

1976

## LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

### INTRODUZIONE

L'anno 1976 ha visto la chiusura dell'elettrosincrotrone da 1.1 GeV dei Laboratori Nazionali di Frascati dopo circa un quindicennio di straordinaria attività e una massa di risultati scientifici ormai divenuti classici.

Nello stesso anno si è consolidato l'orientamento dei Laboratori verso la problematica che ha fatto seguito alla scoperta della  $J/\psi$ . Sono così divenute sistematiche, durante il corso di quest'anno, le ricerche, presso Adone, sui decadimenti radiativi della  $J/\psi$  e sulla possibile esistenza di nuove risonanze strette.

Nel contempo tutte le Sezioni dell'INFN e i Laboratori Nazionali di Frascati si sono impegnati nella problematica relativa a PETRA, anche facendo seguito a un Convegno, tenutosi a Frascati nel marzo 1976, sulla fisica  $e^+e^-$  ad alte energie.

Nello stesso anno si sono chiaramente definiti i programmi sperimentali di Fisica Nucleare (linea 2) dei Laboratori e il loro inserimento definitivo nella Fisica del neutrino al CERN.

A. - ATTIVITA' DELLE MACCHINE

L'ELETTROSINCROTRONE. -

La macchina ha funzionato regolarmente fino al 22 dicembre 1976 quando, alle ore 17.00 con l'elettrosincrotrone funzionante a 1000 MeV sul fascio gamma/2, sono stati fermati gli impianti per l'ultima volta.

Nella Tabella I è riportato il funzionamento della macchina dal 1959 al 1976, con le ore di macchina utilizzate dalle esperienze e le ore perse per guasti suddivise sui vari impianti. La ridotta utilizzazione della macchina negli ultimi due anni è dovuta al ridotto impiego del personale addetto alla gestione, diminuito di circa 1/3 rispetto agli anni precedenti.

Complessivamente la macchina ha fornito circa 80.000 ore di funzionamento utile per le esperienze: un record per una macchina acceleratrice di grandi dimensioni!

TABELLA I

QUADRO RIASSUNTIVO FUNZIONAMENTO ELETTROSINCROTRONE DI FRASCATI

Anno	Ore di macchina			Ore perse per guasti suddivise sui vari impianti					
	programmate per le esperienze	perse per guasti	%	Magnete e alimentaz.	Vuoto	Iniettore	Radio-frequenza	Varie	Totale
1959	2384	308	13	18	32	160	26	72	308
1960	6684	712	11	24	161	253	126	148	712
1961	6368	550	9	50	130	150	40	180	550
1962	7067	904	13	68	137	135	61	503	904
1963	6888	1065	16	546	53	235	27	204	1065
1964	6507	488	7	9	124	94	45	216	488
1965	5826	2000	35	20	120	170	400	1290	2000
1966	5918	536	9	60	33	255	51	137	536
1967	6653	612	9	81	25	280	33	193	612
1968	4744	188	4	6	26	90	10	56	188
1969	3989	518	13	24	152	170	41	131	518
1970	5683	1183	21	40	820	69	27	227	1183
1971	4903	813	16	322	155	181	14	141	813
1972	6405	1180	18	450	495	68	50	117	1180
1973	5654	1172	20	166	527	21	176	282	1172
1974	macchina ferma per sostituzione impianti da vuoto								
1975	3859	361	9	42	140	19	82	78	361
1976	2964	396	13	38	152	110	20	76	396
Totale	92496	12986	13	1964	3282	2460	1229	4051	12986

ADONE E LINAC. -

L'assegnazione di ore (nel periodo dal 1 settembre 1975 al 31 luglio 1976) ai vari utenti è riassunta nella Tabella II.

TABELLA II

	Esp. Adone	Leale	Sviluppo	Manutenzione	Totale
Turni	310	89	12	32	440
Frazione del tempo totale assegnato	.70	.20	.03	.07	1
Ore	3724	1064	144	384	5280

Su 408 turni assegnati per esperimenti e sviluppo, ne sono stati perduti per guasti alle macchine circa 57, pari al 14%.

Le ore effettive di fascio circolante (o, per Leale, di fascio in sala) sono date in funzione del tempo in Fig. 1 a, b, c. I totali sono:

2 fasci	Leale	1 fascio	Totale generale (ore)
1607	688	182	2477

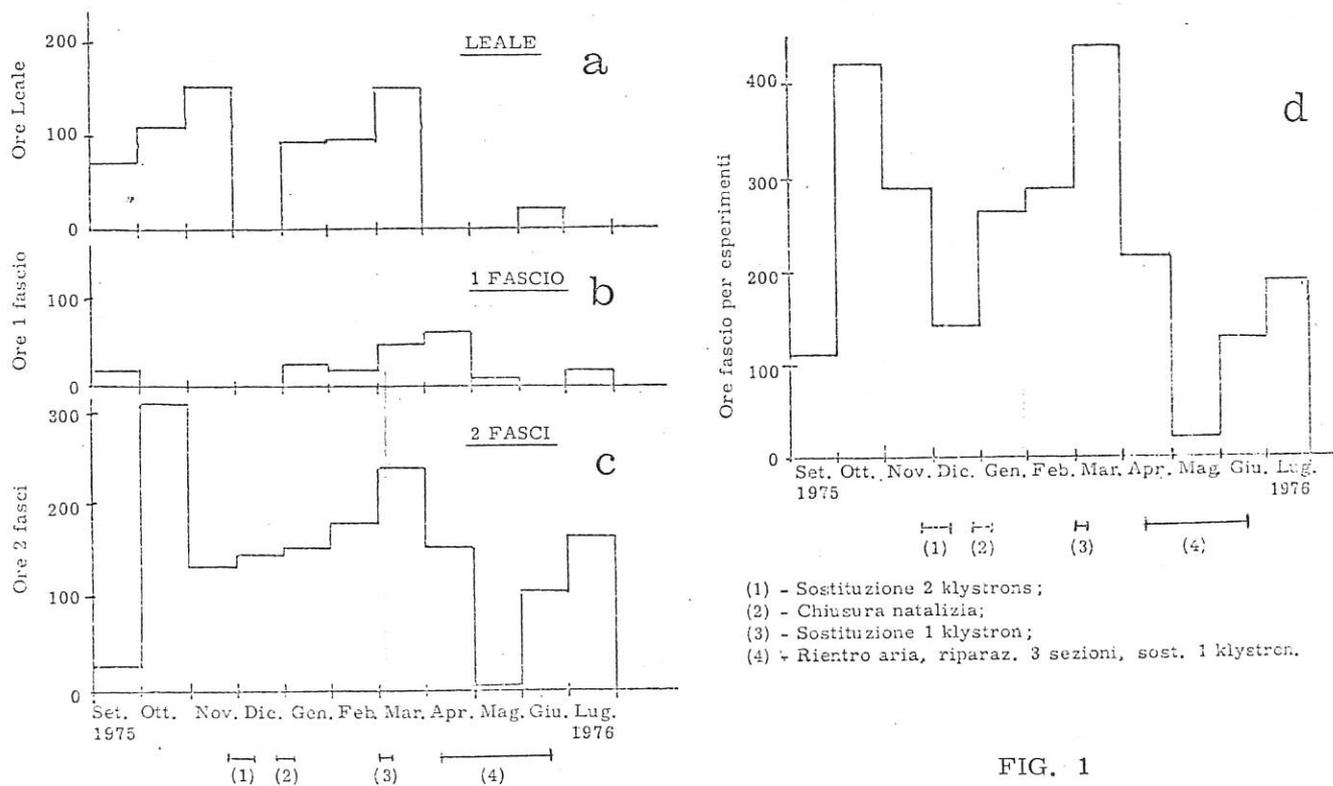


FIG. 1

Il rendimento effettivo, che include

- sala aperta per lavoro sugli esperimenti,
- tempi di iniezione e allineamento fasci,
- tempo perso per guasti,

è stato quindi:

$$f = \frac{2477}{3724 + 1064} = .57 .$$

In Fig. 1d è mostrato l'andamento nel tempo delle ore di fascio rese disponibili agli esperimenti (Adone + Leale).

La luminosità integrata (corretta) totale è stata di  $500.5 \text{ nb}^{-1}$ , distribuita in energia come mostrato in Fig. 2.

Più della metà di tale luminosità è stata raccolta in "spazzolate" con passo 1 MeV nel c.m.

#### Commenti:

La lunga fermata fra la metà di aprile e la metà di giugno del 1976 va distinta in due parti: un guasto sul sistema da vuoto del Linac, unito ad un difetto di tenuta di una valvola pneumatica causava un consistente rientro d'aria in Adone ( $\sim 1$  torr).

Riparato l'inconveniente nel giro di quattro giorni, si procedeva ad un periodo di "conditioning" di Adone con fasci circolanti, per circa una settimana.

Poichè il vuoto non era ancora sufficientemente buono per gli sperimentali, si decideva di dar corso ad un programma di manutenzione, da lungo tempo rinviato, e consistente in:

- smontaggio, riparazione, rimontaggio di 3 delle 8 sezioni A.E. del Linac,
- sostituzione di 1 klystron,
- ispezione della flangia interna del convertitore per cercare di risolvere il problema delle risalte di vuoto (a 200 Hz).

Tale programma, compreso il conditioning del KLY e delle sezioni, programmato su 3-4 settimane ha richiesto invece 5 settimane. A seguito di questa operazione

A seguito di questa operazione non si sono più avuti inconvenienti sul vuoto del Linac.

Le richieste dei gruppi sperimentali, impegnati nel lavoro alla  $J/\psi$  o in "spazzolate", sono state assai più stringenti per la macchina. In particolare i fasci erano considerati inutilizzabili (o quasi) se tutte e quattro le cavità RF non erano perfettamente funzionanti.

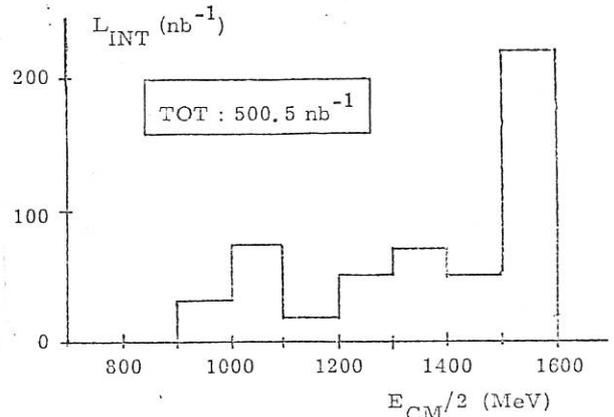


FIG. 2

## B. - ATTIVITA' DEI GRUPPI SPERIMENTALI.

GRUPPO I<sup>0</sup>: Fisica delle particelle con tecniche elettroniche.

### I. 1. - Esperimenti in corso ad Adone.

#### I. 1. 1. - Esperimento BB.

Componenti del gruppo: G. Barbiellini e G. Nicoletti in collaborazione con Napoli, Pisa e Sanità.

L'esperimento ha proseguito lo studio dei decadimenti radiativi della risonanza  $J/\psi$ . Il processo  $J/\psi \rightarrow \eta' \gamma$  è stato ricercato misurando, mediante due matrici lineari di contatori di C integrali, l'energia dei  $\gamma$  monocromatici prodotti; in associazione al  $\gamma$  monocromatico è stato richiesto il decadimento del mesone  $\eta'$  in adroni. La misura ha permesso la determinazione di un limite per la larghezza di riga:  $\Gamma_{\psi \rightarrow \eta' \gamma} < 0.50 \text{ keV}$  (90% C.L.) (v. LNF-76/32).

E' stata esplorata la regione di energia compresa fra 2.5 e 3.1 GeV alla ricerca di eventuali altre risonanze di larghezza inferiore alla risoluzione di energia della macchina. Il risultato della misura permette di escludere l'esistenza di tali risonanze se di sezione d'urto integrata superiore ad 1/10 di quella della risonanza  $J/\psi$  (90% C.L.) (v. LNF-76/62).

#### I. 1. 2. - Esperimento $\gamma\gamma 2$ .

Componenti del gruppo: R. Baldini-Celio, G. Capon, R. Del Fabbro, G. De Zorzi, M. Grilli, E. Iarocci, G. La Rosa, C. Mencuccini, G. P. Murtas, M. Spinetti e V. Valente in collaborazione con Romà.

Nell'anno 1976 l'attività di ricerca del gruppo è stata dedicata ai seguenti argomenti:

- a) Ulteriore elaborazione dei dati raccolti nell'autunno 1975 sui decadimenti radiativi della  $J/\psi$ . In particolare è stato stabilito (v. LNF-76/60) il limite superiore di 220 ev (90% C.L.) per il decadimento  $J/\psi \rightarrow \eta' \gamma$ .
- b) Ricerca di eventuali nuove risonanze strette nell'intervallo di energia 2520-2990 MeV. Sono stati ottenuti (v. LNF-76/61) limiti superiori sulle sezioni d'urto di produzione di tali risonanze dell'ordine del 6%.
- b') Elaborazione di tutti i dati raccolti fra 1900 e 3100 MeV per ottenere la sezione d'urto totale del processo  $e^+e^- \rightarrow mh$  il rapporto R, la molteplicità carica  $\langle n_{ch} \rangle$  e la molteplicità  $\langle n_0 \rangle$ . I risultati ottenuti sono stati presentati al Congresso di Trieste (Luglio, 1976).
- c) Elaborazione dei primi risultati delle misure ottenute mediante i contatori di "tagging": tali contatori, posti all'interno dei magneti curvanti di Adone, permettono di rivelare gli elettroni emessi intorno a zero gradi. Sono state così misurate le sezioni d'urto di Bremsstrahlung, ottenendo una verifica di validità dell'elettrodinamica quantistica. Inoltre è stata iniziata l'analisi degli eventi del tipo  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + X$  per lo studio delle interazioni fotone-fotone.

#### I. 1. 3. - Esperimento MEA.

Componenti del gruppo: B. Esposito, F. Felicetti, A. Marini, F. Ronga, B. Secchi-Zorn e G. T. Zorn in collaborazione con Roma, Padova e Napoli.

Nel corso del 1976 l'attività del gruppo è stata dedicata allo studio dei seguenti temi:

- a) Studio della distribuzione angolare delle coppie  $\mu^+\mu^-$  prodotte nella reazione  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$  all'energia della  $J/\psi$ , completando l'analisi dei dati raccolti nel corso del 1975. Per l'asimmetria angolare mediata sull'area della  $J/\psi$  si è ottenuto il valore  $A = -0.03 \pm 0.05$  e l'asimmetria in funzione dell'energia è risultata essere compatibile con l'ipotesi di un'asimmetria zero costante con  $\chi^2/(\text{gradi di libertà}) = 5.4/9$ . I risultati sono stati pubblicati su Lettere al Nuovo Cimento (vol. 17, pag. 307) e sono stati presentati alla "XVIII Intern. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, 1976".

- b) Ricerca di risonanze strette del tipo  $J/\psi$  nell'intervallo di massa 2.5-3.0 GeV/c<sup>2</sup>. Non si è trovata evidenza per tali risonanze, ponendo al 90% di livello di confidenza, un limite superiore sulla sezione d'urto integrata pari a circa il 10% della sezione d'urto integrata della  $J/\psi$ . Anche questi risultati sono stati presentati alla Conferenza di Tbilisi e sono stati pubblicati su Phys. Letters (v. LNF-76/39).
- c) Studio degli spettri di massa invariante di due particelle negli stati finali multiadronici prodotti. In tale studio, poichè le particelle non vengono identificate, si fa l'ipotesi che siano  $\pi$  e l'ipotesi che siano K. Un'analisi preliminare di eventi raccolti nell'intervallo di energia 2.07-2.20 GeV mostra nello spettro di massa  $K\pi$  un innalzamento alla massa del  $K^*(892)$  per gli eventi relativi all'intervallo di energia 2.10-2.15 GeV, mentre tale effetto non è osservato nell'intervallo 2.07-2.10 GeV e 2.15-2.20 GeV. Questo indica una possibile produzione risonante di  $K^*(892)$  all'energia C. M.  $W \approx 2.13$  GeV (v. LNF-76/64).

## I. 2. - Esperimento con raggi cosmici.

### Gruppo FRAS-TO.

Nel 1976 il gruppo ha costruito un nuovo apparato visualizzante per la rivelazione di muoni di bassa energia prodotti mediante muoproduzione sottoterra da muoni cosmici nella zona d'energia del TeV.

L'apparato è un sandwich di camere a flash tubes e contatori a scintillazione liquidi e solidi.

Vengono rivelati i muoni che decadono a fine range entro tre contatori e scintillatore liquido di 750 litri.

I risultati presentano, come i precedenti ottenuti con diversi apparati, una produzione di "muons stopping" più abbondante di quella che ci si aspetta dalla teoria convenzionale.

## I. 3. - Esperimenti presso macchine esterne.

### I. 3. 1. - Gruppo Frascati-ISR.

Componenti del gruppo: G. Bellettini, P. Spillantini e F. Zetti in collaborazione con Napoli e Pisa.

Nel 1976 la componente LNF della collaborazione non è stata finanziata. Quindi la Sezione di Napoli si è accollata la costruzione di due dei tre telescopi di camere a drift previsti nel progetto, mentre per il terzo telescopio, da allocare in posizione di geometria molto difficile, si è deciso affidare ai LNF lo studio di uno schema di camera a drift molto leggera e di minimo ingombro, e rinviare al 1977 la costruzione di tutto il telescopio.

Presso i Laboratori Nazionali di Frascati sono stati costruiti due prototipi di camera a drift (300 g per 88 x 32 cm<sup>2</sup> di area utile con 93 x 36 cm<sup>2</sup> di area totale), in cui il normale schema meccanico basato su vari telai separabili (che comporta perdita di spazio utile per l'allocatione degli "O-ring" di tenuta del gas e per le viti di bloccaggio) è sostituito con un unico telaio rigido, dove i fili sensibili sono saldati su aghi metallici, mentre i fili di sagomatura del campo di drift sono saldati su circuiti stampati flessibili incollati sul telaio stesso. I due prototipi hanno funzionato regolarmente nelle prove di laboratorio.

### 1. 3. 2. - Gruppo DESY 2.

Componenti del gruppo: S. Bartalucci, S. Bertolucci, C. Bradaschia, M. Fiori, D. Fong, P. Giromini, S. Guiducci, T. Mc Corrison, C. Rippich, M. Rohde, A. Sermoneta e L. Trasatti (DESY-LNF collaboration).

La prima fase di presa dati, che ha coperto il range fra 1 e 2 GeV, ha rivelato l'esistenza di una nuova particella  $J^{PC} 1^{--}$  a 1100 MeV, di larghezza  $5 \leq \Gamma \leq 30$  MeV, con un significato statistico di 7 s. d.

L'esperimento fornisce anche forte evidenza per l'esistenza di 2 nuovi stati vettoriali a 1400 e 1750 MeV con larghezze  $\sim 100$  MeV.

La presa dati continua dal settembre 1976 allo scopo di migliorare l'evidenza statistica dei nuovi stati trovati e per estendere la ricerca di nuovi mesoni vettoriali fino a 2.5 GeV.

### 1. 3. 3. - Gruppo ND.

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

La proposta d'esperimento sullo studio delle correnti neutre adroniche e leptoniche presentata all'SPS Committee alla fine del 1975 è stata da questo approvata definitivamente nel luglio 1976 per la sola parte relativa alla corrente neutra adronica. La collaborazione proponente è formata da: CERN, Hamburg, Amsterdam, Roma e Mosca. La composizione della partecipazione italiana, sotto il nome di Roma, è stata successivamente definita e l'esperimento è stato presentato ed approvato dai competenti organi dell'INFN nel settembre-ottobre 1976. Le sezioni implicate sono: Roma, Sanità e Frascati.

Il programma sperimentale, previsto estendersi nell'arco di tre anni, comprende inizialmente:

- a) misure di sezione d'urto nell'interazione di corrente neutra di  $\nu_\mu$  e  $\bar{\nu}_\mu$ ;
- b) misure della polarizzazione del  $\mu$  prodotto da interazioni di corrente carica di  $\bar{\nu}_\mu$ .

Nella seconda metà del 1976 è stato costruito ed impiantato su un fascio di prova del PS un modello ridotto del dispositivo sperimentale (un calorimetro a granulazione fine); lo scopo è di studiare il suo comportamento con particelle al minimo con sciami adronici ed elettromagnetici e di provare le soluzioni tecnico-costruttive previste per il dispositivo finale.

### 1. 3. 4. - Gruppo Frascati-Saclay.

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

Le misure vengono fatte utilizzando i fasci di ioni leggeri del protosincrotrone Saturne dei Laboratori di Saclay. L'apparato sperimentale è uno spettrometro magnetico a doppia focalizzazione, in cui i prodotti di reazione vengono identificati da misure combinate di perdita di energia e di tempo di volo. Nel corso del 1976 è stato effettuato uno studio sistematico delle reazioni indotte da fasci di  $^4\text{He}$  su protoni.

Per quanto riguarda la diffusione elastica  $ap$ , l'uso di  $\alpha$  incidenti e la loro successiva rivelazione dopo lo scattering hanno permesso di estendere le misure della distribuzione angolare fino a  $180^\circ$  nel centro di massa. I risultati più notevoli di questi esperimenti sono stati:

- a) Un evidente scostamento della sezione d'urto dalle predizioni di teoria alla Glauber nella regione del secondo minimo di diffrazione, attribuibile a effetti di propagazione non iconale (Fig. 3).
- b) Un ben pronunciato picco all'indietro, che si manifesta già ad un impulso incidente di 4 GeV/c, e la cui pendenza cresce al crescere dell'energia. Tale picco è spiegabile, almeno qualitativamente, con lo scambio di un tribarione nel canale u (Fig. 4).

È stata poi studiata la reazione inclusiva  $ap \rightarrow \alpha X$ , che permette di selezionare uno stato puro di spin isotopico  $T = 1/2$ . Queste misure hanno messo in evidenza una struttura centrata intorno a  $1130 \text{ MeV}/c^2$  e larga  $20 \text{ MeV}/c^2$ , indipendente dall'energia e dall'angolo, la cui sezione d'urto ha comportamento analogo a quello della diffusione elastica (Fig. 5). Una possibile interpretazione di questa struttura può essere data dalla produzione diffrattiva di un pione secondo un modello alla Deck.

Nel campo delle reazioni anelastiche sono state studiate le distribuzioni angolari per la  $ap \rightarrow ^3\text{He}d$  e per la produzione inclusiva  $ap \rightarrow ^3\text{He}X$ . La prima reazione, misurata a 4 GeV/c, si inquadra in un piano sistematico di studio delle reazioni di trasferimento di un nucleone, in corso a Saclay, il cui scopo è l'osservazione della presenza di  $N^*$  nei nuclei. La seconda reazione,

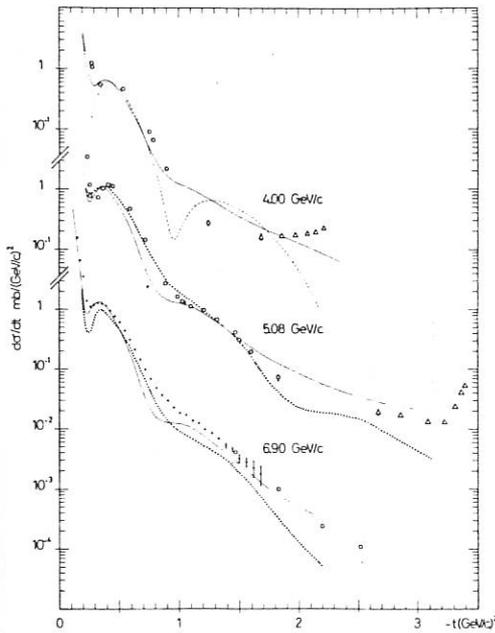


FIG. 3

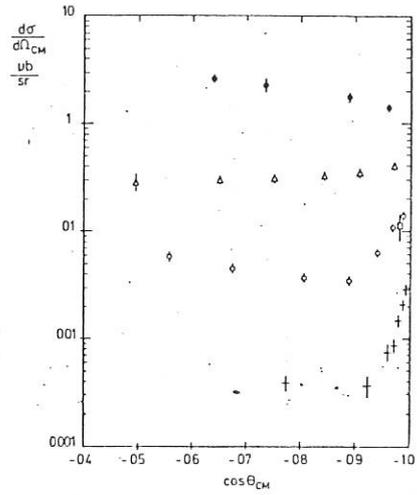


FIG. 4

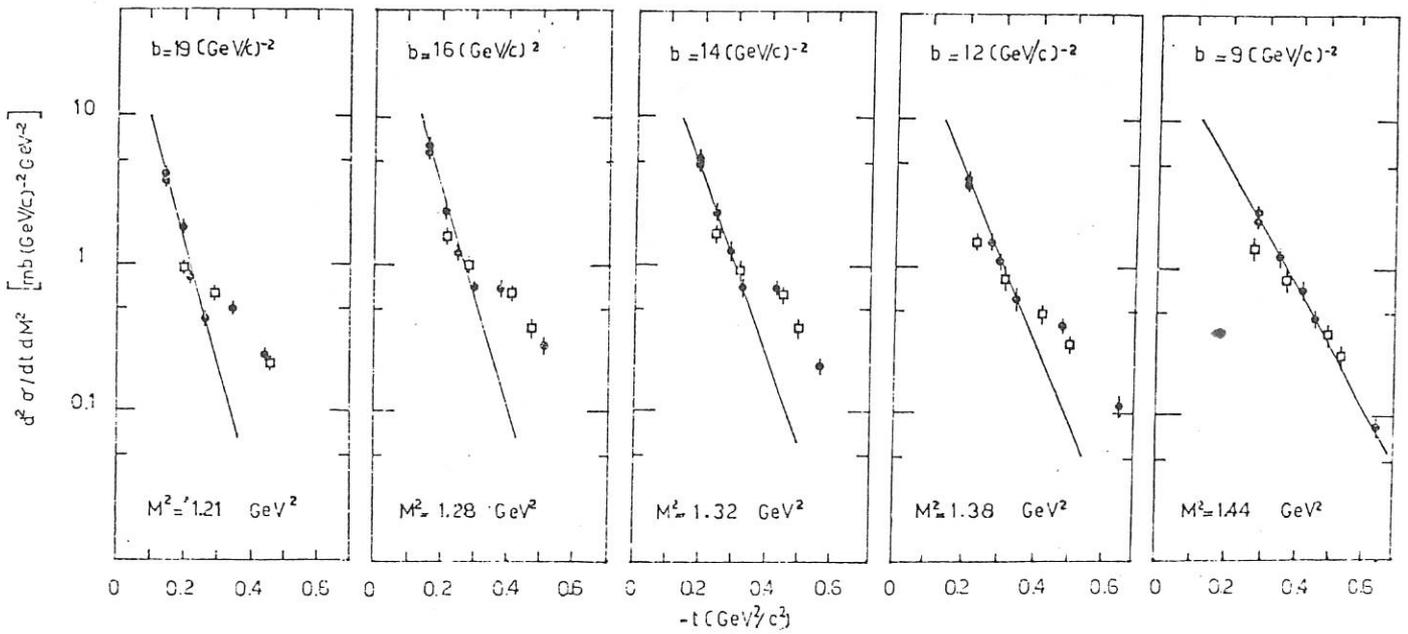


FIG. 5

misurata all'energia di circa 1 GeV per nucleone, ha mostrato che la densità di presenza di  $^3\text{He}$  in  $^4\text{He}$  non è trascurabile. In altra la sezione di urto totale è di notevole interesse astrofisico. Per mezzo di essa è possibile spiegare l'anomala percentuale di  $^3\text{He}$  nei raggi cosmici e risalire alla quantità di idrogeno interstellare da essi attraversata nella galassia.

Infine, nel corso dell'anno, è stata dimostrata la fattibilità della misura della sezione d'urto differenziale per l'urto elastico  $\alpha\alpha$ . I dati raccolti a 4 GeV/c sono in corso di analisi. Lo studio della reazione verrà completato a più alta energia nel 1977, prima della chiusura del protosincrotrone Saturne, programmata per l'estate del 1977.

GRUPPO II<sup>o</sup> - Fisica delle particelle con tecniche visualizzanti.

Gruppo camera a bolle.

Componenti del gruppo: P. Allen, G. Susinno e L. Votano.

Durante il corso dell'anno è stata assemblata e collaudata tutta l'elettronica analogica e digitale per il controllo del PEPR.

E' stato inoltre realizzato il collegamento on line con il PDP 11/45 e si sono sviluppati tutti i programmi di test e controllo.

Parallelamente si è lavorato alla realizzazione del software partendo dalle routines utilizzate dal PEPR di Oxford.

Il trasporto del film, le cui parti meccaniche sono state commissionate all'officina dell'Istituto di Fisica dell'Università di Roma, è stato assemblato e provato nelle sue funzioni principali.

Nel corso dell'anno è stata terminata l'analisi degli eventi di fotoproduzione doppia di pioni su neutroni i cui risultati sono stati pubblicati su Nuovo Cimento (vol. 36A, pag. 219).

E' proseguita inoltre l'analisi dell'esperimento 3PI ed i risultati preliminari sono stati presentati al Congresso di Stoccolma.

GRUPPO III<sup>o</sup> - Fisica dei nuclei.

III. 1. - Esperienze con l'acceleratore lineare (Laboratorio Leale).

III. 1. 1. - Fascio pioni.

a) Misura della sezione d'urto di diffusione elastica ed anelastica a 180° di mesoni  $\pi^{\pm}$  da  $^{12}\text{C}$ .

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

L'esperimento si propone una misura della sezione d'urto elastica ed anelastica a grandi angoli ( $> 150^{\circ}$ ) di  $\pi^{\pm}$  su  $^{12}\text{C}$  (ed in seguito su altri nuclei) utilizzando come rivelatore una camera a streamer a elio posta in campo magnetico. Il comando per l'impulso di alta tensione della streamer viene dato con un telescopio di contatori a scintillatore plastico. Non esistono misure per angoli superiori a  $150^{\circ}$  e, in particolare, per energie inferiori a circa 100 MeV, le previsioni dei modelli teorici, a grandi angoli, differiscono fino ad un ordine di grandezza.

Nel corso dell'esperimento, sono state apportate modifiche all'apparato sperimentale, in modo da ottenere le migliori condizioni di risoluzione energetica e di banda angolare accettata. Si è così sostituita la camera a streamer con una di dimensioni maggiori (520 mm contro i precedenti 380 mm) e si sono adottati contatori curvi che permettono di accettare una banda angolare che va da circa  $140^{\circ}$  a  $180^{\circ}$ . I dati raccolti, elaborati e già pubblicati sono relativi alla banda energetica 50-90 MeV e concernono la sezione d'urto differenziale sia per lo scattering elastico, sia per lo scattering da livelli del  $^{12}\text{C}$ , sia per l'eccitazione con pioni della risonanza gigante del  $^{12}\text{C}$ , sia, infine, per lo scattering quasi elastico da nucleoni nella zona di grandi energie di eccitazione ( $> 50$  MeV). Nel corso dell'anno si è passati ad investigare la zona delle energie più basse, con un valore di energia nominale del fascio di pioni positivi di 30 MeV, corrispondente ad una banda accettata dallo spettrometro che si estende da circa 23 MeV a circa 35 MeV. La raccolta di dati a queste energie è terminata a giugno, tutti i films sono già stati analizzati ed è in fase di completamento l'elaborazione completa dei dati. I risultati preliminari a 29 MeV, a statistica parziale, danno, per il punto a  $150^{\circ}$ , il valore di circa 5 mb/sr in completo accordo con il recente risultato (4.8 mb/sr) ottenuto al TRIUMPH da Dollard et al. (Phys. Letters, Agosto 1976).

Contemporaneamente, sono stati analizzati ed elaborati tutti gli eventi di diffusione a  $180^\circ$  di  $\pi^+$  dai nuclei di elio della stessa camera a streamer, nell'intervallo energetico 20-90 MeV, ottenendo i corrispondenti valori delle sezioni d'urto differenziali.

In collaborazione con il Laboratorio Ricerche Nucleari del JINR di Dubna, questi dati a grande angolo ( $\pi^+$ ,  $^4\text{He}$ ) sono stati confrontati con i risultati della collaborazione Torino-Dubna relativi allo scattering su elio, con particolare attenzione allo studio dell'andamento con l'energia della sezione d'urto differenziale a  $180^\circ$ . I risultati sperimentali relativi a questo andamento sono stati confrontati con le previsioni dei modelli teorici che meglio riproducevano le distribuzioni angolari delle sezioni d'urto differenziali ( $\pi$ ,  $^4\text{He}$ ). Analogo studio è stato portato a termine per i dati a  $180^\circ$  su  $^{12}\text{C}$ , utilizzando il recente potenziale ottico di Mach, che riproduce in maniera soddisfacente i risultati a grande angolo di Frascati intorno a 80 MeV.

Nel corso dell'anno è stato anche completato il lavoro svolto precedentemente con la camera a diffusione relativo allo scattering a 150 MeV di  $\pi^+$  su  $^4\text{He}$ . È stata portata a termine l'analisi di tutti i dati disponibili, con particolare riguardo agli eventi di assorbimento e anelastici, con il calcolo delle relative sezioni d'urto differenziali e totali. L'andamento delle distribuzioni angolari ha permesso di trarre informazioni qualitative sui possibili meccanismi di interazione. Tutti i risultati sono stati oggetto di pubblicazioni. Di particolare interesse si è rivelato lo studio delle tre reazioni  $\pi^+ + ^4\text{He} \rightarrow \pi^+ + n + ^3\text{He}$ ;  $\pi^+ + ^4\text{He} \rightarrow \pi^+ + p + t$ ;  $\pi^+ + ^4\text{He} \rightarrow \pi^0 + p + ^3\text{He}$ , in quanto il valore del rapporto ( $\sigma^-/\sigma^+$ ) delle relative sezioni d'urto totali, e il suo andamento con l'energia, forniscono delle informazioni nuove nella problematica delle reazioni di knockout indotte da pioni (il cosiddetto " $(\pi, \pi N)$  puzzle") in quanto si tratta, a differenza dei precedenti esperimenti con tecniche di attivazione, di risultati di un esperimento con stato finale interamente definito. Questo studio, fatto in collaborazione con il JINR di Dubna, è ancora in corso: si sta sviluppando un modello teorico in cui, in particolare, si tiene conto esplicitamente, nella funzione d'onda dello stato finale del sistema, del termine di Pauli, corrispondente a considerare, accanto al diagramma a un solo nucleone, il diagramma con tre nucleoni.

Infine, accanto all'attività di raccolta, elaborazione ed analisi di dati, secondo le linee programmatiche sopra descritte, è stata dedicata particolare attenzione ai programmi di calcolo per l'analisi automatica dei fotogrammi della camera a streamer, da effettuarsi presso il Centro Nazionale Analisi Fotogrammi di Bologna. Questa attività non ha proceduto sinora secondo le linee programmate e i risultati sono a tutt'oggi scarsi e insoddisfacenti. Le ragioni del fallimento stanno innanzitutto nella difficoltà incontrata nell'instaurare un reale rapporto di collaborazione con il CNAF, sia per la presenza di altre attività già in corso in posizione comunque prioritaria, o resa tale, sia, anche, per la limitata flessibilità dei metodi di analisi automatica messi a disposizione. L'atteggiamento che il Gruppo intende tenere nell'immediato futuro è quello di un riesame critico di tutta la situazione, per essere in grado di prendere in tempi brevi una decisione definitiva sulla prosecuzione, in sede CNAF, di questa iniziativa di analisi automatica ritenuta, in ogni caso, di rilevante importanza e da portare a termine.

b) Studio della diffusione di mesoni  $\pi^\pm$  su D  $^3\text{He}$   $^4\text{He}$  con una camera a streamer in campo magnetico.

Collaborazione LNF-Torino-JINR (Dubna).

Si tratta della proposta di un vasto programma di esperimenti da eseguirsi con pioni positivi e negativi su nuclei leggeri (deutone, trizio, elio 3 e 4) utilizzando il fascio di pioni, di energia fino a 400 MeV, del JINR di Dubna. L'apparato sperimentale consiste in una camera-bersaglio a streamer in campo magnetico che presenta i seguenti vantaggi: è un bersaglio che visualizza il vertice dell'evento, permettendo inoltre una misura con buona precisione nella misura di angoli, impulsi e percorsi, particolarmente nel caso di particelle di bassa energia. Inoltre, questo strumento risulta essere un ottimo concorrente delle camere a bolle a idrogeno per le misure di sezioni d'urto piccole, dato che può lavorare su fasci intensi ed è comandabile con elevata frequenza. Intorno alla camera a streamer sono disposti contatori a scintillazione, per registrare particelle veloci e avere buone caratteristiche temporali per ridurre il fondo, e camere proporzionali, usate come rivelatori di particelle cariche per la registrazione del raggio di curvatura delle tracce.

Il programma sperimentale è un complemento ed un'estensione sia dell'attività in corso a Frascati con il fascio di pioni del LEALE, sia della precedente collaborazione Torino-Dubna con attività sperimentale con il fascio di pioni del JINR. Verranno studiate sezioni d'urto totali e differenziali, elastiche ed anelastiche, in particolare allo scopo di stabilire l'ampiezza della interazione pione-nucleo e per ottenere informazioni sulle funzioni d'onda dello stato fondamentale dei nuclei leggeri. Tra i processi anelastici, in primo luogo, ci si propone di studiare le reazioni con doppio scambio di carica che si presentano come un processo fondamentale per lo studio della struttura del nucleo, permettendo un vasto insieme di ricerche significative, quali:

- possibilità di esistenza di un sistema stabile o quasi stabile di tipo  $3n (\pi^- + {}^3\text{He} \rightarrow \pi^+ + 3n)$  e  $4n (\pi^- + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^+ + 4n)$  ;
- eccitazione di stati analoghi isobarici del nucleo ;
- correlazione tra i nucleoni del nucleo e rappresentazione dettagliata della funzione d'onda dello stato finale del nucleo ;
- distribuzione superficiale di nucleoni nei nuclei.

Nel corso dell'anno sono state definite, a Dubna e a Frascati, le linee del programma scientifico e le caratteristiche dell'apparato sperimentale. A Torino è iniziata la costruzione di prototipi di camere proporzionali e dell'apparato per la misura della loro efficienza. Inoltre, è stato messo a punto un programma di calcolo Motecarlo per ricavare l'efficienza totale dell'apparato sperimentale. E' in fase di preparazione l'apparecchiatura per mettere a punto il trigger di una camera a streamer con camere proporzionali ad essa vicine.

#### c) Misura dello scattering elastico ed anelastico di pioni su Carbonio.

Componenti del gruppo: R. Barbini, C. Guaraldo, C. Schaerf e R. Scrimaglio.

L'esperienza si propone lo studio della diffusione elastica ed anelastica di  $\pi^\pm$  su nuclei a bassa e media energia (30-100 MeV), nella regione angolare fino a circa  $90^\circ$ .

L'apparato sperimentale consiste in uno spettrometro magnetico a perdita di energia, integrato nelle sue funzioni di definizione in energia del fascio primario e di analisi dei pioni diffusi.

L'attenzione è stata rivolta, in un primo tempo, all'ottenimento di buone condizioni segnale-rumore ed allo studio accurato del sistema magnetico. Dopo aver dimostrato che il sistema magnetico funzionava a  $0^\circ$  secondo i dati di progetto e le previsioni teoriche sulle aberrazioni e sullo scattering multiplo (potere risolutivo intorno all'1% a 80 MeV), si è passati successivamente a raccogliere ed analizzare dati di scattering su  ${}^{12}\text{C}$  con un apparato di rivelazione costituito da un odoscopio di contatori e 3 camere a magnetostriazione in linea sul calcolatore PDP 15 del Laboratorio LEALE, in modo da ricostruire completamente le traiettorie dei pioni in uscita. L'interfaccia con calcolatore avveniva, in un primo tempo, attraverso un sistema di acquisizione dati realizzato nei Laboratori di Frascati (SPAD).

Lo SPAD, forse anche perchè il primo costruito nei Laboratori, non ha mai funzionato in modo soddisfacente e non ha mai permesso una raccolta di dati significativi. Solo recentemente lo sforzo fatto dal gruppo per l'introduzione e la messa a punto di un sistema CAMAC ha consentito un'acquisizione dei dati. Sono stati messi a punto nuovi metodi di analisi dei dati (in collaborazione con il Dr. Nikita Nikiforof dell'ITEP di Mosca, ospite del gruppo nel 1975) e sono stati analizzati tutti i dati di  $\pi^+$  e  $\pi^-$  a 80 MeV e a 40 MeV, a vari angoli, raccolti nel corso del 1974 e del 1975. I risultati dell'analisi hanno mostrato la possibilità di migliorare la risoluzione ed evidenziare i contributi anelastici.

Parallelamente al problema della raccolta e analisi dei dati, si è cercato di migliorare il sistema per il lavoro con pioni di energia molto bassa (30-40 MeV) ritenuto di particolare interesse. A tale scopo è stata progettata, in collaborazione con il Servizio Officina, una camera di scattering rotante sotto vuoto per le basse energie. Ancora in relazione con le esperienze a bassa energia, ma soprattutto perchè più idonea per il lavoro in ambienti con elevati fondi neutri, è stato avviato un programma di realizzazione di camere proporzionali, da sostituire alle camere a magnetostriazione nell'apparato di rivelazione dei pioni diffusi. Questo programma è stato avviato con la collaborazione del Gruppo Elettronica dei LNF, sia per gli aspetti di costruzione meccanica,

sia per la progettazione e realizzazione della elettronica di acquisizione e di interfaccia con il PDP 15. Le camere ( $40 \times 20 \text{ cm}^2$ ) hanno funzionato in Laboratorio in modo soddisfacente. Per la parte elettronica, si sono dovute superare difficoltà legate alla compattezza ed alla modularità richiesta al sistema (dall'amplificazione alla memorizzazione, tutto avviene sulle camere). L'interfaccia camere-calcolatore è stata provata in un primo tempo nel Laboratorio di Elettronica con un PDP 8 ottenendo risultati soddisfacenti. Molto più complessa si è presentata la fase di passaggio alle aree sperimentali e al calcolatore PDP 15/30. A queste difficoltà si è aggiunto lo smembramento del Gruppo Elettronica in seguito alla divisione dei LNF avvenuta nel corso dell'anno. A carico del gruppo è risultata pertanto la modifica di buona parte dell'interfaccia con il rifacimento della sezione di decodifica dei comandi emessi dal calcolatore. Successivamente si sono dovute anche progettare la sezione trasmittente e ricevente degli impulsi, dall'elettronica di acquisizione sulle camere all'interfaccia col calcolatore PDP 15. Queste ultime modifiche necessitano di un collaudo definitivo e solo dopo questa fase si potrà procedere a una ulteriore raccolta di dati. Se tutto questo potrà avvenire in tempi ragionevoli, l'esperimento avrà ancora una sua piena validità scientifica; in caso ciò non si verifichi, occorrerà procedere a una riconsiderazione del tutto.

### III. 1. 2. - Fascio gamma monocromatici.

Componenti del gruppo: G. P. Capitani, E. De Sanctis, C. Guaraldo e R. Scrimaglio in collaborazione con Genova.

Il programma scientifico consiste nella realizzazione di un fascio di fotoni quasi monocromatici dalla annichilazione dei positroni del Linac di Frascati, di energia variabile tra 60 e 300 MeV, e nella sua utilizzazione in esperimenti di fotodisintegrazione di nuclei leggeri a energie oltre la risonanza gigante, di fotoproduzione di pioni vicino alla soglia, ecc.

Questo programma si inquadra nello studio della interazione fotonucleare ad energia intermedia, zona energetica di particolare interesse per quanto riguarda, ad esempio, le informazioni ottenibili per lo studio della distribuzione di impulsi dei nucleoni nei nuclei.

In una prima fase si ha intenzione di dare priorità alla spettrometria dei protoni di energia inferiore e superiore a 100 MeV, mediante un insieme di telescopi posti a più angoli del fascio primario. Si intende in seguito procedere alla spettrometria di altre particelle cariche fotoprodotte (in particolare  $\alpha$ ) e spettrometria di neutroni.

Anche in relazione alla mancata disponibilità dello spettrometro Compton per una misura precisa dello spettro energetico del fascio di fotoni (vedi oltre), si procederà alla misura preliminare della fotodisintegrazione del deuterio (grazie alla semplicità della cinematica in gioco). Con questo esperimento ci si propone, inoltre, di controllare l'intero apparato sperimentale (essendo nota con sufficiente precisione la sezione d'urto di fotodisintegrazione del deuterio) e di migliorare la precisione delle misure esistenti sulla fotoemissione diretta di protoni a energie intermedie (per lo studio dell'interazione di nucleoni a distanze ravvicinate).

Allo stato attuale del programma scientifico, è stato realizzato e messo in funzione il sistema di trasporto del fascio di positroni con tutto il relativo beam handling (monitor di intensità a ferrite, steering coils, schermi fluorescenti visti da telecamere, ecc.) e le sicurezze e i controlli (unificate con il sistema per il canale elettroni-pioni).

E' stato messo in funzione il bersaglio di annichilazione di idrogeno liquido, il magnete pulitore per separare gli  $e^+$  dal fascio di fotoni subito dopo il bersaglio e una tazza di Faraday, nel piano focale del magnete pulitore, per misurare la intensità del fascio di positroni all'altezza del bersaglio di annichilazione.

Le misure di intensità del fascio di positroni, eseguite nella posizione del bersaglio di annichilazione, hanno mostrato pieno accordo con i valori previsti. Inoltre è apparsa evidente la possibilità di estendere verso il basso, partendo da 300 MeV, l'intervallo energetico del fascio, almeno fino a 65 MeV, avendo ancora l'intensità sufficiente per esperimenti di fotodisintegrazione a queste energie. E' da notare che è stata raggiunta anche l'energia di 45 MeV, con un'intensità alla fine della linea di trasporto dell'ordine di  $10 \mu\text{A}$  di corrente di picco. Tali test sono stati però eseguiti fino alla frequenza massima di ripetizione di 100 Hz. Il problema convertitore, cioè la possibilità di utilizzarlo a piena frequenza di ripetizione (200 Hz) non è stato ancora completamente risolto dal gruppo macchina del Linac.

Per la quantimetria del fascio  $\gamma$  è stato progettato e costruito un quantametro del tipo Wilson-Komar. Le misure di intensità del fascio di fotoni di conversione sono state eseguite nell'intervallo energetico 65-300 MeV. Per quanto concerne la misura dello spettro energetico dei  $\gamma$ , è stato scelto uno spettrometro Compton che presenta alcune caratteristiche che meglio si adattano alle esigenze del fascio di Frascati (esso infatti non richiede coincidenze, può essere utilizzato per la spettrometria sia del fascio  $\gamma$  che del fascio di  $e^+$ , permette misure assolute di intensità, essendo la sezione d'urto Compton conosciuta con notevole accuratezza). Lo spettrometro Compton consiste in un tripletto di quadrupoli, un convertitore di Berillio e un magnete analizzatore.

Il complesso dei magneti dello spettrometro Compton è stato reperito presso il Sincrotrone dei LNF. Tuttavia, difficoltà di natura finanziaria hanno permesso l'acquisto dei relativi alimentatori soltanto nei primi mesi del 1976. Si prevede l'arrivo degli alimentatori stessi a Frascati nella primavera 1977. Questo fatto ha notevolmente rallentato l'iter del programma sperimentale. Pur conoscendo, mediante il quantametro, l'intensità totale del fascio di fotoni, non avendo una misura dello spettro e quindi del rapporto relativo intensità del picco - intensità totale, non è possibile monitorare il fascio opportunamente e quindi eseguire misure di sezioni d'urto. Si è tentato, allora, di utilizzare uno spettrometro a coppie già esistente presso il Gruppo Camera a Bolle, usando, in un primo tempo, come rivelatori delle camere a magnetostizione. I risultati, in questa fase, non sono stati soddisfacenti, in quanto tale spettrometro era stato realizzato per fasci a sezione molto più piccola del nostro ( $< 2$  mm) e le supercollimazioni necessarie (solo qualche percento del fascio viene utilizzato) hanno creato grossi problemi di fondi.

Si è passati, in una seconda fase, a rivelare le coppie in coincidenza mediante un sistema di contatori a scintillazione. Nel ramo elettroni, cinque canali energetici vengono definiti da cinque contatori a scintillazione (larghezza 1 cm, altezza 10 cm, spessore 2 cm) in coincidenza con due scintillatori grandi ( $20 \times 20 \times 1$  cm<sup>3</sup>) allo scopo di diminuire i fondi. Nel ramo positroni viene selezionata una sola energia dalla coincidenza tra due contatori di dimensioni ( $0.6 \times 2 \times 10$  cm<sup>3</sup>) e ( $2 \times 0.6 \times 10$  cm<sup>3</sup>). Con questo spettrometro, sono state fatte misure preliminari di spettro di annichilazione, che sono state oggetto di una pubblicazione, all'energia dei positroni di 200 MeV e gli angoli  $\theta = 0$  e  $\theta = 17.5$  mrad. Entrambi gli spettri mostrano un picco alla corretta energia di annichilazione con un taglio continuo di Bremsstrahlung. Sono state eseguite misure usando targhette di annichilazione di idrogeno e di rame, a parità di lunghezza di radiazione. Lo spettro di fotoni ottenuto dal rame mostra una dipendenza dall'energia tipica della Bremsstrahlung, con un picco contribuito, dovuto all'annichilazione, alla testa dello spettro. Pertanto, la differenza tra lo spettro dell'idrogeno e quello del rame corrisponde al contributo, soltanto leggermente sottostimato, dei fotoni di annichilazione in idrogeno.

Lo spettro di fotoni di annichilazione da idrogeno può essere valutato partendo dalle sezioni d'urto elettromagnetiche e tenendo conto degli effetti dovuti allo spessore del bersaglio. Lo spettro teorico corrispondente all'effettiva configurazione geometrica dell'apparato sperimentale, e tenendo conto della risoluzione finita dello spettrometro, mostra un buon accordo con il picco sperimentale. E' stato anche iniziato un calcolo di Montecarlo della funzione di risposta dello spettrometro tenendo conto della sezione d'urto differenziale di produzione di coppie e degli effetti di scattering multiplo nel convertitore dello spettrometro. Sarà così possibile un confronto più dettagliato tra spettro teorico e spettro sperimentale. Una valutazione preliminare dell'efficienza di conversione e dell'angolo solido mostra che l'intensità dei fotoni misurata è pure in buon accordo con i valori calcolati.

Per quanto riguarda gli apparati sperimentali, è stato realizzato un prototipo di telescopio E, dE/dx di contatori a scintillazione (NaI (Tl) e plastico) per la rivelazione di protoni fino a 100 MeV, messo a punto e tarato sul fascio di protoni del ciclotrone di Milano. E' stato inoltre realizzato un telescopio di range per la spettrometria di protoni oltre 100 MeV, messo a punto con i raggi cosmici.

Il prototipo del telescopio per protoni di energia sotto i 100 MeV, tarato sul fascio di protoni del ciclotrone di Milano, ha mostrato una risoluzione energetica dell'ordine del 2%, ad energie di protoni di 300 MeV, pur con un impulso del fototubo tagliato a 75 nsec, ed un'ampiezza totale della coincidenza di circa 2 nsec. Sono stati completamente montati nel corso dell'anno altri tre telescopi simili.

E' stato anche realizzato un magnete pulitore per le apparecchiature sperimentali ed è stato risolto il problema della variazione della risoluzione e disomogeneità di risposta dei contatori in prossimità del campo magnetico.

E' stata completata, alla fine del 1976, la realizzazione di una targhetta di deuterio liquido per lo studio della fotodisintegrazione del deuterio tra 80 e 320 MeV ed è stato fatto un progetto accurato di esperimento.

Infine, partendo dai magneti messi a disposizione dal Sincrotrone dei LNF, è stato ridefinito nei dettagli il progetto di uno spettrometro Compton per la spettrometria del fascio di fotoni, da usarsi anche come spettrometro tipo Enge per pioni e altre particelle di alto impulso.

### III. 2. - Esperimenti con l'elettrosincrotrone.

#### Esperimento (e, e'p).

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

Scopo dell'esperimento è la misura mediante l'espulsione diretta di protoni e neutroni indotta da elettroni di alta energia, dell'energia di legame e della distribuzione di momento che i nucleoni hanno all'interno dei nuclei di medio peso atomico.

L'apparato sperimentale usato consente la determinazione dei momenti dell'elettrone diffuso e del nucleone espulso con ampia variabilità delle energie e degli angoli misurabili. Esso consiste di:

- a) ramo elettroni: spettrometro magnetico (magnete analizzatore e camere a scintille con lettura magnetostriativa);
- b) ramo protoni: telescopio di range (30 contatori a scintillazione) e camera a scintille acustica;
- c) ramo neutroni: odoscopio di 15 contatori a scintillazione.

L'apparato è on-line con un 1800 IBM.

Sono stati raccolti eventi di reazioni (e, e'p) su  $^{12}\text{C}$  e  $^{40}\text{Ca}$ . La statistica finora accumulata è rispettivamente di 60.000 e di 30.000 eventi. Non è stato possibile completare la misura sul  $^{40}\text{Ca}$  a causa di un danneggiamento del calcolatore IBM 1800 provocato da un allagamento dei locali in cui era installato. Sono stati messi a punto programmi di calcolo relativi ad effetto di scattering multiplo ed assorbimento dei contatori allo scopo di correggere opportunamente i dati sperimentali. E' stato fatto parimenti un programma per l'analisi in termini di angolo di Treiman-Yang dei risultati.

### III. 3. - Gruppo LADON.

Componenti del gruppo: R. Caloi, G. Matone, P. Picozza, D. Prospero e A. Tranquilli in collaborazione con Roma e Sanità.

L'attività del gruppo durante il 1976 si è svolta essenzialmente lungo le seguenti linee di lavoro:

- a) Si è proceduto all'assemblaggio delle parti meccaniche del banco ottico ed alla installazione di tutta la strumentazione relativa nel capannone MEA. In particolare il collaudo dei servomeccanismi e dei dispositivi di controllo a distanza della posizione laser, specchio, lente si è protratto anche durante i primi mesi del 1977.
- b) All'inizio dell'anno si è deciso di iniziare sperimentazione installando su Adone un laser con cavity-dumper anziché la cavità lunga circa 17 metri come da progetto originario. Questa soluzione ha il vantaggio di essere compatibile con tutta la meccanica di iniezione della luce laser in Adone già predisposta e di presentare minori problemi di allineamento all'interno della sezione dritta. E' stato fatto uno studio accurato di un cavity-dumper montato su un 166 Argon Ion laser per verificare l'adeguatezza delle sue prestazioni nel range di frequenze di 10 MHz. I risultati ottenuti sono stati molto soddisfacenti e sono attualmente in corso di pubblicazione. Nel frattempo si è proceduto allo studio del mode-looking (tramite l'effetto elettroottico) come tecnica alternativa sia al cavity-dumper sia alla cavità lunga.

c) Il problema del danneggiamento dei componenti ottici in seguito al bombardamento da luce di sincrotrone è stato oggetto di uno studio accurato fatto al sincrotrone. Si è constatata l'inapplicabilità degli specchi normalmente usati nelle cavità laser e si sono date indicazioni positive per l'uso o di specchi metallici (oro, platino) o di finestre protettive in zaffiro.

d) Un altro problema che è stato affrontato è quello dello studio dell'efficienza e della risoluzione energetica dei contatori usati come monitor e come rivelatori di fotoni durante gli esperimenti di prima generazione. Con un test beam di fotoni allestito allo spettrometro a coppie del sincrotrone sono stati studiati sia ioduri di sodio che vetri al piombo nella zona di energia gamma tra 10/100 MeV.

e) Va infine menzionato il lavoro di analisi teorica sulle possibilità di utilizzo del fascio LADON. In particolare si è dimostrata l'estrema utilità del fascio nello studio della polarizzabilità dei nuclei e dei nucleoni.

### III. 4. - Esperimenti presso i Laboratori esteri.

#### III. 4. 1. - Studio del meccanismo della reazione $^{12}\text{C}(e, e'p)$ .

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

Come è noto, usando l'approssimazione di Born e un'onda piana per il protone uscente, la sezione d'urto di una reazione  $(e, e'p)$  si scrive:

$$\sigma = C \sigma_{ep} S(E, |\vec{p}|),$$

dove  $C$  è un fattore cinematico,  $\sigma_{ep}$  è la sezione d'urto di diffusione elastica elettrone-protone,  $E$  è l'energia di separazione del protone,  $p$  è il suo impulso iniziale e  $S(E, |\vec{p}|)$  è la funzione spettrale che contiene tutte le informazioni nucleari. In questa approssimazione,  $S(E, |\vec{p}|)$  è indipendente dall'angolo  $\alpha$  che l'impulso  $\vec{p}'$  del protone uscente forma con quello  $\vec{p}$  del protone iniziale nel nucleo.

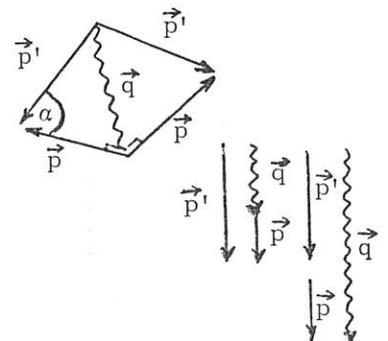
L'analisi degli esperimenti precedenti ha mostrato che l'interazione del protone uscente con i nucleoni del nucleo residuo, che in generale è lasciato in uno stato molto eccitato, non può essere trascurata. Tuttavia in prima approssimazione si può conservare la fattorizzazione nella scrittura della sezione d'urto della reazione introducendo una funzione spettrale distorta

$$\sigma = C \sigma_{ep} S^D(E, \vec{p}, \vec{p}').$$

Questa nuova funzione spettrale  $S^D$  fa intervenire l'impulso  $\vec{p}'$  del protone uscente, variabile necessaria per definire le condizioni cinematiche da cui dipende la distorsione in un potenziale ottico. In queste ipotesi la  $S^D$  risulta invariante per una rotazione intorno all'impulso  $\vec{q}$  del protone virtuale scambiato qualunque sia il modo in cui la distorsione viene calcolata. Per di più l'analisi in onde distorte richiede la scelta di un potenziale ottico i cui parametri sono molto incerti.

Scopo di questo esperimento è la scelta del meccanismo della reazione  $(e, e'p)$  misurando la sezione d'urto della reazione  $^{12}\text{C}(e, e'p)^{11}\text{B}$  nello stato fondamentale usando elettroni incidenti di energia costante nelle seguenti condizioni cinematiche:

- Mantenendo  $|\vec{p}'|$  e  $|\vec{q}|$  costanti si fa variare  $\vec{p}$  simmetricamente rispetto a  $\vec{q}$ . Se la fattorizzazione della sezione d'urto, tenuto conto della distorsione, è giustificata, si deve allora verificare che la funzione  $S^D(E, \vec{p}, \vec{p}')$  risulta simmetrica rispetto a  $\vec{q}$ .
- Mantenendo  $\vec{p}'$  costante e  $\vec{q}$  parallelo a  $\vec{p}'$ ,  $\vec{p}$  può essere parallelo a  $\vec{p}'$ . In questo caso gli effetti della distorsione risultano massimizzati. La funzione  $S^D(E, \vec{p}, \vec{p}')$  deve essere asimmetrica e quindi è possibile determinare i parametri del potenziale ottico utilizzato nei calcoli in DWIA.



Il dispositivo sperimentale usato è quello della sala HE1 dell'acceleratore lineare di Saclay consistente in due spettrometri magnetici (600 MeV/c e 900 MeV/c) ad alta risoluzione con quattro piani di rivelazione (camere proporzionali a fili, scintillatori plastici, contatori Cerenkov) su ciascuno spettrometro. Sono stati raccolti i dati nelle seguenti condizioni: intensità media 5-10  $\mu A$ , ciclo utile 0.6-0.7%, velocità di conteggio  $\approx$  5000 eventi per impulso di fascio.

L'analisi dei risultati, che è ancora in corso, mostra (v. Fig. 6) un certo disaccordo con l'interpretazione in DWIA utilizzando i parametri del potenziale ottico usati in J. Mougey et al., Nuclear Phys. A262, 461 (1976).

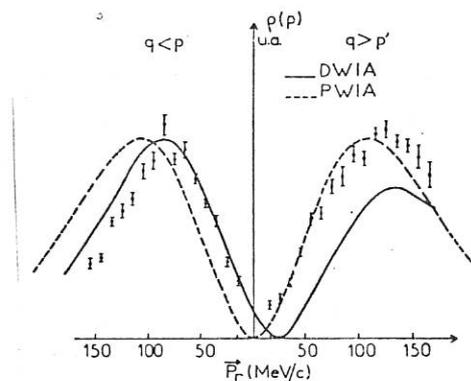
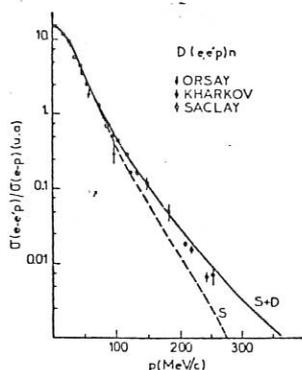


FIG. 6 - Reazione  $^{12}C(e, e'p)$  a 500 MeV. Distribuzione in impulso del nucleo residuo per  $15 \text{ MeV} < E < 20 \text{ MeV}$  quando l'impulso  $\vec{p}'$  del protone emesso è parallelo all'impulso trasferito  $\vec{q}$ .

III. 4. 2. - Studio della reazione  $D(e, e'p)n$  e misura della distribuzione di impulso del protone del deuterio.

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

E' stata misurata la sezione d'urto della reazione  $D(e, e'p)n$  in funzione dell'impulso di rinculo del neutrone fino a circa 280 MeV/c nelle seguenti condizioni: energia incidente 500 MeV, momento trasferito 450 MeV/c. Il bersaglio utilizzato è di deuterio liquido in ebollizione e il monitoraggio è realizzato dal conteggio delle singole e' il cui ramo di rivelazione è stato mantenuto invariato. La Fig. 7 mostra la sezione d'urto ( $e, e'p$ ) divisa per la sezione d'urto elettrone-protone



calcolata nelle corrispondenti condizioni cinematiche. I valori mostrati sono preliminari e l'analisi è ancora in corso (in figura sono riportati anche i valori misurati a Orsay (v. P. Bounin, Thèse Université de Paris Sud, 1964) e Kharkov (Yu. P. Antuf'ev et al., JEPT Letters 19, 339 (1974)). Questo andamento della sezione d'urto può essere confrontato direttamente (approssimazione impulsiva in onde piane) con la distribuzione d'impulso del protone o del neutrone nel deuterio. In figura esso è confrontato con la distribuzione ottenuta con la forza di de Tourreil e Sprung (Nuclear Phys. A201, 193 (1973)) per lo stato  $^3S_1$  e per lo stato totale  $^3S_1$  e  $^3D_1$ .

FIG. 7

III. 4. 3. - Diffusione anelastica di elettroni su  $^{12}C$  al di là della soglia di emissione di un nucleone.

Componenti del gruppo: G. P. Capitani, E. De Sanctis in collaborazione con Sanità, CEA Saclay, Basilea, Clermont-Ferrand e Louisiana State University.

Questa esperienza consiste nella misura della sezione d'urto anelastica  $^{12}(e, e')$  in una regione di energia di eccitazione  $\omega$  comprendente il picco quasi elastico e l'inizio della risonanza (3/2, 3/2).

Le funzioni di risposta  $R(q, \omega)$  longitudinale e trasversale che intervengono nella sezione d'urto differenziale

$$\frac{d\sigma}{d\Omega de'} = 4\pi\sigma_{\text{Mott}} \frac{1}{1 + \frac{e}{E}(1 - \cos\theta)} \left| \frac{q^4}{4} R_L(q, \omega) + \left( \text{tg}^2 \frac{\theta}{2} - \frac{1}{2} \frac{q^2}{q} \right) R_T(q, \omega) \right|$$

sono separate eseguendo le misure a due angoli di diffusione:  $\theta = 60^\circ$  e  $\theta = 130^\circ$ .

Le misure sono previste nell'intervallo  $1.25 \text{ fm}^{-1} < q < 2.5 \text{ fm}^{-1}$ , ossia per energie incidenti tra 160 MeV e 520 MeV. La raccolta dei dati è tuttora in corso.

Oltre a una misura più precisa delle funzioni di risposta e a una loro interpretazione nel quadro delle regole di somma inelastiche, l'esperienza permetterà di studiare la regione tra il picco quasi elastico e l'elettroproduzione alla risonanza, in cui la sezione d'urto non è ben compresa.

Inoltre lo studio congiunto della diffusione quasi elastica in singola e in coincidenza permette di chiarire certe incertezze come il valore assoluto delle sezioni d'urto, la variazione con l'energia del potenziale di interazione protone-nucleo residuo, ecc.

#### GRUPPO IV<sup>o</sup> - Fisica teorica.

Dal punto di vista più generale, sono stati ottenuti dal gruppo teorico vari risultati in teoria dei campi, nel calcolo dei Reggeoni e nell'ambito della supersimmetria.

Da un punto di vista più fenomenologico, sono state studiate le proprietà di decadimento radiative delle nuove particelle, violazioni di scaling in lepto-produzione, e le proprietà dei mesoni vettoriali, direttamente accessibili con Adone.

Infine è continuata l'attività in fisica nucleare, con particolare riferimento alle proprietà elettromagnetiche dei sistemi a multicorpi.

Per un quadro più dettagliato delle varie attività, si rimanda all'elenco delle pubblicazioni (77/1-12-15-25-41-43-49-54-55-59).

ELENCO PUBBLICAZIONI LNF - (1976)

- 76/1(P) G. De Franceschi, F. Palumbo and Yu. A. Simonov: Quarks statistics and asymptotic behaviour of e. m. form factors of nuclei;  
Lett. Nuovo Cimento 17, 457 (1976).
- 76/2(R) F. Garibaldi e G. Ricco: Uno spettrometro Compton per fascio  $\gamma$  di energia intermedia.
- 76/3(P) P. Numberg, D. Prosperi and E. Pace: Calculation of the trinucleon ground-state properties by charge-dependent interactions;  
Lett. Nuovo Cimento 17, 76 (1976).
- 76/4(P) P. Numberg, D. Prosperi and E. Pace: An application of new harmonic-oscillator basis to the calculation of trinuclear ground-state observables;  
Nuclear Phys., A285, 58 (1977).
- 76/5(R) G. Pasotti e M. Spadoni: Sistemi di raffreddamento di magneti superconduttori per reattori a fusione.
- 76/6(P) A. Turrin: On the feasibility of stimulated resonant depolarization techniques in electron storage rings;  
Presented at 'Discussion Meeting on Petra Experiments', Frascati, March 1976.
- 76/7(R) G. Matone and A. Tranquilli: Laser light modulation. The electrooptic effect.
- 76/8(R) G. Bologna, R. Bonini, G. Catitti, B. D'Ettore-Piazzoli, F. L. Fabbri, M. Giardoni, G. Mannocchi, E. Montanari, M. Pallotta, P. Picchi, D. Pistoni, G. Rivellini, L. Satta, P. Spillantini, D. Traverso, G. Ubaldini and A. Zallo: Construction and testing of a light cylindrical multiwire proportional chamber prototype.
- 76/9(R) G. Baldacchini, M. Capizzi, M. De Crescenzi, F. Evangelisti and A. Frova: Magnetic field effects on the exciton and biexciton in CdS.
- 76/10(R) R. Baldini-Celio, F. L. Fabbri, G. La Rosa e P. Picozza: Eccitazione del  $d^*(2200)$  e concorrente produzione diffrattiva in reazioni coerenti su deuterio a energie intermedie.
- 76/11(R) A. Renieri: Turbulence and bunch lengthening in electron-positron storage rings.
- 76/12(R) F. Celani: Hardware processor di emergenza sostituito il computer per la acquisizione, elaborazione e memorizzazione permanente su film di dati provenienti da un sistema Camac.
- 76/13(P) H. Inagaki: Structure functions in deep inelastic scattering and in deep inelastic annihilation;  
Nuovo Cimento 33A, 555 (1976).
- 76/14(P) G. Bologna, B. D'Ettore-Piazzoli, F. L. Fabbri, G. Mannocchi, P. Picchi, L. Satta, P. Spillantini and A. Zallo: A possible compact core for  $e^+e^-$  experiments;  
Presented at 'Discussion Meeting on Petra Experiments', Frascati, March 1976.
- 76/15(P) G. Parisi: A mechanism for confinement in 4-dimensional Yang Mill's theory;  
Phys. Letters B, in press.
- 76/16(R) G. Pasotti e M. Spadoni: Perdite per correnti parassite in campi magnetici pulsati.
- 76/17(P) R. Dymarz and A. Małeck: A new method for solving the Schroedinger equation of scattering;  
Lett. Nuovo Cimento, 16, 417 (1976).
- 76/18(R) U. Bizzarri, G. Branca, A. Gandini, M. Maccioni, F. Morselli e A. Vignati: Vulcano. Una sorgente di fasci intensi pulsati di elettroni relativistici.
- 76/19(R) L. Bartolini, M. Cinti, S. Ciardo, C. Dardini, D. Del Bugaro, R. Habel, A. Maiolo, G. Occhionero e L. Righini: Costruzione e operazione di un laser a  $CO_2$  di tipo TEA a media apertura con preionizzazione ad ultravioletto.
- 76/20(P) F. Balestra, L. Busso, I. V. Falomkin, C. Guaraldo, M. M. Kulyukin, E. D. Lozansky, V. I. Lyashenko, Nguyen Mnh Kao, G. Piragino, G. B. Pontecorvo, R. Scrimaglio, T. M. Troshev and Yu. A. Shcherbakov: New improvement in track localization in self-shunted helium streamer chamber;  
Lett. Nuovo Cimento 16, 117 (1976).
- 76/21(P) M. Bassetti, R. Del Fabbro, M. Grilli, A. Reale, G. Salvini, B. Stella and A. Zallo: Calorimetry, tagging, polarization: the length of the straight section in Petra and the optics around them;  
Presented at 'Discussion Meeting on Petra Experiments', Frascati, March 1976.

- 76/22(R) M. Pelliccioni: Dosimetria dei neutroni in radioterapia.
- 76/23(P) R. Dymarz and A. MaŹecki: The extension of the Glauber model of multiple scattering by means of the optical potential;  
Phys. Letters 66B, 413 (1977).
- 76/24(R) A. Catitti, G. Sacerdoti e L. L. Soglia: Studi sulle sospensioni per ultracentrifughe presso i Laboratori Nazionali di Frascati.
- 76/25(P) G. Parisi: An introduction to scaling violations;  
Presented at 'The Intern. Meeting on Neutrino Physics', Flaine, March 1976.
- 76/26(R) E. Poli: Un programma per l'analisi dei fotogrammi di una camera a streamer utilizzando un terminale grafico interfacciato ad un PDP-15.
- 76/27 G. P. Capitani, E. De Sanctis, S. Faini, C. Guaraldo, G. Ricco, M. Sanzone, R. Scrimaglio and A. Zucchiatti: Preliminary measurements of the annihilation photon spectrum from Frascati Linac positrons;  
Lett. Nuovo Cimento 16, 453 (1976).
- 76/28(P) F. Celani: Hardware processor, special purpose, for a Camac system;  
CAMAC Bulletin, in press.
- 76/29(P) G. Bellettini: The Flaine Meeting on storage rings physics. Conclusions;  
Presented at 'The Intern. Meeting on Storage Ring Physics', Feb. 1976.
- 76/30(P) G. Bologna: Sistema di controllo e di acquisizione dati in tempo reale per lo spettrometro a coppie dell'elettrosincrotrone di Frascati da 1 GeV;  
Presentata alla '2<sup>a</sup> Conferenza Interdisciplinare dell'INFN', Bari, Novembre 1975.
- 76/31(P) R. Caloi, S. Frullani, G. Matone, P. Picozza, D. Prosperi, C. Schaerf, C. Strangio and A. Tranquilli: Laser light against high energy electron scattering;  
Invited talk to the 'Europhysics Study Conf. on High Power Lasers and Scientific Applications', Oxford 1975.
- 76/32(P) G. Abshire, M. Ambrosio, G. Barbarino, G. Barbiellini, R. Biancastelli, C. Bemporad, G. Brocco, M. Calvetti, M. Castellano, F. Cevenini, A. M. Cnops, F. Costantini, G. Finocchiaro, F. Grancagnolo, P. Lariccia, D. Owen, P. Parascandolo, G. Paternoster, S. Patricelli, E. Sassi, L. Tortora, U. Troya, F. Valerio and S. Vitale: An upper limit for the radiative decay width of the  $J/\psi$  resonance into  $\eta'(958) + \gamma$ ;  
Nuovo Cimento 37A, 133 (1977).
- 76/33(R) R. Bartirone, E. Borsella, F. Campolungo and S. Mobilio: Magneto-optical spectroscopy in solids by magnetic field modulation. I: Experimental technique and its application to reflectance of CdS.
- 76/34(P) M. E. Biagini, D. Bisello, B. Esposito, F. Felicetti, A. Marini, P. Monacelli, A. Nigro, M. Nigro, L. Paoluzi, I. Peruzzi, G. Piano-Mortari, M. Piccolo, F. Ronga, A. Sciubba, F. Sebastiani and F. Vanoli: Angular distribution of  $\mu^+\mu^-$  pairs in the reaction  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$  at the  $J/\psi$  energy;  
Presented at 'XVIII Intern. Conf. on High Energy Physics', Tbilisi, July 1976;  
Lett. Nuovo Cimento 17, 307 (1976).
- 76/35(P) M. Albu, T. Angelescu, O. Balea, F. Balestra, I. V. Falomkin, R. Garfagnini, C. Guaraldo, V. I. Lyashenko, A. Mihul, F. Nichitiu, G. Piragino, G. B. Pontecorvo, R. Scrimaglio, A. Seraru and Yu. Shcherbakov: Cross-section for the double charge exchange reactions  $\pi^+ + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^- + 4p$  at pion energies of 98, 135, 145 and 156 MeV;  
Lett. Nuovo Cimento 16, 525 (1976).
- 76/36(P) A. MaŹecki and L. Satta: The microscopic analysis of the  ${}^4\text{He}-{}^4\text{He}$  elastic scattering at intermediate energies;  
Nuovo Cimento, in press.
- 76/37(R) A. Turrin: Estrazione acromatica da Adone.
- 76/38(P) G. Matone and D. Prosperi: Nucleon polarizabilities and deep inelastic electron scattering;  
Nuovo Cimento 38A, 471 (1977).
- 76/39(P) M. E. Biagini, D. Bisello, B. Esposito, F. Felicetti, A. Marini, P. Monacelli, A. Nigro, M. Nigro, L. Paoluzi, L. Pescara, G. Piano-Mortari, F. Ronga, A. Sciubba, F. Sebastiani and F. Vanoli: Search for narrow resonances in  $e^+e^-$  annihilation into hadrons at Adone in the mass region 2.5-3.0 GeV/ $c^2$ ;  
Phys. Letters 64B, 362 (1976).

- 76/40(R) R. Camilloni, A. Giardini-Guidoni, G. Missoni, G. Stefani, R. Tiribelli and D. Vinciguerra: Validity of the (e, 2e) reactions as a probe of the atomic and molecular structure.
- 76/41(P) M. Greco and H. Inagaki: Radiative decays of  $0^{++}$  mesons; Phys. Letters 65B, 267 (1976).
- 76/42 R. Baldini-Celio, F. L. Fabbri, G. La Rosa and P. Picozza: Origin of the  $N^*(1150)$  enhancement and the  $d^*(2200)$  effect; Jnl. of Nuclear Phys. B107, 321 (1976).
- 76/43 G. Parisi and R. Petronzio: On the breaking of Bjorken scaling; Phys. Letters 62B, 331 (1976).
- 76/44 A. Del Guerra, A. Giazotto, M. A. Giorgi, A. Stefanini, D. R. Botterill, H. E. Montgomery, P. R. Norton and G. Matone: Threshold  $\pi^+$  electroproduction at high-momentum transfer: A determination of the nucleon axial vector form factor; Nuclear Phys. B107, 65 (1976).
- 76/45 B. D'Etorre-Piazzoli, G. Mannocchi, S. Melone, P. Picchi and R. Visentin: Aperture and counting rate of rectangular telescopes for single and multiple parallel particles; Nuclear Instr. and Meth. 135, 223 (1976).
- 76/46 F. Lucci, M. Pelliccioni, S. Pszona and B. Snopek: Comparison of personnel monitoring systems in the radiation environment of high energy electron accelerators; Nuclear Instr. and Meth. 135, 555 (1976).
- 76/47 R. Camilloni, G. Stefani, A. Giardini-Guidoni, R. Tiribelli and D. Vinciguerra: Electron momentum distribution of valence states of  $NH_3$  and the  $2\sigma_g$  state of  $N_2$  as measured by (e;2e) experiments; Chemical Phys. Letters 41, 17 (1976).
- 76/48(R) A. Cattoni, E. De Sanctis, C. Guaraldo, G. Ricco, M. Sanzone, R. Scrimaglio, S. Tazzari e A. Turrin: Studio preliminare sulla fattibilità e interesse di un allungatore di impulso del fascio di elettroni del Linac di Frascati (Progetto Alfa: Allungatore Linac Frascati su Adone).
- 76/49 G. Altarelli, R. Petronzio and G. Parisi: Charmed quarks and asymptotic freedom in neutrino scattering; Phys. Letters 63B, 183 (1976).
- 76/50(P) Torino-Dubna-Frascati Collaboration: Elastic and inelastic scattering of  $\pi^{\pm}$  mesons on  $^4He$  and  $^3He$ ; Invited paper at '1976 European Symp. on Few-Particle Problems in Nuclear Physics', Vlieland, Sept. 1976.
- 76/51 G. Bitelli and A. Turrin: Collision method in spherical geometry by escape probabilities; Nuclear Sci. and Eng. 60, 324 (1976).
- 76/52(P) A. Turrin: Quantum mechanical form of the damped Bloch equations; Phys. Letters 59A, 423 (1977).
- 76/53 F. Balestra, E. Bollini, L. Busso, R. Garfagnini, G. Piragino, A. Zanini, C. Guaraldo, R. Scrimaglio, I. V. Falomkin, M. M. Kulyukin, R. Mach, F. Nichitiu, G. B. Pontecorvo, and Yu. A. Shcherbakov: On the energy dependence of ( $\pi^{\pm}$ ,  $^4He$ ) and ( $\pi^{\pm}$ ,  $^{12}C$ ) backward elastic scattering cross sections; Proc. of the VII Intern. Conf. on Few Body Problems in Nuclear and Particle Physics, Delhi, Dec. 29, 1975 - Jan. 3, 1976 (North Holland, 1976), pag. 315.
- 76/54(P) M. Greco and H. Inagaki: Comments on radiative decays of scalar mesons; Phys. Letters, 69B, 69 (1977).
- 76/55(R) M. Greco: On  $e^+e^-$  annihilation at moderate energies.
- 76/56(P) K. Zalewski: How the transverse momenta of clusters affect the predicted short range two-particle correlations; Phys. Letters, in press.
- 76/57(P) G. Bologna: Sviluppi del sistema Camac; Presentata alle riunioni su 'I Minielaboratori', Frascati, Ottobre 1975 e Legnaro, Gennaio 1976.
- 76/58(R) V. Bidoli, A. Di Biagio, E. Iarocci, G. Nicoletti and L. Tortora: Detection of induced pulses in proportional wire devices with resistive cathodes.
- 76/59(P) L. Donazzolo and A. F. Grillo: Black hole evaporation and the baryon number of the universe; Nature, in press.

- 76/60(P) C. Bacci, R. Baldini-Celio, G. Capon, R. Del Fabbro, G. De Zorzi, E. Iarocci, M. Locci, C. Mencuccini, G. P. Murtas, G. Penso, M. Spinetti, B. Stella and V. Valente : Search for the  $J/\psi(3100)$  radiative decay into  $\psi'(958) + \eta'$ ; Lett. Nuovo Cimento 18, 447 (1977).
- 76/61 C. Bacci, V. Bidoli, G. Penso, B. Stella, R. Baldini-Celio, G. Capon, R. Del Fabbro, G. De Zorzi, E. Iarocci, G. La Rosa, C. Mencuccini, G. P. Murtas, M. Spinetti, and V. Valente : Experimental results on a search for narrow resonances in  $e^+e^-$  annihilation into hadrons in the mass region 2520-2990 MeV; Phys. Letters 64B, 356 (1976).
- 76/62 G. Barbiellini, G. Nicoletti, M. Ambrosio, G. Barbarino, M. Castellano, F. Cevenini, F. Grancagnolo, P. Parascandolo, G. Paternoster, S. Patricelli, E. Sassi, L. Tortora, U. Troya, F. Valerio, S. Vitale, C. Bemporad, G. Brosco, M. Calvetti, F. Costantini, P. Lariccia and R. Biancastelli : Search for  $J/\psi$  like resonance below 3 GeV in  $e^+e^-$  annihilation; Phys. Letters 64B, 359 (1976).
- 76/63 A. Esposito, F. Lucci and M. Pelliccioni : Measurements of doses produced by high energy beams on thick targets; Nuclera Instr. and Meth. 138, 209 (1976).
- 76/64(P) R. Bernabei, D. Bisello, S. D'Angelo, B. Esposito, F. Felicetti, A. Marini, P. Monacelli, A. Nigro, M. Nigro, L. Paoluzi, P. Patteri, L. Pescara, G. Piano-Mortari, F. Ronga, P. Rosini, A. Sciubba, F. Sebastiani, B. Secchi-Zorn, F. Vanoli and G. T. Zorn : Resonant  $K^*(892)$  production in multihadron  $e^+e^-$  annihilation; Phys. Letters, in press.
- 76/65 F. L. Fabbri, A. Majewski, P. Picozza, J. Banaigs, J. Berger, L. Goldzahl, L. Vu Hai, M. Cottureau and C. Le Brun : Deuteron break-up on proton target at  $P_D = 2.95 \text{ GeV}/c$ ; Lett. Nuovo Cimento 17, 21 (1976).
- 76/66 G. Bologna, V. Bellini, V. Emma, A. S. Figuera, S. Lo Nigro, C. Milone and G. S. Pappalardo : Fission of Bi, Pb, Au and Pt induced by a coherent photon beam from 1000 MeV electrons; Nuovo Cimento 35A, 91 (1976).