il confronto con l'analisi teorica è in corso.

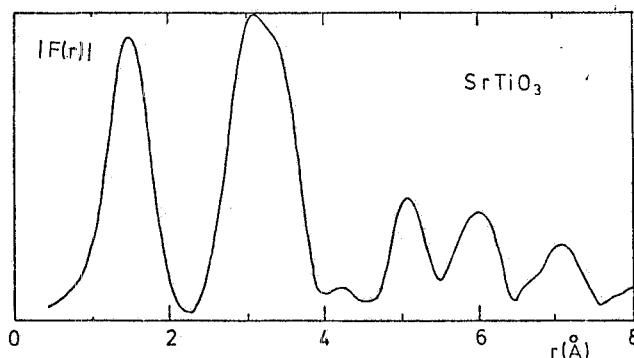


FIG. 53 - Distribuzione radiale intorno allo ione Ti^{4+} in SrTiO_3 .

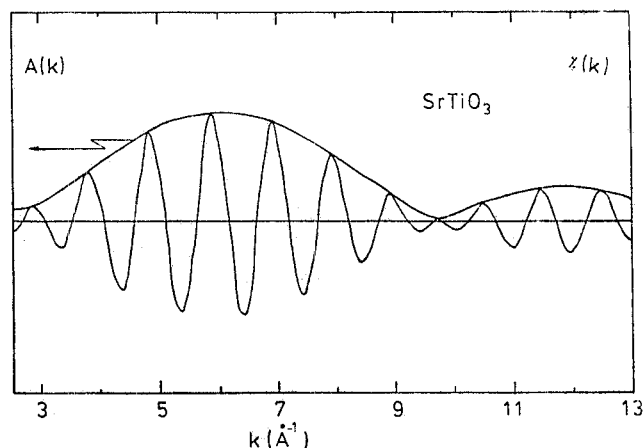


FIG. 54 - Battimento tra le shells dell'ossigeno e del titanio in SrTiO_3 . $A(k)$ è l'ampiezza di backscattering totale che mostra chiaramente un minimo.

B. 5. - Eccitazioni di core nelle terre rare.

(Collaborazione Istituto di Fisica dell'Università di Camerino - Laboratorio "KFA" di Jülich - Istituto di Fisica dell'Università di Roma)⁽⁷⁾

Sono stati studiati alcuni composti del "Tulio" Tm, una terra rara, a valenza mista, mediante analisi degli spettri di soglia. Si è trovato che il TmSe mostra chiaramente due stati di valenza +2 e +3 mentre il Tm metallico e il TmTl mostrano prevalentemente valenza +3 e +2 rispettivamente. Il paragone tra le transizioni dai livelli 2s e 2p permette la caratterizzazione delle forti risonanze atomiche dovute a transizioni $2p \rightarrow nd$ in questi sistemi e la loro dipendenza dalle differenti configurazioni degli atomi delle terre rare.

B. 6. - Studio della struttura a corto range di film semiconduttori amorfi.

(PULS)

La possibilità di utilizzare semiconduttori amorfi in luogo di quelli monocristallini è di estrema importanza per una varietà di applicazioni tecnologiche. L'introduzione dell'idrogeno in tali materiali sembra essere fondamentale nel determinarne le proprietà elettroniche.

Le ricerche EXAFS e di soglia in corso presso il PULS intendono investigare la struttura locale, la coordinazione media ed il disordine termico in tali composti.

Sono state eseguite le prime misure su film di Ge amorfo puro e idrogenato ed è in corso l'analisi di questi dati.

In Fig. 55 è presentato uno spettro EXAFS e la sua trasformata di Fourier che fornisce, a meno di un fattore additivo, la distribuzione dei primi vicini in un campione di Ge amorfo evaporato per sputtering.

Altre misure sono state eseguite su campioni di Ge evaporato e trattato termicamente a varie temperature.

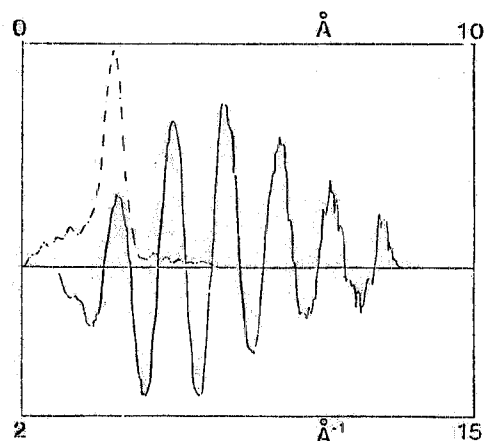
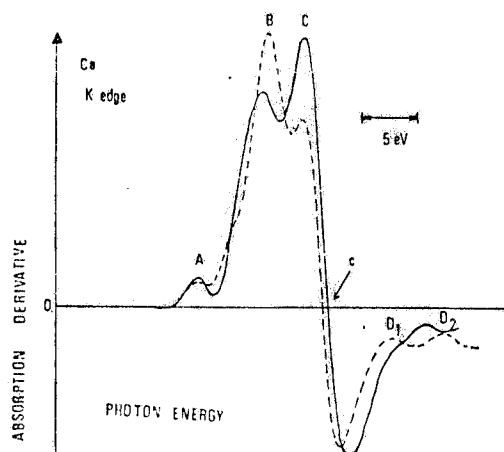


FIG. 55 - Spettro EXAFS ($\chi(k)$) e sua trasformata di Fourier di un campione di Ge amorfo evaporato per sputtering.

B. 7. - Studi della struttura di proteine che legano calcio.

(Collaborazione PULS - Università di Camerino - Istituto di Fisica e Istituto di Chimica Biologica dell'Università di Roma)⁽²¹⁾



E' stata studiata la struttura di proteine che legano calcio con misure di XANES (X-ray Absorption Near Edge Structures) e EXAFS. Si è concentrato l'interesse sullo studio del sito metallico nell'S100, una proteina del sistema nervoso, di cui non si conosce la struttura. Si è trovato che il calcio è in un sito ottaedrico coordinato a 6 ossigeni in una configurazione "EF hand".

La Fig. 56 mostra lo spettro di soglia della proteina paragonato allo spettro di un composto modello: l'acetato di calcio.

FIG. 56 - Derivata della soglia K del Ca nella proteina S100 e nell'acetato di calcio (curva tratteggiata).

Si è inoltre notata una differenza nella struttura del sito nella proteina estratta dal cavallo.

B.8. - Il legame del Mn ai nucleotidi ed agli acidi nucleici studiato mediante spettroscopia di assorbimento X: risultati preliminari.

(Collaborazione ISS-PULS)(5,22)

E' ben noto che gli ioni metallici sono necessari nei processi biologici nei quali sono implicati acidi nucleici.

Riportiamo qui alcuni risultati preliminari sul legame dello ione manganese a nucleotidi, poliribonucleotidi, e acidi nucleici. Questo studio è stato fatto mediante spettroscopia dell'assorbimento dei raggi X vicino alla soglia del Mn, utilizzando la luce di sincrotrone della facility PULS.

L'analisi della struttura fine della soglia K del Mn può dare informazioni sulla struttura locale del sito di legame del metallo (A. Bianconi, S. Doniach and D. Lubin, Chem. Phys. Letters 59, 121 (1978)).

La Fig. 57 mostra lo spettro di assorbimento X per composti inorganici del Mn (composti modello), in cui gli atomi di Mn sono coordinati con 6 atomi di ossigeno, tranne che per il KMnO_4 che ha una coordinazione tetraedrica. Il picco A sembra correlato con la simmetria del sito (è molto debole per una coordinazione perfettamente ottaedrica), e la posizione in energia della soglia dipende dallo stato di ossidazione e da altri caratteri del legame chimico.

La Fig. 58 mostra gli spettri di alcuni composti organici. I poliribonucleotidi ed il t-RNA sono stati preparati con Mn, come soluzioni concentrate, mentre MnAMP e MnATP sono stati liofilizzati (non è stata osservata alcuna differenza apprezzabile tra campioni liquidi e campioni liofilizzati di MnAMP).

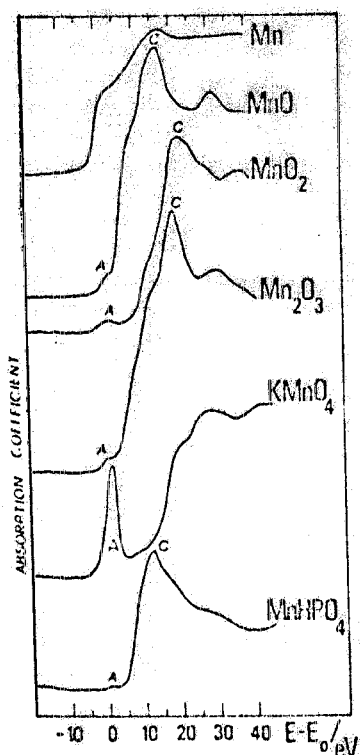


FIG. 57 - Spettri di assorbimento di raggi X per composti inorganici del Mn.

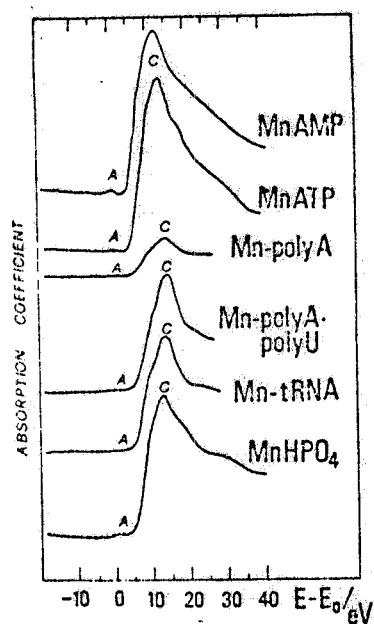


FIG. 58 - Spettri di assorbimento di composti organici del Mn.

Si può osservare che: a) gli spettri degli ossidi semplici presentano un maggior numero di strutture, probabilmente per effetti a lungo range, in confronto con i complessi organici nei quali il grado di ordine strutturale al di fuori della prima shell di coordinazione è minore; b) la somiglianza tra lo spettro del MnHPO_4 e quello dei complessi organici indica che il sito di legame ha in tutti questi casi praticamente la stessa simmetria, che corrisponde a cluster ottaedrici; c) piccole differenze osservate nel picco A e nella posizione in energia della soglia per diversi complessi organici può indicare piccole differenze nel legame con Mn.

E' in corso l'estensione di tale studio sia ad altre macromolecole che ad altri ioni metallici, per poter confrontare i risultati con i modelli proposti per il legame ione metallico con nucleotidi (M. Sundaralingam, *Biopolymer* 7, 821 (1969)), i poliribonucleotidi (Y. A. Shin, *Biopolymer* 12, 2459 (1973)) e gli acidi nucleici (G. J. Quingley, M. M. Teeler and A. Rich, *PNAS* 75, 64 (1978)).

B. 9. - Stato elettronico del sito e EXAFS del Fe in emoglobine.

(Collaborazione PULS - Università di Trento - Università di Roma)

Scopo della ricerca è lo studio dello stato elettronico e della coordinazione del ferro in emoglobine, in correlazione con le proprietà funzionali delle emoglobine stesse. La posizione della soglia di assorbimento del Fe (Chemical shift) e le sue strutture sono sensibili allo stato di carica e di spin del ferro mentre l'EXAFS fornisce informazioni sulla geometria e la coordinazione dei suoi leganti. Queste misure, eseguite al PULS, sono da confrontarsi con misure analoghe su composti metallo-organici modello, e con i risultati ottenuti con altre tecniche sperimentali, in particolare con le misure di suscettività magnetica eseguite presso l'Università di Trento.

Sono stati raccolti spettri di soglia su emoglobine e mioglobina in soluzione (molarità ~ 9 a ~ 20 mM), con diversi leganti.

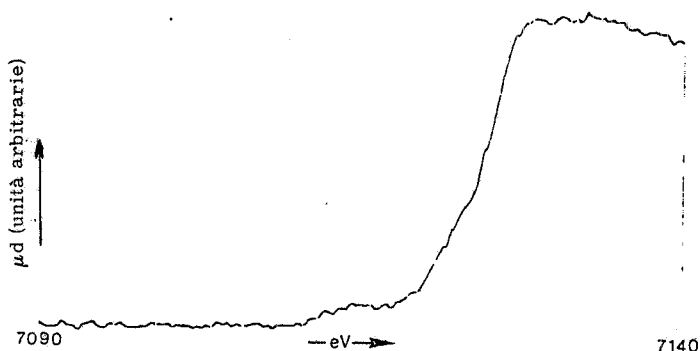


FIG. 59 - Soglia K del Fe nella CN-met-mioglobina in soluzione 9.5 mM.

I risultati ottenuti sono incoraggianti: gli spettri sono risultati di buona qualità, e si sono osservati bene gli shift chimici tra le soglie di campioni diversi. Tali shift sono dell'ordine di qualche eV. In particolare: a) sono stati stabiliti gli intervalli ottimali delle concentrazioni di emoglobina e dei cammini ottici delle celle per liquidi; b) in queste condizioni il rapporto segnale rumore è tale da permettere la identificazione di strutture nella soglia di assorbimento del ferro in emoglobine con diversi leganti; c) la posizione della soglia e delle sue strutture presentano degli spostamenti in risposta sia agli stati di valenza e di spin del ferro sia a

cambiamenti conformazionali nell'eme indotti da effettori allosterici. I risultati di cui a quest'ultimo punto sono particolarmente interessanti poiché risposte agli stessi effettori conformazionali sono state rilevate negli esperimenti in parallelo a Trento sulle proprietà magnetiche del complesso ferro-legante. Dalla discussione di questi risultati nel loro complesso si potrà dare una descrizione della struttura elettronica del complesso ferro-legante e della sua variabilità in relazione a conformazioni e funzioni diverse della proteina.

La Fig. 59 mostra una soglia K del Fe nella Cn-met-mioglobina in soluzione 9.5 mM. La spaziatura tra i punti sperimentali è di 0.1 eV ed il tempo di integrazione per ciascun punto è di 1 s. L'intervallo spettrale è 7090-7140 eV.

B. 10. - Sito attivo della ferritransferrina.

(Collaborazione PULS - Laboratorio di Teoria e Struttura Elettronica dei Composti di Coordinazione del CNR - Istituto di Fisica dell'Università di Roma)(10, 23).

Il progetto originale si proponeva di individuare la stereochimica e gli atomi donatori presenti intorno al Fe(III) nella transferrina diferrica e monoferrica umana. E' quasi totale la mancanza di spettri di soglia K per complessi cosiddetti "modello" (cioè a basso peso molecolare e di stereochimica nota) di Fe(III) in letteratura mentre è necessario poter disporre di correlazioni spettro/struttura per un numero piuttosto consistente di complessi.

Si è studiata la struttura della transferrina usando come composti modello composti del Fe con coordinazione 6 e 7. In particolare si è studiato l'effetto della sostituzione di atomi di N con atomi di ossigeno negli spettri di soglia.

I complessi a basso peso molecolare del Fe(III) finora misurati sono:

	Stereochimica
$[\text{Fe}(\text{dapsco})(\text{OH}_2)_2](\text{NO}_3)_2 \cdot \text{OH}$	$\text{Fe}(\text{N}_3\text{O}_2)$ in piano $(\text{O})_2$ assiale
$[\text{Fe}(\text{daptrien})(\text{NCS})_2](\text{SCN})$	FeN_7 pentagonale bipyramidale
$[\text{Fe}(\text{daptsc})(\text{OH}_2)_2](\text{NO}_3)_2 \cdot \text{OH}$	$\text{Fe}(\text{N}_3\text{S}_2)$ in piano $(\text{O})_2$ assiale
$[\text{Fe}(\text{saltrien})](\text{PF}_6)$	FeN_4O_2 cis-ottaedrica
$[\text{Fe}(\text{acac})_3]$	FeO_6 ottaedrica
$(\text{Ph}_4\text{As})[\text{FeCl}_4]$	FeCl_4 tetraedrica

oltre, naturalmente, quello (ripetuto parecchie volte) della transferrina diferrica (v. Fig. 60).

C'è da notare che, ad eccezione dello spettro di FeCl_4^- , tutti gli spettri sono stati misurati durante la stessa iniezione e pertanto anche i valori assoluti di energia potrebbero avere una qualche validità e non solo le differenze 1s - 3d, 1s - 4s e 1s - 4p.

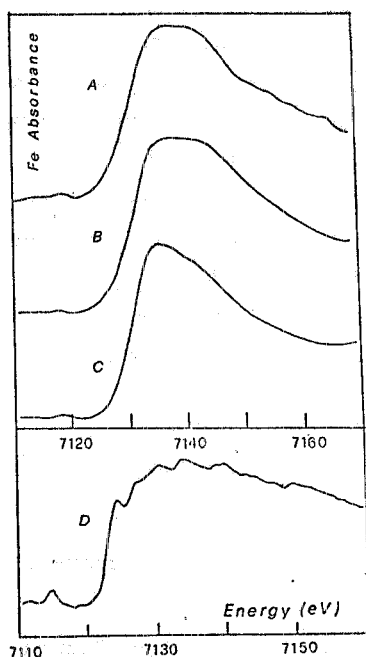


FIG. 60 - Soglia K del Fe nella transferrina (A) e in alcuni composti modello.

Per facilitare la lettura, i risultati possono essere riportati in una forma grafica con complessi di stereochimica settecoordinata in alto e quelli di stereochimica seicordinata ottaedrica in basso (v. Fig. 61). L'entità degli spostamenti sembra favorevole per quel che riguarda usi diagnostici degli spettri. Però non si può ancora venire a conclusioni molto nette perchè per ogni stereochimica è necessario costruire una "mappa" degli spostamenti in funzione non solo del gruppo donatore (e ancora mancano alcuni membri: FeN_6 , FeN_5O , FeN_2O_4 , ecc.) ma che tiene conto

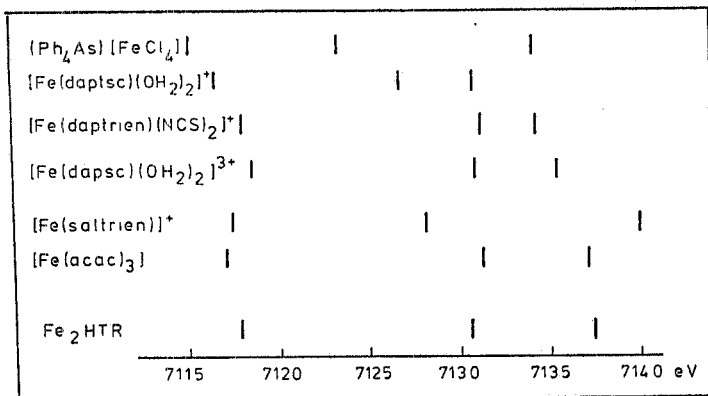


FIG. 61 - Energie delle strutture degli spettri XANES in complessi del Fe e nella transferrina.

anche dei cambiamenti di elettronegatività (che non è necessariamente costante per ogni gruppo di atomi donatori ma dipende anche dai sostituenti all'atomo donatore). Ciononostante, si può concludere che una struttura tetraedrica per il Fe(III) nella transferrina diferrica è da escludere (spostamenti 1s - 3d e 1s - 4p e anche bassa intensità della prima nello spettro di Fe₂HTR). La stessa conclusione vale per una struttura eptacoordinata con la presenza di atomi donatori S. Più difficile risulta scegliere fra una stereochimica eptacoordinata (atomi donatori N e O) e una seicoordinata (sempre N e O come atomi donatori). Ambedue (vedi Fe(acac)₃ e Fe(dapsc)(OH₂)₂³⁺) danno spettri molto simili sia per posizione delle bande che per forma dello spettro, a quello di Fe₂HTR. Lo spettro più vicino a quello di Fe₂HTR è dato da Fe(acac)₃, però gli spettri e.p.r. di questo complesso (e, finora, per tutti i complessi seicoordinati di Fe(III) aventi struttura ottaedrica) non riproducono il caratteristico spettro e.p.r. di Fe₂HTR. Una possibilità aperta da questa osservazione è che diventa necessario misurare gli spettri di soglia K (e, naturalmente, anche quelli e.p.r.) di alcuni complessi trigonale prismatico con atomi donatori N e O.

Saranno necessarie ulteriori misure per poter decidere se il sito attivo nel FeHTR sia veramente trigonale prismatico e che i due siti siano equivalenti. Sono in corso le preparazioni dei relativi complessi modello (sempre del tipo macrociclico usati finora da noi) e campioni della transferrina con un atomo di ferro solo (prima nel sito I e poi in quello II).

Inoltre, sarà opportuno fare misure su cristalli singoli (sempre di complessi modello del Fe(III) e nella fattispecie di cristalli Fe(III)/(Ph₄As)FeCl₄ e Fe(III)/(Et₄N)₂InCl₅ e di uno dei complessi trigonali prismatici in preparazione). Tali misure dovrebbero mettere le interpretazioni spettroscopiche su un piano un po' meno qualitativo e "di tipo diagnostico".

B.11. - Camera a drift bidimensionale.

(PULS)(1)

E' stato collaudato sul canale a raggi X un rivelatore bidimensionale costituito da una camera a drift di piccole dimensioni, con caratteristiche di risoluzione spaziale, di efficienza di rivelazione, di rapidità e capacità di raccolta dati interessanti per applicazioni di fisica coi raggi X.

La camera a drift è rappresentata in Fig. 62 e consiste di una regione di drift, in cui viaggiano, per effetto di un campo elettrico costante, gli elettroni prodotti dal fotone X assorbito al tempo t_0 nel punto (x,y) di un amplificatore-discriminatore per la rivelazione del segnale raccolto dall'anodo al tempo t_1 e di una linea di ritardo sistemata lungo l'anodo stesso per il rilevamento della coordinata y, il tutto operante in una opportuna miscela di gas a pressione atmosferica.

La coordinata x, a velocità di drift w costante, è data da $x = w(t_1 - t_0)$, pertanto è ottenibile dalla misura dell'intervallo di tempo $t_1 - t_0$. Il tempo di riferimento t_0 è dato dalla stessa macchina acceleratrice, che, per ogni "bunch" di elettroni fornisce un impulso con tempo di salita inferiore al nsec e "spread" temporale trascurabile. Questo "trigger" del bunch è stato messo a punto in collaborazione con la Divisione Macchine dei LNF.

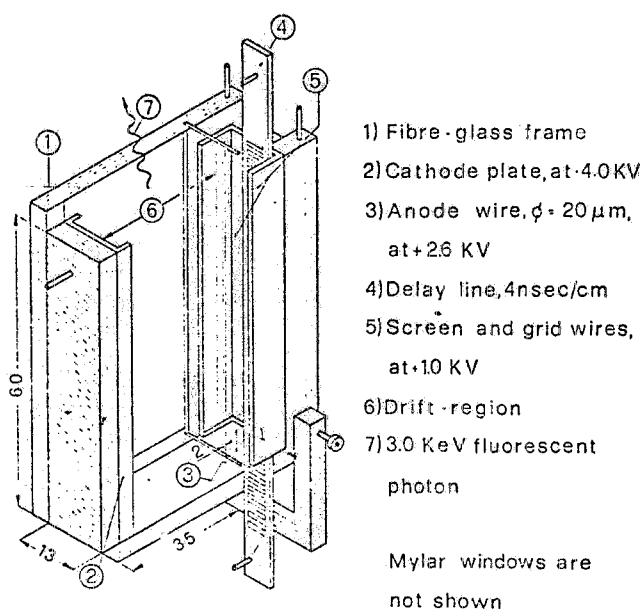


FIG. 62 - Schema geometrico della camera a drift bidimensionale per raggi X.

La linea di ritardo, a geometria piatta (costruita su Kapton biramato con la tecnica dei circuiti stampati nel Laboratorio Fotografico dei LNF) riceve l'impulso indotto dalla scarica a valanga sull'anodo.

La misura della differenza di tempo di propagazione dell'impulso ai due estremi della linea dà la posizione y del fotone assorbito.

Il sistema di "read-out" della camera è rappresentato in Fig. 63.

Sono state eseguite due serie di misure, una con lettura della sola coordinata x , l'altra a lettura bidimensionale x, y .

Per evitare la saturazione della camera, dovuta all'alto flusso uscente dal monocromatore a raggi X, è stato montato sul fascio un assorbitore di alluminio di 0.5 mm di spessore. Le dimensioni del fascio sono state ridotte a $0.5 \times 1.2 \text{ mm}^2$ con opportune fenditure. Infine, l'anello di accumulazione è stato fatto funzionare con un solo bunch di elettroni per rendere l'intervallo di tempo fra due bunches pari al tempo di drift della intera camera ($\sim 350 \text{ nsec}$).

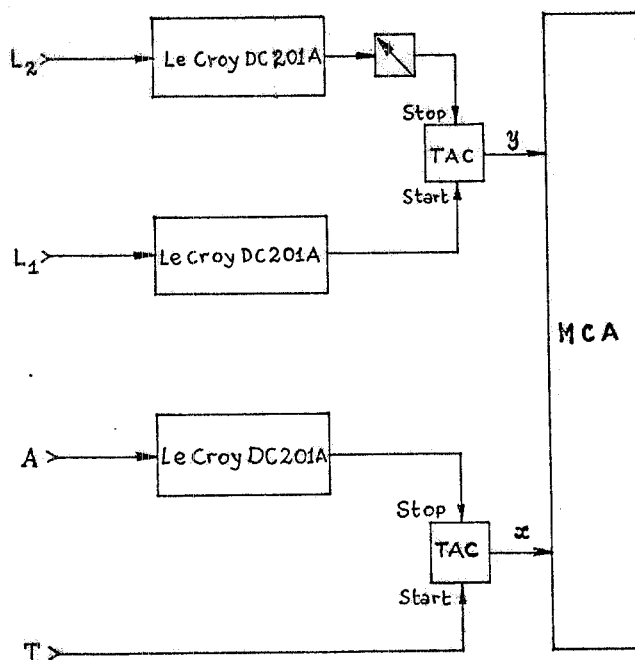


FIG. 63 - Circuito di "read-out". L_1 - L_2 : linea di ritardo. A: anodo. T: trigger del bunch.

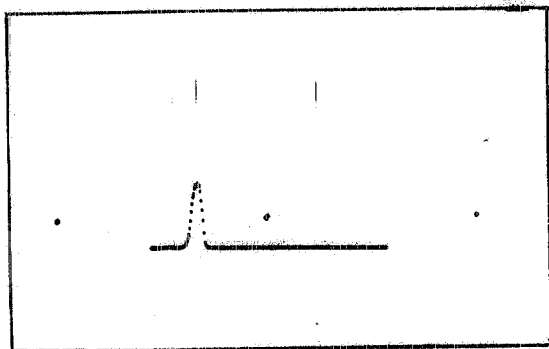


FIG. 64 - Immagine unidimensionale del fascio di raggi X a 6 keV.

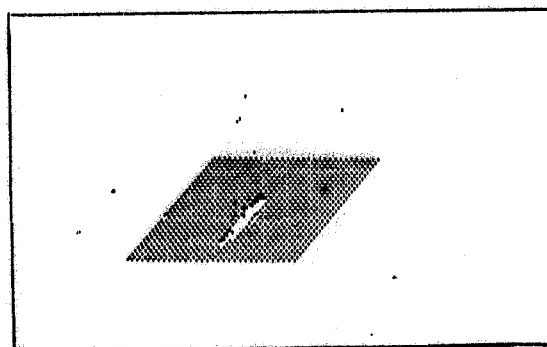


FIG. 65 - Immagine bidimensionale del fascio di raggi X a 11 keV.

In Fig. 64 è riportata l'immagine, nella sola x , del fascio di fotoni da 6 keV. La risoluzione spaziale è di $\sim 100 \mu$. Analoghi spettri sono stati raccolti su tutto il range di energia del monocromatore a raggi X.

In Fig. 65 è riportata l'immagine bidimensionale del fascio a 11 keV. Sono ben visibili le dimensioni della fenditura, che limitava il fascio di luce.

Sono in preparazione esperimenti utilizzando questo rivelatore per misure di scattering a piccolo angolo di raggi X su campioni biologici.

B.12. - Misure di energy loss sull'eterogiunzione Si-Ge.

(Collaborazione PULS - Università di Modena)(3, 19, 24)

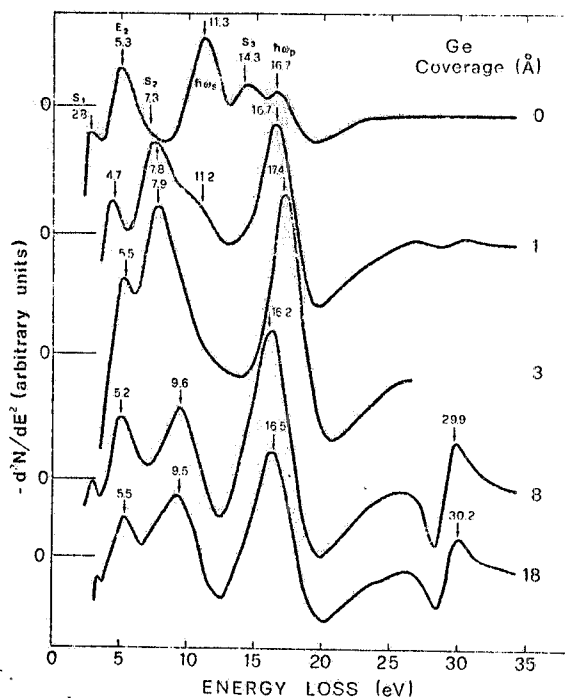


FIG. 66 - Energy loss su Silicio sfaldato pulito e ricoperto con diversi spessori di Germanio.

In Fig. 66 è riportata una serie di misure di energy loss sulla superficie del Si pulito e ricoperta con diversi spessori di Germanio. Lo spettro del Silicio pulito è un buon test in quanto è ben noto in letteratura.

Sono facilmente riconoscibili la transizione tra stati di valenza e di superficie E_2 , a circa 5.3 eV, il plasmon di volume a 16.7 eV e le strutture di superficie S_1 , S_2 , S_3 e $\hbar\omega_s$ (plasmon di superficie) rispettivamente a 2.8 eV, 7.3 eV, 14.3 eV e 11.3 eV.

Il Germanio, depositato a strati successivi, determina un'evoluzione della densità di stati in banda di valenza, e quindi una variazione nella posizione, in energia, dei picchi. Nel secondo e terzo spettro si osserva la sparizione delle strutture di superficie, a cui si è accennato sopra, mentre compaiono due nuovi picchi a circa 5 eV e 7.8 eV.

Questa nuova situazione è tipica dell'interfaccia, mentre gli spettri 4 e 5 mostrano già le strutture di bulk caratteristiche del Germanio. E' ben evidente la transizione dai livelli 3d alla banda di conduzione a circa 30 eV.

B.13. - Misure di energy loss su siliciuri.

(PULS)(2, 6, 8)

Le misure di energy loss, fatte sul sistema Si-Ge utilizzando la camera di fotoemissione da montare sul canale Jobin-Yvon, si sono dimostrate un notevole mezzo di indagine della struttura elettronica delle interfacce. Si è pensato quindi di estendere tali misure a sistemi più complessi, e, in parte, più interessanti per le loro implicazioni di carattere applicativo, i siliciuri.

La caratteristica principale dei siliciuri è di formare col Si delle barriere di Schottky, la cui altezza dipende dal tipo di siliciuro, mentre è noto che tale altezza è indipendente, per i semiconduttori covalenti, dal metallo impiegato.

In particolare, il PtSi forma con il Si una barriera di Schottky pari alla gap del Si ed ha alcune proprietà elettroniche peculiari, che lo rendono estremamente interessante nella realizzazione di alcuni circuiti integrati.

La formazione dei siliciuri si ottiene, in genere, depositando un particolare metallo su Si e sottoponendo il sistema ottenuto ad opportuni trattamenti termici. In alcuni casi avviene una interdizione fra metallo e Si già a temperatura ambiente, e ciò rende lo studio di tali sistemi relativamente più semplice. Questo è il caso di Au depositato su Si.

Studi strutturali fatti con tecniche LEED e AES non sembrano indicare la formazione di un siliciuro ben definito, ma, in ogni caso, la fase che si forma durante la prima diffusione dell'oro depositato su Si influenza fortemente le proprietà elettroniche del sistema.

Vengono qui riportate alcune misure di energy loss fatte su tale sistema. Le misure sono state eseguite in una camera da ultravacuo ($p \leq 10^{-10}$ torr) e l'oro è stato evaporato da un cro-

giuolo di tungsteno su un substrato di Si(111) sfaldato in ultravacuo. La sorgente di elettroni usata (100 eV di energia) era coassiale con l'analizzatore di elettroni del tipo CMA a doppio passo della PHI. Le Figg. 67 e 68 mostrano una serie di spettri della superficie (111) del silicio a diversi ricoprimenti di oro da 0 a 100 monostrati. La curva tratteggiata in Fig. 68 è stata ottenuta dopo aver riscaldato il campione a 350°C per 30 minuti. Sulla destra delle figure sono anche riportati gli spettri Auger più significativi delle transizioni LVV del Si a 92 eV e OVV dell'Au a 70 eV. L'evoluzione degli spettri Auger in funzione del ricoprimento di Au è in accordo con analoghe misure già esistenti in letteratura.

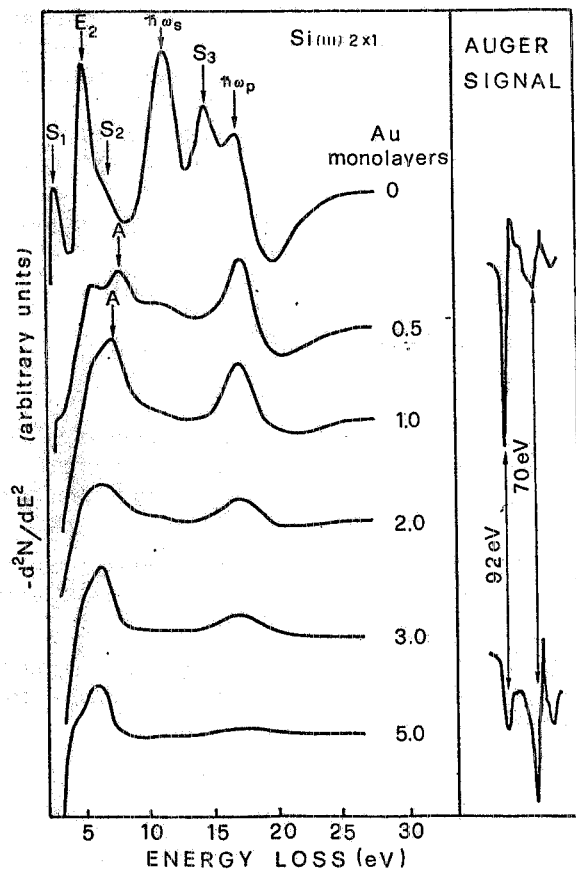


FIG. 67 - Spettri di energy loss della superficie (111) del Si per diversi ricoprimenti di Au.

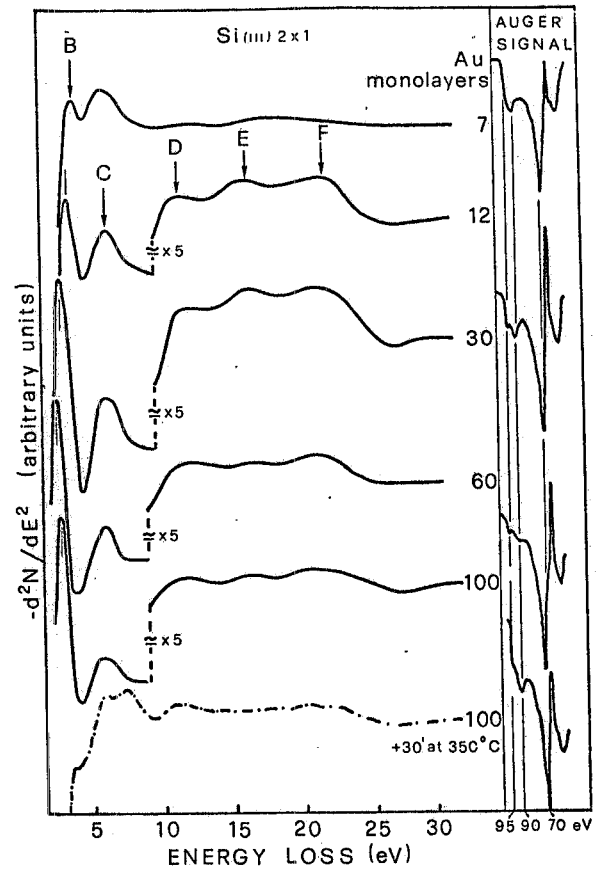


FIG. 68 - Spettri di energy loss della superficie (111) del Si per diversi ricoprimenti di Au. La curva tratteggiata è stata ottenuta dopo aver scaldato il campione a 350°C per 30 minuti.

- Nel primo spettro di Fig. 67 sono indicate le strutture di perdita di energia degli elettroni tipici della superficie (111) di sfaldamento del silicio. Questo spettro risulta fortemente modificato dopo la deposizione di 0.5 monostrati di oro e gradualmente si evolve in funzione del ricoprimento di oro come mostrato nelle Figg. 67 e 68.
- Evaporazioni di oro superiori a 60-100 monostrati non producono ulteriori cambiamenti nello spettro.
- A bassi ricoprimenti (≤ 1 monostrato) la curva è caratterizzata oltre che dalla scomparsa delle strutture di superficie S_1 , S_2 , S_3 , dalla presenza del picco A di interfaccia a circa 7.5 eV.
- All'aumentare del ricoprimento di Au, appaiono nuove strutture, indicate in Fig. 68 con B, C, D, E, F, che rimangono sostanzialmente inalterate ad eccezione del picco B inizialmente a 3.7 eV che si sposta a 2.7 eV per ricoprimenti dell'ordine di 60 monostrati.

- Il riscaldamento del campione a 350°C per 30 minuti produce un drastico cambiamento nello spettro; il picco B viene sostituito dalla struttura a 3.7 eV caratteristica di 7 monostrati mentre compare una struttura a 7.5 eV analoga al picco A che si aveva in Fig. 67 per 1 monostrato.
- La mancanza in letteratura di calcoli teorici delle strutture a banda di questo tipo di sistemi rende l'interpretazione dei dati piuttosto difficoltosa. Tuttavia l'analisi degli spettri di EL e l'andamento del rapporto dei picchi Auger del Si e dell'Au consentono di trarre le seguenti conclusioni:
 - a) L'interfaccia Si-Au (1 monostrato) è caratterizzata da una transizione elettronica ben definita a 7.5 eV (picco B di Fig. 67);
 - b) La separazione del picco Auger del Si (LVV) e la nascita della struttura B a 3.7 eV indicano la formazione di una fase che chiameremo "ricca in Si" per coperture tra 7 e 30 monostrati;
 - c) Al di sopra di 30 monostrati la superficie diventa ricca in oro e l'unica variazione nello spettro è lo spostamento del picco B verso le basse energie e cioè da 3.7 eV a 2.7 eV;
 - d) Lo spettro per ricoprimenti dell'ordine di 100 monostrati e oltre è simile a quello dell'oro e tutte le strutture da B ad F in Fig. 68 possono essere spiegate in termini della funzione di perdita di energia dell'oro;
 - e) Il riscaldamento a 350°C causa, probabilmente, segregazione di Si alla superficie accompagnata dalla formazione di isole tridimensionali di Au.

B. 14. - Effetti della temperatura sugli spettri di energy loss (EL) del sistema Si-Au.
(PULS)(20)

Alcuni risultati preliminari ottenuti dal nostro gruppo rendono di estremo interesse lo studio degli effetti della temperatura sul sistema Si-Au. Allo scopo si sono eseguite una serie di misure di energy loss con cui si è studiata l'evoluzione del sistema Si-Au a diversi ricoprimenti di oro e, per ciascun ricoprimento, a diversi valori della temperatura fino a 500°C.

- L'apparecchiatura sperimentale è la stessa utilizzata per le misure descritte in precedenza con l'aggiunta di una ottica LEED (Low Energy Electron Diffraction) con cui è possibile caratterizzare, dal punto di vista della simmetria, le superfici dei campioni.
- In Fig. 69 è riassunto l'intero lavoro svolto: nel piano θ - T, dove θ è il ricoprimento in monostrati (ms) e T è la temperatura in °C, sono indicati i percorsi seguiti lungo cui i punti rappresentano i valori di θ e T a cui sono state eseguite misure di EL, Auger e LEED.

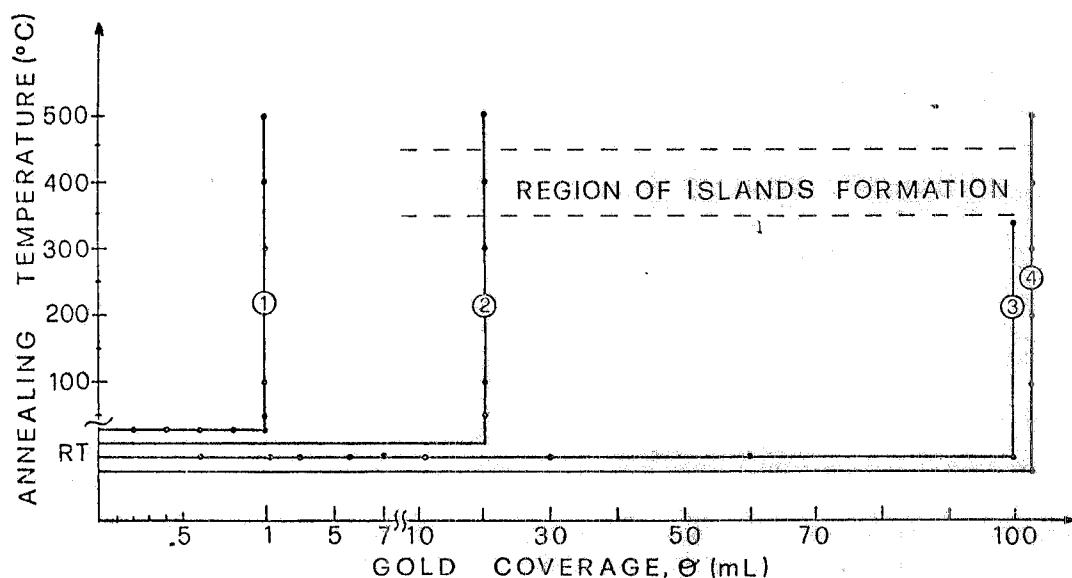


FIG. 69 - Riassunto delle misure eseguite: i punti indicano i valori di temperatura e gli strati di Au depositati sul Si a cui sono state fatte le misure di EL, Auger e LEED.

- In Fig. 70 è mostrata la sequenza di spettri relativi al percorso 1 di Fig. 69 e cioè, sulla parte sinistra della figura, l'andamento degli spettri in funzione del ricoprimento di Au fino ad 1 monostrato, sulla parte destra, l'andamento in funzione della temperatura del sistema Si + 1 monostrato di Au.
- Analoghe sequenze si sono ottenute anche per i percorsi 2, 3 e 4 di Fig. 69.
- In Fig. 71 sono riportati gli spettri ottenuti alla fine dei percorsi 1, 2 e 3 di Fig. 69 che mostrano l'effetto della temperatura (500°C) sul silicio ricoperto con 1, 20, 100 monostrati di oro.

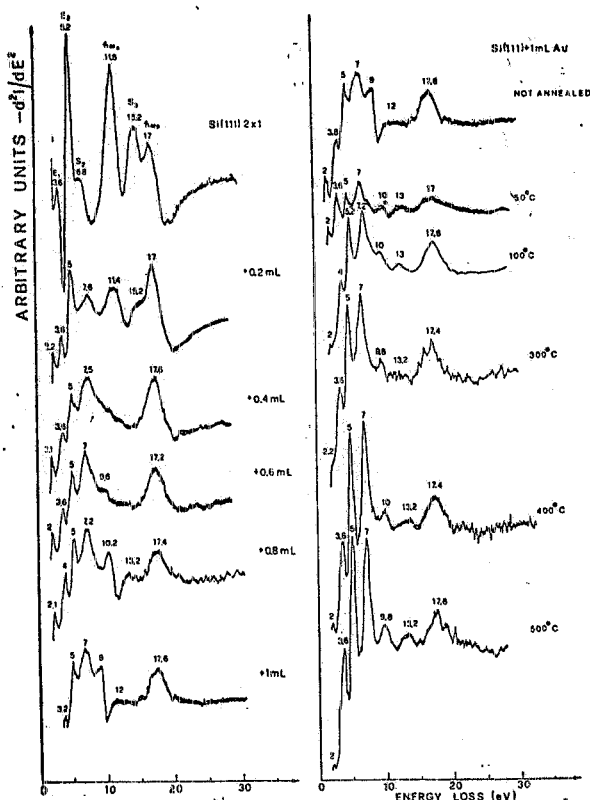


FIG. 70 - Sequenza degli spettri relativa al percorso 1 di Fig. 69.

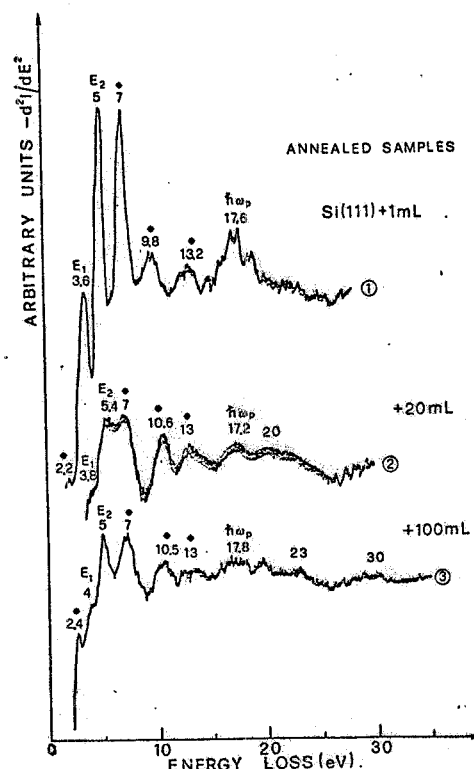


FIG. 71 - Spettri ottenuti alla fine dei percorsi 1, 2 e 3 di Fig. 69.

- Un'analisi dettagliata dei rapporti dei picchi Auger del Si e dell'Au e delle strutture di EL, delle quali alcune sono caratteristiche della fase "ricca in Si", altre della fase "ricca in Au", porta ad interessanti conclusioni per quanto riguarda gli effetti della temperatura sul sistema Si-Au e confermano alcuni risultati da noi ottenuti in precedenza.
- Il sistema Si+Au 1 monostrato è stabile al variare della temperatura fino a 500°C, come è suggerito dal fatto che, a parte lo spostamento di circa 1 eV di 2 picchi, la posizione delle strutture caratteristiche del Si e dell'interfaccia rimane sostanzialmente la stessa (Fig. 70).
- Nel caso di 20 e 100 monostrati di Au su Si, la temperatura ha invece un notevole effetto. A basse temperature ($\sim 100^\circ\text{C}$) si ha un processo di migrazione del silicio verso la superficie che risulta pertanto arricchita di Si rispetto agli strati sottostanti. A temperature più alte ($\sim 400^\circ\text{C}$) il processo dominante è la formazione di isole tridimensionali di Au. L'agglomerazione di oro in isole lascia scoperte zone di superficie le cui proprietà elettroniche sono simili a quelle del silicio a bassi ricoprimenti (~ 1 monostrato). La formazione di isole è confermata anche dall'osservazione al microscopio elettronico dei campioni da noi usati ed è in accordo con i risultati degli studi LEED presenti in letteratura.

C. - PUBBLICAZIONI.

- (1) - A. La Monaca, Camere a drift per la rivelazione di e^- e raggi X in esperienze di struttura della materia, Frascati report LNF-79/59 (1979).
- (2) - P. Perfetti, S. Nannarone, F. Patella, C. Quaresima and A. Savoia, Energy loss spectroscopy (ELS) on the Si-Au system, Intern. Conf. on Physics of Semiconductor Surfaces and Interfaces, Paris, November 26-28, 1979, in corso di stampa.
- (3) - S. Nannarone, F. Patella, P. Perfetti, C. Quaresima, A. Savoia, C. M. Bertoni, C. Calandra and F. Manghi, Microscopic aspects of Si-Ge heterojunction formation, Intern. Conf. on Physics of Semiconductor Surfaces and Interfaces, Paris, November 26-28, 1979, in corso di stampa.
- (4) - A. Balzarotti, F. Comin, L. Incoccia, S. Mobilio, M. Piacentini and A. Savoia, K-edge absorption of titanium in the perovskites SrTiO_3 , BaTiO_3 and TiO_2 , Frascati report LNF-80/5 (1980); in corso di stampa su Solid State Communications.
- (5) - M. Belli, A. Bianconi, E. Burattini, S. Mobilio, L. Palladino, A. Reale and A. Scafati, X-ray absorption near edge structures (XANES) in simple and complex Mn compounds, Frascati report LNF-80/7 (1980); in corso di stampa su Solid State Communications.
- (6) - P. Perfetti, S. Nannarone, F. Patella, C. Quaresima, A. Savoia, F. Cerrina and M. Capozzi, Energy loss spectroscopy (ELS) on the Si-Au system, Frascati report LNF-80/13 (1980); in corso di stampa su Solid State Communications.
- (7) - A. Bianconi, S. Modesti, M. Campagna and S. Stizza, Evidence of mixed valence state of Tm rare earth compounds by X-ray absorption near edge spectroscopy (XANES), Annual Conf. of the Condensed Matter Division of the EPS, Antwerp, April 9-11, 1980.
- (8) - S. Nannarone, F. Patella, C. Quaresima, A. Savoia, F. Cerrina, M. Capozzi and P. Perfetti, Gold silicon interface: electron energy loss and Auger spectroscopies versus gold coverage, Annual Conf. of the Condensed Matter Division of the EPS, Antwerp, April 9-11, 1980, and to 6th Intern. Conf. on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, Charlottesville, June 2-6, 1980.
- (9) - A. Bianconi, Surface X-ray absorption spectroscopy, 9th Solid-Vacuum Interface Conference, Delft, May 7-9, 1980.
- (10) - L. Alagna, A. A. G. Tomlinson, A. Bianconi and A. Desideri, Correlation of K-absorption edge and EXAFS spectra of human ferric transferrin with those of model iron (III) complexes, 5th Intern. Symp. on Solute-Solute Solvent Interactions, Firenze, June 2-6, 1980.
- (11) - A. Bianconi, I. Davoli, S. Alemà, L. Castellani, P. Fasella and B. Oesch, High and low affinity Ca^{++} binding sites in troponin-C studied by SR, 5th Intern. Symp. on Solute-Solute Solvent Interactions, Firenze, June 2-6, 1980.
- (12) - A. Bianconi, I. Davoli, S. Mobilio, L. Castellani, P. Fasella, B. Oesch and S. Alemà, XANES of Calmodulin and troponin-C, 5th Intern. Symp. on Calcium Binding Proteins and Calcium Functions in Health and Disease, Madison, June 8-10, 1980.
- (13) - M. De Crescenzi, A. Balzarotti, F. Comin, L. Incoccia, S. Mobilio and A. Bacci, EXAFS spectroscopy of amorphous Fe-Ni steels, to be presented at the 4th Intern. Conf. on Liquid and Amorphous Metals (LAM 4), Grenoble, July 7-11, 1980.
- (14) - A. Balzarotti, F. Comin, L. Incoccia, S. Mobilio, M. Piacentini and A. Savoia, X-ray absorption and conduction-band density of states of ferroelectric perovskites, to be presented at the Intern. Conf. on X-ray Processes and Inner-shell Ionization, Stirling, August 25-29, 1980.
- (15) - A. Antonangeli, M. L. Apicella, A. Balzarotti, L. Incoccia and M. Piacentini, K and L X-ray threshold in III-VI layer semiconductors, to be presented at the Intern. Conf. on Physics and Chemistry of Layered Materials, Sendai, September 8-10, 1980.
- (16) - A. Antonangeli, A. Balzarotti, E. Doni, R. Girlanda, V. Grasso and M. Piacentini, X-ray photoemission spectrum of the III-IV layer compounds GaTe in the region of the valence bands, to be presented at the Intern. Conf. on Physics and Chemistry of Layered Materials, Sendai, September 8-10, 1980.
- (17) - A. Bianconi, S. Stizza and R. Bernardini, Effect of semiconductor-metal phase transition of VO_2 on plasmon resonance and inner shell photoionization, to be presented at the 15th Intern. Conf. on the Physics of Semiconductors, Kyoto, September 1-5, 1980.
- (18) - A. Bianconi, I. Davoli, S. Stizza and M. Campagna, XANES of Ce compounds in mixed valence state, to be presented at the 15th Intern. Conf. on the Physics of Semiconductors, Kyoto, September 1-5, 1980.

- (19) - S. Nannarone, F. Patella, P. Perfetti, C. Quaresima, A. Savoia, C. M. Bertoni, C. Calandra and F. Manghi, Microscopic behaviour of Si-Ge heterojunction, to be presented at the 15th Intern. Conf. on the Physics of Semiconductors, Kyoto, September 1-5, 1980.
- (20) - S. Nannarone, F. Patella, C. Quaresima, A. Savoia, F. Cerrina, M. Capozzi and P. Perfetti, Au-Si interface: energy loss and Auger spectroscopy versus gold coverage and annealing temperature, to be presented at the 3rd European Conf. on Surface Science (ECOSS 3), Cannes, September 22-26, 1980.
- (21) - A. Bianconi, S. Biocca, L. Castellani, P. Fasella, F. Comin and S. Mobilio, Determination of the Ca site structure in the S100 protein using synchrotron radiation, inviata all'Italian Journ. of Biochemistry.
- (22) - M. Belli, A. Scafati, A. Bianconi, S. Mobilio, L. Palladino and A. Reale, Binding of Mn to nucleotides in ribonucleic acids studied by X-ray absorption spectroscopy: preliminary results, inviata all'Italian Journ. of Biochemistry.
- (23) - L. Alagna, A. Bianconi, A. Desideri and A. A. G. Tomlinson, The K-absorption edge spectrum of human diferric transferrin, inviata all'Italian Journ. of Biochemistry.
- (24) - C. M. Bertoni, C. Calandra, F. Manghi, S. Nannarone, F. Patella, P. Perfetti, C. Quaresima and A. Savoia, Microscopic aspects of Si-Ge heterojunction formation, inviata al Solid State Communications.

6.2. - Gruppo PWA.

Componenti del gruppo: E. Burattini (CNR); C. Mencuccini (Roma); N. Cavallo, R. Gorini, M. Iannuzzi, A. Nigro, G. Pagano, E. Pancini, P. Patteri, R. Rinzivillo, R. Rocco, E. Sassi, U. Troya, V. Vanzanella (Napoli); G. Dalba, P. Fornasini (Trento).

In accordo con i programmi del gruppo PWA, la Divisione Macchine e la Divisione Tecnica dei Laboratori hanno completato, nella primavera del 1979, la costruzione del magnete Wiggler; immediatamente dopo l'interruzione estiva la struttura magnetica è stata inserita in una delle sezioni diritte di Adone, realizzata allo scopo e quindi collaudata (v. Fig. 73).

Contemporaneamente un gruppo di ricercatori e tecnici della Sezione INFN di Napoli ha progettato, realizzato e collaudato la "guida ottica" per l'utilizzazione della relativa radiazione di sincrotrone. In ottobre il "canale luce", completo in ogni sua parte, è stato trasferito da Napoli a Frascati ed è iniziata la sua connessione alla camera da vuoto di Adone utilizzando una finestra, con valvola di sezionamento, già precedentemente predisposta. Nel mese di dicembre è stato completato il montaggio del "canale" in sala Adone e sono iniziati i lavori relativi alle sicurezze e controlli nonché quelli relativi ai movimenti delle targhette di monitoraggio e del beam-stopper in Cu, progettato e dimensionato in precedenza con il responsabile della radioprotezione. Nel mese di novembre è stato trasferito dall'Istituto di Ricerca Scientifica e Tecnologica di Trento il monocromatore a cristallo, tipo "single channel cut", ed è in corso la sua connessione al computer PDP 11 in avanzato stato di allestimento.

Attualmente sono in corso, presso i Laboratori di Strutturistica della Materia di Montebretti, tutti i lavori relativi alla taratura sia della tavola rotante sia del cristallo di Si (111) utilizzando come sorgenti tubi tradizionali con anodo intercambiabile.

Nei primi quattro mesi del 1980 si prevede di completare i lavori relativi alle sicurezze e controlli e di utilizzare quelli relativi ai movimenti con annessa "remotizzazione". E' previsto altresì l'equipaggiamento del "canale" con una finestra di Be dello spessore di $70\ \mu$ già predisposta e l'installazione del monocromatore a cristallo in un apposito bunker. Si prevede infine di poter effettuare le prime fotografie del fascio di raggi X, emergente dalla finestra di Be, entro l'aprile del 1980, per procedere poi, con l'aiuto del monocromatore, all'analisi dettagliata e alla caratterizzazione del fascio.

DIVISIONE MACCHINE

Nell'anno 1979 sono state programmate 5340 ore di attività, incluse le ore di manutenzione ed esclusa la annuale lunga fermata estiva. La ripartizione delle ore fra i vari utenti in funzione del tempo è mostrata nella Fig. 72.

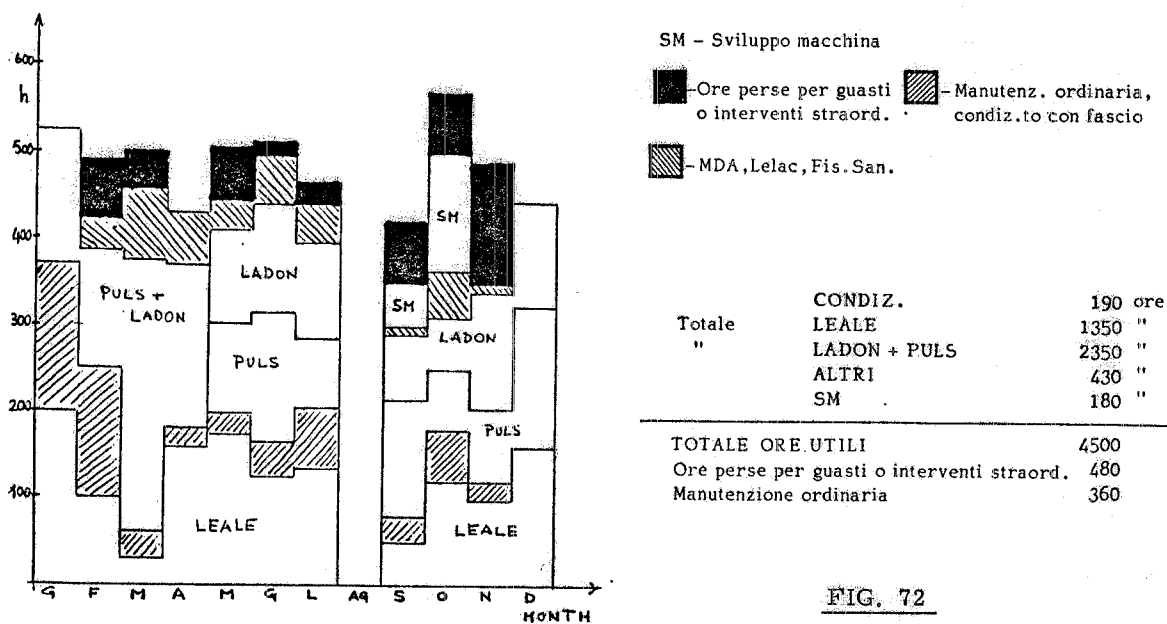


FIG. 72

Le ore utili sono state 4500 e comprendono le ore in cui si sono avuti fasci circolanti in anello o fasci erogati all'area LEALE. Non includono quindi né i tempi di iniezione né le interruzioni dovute a esigenze degli esperimenti o a guasti, né ovviamente le ore dedicate alla manutenzione ordinaria.

Il rendimento globale è stato dell'89 %.

Va osservato che le condizioni di funzionamento sono state particolarmente gravose dato che PULS lavora sempre all'energia massima e LEALE lavora, per oltre metà del suo tempo, vicino alla massima potenza del LINAC (e^+ , 100-150 Hz).

Nel mese di Settembre è stata completata l'installazione di un nuovo convertitore mobile per e^+ e sono state condotte le prove relative. Il convertitore non ha dato lo sperato miglioramento nella corrente di positroni ed è stato quindi a sua volta sostituito con un convertitore fisso, in Novembre. Le informazioni acquisite sono state comunque utili per la definizione del progetto del nuovo sistema di conversione in corso di realizzazione.

Nei primi mesi dell'anno una notevole parte del tempo è stata dedicata al condizionamento con elettroni per cercare di migliorare il più possibile il vuoto della macchina che risentiva della lunga apertura per l'installazione del fascio LADON, terminata verso la fine del 1978.

Nella prima quindicina di Luglio sono stati terminati gli aggiustamenti meccanici sul magnete Wiggler, è stata terminata la riparazione del trasformatore principale del relativo alimentatore, andato in avaria durante le prove, e sono state portate a termine con risultato soddisfacente le misure magnetiche sul magnete stesso.

A fine Luglio le macchine sono state fermate per ferie. Nel mese di Agosto sono state eseguite le operazioni di manutenzione straordinaria ed è stata completata l'installazione sull'anello del magnete Wiggler.

Nel mese di Ottobre un guasto ad una valvola sul canale LEALE ha causato l'apertura all'aria del LINAC con conseguente perdita di alcuni turni. L'apertura stessa ha probabilmente anche provocato il definitivo deterioramento del cannone che ha dovuto essere sostituito in Novembre, dopo essere stato in attività per oltre dieci anni ed avere totalizzato le cifre record di circa 25.000 ore di alta tensione e 57.000 ore di filamento.

Nei turni di sviluppo macchina sono state eseguite con esito soddisfacente le prime prove del magnete Wiggler sulla macchina. In particolare si è constatata la rispondenza dei parametri misurati a quelli di progetto e l'assenza di riflessi negativi sul funzionamento dell'anello. Sono state anche eseguite misure sistematiche delle orbite di errore e delle dimensioni dei fasci e⁻ circolanti, per permettere un confronto con i risultati ottenuti dal gruppo LADON nel corso del primo anno di funzionamento.

E' stato poi iniziato lo studio di una nuova ottica ($Q_x \approx 5$, $Q_z \approx 2$) che dovrebbe permettere all'esperimento LADON di raggiungere risoluzioni energetiche del fascio di fotoni notevolmente migliori di quelle attuali.

I vari servizi della Divisione Macchine, oltre ad assicurare il funzionamento e le manutenzioni ordinarie hanno eseguito sulle macchine i seguenti principali lavori:

Operazione

- Completamento del prototipo dell'impulsatore (55 kV/6 KA) per la nuova lente positroni impulsata; esecuzione di tutte le misure sul prototipo stesso; approvvigionamento dei componenti per l'impulsatore definitivo e inizio del montaggio del medesimo (in collaborazione con il Servizio Elettronica e RF).
- Progetto e realizzazione emergenze dei 5 canali PULS comprendente sinottico, comandi valvole pneumatiche e beam stoppers, segnalazioni stato macchina, stesura cavi e installazione stazioni di smistamento.
- Rifacimento comando nuovo beam stopper LADON.
- Costruzione nuovo alimentatore per impulsatore TWT.
- Nuova cabina RF driver per il LINAC.
- Realizzazione movimenti fenditure e beam stopper e del sistema di emergenza per il canale PWA; loro installazione sulla macchina.
- Revisione e controllo modulatori 2, 5, 6.
- Installazione emergenze cancelli sale esperienze LEALE.
- Installazione e messa a punto nuovo cannone.

Va ricordato che i turni fuori dal normale orario di lavoro sono coperti quasi esclusivamente da personale di questo Servizio.

Meccanica, idraulica e vuoto

- Ampliamento impianto idraulico sala esperienza LEALE ed allacciamento di n. 3 magneti.
- Riparazione e collaudo sezione riserva LINAC.
- Costruzione di bobine di prova per nuovo convertitore.
- Smantellamento parte esp. MEA per adattamento, con by-passes, del circuito idraulico per il magnete Wiggler e stesura della tubazione definitiva alimentazione idraulica magnete in sala ADONE.
- Allestimento di un punto di prova, costruzione ed assemblaggio delle parti costitutive, taratura e collaudo idraulico del magnete Wiggler.
- Assistenza al montaggio del coordinometro presso la ditta costruttrice. Modifiche di adattamento, montaggio e messa a punto sul magnete per misure magnetiche.
- Assistenza al montaggio del magnete Wiggler presso la ditta costruttrice. Modifiche di adattamento e messa a punto meccanica per misure magnetiche.
- Smontaggio, rimontaggio e installazione in anello magnete Wiggler (in collaborazione con la Divisione Tecnica).
- Smantellamento completo esperimento BB.
- Schermaggi vari in sala anello e LINAC.
- Smontaggio meccanica esperimento $\gamma\gamma 2$ (in collaborazione con la D. T.).
- Smontaggio e rimontaggio 2 convertitori (in collaborazione con la D. T.).

- Installazione 2 nuovi gruppi WCS con nuovi scambiatori.
- Completamento linea aria compressa LEALE collegata con l'impianto centralizzato.
- Nuova meccanica per pompe da vuoto LINAC.
- Montaggio canale PWA in anello (in collaborazione col gruppo PWA).
- Messa in opera filtro magnete Wiggler in sala MEA e collaudi (in collaborazione con la D. T.).
- Smontaggio, rimontaggio cannone LINAC.
- Interventi per conto di altri gruppi con sollevatore CESAB e carroponte per un totale di circa 200 ore.
- Assistenza al gruppo LEALE per circa 350 ore lavorative.

Elettronica e RF

- Completamento e installazione del nuovo impulsatore a Thyatron per il deflettore. Completamento di un analogo impulsatore per il bumper.
- Installazione del primo alimentatore a raddrizzatori controllati per i solenoidi del LINAC. Approntamento dei componenti per altri 5 alimentatori.
- Costruzione e messa in opera logica comando movimenti del nuovo convertitore positroni.
- Progetto e inizio costruzione dei circuiti per il monitor a fili. Installazione di un circuito prototipo sul monitor a fili installato.
- Progetto e inizio costruzione di un DAC moltiplicatore a 12 bit a stato solido per il bus di ADONE; progetto di un DAC a 12 bit a 8 uscite indipendenti.
- Progetto e inizio realizzazione di alimentatori per le bobine di correzione di ADONE con comando digitale da bus.
- Realizzazione nuovi sistemi di accordo cavità RF 8.5 MHz, e modulatore ON-OFF RF.
- Messa a punto preliminare amplificatore 51 MHz.
- Realizzazione di un nuovo sistema di commutazione automatica per bump e deflettore.
- Approntamento e messa in funzione dei circuiti per le misure magnetiche sul Wiggler (circuiti di comando per motore a passi, termostato, interfaccia per il BUS del calcolatore). Esecuzione delle misure magnetiche. Elaborazione dei dati e software relativo.
- Messa in opera, in collaborazione con il gruppo Fisica della Macchina, del nuovo calcolatore di controllo HP 21 MX.
- Collaborazione ai gruppi di studio ECFA-LEP.

Fisica della macchina

- Progetto alternativo di ALA con curvatura variabile in funzione dell'energia.
- Messa in opera, in collaborazione col Servizio Elettronica, del sistema di controllo col nuovo calcolatore HP 21 MX. Software relativo.
- Calcolo delle dimensioni effettive dei fasci con allungamento anomalo ed effetto Touschek multiplo.
- Elementi di progetto per la cavitina di separazione delle frequenze di sincrotrone con la cavità a 51 MHz.
- Propagazione delle traiettorie nel Wiggler con i campi misurati: confronto con il metodo delle matrici.
- Calcolo delle caratteristiche della nuova lente positroni per il LINAC.
- Realizzazione di un programma per il calcolo di strutture meccaniche a torsione (per e in collaborazione con la D. T.).
- Sviluppo di un programma generale per il calcolo e la correzione delle orbite chiuse.
- Inizio studio di un compressore di energia per il LINAC.
- Misure su ADONE e analisi dati.

Inoltre il gruppo ha continuato la collaborazione ad ECFA/LEP ed al progetto ESRF. Altri lavori sono documentati nei Memorandum Interni D. M., di cui segue una lista, e nelle pubblicazioni LNF. E' stata anche presentata, in collaborazione con altri autori, una proposta di esperimento FEL da condursi su ADONE.

Memorandum Interni D. M.

- EI-8 M. A. Preger, Aperture per l'iniezione.
- EI-9 S. Tazzari, Iniezione dal LINAC in ALA-5'.
- EI-10 S. Tazzari, Iniezione da ADONE in ALA-5'.

- EI-11 A. Guiducci e M. Preger, Ampiezze di sincrotrone indotte dallo spread in energia a fase del fascio iniettato. Applicazione ad ALA.
- EI-12 M. Preger, Booster per l'iniezione in ALA.
- EI-13 M. Preger, Booster per l'iniezione in ALA. Versione 2.
- G-29 M. Bassetti, M. Preger e S. Tazzari, Prestazioni di ALA.
- L-46 R. Boni e M. Vescovi, Proposta di modifica del sistema di foccheggiamento dei postroni nel LINAC.
- L-47 F. Tazzioli, Informazioni sulla lente per positroni.
- MM-10 M. Serio, Programma "Mappaccia" per il controllo di misure di campo sul magnete Wiggler.
- MM-11 C. Sanelli e M. Serio, Definizione di alcune grandezze relative alle caratteristiche magnetiche e geometriche del Wiggler.
- RF-41 F. Tazzioli, Problemi della RF a 51.4 MHz.
- RF-40 F. Tazzioli, Bunch form with harmonic and wake field.
- RF-42 R. Boni e F. Tazzioli, Cavità separatrice delle frequenze di sincrotrone. Problemi derivanti dalla installazione della nuova RF.
- RM-11 D. M., Misura dell'orbita del bump del 6/12/1978.
- RM-12 D. M., Misure di orbita chiusa del 10/4/1979.
- RM-13 D. M., Risultati delle misure eseguite fra il 15/10/1979 ed il 19/10/1979.
- RM-14 D. M., Misure sul punto LADON del 9, 10, 17, 18, 19/10/1979.
- RM-15 S. Guiducci, M. A. Preger, S. Tazzari e F. H. Wang, Misure di dimensioni del 5/1979.
- SC-98 C. Marchetti e M. Serio, Controllo movimenti coordinatometro Wiggler.
- SC-99 M. Serio, Logica di comando dei movimenti della targhetta di conversione positroni.
- SC-100 M. Serio, Integratore a lunga tenuta per impulsi brevi realizzato con un unico circuito integrato.
- SC-101 M. Serio, Tentative layout of ALA process-control with microcomputers.
- SC-102 S. Bartalucci e M. A. Preger, Nota sull'uso di new basic display per il 2116B.
- SC-103 M. Serio, Programma interattivo per il disegno e/o digitalizzazione di grafici.
- SL-15 S. Faini, Verifica della possibilità di ampliamento degli impianti idraulici del LEALE e in particolare verifica della capacità di raffreddamento.
- SL-16 S. Faini, Progetto di un impianto di raffreddamento per n. 3 filtri. Induttanze degli alimentatori Marelli del LEALE.
- SM-29 T. Capria, Calcolo delle traiettorie e della matrice di trasferimento del Wiggler.
- T-106 M. Preger, Determinazione della massima area di un'elisse inscritta in un segmento circolare.
- T-107 M. Bassetti, Quale potrebbe essere la luminosità ottenibile con ALA?
- T-108 S. Guiducci e G. Martinelli, Risultati del tracking con i sestupoli per ALA.
- T-110 S. Tazzari, Considerations on the luminosity of e^+e^- storage rings.
- T-111 M. Preger, Allungamento dell'orbita chiusa in ADONE.
- T-112 M. E. Biagini e M. A. Preger, Scelta dei parametri delle cavità per la separazione delle frequenze di sincrotrone per il 51 MHz.
- T-113 F. H. Wang, Touschek lifetime at ADONE and beam size.

DIVISIONE TECNICA

Nel 1979 la Divisione Tecnica ha raggiunto un organico di 42 persone ed ha potuto compiere un significativo sforzo a supporto delle attività esistenti (macchine acceleratrici ed esperimenti) nei Laboratori Nazionali e presso i Laboratori stranieri. Gran parte di questo sforzo è stato dedicato al lavoro di produzione, per quanto riguarda le officine meccaniche, e alla gestione degli impianti del Canto.

Una impresa tuttavia, terminata nella prima metà dell'anno, si stacca nettamente dalle altre: il progetto meccanico e impiantistico e la realizzazione del magnete Wiggler svolti interamente con le competenze tecnologiche esistenti nella Divisione (v. Fig. 73).

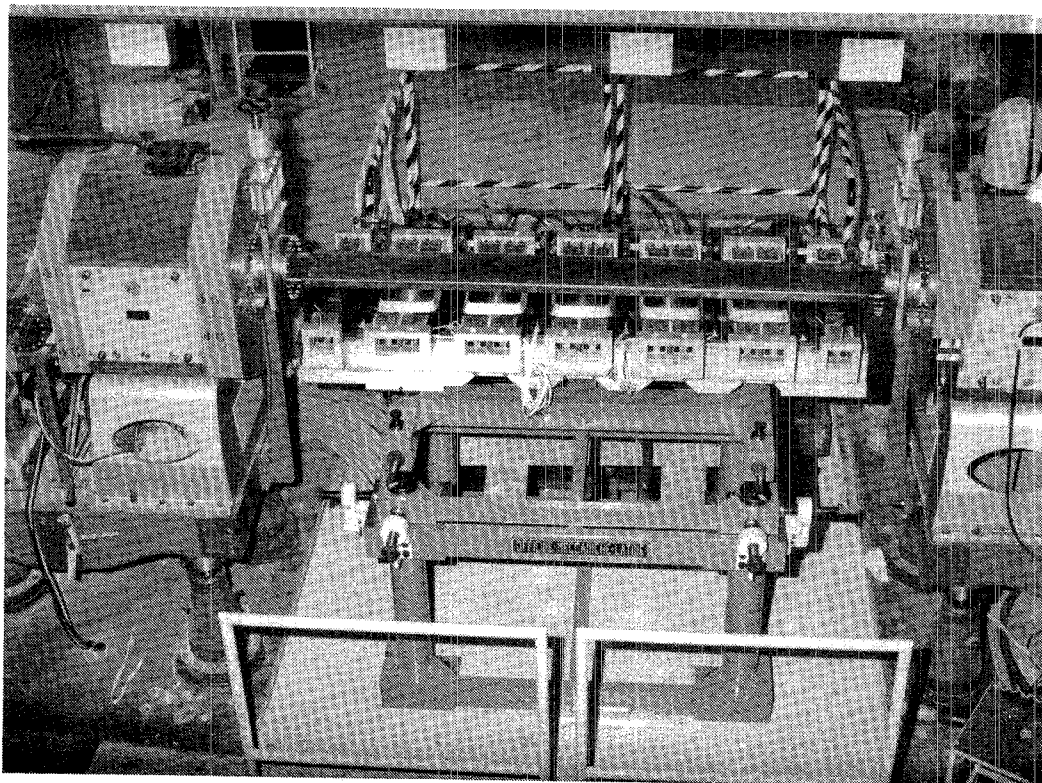


FIG. 73

Gruppo Progettazione.

Nell'anno 1979 il gruppo ha affrontato e risolto diversi problemi di progettazione sia per i gruppi sperimentali che operano nei LNF sia per le macchine acceleratrici esistenti.

Oltre ai progetti di meccanica ordinaria, sinteticamente elencati per gruppi, verranno descritti, più ampiamente, quei progetti che hanno comportato un notevole impegno e l'uso di soluzioni originali.

PEPR. - Studio di fattibilità per la lettura di due viste sul lettore di fotogrammi e disegni costruttivi dei componenti di trascinamento dei films.

LADON. - Si è iniziato lo studio di una nuova cavità laser da 17.5 m. Tutti i componenti della cavità necessitano di movimenti automatici di regolazione con precisione di 1/100 di millimetro e

di movimenti manuali di posizionamento con precisione di $1/100$ di mm.

Dato l'esiguo spazio a disposizione si è reso necessario progettare su misura un supporto universale micrometrico per i movimenti manuali di precisione; esso permette regolazioni trasversali, verticali e di rotazione migliori di $1/100$ di mm ottenute usando coppie cinematiche tramite sfere (v. Fig. 74). Altri due problemi risolti sono quelli del modulatore d'ampiezza e delle slitte di posizione del fascio (v. Fig. 75).

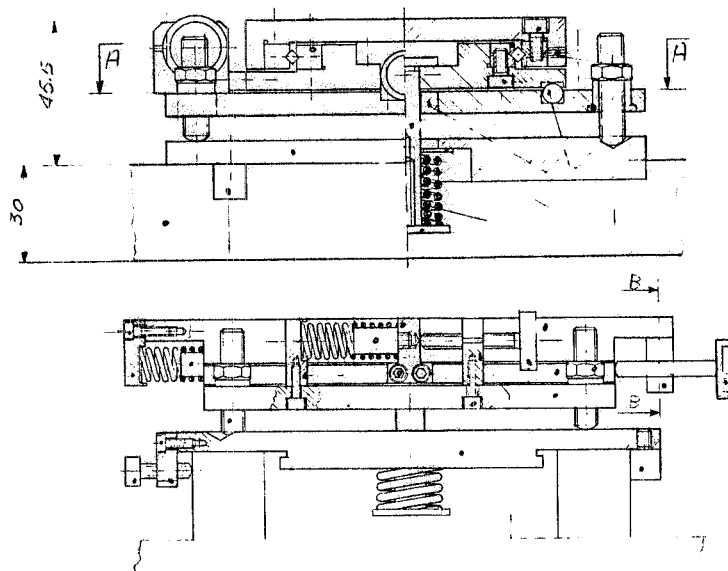


FIG. 74

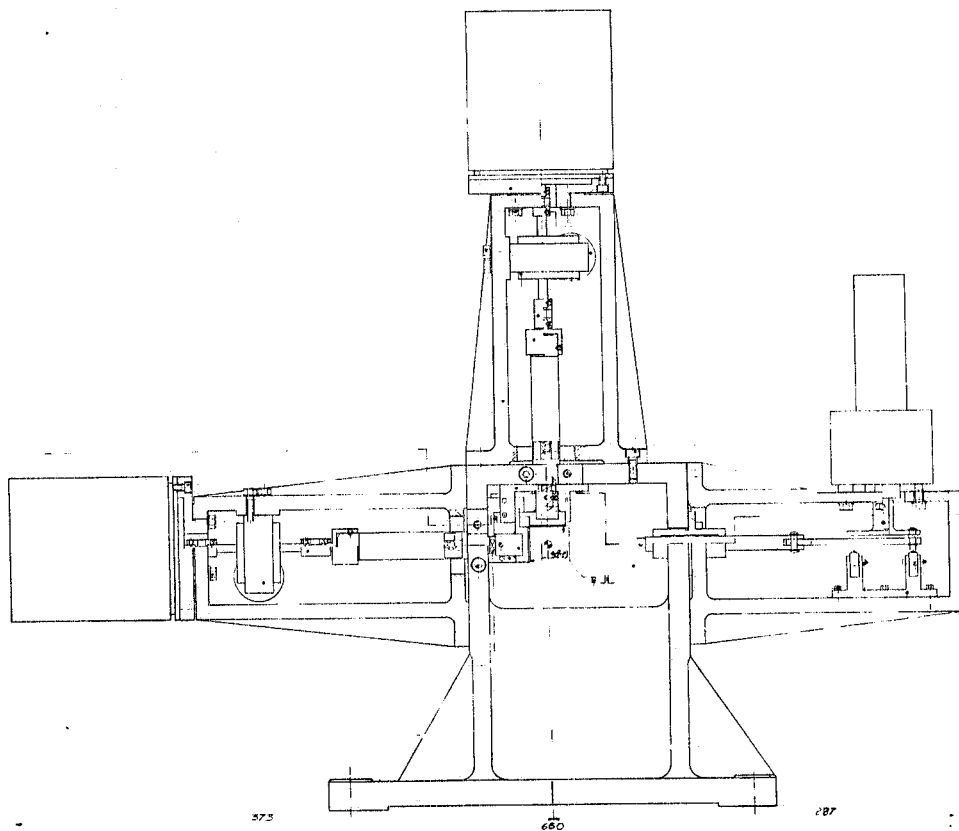


FIG. 75

Le slitte sono state progettate utilizzando in parte componenti commerciali di alta precisione. Sono attualmente in fase di studio il rotatore di polarizzazione, il misuratore di potenza e gli specchi di guida del fascio.

LEALE. - Per l'esperimento γ del Leale sono stati eseguiti i disegni dei magneti pulitori di positroni e di fondo ed il disegno dello spettrometro. E' stato inoltre progettato un tratto di canale sottovuoto costituito principalmente da una targhetta di deuterio sottovuoto con inserimento automatico. Detta targhetta, costituita da una cella di deuterio completa di criostato, lavorava in aria ed era fissa sul fascio. La nuova targhetta ha la possibilità di essere estratta automaticamente e permette, sempre automaticamente, la misura del fascio tramite camera a fili.

Date le limitate dimensioni a disposizione non si sono potuti utilizzare motori e componenti ordinari quindi è stato necessario minimizzare le resistenze passive e gli sforzi dovuti alla pressione atmosferica. Il problema è stato risolto usando guide e viti a circolazione di sfere che hanno permesso una diminuzione delle resistenze passive di un fattore 10 e soffiotti a contrasto che hanno eliminato completamente la spinta della pressione atmosferica.

La targhetta (v. Fig. 76) è inoltre corredata di valvole manuali per il sezionamento del canale da vuoto.

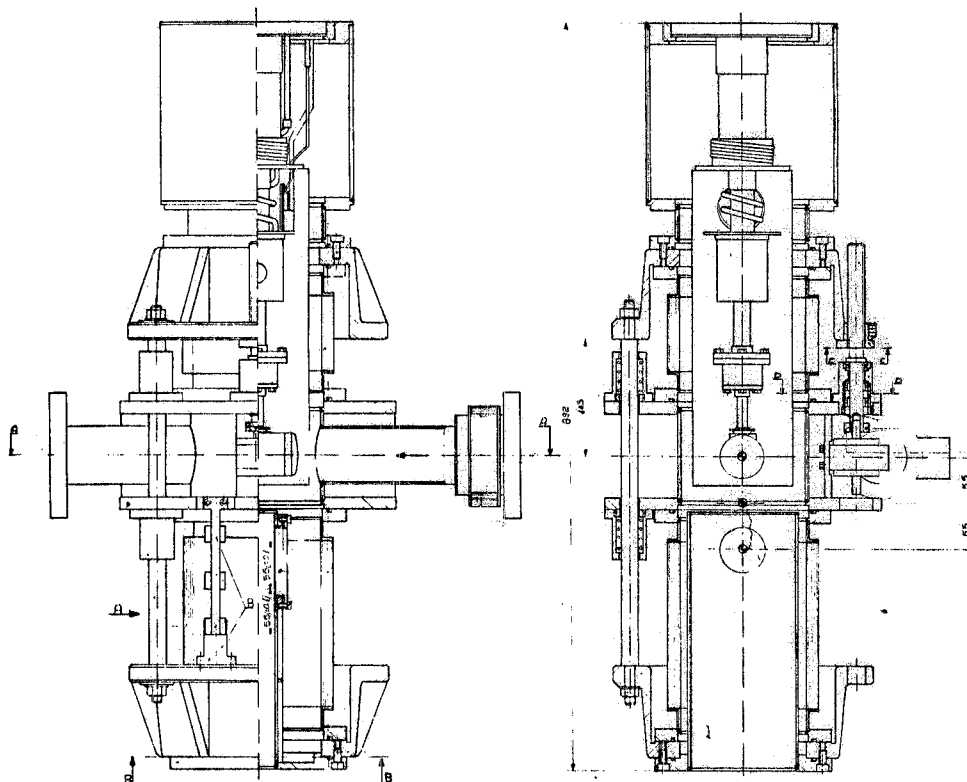


FIG. 76

PWA. - Per questo gruppo è stato studiato e risolto il problema delle attrezzature e dei riferimenti per allineamento del canale.

Divisione Macchine. - Oltre alle normali collaborazioni, per questa Divisione sono stati eseguiti tre impegnativi progetti.

Per la nuova RF 51.4 MHz sono state studiate nuove soluzioni delle saldature interne dei funghi ed è stato definito l'impianto di raffreddamento e la nuova supporteria.

E' in via di completamento il progetto della nuova lente per positroni che ha comportato una minuziosa ricerca di soluzioni dovendo, la nuova lente, essere inserita in un contesto costituito dalla sezione Linac, dal canale elettronici, dalla targhetta e^+e^- , dalla supporteria in cemento armato

Si è iniziato inoltre lo studio di un magnete ondulatorio da inserire in una sezione dritta di Adone. Questo magnete, costituito da molti poli ed alimentato da una forte corrente, ha creato notevoli problemi di dimensioni geometriche, di precisioni meccaniche, di sollecitazioni meccaniche e di scambi termici. E' attualmente in fase di progetto avanzato (v. Fig. 79) un prototipo di questo magnete che permetterà di effettuare, oltre le misure magnetiche, tutte le misure dimensionali e termomeccaniche per risolvere i problemi sopra descritti.

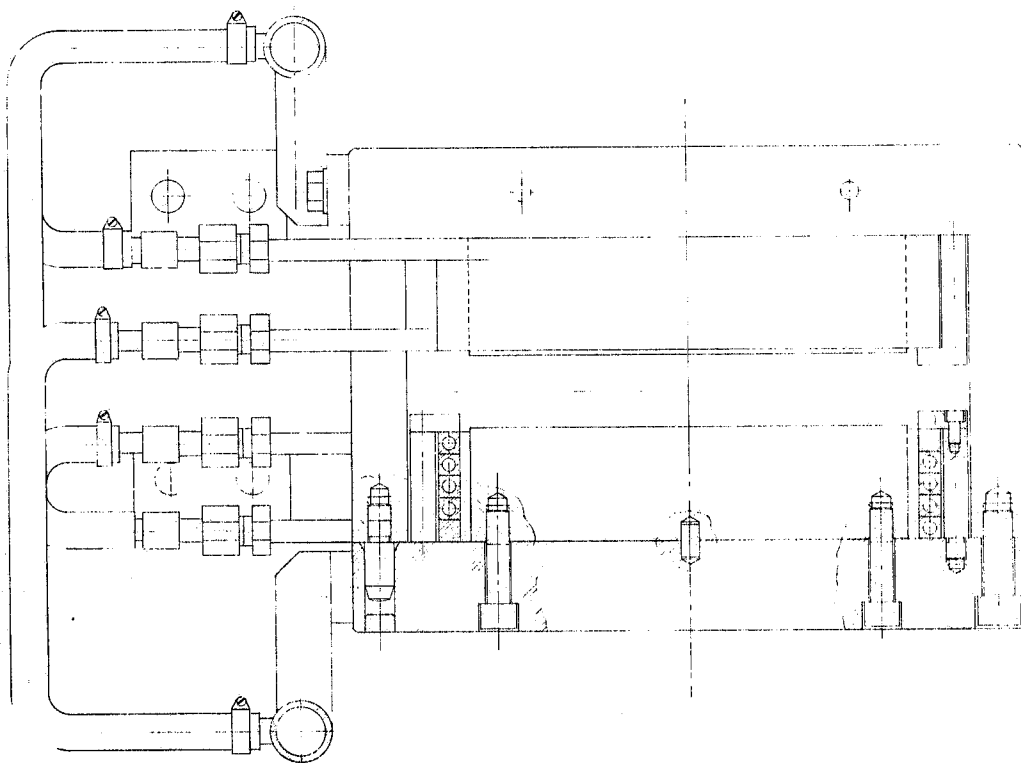


FIG. 79

Servizio Meccanica e Vuoto.

Durante il 1979 il servizio ha potuto affrontare un certo numero di problemi particolarmente interessanti e importanti per il futuro delle macchine dei Laboratori. Qui di seguito segnaliamo alcuni.

Brasatura alluminio. - E' stato dato inizio alla sperimentazione nel campo della brasatura Al-Al e Al-Acciaio inox con leghe speciali. I risultati sono incoraggianti. Esiste un programma preciso che sarà svolto, si spera, nel corso del 1980. Si tratta di una tecnologia di cui è indispensabile avere il know-how per mantenere le nostre competenze a livello internazionale. In più c'è una esigenza immediata di utilizzo di questa tecnica per via dell'arrivo, nella primavera 1980, della cavità RF da 51.4 MHz d'alluminio.

Targhetta per il Positron Converter. - Abbiamo un programma di studio e di sperimentazione inteso a mettere a punto la migliore targhetta possibile per la conversione elettroni-positroni. Nel 1979 è stata montata e sperimentata una targhetta a movimento continuo. Dopo alcuni giorni di funzionamento si è sviluppata una perdita nel punto di giunzione tra tubi di raffreddamento e targhetta; inoltre un esame a vista ha permesso di constatare una notevole alterazione della zona colpita dal fascio. Purtroppo non è stato ancora possibile eseguire dei controlli più accurati per spiegare quanto è avvenuto a causa dell'elevata radioattività dell'oggetto. E' stata anche recuperata all'uso una vecchia targhetta introducendo una certa quantità d'oro nel cratere scavato dal fascio nel rame. Questa targhetta è attualmente in esercizio e ci fornirà dei dati molto utili per-

chè, secondo conti preliminari fatti, l'uso dell'oro nella zona colpita dal fascio dovrebbe aumentare la durata e migliorare l'efficienza di conversione. E' in programma la realizzazione di un prototipo per queste prove.

Soffietto a torsione assiale. - Ci è stata richiesta da più gruppi la realizzazione di un soffietto adatto all'ultravacuo, che permetta delle rotazioni intorno a un asse. Sul finire del 1979 sono cominciati i calcoli e lo studio di fattibilità. E' stato anche dato inizio alla realizzazione di un prototipo per la verifica dei conti.

Riscaldamento Adone. - Nel quadro di un programma di miglioramento dell'impianto di riscaldamento di Adone sia per quanto riguarda le norme di sicurezza, sia per avere maggiori prestazioni e affidabilità, abbiamo cominciato delle prove di laboratorio su una sezione curva usando degli elementi resistivi commerciali e con diversi sistemi di distribuzione del calore e di isolamento. I risultati sono stati interessanti e si spera, nel corso del 1980, di mettere in esercizio l'intero impianto per le sezioni curve.

Finestra di Berillio per il canale PWA. - Durante il 1979, in collaborazione con il gruppo PWA, si è dato inizio allo studio di questo problema con il fine di mettere a punto la tecnica di realizzazione più affidabile. E' stato anche costruito e montato un prototipo con uno spessore di Be di 70 micron.

Montaggio magneti Wiggler. - Nel periodo Agosto-Settembre 1979 è stato montato su Adone il magnete Wiggler con la relativa camera da vuoto. In questa occasione è stata sperimentata per la prima volta una tecnica di intervento rapido su Adone senza mettere in aria tutta la ciambella e quindi senza pregiudicare il vuoto della macchina e il suo comportamento sotto fascio. Ovviamente la cosa richiede l'inserzione di valvole di sezionamento e questo crea sempre problemi meccanici notevoli che in questo caso sono stati risolti positivamente (v. Fig. 73).

Impianti da vuoto delle macchine dei Laboratori. - In collaborazione con la Divisione Macchine è stato fatto un esame dello stato e delle condizioni degli impianti da vuoto delle macchine (Adone, Linac, Leale, ecc.). Lo scopo è quello di arrivare a definire un programma di revisione, ammodernamento di questi impianti, di unificazione dei componenti e delle parti di ricambio, ecc. con un conseguente programma finanziario per gli anni a venire.

Infine, ricordiamo che è stato svolto, come ogni anno, un notevole lavoro sia di officina meccanica sia di carpenteria di appoggio all'attività di ricerca dei vari gruppi del Centro. I lavori più importanti, oltre quelli già scritti, sono elencati qui di seguito.

Divisione Macchine:

- Fermata macchina di Agosto-Settembre: montaggio sezione e magneti Wiggler, targhetta a fili sull'ottica, nuove valvole di sezionamento ottica, ecc., in collaborazione con la D.M.;
- Riparazione di una sezione del Linac (con l'aiuto della D.M.);
- Numerosi interventi sugli impianti da vuoto delle macchine (in particolare sul Linac) per perdite, riparazioni, ecc.;
- Beam Stopper in Tungsteno per il canale PULS;
- Tubo per sostituzione sezione Linac;
- Cavità RF da 51.4 MHz, inizio lavorazioni presso una ditta esterna, costruzione di particolari vari presso la nostra officina.

LADON:

- Preparazione del nuovo canale porta specchio;
- Rifacimento stopper sul canale gamma;
- Lavori in corso o quasi finiti al Dicembre 1979: banco allineamento laser, movimenti micrometrici del quarzo, stopper del fascio laser, supporti allineamento laser, modulatore cavità laser.

PEPR:

- Blocco premifilm (attualmente sospeso in attesa arrivo vetrini).

FRAM:

- Rulli recupero cavi.

LEALE:

- Camera da vuoto magnete pulitore ; inizio costruzione contenitore targhetta a idrogeno.

PWA:

- Costruzione meccanica delle fenditure e aiti vari alla realizzazione e al montaggio del canale.

Servizio Rivelatori.

Nel corso del 1979 il servizio ha fornito un adeguato supporto tecnico agli esperimenti in run, in particolare al FRAM per il quale, soprattutto nei primi mesi dell'anno, si è effettuato il completamento delle camere drift e di vari componenti di riserva come contatori di anticoincidenza e camere proporzionali cilindriche e piane.

Fra le cose più interessanti realizzate dall'OFTA, in collaborazione con l'Officine Centrali, citiamo il sistema di posizionamento, con sufficiente ripetibilità, delle camere drift del FRAM, ed il sistema di recupero cavi del rivelatore a ruota, sempre del FRAM, che consente a questo rivelatore mobile l'intera escursione per cui era stato progettato (una traslazione di qualche metro ed una rotazione da $-\pi/2$ a $+\pi/2$).

Fra le realizzazioni più originali citiamo il contatore a tazza in scintillatore NE richiesto dal gruppo LADON. La sua particolare geometria (v. Fig. 80), tutt'altro che usuale, ha richiesto un delicato studio sulla raccolta della luce emessa onde evitare perdite di efficienza.

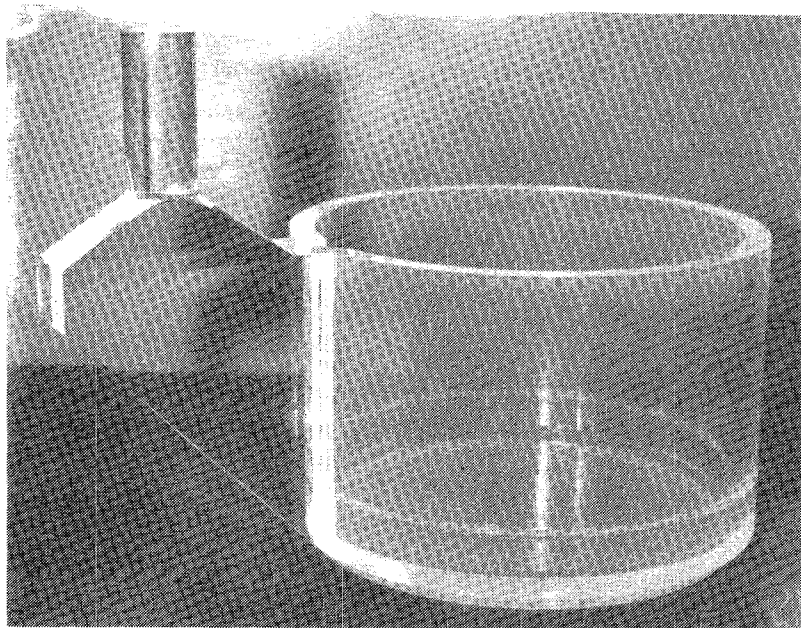


FIG. 80

Nella seconda parte dell'anno l'OFTA, col diminuire del carico di lavoro di FRAM, ha potuto dedicare del tempo allo sviluppo di tecnologie e di attrezzature, in particolare è in corso la realizzazione del prototipo di una nuova macchina tessitrice, per camere a fili, con sistema di trazione dei fili, durante la tessitura, a depressione (trazione costante).

Il Laboratorio Fotografico e Circuiti Stampati del servizio ha lavorato praticamente al limite delle sue possibilità. Nell'indispensabile attività di aggiornamento tecnologico e ricerca di nuove soluzioni (attività che per problemi di spazio, personale ed eccessivo carico di lavoro è stata ridotta al minimo vitale), si sono avviati studi di metallizzazione su vari materiali non conduttori, e affinamento delle tecniche di incisione e di crescita dei depositi galvanici.

L'aumento dell'organico di una unità ha permesso di avviare all'interno del gruppo, l'acquisizione delle competenze necessarie (finora mancanti) per il disegno dei masters dei circuiti stampati.

Gruppo Impianti Elettrici.

Tra le attività di maggior spicco che hanno coinvolto il gruppo c'è stato il magnete Wiggler, per il quale si è curata la parte alimentazione a cominciare dallo studio dell'alimentatore adattato al nuovo carico onde verificarne la stabilità, per poi passare al dimensionamento della linea in continua da 5000 A, sulla quale è stato progettato e successivamente installato un deviatore della stessa corrente nominale, tensione massima 400 V, 50 KA di corrente di corto circuito, tale da permettere di avere a disposizione con semplici manovre una uscita supplementare per prove su altri magneti senza dover sconnettere il carico ufficiale.

Sempre per il magnete Wiggler sono state progettate e realizzate, in collaborazione con altri gruppi, le bobine di compensazione per una corrente max di 500 A.

Il gruppo ha altresì collaborato alle misure magnetiche necessarie a definire le curve di campo e l'integrale dello stesso nonché alle prove di funzionamento effettuate dopo l'installazione del magnete su Adone. Queste ultime prove hanno imposto la necessità di diminuire il ripple di corrente ed a tal fine si è progettato e costruito, in collaborazione con l'Officina Centrale, un filtro da 5000 A.

Si è contribuito, in collaborazione ad altri gruppi, al progetto del FEL, per il quale si è partecipato alla ottimizzazione del passo polare del magnete in funzione delle caratteristiche fisiche, imposte dalle finalità dell'esperienza, e meccaniche, dovute all'inserimento futuro del magnete su Adone. Questa parte di calcolo ha permesso di individuare le dimensioni e il numero di spire delle bobine, nonché la sezione ottimale del conduttore, permettendo di realizzarne un prototipo che è stato sottoposto ad una corrente di circa 3300 A, su una sezione di circa 105 mm², con un salto termico di circa 15°C rispetto ad una temperatura dell'acqua in ingresso di circa 13°C. Le informazioni ottenute, estrapolate per il magnete definitivo, hanno permesso di determinare le caratteristiche elettriche necessarie alla elaborazione delle specifiche tecniche dell'alimentatore di tale magnete.

Il gruppo ha continuato la collaborazione con il Gruppo Elettronica nel progetto, realizzazione ed installazione degli alimentatori ad SCR in sostituzione di quelli a Variac e diodi alimentanti i solenoidi del Linac. Questi alimentatori, di cui il prototipo è stato soddisfacentemente collaudato e migliorato tecnicamente, sono ormai passati alla fase di realizzazione di serie.

Tra i compiti istituzionali del gruppo c'è quello della gestione e manutenzione delle reti AT, MT e BT che richiedono continui interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria quali per esempio l'ampliamento e potenziamento di cabine elettriche, progetto-installazione di nuovi quadri di BT, sostituzione di apparecchiature di controllo, comando e regolazione delle reti, manutenzione di trasformatori, sezionatori, ecc.

Infine, ma di primaria importanza, è il problema delle sicurezze degli impianti e delle persone, problema questo che ha coinvolto pesantemente il gruppo dovendosi i Laboratori adeguare alla normativa vigente, sempre più stringente in materia. Si citano a proposito solo alcuni esempi quali la installazione di un dispositivo di scarica dei condensatori di rifasamento, la realizzazione di un opportuno locale ove raccogliere i gruppi di accumulatori di servizio della stazione elettrica, lo studio di un anello di terra generale per i Laboratori, la messa a terra di apparecchiature, l'adozione dei relè differenziali a protezione della vita umana e delle apparecchiature.

SERVIZI

1. - CENTRO DI CALCOLO.

Il PDP 11/34 che gestiva dal 1978 il collegamento con i calcolatori CDC del CINECA è stato collegato con l'UNIVAC 1100/33 del Centro di Calcolo dell'Università di Roma. Detto collegamento viene gestito in una maniera automatica analogamente a quello CDC, permettendo l'input da qualsiasi terminale del PDP 11/34 e lo spooling dell'output a più unità locali o remote.

Dal punto di vista dell'hardware il PDP è stato sostanzialmente implementato durante l'anno 1979. La configurazione attuale è la seguente:

- 128 K parole di memoria centrale (valore massimo per il PDP 11/34);
- Due interfacce DZ-11 (current loop) che permettono il collegamento seriale di 16 devices (terminali video, stampanti ed altri PDP);
- Due interfacce DU-11 per i collegamenti con CINECA e UNIVAC;
- Lettore di schede a 300 schede/minuto;
- Due stampanti 180 caratteri/sec e 600 righe/minuto rispettivamente;
- Due interfacce DL-11 per collegamento della console e di un terminale seriale;
- 17.5 Mbytes di capacità di disco RK;
- Interfacce DUP e DMC per collegamenti in Decnet (Progetti di rete romana da realizzare entro il 1980);
- Nastro magnetico PERTEC di 45 ips e 800 bpi;
- Plotter HP 7221A con interfaccia seriale EIA.

Dal punto di vista del software sono stati implementati i seguenti prodotti:

- Compilatori BASIC, PL 11, BCPL;
- Editor WYLBUR;
- Librerie di programmi per la gestione del plotter;
- Librerie di utilità interna: fit, calcolo, matriciale, etc.;
- Libreria di programmi su TEXAS 9900 per la gestione CAMAC.

Durante l'anno sono stati utilizzati i Centri di Calcolo indicati in Tabella con relative ore di CPU totali.

CINECA - Centro Interuniversitario (Bologna)	ore	100
CNEN - COGEP (Bologna)	ore	14
CNEN - COGEP (Frascati)	ore	530
UNIVAC - Centro Interfacoltà (Roma)	ore	1

L'utilizzo del CINECA è in relativo aumento essendo passati durante l'anno da un carico medio di 45 jobs/giorno (Marzo) a 60-70 jobs/giorno (Novembre) arrivando così al saturamento delle disponibilità di linea che contemporaneamente ha diminuito le sue prestazioni dato che la stessa linea telefonica viene utilizzata da Istituto di Fisica di Roma, Sezione INFN e dal Centro di Calcolo Interfacoltà di Roma per relativi collegamenti con il CINECA.

Per rispondere alle multiple richieste di gruppi locali, specialmente di gruppi PEPR, PULS, LADON, LEALE, WIGGLER, che utilizzano dei minicalcolatori PDP per la raccolta on-line di dati e che avrebbero bisogno di possibilità di calcolo interattivo locale per una prima analisi degli stessi, è stato richiesto come preventivo per il 1980 l'acquisto di un calcolatore VAX 11/780 al quale tutti i ricercatori dei Laboratori sono vivamente interessati.

2.- SERVIZIO DI FISICA SANITARIA.

Nel corso del 1979, il Servizio di Fisica Sanitaria ha continuato ad assicurare come di consueto la sorveglianza fisica della protezione dalle radiazioni nei Laboratori Nazionali di Frascati in ottemperanza alle disposizioni del D.P.R. 185/64. Nell'ambito di tale attività sono stati tra l'altro studiati i problemi di radioprotezione relativi alla messa in opera del canale Wiggler della luce di sincrotrone.

Le attività di studio e sviluppo del gruppo, per il cui svolgimento ci si è avvalsi della collaborazione di laureandi dell'Istituto di Fisica di Roma, sono state rivolte ai seguenti argomenti:

- Studio della formazione dell'ozono da parte dei fasci di elettroni di alta energia;
- Messa a punto di un sistema a TLD per la dosimetria dei campi misti di raggi gamma e neutroni;
- Studio della contaminazione ambientale connessa con il funzionamento degli acceleratori di elettroni.

I risultati di maggior rilievo saranno oggetto di pubblicazioni, attualmente in preparazione o in corso di stampa.

3.- SERVIZIO DOCUMENTAZIONE.

Nel 1979 il Servizio ha composto e stampato per i Laboratori (v. elenco) circa 80 lavori, 35 dei quali sono stati pubblicati sulle riviste scientifiche italiane e straniere. Inoltre, il Servizio ha pubblicato 32 lavori per le altre Sezioni dell'INFN.

E' stato potenziato il lavoro di composizione prendendo a nolo una macchina elettronica di scrittura a nastro magnetico, che ha dato soddisfacenti risultati e si prevede di effettuare l'acquisto nel prossimo anno.

Il Servizio ha dato notevole contributo all'organizzazione della "Conferenza Nazionale dell'INFN" svoltasi presso il Centro Studi dell'ENPI a Monteporzio nei giorni 5-8 Febbraio, alla quale hanno partecipato oltre 350 fisici e tecnici provenienti da tutte le Sezioni dell'Istituto.

Il potenziamento del reparto tipografico, tuttora in corso, è stato notevole. Durante ultimi tre anni sono state acquistate: una nuova macchina da stampa, un apparecchio elettrografico per la riproduzione su matrici di carta, una nuova impaginatrice, una nuova taglierina e una cuccitri ce a filo. Si prevede di acquistare nel 1980: una reprocamera per le matrici di alluminio e una autorilegatrice.

Nella biblioteca, che ha avuto un incremento di circa 300 volumi, è stata portata a termine la classificazione CDU e si prevede di inserire nel calcolatore quanto prima tutti i libri, pubblicando un catalogo dei volumi esistenti in biblioteca.

Continua lo scambio di pubblicazioni con circa 200 Istituti italiani e stranieri e le riviste abbonate sono circa 110.

ELENCO PUBBLICAZIONI

- LNF-79/1(P) F. Felicetti and Y. Srivastava :
RESONANT SPACE AND TIME-LIKE PION FORM FACTOR
Phys. Letters 83B, 109 (1979).
- LNF-79/2(R) P. Corvisiero, F. Masulli e A. Zuchiatti :
CALCOLO DI MONTECARLO PER LA DISTRIBUZIONE DI PERCORSO DI
ELETTRONI IN NaI.
- LNF-79/3(R) E. Righi e M. Di Poffi :
IL RISCHIO DA CAMPO MAGNETICO DERIVANTE DA TECNOLOGIE NUCLEA
RI: CRITERI DI PROTEZIONE SANITARIA.
- LNF-79/4(R) G. Giordano and E. Poldi Alai :
GEOMETRY OF GAUSSIAN BEAMS AND LASER CAVITIES.
- LNF-79/5(R) S. Gentile e E. Polli :
PROBLEMI DI SOFTWARE ED HARDWARE NELLA MESSA ON-LINE DI CAME
RA A FILI SU UN CALCOLATORE PDP 15.
- LNF-79/6(R) B. Touschek :
AN ANALYSIS OF STOCHASTIC COOLING.
- LNF-79/7(R) V. Bellini, E. De Sanctis, P. Di Giacomo, V. Emma, S. Gentile, C. Guaraldo, S.
Lo Nigro, V. Lucherini, C. Milone, G. S. Pappalardo and A. R. Reolon :
FISSION INDUCED IN HEAVY ELEMENTS BY THE LEALE MONOCHROMATIC
BEAM OF FRASCATI.
- LNF-79/8(R) A. Turrin :
OPTIMUM ROTATION ANGLE OF A SIBERIAN SNAKE.
- LNF-79/9(P) E. Etim :
A STOCHASTIC MODEL IN MOMENTUM SPACE FOR THE EMISSION OF INFRA
RED RADIATION
(Submitted to Phys. Letters).
- LNF-79/10(P) E. Etim :
GENERALISED HERMITE POLYNOMIAL EXPANSION IN THE THEORY OF IN-
FRARED RADIATIVE CORRECTIONS
(Submitted to Math. Phys. Letters).
- LNF-79/11(R) R. Bertani :
THE NEW FRASCATI PROJECT : ALA/MDA (Tesi).
- LNF-79/12(P) G. Battistoni, E. Iarocci, G. Nicoletti and L. Trasatti :
A CUBE LATTICE MULTIWIRED DETECTOR
Nuclear Instr. and Meth. 164, 453 (1979).
- LNF-79/13(R) P. Allen, L. Barone, I. Laakso, F. Marcelja, G. Piredda, V. Rossi, G. Susinno, L.
Votano and L. Zanello :
A SET OF ON-LINE ROUTINES TO GUIDE PEPR IN MEASURING BUBBLE
CHAMBER FILM.
- LNF-79/14(P) S. Ferrara :
NEW INSIGHTS IN SUPERSYMMETRY AND SUPERGRAVITY
(Invited talk at the "Sanibel Symposium on Fundamental Problems of Quantum
Field Theory", Flagler Beach, Florida, 26-28 February 1979).
- LNF-79/15(P) U. Cazzola, F. Cervelli, V. Chiarella, P. Spillantini and F. Zetti :
A SIMPLIFIED MECHANICAL STRUCTURE FOR DRIFT CHAMBERS
(Submitted to Nuclear Instr. and Meth.).

- LNF-79/16(F) F. Palumbo:
SPONTANEOUS BREAKING OF SUPERSYMMETRY AND SUPERCONDUCTIVITY
(Submitted to Phys. Letters).
- LNF-79/17(R) G. Bellettini and R. Bertani:
THE CASE FOR ALA/MDA.
- LNF-79/18(R) P. Allen, L. Barone, I. Laakso, F. Marcelja, G. Piredda, V. Rossi, G. Susinno,
L. Votano and L. Zanello:
DATA ACQUISITIVE ROUTINES FOR PEPR.
- LNF-79/19(F) G. Bologna, F. Celani, B. Caporaletti, A. Codino, B. D'Ettore-Piazzoli, F. L. Fab
bri, P. Laurelli, G. Manocchi, P. Picchi, G. Rivellini, L. Satta, P. Spillantini and
A. Zallo:
A COMPACT LOW MASS SYSTEM OF FOUR CYLINDRICAL MULTIWIRE PRO-
PORTIONAL CHAMBERS
Nuclear Instr. and Meth. 165, 193 (1979).
- LNF-79/20(R) M. Greco, G. Pancheri-Srivastava and Y. Srivastava:
RADIATIVE CORRECTIONS TO $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ NEAR THE Z^0 -RESONANCE.
- LNF-79/21(R) M. L. Ferrer e C. M. Serio:
SVILUPPO DI UN PACKAGE SOFTWARE PDP PER LA GESTIONE AUTOMATI
CA DI COLLEGAMENTI CON CALCOLATORI CDC.
- LNF-79/22(P) G. Parisi:
TOWARD A MEAN FIELD THEORY FOR SPIN GLASSES
Phys. Letters A73, 203 (1979).
- LNF-79/23(R) R. Del Fabbro and G. P. Murtas:
TAGGING SYSTEMS AT LEP "SHORT INSERTION": ANGULAR ACCEPTANCES
AND EFFICIENCIES.
- LNF-79/24(R) A. Marini, F. Ronga and M. Spinetti:
A MULTIPROCESSOR BASED FOR DATA ACQUISITION AND ANALYSIS.
- LNF-79/25(P) M. Spinetti:
RESULTS FROM ADONE
(Presented at the "XIV'th Rencontre de Moriond," March 11-23, 1979).
- LNF-79/26 G. Parisi and R. Petronzio:
GLUON FRAGMENTATION FUNCTIONS FROM QUARK JETS
Phys. Letters B82, 260 (1970).
- LNF-79/27(P) A. F. Grillo and Y. Srivastava:
INTRINSIC TEMPERATURE OF CONFINED SYSTEMS
Phys. Letters B85, 377 (1979).
- LNF-79/28(R) A. Turrin:
DOUBLE SIBERIAN SNAKE.
- LNF-79/29 B. Esposito, A. Marini, M. Pallotta, G. Piano-Mortari, F. Ronga, B. Secchi-Zorn,
G. T. Zorn, M. Nigro, L. Pescara, R. Bernabei, S. D'Angelo, P. Monacelli, M. Mo
ricca, L. Paoluzi, R. Santonico and F. Sebastiani:
MULTIHADRON PRODUCTION IN e^+e^- ANNIHILATION AT (1.45 - 1.61) GeV c.
m. ENERGY
Lett. Nuovo Cimento 25, 5 (1979).
- LNF-79/30(P) R. Caloi, L. Casano, M. P. De Pascale, L. Federici, S. Frullani, G. Giordano, B.
Girolami, G. Matone, M. Mattioli, P. Pelfer, P. Picozza, E. Poldi, D. Prosperi
and C. Schaerf:
A NEW MONOCHROMATIC AND POLARIZED PHOTON BEAM AT FRASCATI
(Presented at the "Intern. Conf. on Nuclear Physics with Electromagnetic Inter-
actions", Mainz, 5-9 June, 1979).

- LNF-79/31(P) G. Parisi:
AN INFINITE NUMBER OF ORDER PARAMETERS FOR SPIN GLASSES
Phys. Rev. Letters 43, 1754 (1979).
- LNF-79/32(P) F. Balestra, M. P. Bussa, L. Busso, I. V. Falomkin, R. Garfagnini, C. Guaraldo, A. Maggiora, G. Piragino, G. B. Pontecorvo, R. Scrimaglio and Yu. Shcherbakov:
 π^+ MESONS INTERACTION ON ^4He AT 120, 145 AND 165 MeV
Nuclear Phys. A340, 372 (1980).
- LNF-79/33(P) C. Bacci, R. Baldini Celio, G. Capon, R. Del Fabbro, P. De Santis, G. De Zorzi, M. Grilli, E. Iarocci, C. Mencuccini, G. P. Murtas, G. Penso, M. Spinetti, B. Stella and V. Valente:
EXPERIMENTAL RESULTS ON PHOTON-PHOTON INTERACTIONS AT ADONE
Phys. Letters 86B, 239 (1979).
- LNF-79/34(P) C. Bacci, R. Baldini Celio, G. Battistoni, D. Bollini, G. Capon, R. Del Fabbro, G. De Zorzi, E. Iarocci, M. M. Massai, S. Moriggi, G. P. Murtas, G. Penso, M. Spinetti, B. Stella and L. Trasatti:
TOTAL CROSS SECTION FOR HADRONIC PRODUCTION BY e^+e^- ANNIHILATION IN THE TOTAL C. M. ENERGY RANGE 1.42-3.09 GeV
Phys. Letters 86B, 234 (1979).
- LNF-79/35(R) P. Spillantini:
AZIMUTHAL DISTORTION AND SPIRALLING OF CHARGED PARTICLES IN A SOLENOID AT LEP.
- LNF-79/36(P) G. Bologna, F. Celani, A. Codino, B. D'Ettorre Piazzoli, F. L. Fabbri, G. Levy, G. Mannocchi, P. Picchi, G. Rivellini, L. Satta, P. Spillantini and A. Zallo:
A REMOTELY PROGRAMMABLE SYSTEM TO SUPPLY CONTROL AND DISPLAY NEGATIVE HIGH VOLTAGE OF MULTIWIRE AND DRIFT CHAMBERS
(Submitted to Nuclear Instr. and Meth.).
- LNF-79/37(P) G. De Franceschi and F. Palumbo:
SPONTANEOUS SUPERSYMMETRY BREAKING AND SUPERCONDUCTIVITY IN A NON-RELATIVISTIC MODEL
Nuclear Phys. B162, 478 (1980).
- LNF-79/38(P) G. Parisi:
THE ORDER PARAMETER FOR SPIN GLASSES: A FUNCTION ON THE INTERVAL 0-1
Journ. Physics A13, 1101 (1980).
- LNF-79/39(P) G. Curci, M. Greco, Y. Srivastava and B. Stella:
QCD ANALYSIS OF JET LONGITUDINAL MOMENTA
Phys. Letters B88, 147 (1979).
- LNF-79/40(R) R. Del Fabbro and G. P. Murtas:
TWO PHOTON MASS SENSITIVITY BY A TAGGING SYSTEM AT LEP SHORT INSERTION.
- LNF-79/41(P) M. Ramon-Medrano, G. Pancheri-Srivastava and Y. Srivastava:
BLOCH-NORDSIECK MOMENTS OF THE STRUCTURE FUNCTION F_3
(Submitted to Nuclear Phys.).
- LNF-79/42(R) R. Caloi, L. Casano, M. P. De Pascale, L. Federici, S. Frullani, G. Giordano, B. Girolami, G. Matone, M. Mattioli, P. Pelfer, P. Picozza, E. Poldi, D. Prosperi and C. Schaerf:
MODE LOCKING ON COUPLED AND LONG LASER CAVITIES. THE NEW EXPERIMENTAL SET-UP FOR THE LADON BEAM.
- LNF-79/43(P) G. Parisi:
GAUGE THEORIES AND DUAL MODELS
(Talk given at the "Third Workshop on Current Problems in High Energy Particle Theory", Firenze, May 1979).

- LNF-79/44(P) A. Turrin:
POLARIZATION EIGENVECTOR IN HIGH-ENERGY ACCELERATORS EQUIPPED
WITH SIBERIAN SNAKES
(Presented at the "Rome Meeting of the ECFA-Lep Working Group, to the SSG on
Polarization", Roma, Sept. 27 - Oct. 4, 1979).
- LNF-79/46(P) G. Parisi:
MAGNETIC PROPERTIES OF SPIN GLASSES IN A NEW MEAN FIELD THEORY
J. Phys. A13, 1887 (1980).
- LNF-79/47(P) G. Parisi:
A SEQUENCE OF APPROXIMATED SOLUTIONS TO THE S-K MODEL FOR
SPIN GLASSES
(Submitted to Journ. Phys. C).
- LNF-79/48(P) G. Bologna, F. Celani, A. Codino, B. D'Ettorre Piazzoli, F. L. Fabbri, P. Laurel
li, G. Mannocchi, P. Picchi, G. Rivellini, L. Satta, P. Spillantini and A. Zallo:
ELECTROSTATIC FIELD IN A CYLINDRICAL PROPORTIONAL CHAMBER
Nuclear Instr. and Meth. 171, 613 (1980).
- LNF-79/49(P) B. Baschiera, G. Basini, H. Bilokon, C. Castagnoli, B. D'Ettorre Piazzoli, G.
Mannocchi and P. Picchi:
INTEGRAL AND DIFFERENTIAL ABSOLUTE INTENSITY MEASUREMENTS OF
COSMIC RAY MUONS BELOW 1 GeV
(Submitted to Nuovo Cimento).
- LNF-79/50(R) P. Spillantini and T. M. Taylor:
A MULTIPURPOSE CENTRAL DETECTOR USING A TOROIDAL MAGNET.
- LNF-79/51(R) P. Spillantini:
A TIME PROJECTION SECTOR DEVICE FOR A TOROIDAL CENTRAL DETEC-
TOR.
- LNF-79/52(P) P. Spillantini:
EFFICIENCY OF A SENSE WIRE IN THE REGION OF ITS SUPPORTING HOOK
IN A DRIFT CHAMBER
(Submitted to Nuclear Instr. and Meth.).
- LNF-79/53(P) G. Bellettini:
PRODUCTION OF LEPTON PAIRS AT THE ISR
(Presented at the "Second Intern. Symposium on Hadron Structure and Multipar-
ticle Production", Kazimierz, May 1979).
- LNF-79/55(P) G. Martinelli and G. Parisi:
TESTABLE QCD PREDICTIONS FOR SPHERICITY-LIKE DISTRIBUTIONS IN
 e^+e^- ANNIHILATION
Phys. Letters 89B, 391 (1980).
- LNF-79/56(P) G. Parisi:
THE MAGNETIC PROPERTIES OF THE S-K MODEL FOR SPIN GLASSES:
THEORY VERSUS MONTECARLO SIMULATIONS
(Submitted to Phil. Magazine).
- LNF-79/57 L. M. Barone, G. Susinno, L. Votano et al. :
STUDY OF THE PRODUCTION OF THREE CHARGED PIONS IN $\bar{p}n$ ANNIHILA-
TION AT 3 GeV/c
Nuclear Phys. 155B, 1 (1979).
- LNF-79/58 G. Parisi and R. Petronzio:
SMALL TRANSVERSE MOMENTUM DISTRIBUTIONS IN HARD PROCESSES
Nuclear Phys. 154B, 427 (1979).
- LNF-79/59(R) A. La Monaca:
CAMERE A DRIFT PER LA RIVELAZIONE DI e^- E RAGGI X IN ESPERIENZE
DI STRUTTURA DELLA MATERIA.

- LNF-79/60(P) G. Parisi:
PROPERTIES OF THE TWO DIMENSIONAL $O(N)$ σ -MODELS AND THE HIGH
TEMPERATURE EXPANSION
Phys. Letters 90B, 111 (1980).
- LNF-79/61(P) F. Palumbo:
NONRELATIVISTIC NON-ABELIAN GAUGE THEORIES
(Submitted to Nuclear Phys.).
- LNF-79/62(P) A. Marini and F. Ronga:
UVT LUCITE CERENKOV COUNTERS PERFORMANCE TESTS
(Submitted to Nuclear Instr. and Meth.).
- LNF-79/63(R) M. Greco, G. Pancheri-Srivastava and Y. Srivastava:
RADIATIVE CORRELATIONS TO $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ NEAR THE Z_0 -RESONANCE
WITH TRANSVERSE POLARIZED BEAMS.
- LNF-79/64 G. Curci, M. Greco and Y. Srivastava:
COHERENT QUARK-GLUON JETS
Phys. Rev. Letters 43, 834 (1979).
- LNF-79/65(P) M. Spinetti:
MULTIHADRON PRODUCTION AT ADONE
(Presented at the "1979 Intern. Symposium on Lepton and Photon Interaction at
High Energies, Batavia, August 1979).
- LNF-79/66 G. Parisi and N. Surlas:
RANDOM MAGNETIC FIELDS, SUPERSYMMETRY AND NEGATIVE DIMENSIONS
Phys. Rev. Letters 43, 744 (1979).
- LNF-79/67(R) G. P. Capitani, E. De Sanctis, P. Di Giacomo, S. Gentile, C. Guaraldo, V. Lucherini,
E. Polli, A. R. Reolon and R. Scrimaglio:
RANGE TELESCOPE FOR PROTONS TO INVESTIGATE (γ, p) REACTIONS
USING THE MONOCHROMATIC BEAM OF FRASCATI LEALE LABORATORY.
- LNF-79/68 S. Ferrara and B. Zumino:
THE MASS MATRIX OF $N = 8$ SUPERGRAVITY
Phys. Letters 86B, 279 (1979).
- LNF-79/69 S. Ferrara, L. Girardello and F. Palumbo:
GENERAL MASS FORMULA IN BROKEN SUPERSYMMETRY
Phys. Rev. D20, 403 (1979).
- LNF-79/70(P) C. M. Bertoni, C. Calandra, F. Mangini, S. Nannarone, F. Patella, G. Perfetti,
C. Quaresima and A. Savoia:
MICROSCOPIC ASPECTS OF Si-Ge HETEROJUNCTION FORMATION
(Submitted to Phys. Rev. Letters).
- LNF-79/71(P) G. Parisi:
SUMMING LARGE PERTURBATIVE CORRECTIONS IN QCD
Phys. Letters 90B, 295 (1980).
- LNF-79/72(R) R. Baldini-Celio, F. Celani, A. Codino, F. L. Fabbri, P. Laurelli, G. Rivellini,
L. Satta, P. Spillantini and A. Zallo:
CONNECTIONS BETWEEN COHERENT PHOTOPRODUCTION OF HIGH MASS
MESONS OFF NUCLEI AND e^+e^- ANNIHILATION.
- LNF-79/73(P) G. Parisi:
ON THE STRUCTURE OF THE PHASES IN LATTICE GAUGE THEORIES
(Presented at the "NATO Advanced Institute on Recent Developments in Gauge
Theories", Cargese, 1979).
- LNF-79/74 G. Curci, M. Greco and Y. Srivastava:
QCD JETS FROM COHERENT STATES
Nuclear Phys. B159, 45 (1979).

- LNF-79/75 N. Cabibbo, L. Maiani, G. Parisi and R. Petronzio:
BOUNDS ON THE FERMIONS AND HIGH BOSON MASSES IN GRAND UNIFIED
THEORIES
Nuclear Phys. B158, 295 (1979).
- LNF-79/76(P) R. Caloi, L. Casano, M. P. De Pascale, L. Federici, S. Frullani, B. Girolami, G.
Giordano, G. Matone, M. Mattioli, C. Pasquariello, P. Pelfer, P. Picozza, E.
Poldi, D. Prosperi and C. Schaerf:
THE LADON PHOTON BEAM WITH THE ESRF-5 GeV MACHINE
Lett. Nuovo Cimento 27, 339 (1980).
- LNF-79/77(P) A. Ma/ecki:
MULTIPLE SCATTERING IN NUCLEUS-NUCLEUS COLLISIONS AT MEDIUM
AND HIGH ENERGIES
(Presented at the "Intern. School of Physics 'E. Fermi' on Nuclear Structure and
Heavy Ion Collisions", Varenna, July 1979).
- LNF-79/78(P) G. Parisi:
SOME REMARKS ON THE ELECTRONIC STATES IN DISORDERED MATERIALS
(Submitted to Journ. Phys. A).

RENDICONTI DEL "CONVEGNO SULLE ATTIVITA' IN CORSO PRESSO I LABO
RATORI NAZIONALI DI FRASCATI" - Frascati, 16-17 Ottobre 1979.

S U M M A R Y

We present a short report of the activities in 1979 of the Frascati National Laboratories.

This year has been notable being a time of considerable progress during which the Laboratory increased its capabilities and achieved many interesting results, by improving the training of people on a wide range of disciplines.

Among the facts of major importance for the Laboratories we mention the development of new international collaborations concerning subnuclear experiments, the successful start of the Synchrotron Light program of the Laboratories, the construction of a wiggler magnet which operated very well at ADONE, the preparation of new experimental programs for next years.