

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-59/12 (1959)

M. Ageno et al. : SULLA SITUAZIONE DEI LAVORI PER L'ELETTRO-
SINCROTRONE ITALIANO DA 1200 MeV E SUL PROGRAMMA DI RICERCHE.

Estratto dal: Nuovo Cimento, Suppl. 11, 324 (1959)

Sulla situazione dei lavori per l'Elettrosincrotrone Italiano da 1200 MeV e sul programma di ricerche.

M. AGENO, A. ALBERIGI, F. AMMAN, C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. BOLOGNA,
G. CORAZZA, G. CORTELLESSA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, A. MASSAROTTI,
G. C. MONETI, G. MURTAS, E. PERSICO, M. PUGLISI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI,
G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, R. TOSCHI, A. TURRIN (*)

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Laboratori di Frascati

1. - Scopo della presente relazione è di informare e di aggiornare sullo stato dei lavori per l'Elettrosincrotrone che riteniamo prossimo a entrare in funzione, e sul programma sperimentale.

In questa prima parte si riferisce sulla situazione del magnete e sull'impianto di vuoto e ciambella.

Le caratteristiche della macchina sono già state descritte in precedenti comunicazioni [1].

Attualmente la macchina è stata montata e le sue singole parti sono state ampiamente collaudate. Il magnete è stato collaudato ad un campo massimo di circa 11200 G. Questo ci permette di presumere che la macchina potrà funzionare anche a 1200 MeV (campo corrispondente 11112 G), anzichè soltanto a 1000 MeV.

Il magnete con campo massimo di 9260 G (corrispondente ad una energia massima della macchina di 1000 MeV) ha lavorato per complessive 500 ore, durante le quali sono state eseguite misure magnetiche principalmente per conoscere il valore di n (gradiente del campo) preso nella zona di iniezione [2] e per la messa a punto delle correnti di correzione.

L'impianto delle bobine di correzione montato sul magnete è risultato largamente abbondante. Solo una piccola parte dei fili montati viene oggi sfruttata. I rimanenti saranno però utili in seguito quando a sincrotrone funzionante si vorrà aumentare il rendimento della macchina.

(*) Riferiscono, nell'ordine, G. CORAZZA (Sez. 1), I. F. QUERCIA (Sez. 2) e G. SALVINI (Sez. 3).

Nella Fig. 1 si vedono le bobine di correzione polari, ciascuna formata da un tappeto da 83 fili del diametro di 18/10, che corrono parallelamente alle facce polari del magnete. Sfruttando opportunamente alcuni di questi fili sono stati realizzati una serie di circuiti di correzione:

a) Un circuito per compensare il campo magnetico residuo in modo da avere una zona utile di n più estesa possibile. Con tale circuito si è ottenuto una zona di n compreso fra $0.55 \div 0.65$ della larghezza di 13 cm.

b) Un circuito che permette variazioni fisse del valore di n su tutta la zona utile.

c) Un circuito per simmetrizzare il valore di n sopra e sotto il piano mediano.

d) Un circuito correttivo per portare il piano magnetico mediano a coincidere quanto più possibile al piano geometrico mediano.

e) Una serie di circuiti realizzati con fili diversi da quelli della figura permettono l'aggiustamento della direzione di uscita e di ingresso del fascio alla fine ed all'inizio di ogni quadrante.

f) Un circuito, eventuale, per allargare la zona utile del campo [3].

La Fig. 2 mostra la macchina come attualmente è montata. Si distinguono chiaramente i quattro quadranti di magnete e le sezioni diritte. Nella prima sezione diritta, in primo piano, è montata la scatola che contiene il deflettore elettrostatico. L'insieme di tubi collegati alla scatola forma il raccordo all'iniettore. Lungo questo raccordo si trovano una lente cilindrica e le bobine deflettrici necessarie a focalizzare il fascio di elettroni uscente dall'iniettore sulla bocca d'ingresso del deflettore elettrostatico.

Nella sezione diritta a sinistra è montata la prima cavità radio frequenza modulata in frequenza ed in ampiezza che accelera gli elettroni dall'energia di iniezione fino a circa 7 MeV.

Nella sezione diritta in alto sarà montata la seconda cavità a radio frequenza alla quale è affidato il compito di accelerare gli elettroni fino alla loro massima energia. Questa cavità attualmente collaudata e pronta in laboratorio non è stata montata ed il raccordo della camera da vuoto in questa sezione è fatto provvisoriamente da un pezzo di ciambella.

Nella quarta sezione diritta dalla quale uscirà il fascio di raggi γ non sono montate parti essenziali al funzionamento della macchina e rimane quindi a disposizione per le esperienze. Attualmente è stata montata una scatola cilindrica di acciaio inox (diametro 700 mm, larghezza 700 mm) che sfrutta tutto lo spazio disponibile fra le due testate del magnete. Particolare importante di questa scatola è che essa può essere isolata, tramite due rubinetti a saracinesca, dalla ciambella in modo che si può far rientrare aria nella scatola senza distruggere



Fig. 1. — Vista delle correzioni polari che corrono parallelamente alle facce polari del magnete

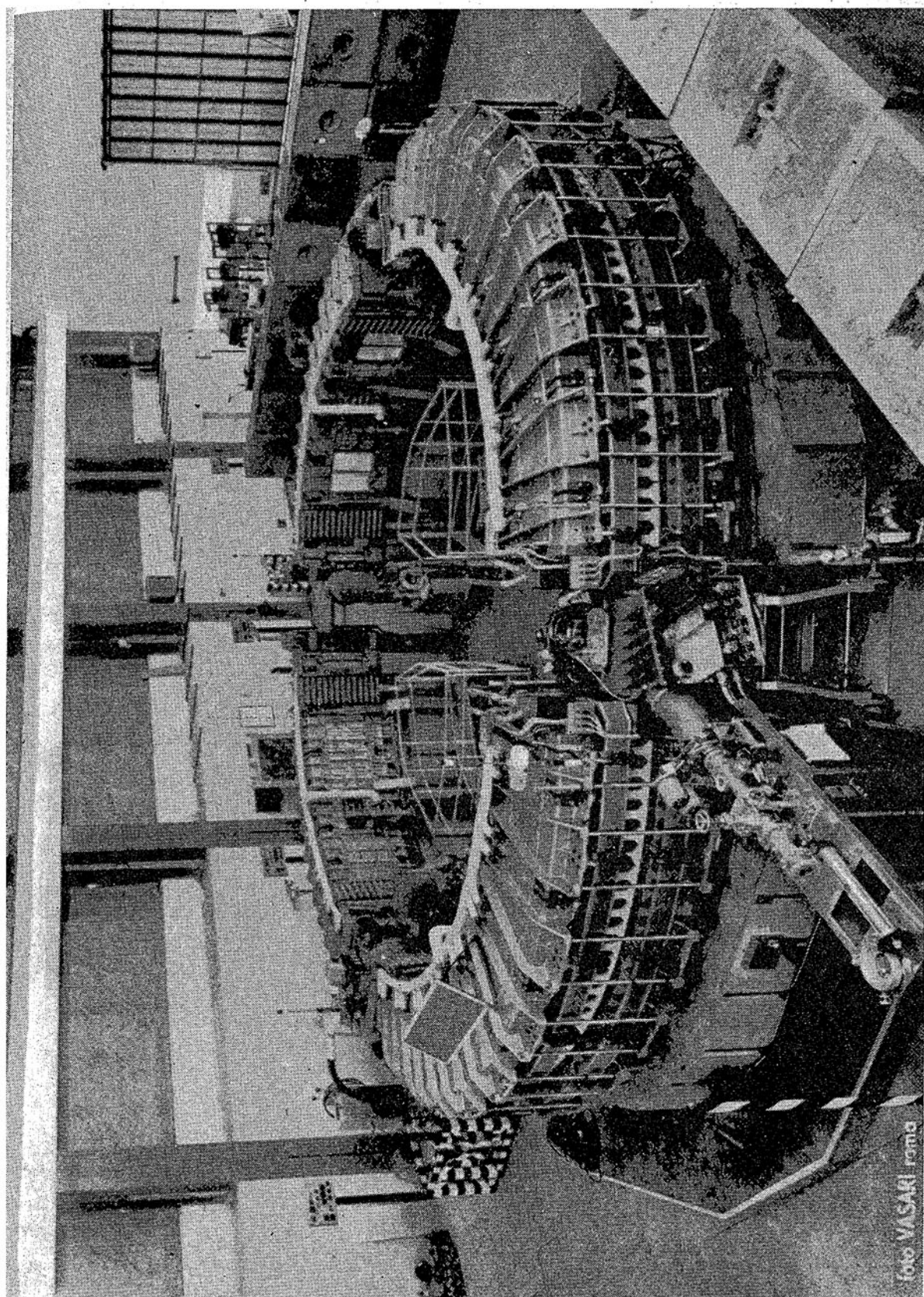


Fig. 2. - La macchina vista nel suo insieme: in primo piano il deflettore elettrostatico.

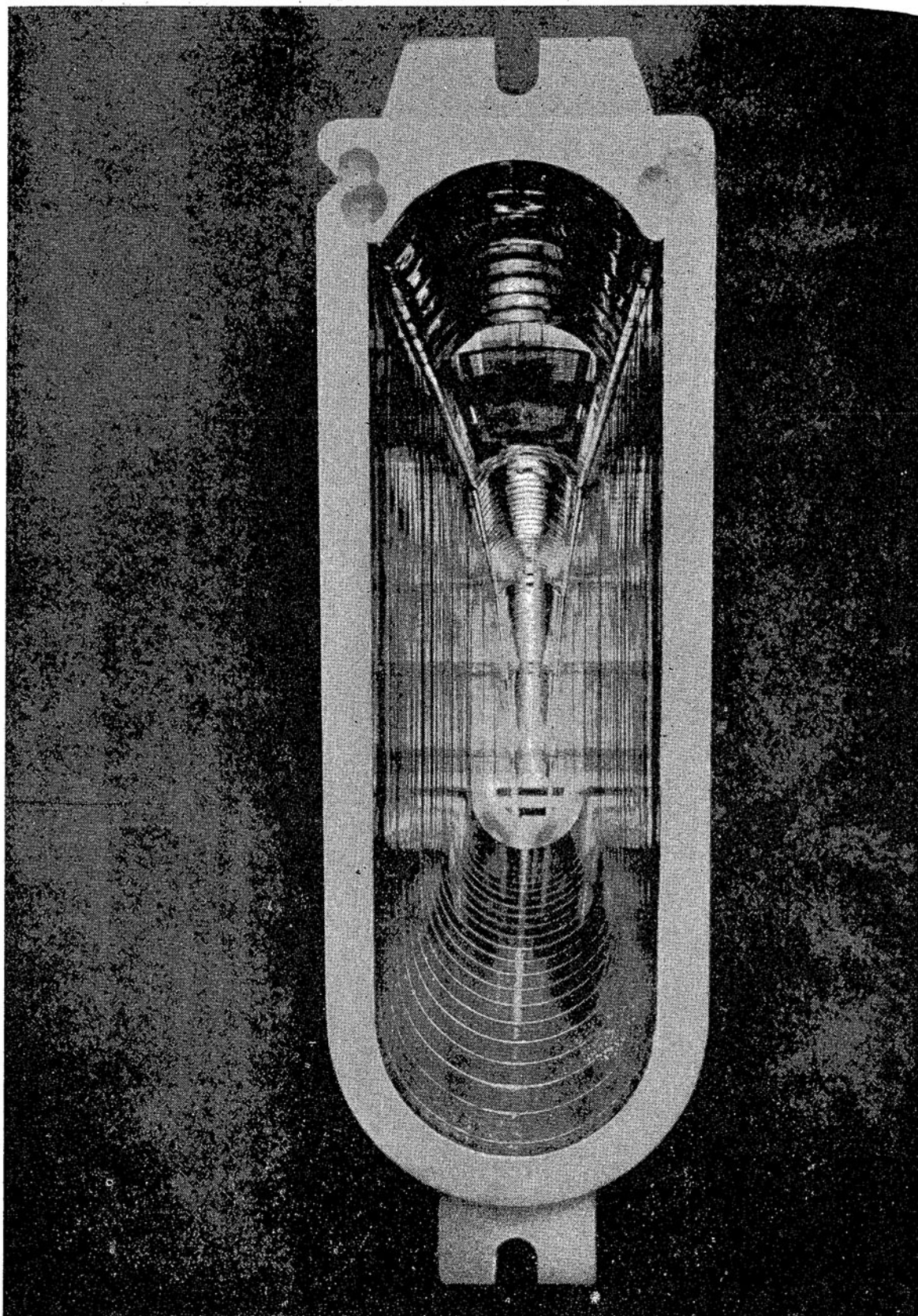


Fig. 3. - Vista dell'interno della ciambella. Si notano le strisce di acciaio inossidabile descritte nel testo.

il vuoto in ciambella. Questi si renderanno utili quando si vorrà sperimentare diversi tipi di targhette e nel caso si pensi a qualche esperienza da farsi direttamente con il fascio di elettroni nell'interno della macchina.

La ciambella [4] è stata realizzata interamente presso i Laboratori di Frascati. La sua lunghezza è di circa 27 metri con dimensioni esterne della sezione di $220 \times 78 \text{ mm}^2$, spessore della parete di 10 mm. Essa è stata costruita in araldite e quarzo rivestita internamente di uno strato conduttore di acciaio inossidabile amagnetico dello spessore di $5/100 \text{ mm}$. Ondé evitare che lo strato conduttore di acciaio, causa i campi magnetici indotti dovuti alle correnti parassite per l'alimentazione alternata a 20 Hz del magnete, distruggesse le proprietà focalizzanti del magnete stesso, detta metalizzazione non è continua ma formata da tante striscie dell'acciaio suddetto della larghezza di circa 15 mm distanziate fra loro di circa $3/10 \text{ mm}$ (vedi la Fig. 3). Le striscie di acciaio sono in contatto elettrico sulla parte frontale della ciambella e vengono messe a terra attraverso una serie di passanti del tipo dei covar.

Ogni quadrante è composto da tre settori di ciambella della lunghezza (misurata sull'orbita di equilibrio) di 1883.3 mm uniti fra loro a tenuta di vuoto tramite anelli di neoprene alloggiati in una apposita scanalatura ricavata per mezzo di un pantografo sulle testate da unire.

La parte frontale della ciambella è piana: ciò per semplificare i problemi di tenuta del vuoto alle finestre ed ai passanti rotativi che servono per inserire o togliere dall'interno della ciambella, tramite un sistema meccanico di vite senza fine e corona dentata, le bandierine fluorescenti necessarie per la messa a punto della macchina.

Per semplificare le operazioni di montaggio i pezzi della camera da vuoto da inserire nelle sezioni diritte sono collegati alle estremità dei quadranti della ciambella con pezzi a forma di cannocchiale che permettono accorciamenti della lunghezza di oltre 30 mm.

L'impianto di vuoto dell'elettrosincrotrone è formato da 4 gruppi distinti, ciascuno composto di una pompa rotativa ed una pompa a diffusione della portata di 3000 l/s. Le pompe a diffusione sono poste all'interno della macchina (vedi Fig. 2) e collegate alla ciambella nelle sezioni diritte. Il vuoto all'interno della ciambella raggiunto durante il primo periodo di ricerca del fascio è stato di circa $4 \cdot 10^{-6} \text{ mm Hg}$.

Nell'interno della ciambella sono sistemati tutti gli strumenti per la ricerca del fascio [5]. Questi strumenti sono:

- bandierine fluorescenti;
- elettrodi raccoglitori;
- elettrodi ad induzione.

Ciascuno di questi strumenti può essere inserito per la misura manovrando dall'esterno della ciambella per mezzo di passanti a tenuta di vuoto.

Le bandierine fluorescenti servono per visualizzare la traiettoria degli elettroni e vengono osservate direttamente per mezzo di sistemi ottici. Tali bandierine sono costruite per la massima parte con rete di rame (filo 0.5 mm) ricoperta con un leggero strato fluorescente di solfuro di zinco, con maglie di circa 2 mm di lato in modo da avere una trasmissione di circa il 90%. Ogni quadrante contiene 5 di tali bandierine. Altre sono state sistemate nelle sezioni diritte.

Gli elettrodi raccoglitori sono sistemati alla fine di ogni quadrante nelle sezioni diritte. Questi elettrodi raccoglitori (pozzi di Faraday), che vengono adoperati durante il primo giro, sono di uno spessore tale da frenare tutti gli elettroni iniettati. Ogni volta che il fascio di elettroni colpisce l'elettrodo, si ha un impulso di corrente. Confrontando tali impulsi all'uscita di ogni quadrante a partire dalla bocca del deflettore si può ricavare la trasmissione di ciascun quadrante.

Gli elettrodi ad induzione sono costruiti a forma tubolare con una apertura dello stesso ordine dell'apertura della ciambella. Ogni volta che il fascio attraversa tale elettrodo induce sulle sue pareti, essenzialmente per induzione elettrostatica, una carica elettrica che può essere rivelata con un impulso di tensione. Con questo tipo di rivelatore che non perturba il fascio si può seguire il funzionamento della macchina confrontando ad esempio su di un oscillografo l'altezza degli impulsi ed ogni ciclo di accelerazione.

Riferirà ora QUERCIA sull'impiego di questi strumenti nella ricerca del fascio.

2. - Come precedentemente è stato esposto, l'installazione definitiva di molte parti del Sincrotrone è ormai completata e collaudata. In attesa del nuovo iniettore Van de Graaff da 3 MeV dagli Stati Uniti, circa un mese fa, e precisamente tra l'8 e il 16 Ottobre, abbiamo creduto opportuno compiere delle prime esperienze di iniezione di elettroni entro il Sincrotrone. Naturalmente allora disponevamo dell'iniettore Cockcroft e Walton, che consentiva un fun-

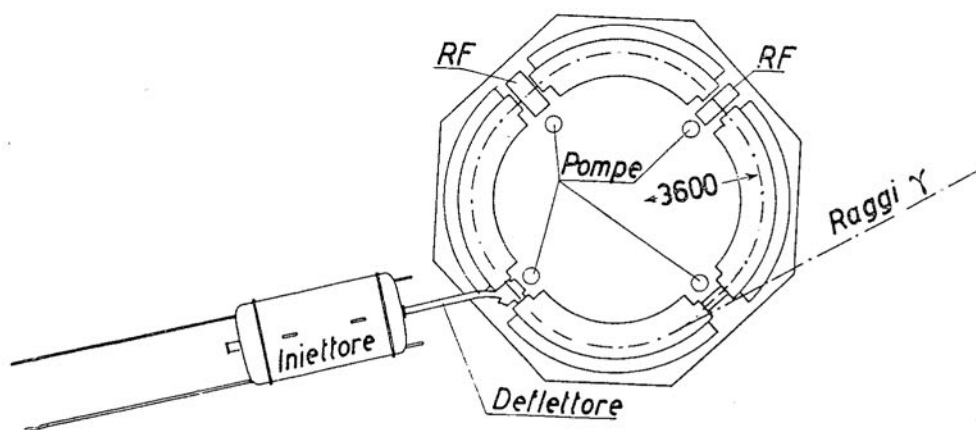


Fig. 4. - Pianta schematica del sincrotrone.

zionamento stabile solo alla energia tra 1 ed 1.2 MeV, mentre, come è noto, il Sincrotrone è studiato per una energia di iniezione di almeno 2 MeV.

A valori così bassi della energia corrisponde un campo magnetico sull'orbita principale dell'ordine di 14 G; è facile prevedere che ad un valore così basso di campo le disuniformità di distribuzione di esso sono notevolmente esaltate. Pertanto ne risultano aumentate le difficoltà di mantenere il fascio entro la ciambella. Nonostante questi prevedibili inconvenienti, come dicevo, abbiamo ugualmente fatto delle prove di iniezione, le quali hanno fornito dei risultati abbastanza soddisfacenti. Penso che sia interessante riferire brevemente taluni di questi risultati.

Per seguire la successione delle operazioni è utile seguire la Fig. 4 che rappresenta una pianta schematica del Sincrotrone.

- Come ho detto, in tutte queste prove l'energia di iniezione era compresa tra 1.0 ed 1.2 MeV.
- Gli elettroni venivano emessi dall'iniettore per impulsi della durata di 5 μ s.
- In queste condizioni si aveva, aggiustando le lenti magnetiche lungo il tubo di iniezione, un fascio di circa 2×2 mm² di sezione, misurato all'ingresso circa del deflettore. La corrente impulsiva, misurata nella medesima posizione era di circa $(200 \div 300)$ μ A.
- Una volta aggiustato il fascio all'ingresso del deflettore elettrostatico, si è trovata la posizione corretta per il deflettore stesso, e per tentativi il valore necessario per la tensione tra le armature del deflettore.

Questi aggiustamenti sono risultati piuttosto immediati, ed abbastanza facilmente si è ottenuto il fascio all'uscita del deflettore.

- Per cominciare ad osservare le traiettorie degli elettroni nella ciambella si è eccitato il magnete in corrente continua a circa 14 G. Si è quasi immediatamente osservato un primo giro completo degli elettroni nella ciambella, semplicemente aggiustando il valore del campo e l'angolo di iniezione del deflettore.

Il passaggio del fascio di elettroni veniva per esempio osservato con un elettrodo ad induzione posto nella sezione dritta libera.

Le dimensioni del fascio e la posizione di esso successivamente nei vari quadranti, sembravano indicare un valore medio di n (indice del campo) prossimo al valore desiderato.

Quantitativamente si è osservato che l'intensità del fascio rimaneva attenuata del 30% tra l'ingresso al deflettore e l'uscita dal I° quadrante.

Tra l'ingresso del I° quadrante e l'uscita del II° quadrante si è osservata una attenuazione del 50%.

Ciò senza introdurre correzioni di campo sui quadranti.

— Mediante l'impiego di un deflettore elettrostatico disposto all'uscita dell'iniettore, e che noi chiamiamo chopper, è possibile fare entrare nella macchina un breve fiotto di elettroni di durata confrontabile col periodo di rivoluzione degli elettroni nella ciambella o minore di detto periodo.

Usando il chopper è stato possibile individuare su un elettrodo raccoglitore trasparente, l'impulso dovuto al 1° giro degli elettroni nella macchina. La presenza di un secondo giro è stata confermata anche dalla osservazione diretta sulle bandierine fluorescenti. (La fotografia a colori proiettata mostra le due macchie verdi osservate su di una bandierina fluorescente, corrispondenti al 1° ed al 2° giro degli elettroni nella ciambella).

Avendo trovati soddisfacenti questi risultati di iniezione a bassa energia con eccitazione del magnete in continua, abbiamo tentato di ripetere le medesime esperienze portando il magnete alla piena eccitazione (corrente continua + corrente alternata) corrispondente alla energia massima degli elettroni pari a 1 000 MeV.

In questa seconda serie di misure, che indicherò brevemente come misure in alternata, si è osservato che erano necessarie alcune correzioni, e precisamente:

- il flusso disperso alle testate della sezione dritta di iniezione deve essere neutralizzato con avvolgimenti attorno al tubo di iniezione, per evitare che il fascio venga deviato prima del deflettore.
- è necessario usare delle correzioni predisposte del campo magnetico alle testate di uscita e di ingresso nei 4 quadranti, per aggiustare gli angoli di uscita e di ingresso radiali e verticali del fascio in uscita ed ingresso.
- l'istante d'iniezione deve essere accuratamente sincronizzato con il valore corretto del campo magnetico che sale con una velocità di circa 0.13 G/ μ s.

Il sincronizzatore principale elettronico installato si è dimostrato adeguato allo scopo.

Come risultato si è osservato il fascio di elettroni circolante nella macchina almeno per un giro. L'osservazione ha dato indicazioni, della presenza di un secondo giro di elettroni anche in questo caso.

Il 16 Ottobre si sono interrotte queste prove preliminari per consentire l'installazione del nuovo iniettore.

Nel frattempo è stata conclusa l'installazione dell'impianto a radio frequenza modulata [6], che già era stato lungamente collaudato (vedi Fig. 5).

Procede ora, insieme alla installazione del sistema di controllo remoto dell'iniettore, ottica, e deflettore, l'installazione dell'impianto a radio frequenza di potenza.

Anche questo impianto è stato a lungo collaudato, ed ha fornito una tensione di picco a radio frequenza tra le armature della cavità riso-

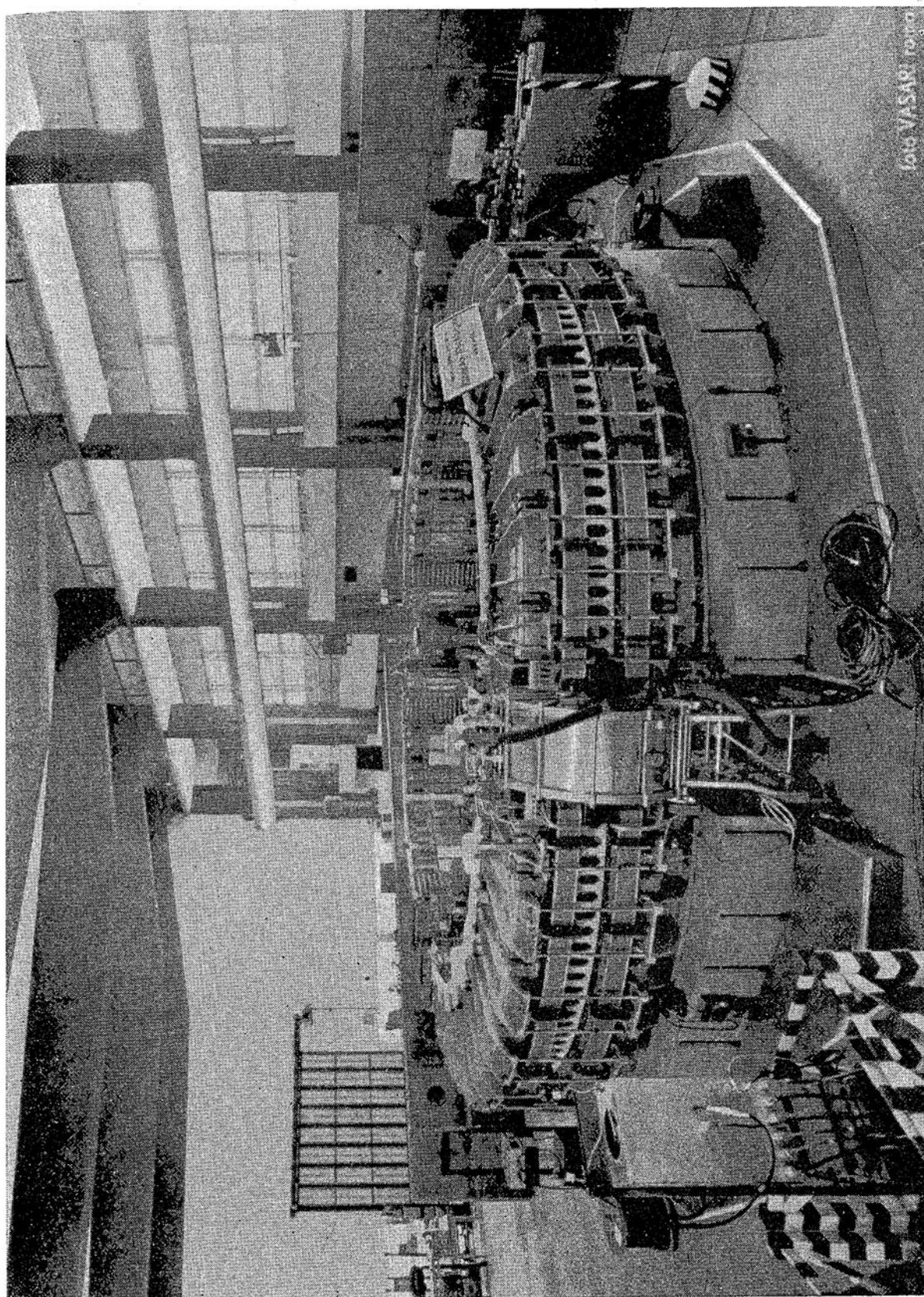


Fig. 5. -- La macchina vista nel suo insieme: in primo piano l'impianto a radio frequenza modulata.

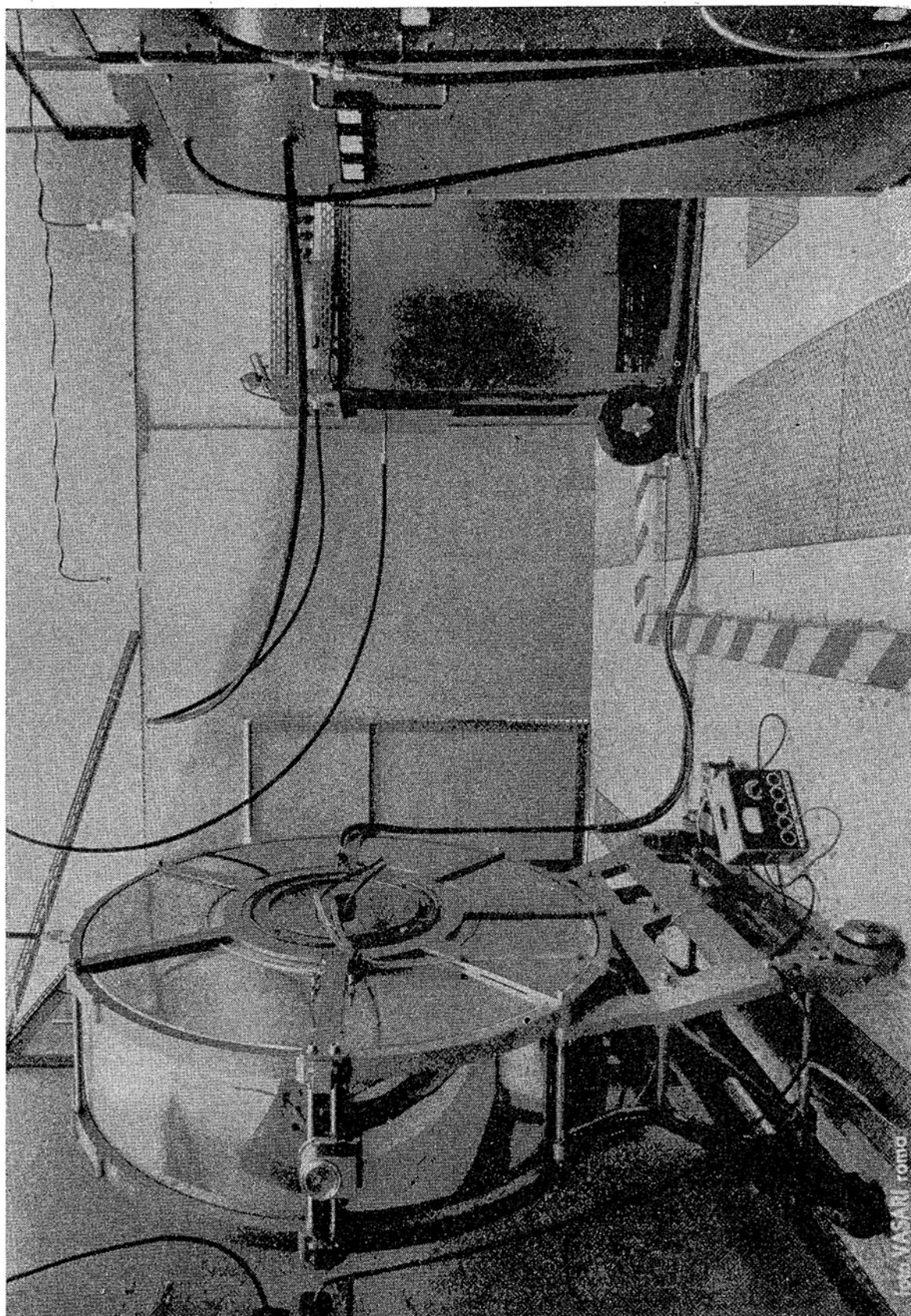


Fig. 6. — Vista della cavità risonante di potenza.

nante, pari a 60 kV. Valore sufficiente per l'accelerazione degli elettroni sino a 1000 MeV [7].

Le Figg. 6 e 7 mostrano la cavità di potenza.

Come ho accennato sono ora in corso di installazione i due impianti di radio frequenza che su comando proveniente dal Sincrotrone principale entrano successivamente in azione per accelerare gli elettroni ad ogni ciclo della macchina.

Non è escluso che nel passaggio dall'accelerazione della prima cavità a quella della seconda una certa percentuale degli elettroni del fascio venga perduta, per il cambiamento di fase del campo a radio frequenza. Abbiamo pensato di ovviare a tale possibile inconveniente mediante l'uso di un impianto di Radio Frequenza che faccia uso di un oscillatore pilota unico che comandi le due distinte catene di amplificazione. Questa disposizione consente di tenere rigorosamente in fase le oscillazioni nelle due cavità, al momento dello scambio. Questo impianto è attualmente in fase di collaudo, ed è pronto per essere installato se se ne presenterà la necessità.

Ci sarebbe parecchio da dire circa i singoli dispositivi elettronici che installati in sala controllo consentono di comandare e verificare i valori dei vari parametri della macchina durante il suo ciclo di funzionamento. Tra quelli che non sono già stati pubblicati in letteratura [8] mi limiterò a ricordare i seguenti:

a) apparecchi per la misura dinamica del valore istantaneo della frequenza della radio frequenza modulata, (precisione 0.1% - linearità su 2 MHz) [9].

b) indicatore numerico del valore massimo raggiunto dal campo magnetico sull'orbita principale (misura ogni 0.5 s - precisione circa 30 G su circa 10 000).

c) misuratore dinamico del campo magnetico tra 0 e 120 G per il controllo del sincronizzatore principale [10].

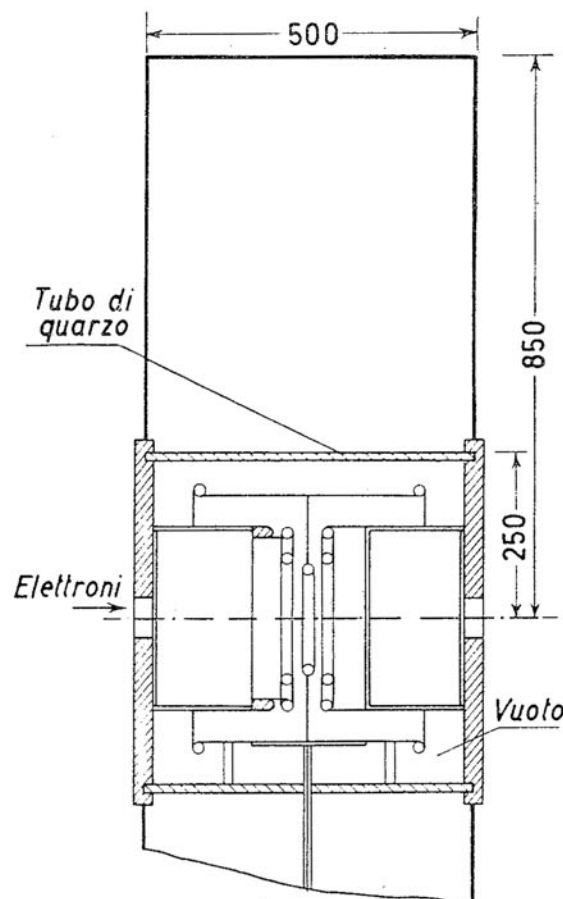


Fig. 7. - Sezione schematica della cavità di potenza.

A questi apparecchi, di natura particolare, occorrerebbe aggiungere le apparecchiature più convenzionali che consentono il comando e controllo remoto del Sincrotrone dalla sala controllo. Tali apparecchiature sono progettate in vista della possibilità di ridurre al minimo le operazioni necessarie per l'avviamento della macchina, e con lo scopo di rendere con la massima evidenza, sotto forma numerica dove possibile, le informazioni relative ai valori assunti dai diversi parametri che influenzano il funzionamento del Sincrotrone.

3. - Abbiamo dato un quadro aggiornato sulla situazione dei lavori per la macchina. Facciamo ora qualche previsione sulla immediata attività futura e sul programma sperimentale in corso. Parleremo quindi di cose realizzate oltre che a Frascati negli Istituti delle Università italiane.

Come è noto, l'iniettore del tipo di Cockcroft e Walton preparato in Italia ha avuto un ritardo nella sua messa a punto, e perciò impiegheremo in questi mesi un Van de Graaff da 3 MeV acquistato negli Stati Uniti. Questo Van de Graaff è adesso in montaggio e la nuova ricerca del fascio con esso inizierà tra pochi giorni.

Per quanto riguarda l'altro iniettore, il Cockcroft e Walton costruito all'Istituto Superiore di Sanità, è da dire che esso ha dimostrato, pur a bassa energia (iniezione ad 1 MeV, come già chiarito), qualità uniche di intensità e stabilità. È perciò probabile che esso sia il nostro iniettore finale quando la sua messa a punto sarà terminata. Uno dei due acceleratori sarà comunque usato nel futuro dal Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari per ricerche di biologia e di fisica nucleare a bassa energia.

Riferisco ora sullo stato della preparazione delle apparecchiature generali necessarie alle esperienze con la macchina. È da dire in linea di massima che la preparazione delle esperienze è un pò arretrata rispetto allo stato attuale della macchina. Qui è da osservare che all'inizio (1953) solo la costruzione della macchina era affidata alla sezione « Acceleratore » e le apparecchiature generali per le esperienze dovevano essere divise tra le sezioni dell'I.N.F.N. [11]. Varie ragioni, piuttosto valide, hanno portato a riversare direttamente sulla sezione « Acceleratore » il carico di dette opere.

Apparecchiature per il fascio γ - In un primo tempo almeno non si estrarrà il fascio di elettroni ma si faranno ricerche col fascio γ estratto per urto degli elettroni contro un bersaglio interno. Il bersaglio interno sarà una piastrina mobile o no ormai in avanzata preparazione.

La calibrazione del fascio γ . - È ormai pronta una camera di ionizzazione per la misura della energia totale del fascio γ . Questa camera è del tipo inventato da R. Wilson di Cornell con alcune significative modifiche. Con essa, essendo $N(k)dk$ il numero di fotoni di energia compresa tra k e $k + dk$ ad ogni

impulso, si può misurare l'energia totale U :

$$U = n \int_{k=0}^{k_{\max}} k N(k) dk,$$

del fascio γ irradiata in n impulsi.

L'energia totale del fascio è un numero necessario per conoscere il valore assoluto della sezione d'urto di ogni processo fotonico. Per questo conviene ricavare U per più di una via. Abbiamo quindi in preparazione un altro strumento (curato dal prof. R. CIALDEA dell'Università di Roma): il calorimetro a mercurio. Il fascio γ viene assorbito in una massa di mercurio, e la U si ritrova come variazione della energia interna del mercurio, del quale si misura quindi la dilatazione. Occorre una sensibilità corrispondente a circa 1/1000 di grado, e questa sensibilità è stata raggiunta.

Lo spettrometro a coppie. — Per una conoscenza completa del fascio è necessario misurare sperimentalmente la funzione $N(k)$. Questa analisi si fa con uno spettrometro per coppie di elettroni [12]. Il tipo da noi in preparazione è indicato nella Fig. 8.

Il magnete è del tipo a mantello, che arriverà ad un campo massimo di 20000 G. Gli elettroni sono rivelati con due canali di contatori (una coincidenza doppia per ognuna delle due particelle) posti in coincidenza rapida. La parte elettronica è particolarmente curata dal CELE.

I magneti per le esperienze. — Questi magneti sono stati preparati per le particolari esperienze che tra poco diremo. Data però la loro polivalenza, li descriviamo ora in questa lista.

Magnet analizzatori [13]. — Sono stati in questi giorni ultimati due magneti analizzatori del tipo di Fig. 9.

Essi possono arrivare ad un campo massimo di 16000 G, in un traferro di $80 \times 40 \times 20$ cm³: le traiettorie dei piani di 100 MeV/c hanno quindi in essi una curvatura di circa due metri.

È in avanzato progetto un magnete per camera a diffusione (Università

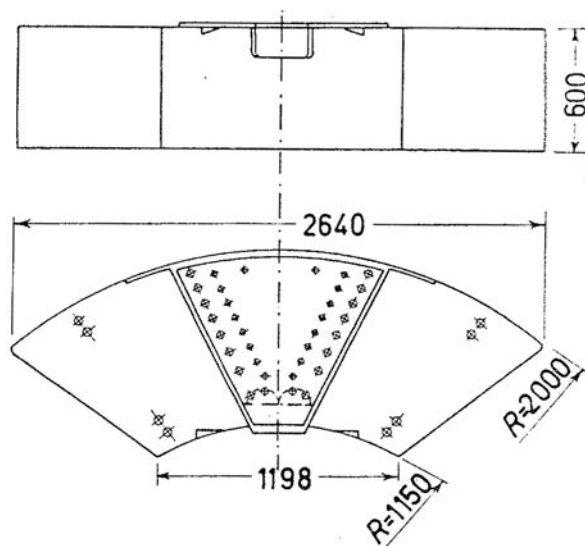


Fig. 8. — Vista e sezione orizzontale dello spettrometro a coppie.

di Genova) del tipo indicato nella Fig. 10, e delle seguenti caratteristiche:

- campo max 15 000 G (bobine in parallelo, 150 V);
- potenza circa 500 kW;
- regione utile con campo costante entro il 3%: diametro di 70 cm, altezza circa 20 cm.

Altri magneti minori sono anch'essi in costruzione o già costruiti nei nostri Laboratori. Anzi è da dire che abbiamo ritenuto conveniente aprire a Frascati un Servizio Magneti. Questo servizio costruirà i magneti per noi occorrenti, ma ha anche il compito di studiare nuovi progetti e di

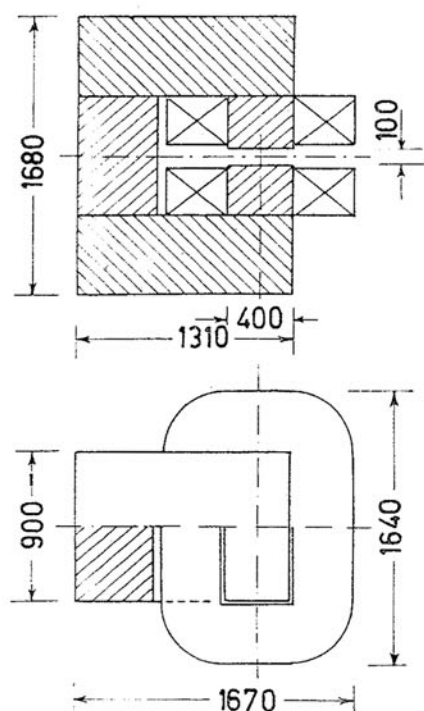


Fig. 9. - Sezione verticale e orizzontale di uno dei magneti analizzatori da 15 000 G.

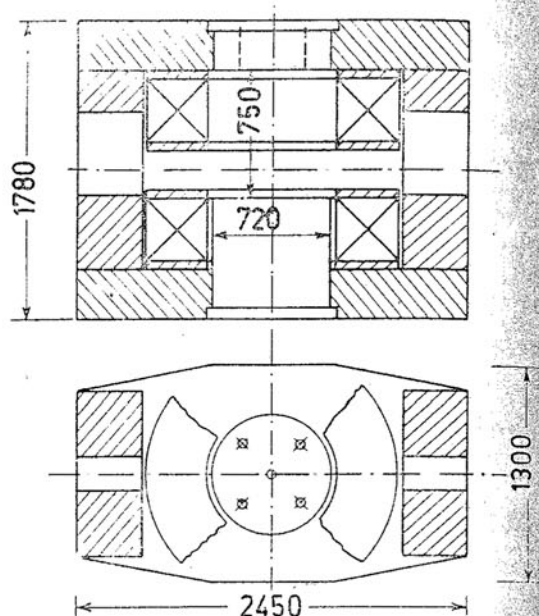


Fig. 10. - Sezione verticale e orizzontale del magnete per la camera a diffusione.

esaminare a fondo le possibilità che la tecnica offre per realizzare campi magnetici sempre più intensi quali occorrono ad esempio, pulsanti, per la fisica con le lastre.

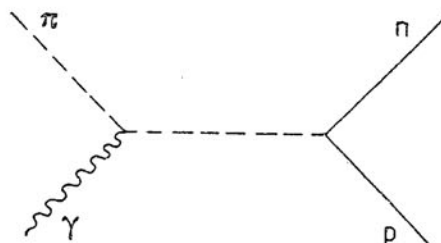
Bersagli a H_2 liquido. - Si sta realizzando (pronta per la fine dell'anno) una « targhetta » a H_2 liquido con raffreddamento a vapore di elio. Altre targhetta a H_2 liquido di tipo più semplice sono già state realizzate e sono pronte per l'impiego sul fascio.

Diamo ora un breve quadro di alcune delle esperienze in avanzata costruzione o in progetto da compiersi con la nostra macchina. Citeremo i nomi dei fisici che le stanno particolarmente studiando, e ci hanno fornito le riferite informazioni:

a) *Fotoproduzione singola di pioni positivi in H_2* (BENEVENTANO, FINOCCHIARO, FINZI, MARCONERO, MEZZETTI, SCHAERF dell'istituto di Fisica di Roma).

Scopo dell'esperienza è la conoscenza della sezione d'urto differenziale per il processo: $\gamma + p \rightarrow n + \pi^+$.

Particolarmente interessanti saranno gli angoli piccoli (minori di 30°) di emissione del pione. L'interesse per i piccoli angoli è dovuto al fatto che gli effetti del termine di interazione diretta corrispondente al diagramma



sono messi particolarmente in evidenza.

Ad alte energie è interessante confrontare i risultati sperimentali con quelli predetti da teorie nelle quali il nucleone fisico è trattato come puntiforme.

Per quanto riguarda l'intensità di conteggio possiamo dire che i pioni contati dovrebbero essere circa 700 all'ora se si fanno le seguenti ipotesi:

- spessore targhetta di H_2 liquido 5 cm ($2 \cdot 10^{23}$ atomi/cm²);
- spessore della targhetta interna dell'elio: 1/10 lung. rad.;
- elettroni per impulso 10^{10} ;
- ampiezza di ogni « canale » di energia dei γ : 50 MeV;
- sezione d'urto differenziale: circa 10^{-30} cm²/sr.

Il dispositivo sperimentale è dato nella Fig. 11. Essenzialmente si misura il vet-

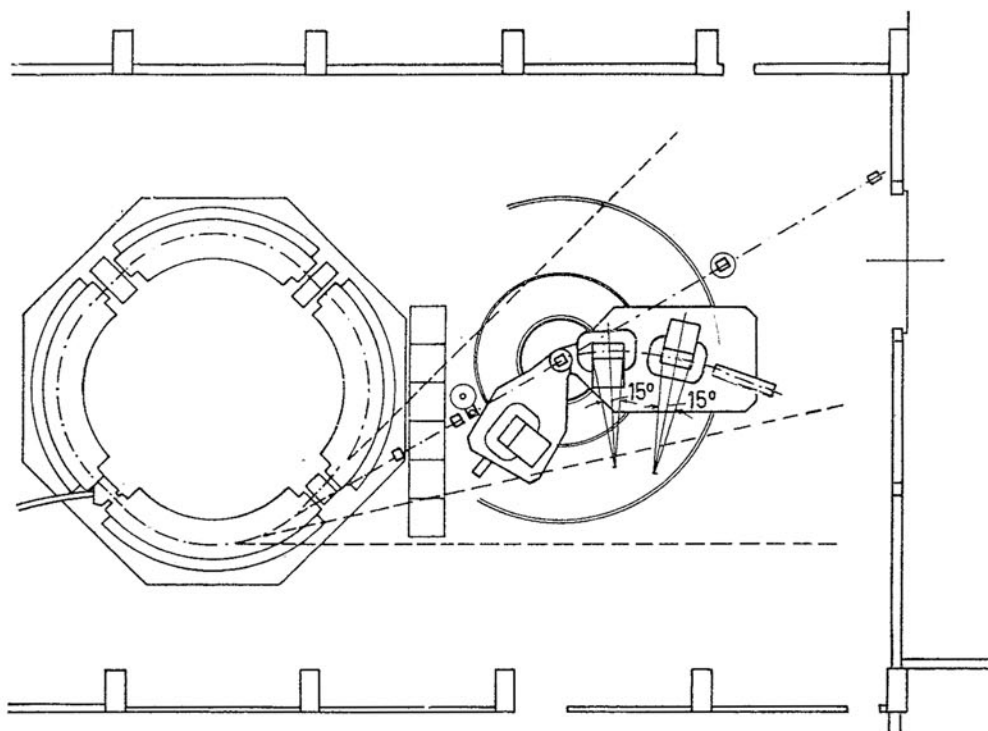


Fig. 11. — Disposizione per la rivelazione di pioni positivi fotoprodotti in idrogeno.

tore impulso del mesone π^+ analizzandolo con due magneti del tipo già descritto.

Come si vede in figura il pione è individuato con contatori a scintillazione; in una misura di questo tipo è essenziale distinguere i pioni dagli elettroni positivi e dai mesoni μ . La distinzione dagli elettroni è affidata ad un contatore di Čerenkov a gas, sensibile solo a particelle ultrarelativistiche, in questo caso elettroni di almeno 100 MeV/c.

Questo contatore è descritto in una delle comunicazioni a questo Congresso.

Questa esperienza è ormai in uno stato avanzato di preparazione; in particolare sono già pronti i contatori a scintillazione liquidi e plastici, ed i magneti.

b) Ricerche sui fattori di forma ed i limiti di validità dell'Elettrodinamica.

Le esperienze del tipo di quelle svolte da Hofstadter e coll. (urto elastico elettrone-nucleone) o come quelle di PANOFSKY e coll. (produzione di coppie con elevato trasferimento d'impulso) sono ormai da porsi tra le più interessanti della fisica nucleare ad alta energia. In questa direzione stanno particolarmente progettando esperienze, sotto la guida teorica di di BUDINI e REJNA, i fisici GRILLI, POIANI, GREENING e KUSTHACER delle Università di Padova e Trieste.

Il programma più ambizioso sarebbe lo studio della bremsstrahlung degli elettroni a grande angolo. Il fascio di elettroni sarebbe quello stesso circolante nella macchina; il bersaglio dovrebbe essere l'H liquido posto in una delle sezioni dritte della macchina.

Questo programma è bello ed ambizioso, perchè permette di indagare sul fattore di forma del nucleone e sulla validità dell'elettrodinamica a piccole distanze d'urto. Sono concordi però gli sperimentali di Padova ed i fisici di Frascati sulle difficoltà di tale ricerca almeno in un primo tempo di vita della macchina.

Altre ricerche di più sicura realizzazione sta considerando, in un certo senso come preparazione a queste, il gruppo di Padova-Trieste suddetto. In particolare sta progettando lo studio della dipendenza da Z (numero atomico del convertitore) della sezione d'urto totale e differenziale della bremsstrahlung per elettroni positivi e negativi. Gli elettroni positivi si possono ovviamente ottenere per conversione del fascio γ in un convertitore posto davanti ad un magnete o addirittura dentro la ciambella del Sincrotrone.

c) Fotoproduzione singola e multipla di mesoni in una camera a diffusione dotata di campo magnetico (GIGLI e coll. dell'Università di Genova). Una prima camera a diffusione è già pronta. Il magnete per essa, e da noi già descritto, è in preparazione a Frascati.

Queste ricerche richiamano vivamente quelle di COCCONI e coll. fatte a Cornell con una camera a diffusione, con una statistica che sicuramente ma molto lentamente si accresce. Per molti riguardi la camera a diffusione è uno strumento di qualità uniche. La camera riempita di deuterio ad esempio permetterà uno studio completo del processo

$$\gamma + n \rightarrow \pi^- + p.$$

Lo studio è completo poichè si potrà misurare anche l'impulso generalmente piccolo ceduto al protone « spettatore », del deuterio, contribuendo quindi a risolvere la questione del grado d'indipendenza del neutrone urtato dal suo legame deuteronico.

Ancora ad esempio può dirsi che lo studio della fotoproduzione multipla, cioè del processo

$$\gamma + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + p,$$

permetterà di dare precise curve di eccitazione con una descrizione cinematica completa.

d) *Ricerche sui processi elettrodinamici di bremsstrahlung e produzione di coppie nei cristalli* (Laboratori di Frascati). Già da tempo è noto e qualitativamente dimostrato che la sezione d'urto di bremsstrahlung per elettroni di alta energia è diversa da quella di Bethe e Heitler se si usa come radiatore un monocristallo. Questo può spiegarsi con il fatto che l'impulso q trasmesso al nucleo nella direzione dell'elettrone è molto piccolo, per cui la lunghezza d'onda associata $\lambda \approx h/q$ è abbastanza grande, da comprendere diverse distanze reticolari. Questo produce una interferenza tra i nuclei ordinati del reticolo, che può esaltare o diminuire la sezione d'urto.

ÜBERALL ha recentemente calcolato in approssimazione di Born le sezioni d'urto per bremsstrahlung o produzione di coppie in monocristalli di Rame, Platino, Diamante.

Nella Fig. 12 si ha la distribuzione in energia delle coppie emesse in Cu da un fotone da $k=1$ GeV. In ascissa è data $y = E^+/k$ (E^+ , energia del positone).

Come si vede, confrontando con la sezione d'urto calcolata per materiale amorfo da BETHE ed HEITLER, si ha un aumento della sezione d'urto del 10% in condizione di energia equipartita tra i due rami, per un angolo θ . Si indica con θ l'angolo (in milliradiani) tra la direzione del fotone primario e quella dell'asse cristallino (in questo caso l'asse 1,00).

Questi risultati teorici, ed altri sulla bremsstrahlung che non stiamo a riportare, possono essere verificati con la nostra macchina. In base ad essi non è escluso che si possa ottenere un fascio γ parzialmente polarizzato (p.e. al 20%) e di intensità elevata, più alta di quella sino ad ora ottenuta con altri metodi, ed impiegabile in varie ricerche.

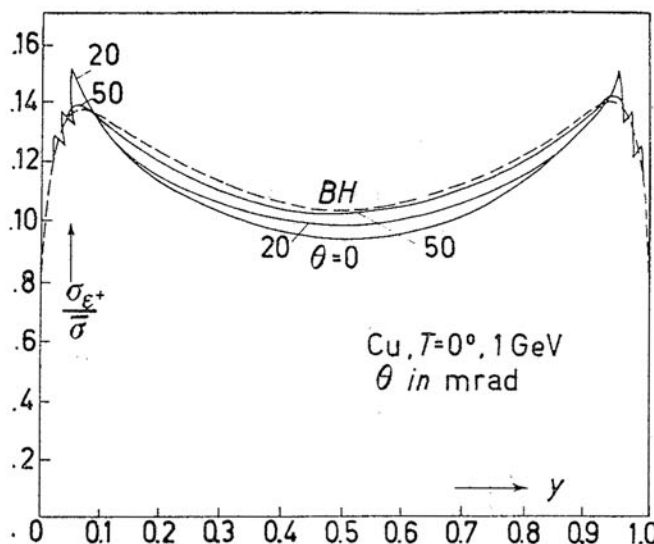


Fig. 12. - Distribuzione in energia delle coppie emesse in rame da un fotone di 1000 MeV.

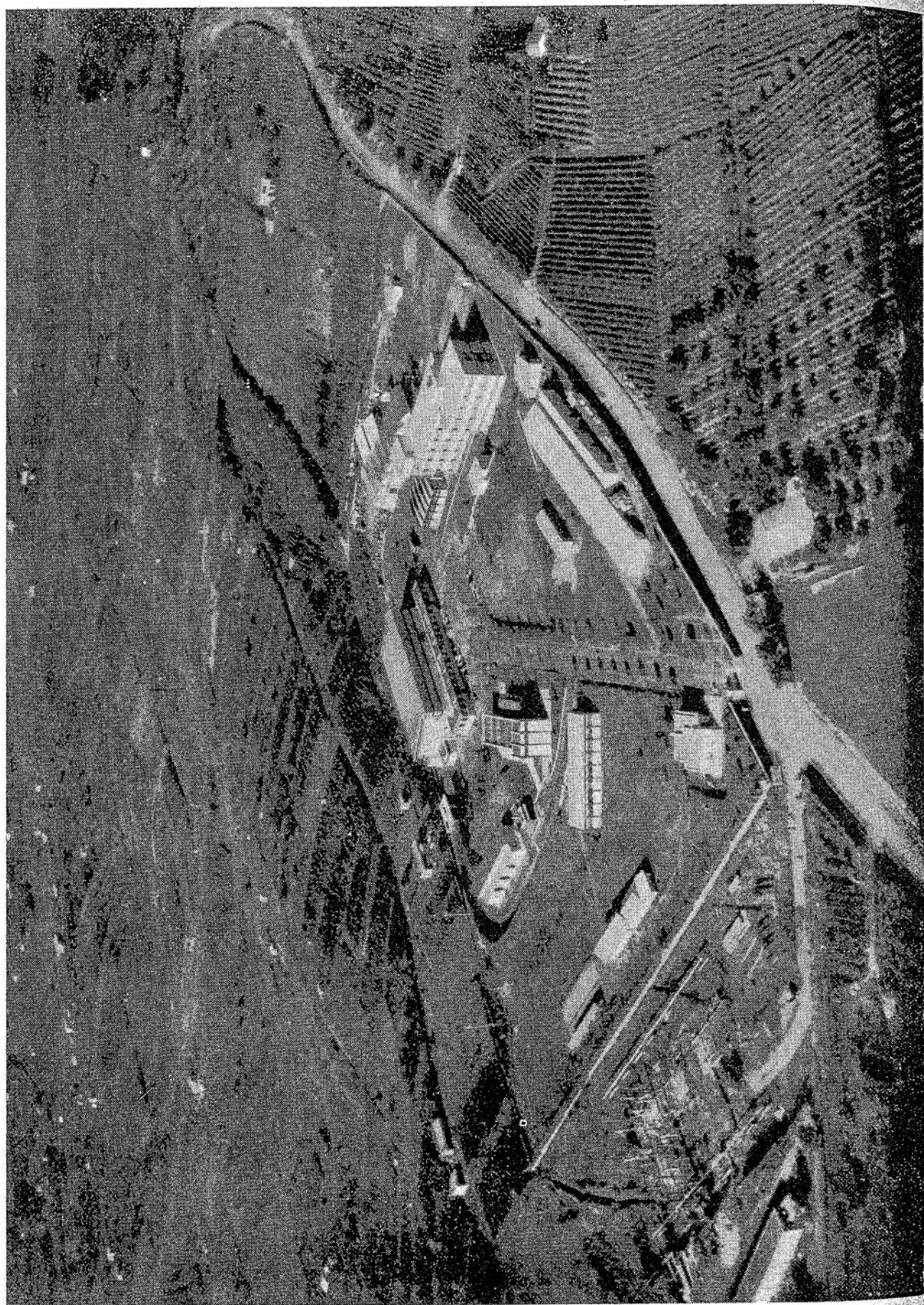


Fig. 13. Vista generale dei Laboratori di Frascati.

Quale prima esperienza in questo ordine di ricerche, curata e preparata particolarmente da DIAMBRINI, si conta di misurare la produzione di coppie in un monocristallo di Silicio, già in nostro possesso.

In particolare si tratta di misurare la sezione d'urto a diversi angoli e di confrontarla con un convertitore amorfo e con la teoria.

Il nostro programma nei mesi futuri risulta abbastanza ovviamente da quanto abbiamo raccontato.

Per quanto riguarda la macchina, si tratta di ottenere la massima energia nel più breve tempo possibile, e con un'intensità, all'inizio, non troppo bassa.

È chiaro che una macchina nucleare non è mai finita e che un obbiettivo importante quanto l'energia è l'alta intensità. Per questo non faremo l'errore di disfare il gruppo che ha costruito e fatto funzionare la macchina, dopo il primo funzionamento di questa.

Per quanto riguarda le esperienze occorre accelerarne la preparazione, per esser pronti ad usare la macchina.

A macchina ultimata converrà forse per i Laboratori di Frascati modificare alcuni tratti della loro attuale fisionomia. Non saranno più come ora assolutamente prevalenti le esigenze per una realizzazione rapida e specifica, e potremo dedicare i laboratori con maggiore liberalità alla ricerca scientifica. Questo significherà apportare nei mesi venturi alcune importanti variazioni quali:

- aver attivo in Frascati un gruppo teorico;
- aumentare il numero dei tecnici di Laboratorio;
- cercare, con lezioni, seminari, intensi scambi scientifici e, s'intende con lo studio, di avere in Frascati idee chiare o almeno non confuse e generiche sulle ricerche che conviene fare e che possiamo fare.

Concludiamo dando in Fig. 13 una vista generale aerea dei Laboratori di Frascati.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. SALVINI: *Caratteristiche dell'elettrosincrotrone Italiano da 1000 MeV* (Rel. int. no. G 19, 14 Novembre 1955); M. AGENO, A. ALBERIGI, F. AMMAN, C. BERNARDINI, G. CORAZZA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, E. PERSICO, M. PUGLIESI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI, G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, G. SCACCIA-SCARAFONI, P. G. SONA, R. TOSCHI and A. TURRIN: *The 1100 MeV electron-synchrotron of the National Laboratories of Frascati. Present state of work and scientific program.* (Presented by G. SALVINI at the 2nd World Conference, Geneva, September 1958). (Rel. int. no. 5 25 Settembre 1958).
- [2] G. DIAMBRINI PALAZZI: *Nuovo Cimento*, **3**, 336 (1956). G. DIAMBRINI PALAZZI: (*CERN Symposium Proceedings*, Vol 1 (Geneva, 1956), p. 471.
- [3] G. SALVINI and G. SANNA: (*CERN Symposium Proceedings*, Vol. 1 (Geneva, 1956), p. 458.

- [4] G. CORAZZA: *Constructive data for the planning, development and construction of the doughnut of the Italian electro-synchrotron* (Rel. int. no. DO 15 20 Gennaio 1957).
- [5] A. ALBERIGI QUARANTA e C. BERNARDINI: *Considerazioni preliminari concernenti lo studio e la ricerca del fascio* (Rel. int. no. T 30 10 Aprile 1957); A. ALBERIGI QUARANTA e C. BERNARDINI: *Schema delle operazioni di ricerca del fascio a bassa energia*. (Nota int. no. 2, 7 Maggio 1958).
- [6] A. ALBERIGI, F. LEPRI, M. PUGLIESI e I. F. QUERCIA: *L'impianto di radio frequenza modulata in frequenza per l'elettrosincrotrone Italiano da 1000 MeV. - Parte I: Generalità e controllo frequenza* (Rel. int. no. R 12, 15 Febbraio 1957).
- [7] C. BERNARDINI: *Numerical calculations on the influence of the radiation fluctuations on the beam's intensity for weak focusing synchrotron* (Rel. int. no. T 29, 1 Aprile 1957).
- [8] I. F. QUERCIA: *Sull'uso di un integratore elettronico per misure di campo magnetico* (Rel. int. no. M 64, 28 Luglio 1955); G. GHIGO and I. F. QUERCIA: *Nucl. Instr.* **1**, 57 (1957).
- [9] I. F. QUERCIA: *Circuiti elettronici per la misura dinamica di una radio frequenza rapidamente variabile* (Rel. int. no. R 14, 21 Luglio 1957).
- [10] I. F. QUERCIA: *Electronic apparatus for the measurements of dynamic fields* (Rel. int. no. M 72, 26 Giugno 1958).
- [11] *Esperienze in progetto per l'elettrosincrotrone*. - I. Verbale della riunione tenutasi a Roma presso l'Istituto di Fisica dell'Università nei giorni 1 e 2 Ottobre 1956. (Rel. Sezione Acceleratore dell'I.N.F.N.); *Esperienze in progetto con l'elettrosincrotrone*. - II. Verbale della riunione tenutasi a Roma presso l'Istituto di Fisica dell'Università nei giorni 25 e 26 Gennaio 1957 (Rel. Sezione Acceleratore dell'I.N.F.N.).
- [12] M. BENEVENTANO, U. PELLEGRINI, B. RISPOLI, G. SACERDOTI, P. G. SONA e R. TOSCHI: *A γ -ray spectrometer for energies up to 1 GeV* (Rel. int. no. AS, 9 21 Ottobre 1958); M. BENEVENTANO e A. TURRIN: *Promemoria sulla progettazione dei contatori per lo spettrometro a coppie dei laboratori di Frascati*. (Nota int. no. 4, 3 Ottobre 1958).
- [13] P. G. SONA: *Ottica degli analizzatori magnetici nell'approssimazione di Gauss. Applicazione ad un analizzatore da 100 MeV/c. Considerazioni sull'uso della tecnica del filo per la temperatura* (Nota int. n. 3, 15 Settembre 1958).