

COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 69/84
Dicembre 1969

ATTIVITA' DEI LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI
dal 1 Luglio 1968 al 30 Giugno 1969

Notiziario n. 20

Servizio Documentazione
dei Laboratori Nazionali di Frascati del CNEN
Casella Postale 70 - Frascati (Roma)

LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI DEL CNEN -

INTRODUZIONE -

L'attività di ricerca dei Laboratori Nazionali di Frascati, svolta in collaborazione con fisici appartenenti alle varie sezioni dell'INFN e con ospiti provenienti da laboratori esteri può essere sintetizzata nei seguenti capitoli:

- 1) Funzionamento e miglioramento dell'Elettrosincrotrone;
- 2) Funzionamento di Adone e prime misure: studio delle instabilità caratteristiche di tali macchine;
- 3) Progetto Leale. Realizzazione delle attrezzature per una utilizzazione del Linac in un programma parallelo di ricerche nucleari: Laboratorio pioni, Laboratorio γ monocromatici;
- 4) Attività dei gruppi di ricerca Alte Energie:
 - esperienze presso l'Elettrosincrotrone,
 - esperienze presso l'Adone;
- 5) Attività del Gruppo Teorico;
- 6) Attività del Gruppo Calcoli Numerici;
- 7) Attività di ricerca nei campi:
 - dell'elettronica,
 - della criogenia,
 - della tecnologia dei magneti,
 - della tecnologia dei rivelatori,
 - della dosimetria.

1. - FUNZIONAMENTO E MIGLIORAMENTO DELL'ELETTROSINCROTRONE -

Componenti del gruppo: U. Bizzarri, M. Maccioni, T. Letardi, A. Vignati, G. Branca, F. Morselli, tecnici e operai n° 27.

Un interessante miglioramento delle prestazioni dell'elettrosincrotrone è stato realizzato nel giugno 1968 con la sostituzione dell'iniettore, una macchina Van De Graaff da 2,5 MeV, con un microtrone da 12 MeV (40 - 50 mA di corrente di picco) costruito nei laboratori.

I principali vantaggi ottenuti con la sostituzione sono:

- un aumento dell'intensità del fascio di elettroni di un fattore 10: da una intensità massima di $6 \cdot 10^{11}$ quanti equivalenti al minuto, corrispondenti a 5×10^9 elettroni/impulso, a 6×10^{12} quanti equivalenti al minuto pari a 5×10^{10} elettroni/impulso.
- una riduzione del numero degli avvolgimenti magnetici che realizzavano le correnti di correzione per il moto orbitale degli elettroni.
- una conseguente semplificazione dell'operazione del cambio di energia del fascio.
- una maggiore stabilità in intensità del fascio.
- una vera e propria semplificazione di funzionamento della macchina essendo ora sufficiente, per accelerare gli elettroni, operare con una sola cavità risonante (RF₂) a frequenza fissa.
- una più agevole manutenzione del nuovo iniettore.

Nella Tabella I sono date le caratteristiche del nuovo iniettore. L'ottica di inie

2.

zione degli elettroni nell'elettrosincrotrone è stata realizzata mediante un sistema acromatico di trasporto del fascio composto di tre quadrupoli magnetici, tre magneti deflettori e un deflettore elettrostatico. Il campo magnetico all'iniezione è di circa 110 G e la spiralizzazione di 1,8 mm per giro. In condizioni ottimali circa il 15% delle particelle iniettate sono accelerate all'energia massima.

TABELLA I

- Diametro del magnete	106 cm
- Altezza della gap del magnete	10 cm
- Frequenza della R. F.	3000 MHz
- Magnetron della R. F.	Varian TV 1542
- Potenza di picco del Magnetron	2 MW
- Energia di iniezione	80 KeV
- Numero di Orbite	21
- Guadagno di energia per giro	590 KeV
- Energia massima	12,4 MeV \pm 0,5%
- Corrente massima	50 mA
- Massima frequenza degli impulsi	300 impulsi/s
- Condizioni di funzionamento:	
Corrente di picco	30 mA
Frequenza degli impulsi	20 impulsi/s
- Durata dell'impulso di corrente	2 μ s
- Emittanza radiale	$\pi \times 0,8$ mrad x cm
- Emittanza verticale	$\pi \times 0,4$ mrad x cm

Con il sistema di radiofrequenza esistente, di potenza 6 KW, può esser accelerata una corrente di 70 mA.

Per particolari esigenze sperimentali, e cioè per ottenere uno spill-out migliore per energie al di sotto dei 650 MeV si è reso possibile l'impiego della catena di radiofrequenza RF₁ invece della catena RF₂.

Dall'1.7.68 al 30.6.69 la macchina è stata utilizzata dagli sperimentatori per un totale di 3.640 ore, con una media settimanale di 70 ore.

L'indice di gradimento medio indicato dagli sperimentatori, in base all'intensità, stabilità, durata dell'impulso, ecc. del fascio è stato del 91%.

Il grafico di Fig. 1 schematizza, per il periodo in oggetto, il funzionamento settimanale della macchina.

Il 7 luglio 1968 la macchina è stata fermata per sostituire l'iniettore. Il 10 ottobre la macchina è ripartita per le esperienze. Durante tale periodo è stato installato, anche, il nuovo canale di iniezione, e sono stati eseguiti lavori di manutenzione. Altre fermate per complessive 4 settimane, si sono rese necessarie per modificare le schermature e i pozzi di spegnimento a seguito della aumentata intensità del fascio di elettroni; e per installare due canali per esperienze con la luce di irraggiamento.

Nella tabella II è riportata la utilizzazione del tempo, mentre nella tabella III sono riportate le ore perse per guasti suddivise secondo i principali impianti.

La tabella IV riassume il funzionamento dell'elettrosincrotrone dal 1959 al 30 Giugno 1969.

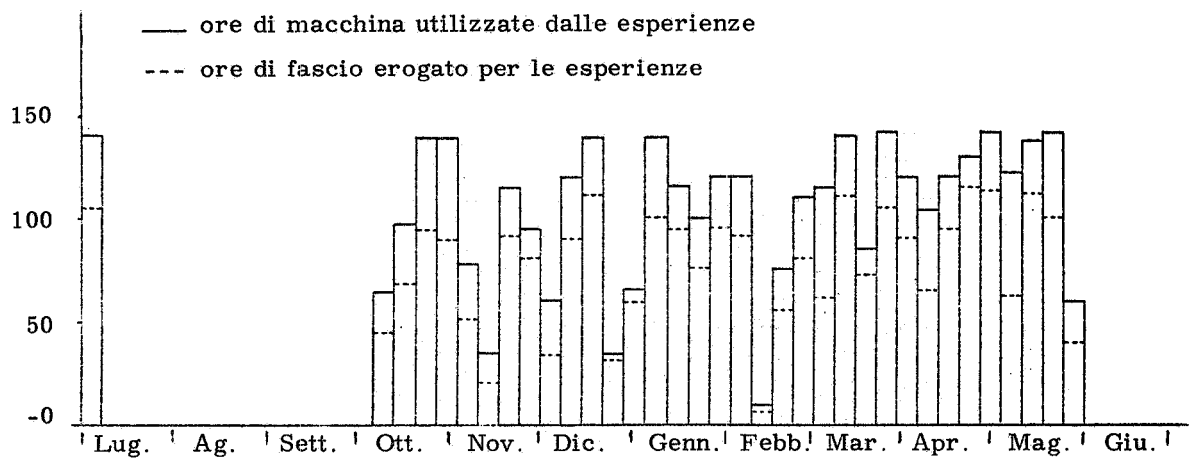


FIG. 1 - Diagramma delle ore settimanali di funzionamento dell'Elettrosincrotrone, dall'1. 7. 1968 al 30. 6. 1969.

TABELLA II

	ore	%
- Esperienze	3.640	42
- Sostituzione iniettore	1.700	19
- Modifica schermature	250	3
- Preparazione esperienze	750	9
- Prove macchina e manutenzione	470	5
- Avviamento	250	3
- Guasti	330	4
- Soste per ferie, feste	600	7
- Varie	710	8
Totale	8.700	100

TABELLA III

Tipo di guasti	ore	%
- Rete	10	3
- Magnete	10	3
- Vuoto	68	21
- Iniettore	162	49
- Radiofrequenza	20	6
- Varie	60	18
Totale	330	100

TABELLA IV

Anno	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969 al 30/6	TOTALE
ore di macchina utilizzate dalle esperienze	2076	5972	5818	6163	5823	6019	3826	5382	6041	4556	2392	54.068
ore di beam utilizzato dalle esperienze	1370	4550	4543	4564	4535	4630	2797	4054	4711	3568	1779	41.101
efficienza media della macchina indicata dagli sperimentatori (%)				89	92	92	89	84	93	94	88	90 (media)
ore perse per guasti		712	550	904	1065	488	2000	536	612	188	310	7.365

QUADRO RIASSUNTIVO GENERALE

FUNZIONAMENTO ELETTROSINCROTRONE DI FRASCATI.

2. - FUNZIONAMENTO DI ADONE E PRIME MISURE: STUDIO DELLE INSTABILITA' CARATTERISTICHE DI TALI MACCHINE -

Componenti del gruppo: F. Amman, R. Andreani, M. Bassetti, M. Bernardini, A. Cattoni, V. Chimenti, G. Corazza, D. Fabiani, A. Marra, A. Massarotti, S. Matera, C. Pellegrini, M. Placidi, F. Soso, S. Tazzari, F. Tazzioli, G. Vignola; tecnici ed operai: n. 45.

Nel corso dell'anno veniva iniziato lo studio delle proprietà dei fasci ad elevata intensità, protrattosi per tutto il 1968 ed i primi mesi del 1969.

2.1. - Il sistema ottico di trasporto dei fasci di e^+ ed e^- dall'acceleratore lineare all'anello è stato completato nel suo ramo destro sia per quanto riguarda l'assemblaggio e l'allineamento degli elementi magnetici e delle camere da vuoto, sia per ciò che riguarda i controlli delle intensità e della posizione dei fasci.

Contemporaneamente è stata completata la strumentazione di controllo associata alla macchina, necessaria allo studio del comportamento dei fasci: è stata completata l'elettronica associata agli elettrodi di pick-up posti entro la camera da vuoto dell'anello per la misura della intensità e della posizione dei fasci circolanti; mentre è stata avviata la realizzazione dei vari controlli nella versione definitiva.

Particolare attenzione è stata dedicata alle modalità di ingresso dei fasci nell'anello, allo scopo di migliorare il rendimento di iniezione e di cattura: in seguito ai risultati del lavoro fatto in questo senso, si è potuto risalire alle cause che limitavano queste funzioni ed in conseguenza di ciò si è deciso di ricorrere ad un nuovo sistema di iniezione, che impiega un deflettore impulsato a setto, cioè completamente chiuso radialmente verso il fascio, in modo da non introdurre perturbazioni da campi magnetici dispersi.

L'uso di questo deflettore richiede una perturbazione dell'orbita chiusa, in modo che questa si venga a trovare spostata verso il deflettore stesso durante l'impulso di iniezione, e se ne allontani subito dopo: in questo modo le oscillazioni di β -trone radiali hanno ampiezza molto minore che nel sistema precedente, mentre il successivo allontanamento del fascio dal deflettore, dovuto al decadere della perturbazione, evita che questo agisca come diaframma con conseguente perdita di parte delle particelle accumulate.

Questo secondo metodo di iniezione, messo a punto nel luglio 1968 ha consentito di ottenere una velocità massima di accumulazione di positroni, in un bunch, pari a 15 mA/minuto. I due nuovi deflettori sono stati costruiti in maniera definitiva e montati sulla macchina in due fasi successive, entro il novembre 1968.

2.2. - Fin da primi tempi di funzionamento della macchina è sorto il problema delle instabilità dei fasci circolanti, dovute essenzialmente alla loro elevata densità, assai maggiore, date le dimensioni ridotte trasverse, dei valori normalmente ottenibili con macchine acceleratrici tradizionali.

La fenomenologia degli effetti osservati con fascio di e^+ ed e^- circolanti separatamente o contemporaneamente nell'anello, ha portato alla caratterizzazione dei fenomeni in due classi distinte: instabilità di fase ed instabilità trasverse radiali e verticali.

Le instabilità di fase si presentano sotto forma di oscillazioni coerenti dei pacchetti di particelle costituenti il fascio, in senso longitudinale rispetto alla fase sincrona. Il fenomeno ha luogo per correnti circolanti dell'ordine del mA o più, sia con un pacchetto per fascio, sia con due o tre pacchetti.

In questo secondo caso due tipi di oscillazione sono possibili, in uno dei quali non si ha moto del baricentro del sistema costituito da pacchetti, mentre nell'altro anche il baricentro oscilla, come nel caso di un solo pacchetto.

L'interpretazione di questo effetto in termini di interazione tra fascio e cavità a radiofrequenza è stata elaborata analizzando i possibili modi di oscillazione della cavità e della struttura meccanica della camera da vuoto, i quali coinvolgono frequenze del tipo $f_0(nk + p)$ fino a valori comparabili con c/ϵ_y essendo c la velocità della luce, ϵ_y le dimensioni longitudinali dei pacchetti, f_0 la frequenza di rivoluzione, k il numero dei pacchetti per fascio e p un intero compreso tra 0 e $k - 1$.

Si dimostra che la più generale condizione di stabilità, nel caso di k pacchetti di egual carica, è data dal seguente gruppo di equazioni:

$$(1) \quad \sum_n \left[(nk - p)R_{nk-p}^- - (nk+p)R_{nk+p}^+ \right] > 0$$

dove R^\pm sono le parti reali delle impedenze offerte dalle strutture risonanti sulle frequenze del tipo $f_n = nf_0 \pm \Omega_S$ essendo Ω_S la frequenza delle oscillazioni di sincrotrone all'energia di lavoro dell'anello.

Come soluzione al problema delle oscillazioni di fase è stata studiata la possibilità di fare uso di un campo elettrico avente frequenza multipla di f_0 ma non della frequenza dell'impianto principale di RF, in modo da differenziare le frequenze di sincrotrone dei singoli pacchetti.

La necessaria cavità a radiofrequenza è stata costruita ed installata sulla macchina: come risultato è stato possibile mantenere stabile contro le oscillazioni di fase un fascio di intensità maggiore di 100 mA in tre pacchetti, che rappresenta la richiesta di progetto, ricorrendo ad un campo elettrico a 71 MHz, 1.3 Kv.

Il moto del baricentro è stato invece reso stabile variando opportunamente l'acordo della cavità principale.

Misure sistematiche di corrente di soglia delle instabilità trasverse, in funzione dell'energia della macchina sono state effettuate sia con gli elettrodi pulitori entro la ciambella, sia dopo che questi erano stati tolti; si è rilevato un aumento della corrente di soglia all'energia di iniezione di circa 15 volte, rispetto ai valori misurati precedentemente nella prima situazione.

I risultati più significativi sul comportamento delle soglie di instabilità in condizioni di lavoro diverse, sono raccolti nella fig. 2 che mostra la dipendenza della densità longitudinale della corrente di soglia dall'energia dei fasci, con gli elettrodi pulitori presenti nella camera da vuoto (fig. 2a) e la stessa dipendenza della sola corrente di soglia (fig. 2b) senza elettrodi nella ciambella. In entrambe le figure è indicata una dipendenza dall'energia del tipo $\gamma^{5/2}$.

L'andamento della corrente di soglia è stato anche studiato sovrapponendo al campo magnetico principale della macchina, un campo magnetico a distribuzione ottupolare (avente cioè una dipendenza dalla terza potenza degli spostamenti), localizzato in una sezione opportuna dell'anello, agendo sulla polarità del quale era possibile compensare od accentuare le non-linearità di terzo ordine della macchina.

Nella fig. 3 è mostrato l'andamento della corrente di soglia in funzione della corrente nell'ottupolo: il minimo è una conseguenza della riduzione del potere stabilizzante dello smorzamento di Landau, dovuto alla compensazione, da parte del campo ottupolare, di uno dei termini che governano la distribuzione delle frequenze di β -trone delle particelle.

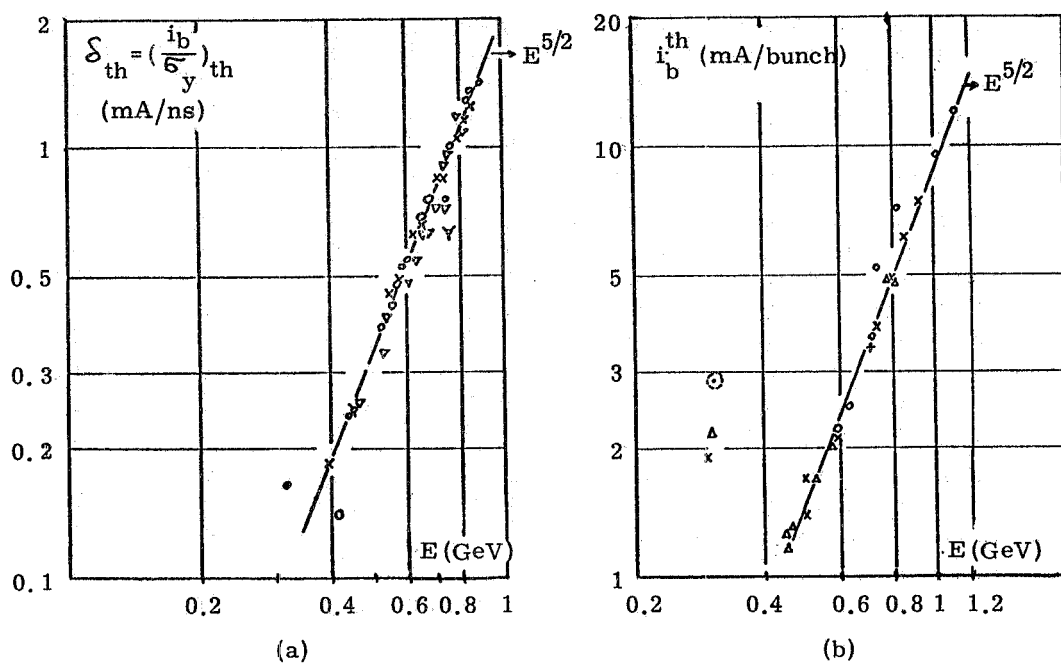


FIG. 2 - Fascio: e^+ . (a) con elettrodi pulitori; (b) senza elettrodi pulitori.

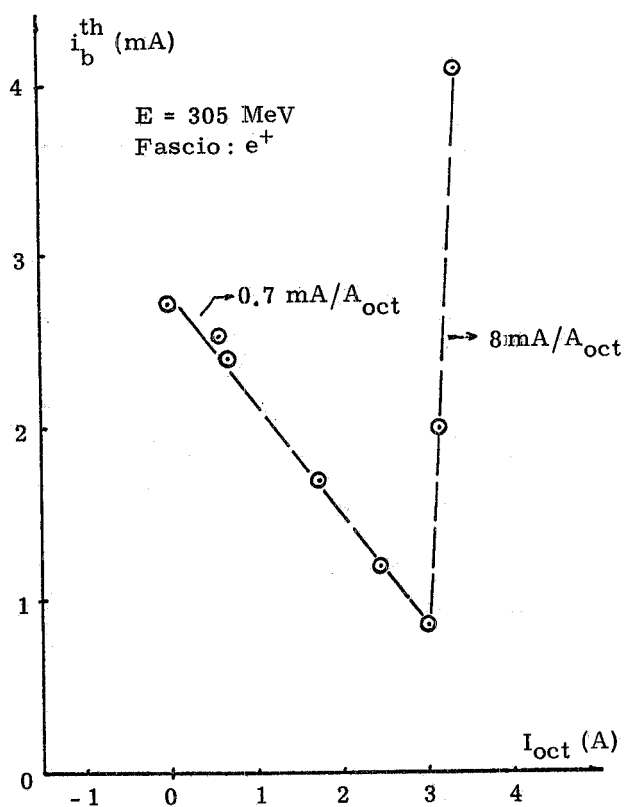


FIG. 3

Le caratteristiche delle instabilità trasverse sono diverse da quelle previste teoricamente con i modelli che trascuravano le oscillazioni di sincrotrone, ("resistive wall instabilities", studiate da Laslett, Neil, Sessler, e poi da Ferlenghi, Pellegrini e Touschek); nel settembre del 1968 a Frascati è stata avanzata una possibile interpretazione dei fenomeni osservati, che è poi stata elaborata nella teoria degli effetti "testa-coda" o "rapidi". Tale teoria spiega compiutamente la dinamica degli effetti osservati.

Un altro aspetto caratteristico di questo tipo di macchina acceleratrice che è stato messo in evidenza e studiato sia dal punto di vista sperimentale che da quello teorico è rappresentato dal cosiddetto "allungamento anomalo dei pacchetti di e^+ ed e^- ". In questo caso le dimensioni longitudinali dei pacchetti, che in teoria sono governate dalla tensione di radiofrequenza ad ogni, fissata, energia di lavoro, mostrano anche una dipendenza dalla corrente accumulata nel pacchetto stesso, qualora questa superi un certo valore critico al di sotto del quale le dimensioni longitudinali sono eguali a quelle calcolabili teoricamente in base ai processi di irraggiamento.

L'effetto che è stato osservato anche nell'anello di accumulazione di Orsay, non dipende dalla presenza o meno degli elettrodi pulitori entro la ciambella, in quanto misure eseguite prima e dopo l'estrazione degli elettrodi non hanno messo in evidenza cambiamenti sostanziali.

I risultati sperimentali delle misure eseguite su questo nuovo effetto sono raccolti nella fig. 4: da essi è stata ricavata la seguente legge per la dipendenza della lunghezza anomala dalla corrente dei pacchetti e dalla energia della macchina:

$$(2) \quad \frac{\sigma_y(i_b, E)}{\sigma_y^{irr}} = .31 I^{1/3} (\text{mA}) E^{-5/3} (\text{GeV})$$

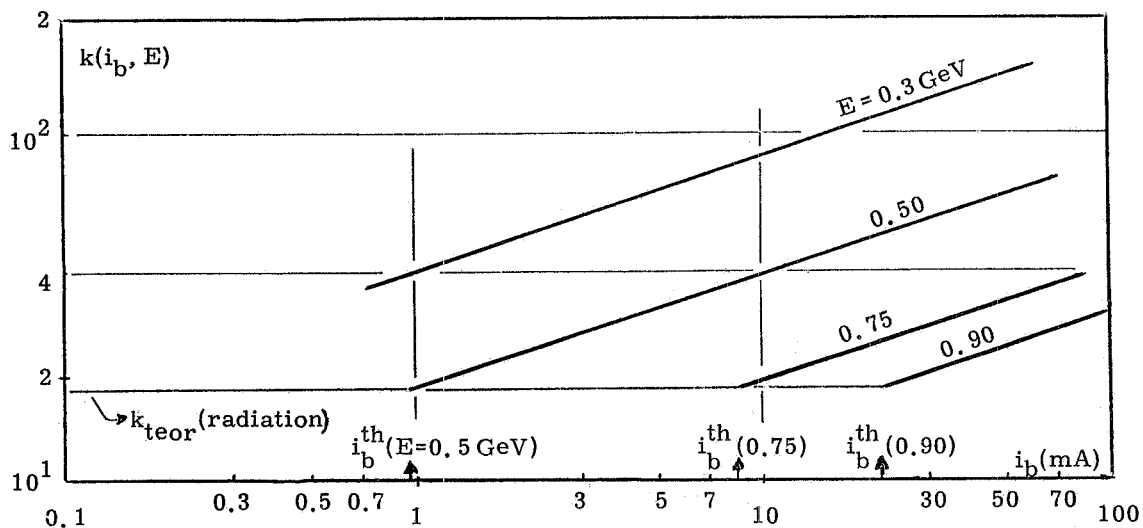


FIG. 4 - Allungamento "anomalo".

valida per correnti superiori al valore critico I_b^* , al di sotto del quale la dimensione longitudinale dei pacchetti è data dalla σ_{irr} .

2.3. - Misure di luminosità (Lettere N.C. 21.5.1969). - Il funzionamento di Adone con due fasci collidenti ad angolo zero è stato controllato sperimentalmente eseguendo misure di luminosità (definita come velocità di conteggio in una sezione diritta sperimentalmente, per un processo avente sezione d'urto unitaria) osservando le velocità di conteggio di e venti a sezione d'urto nota (bremsstrahlung singola (v. fig. 5) e scattering classico a piccolo angolo).

Valori della luminosità di $(3.4 \pm 0.4) \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ sono stati misurati a 1.1 GeV con $\sim 40 \text{ mA}$ di e^- e 23 mA di e^+ .

L'andamento temporale della luminosità misurata con l'apparato della bremsstrahlung singola è mostrato nella fig. 6, (un bunch per fascio); nella fig. 7 è mostrato l'andamento misurato con l'apparato dello scattering a piccolo angolo (3 bunches per fascio).

3. - PROGETTO LEALE -

Componenti del gruppo: R. Barbini (borsista), G.P. Capitani, S. D'angelo (borsista), E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Picozza, C. Schaerf, R. Scrimaglio; Tecnici n. 2.

3.1. - Laboratorio pioni. - Nel giugno 1968 hanno avuto inizio i turni di prova con il fascio di elettroni del Linac.

L'attività del Laboratorio pioni è stata rivolta principalmente in tre direzioni.

In un primo tempo sono state verificate le condizioni di allineamento del canale magnetico, in funzione del centraggio del convertitore e del radiatore pioni.

Si è fatto uso di coppie di bobine deflettrici per compensare gli eventuali angoli con cui il fascio di elettroni del Linac entrava nel canale Leale.

Un rivelatore di intensità situato prima del convertitore assicurava le condizioni di massima trasmissione della corrente di elettroni del Linac.

In un secondo tempo si sono cercate le migliori condizioni di focalizzazione del fascio di elettroni sul convertitore \mathcal{C} .

Osservando all'oscillografo il profilo del fascio dato da un rivelatore a emissione secondaria, situato all'altezza del convertitore, sono stati presi in esame diversi set di correnti dei quadrupoli del Linac e di quelli del Leale. Il confronto tra i risultati ottenuti con i diversi set di correnti ha permesso di eliminare il secondo dei due doppietti dei quadrupoli del Leale; il fascio risultante presenta qualche millimetro di diametro sul convertitore.

Risultati analoghi si possono ottenere utilizzando il complesso dei quadrupoli del Linac come una lente "debole", avente un fuoco direttamente sul convertitore \mathcal{C} , anziché sul primo collimatore del canale Leale (in questa configurazione, naturalmente, i quadrupoli Leale sono tutti spenti).

La successiva e fondamentale fase del lavoro ha riguardato la ricerca e la eliminazione delle sorgenti di fondi. Tutte le variazioni delle condizioni sperimentali per migliorare la situazione dei fondi sono state sempre riferite alle condizioni del segnale di un fototubo posto nella "cassaforte", l'area, intorno al secondo piano focale del

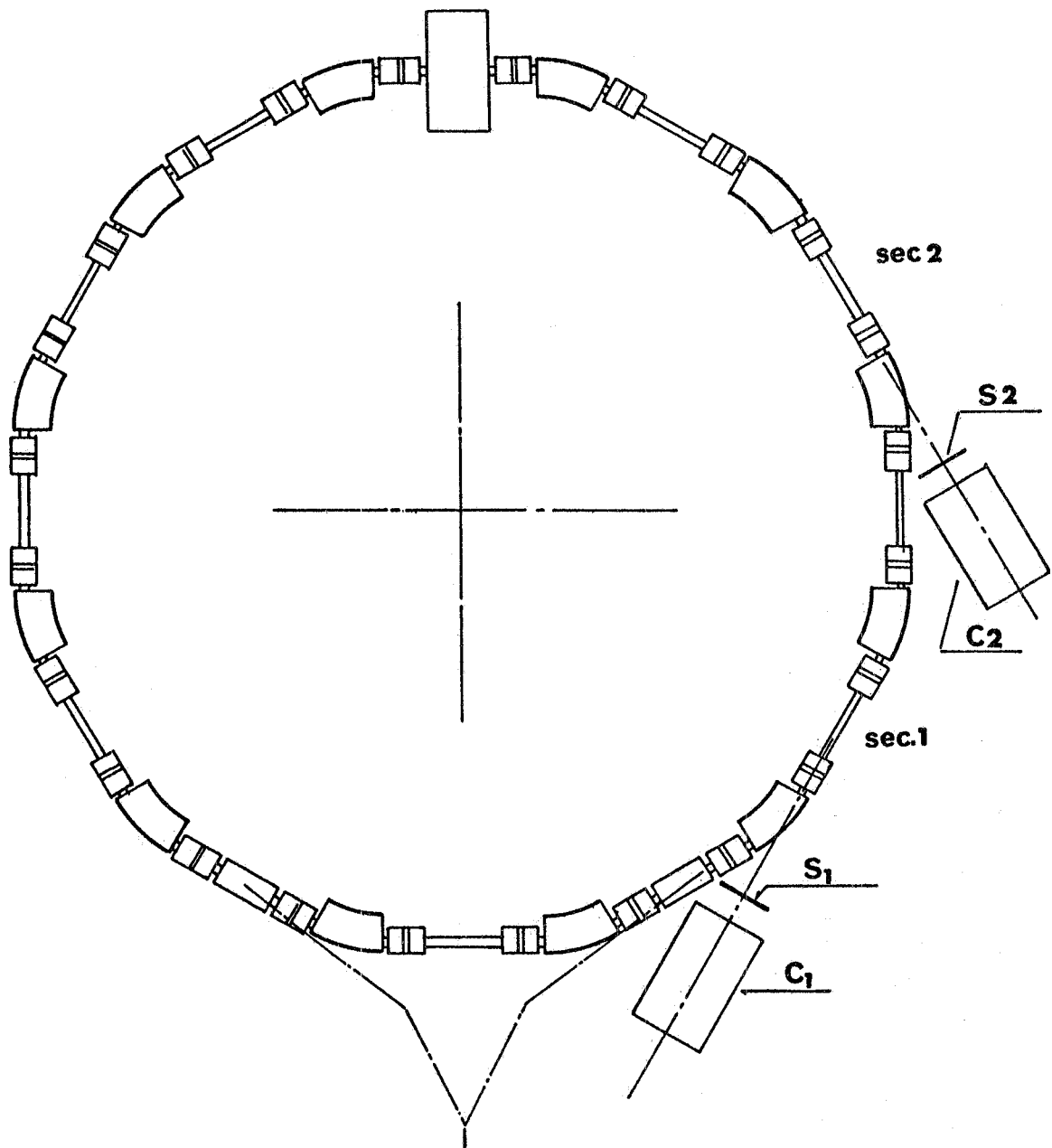


FIG. 5 - Apparato sperimentale per rivelare la singola bremsstrahlung. S_1 , S_2 anticoincidenze. C_1 , C_2 contatori Cerenkov.

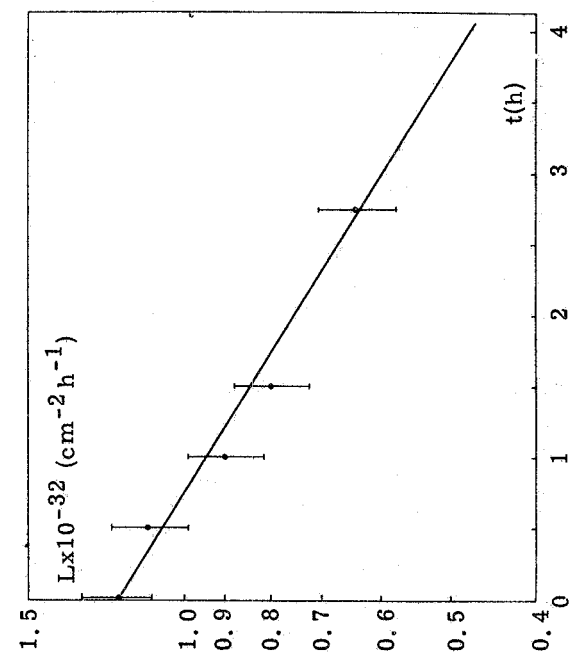


FIG. 6 - Misure di luminosità L ad 1 GeV me-
diante bremsstrahlung. La luminosità è data
da 1 solo bunch. La retta è solo indicativa.

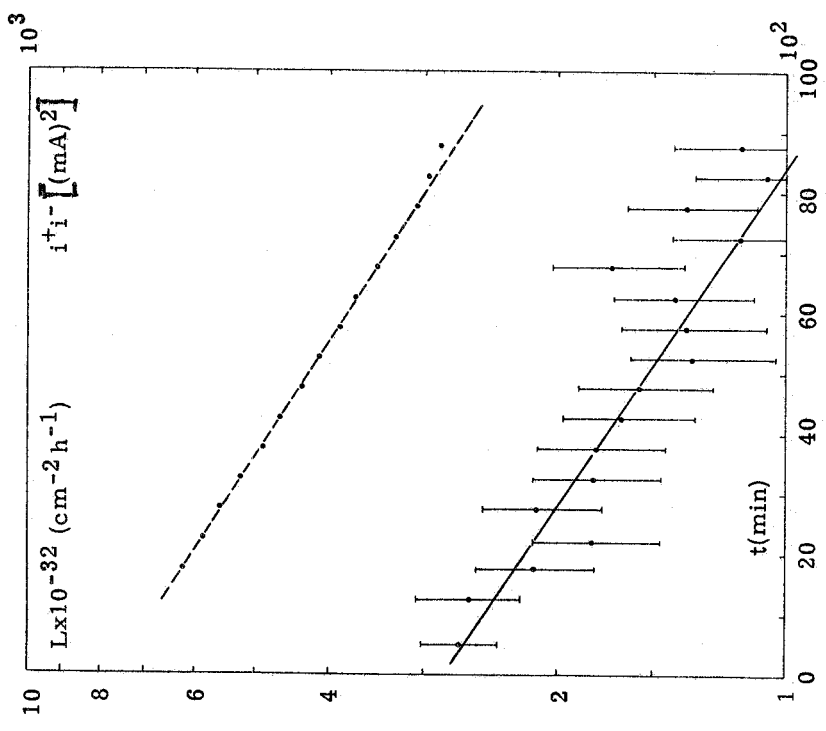


FIG. 7 - Misure di luminosità L a 1 GeV con l'ap-
parato di scattering e 3 bunches per fascio (curva
piena). Il prodotto delle correnti dei fasci è anche
mostrato in funzione del tempo (curva tratteggiata).
Gli errori sono statistici. — luminosità (scala
di sinistra; ---- $i^+ i^-$ (scala a destra). La retta at-
traverso i dati è solo indicativa.

magnete analizzatore pioni, in cui sono poste le apparecchiature di rivelazione nelle esperienze con pioni.

Si è lavorato nelle seguenti condizioni del fascio di elettroni: corrente di picco $i_p = 100-130$ mA; ripetizione 50 impulsi/secondo durata $\tau = 3-4 \mu$ sec; energia $E = 320-350$ MeV. Sono state effettuate (con dosimetri manuali per γ , dosimetri a termoluminescenza, contatori per neutroni, camere a ionizzazione con lettura digitalizzata attraverso un elettrometro e una scala) mappe di livelli di radiazione sulla piattaforma del magnete pioni e nella "cella calda". In quest'ultima area sono stati posti dosimetri a termoluminescenza in tutte le zone di interesse fisico: (zona convertitore, zona radiatore, uscita magnete deflettore, asse del fascio) in posizione da distinguere il contributo dovuto al passaggio del fascio stesso dall'effetto di eventuali sorgenti di fondi.

I parametri sottoposti a variazione sono stati: spessore del convertitore, corrente del magnete deflettore, forma e durata dell'impulso del fascio (in particolare per tagliare la parte di bassa energia). Sono state verificate le condizioni di allineamento per mettere in evidenza una eventuale sorgente di fondi nei collimatori stessi (il fascio è stato deflesso con le bobine deflettrici fino a investire completamente e successivamente i vari collimatori). Sono stati separatamente esaminati i contributi ai fondi da parte del convertitore e del radiatore: quest'ultimo è stato fatto investire sia dal fascio γ che dal fascio di elettroni.

Una prima conclusione è stata che una sorgente di fondi era costituita dal deflettore stesso, per effetto della sua dispersione, che produceva la collisione con la camera da vuoto, degli elettroni che più erano stati degradati in energia entro il convertitore. Si è cercato allora di aumentare il "momentum compaction" del magnete dando ai poli un profilo corrispondente ad un alto valore negativo dell'indice di campo.

Il risultato è stato però sostanzialmente negativo, nel senso che non si è potuto registrare alcuna apprezzabile variazione del livello dei fondi in "cassaforte". Si è pensato allora di risolvere il problema sfruttando le proprietà caratteristiche di una lente quadrupolare. Vale a dire, la possibilità di ottenere una deflessione contenuta, nel piano focalizzante, entro un prefissato angolo, indipendentemente dal momento in ingresso, per particelle entranti a una opportuna distanza dall'asse del sistema. Questa prova decisiva di un quadrupolo disassato al posto del magnete deflettore è stata effettuata in aria, così da trovarsi nelle condizioni teoriche di optimum per tutto quanto concerneva le sorgenti di fondi dovute alla dispersione intrinsecamente inerente al sistema convertitore-magnete. Il risultato è stato ancora una volta negativo.

Si è deciso allora di isolare completamente l'unica ormai possibile sorgente fisica di fondi sulla linea, vale a dire il convertitore stesso, togliendo dalla linea anche il quadrupolo. Sono state studiate le caratteristiche del fenomeno isolato in funzione dello spessore e del numero Z del materiale. I risultati indicano una proporzionalità tra segnale e spessore di materiale attraversato, misurato in lunghezze di radiazione, e mancanza di ogni altra dipendenza da Z.

Alla luce di questi risultati si è deciso di ricostruire la camera da vuoto del magnete deflettore (con nuovi dispositivi di inserzione del convertitore e del radiatore), allo scopo sia di permettere un migliore schermaggio della zona interessata, sia di estendere la larghezza della camera stessa fino ai limiti consentiti dalle strutture edilizie. Contemporaneamente si è pensato di diminuire la distanza convertitore-radiatore, con maggiore resa di γ sul radiatore stesso, riducendo le dimensioni delle bobine del magnete deflettore, in modo da portare il convertitore più vicino possibile al bordo del magnete (una piastra spessa in ingresso del magnete taglia il campo disperso).

Il complesso dei lavori relativi alla nuova camera da vuoto e al sistema convertitore-radiatore è terminato nel 1969.

3.2. - Laboratorio γ monocromatici. - E' stato progettato il canale magnetico di trasporto per i positroni e sono in corso di ordinazione gli elementi magnetici, i componenti della linea da vuoto e il bersaglio di idrogeno liquido di annichilazione dei positroni.

La linea di ricerca del "Laboratorio γ monocromatici" verterà allo studio di reazioni fotonucleari del tipo (γ , n) e (γ , p) nell'intervallo di energia dei γ monocromatici compreso tra 70 e 250 MeV.

4. - ATTIVITA' DEI GRUPPI DI RICERCA ALTE ENERGIE -

L'attività dei gruppi di ricerca Alte Energie, interni e misti, si è svolta prevalentemente presso gli acceleratori dei Laboratori (elettrosincrotrone, Adone, Linac).

Gli esperimenti in corso o realizzati all'elettrosincrotrone, suddivisi a secondo del particolare fascio adoperato, sono riportati nella seguente tabella V.

TABELLA V

Fascio γ amorfo
- Fotoproduzione singola e doppia di pioni su neutrone (camera a bolle a deuterio)
- Fotoproduzione singola e doppia di pioni su idrogeno (camera a bolle a liquido pesante)
- Fotoproduzione del mesone η su deuterio
- Fotoproduzione del mesone η su nuclei complessi
- Ricerca del decadimento $\pi^0 \rightarrow 3\gamma$
- Fotoproduzione doppia di pioni tra 500 e 1000 MeV
- Ricerche di radiochimica
Fascio γ polarizzato
- Fotodisintegrazione dell' He_3 in due e tre corpi
- Fotoproduzione di π^0
Fascio di elettroni estratto
- Elettrodisintegrazione del deuterio in coincidenza
- Elettroproduzione di pioni (in soglia)
- Studio delle reazioni (e, e', p) e (e, e'n) per la misura dell'energia di legame dei nucleoni nel nucleo
Luce di irraggiamento (estremo ultravioletto)
- Studio delle proprietà ottiche dei metalli mediante la luce di sincrotrone
- Studio delle proprietà ottiche dei solidi

In particolare:

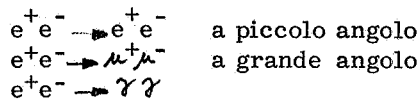
- Con il fascio γ amorfo sono state compiute, con l'ausilio di una camera a bolle a deuterio, una serie estesa di misure della fotoproduzione singola e doppia su neutrone. Inoltre, mediante una camera ad alto Z, è in programma lo studio della fotoproduzione doppia con produzione anche di pioni neutri. Fra le altre ricerche va ricordato, come mediante produzione di η^0 da nuclei complessi è stata possibile una prima determinazione delle sezioni d'urto differenziali per interazioni η^0 -nucleone.

- Il fascio polarizzato è stato adoperato per completare a vari angoli, nel C.M., ed energie del fotone le misure relative alla fotoproduzione singola di π^0 . Prove sono state eseguite con questa tecnica a 90° (C.M.) e per $E_\gamma = 200-350$ MeV. Inoltre il fascio è stato utilizzato per continuare, sull' ${}^3\text{He}$, lo studio delle proprietà dei nuclei leggeri.
- Sul fascio estratto, mediante la misura della elettroproduzione in soglia di π^+ (misure in coincidenza), si è valutato, fra l'altro, il fattore di forma vettore-assiale del nucleone.

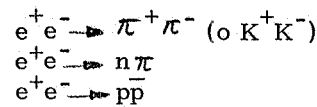
L'attività di ricerca presso Adone è iniziata nel novembre 1969, con turni di misura con due fasci incrociantsi e^+e^- . Nei mesi precedenti il lavoro dei gruppi sperimentali è stato dedicato alla messa a punto degli apparati ed alla loro calibrazione mediante i raggi cosmici.

I canali attualmente in studio presso Adone si possono suddividere:

- canali elettromagnetici



- canali adronici



Dell'attività di ricerca presso il Linac (programma Leale) è già detto nel precedente paragrafo.

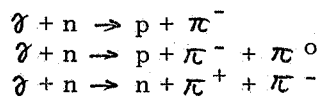
Notizie dettagliate sulle esperienze si trovano qui di seguito oppure nei rapporti di attività delle diverse sezioni dell'INFN, qualora si tratti di gruppi esterni, e nella bibliografia riportata nell'elenco delle pubblicazioni.

4.1. - Esperienze presso l'Elettrosincrotrone. -

4.1.1. - Fotoproduzione singola e doppia di pioni su neutrone in camera a bolle a deuterio. -

Componenti del gruppo: V. Rossi (INFN, Roma); G. Gialanella, L. Fiore, F. Carbonara, R. Rinzivillo (INFN, Napoli); A. Piazza, G. Susinno (LNF); A. Piazzoli, G. Mantovani, E. Lodi-Rizzini (INFN, Pavia).

Per lo studio sistematico delle reazioni di fotoproduzione doppia e singola

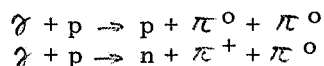


in camera a bolle a deuterio ($\emptyset 32 \times 15 \text{ cm}^3$) sono stati ripresi e osservati 500.000 fotogrammi. I risultati dell'analisi dei primi 250.000 fotogrammi sono in corso di pubblicazione. E' in programma definire l'analisi dei 500.000 fotogrammi e riprenderne altri 500.000.

4.1.2. - Fotoproduzione di pioni su idrogeno in camera a bolle a liquido pesante. -

Componenti del gruppo: V. Rossi (INFN, Roma); G. Gialanella, L. Fiore, F. Carbonara, R. Rinzivillo (INFN, Napoli); A. Piazza, G. Susinno (LNF); G. Mantovani, E. Lodi Rizzini (INFN, Pavia).

Si studieranno le reazioni:



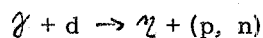
in camera a bolle a liquido pesante (ϕ 50 x 40 cm³).

In programma la ripresa di 500.000 fotogrammi.

4.1.3. - Fotoproduzione del mesone η su deuterio. -

Componenti del gruppo: C. Bacci (INFN, Roma), R. Baldini-Celio, C. Mencuccini, A. Reale, M. Spinetti, A. Zallo (LNF).

E' stata misurata la sezione d'urto differenziale a vari angoli nel C.M. del processo di fotoproduzione inelastica del mesone η su deuterio



per energie del fotone incidente di circa 850 MeV.

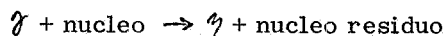
I risultati definitivi indicano che il valore assoluto della sezione d'urto di fotoproduzione su neutrone è quasi eguale a quello su protone. Le distribuzioni angolari risultano consistenti con l'isotropia.

Questi dati hanno inoltre permesso di stabilire che l'ampiezza di fotoproduzione di η vicino a soglia è essenzialmente isoscalare.

4.1.4. - Fotoproduzione del mesone η su nuclei complessi. -

Componenti del gruppo: C. Bacci, G. Salvini (INFN-Roma); R. Baldini-Celio, V.N. Eponeshnikov (ospite), C. Mencuccini, A. Reale, M. Spinetti, A. Zallo (LNF).

E' stata studiata la reazione



studiando la dipendenza dal numero di massa della sezione d'urto differenziale di fotoproduzione di η su vari nuclei, D₂, Li, C, Al, Cu, Ag e Pb.

Si è visto che la quantità $d\sigma/d\Omega/A$ decresce rapidamente al crescere di A, il che indica una interazione forte del mesone η in materia nucleare.

4.1.5. - Ricerca del decadimento $\pi^0 \rightarrow 3\gamma$. -

Componenti del gruppo: G. De Zorzi, E. Di Capua, V. Poggi, L. Tau (INFN, Roma); G. Di Giugno, E. Sassi, M. Troya, S. Vitali (INFN, Napoli); G. Matone, L. Satta (borsista) (LNF).

E' stato realizzato interamente l'apparato sperimentale per lo studio del decadimento $\pi^0 \rightarrow 3\gamma$ che, costituirebbe una prova della non invarianza sotto coniugazione di carica delle interazioni forti e/o elm.

Il dispositivo che permette di stabilire un limite superiore dell'ordine di 10^{-7}

per il rapporto

$$\frac{\pi^0 \rightarrow 3\gamma}{\pi^0 \rightarrow 2\gamma}$$

è stato completato sia per quanto riguarda la parte meccanica, sia per quanto riguarda tutte le altre attrezzature, e cioè la targhetta di H₂, gli scintillatori plastici e l'elettronica rapida.

In particolare si è studiato un prototipo di camera a fili magnetostriativa ed è stato realizzato un sistema programmato di acquisizione dei dati (SPAD) che permetterà l'allacciamento della camera a fili al calcolatore dell'I. S. S.

4.1.6. - Gruppo radiochimica. -

Componenti del gruppo: B.M. Belli (CNR), V. Di Napoli, D. Margadonna, F. Salvetti (Ist. di Chimica di Roma); P. Picchi, R. Visentin (LNF).

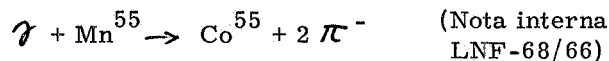
Al fine di ottenere informazioni su stati isobarici analoghi e sulle correlazioni nucleari (ove 2 nucleoni, almeno, prendano parte alla reazione) sono state studiate le reazioni del tipo



utilizzando il fascio γ dell'elettrosincrotrone.

La misura si è effettuata segnalando la radiazione γ e β dell'A (N-2, Z+2) con metodi di coincidenza, allorchè la separazione radiochimica ha attenuato l'attività dei molti radionuclidi formati nella reazione di "spallation".

Sono stati presentati i risultati preliminari relativi allo studio della reazione



per energie dei γ comprese tra 260 e 850 MeV.

E' stato migliorato l'apparato sperimentale apportando modifiche che consentono di ridurre ulteriormente i fondi al fine di eseguire misure di debolissime attività.

4.1.7. - Fotodisintegrazione e fotoproduzione in He³ con camera a diffusione. -

Componenti del gruppo: G. Goggi, G.C. Mantovani, A. Piazzoli, D. Scannicchio (INFN, Pavia); A. Piazza (LNF).

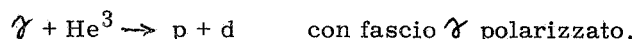
L'esperienza è conclusa. I risultati preliminari mostrano un sostanziale accordo con quelli di altri autori per tutto ciò che riguarda la fotodisintegrazione in due e tre corpi. Per quel che riguarda, invece, la fotoproduzione essi sono caratterizzati da elevati valori del fattore di efficienza per nucleone, specialmente nel caso della fotoproduzione doppia. Questo fatto può essere attribuito a termini di interferenza tra le ampiezze di fotoproduzione sui singoli nucleoni, ma può anche essere interpretato, come una non validità della approssimazione impulsiva per l'He³ dovuta alle caratteristiche peculiari di questo nucleo.

E' intenzione studiare questa reazione anche con altri metodi.

4.1.8. - Fotodisintegrazione dell' ^3He in due o tre corpi. -

Componenti del gruppo: F.L. Fabbri, G.P. Picozza, C. Schaerf (LNF).

L'esperimento studia il contributo di transizione di dipolo magnetico non risonante alla misura della sezione d'urto della reazione



L'interesse di questa misura deriva dai risultati dello studio della fotodisintegrazione in due corpi dell' ^3He ad alta energia, condotto con fascio γ amorfo, in cui non c'era indicazione di un comportamento risonante della sezione d'urto nella regione di energia della prima risonanza del nucleone.

Si misura il parametro di asimmetria:

$$A = \frac{\beta}{\sum_l} = \frac{\sigma_{11} - \sigma_{\perp}}{\sigma_{11} + \sigma_{\perp}} = \frac{b_e}{a_m + b_e}$$

ove σ_{11} è la sezione d'urto differenziale a 90° CM nel piano del γ linearmente polarizzato;

σ_{\perp} è la sezione d'urto differenziale a 90° CM nel piano perpendicolare al piano di polarizzazione;

\sum_l è la misura della polarizzazione del fascio γ ;

b_e è il contributo alla sezione d'urto della transizione elettrica;

a_m è il contributo alla sezione d'urto della transizione magnetica.

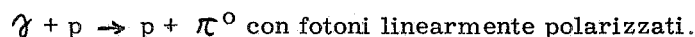
L'apparato consiste di un bersaglio di He liquido; di un cristallo di Na I (Tl) e 2 contatori plastici sul canale dei deutoni; di un telescopio di 3 contatori plastici a scintillazione e un assorbitore di Al sul canale dei protoni, e consente la distinzione tra protoni e deutoni con una tecnica E, ΔE .

I risultati preliminari ad un angolo di 90° CM e ad energia dei γ intorno a 260 MeV, sembrano indicare che il contributo di transizione di dipolo magnetico non risonante è confrontabile con quello della transizione di dipolo elettrico, per cui si rivela opportuno tenerne conto nei calcoli teorici.

4.1.9. - Fotoproduzione di π^0 da γ polarizzati. -

Componenti del gruppo: G. Barbiellini, G. Bologna, F.L. Fabbri, M. Grilli, P. Spillantini, V. Valente (LNF).

L'esperimento misura il rapporto di asimmetria nella reazione



L'evento di fotoproduzione viene definito dalla coincidenza tra il protone e uno dei γ di decadimento del π^0 .

Il protone viene rivelato per mezzo di un canale magnetico, il γ di decadimento del π^0 tramite un contatore a luce di Cerenkov; un opportuno contatore plastico da

vanti al contatore Cerenkov anticoincide le particelle cariche sul ramo del π^0 . L'uso del canale magnetico consente una migliore risoluzione in energia, una minore contaminazione di π^+ e una riduzione dei fondi rispetto ad altri metodi già usati presso lo elettrosincrotrone per la misura di asimmetrie.

Si è ricorsi alla tecnica del tempo di volo il cui start è fornito dal contatore di Cerenkov e il cui stop è costituito da uno dei contatori dell'odoscopio del magnete.

Sono state eseguite misure di fondi.

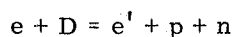
Il programma prevede la misura dell'asimmetria per diverse energie del fotone incidente comprese fra 200 e 400 MeV e ad angoli 30° , 60° , 90° , 120° , nel CM.

Prove sono state eseguite a 90° nel CM, e l'esperienza è entrata in fase misurata.

4.1.10. - Elettrodisintegrazione del deuterio in coincidenza (EDD). -

Componenti del gruppo: G.P. Capitani, S.I. D'angelo (borsista), E. De Sanctis, C. Guaraldo, P. Picozza, C. Schaerf, R. Scrimaglio (LNF).

L'esperimento si propone la misura della sezione d'urto della reazione



a 1000 MeV di energia dell'elettrone incidente ed a 645 MeV/c di tri-impulso trasferito centrale, mediante l'analisi in coincidenza dell'elettrone diffuso e del protone emesso. Vengono analizzati gli elettroni diffusi fra 38° e 46° con un impulso centrale di 800 MeV/c ed una banda di circa ± 80 MeV/c. Nel centro di massa del sistema p-n vengono analizzati i protoni fra 0° e 90° .

Tale esperimento è di vasto interesse teorico e sperimentale, esso permette infatti di approfondire la conoscenza della struttura del deuterio, ed in particolare l'andamento della funzione d'onda non solo per bassi impulsi, ma anche per alti impulsi; in altre parole si possono ottenere presumibilmente informazioni sulle correnti di scambio mesoniche. Questo è dovuto proprio al fatto che rispetto agli altri esperimenti fino ad oggi eseguiti, il presente esperimento dà informazioni su di una regione molto più vasta della distribuzione angolare dei nucleoni emessi, nel loro centro di massa.

L'apparato sperimentale è costituito da un bersaglio di idrogeno liquido e da due canali indipendenti per la rivelazione degli elettroni e dei protoni.

Il canale elettroni è costituito da un magnete analizzatore a poli piani, da quattro contatori plastici di cui uno davanti al magnete, da uno sciamatore aggiunto recentemente, posto dietro una camera a scintilla a piatti sottili per la misura degli angoli.

Il canale protoni è costituito da un assorbitore sagomato particolarmente, da due contatori plastici di grosse dimensioni, da una camera a scintilla a piatti spessi di 90 x 120 cm. per la misura degli angoli e dell'energia. Recentemente è stato aggiunto dietro la camera un altro contatore plastico da mettersi in anticoincidenza.

Dal Settembre 1968, cioè dopo la sostituzione dell'iniettore del sincrotrone, si è proceduto alla messa a punto dell'apparato, inadeguato alla nuova intensità del fascio estratto di elettroni; L'alimentazione dei fototubi si è realizzata con partitori capaci di dare alte correnti sotto impulso, si sono migliorate tutte le schermature attorno all'apparato ed ai contatori, si è pensato inoltre di ottenere un aggiornamento dell'elet-

tronica procedendo all'acquisto di alcuni moduli di alta qualità. Si è inoltre rivelato opportuno effettuare dei tagli sugli eventi spuri in fase di misura e di acquisizione dei dati, piuttosto che in fase di elaborazione. Per questo come già detto sono stati aggiunti due contatori: un contatore plastico, di grandi dimensioni, in anticoincidenza dietro la camera "a range" per i protoni, ed un contatore Cerenkov-sciamatore costituito da un sandwich di lastre di perspex e di piombo, le cui caratteristiche sono state analizzate in varie condizioni dietro lo spettrometro a coppie.

Dopo la fermata "estiva", del 1969, si è riscontrata l'opportunità di modificare l'ottica del fascio migliorandone le caratteristiche, ai fini di abbassare i fondi nei contatori. Si è già pervenuti a dei concreti miglioramenti, tuttavia con l'aiuto del gruppo macchina (T. Letardi) stiamo ancora cercando l'optimum per le nostre esigenze.

4.2. - Esperienze presso l'Adone. -

4.2.1. - Ricerca di quarks leptonici e leptoni pesanti. -

Componenti del gruppo: M. Bernardini (LNF); D. Bollini, V. Borelli Alles, E. Fiorentino, P.L. Frabetti, L. Monari, F. Palmonari, F. Zetti, A. Zichichi (INFN-Bologna); T. Massam (CERN).

Il montaggio definitivo dell'intero set up presso la sezione sperimentale in sala Adone è stato completato. In ciascun blocco di camere a scintilla, pesanti e leggere, sono stati interposti due grossi scintillatori plastici, ciascuno visto da 4 fotomoltiplicatori XP 1040; in tal modo senza perdere in angolo solido, è possibile rendere più selettivo il trigger rapido e facilitare l'identificazione delle particelle prodotte nella collisione dei fasci di elettroni e positroni.

E' stato messo a punto il sistema di recupero e di purificazione del gas che alimenta contemporaneamente tutte le camere a scintilla, quattro cinematiche a 6 gaps ciascuna, e settantasei tra pesanti e leggere a due gaps, con un notevole risparmio di gas e senza perdere in efficienza.

4.2.2. - $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$. -

Componenti del gruppo: G. Di Giugno, J.W. Humprey, E. Sassi, G. Troise, M. Troya, S. Vitale (INFN, Napoli); I. Renzi, R. Querzoli (LNF).

La misura della sezione d'urto di bremsstrahlung a grande angolo al sincrotrone di Frascati è stata terminata con misure a ≈ 300 MeV/c di impulso trasferito space like e 50 e 100 MeV/c rispettivamente di impulso trasferito time like. I risultati sono in corso di elaborazione ed una lettera è stata sottoposta per la pubblicazione al Physical Review Letters.

Sono in fase di studio la possibilità di utilizzare il dispositivo sperimentale per misure di scattering anelastico all'indietro di elettroni sul protone per indagare il comportamento del vertice γNN^* .

In via alternativa si sta studiando la possibilità di intraprendere nuove misure sulla W. A. B. in urti e^+e^- utilizzando Adone e, con conveniente varietà, il dispositivo che verrà usato come monitor per l'esperimento $e^+ + e^- \rightarrow p + \bar{p}$.

4.2.3. - $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma; \pi^0\gamma$. -

Componenti del gruppo: C. Bacci, G. Penso, G. Salvini (INFN, Roma); R. Baldini-Celio, G. Capon, C. Mencuccini, G.P. Murtas, C. Pellegrini, A. Reale, M. Spinetti (LNF).

L'apparato sperimentale descritto nel precedente rapporto di attività è stato montato in una delle sezioni dritte di Adone.

Attualmente si raccolgono eventi di annichilazione con una velocità di circa 2 e venti/ora a 1 GeV, e a una luminosità di circa $5 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

4.2.4. - $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-; \pi^+\pi^-; e^+e^-$. -

Componenti del gruppo: G. Barbiellini (LNF); B. Borgia, M. Conversi (INFN-Roma); F. Grianti, (INFN-Genova); M. Grilli, P. Spillanti, R. Visentin (LNF); A. Mulachì, M. Nigro, E. Schiavuta (INFN-Padova); L. Paoluzi (INFN-Roma).

Sono iniziate le misure degli eventi dovuti all'annichilazione elettrone-positrone in coppie di mesoni μ , in coppie di mesoni π e in coppie e^+e^- ; con un apparato sperimentale ottenuto dalla fusione di due esperienze.

L'apparato consta di contatori e di camere a scintilla ottiche. Si raccolgono all'incirca 30 fotogrammi al giorno di "scattering" a grande angolo (maggiore di 45°) e quindi ad alto momento trasferito.

4.2.5. - "Monitor" per misure di luminosità. -

Componenti del gruppo: G. Barbiellini (LNF); B. Borgia, M. Conversi, R. Santonico (INFN-Roma), M. Preger (Tesi di Laurea).

E' in funzione sull'anello di accumulazione il dispositivo che misura la "luminosità" assoluta dei fasci collidenti utilizzando come "monitor" il processo $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ (a piccolo angolo): scattering di Bhaba. Esso consente misure di luminosità con una precisione del 10% mediata sul tempo di circa 1 ora.

Le misure sono effettuate con tre "bunches" per fascio nell'anello a circa 1000 MeV e danno risultati di $(3.4 \pm 0.4) \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$. A questo proposito dati ulteriori e grafici si hanno nel paragrafo concernente il funzionamento di Adone.

4.2.6. - Produzione singola di bosoni neutri non strani. -

Componenti del gruppo: B. Bartoli, C. Bernardini, B. Coluzzi, F. Felicetti, F. Massa, V. Silvestrini (LNF); M. Matera (Borsista), G. Marini (INFN-Roma), G. Goggi, D. Scannicchio (INFN-Pavia), F. Vanoli (INFN-Napoli).

Il dispositivo sperimentale è in grado di rivelare i prodotti di decadimento di bosoni vettoriali in due o più corpi, per mezzo di telescopi di range e camere a scintilla a magnetostriazione. E' possibile la discriminazione tra particelle neutre e cariche. Il dispositivo comprende un tetto di anticoincidenze per la rivelazione di raggi cosmici.

Si è iniziata la raccolta di eventi, e l'analisi preliminare dei primi dati registrati su nastro magnetico IBM per mezzo del calcolatore PDP8 "on line" all'esperimento.

4.2.7. - Magnete esperienze Adone. -

Componenti del gruppo: B. Bartoli, V. Silvestrini, G.P. Murtas (LNF), F. Ronga (borsista), G. Goggi, D. Scannicchio (INFN-Pavia), D. Bisello (Borsista), G. Mulachiè, M. Nigro, L. Pescara (borsista), R. Santangelo, E. Schiavuta (INFN-Padova).

L'apparato che sarà usato per esperienze con i fasci incrociati di Adone consta: di un solenoide disposto trasversalmente alla sezione dritta ($\emptyset = 2$ m, $l = 2$ m) che fornisce un campo magnetico di 4.5 KG.; di camere a scintilla a gap larga e stretta, a fili per la visualizzazione della traccia, interne al campo magnetico; inoltre consta di 32 contatori e 12 camere bigap con strati di Pb alternati, per la rivelazione degli sciami, all'esterno del campo.

Nel corso del 1969 è iniziata la costruzione degli edifici, e sono stati ordinati: la struttura in ferro del magnete e gli alimentatori.

Sono stati inoltre costruiti e collaudati prototipi di camere a fili ottiche (a fili di 100μ di diametro, spazati di $2\frac{1}{2}$ mm).

Si è raggiunta una precisione di $80 \pm 90\mu$ nella localizzazione della scintilla.

5. - ATTIVITA' DEL GRUPPO TEORICO -

Componenti del gruppo: B. Touschek, G. De Franceschi, M. Greco, A. Tenore, P. Di Vecchia, F. Drago (LNF), E. Etim, A. Vergane lakis (ospiti), A. Grillo, G. Ferrara (borsisti).

Sono state studiate le possibilità di rivelare sperimentalmente, in particolare con l'anello di accumulazione Adone, eventuali deviazioni dalla normale elettrodinami ca quantistica, facendo ricorso a vari modelli.

E' stato portato a termine lo studio dell'effetto Compton virtuale su protone e del suo contributo alla bremsstrahlung elettrone-protone. Per quest'ultimo processo è in corso il calcolo delle correzioni radiative.

E' in fase di studio la elettroproduzione di mesoni k.

Nel campo delle interazioni si è lavorato nella teoria dei poli di Regge ed in connessione con il modello di scattering proposto da Veneziano. Per quanto riguarda la teoria dei poli di Regge si è mostrata la completa equivalenza tra il metodo analitico e quello gruppistico. Nell'ambito del modello di Veneziano si è cercato il legame tra l'ampiezza di scattering recentemente proposta e la teoria di Toller, mostrando che essa consiste di un infinito di poli di Toller. Inoltre è stato tentato un approccio basato sul metodo N/D per la unitarizzazione dell'ampiezza di Veneziano, che dà risultati piuuttosto incoraggianti.

E' stato studiato un modello per i fattori di forma del nucleone nello spirito del la "narrow width approximation", in ottimo accordo con i dati sperimentali. Successi vamente il metodo di unitarizzazione sopra menzionato è stato applicato con buoni risultati al fattore di forma del pione.

Nell'ambito dell'interazione protone-protone è stata suggerita una generalizza zione ai termini di Pomeranchuck dell'ampiezza di Veneziano. Tale modello ad alte e-

nergie è in ottimo accordo con i dati sperimentali e nella regione degli alti momenti trasferiti conduce a risultati coincidenti con l'approccio termodinamico precedentemente elaborato.

E' inoltre in fase di studio il perfezionamento del modello per quanto riguarda le proprietà di analiticità nel piano s , e la sua applicazione allo scattering protone - anti-protone. E' questo un argomento in cui recentemente sono stati fatti progressi assai interessanti (lavori di Glinn e Jaffe) per teorie in 1 o 2 di dimensioni spaziali. Si sta esaminando la possibilità di trattare in modo analogo le teorie evidentemente più realistiche, in tre dimensioni spaziali.

Si è studiato il modello multiperiferico usando metodi gruppistici. Le proprietà di analiticità della soluzione sono state ricavate usando i risultati della teoria spettrale di operatori in spazi di Hilbert e dell'analisi armonica di funzioni definite sul gruppo di Lorentz. Le difficoltà connesse con la rotazione alla Wick sono state superate usando un metodo di sottrazione delle singolarità dei propagatori.

Si investiga il modello multiperiferico reggeizzato nella forma suggerita da Chew - Goldberger a Low tenendo conto delle singolarità cinematiche del residuo del polo di input richieste dall'analiticità. Si studiano le conseguenze che possono avere queste singolarità in una equazione di Bootstrap per parametri della traiettoria e la costante di accoppiamento. Si sta studiando la connessione che può avere l'andamento asintotico spacelike di un fattore di forma, con una struttura a "torre" delle particelle.

6. - ATTIVITA' DEL GRUPPO CALCOLI NUMERICI -

Componenti del gruppo: A. Turrin, M. A. Spano, R. M. Buonanni, M. A. Locci, G. Verri, P. Picchi.

L'assistenza ai gruppi di ricerca e di servizio interni ed ad alcuni gruppi dello INFN e del CNR ha determinato attività di ricerca del gruppo Calcoli Numerici su svariati argomenti.

Sono stati affrontati problemi di Fisica delle particelle elementari, (elettrodinamica ed interazioni forti); di fisica del nucleo, nonché problemi connessi con i raggi cosmici.

L'ottica delle particelle è rappresentata nei lavori per il calcolo delle dimensioni del fascio in Adone - inoltre in una analisi delle traiettorie in un acceleratore di anelli di elettroni (smokotron).

La simulazione di eventi mediante il Metodo di Monte-Carlo ha trovato applicazione al progetto del magnete ADONE; a problemi di schermature; alla progettazione di varie configurazioni di rivelatori per le esperienze; allo studio della rivelazione di segnali sepolti da rumore, al calcolo della risposta in luce dello NaI(Tl) agli ioni pesanti sulla base della teoria delle R. B. E. per enzimi secchi e virus. E' stato messo a punto ed applicato un metodo di MonteCarlo autottimizzantesi.

Si sono iniziati studi di metodi per la ricostruzione di eventi in camere a scintilla.

E' stata compiuta una indagine tecnica e di mercato nel campo dei Calcolatori elettronici per il potenziamento dei mezzi di calcolo dei Laboratori. E' prevista per la seconda metà del 1970 l'installazione nei Laboratori di un calcolatore di media mole, che verrà collegato tramite ponte radio con il Centro di Calcolo del CNEN a Bolo-

gna.

7. - ATTIVITA' DI RICERCA TECNOLOGICA. -

7.1. - Gruppo Elettronico. -

Componenti del gruppo: M. Coli, C. Prezzi, C. Dardini, M. Spinetti; tecnici e operai n. 22.

E' ormai necessario per gli sperimentatori disporre di una strumentazione elettronica tale da permettere l'inserimento di un calcolatore sull'apparato sperimentale.

Le funzioni di un calcolatore "in linea" sono duplici: acquisizione dati e controllo completo dell'apparato di misura.

L'attività del gruppo Elettronico si è sviluppata in questa direzione, e si è giunti alla realizzazione o alla definizione di dispositivi complessi che permettono un adattamento tra rivelatore di eventi e calcolatore.

a) Per l'esperimento $\pi^0 \rightarrow 3\gamma$ è stato realizzato lo SPAD, Sistema Programmato Acquisizione Dati. Tale dispositivo effettua la digitalizzazione simultanea di 512 tracce di camera a scintilla magnetostriptive, le memorizza, e le invia in successione al calcolatore. Il dispositivo è dotato di grande flessibilità nel senso che può essere programmato per accettare da due a otto tracce per piano di coordinate, e inviarle su canali di memoria diversi.

Una parte del sistema è stata già consegnata al gruppo utilizzatore, e sono in corso prove su una camera a scintilla. Il rimanente è in corso di costruzione e collaudo. Un sistema analogo è in costruzione per il Gruppo Leale.

b) Per l'esperimento Magnete Adone si sta realizzando un progetto di elettronica decisionale organizzata a matrici di coincidenze, controllate e programmate da calcolatore. Il sistema prevede un insieme di qualche centinaio di "Gates" che realizzano tutte le funzioni logiche possibili del dispositivo sperimentale: la scelta del tipo di eventi da rivelare viene fatta solamente tramite programmazione su calcolatore.

E' in fase di realizzazione un prototipo di distribuzione di alta tensione per fototubi, controllato e regolato automaticamente da calcolatore.

c) Su richiesta del Gruppo Leale si è provveduto a realizzare un dispositivo che trasforma un analizzatore 100 canali tipo Laben in un complesso di 100 scale indipendenti. Il livello del "canale" sullo schermo dell'analizzatore indica il contenuto di ogni scala.

Tale dispositivo, sotto la sigla MS 100, è in corso di collaudo.

d) Continua la produzione della catena rapida Standard LNF su modelli nim; la realizzazione avviene con il supporto di ditte esterne, e il Gruppo Elettronico provvede ai collaudi.

Si sono realizzati prototipi di moduli rapidi mediante l'impiego di circuiti integrati veloci. Tali moduli sono di tipo AND-OR, discriminatori con formazione su circuito integrato, etc.

Il calcolatore tipo PDP8 che è installato presso il Gruppo Elettronico è stato connesso in linea con l'esperimento $\gamma + D \rightarrow \pi^0 + n$; ed effettua acquisizione e prima elaborazione dei dati, mediante spettri multidimensionali che permettono un con-

trollo continuo sull'andamento dell'esperienza.

La Sezione Riparazione Strumenti ha eseguito la manutenzione di tutte le apparecchiature in dotazione alle Sale Conteggio Sincrotrone e Adone e provvede alla strumentazione dei Gruppi Sperimentali con interventi di riparazione e taratura.

7.2. - Gruppo Criogenico. -

Componenti del gruppo: G. Baldacchini, I. Modena, V. Montelatici, A. Savoia, F. Scaramuzzi, A.E. Solinas; tecnici e operai n. 16.

7.2.1. - Attività di Servizio. -

a) Bersagli per esperienze con l'elettrosincrotrone. -

E' stata realizzata una modifica del bersaglio HD3 che consiste nella presenza contemporanea di due celle riempite rispettivamente di H_2 e D_2 liquidi, poste l'una sopra l'altra. Spostando l'intero bersaglio verticalmente si espongono al fascio del sincrotrone alternativamente le due celle (esp: elettrodisintegrazione del deuterio in coincidenza).

E' stato realizzato un bersaglio di idrogeno gassoso a 150 atm da usare all'interno di una camera a bolle a freon; le finestre di ingresso e di uscita sono di mylar spesse 40μ (vedi nota interna LNF-68/70).

E' stato collaudato e messo in opera un bersaglio di H_2 liquido a schermi multipli ($S\pi 4$) per l'esperienza $\pi^0 \rightarrow 3\gamma$, che presenta complessi problemi di geometria.

E' iniziata la progettazione di un bersaglio di H_2 liquido raffreddato da olio liquido, da usare presso il sincrociclotrone del CERN (esp. Guidoni, Marini ecc.).

b) Camera a bolle.

La camera a bolle cilindrica da $\emptyset 32 \times 15 \text{ cm}^3$ è stata usata con D_2 liquido; pertanto sono state realizzate le attrezzature di recupero e di sicurezza per il deuterio; sono stati effettuati due esperimenti; inoltre la camera è stata usata in collaborazione con il CERN per alcune prove con una miscela $H_2 - Ne$ (idrogeno liquido usato: 6000 litri).

c) Purificazione di gas per camere a scintilla. -

Visto l'incremento nell'uso di camere a scintilla, e la preferenza della maggior parte degli sperimentatori per miscele di elio-neon (enogal, neogal), si è affrontato il problema di realizzare circuiti chiusi di circolazione e purificazione per detti gas. Dopo una indagine di mercato per scegliere componenti idonei per costo e affidabilità, è stato realizzato un primo prototipo di circuito che serve 6 linee in parallelo. L'adozione di detti circuiti dovrebbe portare due vantaggi: economia nell'uso di gas costosi e maggiore semplicità operativa delle camere a scintilla.

d) Produzione e approvvigionamento di gas liquefatti:

- elio liquefatto	9.200 litri
- idrogeno liquefatto	2.700 litri
- azoto e aria liquida	24.000 litri
- azoto liquido acquistato	173.000 litri.

7.2.2. - Attività di ricerca. -

a) Fisica dell'elio superfluido. -

Sono continuate le misure riguardanti la idrodinamica dell'elio superfluido, usando la tecnica degli ioni di elio come traccianti. In particolare sono state estese a temperature più basse (0.5°K) le misure di soglia di turbolenza in canali; queste misure hanno richiesto la costruzione di uno speciale criostato ad He^3 , capace di sopportare grosse entrate di calore ($\sim 1 \text{ mWa}$ 0.5°K): questa ricerca è stata oggetto di una tesi di laurea.

Una ricerca di strumentazione in questo campo è consistita nella realizzazione di una intensa sorgente di elettroni in elio liquido: la sorgente è stata realizzata iniettando elettroni di energia intorno ai 20 KeV nel liquido attraverso una finestra di mica di 5μ di spessore; questo strumento è stato realizzato in collaborazione con il gruppo tecnologie ed è stato argomento di una tesi di laurea. Sono infine continuate le prove per la costruzione di cuscinetti e motori superconduttori, da utilizzare in futuri esperimenti sull'elio superfluido rotante.

b) Fisica delle proprietà di trasporto in liquidi semplici. -

Sono state effettuate misure di mobilità ioniche in CO_2 al punto critico nell'ambito del programma di indagine del comportamento dei coefficienti di trasporto nella regione critica dei fluidi semplici.

I risultati preliminari sono stati presentati all'International Conference on Statistical Mechanics (Tokio 1968).

E' stato progettato un apparecchio per la misura delle mobilità al punto critico di smiscelamento della miscela $\text{CH}_4 - \text{CF}_4$ per determinare l'influenza della compressibilità del mezzo sulle mobilità ioniche in punti singolari della compressibilità stessa, quali i punti critici liquido-gas.

c) Polarizzazione dinamica dei nuclei. -

Sono state eseguite misure di polarizzazione e di tempo di rilassamento sui protoni dell'acqua di cristallizzazione di sali diamagnetici drogati a campi magnetici di 6000 e 9000 Gauss .

Le misure sono state eseguite alla temperatura dell'elio liquido. A 9000 Gauss si sono ottenute polarizzazioni del 30% circa. Uno studio approfondito è stato riservato ai tempi di rilassamento per verificare la validità di alcuni modelli teorici.

Sono stati iniziati inoltre lavori di ampliamento del laboratorio per poter affrontare contemporaneamente più problemi inerenti sempre alla polarizzazione nucleare, quali il mescolamento a campo zero e il pompaggio, a due frequenze.

d) Criostato a diluizione. -

E' iniziata la progettazione e il collaudo di componenti di un criostato a diluizione $\text{He}^3 - \text{He}^4$ che dovrebbe permettere di raggiungere temperature $< 1.0^{\circ}\text{K}$.

7.2.3. - Attività di consulenza e collaborazione con altri laboratori. - Accanto alla normale attività di routine di consulenza sono stati affrontati due progetti specifici:

- realizzazione di un criostato per temperature attorno a quella di ebollizione dell' N_2 per misure con effetti Mössbauer (Istituto di Chimica dell'Università di Roma) realizzato nella primavera del 1969).
- criostato per ricerche spaziali (radiazione infrarossa) su missile e su satellite a temperature attorno a quella di ebollizione dell'elio liquido (Cattedra di Fisica dello spazio e Gruppo Italiano di Fisica Cosmica-Firenze). E' stato realizzato un prototipo da

laboratorio. E' stata inoltre sviluppata una collaborazione con l'Istituto di Fisica della Facoltà di Scienze di Roma su temi di ricerca fondamentale.

7.3. - Gruppo Magneti Esperienze. -

Componenti del gruppo: G. Sacerdoti, G. Sanna, M. Sacchetti, G. Pasotti, G. Paternò, M. Ricci, M. Spadoni (CNR); operai e tecnici n. 15.

7.3.1. - Attività di servizio. - Nel corso dell'anno è proseguito il progetto del magnete esperienze Adone; in particolare il progetto del ferro è stato completato e quello delle bobine è in corso.

Il magnete superconduttore della Casaccia è in fase di avanzata costruzione. Sono state misurate le caratteristiche dei singoli spezzoni di filo superconduttore ed è quasi terminata la costruzione delle quattro bobine che compongono il magnete. Ciascuna delle quattro bobine è stata riavvolta più volte cambiando di volta in volta l' "inter-living di stabilizzazione" ed ogni volta misurando le caratteristiche elettromagnetiche delle bobine stesse.

Sono stati collaudati, perfezionati e progettati un certo numero di piccoli magneti.

7.3.2. - Attività di ricerca. - I risultati delle misure di capacità delle giunzioni superconduttrici sono stati pubblicati e sono proseguite con le apparecchiature, appositamente approntate, le misure (con la tecnica dell'effetto tunnel) degli effetti delle supercorrenti sull'energy-gap dei superconduttori.

a) Effetto de Haas-Van Alphen -

E' stata portata a termine la progettazione e la realizzazione del nuovo apparato sperimentale che permette di lavorare a frequenza di modulazione di alcune centinaia di Hz. In questo modo sarà possibile, eliminando il problema delle correnti parassite dovute alla debole magnetoresistenza, estendere la sperimentazione anche ai metalli e loro leghe.

Sono state già eseguite misure con il nuovo apparato su un campione di Bismuto, da noi preparato, per valutarne sensibilità ed altre caratteristiche tramite confronto con i risultati ottenuti con la precedente strumentazione.

E' anche in avanzata fase di studio, la possibilità di preparare metalli e loro leghe, con purezza o drogaggio controllati, da usare come campioni nella sperimentazione.

b) Effetto Faraday. -

Una parte delle misure di tempi di rilassamento effettuata su monocristalli di trisolfato di neodimio, è stata pubblicata sul N. C.

In particolare è stato messo in luce un effetto non ancora chiaro, in cui il tempo di rilassamento si riduce moltissimo quando la magnetizzazione del provino ritorna a zero nell'istante in cui il campo magnetico esterno raggiunge valori tra qualche centinaio e qualche migliaio di Gauss.

Poichè questo effetto sembra presente anche in vetri drogati con neodimio che sono di più facile preparazione dei cristalli, abbiamo in programma di proseguire l'indagine su questi vetri.

E' in fase di preparazione l'utilizzazione di un PDP8 on line per la registrazione dei dati; nonchè una induttanza di blocco per la polarizzazione del campo magnetico nella bobina di eccitazione.

Nel quadro del contratto CNR-CNEN si è iniziata una sperimentazione per mettere in relazione l'influenza dei parametri che caratterizzano la preparazione di sezioni superconduttori di neodimio - stagno per diffusione sotto vuoto, con le caratteristiche elettromagnetiche dei provini stessi (corrente critica in funzione del campo magnetico). Abbiamo già dei risultati preliminari che devono essere completati da altre misure.

7.4. - Gruppo Tecnologie. -

Componenti del gruppo: R. Habel, E. Iarocci, L. Satta, G. Marangoni; tecnici e operai: n. 9.

7.4.1. - Attività di servizio. - Nel corso del 1968 il gruppo ha collaborato con il gruppo macchina per l'assistenza tecnica per i problemi del vuoto e per la sostituzione dell'iniettore del Sincrotrone.

7.4.2. - Attività di ricerca. -

a) Tecnica dei rivelatori. -

Sono stati realizzati alcuni prototipi di camere a fili proporzionali di piccole dimensioni (10 - 35 fili, passo 3 mm, gap 8 mm) allo scopo di studiarne le caratteristiche, e metterne a punto le tecniche di impiego, in vista di una utilizzazione in esperimenti al Sincrotrone (spettrometro a coppie) e ad Adone (trigger di camere a scintilla con ricostruzione della sorgente per il processo di annichilazione e^+e^- in più di 2 corpi nello stato finale).

Dopo uno studio preliminare in cui si sono esaminate le caratteristiche dei segnali ottenuti con raggi X di 5.9 KeV da Fe^{55} (ampiezza, forma, distribuzione d'ampiezza al variare della miscela gassosa e del campo elettrico), si è passati alla rivelazione di particelle ionizzanti al minimo (elettroni da Sr^{90}).

Il sistema impiegato è costituito da due camere di trigger che, poste in coincidenza, selezionano le particelle ionizzanti al minimo collimandole su un filo di una terza camera inserita tra esse.

Sono stati osservati gli spettri d'ampiezza, al variare della distanza del filo di lettura dal piano di collimazione. Sono in corso misure per studiare le caratteristiche di rivelazione nel caso di tracce inclinate. E' in costruzione una camera di area sensibile $80 \times 80 \text{ cm}^2$. Dettagli su queste ricerche si possono trovare nella tesi di B. Fabbri (Università di Roma) e G. Zanella (Università di Padova), ed in un articolo tecnico in corso di pubblicazione.

b) Intensificatori di immagini. -

Nella realizzazione di prototipi di tubi a integrazione di carica al fine di ottenere migliori prestazioni per ciò che riguarda il potere risolutivo è stata iniziata la messa a punto di procedimenti elaborati per ottenere films di 1000 Å di spessore di allumina sostanzialmente privi di difetti microscopici che limitavano la risoluzione del bersaglio del prototipo precedente. Si sono inoltre iniziate prove di evaporazioni lente su detti films di ioduro di cesio a pressione dell'ordine di 10^{-7} torr in pompa ionica.

Una prima fase di indagine sistematica sulla proprietà di anisotropia micronica dei films di mica è stata realizzata negli ultimi mesi per appurare la possibilità di realizzare finestre di Lenard orientate capaci di sopportare maggiori pressioni a parità di spessore.

Di questo lavoro è stata pubblicata una nota riferentesi a misure di carichi di rottura lungo gli assi ottici lenti e veloci di $\sim 4\mu$ di spessore.

7.5. - Gruppo Fisica Sanitaria. -

Componenti del gruppo: M. Pelliccioni, M. Roccella, F. Lucci (borsista), M. Ladu (consulente); tecnici n° 4.

7.5.1. - Attività di Servizio. - Nel periodo 1.7.68/30.6.69, il Gruppo di Fisica Sanitaria ha provveduto ad assicurare con continuità la sorveglianza fisica dalle radiazioni nei L.N.F., in ottemperanza a quanto prescritto nel D.P.R. n° 185.

Contemporaneamente il Gruppo ha affrontato i nuovi problemi di radioprotezione nati in relazione allo sviluppo delle attività del Centro.

Più in particolare ha progettato, in collaborazione con i ricercatori del Gruppo Calcoli Numerici, le nuove schermature per il Sincrotrone, in previsione dell'aumentata intensità della macchina, stabilendo tra l'altro la necessità di costruire un tetto di cemento dello spessore di 50 cm sopra al magnete.

Sono stati poi studiati sperimentalmente i nuovi pozzi di spegnimento e sono state eseguite le misure per controllare l'efficienza delle nuove schermature. I risultati saranno presentati al prossimo congresso dell'AIFSPR che si terrà a Cagliari.

E' inoltre cominciato lo studio dei livelli di radiazione in sala Adone (tuttora in corso) ed è stato avviato a soluzione il problema della misura dei gas radioattivi nel tunnel del Linac.

Per quanto riguarda il Leale, oltre all'assistenza data per le misure dei fondi, il Gruppo ha cominciato ad occuparsi della misura dei radionuclidi nell'acqua dei pozzi di spegnimento.

7.5.2. - Attività di Ricerca. - A causa dei molteplici impegni di servizio e della ben nota mancanza di personale, l'attività di ricerca del Gruppo ha subito, nel periodo in questione, un certo rallentamento.

E' stato comunque possibile portare a termine uno studio per realizzare con gli scintillatori organici un rivelatore per la misura della dose equivalente di protoni in un campo misto di gamma e neutroni. I risultati saranno inviati al 2° congresso dell'IRPA a Brighton.

E' stato infine studiato, per alcuni materiali utilizzabili per schermature, lo sviluppo dello sciame indotto da un fascio di bremsstrahlung da 1 GeV e la dose dovuta ai neutroni prodotti.

ELENCO PUBBLICAZIONI (LNF)

- 68/40 - M. Greco: "p-p and e-p elastic scattering at large momentum transfers".
- 68/41 - P. Balsamo, F. Lucari, N. Sacchetti e G. Sanna: "Studio preliminare della superficie di Fermi del bismuto mediante effetto De Haas-Van Alphen".
- 68/42 - C. Bernardini: "High energy experiments of QED".
- 68/43 - G.K. O'Neill: "The study of K^0 meson decays by colliding beams".
- 68/44 - C. Castagnoli, E. Etim and P. Picchi: "Interpretation of cosmic ray data by SU_3 triplet".
- 68/45 - M. Greco: "Large angle p-p elastic scattering". *Phys. Letters* 27 B, 23y (1968).
- 68/46 - C. Bernardini, P. Felicetti, R. Querzoli, V. Silvestrini, G. Vignola, L. Meneghetti-Vitale, S. Vitale and G. Penso: "Wide angle electron proton bremsstrahlung".
- 68/47 - G.P. Murtas: "Cylindrical spark chamber with light reflecting electrodes". *Nuclear Instr. and Meth.* 62, 298 (1968).
- 68/48 - A. Malecki and P. Picchi: "Dynamical nucleon-nucleon correlations in the Li^6 , C^{72} , and O^{16} nuclei from elastic electron scattering".
- 68/49 - F. Nicolò and G.C. Rossi: "A sum rule for the pion electromagnetic form factor". *Nuovo Cimento* 56 A, 207 (1968).
- 68/50 - R. Cantelli, I. Modena and F.P. Ricci: "Mobility of positive and negative charges in 3He at the critical point". *Phys. Rev.* 171, 236 (1968).
- 68/51 - P. Di Vecchia and F. Drago: "Mass formula for $M=0$ and $M=1$ Toller families". *Phys. Letters* 27 B, 387 (1968).
- 68/52 - L. Fiore, G. Gialanella, V. Rossi, S. De Schryver, A. Piazza, B. Stella, G. Susinno, S. Focardi and G.C. Mantovani: "Double pion photoproduction on protons below 1 GeV. An investigation of the isobar excitation mechanism". *Nuovo Cimento* 56 A, 1099 (1968).
- 68/53 - P. Di Vecchia, F. Drago and M.L. Paciello: "Minimal solutions to the conspiracy problem and classification of Regge-pole families". *Nuovo Cimento* 56 A, 1185 (1968).
- 68/54 - R. Baldini-Celio, B. Ballico-Lay e M.A. Mencuccini-Spano: "Un metodo di Montecarlo auto-ottimizzato a più stadi applicato al calcolo di un'efficienza di rivelazione".
- 68/55 - M. Pelliccioni, P. Picchi e G. Verri: "Problemi di schermature connessi con lo innalzamento d'intensità dell'elettrosincrotrone di Frascati.
- 68/56 - P. Di Vecchia, F. Drago, C. Ferro Fontan and R. Odorico: "The pion conspirator: A further evidence for its existence and a discussion on its implications in meson spectroscopy". *Phys. Letters* 27 B, 521 (1968).
- 68/57 - R. Visentin: "A gated linear chain". *Nuclear Instr. and Meth.* 64, 21 (1968).
- 68/58 - M. Greco: "p-p and e-p elastic scattering at large momentum transfer". *Phys. Letters* 27 B, 578 (1968).
- 68/59 - M. Greco, A. Tenore and A. Verganelakis: "Virtual proton Compton effect on the wide angle bremsstrahlung and polarization phenomena". *Phys. Letters* 27 B, 317 (1968).
- 68/60 - E. Etim and P. Picchi: "Field-current identity and vacuum polarization effects of hadrons".
- 68/61 - M. A. Locci and P. Picchi: "Simple but new calculations on single and double charge-exchange of pions by light nuclei". *Nuovo Cimento* 57 A, 803 (1968).
- 68/62 - G. Baldacchini and V. Montelatici: "Preliminary study of dynamic polarization in LaMN". *Ricerca Scientifica* 38, 418 (1968).

- 68/63 - P. Costa and A. F. Grillo: "Low's particle: a review of experimental and theoretical data and a proposal for an $e^+ e^- \rightarrow \gamma \gamma$ Adone experiment".
- 68/64 - A. Malecki and P. Picchi: "Elastic electron scattering from He^4 ". Phys. Rev. Letters 21, 1395 (1968).
- 68/65 - A. Malecki and P. Picchi: "Quasi-elastic electron scattering on light nuclei". Nuovo Cimento 58A, 145 (1968).
- 68/66 - B.M. Belli, V. Di Napoli, F. Laitano, D. Margadonna, P. Picchi and F. Salvetti: "Double π^- photoproduction on medium weight nuclei".
- 68/67 - B. Touschek: "Covariant statistical mechanics". Nuovo Cimento 58B, 295 (1968).
- 68/68 - F. Bordoni, T. Letardi and M. Placidi: "Beam emittance measurements on the Frascati 10 MeV microtron". Nuclear Instr. and Meth. 65, 72 (1968).
- 68/69 - G. Barbiellini, G. Capon, G. De Zorzi and G.P. Murtas: "Proton Compton effect by polarized photons at 90° in the C.M. system in the first resonance region". Phys. Rev. 174, 1665 (1968).
- 68/70 - S. De Schryver, I. Modena, A. Piazza, F. Scaramuzzi, G. Susinno, L. Fiore, E. Lodi-Rizzini and G.C. Mantovani, "Technical report on the apparatus for an experiment of two π^0 photoproduction in hydrogen with a heavy liquid bubble chamber. Part I: the hydrogen target".
- 68/71 - F. Pandarese e M. Spinetti: "Un sistema di analisi multidimensionale".
- 68/72 - A. Catitti e G. Pasotti: "Relazione sul progetto del magnete per esperienze con Adone di tipo solenoide trasversale e longitudinale".
- 68/73 - G. Goggi, G.C. Mantovani, A. Piazza, A. Piazzoli and D. Scannicchio: "Fotodisintegrazione e fotoproduzione in He con camera a diffusione".
- 68/74 - M. Cassandro and M. Greco: "Large angle p-p scattering, cerulus-martin bound and the veneziano model".
- 68/75 - E. Etim and P. Picchi: "Field current identity and vacuum polarization effects of hadrons". Phys. Letters 28 B, 273 (1968).
- 68/76 - L. Paoluzi and R. Visentin: "High resolution time of flight measurement with large area counters". Nuclear Instr. and Meth. 65, 345 (1968).
- 68/77 - M. Greco, A. Tenore and A. Verganelakis: "Virtual-proton Compton effect and the electron (muon) - proton bremsstrahlung as a test of quantum electrodynamics". Nuovo Cimento 58, 743 (1968).
- 68/78 - M. Bernardini: "Il sistema di vuoto di Adone". Vuoto 1, 88 (1968).
- 68/79 - G. Goggi, G.C. Mantovani, A. Piazza, A. Piazzoli, R. Rinzi, and D. Scannicchio: "Single and double pion photoproduction on 3He ". Nuovo Cimento 58 A, 901 (1968).
- 68/80 - "Attività dei LNF dal 1 Luglio 1967 al 30 Giugno 1968". Notiziario n. 19.
- 69/1 - A. Grillo: "Some remarks on Q.E.Q. breacking".
- 69/2 - W. Ash, D. Grossman, G. Matthiae, G.P. Murtas, M. Nigro, G.K. O'Neill, G. Sacerdoti, R. Santangelo, E. Schiavuta and D. Scannicchio: "A magnetic analyzer to be used for Adone colliding beam experiments".
- 69/3 - G. Barbiellini, G. Bologna, G. Capon, J. De Wire, G. De Zorzi, G. Diambri, F.L. Fabbri, G.P. Murtas and G. Sette: "Photoproduction of π^0 by polarized gamma rays".
- 69/4 - L. Bacci, R. Baldini-Celio, V.N. Eponeshnikov, C. Mencuccini, A. Reale, G. Salvini, M. Spinetti and A. Zallo: "Total eta-nucleon cross section by photoproduction of eta mesons in complex nuclei".
- 69/5 - G. Matone: "Diffusione del sistema ($\mu^- p$) in idrogeno gassoso".
- 69/6 - W. Ash, G. Goggi, D. Grossman, G.P. Murtas, N. Nigro, G.K. O'Neill, M. Placidi, R. Santangelo, D. Scannicchio and E. Schiavuta: "Proposal for a study of boson production at Adone using magnetic analysis".
- 69/7 - E. Etim and P. Picchi: "Remarks on a possible direct production of muons".
- 69/8 - U. Bizzarri e T. Letardi: "I canali di trasporto del fascio estratto dall'elettrosincrotrone di Frascati".
- 69/9 - C. Bacci, R. Baldini-Celio, C. Mencuccini, A. Reale, M. Spinetti and A. Zallo: "Photoproduction of the eta meson on deuteron".
- 69/10 - A. Malecki and P. Picchi: "Dynamical nucleon-nucleon correlations the 6Li , ^{12}C , and ^{16}O nuclei from elastic electron scattering". Nuovo Cimento 1, 81 (1969).

- 69/11 - R. Del Fabbro, G. Matone and M. Roccella: "Neutron spectrum from the 4.43 MeV level of the C^{12} in A Po-Be source".
- 69/12 - F. Amman: "Electron positron storage rings: status and present limitations".
- 69/13 - M.A. Locci, M.A. Mencuccini-Spano, M. Nigro e R. Santangelo: "Programma di tipo Montecarlo per la simulazione di eventi prodotti in un dispositivo con analisi magnetica".
- 69/14 - C. Bernardini, F. Felicetti, R. Querzoli, V. Silvestrini, G. Vignola, L. Meneghetti, S. Vitale and G. Penso: "Wide-angle electron-proton bremsstrahlung". Nuovo Cimento 1, 15 (1969).
- 69/15 - M. Cassandro and M. Greco: "Large-angle p-p scattering, Cerulus-Martin bound and the Veneziano model". Nuovo Cimento 1, 181 (1969).
- 69/16 - M. Grilli, P. Spillantini e R. Visentin: "Misure di efficienza di camere a scintilla in funzione della ionizzazione specifica delle particelle".
- 69/17 - P. Di Vecchia, F. Drago and S. Ferrara: "Lorentz expansion for the Veneziano amplitude".
- 69/18 - R. Wilson: "The rho gamma coupling and the optical model".
- 69/19 - A. Malecki and P. Picchi: "Nuclear recoil correction and start range nucleon-nucleon correlations in elastic electron scattering from light nuclei".
- 69/20 - C. Prezzi and F. Soso: "An integrated fast unit for $n = 4$ binary variables". Nuclear Instr. and Meth. 68, 45 (1969).
- 69/21 - C. Castagnoli, E. Etim and P. Picchi: "An interpretation of cosmic-ray data by SU_3 triplet particles". Nuovo Cimento 1, 197 (1969).
- 69/22 - C. Bacci, R. Baldini-Celio, C. Mencuccini, A. Reale, M. Spinetti and A. Zallo: "Photoproduction of the eta meson of deuterium". Phys. Letters 28 B, 687 (1969).
- 69/23 - P. Di Vecchia and F. Drago: "Minimal solution to the conspiracy problem and classification of Regge pole families, II".
- 69/24 - C. Bacci, G. Salvini, R. Baldini-Celio, V.N. Eponeshnikov, C. Mencuccini, A. Reale, M. Spinetti and A. Zallo: "Total eta-nucleon cross section by photoproduction of eta-meson in complex nuclei". Nuovo Cimento 1, 391 (1969).
- 69/25 - P. Di Vecchia and F. Drago: "A model with linearly rising Regge trajectories for the isovector nucleon form factor".
- 69/26 - P. Di Vecchia, F. Drago and S. Ferrara: "Lorentz expansion for the Veneziano amplitude". Phys. Letters 29 B, 114 (1969).
- 69/27 - F. Lucci, M. Pelliccioni and M. Roccella: "Measurements on 1 GeV electromagnetic cascade and cascade-produced neutrons in shielding materials".
- 69/28 - V. Montelatici: "Statistical approach to the spin refrigerator".
- 69/29 - S. Lupini e C. Prezzi: "P.D.R. - Programmatore per digital recorder".
- 69/30 - M. Greco: "Pomeranchon exchange and p-p elastic scattering".
- 69/31 - F. Amman, R. Andreani, M. Bassetti, M. Bernardini, A. Cattoni, V. Chimenti, G.F. Corazza, D. Fabiani, E. Ferlenghi, A. Massarotti, C. Pellegrini, M. Placidi, M. Puglisi, F. Soso, S. Tazzari, F. Tazzioli and G. Vignola: "Two beam operation of the 1.5 GeV electron positron storage ring Adone".
- 69/32 - E. Etim and P. Picchi: "Remarks on a possible direct production of muons", Nuovo Cimento 1, 453 (1969).
- 69/33 - E. Etim and P. Picchi: "Field current identity and hadronic contribution to the muon g-factor".
- 69/34 - G. Pasotti e N. Sacchetti: "Tecnologia dei materiali superconduttori per elevati campi magnetici". Alta Frequenza 9 (1969).
- 69/35 - G. Baldacchini and V. Montelatici: "Proton spin-lattice relaxation in lanthanum magnesium nitrate doped with neodymium". Nuovo Cimento 1, 649 (1969).
- 69/36 - R. Visentin: "A short dead time gated - integrator". Nuclear Instr. and Meth. 69, 357 (1969).
- 69/37 - M. Coli and A. Zallo: "Tentative electronics with integrated circuit elements for nuclear physics experiments". Nuclear Instr. and Meth. 70, 115 (1969).
- 69/38 - P. Di Vecchia and F. Drago: "Regge-pole families and Toller poles: $t \neq 0$ ". Nuovo Cimento 61 A, 421 (1969).

- 69/39 - F. Amman et al.: "Two beam operation of the 1.5 GeV electron storage ring Adone". *Nuovo Cimento* 1, 729 (1969).
- 69/40 - U. Bizzarri, G. Branca, T. Letardi, M. Maccioni, F. Morselli and A. Vignati: "The Frascati microtron as synchrotron injector". *Nuovo Cimento* 1, 820 (1969).
- 69/41 - A. Malecki and P. Picchi: "Elastic electron scattering from ${}^6\text{Li}$ ". *Nuovo Cimento* 1, 823 (1969).
- 69/42 - C. Castagnoli, P. Picchi and G. Verri: "On the parallel penetrating particles underground as E.A.S. muonic component". *Nuovo Cimento* 61/B, 290 (1969).
- 69/43 - A. Malecki: "Electron scattering from light nuclei".
- 69/44 - P. Di Vecchia and F. Drago: "Regge pole families and Toller poles: $t = 0$ ". *Phys. Rev.* 178, 2329 (1969).
- 69/45 - C. Pellegrini: "On a new instability in electron-positron storage rings (the head-tail effect)".
- 69/46 - P. Di Vecchia and F. Drago: "A model with linearly rising Regge trajectories for the isovector nucleon form factor". *Nuovo Cimento* 1, 917 (1969).
- 69/47 - R. Wilson: "The rho-gamma coupling and the optical model". *Nuovo Cimento* 1, 952 (1969).
- 69/48 - G. Sacerdoti: "A technique for the measurement of the Faraday effect in pulsed magnetic fields at low temperatures". In *Physics of Solid in intense magnetic fields* (Plenum Press, 1969) Chap. 12.
- 69/49 - R. Baldini-Celio, B. Ballico-Lay and M. A. Spano-Mencuccini: "A multistage self improving Montecarlo Method". *Nuclear Instr. and Meth.* 72, 317 (1969).
- 69/50 - M. Greco: "Pomeranchon exchange and p-p elastic scattering". *Phys. Letters* 29 B, 505 (1969).
- 69/51 - R. Habel, G. Marangoni: "A Lenard-Window image tube for astronomical use". *J. Sci. Instr.* 2, 751 (1969).

SUMMARY. -

The main research activity of the Frascati Laboratories, can be summarized as follows :

- 1) Operation and improvement of the electronsynchrotron;
- 2) Adone operation and preliminary measurements: study of the machine instabilities;
- 3) Leale project: realization of nuclear facilities for the Linac, pions laboratory, mono chromatic γ rays laboratory;
- 4) High energy researches done at the electronsynchrotron and at Adone;
- 5) Theoretical group activities;
- 6) Computing group activities;
- 7) Technical and instrumental research activities : in the field of electronics, cryogenic and magnets technology, particle detectors and dosymetry.