

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-57/6 (25. 5. 57)

ESPERIENZE IN PROGETTO CON L'ELETTROSINCROTRONE. III
(Verbale della riunione, Roma, 25,26/1/57).

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

SEZIONE ACCELERATORE -

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 '57.

Questa riunione, richiesta dagli interessati, è stata indetta per proseguire la discussione, iniziata nella precedente riunione dell'1-2 ottobre 1956, su alcune esperienze che si potranno fare con l'elettrosincrotrone italiano, sull'attrezzatura generale per le esperienze, e per informare sullo stato dei lavori per la macchina italiana.

Il programma della riunione contiene cinque gruppi di relazioni:

- A) Informazioni sulla macchina.
- B) Relazioni sulle attrezzature di interesse generale.
- C) Progetti di esperienze e considerazioni relative.
- D) Relazioni varie.
- E) Accordi per il futuro.

N.B. - Le relazioni riportate sono state copiate dai testi inviatici dagli stessi relatori successivamente alla riunione o riprese dal registratore e rivedute dagli interessati.

Mattinata del 25 Gennaio 1957.

Presidente : Prof. A. Rostagni.

Iniziano le relazioni del gruppo A) -

- 1- SALVINI: presenta una relazione sullo stato dei lavori per l'Elettrosincrotrone Italiano.

Situazione dei lavori - Quadro dei tempi aggiornato - Problemi da risolvere (G. Salvini).

In questa relazione riferiremo su:

- 1) Lo stato attuale dei lavori per la nostra macchina e l'ordine del nostro futuro lavoro.
- 2) Le prime risposte alle domande già fatte o che ovviamente si faranno dagli sperimentatori ai macchinisti.
- 3) Le decisioni da prendere in questo periodo, o comunque al più presto, e le questioni aperte che attendono soluzione.
- 4) Le difficoltà particolari che noi possiamo prevedere.

- * -

- 1) Lo stato attuale dei lavori per la nostra macchina e l'ordine del nostro futuro lavoro.

La situazione attuale dei lavori ed il quadro dei tempi, sono indicati nello schema in fondo alla presente relazione. Questo schema è più particolareggiato del quadro dei tempi precedente (ottobre 1955) e contiene anche attività che soltanto recentemente si sono prese in considerazione. Passiamo rapidamente in rassegna le varie voci.

Magnete e sua alimentazione. Sono terminate solo poche settimane or sono le misure magnetiche sul metro campione. Queste misure sono state eseguite a Genova, presso la Ditta Ansaldo San Giorgio che costruirà il magnete. Esse sono risultate, come del resto era da prevedere, delicate e difficili per i numerosissimi punti incogniti che si sono dovuti considerare. Una estesa relazione su queste misure verrà pubblicata in un periodo di maggior respiro, e si pensa che ne valga la pena per l'originalità dei metodi e degli strumenti impiegati.

Attualmente si stanno preparando le misure magnetiche (fase di automazione) da eseguire sul magnete del Sincrotrone appena esso sia stato montato, e ci si prepara alle misure magnetiche di controllo su ciascun componente del magnete. Queste ultime misure serviranno a precisare l'ordine più conveniente nella composizione del magnete.

In questi mesi si è dovuto radicalmente cambiare il progetto delle bobine di alimentazione, poichè le bobine precedentemente progettate sono risultate troppo massicce e quindi sede di intense correnti parassite perturbatrici. Il problema delle nuove bobine sembra ormai risolto, e con questo dovremmo sciogliere la riserva sul tempo del magnete sollevata nella riunione dell'1-2 ottobre '56.

Gli imprevisti e l'allungamento del periodo dedicato alle misure magnetiche sul metro campione non hanno sostanzialmente mutato le previsioni di tempo per il magnete e la sua alimentazione. Si prevede di avere il magnete montato, pronto per le prove di eccitazione, alla fine del prossimo settembre, con un mese di ritardo quindi rispetto al quadro di due anni or sono.

A proposito di misure magnetiche, è questa l'occasione per far presente che la nostra Sezione è oggi in grado di eseguire misure di campi magnetici continui o variabili nel tempo, come probabilmente pochissimi gruppi nel mondo. Questo può essere tenuto presente da quei fisici che dovessero costruire strumenti delicati ove sia impegnata la conoscenza accurata di un campo magnetico (quali potrebbero essere certi analizzatori magnetici e spettrografi di massa o certi attrezzi per le misure di induzione elettronica o nucleare).

Iniettore e deflettore. Come è noto l'iniettore ed il deflettore della nostra macchina sono stati progettati dall'Istituto Superiore di Sanità, e l'iniettore è ormai in avanzato stato di costruzione presso la Ditta italiana incaricata (Passoni & Villa). I fisici dell'Istituto Superiore di Sanità seguono costantemente questo lavoro.

L'iniettore (vedi per le sue caratteristiche la relazione G 19 di questa Sezione Acceleratore) è un Cockroft-Walton e presenta sotto molti riguardi soluzioni nuove ed originali.

Vi è qualche ritardo nella consegna dell'iniettore da parte della Ditta, essenzialmente per difficoltà tecniche intervenute nella costruzione del cilindro di acciaio inossidabile che deve contenere la macchina ad una pressione di 15 atmosfere.

I Proff. Ageno e Querzoli non escludono che l'iniettore, ciononostante, possa essere pronto in tempo utile, cioè a magnete ultimato (vedi quadro dei tempi).

Sulle caratteristiche dell'iniettore che particolarmente possano interessare i futuri gruppi sperimentali potranno dare ogni chiarimento i fisici della Sanità.

Impianto di vuoto. L'impianto di vuoto campione fornito dall'industria nazionale (Galileo) è risultato soddisfacente per la parte meccanica ma non altrettanto nei riguardi del cablaggio e dell'elettronica. Due mesi or sono noi abbiamo deciso di rielaborare in collaborazione stretta con la Ditta lo schema dei controlli delle pompe, e riteniamo che questa collaborazione si stia svolgendo con soddisfacenti risultati.

Si sono praticamente risolti i problemi tecnologici della ciambella in araldite e si sta costruendo l'intera ciambella nei nostri laboratori. L'uso dell'araldite armata di quarzo per la ciambella è una novità, sotto molti riguardi necessaria, e ritengo che non siamo ancora al sicuro da possibili sorprese.

Il vuoto e la ciambella sono ritardati nel tempo rispetto al precedente programma e si prevede che essi saranno pronti per la fine di giugno. A questo punto è da osservare, anche per quanto nel seguito si dirà, che noi continuiamo a considerare il giorno entro il quale il magnete sarà montato e alimentabile come il giorno entro il quale tutti gli altri impianti del Sincrotrone dovranno essere pronti. E' quindi nostra preoccupazione non scavalcare con il tempo di approntamento delle altre parti il tempo di approntamento del magnete, che scade (V. quadro dei tempi) alla fine del settembre 1957.

Radio frequenza : Il sistema di Radio Frequenza (tutto sommato di potenza pari a circa 60 kW, quindi superiore a quella delle normali stazioni trasmettenti televisive) si sta costruendo nei nostri laboratori e cioè attualmente negli attrezzi sotterranei di questo Istituto. La cavità per la prima accelerazione (RF₁) è ormai ultimata, a parte una generale messa a punto che si farà nel mese venturo.

Si sta lavorando all'esecuzione della cavità di potenza e frequenza fissa (RF₂), e su questo vi è ancora qualche dubbio di carattere generale. Infatti notizie solo approssimative da Caltech indicano che la tensione massima occorrente alla cavità per avere un ben definito e sottile fascio di elettroni di alta energia, potrebbe aumentare dai previsti ≈ 50000 V a $\approx 80-100$ kV.

Edifici : Gli edifici hanno in generale ritardato per varie ragioni. La prima e la più grave è l'incertezza del finanziamento. Noi ci ritroveremo a Frascati con insufficienza di spazio perchè l'edificio laboratori non è ancora iniziato, e questo perchè non ancora sono sufficientemente assicurati i fondi necessari.

L'Ing. Scaccia dell'Istituto Superiore di Sanità, Direttore dei lavori edili, ci assicura che l'edificio della macchina sarà pronto in tempo utile per il montaggio delle parti più pesanti (alimentazione del magnete, magnete, condensatori). Il nostro quadro dei tempi illustra per blocchi l'attuale situazione.

Apparecchi e strumenti di fondamentale necessità per le esperienze.

Si è iniziato il progetto dei grossi magneti deflettori, focalizzanti ed analizzatori, necessari per le esperienze. (Gruppo di Milano) Su questo si parlerà ampiamente in questa

riunione, ed io voglio solo osservare che si tratta di un lavoro di elevato impegno e costo (50-100 milioni) e che i fondi per questa importantissima parte non sono ancora definitivamente assicurati. Meno progredit, forse sono le iniziative per preparare in Italia una elettronica adeguata alle delicate esperienze di questa macchina. Io spero che vi sarà anche su questo un'ampia discussione.

Messa a punto : Nel quadro dei tempi che noi stiamo considerando le date precise finiscono alla fine di settembre di questo anno. Dopo di allora comincerà la ricerca del fascio e la messa a punto del Sincrotrone e, come già si è detto più volte, i tempi diventano allora non precisabili. Ricordiamo che la messa a punto dell'Elettrosincrotrone di Cornell dura tutt'ora ed è iniziata circa 4 anni or sono. La messa a punto del Sincrotrone di Caltech è iniziata più di due anni or sono. Noi non escludiamo di poter fare la messa a punto in un tempo più rapido di questo.

Liquefattore; Come appare nel quadro dei tempi è ormai funzionante il laboratorio del freddo curato dal Prof. Careri. A parte il programma di ricerche già in corso e non direttamente connesse alla Fisica Nucleare delle alte energie, possiamo dire che abbiamo ormai la garanzia di poter disporre in tempo utile dei bersagli di idrogeno e di elio liquido.

2) LE PRIME RISPOSTE ALLE DOMANDE GIÀ FATTE O CHE SI FARANNO DAGLI SPERIMENTATORI AI MACCHINISTI

Nell'ultima riunione furono poste dai vari gruppi che intendono eseguire esperienze con questa macchina, alcune domande alle quali ci impegniamo a rispondere in questa riunione (gruppo A delle nostre relazioni). Io desidero osservare che le risposte (elaborate in tempo breve poichè altri e più impegnativi sono adesso i nostri compiti) sono state costruite tenendo conto delle soluzioni in discussione o già accettate a Cornell e Caltech, o dei calcoli da noi fatti.

Ciononostante, molte risposte sono ancora necessariamente imprecise, e questo è inevitabile, particolarmente se si tiene presente che progetti definitivi sui targets fissi e rotanti e prove veramente orientative sulla possibilità di estrarre il fascio di elettroni, si potranno fare soltanto a magnete funzionante.

Naturalmente la Sezione Acceleratore è a disposizione per fornire disegni e dati ai gruppi sperimentali che ce li richiedessero.

Nel gruppo B) si parlerà delle attrezzature di base necessarie per le esperienze con la macchina. Dovremo affrontare con decisione questa importantissima fase di lavoro e fare il dibattito. Il finanziamento per questa fase è da lungo tempo promesso e sembra ormai certo.

3) DECISIONI DA PRENDERE E QUESTIONI CHE ATTENDONO SOLUZIONE

Io ritengo che per un coordinato sviluppo del lavoro futuro, occorra avere le idee chiare sui seguenti punti, d'altra parte già accennati nella riunione dell'1 - 2 Ottobre.

Occorre ormai stabilire un coordinamento il più possibile continuo tra i vari gruppi di lavoro che vorranno fare esperienze con il Sincrotrone. Si può discutere se questo è prematuro o no e si potrebbero forse sostenere diversi punti di vista. Comunque invito gli interessati ad esprimere la loro opinione sull'urgenza o meno di creare un Comitato Scientifico che coordini l'attività dei vari gruppi, che risolva le questioni intergruppo, quali la divisione del lavoro, la scelta di un determinato campo di esperienza etc. Sulla questione del Comitato Scientifico c'è stata qualche discussione preliminare in seno al Comitato Direttivo dell'INFN e noi invitiamo il Vice Presidente dell'INFN, Prof. Rostagni, a prendere la parola. Questo Comitato avrà a suo tempo il compito di stabilire i tempi di avvicinamento alla macchina.

Forse per ora si tratta di affidare ad una determinata persona il compito di coordinare la discussione tra i vari gruppi ed in generale tutto il dibattito relativo alle diverse esperienze possibili, tenendo conto del momento mondiale delle ricerche di alta energia. Questo compito di direzione delle ricerche cade naturalmente a mio giudizio, sul Prof. Gilberto Bernardini, nel suo doppio merito di grande esperto della fisica dei fotoni di alta energia e di Presidente dell'INFN. Sono spiacente che egli non sia qui, in questa riunione che è una chiara dimostrazione della necessità di questo coordinamento.

In questo periodo la parte, non certo di direttore delle ricerche, ma di coordinatore tra i gruppi di lavoro è toccata, a mio giudizio ingiustamente, soprattutto a me. Questo non mi pare giusto perchè ritengo che sia bene che il responsabile della macchina non abbia questa responsabilità, e perchè altri sono attualmente, anche per l'impegno che ho dovuto dedicare in questi anni alla macchina, più preparati di me. Naturalmente i costruttori si propongono di fare esperienze con questa macchina nel futuro, con gli stessi diritti e doveri degli altri ricercatori.

Ritengo quindi che questa assemblea debba discutere alla fine di questa riunione e prima di sciogliersi questa questione organizzativa.

4) ALCUNE DIFFICOLTÀ PARTICOLARI

Mi domando quali siano le difficoltà maggiori nel nostro lavoro futuro.

a) Ovviamente la prima è l'insieme degli imprevisti che noi potremo incontrare nella fase di messa a punto dell'insieme,

fase che comincerà nel settembre di questo anno.

b) Non ancora vi è un finanziamento sufficientemente garantito per permetterci di guardare al futuro con tranquillità. Non perchè le nostre esigenze siano aumentate in questo ultimo anno, ma perchè, come molti di voi sanno, la Ricerca Fondamentale ancora si dibatte in problemi finanziari non del tutto definiti.

c) Può darsi che il nostro lavoro sarà ritardato dalla insufficiente consistenza delle nostre attrezzature tecniche, per l'esecuzione delle esperienze. Ad esempio, occorre lavorare intensamente alla specifica preparazione della nostra elettronica per le esperienze di alta energia.

d) La Sezione Acceleratore si è vista continuamente crescere tra le mani il suo lavoro e le sue responsabilità. E' ormai evidente (e 3 anni or sono non me ne ero reso perfettamente conto) che il nostro compito non è soltanto quello di costruire una macchina ma di far sorgere un centro di studi nucleari (ed in parte non nucleari se si pensa al liquefattore) destinato ad alimentare una percentuale non trascurabile delle ricerche di fisica Italiane. Nella sua definizione più completa il nostro compito è quello di trasformare 3 ettari di terreno, in parte sterile, ed in parte tenuto a vigna, in un luogo dove si facciano ricerche nucleari di alta energia, e questo nel più breve tempo possibile.

Questo è, qualcosa di più difficile, o comunque qualcosa di peggio che costruire una macchina nucleare. Debbo sottolineare queste difficoltà essenzialmente per la seguente ragione.

I laboratori di fisica ove i ricercatori possano felicemente lavorare debbono essere costruiti in stretta collaborazione tra i fisici già maturi, e tecnici specializzati (Ingegneri edili, elettricisti, etc.). L'attrezzatura completa dei vari laboratori che dovranno sorgere al più presto in Frascati richiede, perchè l'opera sia ben fatta, l'impegno totale di almeno un fisico maturo, eventualmente coadiuvato da un giovane fisico.

I fisici sperimentali anziani della Sezione (Ageo, Quercia, Querzoli, Alborigi, Salvini etc.), sono tutti impegnati sulla macchina, e non possono essere la persona che dedicherebbe alla creazione dei laboratori di Frascati per le esperienze il suo massimo sforzo.

I fisici della Sezione sono oggi sufficienti per la costruzione del Sincrotrone ma non per la completa trasformazione suddetta, ed in pochi anni, del vigneto in Istituto Nucleare.

Pertanto noi cerchiamo dei fisici che a questo compito interessante ed ingrato si vogliano dedicare. Io credo che un

appello vada fatto in questa sede ai fisici che pensano di sperimentare a Frascati: in concreto si tratta di dedicare francamente 8 mesi o 1 anno alla trasformazione in laboratori di Fisica degli Edifici di Frascati, collaborando in questo con tutta la Sezione, ed in particolare con l'Ing. Scaccia.

Gli approcci fatti sino ad ora per trovare questi fisici non hanno avuto successo, ma io debbo sottolineare il rischio, se qualcosa non si concreterà, di non avere in Frascati quelle condizioni sperimentali che sole ci permetteranno di tenere il passo con gli altri agguerritissimi centri del mondo.

QUADRO DELLE ATTUALI RESPONSABILITA' DEI LAUREATI DELLA SEZIONE ACCELERATORE.

- Magnete e sua alimentazione e misure magnetiche :
Ing. F. Arman - Dr. G. Diambrini - Dr. G. Ghigo
Ing. G. Sacerdoti - Prof. G. Salvini - Ing. R. Toschi.
- Iniettore ;
Prof. M. Ageno - Dr. G. Cortellessa - Prof. R. Querzoli.
- Elettronica e Radio Frequenza :
Dr. A. Alberigi - Dr. A. Massarotti - Ing. M. Puglisi -
Prof. I.F. Quercia.
- Gruppo Teorico:
Prof. E. Persico - Dr. Carlo Bernardini - Dr. P.G. Sona -
Dr. A. Turrin.
- Vuoto :
Dr. G.F. Corazza - Dr. S. Sircana.
- Liquefattore idrogeno ed elio :
Prof. G. Careri - Dr. G.C. Moneti - Dr. J. Reuss.
- Edilizia :
Ing. G. Scaccia.
- Arredamento di Frascati :
Ing. F. Arman - Prof. I.F. Quercia - Prof. G. Salvini -
Dr. G. Sanna - Ing. R. Toschi.
- Misure magnetiche speciali (induzione nucleare e bismuto refrigerato) :
Dr. G. Bologna - Dr. F. Magistrelli.
- Amministrazione e Segreteria :
Dr. I. Agostini.

2. - CORAZZA: riferisce su:

Dettagli sullo spazio disponibile e le sezioni diritte.
(G. Corazza).

Gli spazi a disposizione delle esperienze non possono essere considerati senza tenere opportuno conto delle nostre esigenze di schermature. Queste schermature hanno il doppio scopo di proteggere le persone e di tenere a un minimo il fondo di disturbo sugli strumenti rivelatori. Questa seconda esigenza è sotto certi riguardi più severa della prima perchè le persone potranno rifugiarsi altrove e telecomandare i loro apparati.

Noi non abbiamo ancora un disegno preciso delle nostre schermature, e non l'avremo forse sino a che il Sincrotrone funzionerà. Il nostro programma è di costruire dei blocchi armati spostabili con il nostro carro ponte sicchè si possano formare delle sorta di muri a secco nel luogo voluto.

E' ancora in discussione la composizione di questi blocchi, e tra le soluzioni considerate citiamo il calcestruzzo, il calcestruzzo armato con barite ed il calcestruzzo armato di ferro. L'Ing. Scaccia ha avviato la costruzione di alcuni prototipi.

Il problema è quello di isolare i rivelatori dai gamma e dai neutroni da essi prodotti.

Non è affatto ovvio, anche a causa di alcuni risultati a noi sottolineati dal Prof. Anderson, stabilire come e se convenga alternare nei materiali di schermatura atomi leggeri e pesanti.

Una schema puramente indicativo delle schermature si può vedere nelle figg. 1,2 (alla fine della relazione).

Questo schema fu discusso ora è un anno con il Prof. Wilson e con il Prof. Livingston. In particolare il Prof. Livingston esprimeva l'opinione che la copertura a tetto del magnete può essere di fondamentale vantaggio per evitare l'irraggiamento di bassa energia proveniente dall'alto.

Il problema delle schermature e degli spazi necessari alle esperienze è particolarmente difficile per le esperienze ravvicinate.

Non ci riteniamo attualmente in grado di sostenere una discussione su questi punti.

Osserviamo solamente in conclusione che i problemi di schermatura della nostra macchina non dovrebbero essere più gravi di quelli delle macchine di Cornell e di Caltech, le quali hanno inoltre lo svantaggio di essere immerse in ambienti vicini.

L'edificio della macchina è illustrato dalla pianta in fig. 1.

Nella parte anteriore si trovano un laboratorio riservato all'iniettore che contiene le apparecchiature di controllo

lo del Cockroft e Walton, la sala di controllo della macchina, un laboratorio di primo intervento che a macchina funzionante dovrà servire per la messa a punto e controllo delle apparecchiature necessarie alle esperienze ed inoltre un laboratorio di chimica.

Tutti questi laboratori si trovano a piano terra 2,5 m. sotto il livello della sala esperienze.

La sala esperienze è delle dimensioni 40 x 18 m². Il fascio di fotoni uscirà ad una altezza di m. 1,5 rispetto al pavimento della sala macchina. Il basamento del sincrotrone è sul centro della sala e poggia su pilastri sul fondo di una fossa di forma ottagonale profonda 2,5 m. dal piano della sala esperienze. L'interno della fossa servirà ad alloggiare gli armadi di alimentazione e controllo della cavità a radio frequenza, le pompe di vuoto e loro armadi di comando particolari e tutte le altre apparecchiature sussidiarie della macchina.

E' possibile accedere alla fossa attraverso dei camminamenti larghi 1,5 m. alti 2 m. sotto la sala delle esperienze.

La porzione di sala a destra della macchina segnata sulla pianta con la lettera A) è adibita alle esperienze le apparecchiature delle quali, attraverso le canalette ricavate sul pavimento della sala, potranno essere telecontrollate dal laboratorio di primo intervento.

Noi pensiamo che questa macchina potrà fornire, forse non contemporaneamente, più fasci di raggi gamma uscenti tangenti dai quadranti o dalle sezioni diritte.

Con un secondo fascio si potrebbe lavorare nella zona a sinistra della sala contrassegnata sulla pianta con la lettera B).

Questa possibilità sarà molto utile per quelle esperienze che prima di entrare in misura avranno necessità di un collaudo con il fascio dei γ .

Questa zona non è molto spaziosa poichè la sinistra della sala è occupata verso la parte anteriore dell'edificio dallo iniettore e dalla parte opposta è interrotta per uno spazio di 11 x 11 m² dalla sala del macchinario di alimentazione del magnete il pavimento della quale si trova a livello del piano terra 2,5 m. sotto la sala esperienze.

Sulla parte posteriore dell'edificio si trova l'ambiente del banco di condensatori per l'alimentazione a 20 p/sec. del magnete.

Per le esperienze a distanza dalla macchina è a disposizione tutto lo spazio, oltre i muri di schermo. Per quelle esperienze che dovranno essere fatte in prossimità del sincrotrone si dovrà risolvere caso per caso, il problema della schermatura degli strumenti rivelatori, sul quale non si potrà dare informazioni fino a che la macchina non sarà in funzione, ed il problema della locazione degli strumenti.

Si può dire fin da ora che qualora occorra mettere in vi

cinanza del magnete grosse masse di ferro, quali ad esempio i magneti analizzatori, queste non potranno avvicinarsi alla gap più di 40 cm. circa.

Nella fig. 3 sono illustrate le dimensioni d'ingombro della sezione diritta a disposizione per le esperienze. Il tratto di ciambella che li è disegnato è puramente indicativo e potrà essere sostituito con una scatola di acciaio inossidabile amagnetica di forma opportuna e della lunghezza massima di 700 mm. Su tale tratto di ciambella dovrà essere collegata una pompa di vuoto che potrà indifferentemente attaccarsi sulla parete inferiore della scatola o su una delle pareti laterali. Il diametro della flangia di attacco della pompa è di 400 mm. La lunghezza della sezione diritta a partire dalla testata di ogni quadrante è di 1206 mm. La lunghezza della scatola viene ridotta alle dimensioni dette dai risvolti delle bobine alle testate che occupano ciascuna fino a 235 mm. dalle testate del quadrante.

Non è possibile pensare di sfruttare il tratto rettilineo di ciambella sotto le bobine di eccitazione poichè esso sarà occupato da magneti correttivi.

Lovati : chiede quale sarà la distanza minima tra il punto di produzione e il punto di utilizzazione del fascio di fotoni.

Corazza : risponde che sono previsti due canali di uscita del fascio γ ; che la distanza richiesta è di ~ 6 metri e più se si tiene conto delle schermature; rimanda ai disegni per il valore preciso.

Lovati : chiede se è possibile avere la mappa del campo magnetico massimo intorno al bersaglio dove si utilizzano i γ , per conoscere la traiettoria delle particelle cariche prodotte.

Corazza : rimanda ai magnetisti per quest'informazione. (★)

Salvini : osserva che l'edificio è stato costruito con pilastri che ne permettono l'allargamento, quando ce ne fosse bisogno per le esperienze. Eventualmente, per esperienze a 15 metri è possibile una sistemazione in capannine al di fuori dell'edificio.

Touschek : chiede il valore del campo magnetico nel punto più vicino in cui si può sperimentare.

Salvini : risponde che ci sono delle mappe di stima; in generale il campo è piccolo.

(★)

Vedi a pag. 60 le informazioni date su questo punto dall'Ing. Amman.

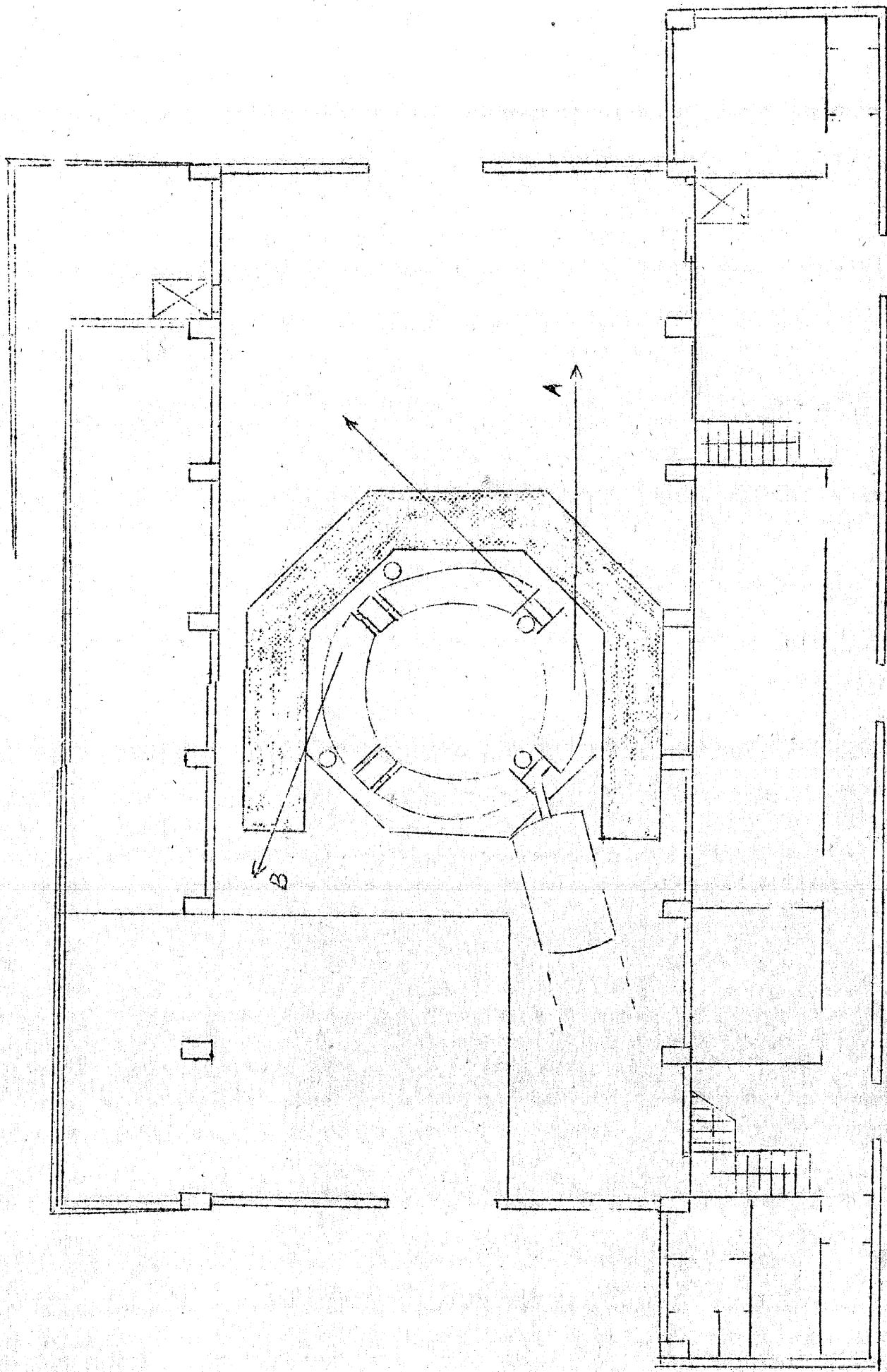
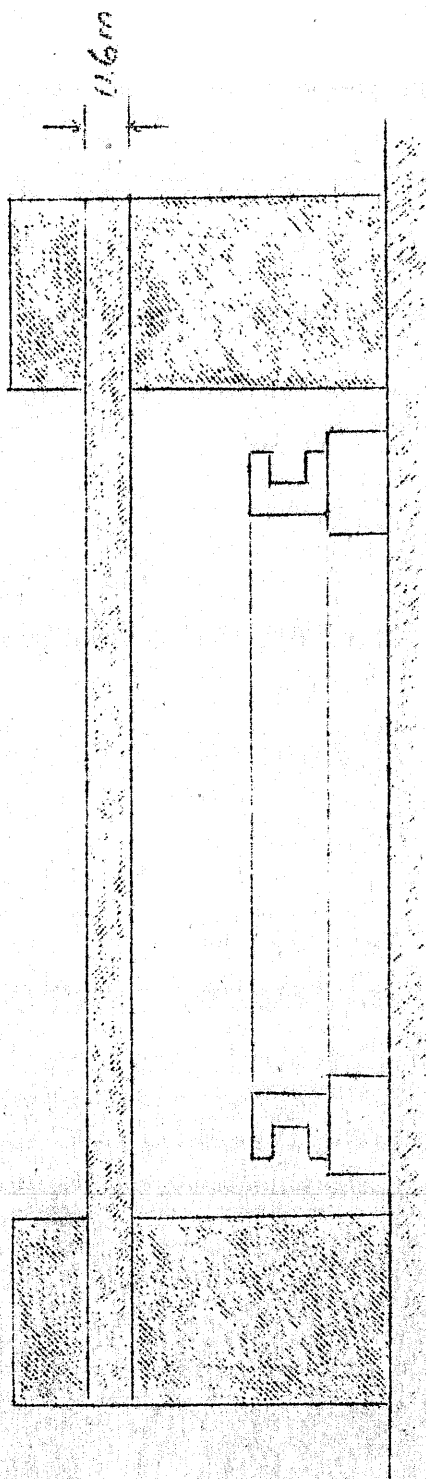


FIG. 1 - PIANITA EDIF. MACCHINA

FIG. 2 - SEZIONE SCHERMAGGIO



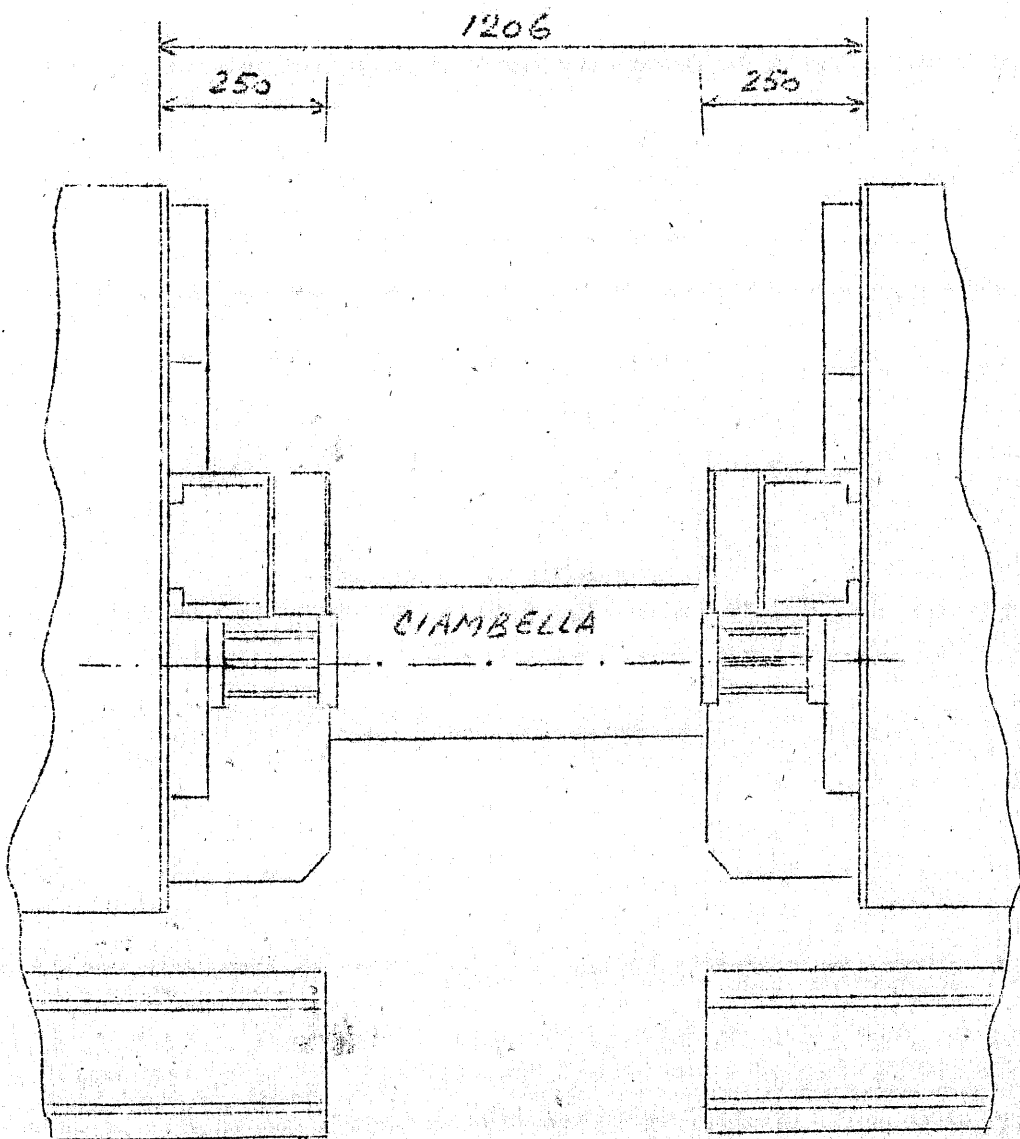


FIG.3 - PARTICOLARE DELLA
SEZIONE DIRITTA

3 - GHIGO : riferisce su:

TARGET per la produzione del fascio γ - (G. Ghigo).

Il problema della sistemazione dei target negli elettrosincrotroni di alta energia è recente come appunto la costruzione di queste macchine. Ne ci possono aiutare considerazioni sulle macchine dei protoni dove le particelle spiralizzano, dopo aver spento la radiofrequenza, praticamente solo per l'aumentare del campo magnetico, mentre gli elettroni di alta energia spiralizzano essenzialmente per perdita di energia. Ne può derivare un diverso comportamento allo spegnimento della radiofrequenza e non è escluso che lo spegnimento debba essere fatto in modo opportuno per non innescare oscillazioni. Oltre a ciò si ha da dire che la maggior parte dei protosincrotroni sono stati costruiti sino ad oggi con una certa larghezza di mezzi, per cui non vi erano preoccupazioni sull'estensione della zona utile del campo magnetico. Inoltre funzionano quasi tutti con derivata del campo magnetico rispetto al tempo e frequenza di ripetizione molto più piccole delle nostre, il che semplifica il problema di spostare il target avvicinandolo al beam al momento dell'utilizzazione.

La macchina più simile alla nostra è l'elettrosincrotrone di Cornell ora in fase di messa a punto, e vi sono impiegati target mobili.

La nostra macchina esclude l'impiego dei target fissi qualora si adottino, come è previsto, le "enlarging coils", cioè avvolgimenti di correzione che permettano di rendere più grande di un fattore circa 1,5 la zona utile del campo magnetico nella direzione della radiale. E' chiaro che gli elettroni debbono spiralizzare o comunque muoversi nella zona utile del campo e i target debbono trovarsi ai limiti di questa, di modo che se si trovano nei limiti della zona utile creata dalle "enlarging coils" non potranno essere colpiti alla massima energia. Dal momento che i target fissi non presentano ovviamente particolari difficoltà di realizzazione e che probabilmente non verranno impiegati per le ragioni di cui sopra, passiamo ad esaminare i target mobili. Questi si possono dividere in due tipi:

1) Target che si avvicinano al beam quando ha raggiunto la massima energia e vengono colpiti per spiralizzazione o deformazione dell'orbita.

2) Target che cesciano direttamente il beam all'energia voluta.

Inoltre possono essere costruiti diversamente a seconda se debbono essere posti nelle sezioni diritte o in quelle curve della macchina.

Lo spostamento del target si ottiene essenzialmente per due vie: impiegando sistemi oscillanti o rotanti. Considerando l'elevata frequenza di ripetizione della macchina riteniamo siano più adatti i sistemi rotanti in quanto nel caso degli oscillanti a 20 periodi si creano inevitabili vibrazioni che potrebbero essere pericolose se trasmesse alla ciambella.

I target di tipo 1) sono più facili a realizzare in quanto debbono muoversi in modo relativamente lento e non richiedono una grande precisione nella ripetibilità della posizione ad ogni ciclo. Infatti il beam, che all'iniezione occupa praticamente tutto lo spazio disponibile nella ciambella, già a 100 MeV ha una sezione dell'ordine di 1 cm^2 , per cui il target può avvicinarsi al beam in circa $2 \cdot 10^{-2}$ sec. cioè, considerate le dimensioni, con una velocità massima di circa 5 mt/sec.

Inoltre la precisione del valore dell'energia e la durata dell'impulso dipendono unicamente dallo spegnimento della radiofrequenza e non dalla posizione della targhetta che, come si è detto, viene colpita per spiralizzazione.

Per contro i target di tipo 2) sono di più difficile realizzazione dal momento che sono molto più veloci e debbono avere una notevole precisione nella ripetibilità della posizione in ogni ciclo. In questo caso la precisione in energia e la durata dell'impulso sono ovviamente affidate solo alla ripetibilità di posizione e alla velocità del target.

Descriviamo con un esempio il target rotante del tipo 1) adatto sia per le sezioni diritte che per quelle curve. Una sottile bandella di metallo ripiegata come in fig. 1 (in fondo alla relazione) sostiene il target saldato sul bordo. All'istante dell'iniezione il target si troverà alloggiato in una apposita nicchia scavata nella parete della ciambella mentre al valore massimo del campo si troverà in posizione tale da poter essere colpito dal beam per spiralizzazione verso il centro della macchina. La rotazione viene trasmessa tramite un'ancorina, anch'essa sotto vuoto, che viene trascinata da un magnetino permanente montato all'esterno sull'albero di un motore, sincrono con la frequenza della macchina.

In fig. 2 è rappresentato un target del secondo tipo il quale è montato alla periferia di un disco, calettato direttamente su un cilindro di acciaio temprato che costituisce il rotore del motore sincrono. Lo statore del motore si trova in aria e può esser fatto ruotare in modo da trovare la fase

opportuna. Qualora sia interessante avere una notevole velocità di taglio si può sincronizzare il disco ad una frequenza doppia di quella di ripetizione, tuttavia si deve considerare come velocità limite 100 mt/sec. sia per ragioni costruttive che per ragioni di ingombro.

Si sono cominciate le prove per verificare la stabilità di fase dei motori sincroni di piccola potenza e si ha ragione di credere che sia, senza impiegare particolari accorgimenti, dell'ordine del grado.

Per definire in dettaglio il problema dei target è necessario conoscere le esperienze che verranno effettuate colla macchina ed essenzialmente la loro sistemazione nella sala, in particolare quella che utilizzeranno beam di γ prodotti nelle sezioni curve, dove si incontrano le maggiori difficoltà da un punto di vista tecnico.

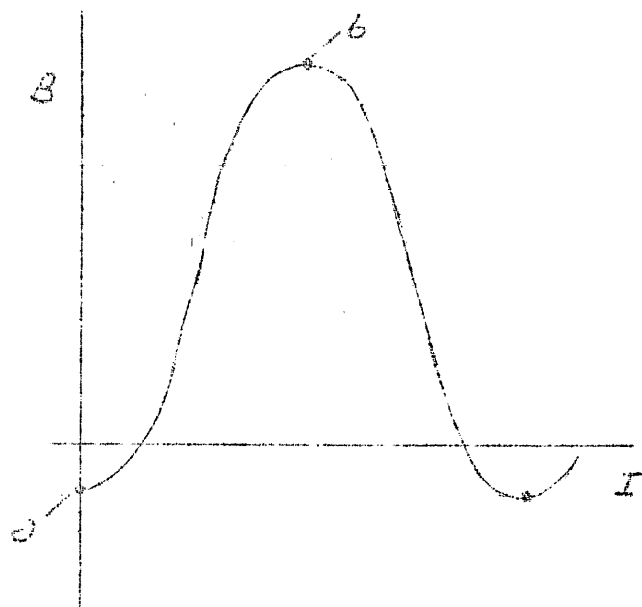
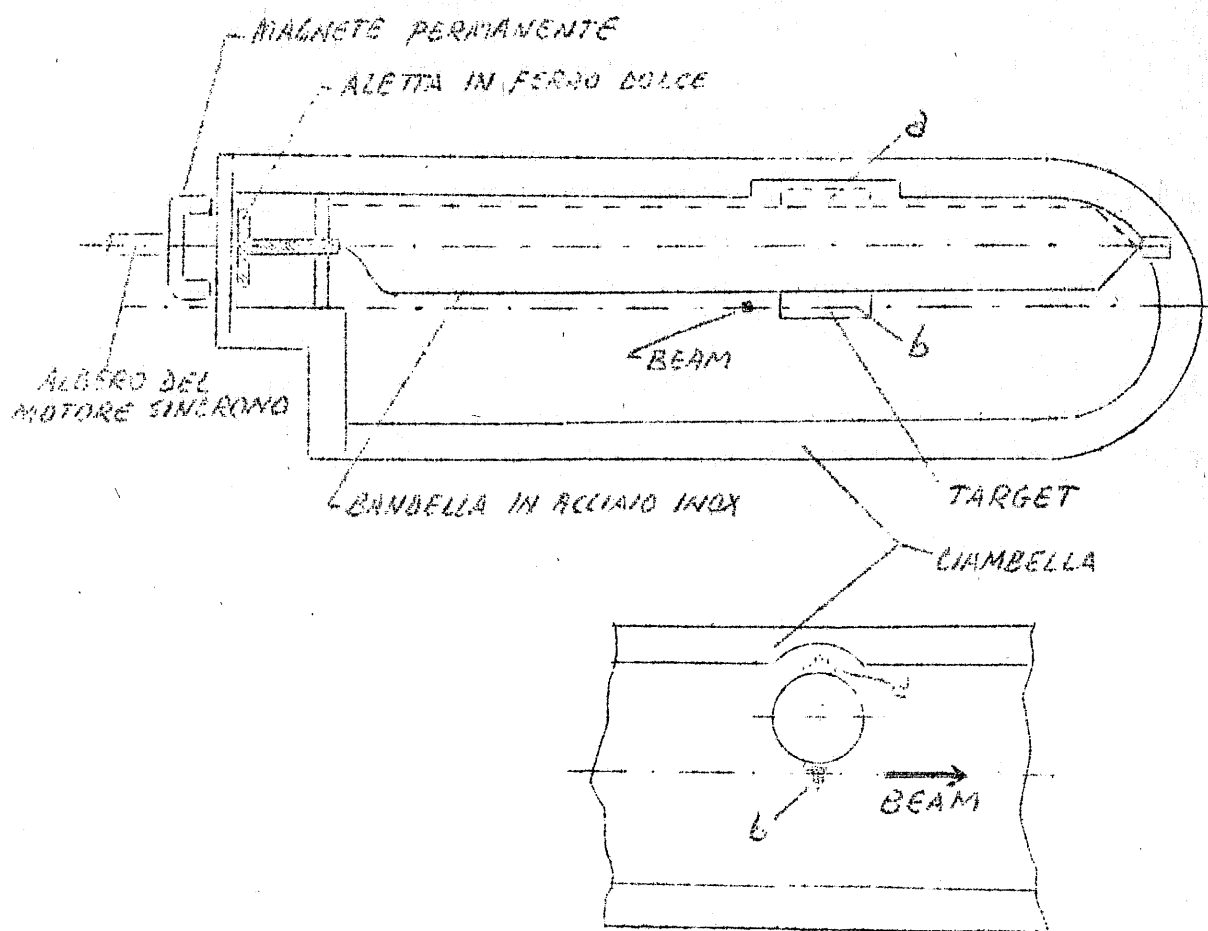


FIG. 1-

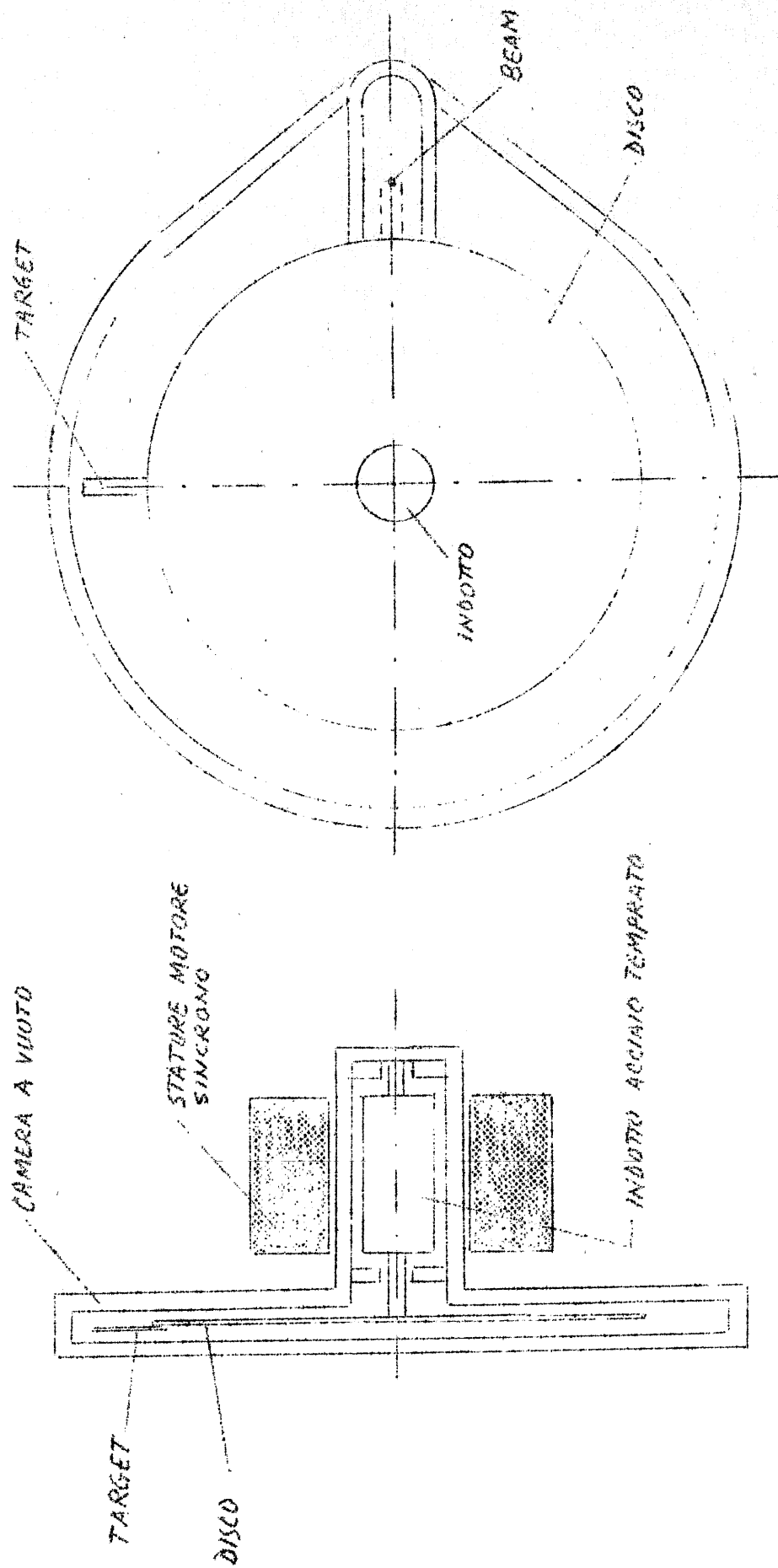


FIG. 2-

4 - BERNARDINI Jr. : riferisce su:

DURATA DEGLI IMPULSI E DEFINIZIONE IN ENERGIA A VARIE
ENERGIE MASSIME - (Carlo Bernardini, I) .

Il tempo durante il quale gli elettroni collidono con un target situato all'interno della ciambella (tempo di collisione) e quindi la durata dell'impulso di raggi χ con cui si fanno le esperienze, è determinato principalmente da due fattori:

- a) la velocità relativa, di avvicinamento, del beam al target
- b) le dimensioni lineari quadratiche medie della sezione del beam nella direzione di questa velocità di avvicinamento.

La velocità di avvicinamento può essere determinata da due meccanismi:

- a₁) il target viene portato sul piano delle orbite ed il beam spiralizza verso di esso. Se si spegne la RF e si lascia contrarre le traiettorie con la sola perdita di radiazione, la velocità di avvicinamento a 1000 MeV è di $\sim 1 \text{ mm}/\mu\text{sec}$. (piuttosto elevata). Oppure, si può deformare adiabaticamente le orbite, mantenendo accesa la RF, con il sistema di aumentare il campo in due quadranti opposti rispetto al campo nei due quadranti compresi tra di essi; probabilmente questo metodo consente avvicinamenti più lenti.
- a₂) il target viene portato addosso al beam che non si sposta nè radialmente nè verticalmente. In tal caso la velocità di avvicinamento è quella periferica del target rotante (di cui ha parlato Ghigo). Questa velocità periferica è il prodotto del braccio del target per la sua pulsazione e queste due grandezze sono piuttosto rigidamente assegnate, la prima da argomenti di ingombro e la seconda dalla necessità di avere la sezione della ciambella sgombra sino all'energia voluta (o appena poco prima). Come già Ghigo ha detto, la velocità massima consentita a questi sistemi rotanti è dell'ordine di $100 \text{ m/sec} = 0,1 \text{ mm}/\mu\text{sec}$.

Ciò posto, se v è la velocità d'avvicinamento e ξ il raggio quadratico medio del beam, il tempo di collisione è

$$4ct = \frac{\xi}{v}$$

Con i metodi a₁) si spera di ottenere t . di c. almeno tra 5 e 100 μsec per $\xi \simeq 1/2 \text{ cm}$; con i metodi a₂) almeno tra 100 e 400 μsec . ($\xi = \frac{1}{2} \text{ cm}$.)

Le dimensioni ξ del beam sono un grosso problema per le macchine ad elettroni intorno al BeV. Le previsioni attuali

sono basate su un lavoro teorico di Kolomensky e Lebedev (Cern Symp. I 1956), nel quale si calcolano le fluttuazioni d'ampiezza dovute alla radiazione di sincrotrone.

Se a Δt sommiamo l'incertezza sull'istante di inizio del meccanismo di collisione, otteniamo l'incertezza Δt sull'istante di emissione di ogni fotone di brems-strahlung; questa incertezza non avrebbe significato se, durante il tempo Δt l'energia degli elettroni sopravvissuti nel beam non variasse. Ma a causa di questa variazione, il Δt si traduce in una incertezza in energia che, per l'eccitazione del magnete a bias quasi totale come nel nostro caso, è data da :

$$\frac{\delta E}{E} = 126 \Delta t_{\text{sec}} \sqrt{\frac{E_m}{E} - 1}$$

dove E è l'energia media a cui avviene la collisione ed E_m è l'energia corrispondente al massimo dell'eccitazione sinusoidale del magnete, alla quale gli elettroni sarebbero arrivati se non fossero stati intercettati. La formula non è più buona quando ormai $\frac{\delta E}{E}$ è del tutto trascurabile, cioè per E molto prossimo ad E_m .

Nel grafico di fig. 1 (in fondo alla relazione) si mostra $\delta E/E$ in funzione di E/E_m , con Δt come parametro.

Non è escluso che ciascuna particella del beam, a causa delle fluttuazioni a cui si accennava prima, spenda un tempo notevole al bordo del beam stesso. Se il tempo necessario per innescare con questo meccanismo un'oscillazione di ampiezza ξ è minore del tempo di collisione calcolato come sopra, allora quest'ultimo perde di significato e le considerazioni precedenti vanno riviste.

Dal punto di vista sperimentale, a macchina funzionante si potranno probabilmente avere informazioni sulla durata vera e l'istante di inizio della emissione di γ sul target dallo studio dell'attenuazione della luce di sincrotrone combinata con misure di campo magnetico in prossimità del target, durante il processo di conversione degli elettroni in fotoni di brems-strahlung.

$\frac{\partial E}{\partial t}$

Curve di $\frac{\partial E}{\partial t}$ in funzione di E
 per $E_m = \text{MAXIMO VALORE DI } E$.

$$\Omega = 126 \text{ sec}^{-1}$$

$$G = 0.2 \text{ cm}$$

$$E > 0.5 E_m$$

$$\Delta t = 1000, 2000 \mu\text{sec}$$

$$\Delta t = 2000 \mu\text{sec}$$

$$\Delta t = 1000 \mu\text{sec}$$

$$\Delta t = 200 \mu\text{sec}$$

SE E' L'INCERTEZZA CALCOLATA
 TRA $t - \Delta t/2$ E $t + \Delta t/2$

PER E SI DEVE INTENDERE $E(t)$

$$4000 \mu\text{sec}$$

$$3000 \mu\text{sec}$$

$$2000 \mu\text{sec}$$

$$1000 \mu\text{sec}$$

0.5

0.6

0.7

0.8

0.9

1.0

$\frac{E}{E_m}$

FIG. 1-

5 - MONETI : riferisce su:

Bersagli di idrogeno - (G. Moneti).

Dal punto di vista dello sperimentatore un bersaglio di H_2 deve soddisfare alle seguenti esigenze: a) la regione attraversata dal fascio e vista dagli apparati di rivelazione, deve essere occupata in massima parte da H_2 , b) l'idrogeno deve essere molto denso, c) il materiale attraversato dalle particelle che si vogliono osservare dev essere il minimo possibile.

I bersagli usati si possono dividere in bersagli a gas ad alta pressione e in bersagli a H_2 liquido.

Bersagli ad alta pressione sono stati usati a Berkeley da Panofsky et al. nel celebre lavoro sullo spettro dalla annichilazione dei π^0 e da White et al. in un lavoro sulla fotoproduzione dei π . Un recipiente cilindrico lungo cm. 17 e con cm. 7 di diametro viene parzialmente circondato da una caniccia contenente N_2 liquido (racchiuso in una scatola in cui viene fatto il vuoto). L'idrogeno viene immesso nel bersaglio da una bombola ed indi per mezzo di una pompa ad olio compresso fino a 190 atm. ($\rho = 0.03 \text{ g/cm}^3$). Grazie all'aumento di durezza dell'acciaio inossidabile alle basse temperature ($77^\circ K$) questo oggetto è sicuro entro un fattore 2,5. Malgrado l'alta pressione White ha potuto realizzare il bersaglio in modo che lo spessore complessivo attraversato dal fascio dei γ fosse di mm. 1 di acc. inoss. utilizzando finestre emisferiche. Da un tale bersaglio possono uscire, in direzione normale al fascio, π con non meno di 22 MeV di energia cinetica.

Se si vogliono densità maggiori e pareti molto più sottili si devono realizzare bersagli in idrogeno liquido. I problemi tecnici sono in questo caso:

- a) quello generale di costruire un criostato tale che la velocità di evaporazione dell'idrogeno sia bassa.
 - b) quello specifico di realizzare un sistema sicuro nel senso che non vi siano possibilità di fughe di idrogeno.
- Il problema della costruzione di criostati per la conservazione di idrogeno, deuterio ed elio liquido, è stato ottimamente risolto. Tali criostati sono generalmente così costruiti: entro un recipiente in cui viene fatto il vuoto viene sospeso dall'alto un recipiente contenente azoto liquido; questo recipiente, o pareti metalliche in connessione termica con esso, circonda completamente un terzo recipiente che contiene l'idrogeno o elio liquido; la parete intermedia a temperatura dell'azoto liquido diminuisce fortemente le perdite di calore per irraggiamento (naturalmente le pareti

metalliche dei recipienti suddetti sono rese, per quanto è possibile speculari).

I bersagli in cui si usa idrogeno liquido preliquefatto hanno il recipiente interno provvisto di una appendice che costituisce il bersaglio vero e proprio, mentre il resto del recipiente costituisce una riserva di idrogeno liquido per il raffreddamento. Un sistema di questo tipo, costruito da Cook, consuma l. 3 di idrogeno liquido per il raffreddamento iniziale e poi l. 2 al giorno. Un altro costruito da Whalin e Reitz consuma l. 2 per il raffreddamento iniziale e poi l. 1 al giorno, utilizzando un recipiente da l. 3.

Sistemi di questo tipo, coinvolgendo l'uso di notevoli quantità di idrogeno liquido, implicano sistemi di sicurezza e di espulsione del valore d'idrogeno fuori dall'ambiente ovvero del suo recupero.

Un metodo molto più sicuro per la costruzione di bersagli in idrogeno è quello di raffreddare con elio liquido, o coi vapori di questo, il recipiente che costituisce il bersaglio. In questo modo la quantità di idrogeno in uso è ridotta al minimo (l'equivalente di l. $1\frac{1}{2}$ di liquido ad es.) e circola in un circuito chiuso. Bersagli di quest'ultimo tipo sono descritti da Swenson e Stahl e da Janes, Hyman e Strumsky.

Nel sistema di Janes et al. vengono consumati l. 3 di elio per la liquefazione iniziale e poi 0.3 l. all'ora.

L'uso dei bersagli a idrogeno liquido oltre che fornire una densità maggiore (0.07g/cm^3) permette di usare pareti estremamente sottili. Whalin e Reitz ad es. hanno un bersaglio cilindrico la cui superficie laterale è formata da una lamina di ottone da 12μ , e il circostante schermo alla temperatura dell'azoto liquido è forato in corrispondenza del passaggio del fascio dei γ mentre la scatola a vuoto è chiusa da finestre in polietilene da 0.12 mm.; lateralmente la scatola a vuoto è munita di finestre da 0.42 mm. di alluminio che permettono l'osservazione a pressochè tutti gli angoli da 10° a 170° con la direzione del fascio. Possono uscire dall'idrogeno protoni di almeno 20 MeV o mesoni π di almeno 7 MeV. Grazie alla sottigliezza della parete laterale del bersaglio il fondo di protoni e mesoni prodotti in essa è solo del 10% di quelli prodotti nell'idrogeno.

La costruzione di un bersaglio ad idrogeno ad es. del tipo Janes et al. (che sembra il più sicuro) implica una discreta spesa. Oltre alle parti metalliche che costituiscono l'insieme del bersaglio, del recipiente dell'azoto e della cassa da vuoto, occorrono una pompa rotativa ed una a diffusione, un grande contenitore per elio liquido, valvole, rubinetti e strumenti di misura di particolari

qualità. Infine sarà necessario realizzare un sistema per il recupero del vapore dell'elio nella sala esperienze.

Bibliografia :

Panofsky et al.	Phys. Rev.	<u>81</u>	565	(1951)
White et al.	" "	<u>88</u>	836	(1952)
Cook	Rev. Sci. Inst.	<u>22</u>	1006	(1951)
Whalin e Reitz	" "	<u>26</u>	59	(1955)
Swenson e Stahl	" "	<u>25</u>	608	(1954)
Janes et al	" "	<u>27</u>	527	(1956)

2007 年 12 月

2007 年 12 月

2007 年 12 月

2007 年 12 月

6 - SONA riferisce su:

Spettro e larghezza angolare della bremsstrahlung. Osservazioni sul meccanismo di collisione.- (P.G. Sona).

1) Come indicazione per gli ordini di grandezza delle quantità che definiscono il beam dei fotoni uscente dal sincrotrone, si è calcolata la distribuzione in energia dei fotoni che escono da un target di tantalio dello spessore di $1/10$ di lunghezza di radiazione ($= 0.643 \text{ gr/cm}^2 = 0.387 \text{ mm.}$). Ammettendo che il sincrotrone dia 10^{10} elettroni per impulso, all'energia di 1000 MeV , e indicando con N_γ e E_γ il numero di fotoni prodotti per impulso nell'intervallo di energia tra E_γ ed $E_\gamma + dE_\gamma$ si hanno per N_γ i valori della seguente tabella, riportati nel grafico di fig.1.

$E_\gamma \text{ (MeV)}$	$N_\gamma \frac{\text{fotoni}}{\text{MeV}}$	$E_\gamma \text{ (MeV)}$	$N_\gamma \frac{\text{fotoni}}{\text{MeV}}$	$E_\gamma \text{ (MeV)}$	$N_\gamma \frac{\text{fotoni}}{\text{MeV}}$
50	$2,56 \times 10^7$	550	$1,65 \times 10^6$	920	$9,94 \times 10^5$
100	$1,235 \times 10^7$	600	$1,49 \times 10^6$	930	$9,83 \times 10^5$
150	$7,87 \times 10^6$	650	$1,37 \times 10^6$	940	$9,70 \times 10^5$
200	$5,65 \times 10^6$	700	$1,27 \times 10^6$	950	$9,57 \times 10^5$
250	$4,34 \times 10^6$	750	$1,19 \times 10^6$	960	$9,36 \times 10^5$
300	$3,48 \times 10^6$	800	$1,12 \times 10^6$	970	$9,08 \times 10^5$
350	$2,88 \times 10^6$	850	$1,065 \times 10^6$	980	$8,62 \times 10^5$
400	$2,44 \times 10^6$	875	$1,04 \times 10^6$	990	$7,55 \times 10^5$
450	$2,11 \times 10^6$	900	$1,015 \times 10^6$	995	$6,13 \times 10^5$
500	$1,85 \times 10^6$	910	$1,005 \times 10^6$		

Si è fatto uso nel calcolo delle formule valide in approssimazione di Born, ed in realtà la correzione per i numeri atomici alti (per il tantalio si ha $Z = 73$) non è piccola (vedi Segrè, Experimental Nuclear Physics, Vol. 1, pag. 261).

La larghezza del fascio γ , per spessori non troppo piccoli del target, dipende principalmente dall'angolo di scattering multiplo degli elettroni nel target stesso. Osserviamo che, variando il materiale costituente il target, e tenendo fisso il numero di elettroni incidenti e la loro energia, lo spessore del target misurato in lunghezza di radiazione fissa sia l'angolo di scattering multiplo, sia l'intensità della bremsstrahlung; così c'è una correlazione stretta fra intensità e spread angolare dei fotoni emessi, indipendente dal materiale del target.

Nell'esempio del target di tantalio considerato sopra (1/10 di lunghezza di radiazione), lo spread angolare è dato da

$$\langle \theta^2 \rangle = \frac{1}{2} \left(\frac{21.2}{1000} \right)^2 \times \frac{1}{10} \quad \sqrt{\langle \theta^2 \rangle} = 4,6 \times 10^{-3} \text{ rad.}$$

per lo scattering multiplo (il fattore $\frac{1}{2}$ c'è perchè i fotoni vengono emessi uniformemente in tutto lo spessore); da $0,5 \times 10^{-3}$ rad. per la larghezza naturale della bremsstrahlung; e da un contributo proveniente dalle oscillazioni di betatrone degli elettroni, incerto, che supporremo di 10^{-3} radianti (corrispondente a un'ampiezza di 0,5 cm delle oscillazioni). Così si può ritenere che il diametro quadratico medio del beam di γ a 3 m di distanza sia 2,8 cm, e che in un diametro doppio, 5,6 cm., sia contenuto almeno il 95% dell'energia del beam.

Per quanto riguarda il monitoring del beam di γ durante una esperienza, è necessario misurare indipendentemente l'energia massima dei γ (per es. con misure di campo magnetico) e l'intensità totale (per es. con metodi calorimetrici), per sapere il numero assoluto di fotoni usciti dalla macchina durante l'esperienza e la loro distribuzione in energia, mediante l'uso di una formula teorica che dia la forma dello spettro. Nel caso in cui l'energia degli elettroni durante la collisione col target abbia una certa imprecisione (per es. se il tempo di collisione è lungo), lo spettro dei fotoni più duri viene evidentemente cambiato e dipende fortemente dalla distribuzione in energia degli elettroni. Si può però dimostrare che, per fotoni di energia $< 0,9$ volte l'energia massima la correzione dovuta ad un'indeterminazione dell'energia degli elettroni del 5%, è minore del 0.3%; se si riesce a misurare l'energia media $\bar{E}_0$ degli elettroni incidenti, e si considerano questi elettroni come monocromatici con energia $\bar{E}_0$. Questo dipende dalla formula dello spettro di bremsstrahlung, del tipo

$$N(E_\gamma) dE_\gamma = \frac{dE_\gamma}{E_\gamma} f\left(\frac{E_\gamma}{E_0}\right)$$

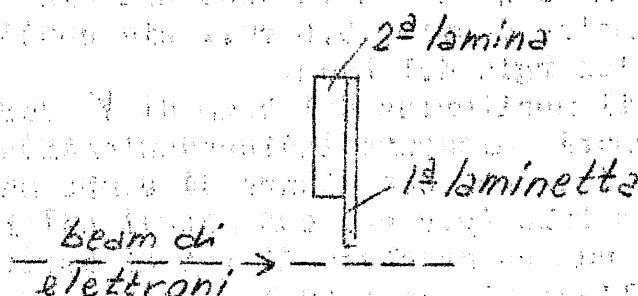
, non valida solo per i γ

più duri.

Per misurare l'energia media $\bar{E}_0$ degli elettroni durante la collisione uno dei metodi possibili è misurare istante per istante l'intensità relativa del beam di elettroni durante la collisione osservandone con un fotomoltiplicatore la radiazione emessa nel campo magnetico del sincrotrone, e

misurare insieme il campo magnetico. La curva dell'intensità relativa da il modo di pesare correttamente le energie degli elettroni nel calcolo di $\bar{E}_0$.

- 2) Un effetto da considerare nel meccanismo della collisione elettroni $\rightarrow$ target è l'effetto di orlo: gli elettroni del beam urtano essenzialmente sull'orlo del target, e questo fa sì che lo spessore equivalente del target è mal definito, e anche instabile nel tempo. Per diminuire questo effetto, si può pensare di utilizzare un target costituito da due laminette sovrapposte con gli orlo paralleli, non necessariamente dello stesso materiale, una molto sottile, sporgente di $\sim 1-2$ mm. sull'altra, costituente il vero target (vedi figura). La funzione della prima



laminetta è quella di scatterare debolmente gli elettroni in modo che si ripresentino al giro successivo sparpagliati per una profondità, per es. di 10 mm., cosicchè l'effetto di orlo rispetto alla seconda lamina è trascurabile.

Un ordine di grandezza dello spessore che ci vuole per la lamina sottile con questi criteri è $\sim 1/100$ di lunghezza di radiazione ($\approx 4 \times 10^{-2}$ cm. di tantalio). In pratica un metodo come questo può presentare delle difficoltà

se la lamina sottile si consuma rapidamente sotto il bombardamento degli elettroni.

- 3) Il calore prodotto nel target di tantalio dell'esempio, dovuto alle perdite per collisione dei 10^{10} elettroni per ciclo è di $1,6 \times 10^{-2}$ Watt. (ogni elettrone perde per collisione circa 0,5 MeV); il riscaldamento prodotto nel target è di qualche grado (se si suppone che il target sia a contatto con un materiale buon conduttore e a temperatura ambiente a 2 cm di distanza dall'orlo).

La frazione di energia degli elettroni incidenti trasformata in energia del target è $\sim 1/10$, e la potenza equivalente dei 10^{10} elettroni incidenti è 32 Watt.

N_g = numero dei fotoni emessi
nell'intervallo di energia
di 1 MeV per ogni ciclo del
sincrotrone, quando vengono
accelerati a 1000 MeV 10^{10}
elettroni per ciclo, e col-
lidano con un target di
tantalo dello spessore di
1/10 lunghezza di radiazio-
ne (= 0.643 gr/cm² = 0.387 mm).

$N_g \left(\frac{\text{fotoni}}{\text{MeV-ciclo}} \right)$

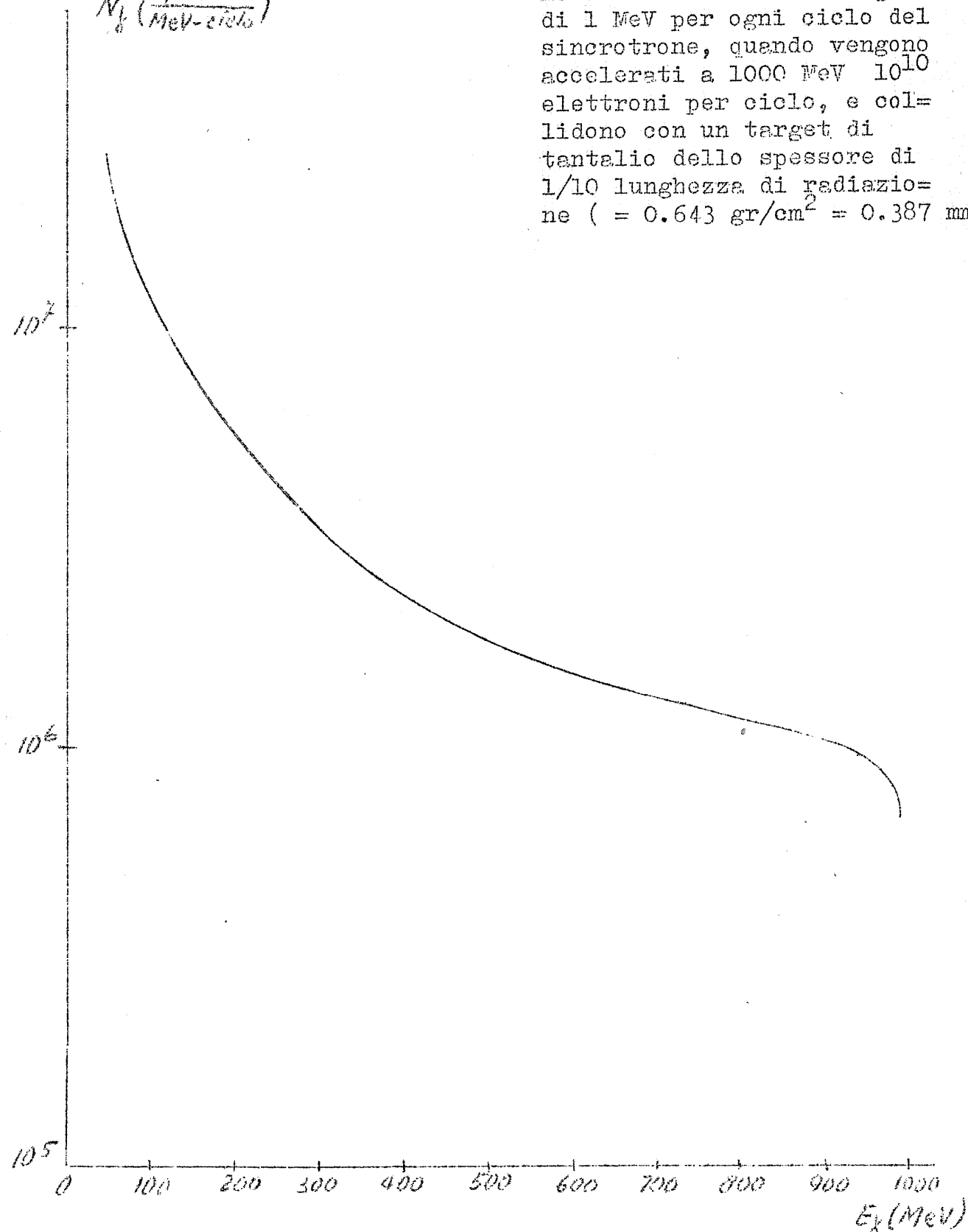
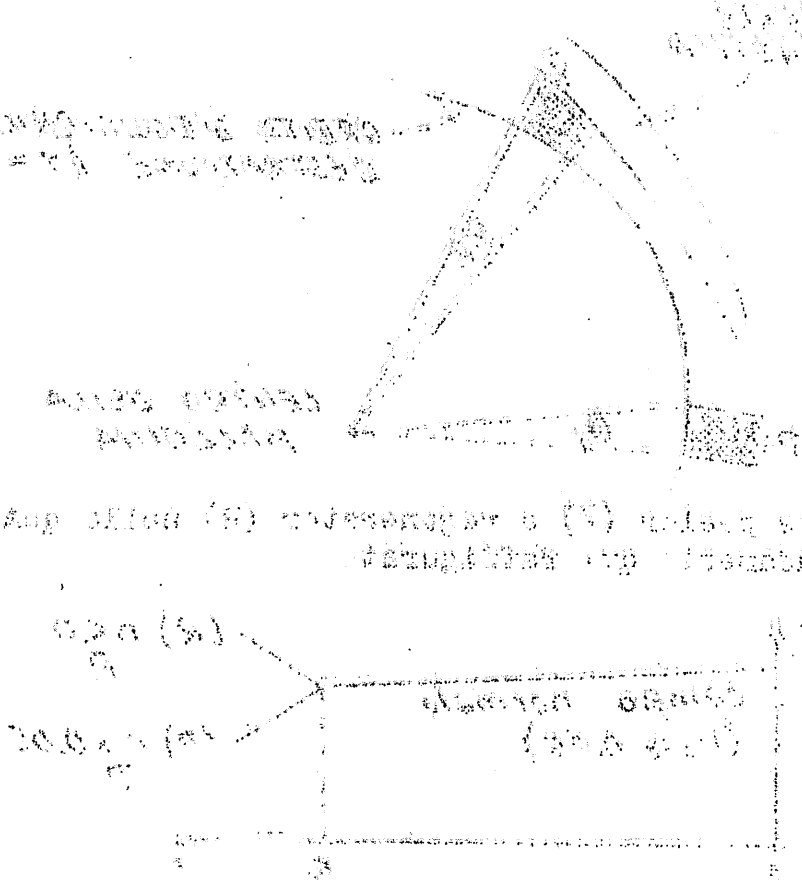


FIG. 1-

Budini : chiede l'andamento della distribuzione dei γ a grandi angoli; se fissando un angolo, per es. di 30° , vi si raccolgono prevalentemente γ emessi da elettroni che hanno scattato di 30° , oppure γ emessi direttamente a 30° .

Sona : risponde di non aver fatto questo calcolo, essendosi interessato per ora solamente della larghezza della zona dove il fascio γ è intenso.



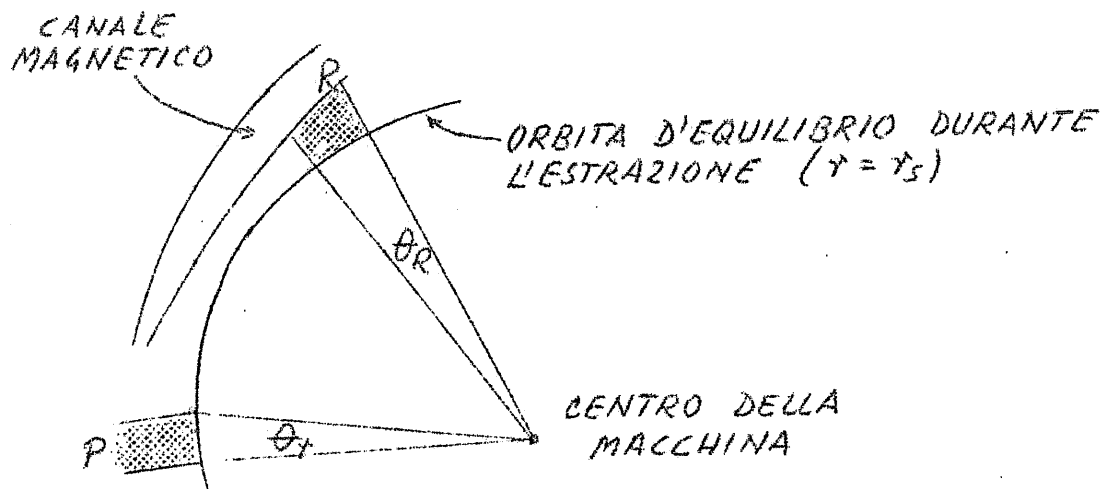
7 - TURRIN e DIAMBERINI riferiscono nell'ordine su:

Possibilità di estrazione del fascio di elettroni dal Sincrotrone Italiano col metodo rigenerativo. (A. Turrin).

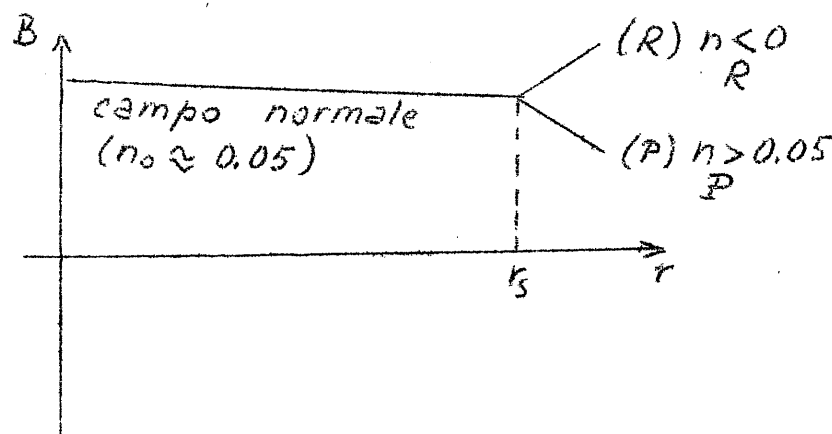
I) Principio base del metodo. Esistenza di una perturbazione atta ad estrarre il fascio.

Il metodo rigenerativo o - con altro nome - del peeler e regenerator ci è sembrato il più conveniente tra i pochi metodi esistenti per l'estrazione del fascio dalla nostra macchina.

Tale metodo, già realizzato con successo nei Sinclotroni di Liverpool e di Chicago, consiste essenzialmente nell'introdurre in prossimità dell'edge dei Sinclotroni due opportune perturbazioni magnetiche localizzate in azimuth



chiamate peeler (P) e regenerator (R) nelle quali il campo ha l'andamento qui raffigurato



in modo che l'accelerazione normale prosegua fino a che l'orbita di equilibrio (attorno alla quale oscillano le parti-

celle) espandendosi, sfiora i bordi interni di P ed R. Da questo istante entra in azione il meccanismo di estrazione: si innescano oscillazioni radiali divergenti (e rimangono nel contempo stabili e limitate le oscillazioni verticali) tali però che i massimi di tali oscillazioni (che aumentano di ampiezza di giro in giro) vengono a trovarsi dopo alcune rivoluzioni preferenzialmente in una regione azimutale convenientemente stretta, in modo che una apprezzabile frazione di particelle incontri una regione magneticamente schermata e possa sfuggire definitivamente all'azione incurvante del campo magnetico.

Nei Sincrociclotroni è necessaria la presenza di un P e di un R per ottenere quanto detto, in quanto l'indice del campo imperturbato è $n_0 = 0.05$.

Nel nostro Racetrack ($n_0 = 0,61$, $L = 120.6$ cm) è necessaria la presenza del solo P, e si ottengono divergenze del tipo voluto con un peeler straight $S = n_P \theta_P$ compreso tra i limiti

$$0.26 < S < 0.37$$

Si calcola che circa il 25% delle particelle descrivono le orbite volute.

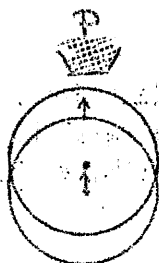
III Le difficoltà peculiari per l'applicazione del metodo ai Sincrotroni di alta energia.

Piuttosto che entrare nei dettagli di quanto detto precedentemente, vorrei esporre le difficoltà che sorgono subito per la realizzazione di questo tipo di estrazione negli elettrosincrotroni di alta energia.

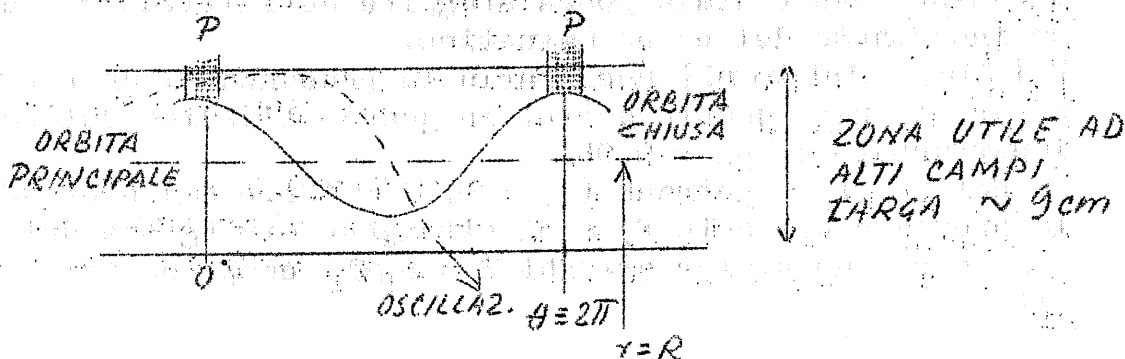
A) Impossibilità di far espandere l'orbita d'equilibrio.

Nel nostro Elettrosincrotrone da 1000 MeV le perdite di energia per irraggiamento sono così grandi alla fine del ciclo di accelerazione, che non è possibile in modo alcuno far espandere l'orbita di equilibrio negli ultimi istanti di accelerazione. Invece nei Sincrociclotroni l'espansione graduale e continua dell'orbita di equilibrio fa parte del naturale ciclo di accelerazione.

Per il nostro Sincrotrone invece si può riuscire a far lambire all'orbita di equilibrio il bordo del peeler spostandone il centro



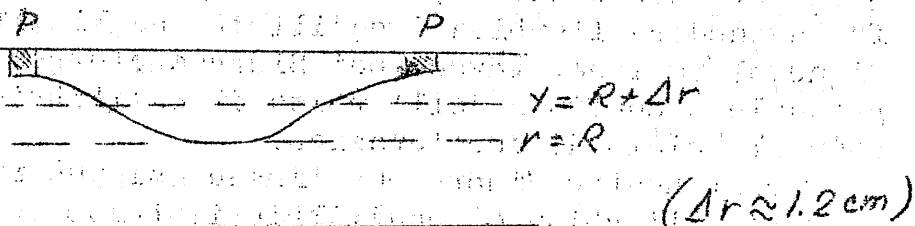
Ciò si fa sovrapponendo al campo B_z della macchina un campo perturbante del tipo $\Delta B_z(\theta) = \Delta B(t) \sin \theta$. Si calcola che nel nostro racetrack alla fine del ciclo ($B_{\max} = 9260$ gs) un ΔB di circa 11 gs produce uno spostamento (radiale) massimo dell'orbita chiusa rispetto al cerchio di raggio $r = R$ di circa 1 cm. Rettificando l'orbita principale, la nuova orbita chiusa dovuta alla perturbazione $\Delta B_z(\theta)$ ha la forma di cui in figura



B) Necessità di contenere le oscillazioni nella regione utile.

Nei Sincrotroni la zona di campo utile agli effetti delle oscillazioni è una fascia (che nel nostro caso, agli alti campi, è larga ~ 9 cm). Se l'orbita chiusa ha distanza media $r = R$ dal centro della macchina, i minimi delle oscillazioni di betatrone (innescate da P ed R) rispetto ad essa possono uscire dalla zona utile (vedi figura soprastante) verso l'interno anzichè, come si vorrebbe, verso l'esterno. Ciò evidentemente non accade nei Sincrociclotroni.

Per essere certi che tutte le particelle escano dalla zona utile soltanto dalla parte esterna, è necessario che l'orbita chiusa deformata sia contenuta tutta nella striscia limitata dal bordo interno del peeler e l'orbita principale di raggio $r = R$.



Ciò si fa scegliendo il valore della frequenza fissa della RF_2 inferiore a quello calcolato per $r = R$. Poichè l'agganciamento tra la RF_1 e la RF_2 avviene a circa 7 - 10 MeV,

è necessario studiare la modulazione della RF_1 che faccia dilatare l'orbita d'equilibrio dal raggio medio $r = R$. (alla cattura) al raggio medio $r = R + \Delta r$ (a circa 7-10 MeV) senza che una apprezzabile frazione di particelle (oscillanti attorno all'orbita di equilibrio) escano dalla zona utile (verso l'esterno). Calcoli sull'iniezione e informazioni sulla cattura nonché sulla larghezza del pianerottolo di n buoni a bassi campi e sul damping delle ampiezze di oscillazione lasciano supporre che:

α) Il Δr all'agganciamento deve avere il valore ~ 1.2 cm (cioè $V_{RF2} = 43,58$ MHz, che è un valore sensato se la V_{RF2} è data all'1%).

β) La modulazione della V_{RF1} può essere fatta in modo abbastanza arbitrario fino al valore di agganciamento, (cioè per es. può essere quella relativa all'orbita di raggio $r = R$).

γ) Un canale magnetico fisso rende impossibile l'iniezione.

Il deflettore elettrostatico che inietta le particelle nella macchina va affondato in modo che la sua bocca di uscita sia contenuta entro la zona di campo utile. Ciò vale anche per la bocca d'entrata del canale magnetico per l'estrazione. Poiché la zona di campo utile è larga ~ 12 cm all'iniezione e ~ 9 cm all'estrazione, segue che la presenza di un canale magnetico fisso rende del tutto inefficiente l'iniezione (cioè il canale fisso sarebbe più affondato che non il deflettore elettrostatico).

E' necessario allora che il sistema meccanico rigido che costituisce il canale magnetico sia girevole intorno ad un asse verticale passante per la sua bocca di uscita in modo da poter portare la sua bocca di entrata alternativamente fuori della zona utile a bassi campi e dentro la zona utile ad alti campi (escursione della bocca d'entrata ~ 2 cm).

Sulla realizzazione di un peeler mediante poli scanalati per l'estrazione del fascio di elettroni. (G. Diambrini Palazzi).

La realizzazione pratica di un peeler nell'elettrosincrotrone, allo scopo di estrarre il fascio di elettroni, presenta particolari difficoltà. Il peeler deve essere nel nostro caso una regione del gap il cui confine interno è un arco di cerchio che dista 2 cm. circa dall'orbita stabile di raggio $R = 360$ cm. e la cui estensione azimutale può essere determinata dai limiti teorici imposti alla intensità del peeler $S = n_p \theta_p$, dove n_p e θ_p sono l'indice di campo e l'estensione azimutale del peeler. Nel nostro caso si deve avere:

$$0,26 \leq S \leq 0,37$$

Le condizioni da rispettare più difficilmente ad ottenere sperimentalmente sono:

- 1) Il valore di n deve variare il più rapidamente possibile attraverso il confine geometrico del peeler.
- 2) Gli elettroni per giungere all'energia finale (per esempio 1000 MeV) non devono incontrare il peeler prima dell'inizio dell'operazione estrazione.

L'uso di circuiti correttivi nell'intraferro del sincrotrone è da scartarsi, in primo luogo perchè non potrebbero trovare materialmente posto, in secondo luogo perchè non si potrebbe molto probabilmente soddisfare la condizione 1). La creazione di un peeler alla sezione diritta mediante circuiti correttivi potrebbe forse essere attuata, ma superando molte difficoltà relative allo spazio disponibile ed alle forti correnti in gioco.

Un altro metodo che brevemente esporremo, dovrebbe permettere una soluzione semplice ed economica del problema, insieme al soddisfacimento delle condizioni 1) e 2). Si tratta di utilizzare poli scanalati. In fig. I una curva rappresenta l'indice di campo nel gap quando il peeler non c'è, l'altra quella relativa a un peeler di intensità $S = 0,3$ con $n_p = 3,45$, $L_p = 31$ cm.

Questa variazione di n tra 0,6 e 3,45 in tutta la zona del peeler deve cominciare solo dopo che l'ampiezza delle oscillazioni di betatrone A_β sia diventata più piccola di 2 cm. Poichè si ha $A_\beta \propto \frac{1}{\sqrt{B}}$, ciò avverrà dopo i 300 - 400 gauss.

Questo si può ottenere lasciando a uno o più lanierini

del polo il profilo normale poi a un gruppo successivo il profilo alterato come in fig. 1 (v. alla fine della relazione) poi di nuovo un gruppo con profilo normale e così via per una lunghezza azimutale di 31 cm. In figura 1 le dimensioni radiali sono in scala 1 : 1, quelle verticali in scala 4 : 1 per chiarezza. Come è noto, nella parte sporgente dei lamierini si avrà una densità di flusso maggiore e quindi un abbassamento progressivo della permeabilità al salire dell'induzione molto più rapido che nel ferro. In fig. 1 è pure data una sezione azimutale di un polo scanalato. Vedremo che è possibile, scegliendo ad esempio un rapporto tra le densità di flusso nel ferro del polo e nei denti del polo uguale a $\frac{1}{2}$, ottenere che la permeabilità nei denti del polo si abbassi solo dopo i 5 Kilogauss nel ferro e vada praticamente a 1 verso i 7 ÷ 8 kilogauss nel ferro. Si avrà dunque sul campo nell'intraferro l'effetto equivalente a una deformazione continua del profilo polare, e quindi dell'n. L'indice di campo, quando il μ dei denti polari si sarà avvicinato all'unità, coinciderà con l'n del peeler $n_p = 3,45$ per una conveniente scelta del profilo di scanalatura.

In fig. 2 le curve dimostrano l'andamento del μ del polo confrontato con quello dei lamierini sporgenti quando si assuma un rapporto $\frac{B_{\text{polo}}}{B_{\text{denti}}} = 0,5$ costante.

Questo rapporto può essere ottenuto con opportuna scelta sperimentale nei rapporti $\frac{l}{L}$ e $\frac{d}{D}$ di fig. 1. Dalla figura

2 si deduce quanto sopra affermato e cioè che la permeabilità nei denti scende rapidamente a valori prossimi a 1 nell'intervallo tra 4 o 6 kilogauss nell'intraferro. E' dunque in questo intervallo che la distribuzione radiale del campo magnetico varierà per dare origine alla zona del peeler.

La curva di permeabilità presentata è solo indicativa e così pure i dati ricavati. In realtà si avrà anche una variazione del rapporto $\frac{B_{\text{polo}}}{B_{\text{denti}}}$ in funzione della per-

meabilità dei denti.

Si prevede che la saturazione dei denti porterà una alterazione del valore dell'n del campo residuo, probabilmente non grande, e non allarmante perchè localizzata in soli 30 cm. di lunghezza azimutale.

$$n = -\frac{R}{B} \frac{\Delta B}{\Delta R}$$

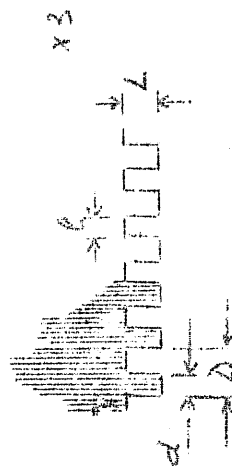
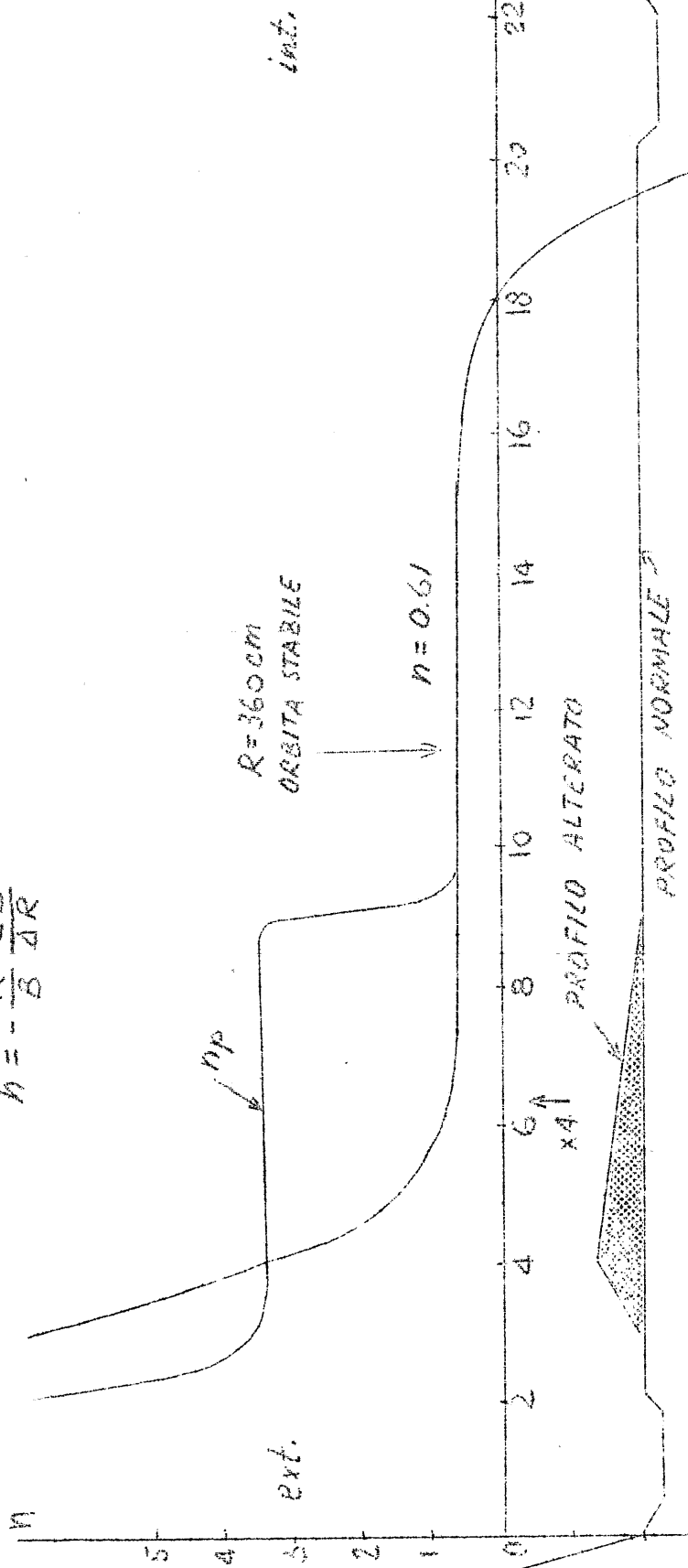
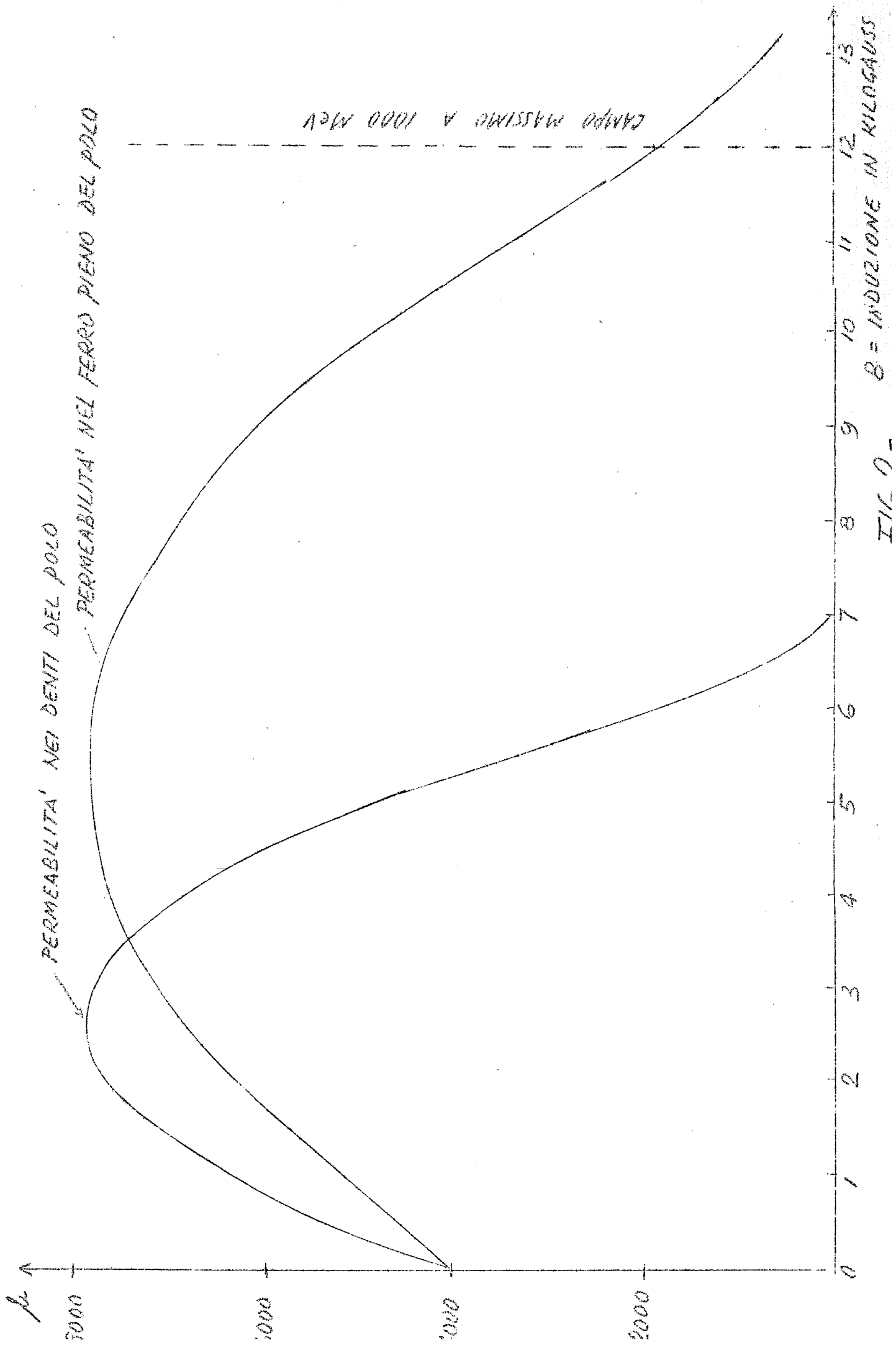


FIG. 1 -



Iniziano le relazioni del gruppo B)-

8 - MEZZETTI presenta la seguente relazione:

Contatori ad assorbimento totale per spettrometria γ ad alta energia (L. Mezzetti, B. Rispoli, S. Sciuti).

1 - Introduzione -

Rispetto alla situazione descritta nella precedente relazione (1), una più abbondante disponibilità di informazioni ha permesso di formare un quadro più esatto delle possibilità di questa nuova tecnica, in relazione agli scopi che ci si ripromette di raggiungere col suo impiego. Queste informazioni riguardano sia i più recenti risultati sperimentali ottenuti dai diversi gruppi di ricerca che hanno costruito contatori di questo tipo, sia i calcoli e le stime semiquantitative che sono state eseguite per rendersi conto dei diversi fattori che determinano il potere risolutivo nelle diverse realizzazioni costruttive.

2 - Contatori "omogenei" e contatori "a sandwich" -

I contatori per spettroscopia γ ad alta energia finora costruiti nei diversi laboratori (una decina) si possono classificare in due gruppi, a seconda della distribuzione della massa sensibile (materiale trasparente luminescente per scintillazione o per luce di Cerenkov). Li indicherò per brevità come contatori omogenei e contatori a sandwich, sebbene questa distinzione puramente costruttiva sia legata ad una essenziale differenza nel metodo di raccolta e di sfruttamento della informazione depositata nel contatore dalla particella incidente (quanto γ o elettrone).

La scelta fra il meccanismo di scintillazione e quello di Cerenkov per la conversione della informazione stessa in luce adatta ad essere raccolta da uno o più fotomoltiplicatori è meno importante, almeno entro certi limiti, per la discussione dei fattori che determinano il potere risolutivo (essa è invece importante per le questioni riguardanti il "fondo"). Alcuni di questi fattori sono stati discussi in dettaglio, se pur con drastiche approssimazioni di calcolo, da Sternheimer (2), che ha preso in esame alcune particolari realizzazioni costruttive, sia del tipo omogeneo che di quello a sandwich.

(1) L. Mezzetti, "Esperienze con l'Elettrosincrotrone", verbale della riunione 1-2 ottobre 1956, Roma, pag. 55.

(2) R. Sternheimer, Brookhaven National Laboratory, BNL - RS5 (1951); RS15, RS16 (1952).

I contatori omogenei, costituiti da un unico blocco di materiale trasparente e luminescente, sono basati sul principio di raccogliere, per tramite di uno dei due meccanismi di luminescenza, un segnale proporzionale all'energia totale depositata nel blocco dallo sciame elettronico, cioè se il blocco è sufficientemente grande, all'energia totale della particella incidente. Se fosse possibile realizzare le condizioni ideali di totale esaurimento dello sciame nell'interno del blocco, e di totale raccolta della luce prodotta (o per lo meno di una frazione costante di essa da ogni punto della massa sensibile) questo metodo sarebbe certamente il migliore, in quanto le fluttuazioni della risposta sarebbero provocate soltanto dalla non costanza del rendimento luminoso specifico degli elettroni al variare della loro energia ed eventualmente dalla statistica dei processi di fotoemissione e di moltiplicazione dei fotomoltiplicatori. In pratica, invece, le limitazioni più importanti a questo metodo provengono, in ordine di importanza diverso a seconda dei casi, da: 1) fuga di energia dello sciame, sotto forma di elettroni e di quanti γ , dalle pareti del blocco; 2) assorbimento della luce prodotta nell'interno del blocco stesso, dal punto di emissione al punto di raccolta (fotocatodi); 3) statistica del fotomoltiplicatore, che può diventare importante, anche per grandi energie dello sciame, in ragione dell'assorbimento della luce.

Sternheimer, per esempio, calcola per il solo effetto 1), in un cristallo di NaI di lunghezza ~ 25 cm. (~ 10 unità di radiazione (u.r.)) e diametro ~ 5 cm. (~ 2 u.r.), per una energia incidente $E_\gamma = 2000$ MeV, una fluttuazione (da considerarsi grossolanamente come uno scarto quadratico medio) di circa il 9%, dovuta all'incirca in parti uguali alle fughe di elettroni dal fondo del cilindro, ed alle fughe di quanti γ (principalmente attraverso le pareti laterali).

Nei contatori a sandwich l'informazione che si raccoglie è sostanzialmente diversa. Un tipico esempio è il contatore costruito da Pugh, Frisch, e Gomez (3) costruito da 50 dischi di plastico scintillante di 2,5 mm. di spessore e 20 cm. di diametro, intercalati a 49 piastre di piombo (per un totale di circa 11 u.r.); la luce generata dallo sciame elettronico negli strati di plastico viene raccolta lateralmente tutta insieme, con un sistema di fotomoltiplicatori in parallelo. In tal modo il segnale d'uscita risulta all'incirca proporzionale, non alla energia totale dello sciame, ma alla grandezza

$$N = \sum_{i=1}^n N_i$$

(3) G.E. Pugh, D.H. Frisch, R. Gomez - R.S.I. 25, 1125 (1954).

dove gli N_i rappresentano i numeri di elettroni presenti a ciascuna di n profondità prestabilite a partire dall'origine dello sciame (gli spessori in u.r. delle "sonde" di plastico scintillante sono trascurabili rispetto gli spessori delle piastre di piombo). In questo caso la dispersione dei segnali d'uscita corrispondenti ad una data energia della particella incidente è determinata essenzialmente dalle fluttuazioni dei numeri N_i , che non sono indipendenti fra loro e hanno distribuzioni sopranormali. Sternheimer (2) ha eseguito un calcolo approssimato per un sandwich di 10 piastre di vetro al piombo, di 10 cm. di diametro (2,9 u.r.), per un totale di circa 10 u.r. intercalate con strati di liquido scintillante; la raccolta della luce è supposta frontale, ma il calcolo non tiene conto dell'assorbimento. Si ottiene così una fluttuazione (per es. per $E_\gamma = 2000$ MeV) di circa il 21%, da confrontarsi con il 9% ottenuto con il contatore omogeneo a NaI di dimensioni (in u.r.) confrontabili. La dispersione dovrebbe essere all'incirca proporzionale a $1/\sqrt{n}$ (n = numero delle piastre) il che conduce per il caso di Pugh et al. ad un valore di circa il 18% per $E_\gamma = 100$ MeV. Pugh et al. affermano di aver progettato il contatore per una risoluzione del 10% a 100 MeV (forse in base ad un calcolo più preciso): i risultati sperimentali, comunque, sono ancora più deludenti, andando da $\sim \pm 30\%$ a 75 MeV a $\sim \pm 27\%$ a 225 MeV.

Si può osservare, naturalmente, che la scelta della grandezza $\sum N_i$ come segnale non è il modo migliore di sfruttare l'informazione depositata dallo sciame nel sistema. Essa è stata probabilmente dettata da ragioni di semplicità costruttiva e di economia; la questione meriterebbe di essere approfondita con uno studio delle fluttuazioni dei diversi parametri caratteristici dello sviluppo dello sciame.

3- Risultati sperimentali ottenuti con contatori "omogenei".

A priori sembra dunque sicuro che le prospettive migliori siano offerte dal principio su cui sono basati i contatori omogenei. Il problema più difficile (ma di natura tecnologica) è in questo caso nell'estrazione dell'informazione, cioè, nelle soluzioni costruttive adottate fino ad oggi, nell'estrazione della luce prodotta nell'interno della massa luminescente. E' pertanto interessante passare rapidamente in rassegna i migliori contatori effettivamente costruiti fino ad oggi, ed i risultati ottenuti. Tutti sono contatori a luce di Cerenkov, e differiscono l'uno dall'altro per le dimensioni, il tipo di materiale trasparente impiegato, il sistema di raccolta della luce (posizione, numero e tipo dei fotomoltiplicatori) e per qualche speciale artificio per migliorare il rendimento di raccolta.

Per quel che riguarda la scelta del materiale, è opportuno mettere in rilievo che l'impiego di un materiale a numero atomico medio il più possibile elevato (cioè u.r. la più corta possibile) non rappresenta necessariamente la soluzione migliore. A parità di indice di rifrazione la quantità di luce

di Cerenkov prodotta è infatti proporzionale alla lunghezza geometrica del percorso della particella ionizzante (e cresce con il crescere dell'indice di rifrazione). D'altra parte vale la regola empirica che la trasparenza (nella regione spettrale che interessa, che va all'incirca da 3000 a 6500 Å) è in generale tanto peggiore quanto più elevato è il numero atomico medio, per lo meno per le sostanze finora effettivamente provate.

Un materiale molto interessante potrebbe essere lo Xenon liquido (4) (punto di fusione a pressione atmosferica -112°C , punto critico $t_c = +16,6^{\circ}\text{C}$; $p_c = 58\text{ atm}$; secondo Swartz a -20°C sotto 25 atm la densità sarebbe circa 3g/cm^3 e la u.r. circa 2,7 cm.). La trasparenza sarebbe probabilmente ottima ma un ostacolo formidabile è costituito dal prezzo, stimato da Swartz in 10.000 dollari al litro. E' da notare che in questo caso la luminescenza prodotta per "scintillazione" sarebbe probabilmente maggiore di quella di Cerenkov.

La maggior parte dei contatori costruiti finora impiegano vetri pesanti. I laboratori americani si sono serviti di una partita di dischi prodotti dalla Corning Glass Co. (diametro 12", lunghezza 7", generalmente usati in coppia in modo da costituire un cilindro di 14" di lunghezza, u.r. 1", indice di rifrazione 1,65).

I risultati migliori sembrano essere stati ottenuti finora dal gruppo di Cornell (5), con una risoluzione energetica che va da circa il 40% a 100 MeV a circa il 20% a 700 MeV. Il gruppo di Urbana (6) ha pubblicato risultati analoghi (fra i 90 e i 200 MeV) ottenuti con raccolta frontale della luce, mentre un miglioramento sostanziale sembra essere stato ottenuto adottando un sistema di raccolta laterale (7).

Una soluzione costruttiva molto interessante è quella adottata dal gruppo del Research Laboratory della G.E., Schenectady (W. Jones, H.R. Kratz, J. Rouvina). Il materiale trasparente è qui C-Cl_4 (u.r. $\approx 12,6\text{ cm}$, indice di rifrazione $n = 1,46$) scelto per la sua buona trasparenza, inerzia chimica e basso costo, su una decina di composti liquidi presi in esame come buoni compromessi fra le esigenze di Z elevato e copiosa produzione di luce di Cerenkov. La risoluzione ottenuta

(4) G.E. SWARTZ, Brookhaven National Laboratory, BNL 2686, (1956)

(5) Informazione privata da una lettera dell'Ing. Sacerdoti al Prof. Salvini.

(6) I. Filosofo, T. Yamagata, Symposium CERN II°, 85, (1956)

(7) G. Bernardini, comunicazione privata.

ta (varianza relativa delle curve di distribuzione) è dello ordine del 15% a 200 MeV, e decresce, come al solito, con il crescere dell'energia. Un particolare molto interessante è costituito dall'impiego di un "convertitore di luce" (wave-shifter) per migliorare la trasparenza e il rendimento fotocatodico.

Questo ultimo accorgimento, che sembra aver contribuito in modo sostanziale alla buona risoluzione ottenuta, è interessante perchè suscettibile di essere applicato anche ad altri materiali, compresi i vetri pesanti (interponendo strati di convertitore fra lastre di vetro convenientemente sottili). Una soluzione costruttiva di questo tipo ha, a mio parere, notevoli probabilità di dare buoni risultati, in quanto potrebbe combinare i vantaggi della migliorata trasparenza con quelli di una più completa deposizione dell'energia dello sciame entro la massa sensibile senza aumentare eccessivamente le dimensioni. Si ricordi a questo proposito che mentre i contatori costruiti col vetro Corning hanno una lunghezza di 14 u.r. ed un diametro di 12 u.r. (1 u.r. = 2,5 cm.), il contatore a C Cl₄ della G.E. ha una lunghezza di $\sim 7,5$ u.r. ed un diametro di $\sim 2,5$ u.r. (1 u.r. = 12,6 cm.).

4 - Altri materiali trasparenti per contatori di Cerenkov.

Su altri materiali trasparenti che si possono usare, si hanno le seguenti notizie:

1) vetri di trasparenza alquanto migliore di quelli Corning sono prodotti dalla ditta inglese Chance Brothers Ltd, Birmingham;

2) Fidecaro (8) ha citato a Ginevra coefficienti di trasparenza per u.r. un po' migliori di quelli del migliore vetro Chance per il composto (liquido) Pb (Cl O₄)₂ che ha 1 u.r. = 4,1 cm.

3) Swartz (4) cita anche, fra i liquidi, il borotung stato di cadmio (1 u.r. = 2,5 cm.), ma non ne specifica le qualità di trasparenza in modo sufficiente per dei confronti; tale composto sembra però essere assai costoso.

4) Hofstadter (9) ha impiegato un cristallo di cloruro di tallio (1 u.r. = 0,83 cm.) di ~ 14 cm. di diametro e 14 cm. di lunghezza, con una risoluzione di circa il 26% fra 200 e 300 MeV e cita (10) fra i materiali promettenti, particolarmente per energie dell'ordine del GeV, il Pb F₂ (cristalli), che ha una densità elevatissima, intorno a 8,0 g/cm³, e 1 u.r. = 0,84 cm.. Tutti questi cristalli sono però

(8) G. Fidecaro, Symposium CERN II°, 80 (1956) (Discussione).

(9) R. Hofstadter, Symposium CERN II°, 80 (1956).

(10) R. Hofstadter, Symposium CERN II°, 80 (1956).

assai difficili da fabbricarsi e molto costosi.

5 - Conclusioni.

Volendo trarre delle conclusioni circa l'opportunità di dare inizio ad un programma di costruzione di uno spettrometro per raggi γ ad assorbimento integrale adatto alle condizioni sperimentali ed alle esigenze dell'elettrosincrotrone di Frascati occorre prima di tutto aver chiaro quale dovrà essere il suo impiego principale. Se questo deve essere essenzialmente quello della taratura del fascio dei raggi γ (cioè della determinazione della sua intensità assoluta e del suo spettro di energia) è certo che le prestazioni di un tale strumento non possono (né probabilmente potranno per un lungo periodo di tempo) competere con quelle offerte dalla tecnica degli spettrometri a coppie. Una convenienza potrebbe risultare da considerazioni di peso, dimensioni di ingombro, flessibilità di impiego e costo, comunque riducendo le pretese per quel che riguarda il potere risolutivo. Appare difatti assai improbabile, anche tenuto conto dei progressi tecnologici che si può ragionevolmente sperare di raggiungere, che per questa via si possano ottenere a breve scadenza poteri risolutivi migliori del 5%.

Il vantaggio "di principio" dello spettrometro ad assorbimento integrale rispetto allo spettrometro a coppie consiste nel rendimento di rivelazione, che è praticamente il 100 per 100, rispetto a qualche %. Questa caratteristica lo rende in sostituibile in tutti quei casi in cui, diversamente dal caso della taratura del fascio γ primario, la limitazione principale alla significatività dei risultati proviene dalla statistica degli eventi da rivelare. A questa vantaggiosa caratteristica si aggiungono quelle, già menzionate, riguardanti la maneggevolezza ed il costo. Per queste ragioni lo spettrometro γ ad assorbimento integrale, nelle sue diverse versioni, è certamente uno strumento di grande utilità e che trova e troverà larghissimo impiego negli esperimenti con le grandi macchine acceleratrici, come del resto dimostra l'interesse che vi hanno dedicato numerosi laboratori esteri che lavorano in questo campo.

Quercia: domanda se le fluttuazioni nel Cerenkov integrale, sono dovute sostanzialmente agli elettroni di bassa energia, dell'ordine dell'energia critica, e se si può pensare di utilizzare un campo magnetico per rifoccheggiare questi elettroni diminuendo così le fluttuazioni.

Mezzetti: risponde che le fluttuazioni vengono principalmente dagli elettroni di 100-200 MeV, i quali

- 1) sono i maggiori produttori di fotoni di bassa energia, che a loro volta hanno un lungo cammino libero
- 2) sono abbastanza inclinati e sparpagliati rispetto all'asse
- 3) sono pochi, dell'ordine di una diecina a tutte le profondità, per un fotone primario di 2000 MeV, per es.

Si può pensare realmente all'uso di un campo magnetico, anche se non è stato finora provato da nessuno.

Poiani : chiede se le fluttuazioni nei calcoli presentati si riferiscono solo a elettroni o fotoni che incidono lungo l'asse del Cerenkov, senza inclinazione; e come varia in altri casi il potere risolutivo.

Mezzetti: risponde che il gruppo del MIT ha fatto delle misure in proposito, e il rendimento rimane del cento per cento, variando le condizioni di incidenza; nel lavoro citato del MIT è anche detto che la distribuzione degli impulsi non varia molto.

Pancini: chiede se si potrebbero sfruttare le fluttuazioni massime, invece di cercare di eliminare le fluttuazioni, per avere una misura dell'energia massima dei γ uscenti dal sincrotrone.

Mezzetti: osserva che per fare questo bisognerebbe conoscere qualcosa di preciso sulla distribuzione di queste fluttuazioni.

Pancini: chiede se, per le misure di energia sul fascio di γ , sia possibile utilizzare con vantaggio gli effetti fotomesonici invece degli effetti elettromagnetici.

Mezzetti: osserva che per fare questo bisognerebbe conoscere con precisione le sezioni d'urto, e per sapere queste è necessario fare indipendentemente delle buone misure di energia del fotone.

Il sistema usato nel sandwich, di sommare i segnali provenienti dai vari strati, non è detto che sia il modo migliore possibile per misurare l'energia. Dallo stesso sistema si possono prendere altre informazioni, analizzando meglio la cascata. Per es. un'informazione importante potrebbe essere il numero di elettroni al massimo della cascata. Il problema è sostanzialmente analogo a quello delle camere di Wilson a molti setti.

Pancini: dice che, da calcoli fatti, il numero di elettroni al massimo della cascata non è più conveniente di altre informazioni.

Salvini: pensa che per la misura dell'energia del fascio di γ e la verifica dello spettro non ci si possa aspettare con la tecnica dei Cerenkov niente di meglio di quello che hanno ottenuto Panofsky e collaboratori con camere di ionizzazione, esplorando a vari livelli, o mettendo sottili camere di ionizzazione a varie profondità in un grosso assorbitore.

Borsellino: una grandezza che dovrebbe fluttuare poco ed essere insieme abbastanza sensibile all'energia del fotone incidente è la pendenza media dello sviluppo iniziale della cascata, su un tratto abbastanza lungo, ma prima di avvicinarsi al massimo. Si potrebbe osservare questa col metodo del sandwich.

Mezzetti: osserva che anche questa grandezza fluttuerà abbastanza perchè il numero degli elettroni in ogni strato è piccolo a tutti i livelli (circa da 0 a 20 per un primario di 2000 MeV). Nel caso del contatore omogeneo ad assorbimento totale invece si può sperare di migliorare il potere risolutivo, perchè si tratta di trovare il materiale adatto, che abbia una breve lunghezza di radiazione ed una buona trasparenza.

9 - PANCINI presenta la seguente relazione:

Apparecchiature elettroniche e strumenti di misura di uso generale per la sperimentazione con l'elettrosincrotrone.
(E.Pancini, I.F. Quercia, B.Rispoli).

Questa relazione fa seguito a vari scambi di idee intervenuti tra i membri del gruppo di elettronici della Sezione Acceleratore, quelli della Sezione di Roma e quelli del Laboratorio Elettronico di Genova.

Un programma che abbia lo scopo di stabilire un piano di acquisti, progettazioni ed eventuali costruzioni di apparecchiature e strumenti di misura per la sperimentazione con l'elettrosincrotrone, richiederebbe, ovviamente, per essere concretamente compilato, che fosse prevedibile l'esperienza più generale eseguibile con qualsiasi macchina, in qualunque epoca della storia, nonché lo stato di evoluzione delle tecniche dell'epoca in questione. Fortunatamente, almeno per alcuni aspetti, le previsioni non sono difficili poichè, sia l'esperienza tratta dalla notevole mole di lavori fatti con altre macchine, simili o meno alla nostra, sia la ragionevole certezza che non sono da attendersi, nei prossimi anni, progressi rivoluzionari nelle tecniche di rivelazione delle particelle, nelle quali sia richiesto l'ausilio essenziale dell'elettronica, rendono possibile stabilire alcuni punti sicuri sui quali ancorare una parte notevole del nostro programma.

A questo scopo è bene dividere il nostro problema in due:

- a) Apparecchi per lo studio del fascio di raggi γ fuoriuscenti dal sincrotrone o diffuso da un materiale interposto.
- b) Apparecchi per lo studio delle altre particelle risultanti dall'interazione con la materia del fascio di raggi γ di cui sopra.

E' da ritenersi che le questioni relative al punto a) esulino, in generale, dai compiti di questa relazione, poichè il problema del conteggio e della misura di tali fotoni è da considerarsi ancora aperto. Per quanto risulta vi si stanno dedicando il Prof. Mezzetti di Roma (con contatori Cerenkov), il Dr. Vitale di Genova (con contatori a scintillazione) ed il gruppo di Milano (Prof. Lovati) (con spettrometro magnetico di coppie).

Considerando poi gli apparecchi del gruppo b), possiamo operare una ulteriore suddivisione in: I) apparecchi per la rivelazione di particelle e per la selezione semplice degli eventi che interessano (per esempio a mezzo di discriminatori temporali o di ampiezza, o di loro combinazioni); II) apparecchi per ottenere selezioni più complicate o per la elaborazione automatica e rapida dei dati tratti da quelli del gruppo I). Il campo delle ricerche in quest'ultimo settore è ancora completamente aperto, mentre per gli apparecchi del gruppo I (che almeno dal punto di vista della quantità e dell'immediato impiego sono tra i più importanti),

le soluzioni possibili sono molto ben definite.

Infatti le caratteristiche delle particelle, utilizzabili per rivelarle e selezionarle sono poche: 1) Ionizzazione; 2) Velocità (effetto Cerenkov o tempo di volo); 3) Vita media o altre caratteristiche del decadimento; 4) Interazioni nucleari caratteristiche; ed altrettanto pochi sono i rivelatori ragionevolmente utilizzabili: 1) Rivelatori a relé (presumibilmente sempre contatori a scintillazione); 2) Contatori proporzionali a scintillazione (utilizzanti sostanze inorganiche, organiche o gassose) o di Geiger; 3) Contatori di Cerenkov.

Il carattere essenziale di tali rivelatori, per quanto riguarda l'elettronica da impiegare, è dato dalla velocità di salita degli impulsi che essi forniscono in uscita e l'esperienza degli ultimi anni ha dimostrato come sia utile l'uso di apparecchiature elettroniche sempre più veloci, onde sfruttare al massimo la rapida risposta dei rivelatori. Tuttavia è bene osservare quanto segue.

I tempi di salita dei singoli tipi di rivelatori e dei loro accessori indispensabili sono i seguenti: Contatori proporzionali di Geiger 10^{-7} s; scintillatori a NaI 2×10^{-7} s; scintillatori organici 10^{-8} s; scintillatori a gas (xenon) 4×10^{-9} s; contatori di Cerenkov 0.1×10^{-9} s; F.M. $5 \pm 1 \times 10^{-9}$ s (i valori più bassi si ottengono con piccole superfici del fotocatodo); amplificatori distribuiti $0.5 \text{ a } 10^{-8}$ s. Si osservi, inoltre, che la grande rapidità dei contatori di Cerenkov viene ad essere perduta a causa delle piccole quantità di luce in gioco e quindi la necessità di usare F.M. con grande fotocatodo, e di provvedere ad una opportuna amplificazione.

In conclusione i tempi di salita in gioco non possono, in ogni caso, essere molto ridotti al di sotto di 10^{-8} s. Pertanto è ragionevole ritenere che una elettronica capace di trasmettere e selezionare impulsi con tempi di salita di $0.5 \pm 1 \times 10^{-8}$ s e di durata dello stesso ordine di grandezza, sia, nella stragrande maggioranza delle esperienze che si possono immaginare, normalmente sufficiente; anzi gli apparecchi elettronici con esigenze estreme di velocità saranno di solito una modesta percentuale di quelli impiegati. Esistono studi e progetti sufficientemente evoluti, nelle loro linee essenziali, per apparecchi dotati di tale velocità e pertanto questa tecnica non presenta problemi particolari di ricerca.

Un altro termine importante di confronto è quello dei poteri risolutivi richiesti alle apparecchiature di selezione, in particolare ai circuiti di coincidenza ed ai circuiti di discriminazione di ampiezza da uno a più canali. Per quanto riguarda i circuiti di coincidenza il potere risolutivo già raggiunto con apparecchi stabili e ben riproducibili è dell'ordine di 0.5×10^{-8} s, e pertanto più che sufficiente, coerentemente con quanto è stato detto al capoverso precedente.

Per quanto riguarda invece i discriminatori di ampiezza, va tenuto presente che:

1) non si vedono serie ragioni per poter prevedere, in esperienze col sincrotrone, un uso frequente di discriminatori a molti canali.

2) Nelle esperienze che sono già state eseguite ed in quelle che si possono facilmente prevedere, la discriminazione va operata (a parte il taglio per la eliminazione del fondo) su eventi piuttosto rari e cioè su eventi che si presentano con una frequenza non superiore a qualche unità per ogni fiotto di raggi γ nella macchina.

Non sembra dunque necessario nè disporre di un numero notevole di discriminatori a molti canali, nè di discriminatori dotati di un potere risolutivo particolarmente elevato. Sembra pertanto conveniente orientarsi verso la realizzazione di discriminatori a uno e a tre canali, di basso costo e di buona precisione e stabilità, studiati in modo che possano essere eventualmente posti in parallelo per esperienze particolari.

Anche per quanto riguarda eventuali esperienze, ove siano in gioco le vite medie delle particelle elementari, è da osservarsi che una elettronica del tipo sopra accennato è più che sufficiente per le particelle con vita media $\geq 10^{-8}$ s, e che, essendo le vite medie immediatamente più brevi dello ordine di 10^{-10} s, non sembra ragionevole intraprendere tentativi per studiare una elettronica che possa raggiungere questi limiti.

L'eventuale discriminazione delle particelle, sulla base del loro tempo di volo, non dovrebbe richiedere una elettronica più veloce di quella da 10^{-8} s; infatti i massimi momenti che possono ottenersi con la nostra macchina per i mesoni K e per i protoni, sono dell'ordine di 500 MeV/c ed i relativi β proporzionalmente bassi.

La tabella seguente dà un'idea delle non trascurabili possibilità della tecnica dei tempi di volo.

		π	K	p
$p_i = 500 \text{ MeV/c}$				
	1	0.98	0.96	0.7
dt su 10 m	0.06	0.1	1.2	2.4
dt su 3 m	0.02	0.3	0.4	0.8
$p_i = 100 \text{ MeV/c}$				
	1	0.7	0.6	0.2
dt su 10 m	1.3	1.7	(10)	5
dt su 3 m	0.4	0.6	3	2

Sulla base di queste osservazioni non sembra il linea di massima ragionevole dedicare particolare impegno alla progettazione di apparecchi elettronici più veloci di quelli che già si trovano abbondantemente descritti nella letteratura (per le scale V. più avanti). E', invece, senz'altro più im-

portante provvedere alla realizzazione di prototipi particolarmente studiati dal punto di vista della facile riproducibilità, della stabilità e della sicurezza di funzionamento, sia per quelli dotati della massima rapidità che per quelli con prestazioni più modeste.

D'altra parte non è difficile persuadersi che una notevolissima percentuale di esperienze può essere eseguita con un numero limitatissimo dei tipi fissati di apparecchi (amplificatori, discriminatori, coincidenze doppie, anticoincidenze, scale, tubi a raggi catodici con registrazione fotografica, linee di ritardo) diversamente ed opportunamente combinati tra di loro. Ciò richiede, fra l'altro, una stretta unificazione delle loro impedenze di entrata e di uscita (varie considerazioni portano a favorire il valore di 150 ohm).

Il Prof. Quercia ha già preparato ed inviato, a tutte le Sezioni e Sottosezioni interessate, un primo elenco di apparecchi per i quali è ragionevole poter prescrivere una adeguata standardizzazione. A questo si propone di aggiungere i seguenti dei quali l'esperienza di laboratorio ha dimostrato la grande utilità (V. tabella 1 alla fine della relazione):

- 18) Provavalvole in regime impulsivo
- 19) Calibratore all'1% per strumenti di misura (Voltmetri, Amperometri, c.c., c.a.)
- 20) Sorgente di luce, continua o pulsata, tarata (con attenuatore) da 1 a 10^{-8} lumen.
- 21) Amplificatori con guadagno calibrato all'1% (per c.c., c.a., B.F., impulsi)
- 22) Tubo R.C. con registrazione fotografica.

Il Prof. Quercia ha anche provveduto a raccogliere attraverso un referendum, le richieste di apparecchiature dalle varie Sezioni e Sottosezioni ottenendo i risultati riassunti nella tabella 2. Al preventivo finanziario che conclude questa tabella andrebbero aggiunti ~ 6 milioni per l'esecuzione dei prototipi dell'elenco aggiuntivo e $40 + 50$ milioni per gli sviluppi della serie di costruzioni.

Il Prof. Quercia ha anche provveduto ad interpellare un certo numero di ditte per informarsi sulle possibili forme di collaborazione di carattere tecnico ed economico, sia per lo sviluppo dei prototipi che per l'esecuzione di piccole serie di tali apparecchi elettronici. Tali industrie si sono dichiarate in linea di massima d'accordo nel ritenere possibile la realizzazione di serie di produzione su prototipi studiati e realizzati da una delle Sezioni dell'INFN. In cambio della cessione del prototipo l'industria si impegnerebbe a fornire alle Sezioni dell'INFN gli apparecchi costruiti a prezzo di costo ed eventualmente una percentuale su quelli venduti.

Sembra peraltro doversi notare in questa offerta una eccessiva generosità; poichè per un numero non indifferente dei tipi degli apparecchi in questione, è presumibile che, almeno per vari anni, l'unico acquirente potrà, appunto, essere l'INFN.

Una seconda forma di collaborazione proposta dalle ditte è quella relativa allo studio e sviluppo di prototipi secondo norme e sotto la supervisione dell'INFN. Questo tipo di collaborazione con le ditte sembra essere alquanto promettente ed utile, per quanto non si possa nascondere che, in molti casi, sia per ragioni economiche sia per ragioni di preparazione del personale, sarebbe da preferirsi che lo sviluppo dei prototipi fosse eseguito da una delle Sezioni dell'INFN.

Per quanto riguarda lo stato attuale degli studi, la progettazione e realizzazione di prototipi delle apparecchiature summenzionate, presso le varie Sezioni dell'INFN, possiamo notare quanto segue, (i numeri si riferiscono agli elenchi "Quercia" ed aggiuntivo):

1° - Spettrografi di impulsi. E' già stato realizzato presso il Gruppo elettronico di Roma uno spettrografo a gradino con 10 canali, con un potere risolutivo di qualche μ s; inoltre, a quanto consta, anche il Prof. Querzoli sta studiando il problema degli analizzatori di impulsi ed a questo problema si dedica pure da molto tempo il Prof. Gatti del CISE. Quest'ultimo si è dichiarato disposto a studiare il problema della scelta di prototipi per una eventuale produzione di serie.

E' da ritenere desiderabile che almeno uno spettrografo, con una decina di canali o a prisma grigio, sia a disposizione di ogni gruppo, per le prove e la messa a punto degli apparecchi.

2° e 10° - Per tipi convenzionali esiste già una produzione industriale che abbisogna soltanto di essere parzialmente modificata per essere adattata alle nostre esigenze.

Per i demoltiplicatori rapidi, invece, non esiste, sul mercato nazionale, alcun prodotto, tuttavia varie ditte sarebbero disposte ad assumersi lo studio di prototipi.

Dobbiamo notare peraltro che il criterio di impiegare demoltiplicatori rapidissimi per conteggi di impulsi distribuiti statisticamente nel tempo, non è forse il più conveniente. Infatti tali demoltiplicatori impiegano le loro caratteristiche di elevata velocità soltanto in un numero piccolissimo di casi (1%), lavorando nel resto dei casi con un ritmo estremamente inferiore alle loro massime possibilità. Sembra ragionevole affrontare il problema del conteggio degli impulsi statistici in modo diverso. A questo scopo il Laboratorio Elettronico di Genova ha già in fase di prova un prototipo.

3° e 6° - Sarà conveniente, a mezzo di una opportuna riunione degli specialisti in questo campo definire un numero limitato di tipi di amplificatori sui quali puntare la standardizzazione. Per ora sono stati studiati dalla Sezione di Roma e da quella di Genova rispettivamente i seguenti modelli:

R) Guadagno 80 dB, tempo di salita 0,1 μ s, ampiezza massima

di uscita 120 pp; impedenza di uscita 50 ohm.

G) Guadagno 100 dB $\pm$ 3, tempo di salita 0.3 μ s; ampiezza massima degli impulsi di uscita 30 V pp; impedenza di uscita 200 ohm; overshoot totale 5%, Sag su 100 μ s 20%, impedenza di entrata 1 Mohm, 15 pF; livello totale di controreazione 72 dB (6 valvole)

La Sezione di Roma ed il Laboratorio Elettronico di Genova, hanno anche in programma lo sviluppo di amplificatori distribuiti.

4° e 5° - E' già stata realizzata una piccola serie di generatori con relè a mercurio. La Sezione di Roma ha anche studiato un generatore di impulsi lenti con le seguenti caratteristiche: Tempo di salita 0.3 μ s, durata 5 - 10 μ s, polarità +; tensione calibrata all'1% da 1 mV a 100 V, impedenza 50 ohm.

8° - La disponibilità di tali accessori, benchè uno studio di prototipi sia stato fatto, sia presso la Sezione di Roma che presso il Laboratorio Elettronico di Genova, deve considerarsi ancora insoddisfacente.

Sarebbe opportuno prendere contatti con le ditte che si impegnassero alla costruzione di simili oggetti.

11° - Alimentatori + 1-2 kV per fotomoltiplicatori. Un modello, che ha fatto ottima riuscita, è stato realizzato dal Laboratorio Elettronico di Genova e ne sono già in funzione una ventina di esemplari. La stabilizzazione è nettamente superiore all'1%.

12° - Il Laboratorio Elettronico di Genova ha già realizzato un prototipo di alimentatore + 200 $\pm$ 450 V, 0.5 mA ripple 20 mV (con negativo e tensione per i filamenti) abbastanza soddisfacente. Ha inoltre realizzato un prototipo molto soddisfacente di alimentatore da 0 $\pm$ 350 V, 200 mA, ripple 3 mV, munito di dispositivo per la soppressione di disturbi provenienti da rapidi transitori sia nella tensione di entrata che nel carico. L'apparecchio può essere utilizzato sia per tensioni positive che negative ed è isolato in modo tale che fino a tre di tali alimentatori possono essere posti in serie.

13° - Stabilizzatore in c.a. Un prototipo è stato realizzato presso il Laboratorio Elettronico di Genova con le seguenti caratteristiche,

Uscita 220 V, 1 kW; fatture di stabilizzazione 0,5%; contenuto di armoniche dispari interno al 5%. Ripristino in circa 5 cicli (riferimento a diodo saturato).

14° - Il Laboratorio Elettronico di Genova ha studiato un prototipo con le seguenti caratteristiche. Amplificatore y:

fattore di deflessione da 1 mV/cm a 100 V/cm; impedenza di ingresso 40 Mohm 0.5 pF; tempo di salita 0.07 μ s; sincronizzazione interna, esterna automatica a cadenza prefissata, segnale sincronizzante 0.02 V; velocità della traccia da 0.1 μ s/cm a 0.1 s/c., uscita esterna del dente di sega; frequenza di ripetizione da circa 10 Hz a 10 KHz con uscita esterna di circa 115 V, tempo di salita $<$ di 1 μ s; calibratore del ritardo da 1 μ s a 0.1 secondi all'1%, con uscita esterna di 50 V, tempo di salita 0.03 μ s; calibrazione asse y, tensione di uscita da 1 mV a 100 V.

18° - Non risulta che alcun prototipo sia allo studio in questo campo. L'apparecchio è reperibile sul mercato estero al prezzo di circa 1.000.000.

19° - In vista dell'utilizzazione di strumenti tutti dotati di elevata precisione, sembra necessario che un laboratorio disponga di un mezzo per ricalibrare frequentemente i propri strumenti di misura per tensioni e correnti continue e alternate. Presso il Laboratorio Elettronico di Genova, è allo studio un prototipo di calibratore all'1% per tensioni da 1 V a 1.000 V e per correnti da 1 mA a 10 A, in c.c. e in c.a.

20° - L'impiego frequente di fotomoltiplicatori richiede spesso collaudi o misure della loro sensibilità. Sembra opportuno, quindi, poter disporre di una sorgente di luce calibrata. Presso il Laboratorio Elettronico di Genova è allo studio un prototipo di sorgente di luce tarata con flusso d'uscita da 1 a 10^{-8} lumen, (luce continua o pulsata).

21° - Per le necessità di una Elettronica di precisione, sembra necessario di disporre di amplificatori di misura: potrebbero essere studiati 3 tipi con 1% di precisione nel guadagno; 1) in c.c., guadagno massimo 80 dB; 2) in c.a. B.F., G. max. 120 dB; 3) per impulsi G. max. 120 dB.

L'esperienza raccolta presso i gruppi elettronici delle varie Sezioni e presso il Laboratorio Elettronico di Genova, ha dimostrato chiaramente l'importanza essenziale della qualità dei componenti per la realizzazione di apparecchiature elettroniche esenti da guasti e dotate di buona stabilità. Il problema del reperimento e del collaudo dei componenti si presenta quindi alquanto gravoso, e, per la sua soluzione, è da ritenersi indispensabile che l'INFN posseda un ufficio che si interessi essenzialmente di queste questioni.

Si tenga anche presente che nella maggioranza dei casi il prezzo di acquisto dei componenti, è, specie per quelli

dotati di caratteristiche speciali, fortemente dipendente dal volume dell'ordinazione: è pertanto consigliabile esaminare l'opportunità di un ufficio acquisti, centralizzato. A questo proposito, per farsi un'idea del volume del movimento finanziario, si tenga presente che negli ultimi due anni il Laboratorio di Elettronica ha acquistato materiale elettronico per £. 18.000.000, del quale ridistribuito ad altri gruppi di lavoro per £. 13.500.000.

L'ufficio acquisti e collaudi sembra poi tanto più indispensabile in vista del programma di collaborazione con le industrie cui si è fatto cenno sopra. Il volume degli acquisti da farsi nei prossimi due anni non sarà di molto inferiore ai 200.000.000 di lire (senza tener conto del crescente sviluppo delle scuole di fisica nucleare applicata che farà aumentare ancora notevolmente questa somma): una spesa di qualche milione all'anno (1 + 2% del fatturato) per il mantenimento di un ufficio acquisti e collaudi, si presenta quindi come una spesa opportuna.

Per concludere si ritiene indispensabile che, in una prossima riunione fra tecnici e responsabili amministrativi, vengano definiti i campi di lavoro per gli sviluppi futuri e distribuiti chiaramente i vari compiti. In particolare è assolutamente necessario provvedere subito ad una rigida unificazione degli apparecchi convenzionali da impiegarsi, nonché degli accessori.

TABELLA 1

Elenco di apparecchi di uso standard nella Fisica Nucleare da costruire in serie.

- ★ 1) Spettrografi di impulsi.
- ★ 2) Demoltiplicatori rapidi : potere risolutivo $\leq 0,1 \mu s$.
- ★ 3) Amplificatori distribuiti: tempo di salita ≤ 10 ns.
- ★ 4) Generatori di impulsi rapidi calibrati, da 10 V a 100 V, tempo di salita ≤ 1 ns.
- ★ 5) Generatore di impulsi calibrati, da 1 V a 100 V, tempo di salita $1 \mu s$.
- ★ 6) Amplificatori lineari, tempo di salita 0,1 ; $1 \mu s$.
- ★ 7) Cavi, connettori, ecc. speciali.
- ★ 8) Attenuatori, adattatori di impedenze, linee di ritardo.
- ★ 9) Connettori alta tensione 5 kV - 30 kV.
- ° 10) Demoltiplicatore a potere risolutivo $10 \mu s - 1 \mu s$.
- ° 11) Alimentatore + 2 kV/15 mA.
- ° 12) Alimentatori bassa tensione + 300 V; - 150 V.
- ♀ 13) Stabilizzatori alternata 2 - 5 kV.
- ° 14) Oscillografi - sincroscopi.
- ° 15) Rack.
- ° 16) Chassis.
- ° 17) Strumenti di misura.
- ★ 18) Prova valvole in regime impulsivo.
- ★ 19) Calibratore all'1% per strumenti di misura (voltmetri, amperometri, c.c., c.a.).
- ★ 20) Sorgente di luce, continua o pulsata, tarata (con attenuatore) da 1 a 10^{-8} lumen.
- ★ 21) Amplificatori con guadagno calibrato all'1% (per c.c., c.a., B.F., impulsi).
- ★ 22) Tubo R.C. con registrazione fotografica.

-
- ★ - Programmi di sviluppo industriale (apparecchi attualmente non prodotti dall'industria nazionale).
 - ° - Programmi di miglioramento delle qualità e delle prestazioni; standardizzazione (apparecchi attualmente già prodotti dall'industria nazionale).

TABELLA 2

Totale prototipi:	8.000
Totale serie:	120.000
TOTALE GENERALE:	128.000

INNOVAC.
A - discriminatori a 20 - 100 canali
B - discriminatori tipo GREI WEDGE ANALYZER
C - discriminatori monocanali

- Veronesi : chiede se le apparecchiature elettroniche per le esperienze si troveranno presso il sincrotrone o se bisognerà metterle a punto nelle singole sedi e poi trasportarle. La richiesta per queste apparecchiature sarebbe diversa nei due casi.
- Pancini : la questione è di competenza dell'INFN. Gli sembra però un po' utopistico pensare che il sincrotrone abbia le scorte di apparecchiature per tutte le diverse esperienze; le apparecchiature andranno messe a punto nei singoli laboratori, anche se in via preliminare, e anche se standardizzate.

10 - RISPOLI: per completare il quadro della situazione dell'elettronica presentato da Pancini, riferisce sui seguenti punti:

I) Contatti presi con alcune industrie al fine di sapere quali concrete possibilità di collaborazione tecnica ed economica per lo sviluppo di prototipi e di serie di apparecchi elettronici possano esistere.

II) Forma più conveniente per la costruzione in serie degli apparecchi.

III) Richieste da parte delle varie sezioni e sotto-sezioni dell'INFN.

Partendo dalla osservazione che la maggior parte degli apparecchi elettronici necessari per la sperimentazione con le macchine acceleratrici, sono ormai di carattere standard o facilmente standardizzabile, sorge spontanea la domanda se sia conveniente costruire tali apparecchi presso le varie sezioni dell'INFN, o se invece non sia preferibile studiare una conveniente collaborazione con le industrie già esistenti nel settore.

La partecipazione industriale al nostro programma può a priori essere di diverso tipo:

- a) Costruzione di un determinato apparecchio di caratteristiche prefissate, su ordinazione di un certo numero di copie da parte dell'INFN
- b) Sviluppo di un prototipo di apparecchio da parte dell'industria commissionato e finanziato dall'INFN
- c) Costruzione in serie da parte dell'industria di un prototipo sviluppato da parte dell'INFN.

Le industrie finora interpellate a riguardo sono le seguenti:

Italelettronica (Dr. Casale)
SELO (Dr. Terra)
Contraves (Dr. Macchia)
AESSE (Dr. Anzi).

Queste ditte, in particolare la Italelettronica e la SELO, hanno dichiarato di essere interessate a stabilire rapporti di collaborazione nelle possibili se-

guenti forme:

- L'INFN cede all'industria dati tecnici e costruttivi completi, possibilmente un prototipo, relativi ad apparecchi studiati e realizzati a cura di una delle proprie sezioni. In cambio di tale cessione l'industria corrisponde all'INFN una percentuale sulla vendita a terzi degli apparecchi costruiti e si impegna a fornire all'INFN gli apparecchi a prezzo di costo. Gli apparecchi costruiti con questa forma di collaborazione porterebbero l'indicazione dell'Istituto che li ha progettati. Un tale accordo non implica l'esclusiva cessione di progetti di prototipi ad una singola ditta, e viceversa l'INFN si impegna a non rifiutare di cedere i prototipi a più di una ditta.
- Una seconda forma di collaborazione è la commissione ad una industria del programma di sviluppo di un prototipo di apparecchio su norme e sotto la supervisione dell'INFN.

In particolare :

La Italelettronica è interessata allo sviluppo degli apparecchi di cui alle voci 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 e a modifiche degli apparecchi già di propria produzione di cui alle voci 10 - 11 - 12 (vedi tabella 1, alla fine della relazione precedente).

La SELO è interessata allo sviluppo degli apparecchi di cui alle voci 1 - 3 - 6 e a modifiche degli apparecchi di propria produzione di cui alle voci 10 - 11 - 12.

La Contraves è interessata allo sviluppo degli apparecchi di cui alle voci 2 - 3 - 6 - 10 - 12 - 14.

Per quanto riguarda la AESSE, attendiamo notizie in breve tempo. Sono in programma contatti con altre ditte, soprattutto per quanto riguarda accessori e componenti vari.

Gli apparecchi di uso più generale dei quali esistono già dei modelli facilmente standardizzabili sono i seguenti. Di ciascuna voce indicheremo con A i tipi di apparecchi di cui già esistono prototipi facilmente standardizzabili; indicheremo con B i tipi che possono derivare solo da opportuni programmi di ricerca.

1°) Spettrografi di impulsi:

Per aggiornarci su questo problema abbiamo invitato a Roma il Prof. E. Gatti a tenerci un seminario sull'argomento. Qui appresso sono condensate alcune delle osservazioni fatte in occasione di detto seminario e in discussioni personali con il Prof. Gatti.

A - Analizzatori convenzionali. Sono sostanzialmente di due tipi:

Tipo Wilkison con potere risolutivo intrinseco di 100 + 1000 microsecondi.

Tipo a gradino aggiunto, con potere risolutivo nell'ordine di qualche microsecondo.

Presso i laboratori del CISE il Prof. Gatti ha sviluppato notevolmente la tecnica degli analizzatori e si è dichiarato disposto a curare il problema della scelta dei prototipi per la costruzione in serie. Ci consta che il problema degli analizzatori di impulsi è stato studiato e risolto con successo anche dal Prof. Querzoli presso l'Istituto Superiore di Sanità.

B - Analizzatori speciali rapidissimi particolarmente adatti per l'uso con macchine acceleratrici.

A comunicazione del Prof. Gatti presso il Bureau of Standards è in istudio un analizzatore rapidissimo facente uso di un tubo oscillografico. Proponiamo che un gruppo di ricerca segua gli sviluppi in questo senso.

2°) e 10°) Demoltiplicatori di impulsi:

A - Per i tipi convenzionali esiste una produzione industriale che deve essere parzialmente modificata per adattarsi alle nostre esigenze.

B - Per demoltiplicatori con tempi risolutivi di 0,1 μ s o minori occorre decidere un programma di studio e sviluppo di prototipi.

Per quest'ultimo programma le ditte Contraves ed Italelettronica sarebbero favorevoli ad assumere lo sviluppo dei prototipi.

3°) e 6°) Amplificatori di impulsi:

A - Per il tipo convenzionale si propone un tipo avente le seguenti caratteristiche:

Guadagno 80 decibel.

Tempo di salita 0,1 μ s.

Polarità + (in uscita ed entrata).

Ampiezza di uscita circa + 60 V su circa 50 ohm.

La sezione di Roma ha già sviluppato il prototipo di un simile amplificatore (mod. 500 migliorato).

Per il tipo distribuito si propone un amplificatore simile ai modelli 460 A e B della Hawlett e Packard.

Ditagli amplificatori è attualmente in sviluppo presso la Sezione di Roma un prototipo nazionalizzato.

B - Per i tipi convenzionali si propone il seguente programma di sviluppo dei prototipi:

a) Amplificatore a doppio differenziazione tipo Fairstein (vedi RSI Luglio '56). Per tale prototipo il Prof. Gatti si è offerto di occuparsi del programma di sviluppo; ne attendiamo conferma.

b) Amplificatori a grande escursione dinamica tipo Higinbotham (Vedi RSI gennaio '52). Per tale prototipo si propone che lo sviluppo sia fatto a cura della Sezione Acceleratore.

c) La Sezione di Roma ha in programma lo sviluppo di amplificatori distribuiti aventi guadagni superiori a quelli attualmente in commercio.

4°) e 5°) Generatori di impulsi calibrati:

A - a) Per generatori con relais a mercurio esiste già un prototipo dell'INFN sviluppato dalla sezione di Roma. Alcuni esemplari sono disponibili.

b) Per generatori di impulsi più lenti si propongono le seguenti caratteristiche:

Tempo di salita $\leq 0,2$ microsecondi.

Durata $5 + 10$ microsecondi.

Polarità $\pm$.

Tensione calibrata $\pm 1\%$ da 1 micro V a 100 V.

Impedenza di uscita 50 ohm.

La Sezione di Roma ha già costruito un prototipo di tale apparecchio.

B - Sarebbe opportuno che un gruppo o una ditta tentasse di migliorare il funzionamento dei relais a mercurio come generatori di impulsi rapidi.

Per le voci 7° - 8° - 9° - 10° - 11° - 12° - 13° - 15° - 16° e 17°, sarebbe opportuno prima di prendere contatti con le ditte per modifiche a tipi già esistenti o per lo studio di altri tipi secondo le nostre richieste, che venisse indetta una riunione fra i tecnici dell'INFN per decidere gli standards di nostro gradimento e di adozione generale presso l'INFN.

14°) Oscillografi e Sincroscopi:

B - L'unico ragionevole programma di sviluppo di tali apparecchi secondo la nostra opinione riguarda un sincroscopio di alta qualità e di medie prestazioni. Proponiamo un tipo di sincroscopio simile al modello Tektronix 515 avente le seguenti caratteristiche:

Amplificatore Y:

Banda passante da 0 a 15 Mc/s

Tempo di salita 0,023 micros.

Sensibilità 0,1 V/cm.

Spazzolamento orizzontale:

Velocità da 0,04 micros/cm. a 2 s/cm.

Nella tabella 2 (v. alla fine della relazione precedente) abbiamo nell'ultima colonna e relativamente ai quantitativi richiesti dalle sezioni dell'INFN, tentato una stima del costo dei programmi di sviluppo e di realizzazione delle serie. L'ammontare della cifra totale, anche se errato in dettaglio, dà una idea dell'ordine di grandezza del problema. Se si tien conto anche delle necessità delle Scuole di Fisica Nucleare Applicata e di lab. didattici per le Università, la cifra aumenta notevolmente.

In conseguenza di ciò ritengo indispensabile proporre una riunione tra tecnici e responsabili amministrativi in cui vengano distribuiti i compiti e definiti i campi di lavoro per gli sviluppi futuri. In particolare vengano unificati rigidamente i tipi di apparecchi convenzionali ed accessori da impiegarsi.

Per quanto riguarda l'organizzazione di una collaborazione con l'industria, le sezioni di Bologna, Milano, Roma, Acceleratore e le sottosezioni di Geneva e Trieste suggeriscono lo studio dei prototipi da parte dell'INFN e sviluppo in serie da parte dell'industria. Vi deve naturalmente essere una responsabilità centrale nelle trattative con le industrie, mentre lo sviluppo dei prototipi può essere centralizzato e affidato alle varie sezioni.

Le sezioni di Torino e Pisa non hanno finora espresso alcun parere.

Per quanto riguarda infine le richieste delle sezioni, oltre a quelle già dette, vi sono state le seguenti richieste:

- Analizzatori temporali
- Elettrometri ad equipaggio vibrante
- Dosimetri
- Prova valvole in regime impulsivo
- Calibratori di strumenti di misura
- Sorgenti calibrate di luce per taratura dei fotomoltiplicatori.