

Attività del Comitato

Il padiglione del Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare alla 39^a Fiera di Milano è stato visitato dal Presidente del Consiglio on. Fanfani accompagnato dal Ministro dell'Industria on. Colombo, presidente del CNEN, il 12 aprile nel corso della visita inaugurale della mostra stessa.

Il Presidente del Consiglio è stato accolto dal prof. F. Ippolito, segretario generale del CNEN, dal dott. A. Albonetti e dall'ingegnere U. Belliazzi, rispettivamente direttore della Divisione Affari Internazionali e Studi Economici e direttore della Divisione Affari Generali del CNEN.

Il prof. Ippolito ha guidato il Presidente del Consiglio attraverso il padiglione del Comitato, illustrando l'attività svolta dal CNEN attraverso il materiale esposto alla mostra.

Fra il materiale esposto ricordiamo che oltre ai modelli del reattore RC-1, dei Laboratori Nazionali di Frascati, allo schema del reattore a moderatore

organico, è stata presentata un'ampia documentazione grafica e fotografica del Laboratorio di Fiascherino (La Spezia), ove vengono svolte ricerche relative alla contaminazione radioattiva del mare e degli organi marini in seguito a *fall-out*, e futuri scarichi di materiali radioattivi nel mare.

È stato poi presentato un modello del Laboratorio Caldo del Centro di studi Nucleari della Casaccia, la cui entrata in funzione è prevista per la fine del '61.

Nell'ambito della XIII Fiera della Sardegna si è svolta a Cagliari, il 17 marzo, una « Giornata Nucleare » dedicata alla protezione dalle radiazioni negli istituti scientifici, negli ospedali e nei centri di ricerca.

Al convegno, organizzato dal CNEN e presieduto dal prof. Peretti, rettore dell'Università di Cagliari, hanno partecipato il prof. M. Pirastu che ha letto la relazione del prof. O. Businco, ordinario di radiologia all'Università di Cagliari, su *Radiazioni, emopatie e tumori maligni*; il prof. M. Ladu della sezione di Frascati del laboratorio di dosimetria, standardizzazione e strumentazione nucleare applicata del CNEN, che ha parlato del *Fattore della protezione: distanza, schermatura, durata*;



INAUGURAZIONE DELLA XXXIX FIERA DI MILANO

Il prof. F. Ippolito illustra al Presidente del Consiglio on. A. Fanfani, al Ministro dell'industria on. E. Colombo e ad altre personalità il padiglione del Comitato



l'ing. M. Pagliari, della SENN, che ha illustrato i criteri di *Scelta della ubicazione dei reattori di potenza in funzione della sicurezza delle popolazioni*. Il dr. S. Tagliati del Centro Nucleare della Casaccia, con una relazione sui *Controlli fisici all'interno di un centro nucleare*, ha chiuso i lavori della mattinata.

Nel pomeriggio ha preso la parola per primo il dott. S. Todisco della SO-RIN sui *Controlli fisici della regione situata attorno ad un centro nucleare*; hanno fatto seguito la relazione del prof. O. Rimondi, della sezione di Bologna del Laboratorio di dosimetria, di standardizzazione e di strumentazione nucleare applicata del CNEN, sulla *Valutazione delle dosi assorbite dai lavoratori esposti alle radiazioni* e quella del dott. M. Giubileo, del CCR di Ispra, su *I controlli medici delle persone esposte alle radiazioni*.

Le interessanti relazioni dei congressisti sono state attentamente ascoltate dal numeroso pubblico convenuto e sono state seguite da vivaci dibattiti. (M.S.)

Il VI Congresso Nucleare, organizzato dal CNEN nell'ambito della VIII Rassegna Internazionale Elettronica Nucleare e Teleradiocinematografica si terrà a Roma dal 13 al 18 giugno, nel Palazzo dei Congressi dell'EUR.

Il Congresso comprende un *Symposium sul Ciclo Uranio-Torio* (Presidente: ing. A. Forcella, direttore della Divisione Reattori del CNEN); una *Giornata di studio dedicata ai problemi di ingegneria convenzionale negli impianti nucleari* (Presidente: dr. G. Ritter, direttore del Centro Comune di Ricerca di Ispra dell'EURATOM); un *Symposium sulle applicazioni dell'energia nucleare in agricoltura* (Presidente: dr. R. Nilan dell'USAEC); il *I Symposium Europeo sulle tecniche autoradiografiche nelle scienze mediche* (Presidente: prof. M. Chevrémont dell'Università di Liegi).

Il programma di massima del Congresso risulta così suddiviso:

Martedì 13 giugno, mercoledì 14 giugno e giovedì 15 giugno:

SYMPOSIUM SUL CICLO TORIO-URANIO comprendente le seguenti sessioni:

Il ciclo torio-uranio.

I reattori al torio.

Tecnologia dei combustibili al torio.

Trattamento chimico del combustibile al torio irradiato.

Mercoledì 14 giugno:

GIORNATA DI STUDIO DEDICATA AI PROBLEMI DI INGEGNERIA CONVENZIONALE NEGLI IMPIANTI NUCLEARI

comprendente le due sessioni seguenti:

Problemi di architettura e di urbanistica nei Centri Nucleari.

Ingegneria Convenzionale negli impianti nucleari.

Giovedì 15 giugno:

SYMPOSIUM SULLE APPLICAZIONI DELLA ENERGIA NUCLEARE IN AGRICOLTURA

comprendente i seguenti argomenti:

Radioisotopi: problemi di metodologia.

Radioisotopi: applicazioni in zootecnica.

Radioisotopi: applicazioni in agronomia.

Venerdì 16 giugno:

SYMPOSIUM SULLE APPLICAZIONI DELLA ENERGIA NUCLEARE IN AGRICOLTURA.

(II giornata) comprende:

Radiazioni: impiego in genetica vegetale.

Radiazioni: impiego per la conservazione dei prodotti agricoli.

Sabato 17 giugno:

SYMPOSIUM EUROPEO SULLE TECNICHE AUTORADIOGRAFICHE NELLE SCIENZE MEDICHE

comprendente le seguenti relazioni:

Basi fisiche dell'autoradiografia.

Basi quantitative dell'autoradiografia.

Emulsioni nucleari in autoradiografia.

Citochimica ed autoradiografia.

Metabolismo nucleinico delle cellule normali e neoplastiche.

Autoradiografia delle culture in vitro.

Autoradiografia nello studio del danno da radiazioni.

Domenica 18 giugno:

SYMPOSIUM SULLE TECNICHE AUTORA-
DIOGRAFICHE NELLE SCIENZE ME-
DICHE

(II giornata) comprendente le seguenti
relazioni:

*Acidi ribonucleici e sintesi delle pro-
teine.*

Rinnovamento del tessuto osseo.

*L'impiego dell'autoradiografia nello
studio del metabolismo del tessuto emo-
poietico.*

*Studio della localizzazione dei colloidi ra-
dioattivi nei tessuti normali e neoplastici.*

Metabolismo del tessuto ovarico.

*Localizzazione batteri e risposta im-
munitaria studiata con l'autoradiografia.*

*Distribuzione tissutale di farmaci mar-
cati.*

Il testo scritto, completo di riassunto
(1 pagina dattiloscritta) delle singole
relazioni deve pervenire alla segreteria
del Congresso entro il 15 maggio 1961.
Le relazioni saranno pubblicate negli
Atti del Congresso a cura del CNEN.

Per ogni ulteriore informazione sul
VI Congresso Nucleare rivolgersi al-
l'Ufficio Stampa e Relazioni Pubbliche
CNEN - Via Belisario 15, Roma. (M.S.)



I componenti italiani della spedi-
zione italo-belga recatisi nell'Antar-
tide per procedere al prelievo di
campioni di ghiaccio polare (cfr.:
Notiziario 6, 1101-1103, dicembre 1960),
sono rientrati in Italia il 6 marzo u. s.,
dopo essere sbarcati a Gand (Belgio) il
5 marzo dal rompighiaccio danese *Erika
Dan* di ritorno dalla Base di Re Baldo-
vino (Base della spedizione Antartica
Belga, sita nella terra della Regina
Maud a 70° lat. S e 24° long. E).



L'ERIKA DAN, AVVICINANDOSI ALLA BANCHISA,
HA TRAVERSATO GRANDI DISTESE DI «GHIAC-
CIO DI MARE»

Sulla nave erano imbarcati i membri
della 3ª Spedizione Antartica Belga e i
membri della Spedizione estiva 1960-
1961.

Nelle celle frigorifere del rompi-
ghiaccio erano stivate alcune centinaia
di chili di campioni di ghiaccio, tra i
quali, di particolare valore, quelli pre-
levati ad una profondità di 115 m, pro-
venienti da un sondaggio effettuato vi-
cino alla Base di Re Baldovino durante
l'estate australe, e cioè nel gennaio 1951.

Questa campagna, la cui iniziativa è
dovuta al prof. E. Tongiorgi dell'Uni-
versità di Pisa, ha beneficiato di un
contributo finanziario dell'EURATOM

ROMPIGHIACCIO ERIKA DAN
NELLA BAIÀ LEOPOLDO III

nel quadro di un programma di ricerche riguardanti la Geochimica Nucleare.

L'operazione era oggetto di un contratto di ricerca tra il CNEN e l'Euratom e si è avvalsa della collaborazione del *Centre National de Recherches Polaires de Belgique* (CNRPB) e di quella della Spedizione Antartica Belga 1960, comandata da G. Derom.

Della parte esecutiva dell'operazione era stato incaricato il prof. E. Picciotto, dell'Università Libera di Bruxelles, assistito da J. Giot, ambedue membri della Spedizione Antartica Belga 1957-58.

La preparazione tecnica era stata curata - sotto la direzione dell'ing. F. Pantanetti - dalla Divisione Geomineraria del CNEN, la quale ha messo a disposizione tutto il materiale per il sondaggio e tre dei suoi tecnici. Un altro tecnico è stato messo a disposizione dalla Soc. Craelius, costruttrice della sonda.

Scopo immediato dell'operazione era di effettuare un sondaggio nel ghiaccio con carotaggio continuo fino alla profondità di almeno 100 m, e di riportare in Europa parecchi campioni di neve e di ghiaccio prelevati in condizioni strettamente controllate.

L'obiettivo scientifico principale che si intendeva raggiungere era lo studio delle variazioni della composizione isotopica della neve, con lo scopo precipuo di registrare le variazioni climatiche durante gli ultimi secoli.

È noto infatti che la composizione isotopica dell'O e dell'H delle acque naturali subisce grandi variazioni che raggiungono il 5 % per il rapporto O^{18}/O^{16} e il 50 % per il rapporto D/H .

La composizione isotopica delle precipitazioni dipende, oltre che da altri fattori, dalla temperatura dell'atmosfera e può quindi fornire indicazioni sul clima. Le calotte polari della Groenlandia e, soprattutto, dell'Antartide, sono le sole zone della Terra dove si possono ritrovare intatte, dal punto di vista della loro composizione isotopica originaria, le precipitazioni che

hanno avuto luogo fino a parecchie migliaia di anni or sono.

Le carote di ghiaccio riportate, rappresentano una campionatura continua delle precipitazioni che si sono verificate nella zona all'incirca durante gli ultimi 150 anni.

Sulle carote prelevate si prevedono anche delle misure di radioattività: misure dei prodotti di fissione per studiare il *fall-out* radioattivo, molto mal conosciuto nell'Antartico, misure di tritio, di radio-D, ecc.

Questo programma di studi isotopici e radioattivi alla Base di Re Baldovino è cominciato nel 1958 nel corso della 1ª Spedizione Belga e ha dato risultati interessanti.

Il 10 dicembre 1960 l'*Erika Dan* ha salpato da Zeebrugge, ha fatto scalo a Cape Town alla fine di dicembre, e dopo una navigazione facile nella banchisa aperta, ha raggiunto, il 9 gennaio 1961, la baia dove si è effettuato lo sbarco. Il carico di 22 t di materiale è stato sbarcato nella banchisa ed avviato al luogo scelto per il sondaggio, 17 km più a Sud. Due giorni più tardi tutta l'attrezzatura era montata e si sono iniziate le operazioni di perforazione.

Il gruppo di sondaggio era formato da 8 persone: 2 fisici, 2 ingegneri, un glaciologo e 3 tecnici sondatori. La sonda utilizzata era stata costruita dalla Ditta svedese Craelius: si trattava di una sonda tipo XCH 60 strettamente di serie, con dispositivo di avanzamento oleopneumatico, equipaggiata con un motore a benzina Volkswagen da 32 HP e con un derrick di 7 m di altezza. La perforazione è stata eseguita utilizzando corone di tipo diverso, montate su carotieri doppi di 3 metri e di diametri variabili da 46 a 76 mm.

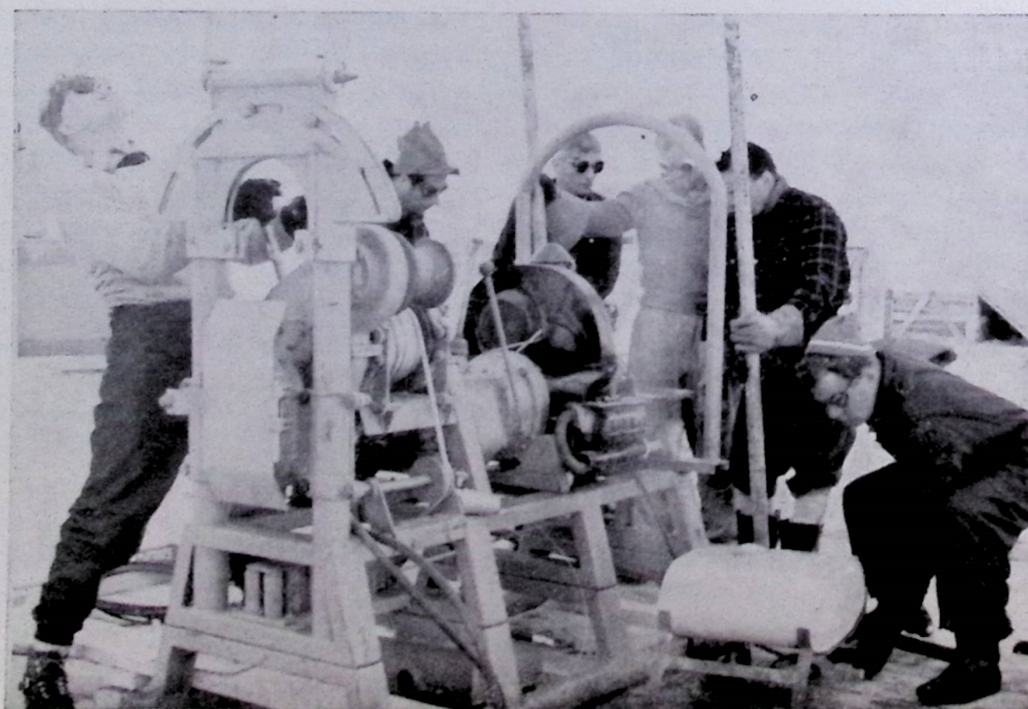
L'eliminazione dei detriti di ghiaccio prodotti nella perforazione veniva assicurata da una circolazione di aria compressa fornita da un compressore Atlas VT 4 Dd con motore Diesel da 45 HP collegato ad un refrigerante per la



Montaggio del derrick (1° gennaio 1961)

SPEDIZIONE NELL'ANTARTIDE. MONTAGGIO DELL'ATTREZZATURA
PER IL PRELIEVO DI CAMPIONI DI GHIACCIO POLARE

La sonda e il derrick sono stati montati: prova della macchina. Deve essere ancora montata la baracca di protezione

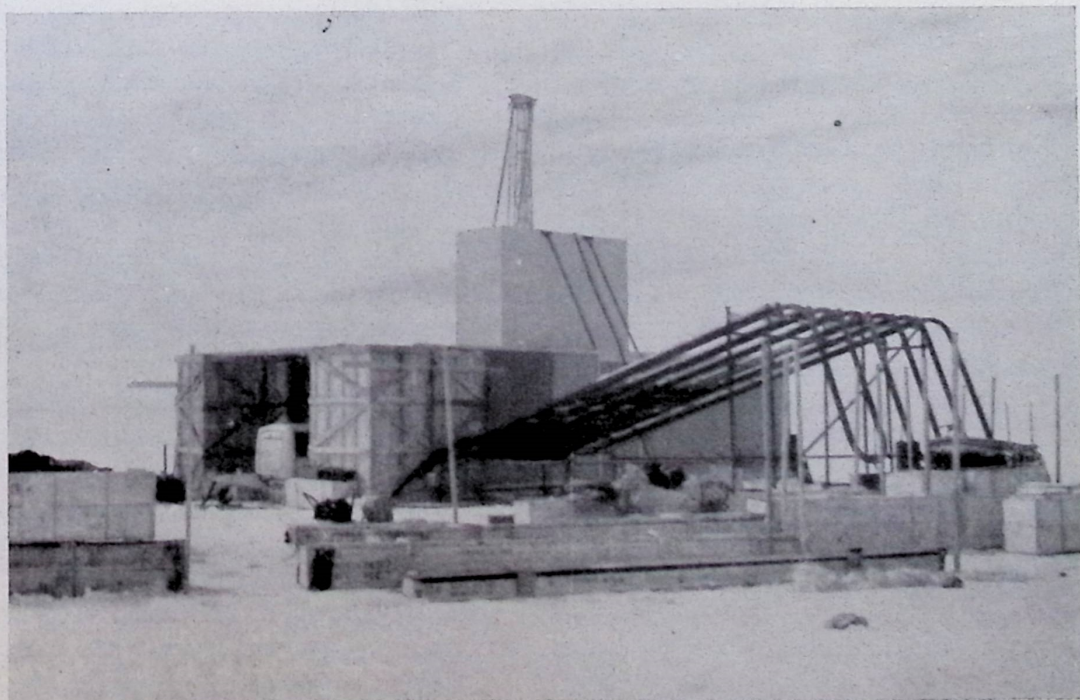
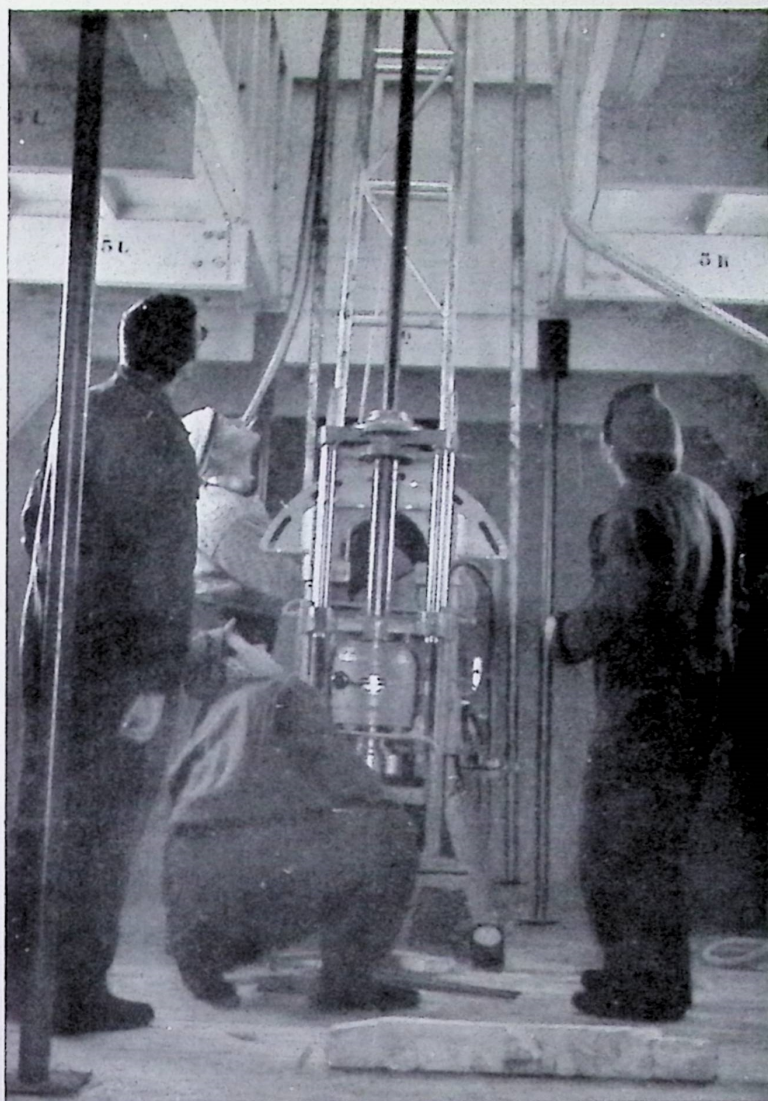


A destra :

Interno della baracca durante il sondaggio. La temperatura eccezionalmente mite dell'estate antartica 1960-'61 che ha raggiunto punte di $+6^{\circ}\text{C}$ ha permesso di lavorare con la baracca aperta

In basso :

Veduta generale della baracca della sonda. In primo piano, a destra il refrigerante per l'aria compressa; al centro il derrick della sonda che esce dalla baracca, a sinistra seminasosto nella baracca il compressore che ha fornito aria compressa



aria utilizzante lo scambio termico con l'atmosfera.

La prima parte del sondaggio è stata fatta senza circolazione d'aria e utilizzando un carotiere a mano SIPRE montato al posto dei carotieri convenzionali.

La velocità di rotazione per tutto il sondaggio è stata di 60-100 giri/minuto primo.

Tutto l'equipaggiamento era protetto da una baracca prefabbricata di m $4 \times m 10$ che ha permesso di lavorare in modo praticamente continuo ed in condizioni relativamente confortevoli.

Malgrado numerose difficoltà tecniche, il sondaggio ha raggiunto 115 m il 28 gennaio e cioè 15 giorni dopo l'inizio dell'operazione, con un carotaggio che ha raggiunto circa il 100 % per i primi 80 metri.

Questo risultato, che testimonia il raggiungimento degli scopi dell'operazione, ha potuto essere ottenuto grazie al lavoro indefesso di tutto il personale, al perfetto funzionamento delle macchine e dei motori e all'aiuto inestimabile dato dei membri della 3^a Spedizione Belga di G. Derom.

Il 29 gennaio, a mezzanotte, gli uomini, i campioni ed il materiale, erano di nuovo imbarcati nell'«Erika Dan».

(E.P.)

Il Laboratorio Gas Ionizzati viene costituito nel settembre 1957 con un gruppo di fisici ospiti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Roma, che realizzano un'esperienza su una sorgente di ioni ed un'esperienza di piccola mole sulla compressione ortogonale di un plasma per lo studio delle onde d'urto. Si inizia inoltre una ragguardevole attività di raccolta di informazioni.

All'inizio del 1958, viene presentato un programma di spese per un quinquennio.

Lo scopo del Laboratorio è quello di studiare la fisica del plasma, in vista

anche delle possibili applicazioni termonucleari.

Inizia così un certo numero di esperienze destinato ad aumentare. Nello spirito del suddetto programma, esse si possono dividere in due categorie: nelle esperienze della prima categoria viene trasferita impulsivamente al plasma una notevole energia (dell'ordine delle centinaia di chilojoule di natura elettrica o delle migliaia di chilojoule di natura chimica) con produzione di onde d'urto, alte temperature ed alte densità. Nelle esperienze della seconda categoria si studiano le proprietà del plasma in condizioni stazionarie o quasi.

Nel luglio 1960 la sede del Laboratorio viene trasferita dall'Istituto di Fisica dell'Università di Roma ai Laboratori Nazionali di Frascati. Viene inoltre stipulato con l'Euratom un contratto di ricerca che permette di ampliare i programmi con l'intervento di un gruppo di ricercatori dell'Euratom.

Alla fine del 1960 il personale del Laboratorio è di 76 unità di cui 23 laureati. Le esperienze sono rivolte allo studio dei seguenti quattro temi e verranno successivamente descritte in dettaglio:

- Esperienze di compressione rapida del plasma con effetto strizione ortogonale: oggetto delle esperienze è lo studio delle onde d'urto idromagnetiche;

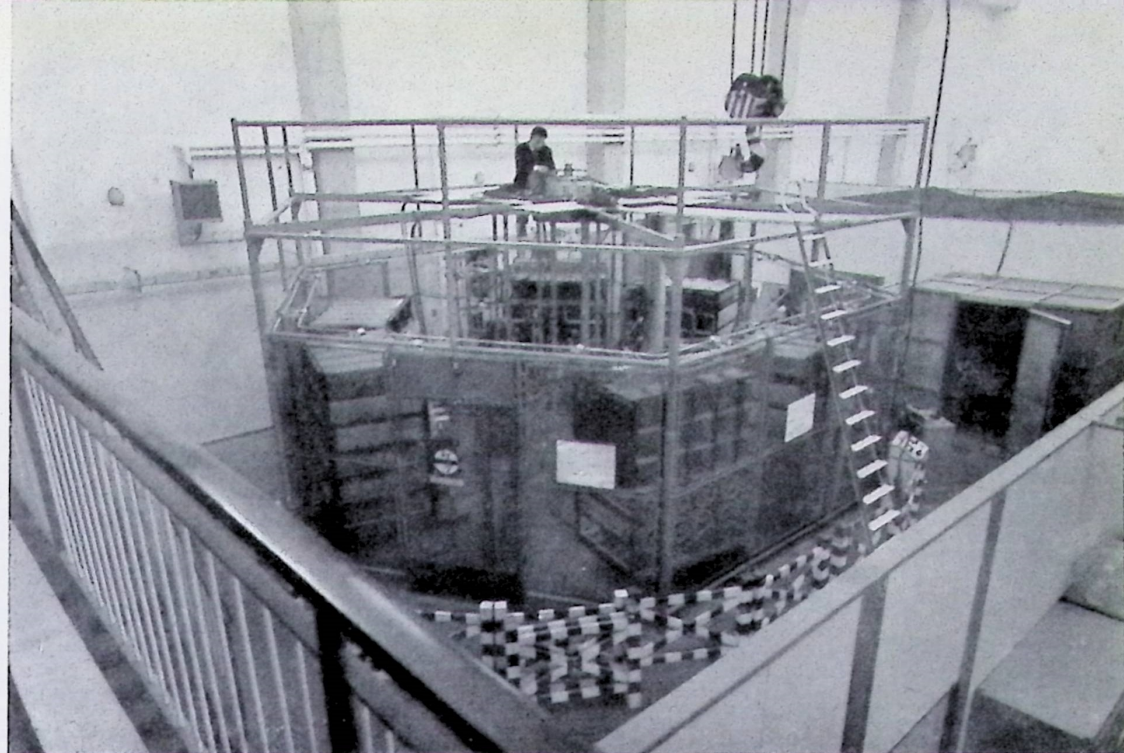
- Esperienze sul plasma ad altissima densità e temperatura; si è progettato di raggiungere densità dell'ordine di 10^{20} ioni per cm^3 e temperature dell'ordine di 10^8 °K. Queste esperienze sono condotte dal personale Euratom sopra menzionato;

- Esperienze ottiche per la misura dell'indice di rifrazione di un plasma; si ottiene con questo mezzo la densità elettronica di un plasma prodotto con R.F.;

- Esperienze sulla formazione delle guaine al bordo di un plasma.

Il gruppo di ricercatori che partecipano a queste esperienze è essenzialmente costituito da giovani che si stan-

Fig. 1
VEDUTA DI INSIEME
DELL'ESPERIENZA «CA-
RIDDI».



no rapidamente perfezionando in questa branca della fisica, sia sotto la guida di consulenti anziani sia tramite le numerose scuole internazionali e gli stretti legami con l'Università, dove si tengono dei corsi sulla fisica dei gas ionizzati presso la Scuola di Perfezionamento in Fisica. I ricercatori anziani sono tutti impegnati con lezioni od esercitazioni sul plasma presso la Università.

È pure ad un buon livello la specializzazione dei tecnici destinati a lavorare in tecniche tipiche di questo Laboratorio, quali l'alta tensione, il vuoto, la spettroscopia e la fotografia ultra rapida.

Esperienze di compressione rapida del plasma con effetto strizione ortogonale

a) *Esperienza di grande mole (CARIDDI)*

È in costruzione un grosso dispositivo sperimentale (fig. 1) per studiare la compressione rapida di un plasma dovuta ad un campo magnetico. Lo scopo del lavoro è lo studio delle onde d'urto che possono venire generate in un plasma. Queste onde d'urto

hanno molte caratteristiche che non sono associate alle onde d'urto ordinarie, a causa dell'interazione fra particelle cariche (che costituiscono il plasma) ed il campo magnetico. Lo studio delle caratteristiche di tali onde costituisce uno dei problemi più importanti della fisica del plasma.

È probabile che la compressione rapida di un plasma sia il mezzo migliore per ottenere temperature astronomiche. Il lavoro in questo senso, pertanto, può essere utile ai fini dell'utilizzazione delle reazioni termonucleari come sorgente d'energia.

In questo lavoro si usa l'effetto strizione ortogonale per comprimere il gas. Un campo magnetico assiale rapidamente crescente induce nel plasma correnti che interagiscono con il campo magnetico stesso, dando luogo ad una forza magnetica diretta verso l'interno. In questo caso le linee di corrente sono cerchi e le linee del campo sono rette mentre nel ben noto *pinch-effect* ordinario la situazione è inversa.

In altri laboratori sono state eseguite esperienze usando una bobina ad una sola spira; il dispositivo noto come *Scylla* di Los Alamos appartiene a questo tipo di esperienze. Nel caso pre-

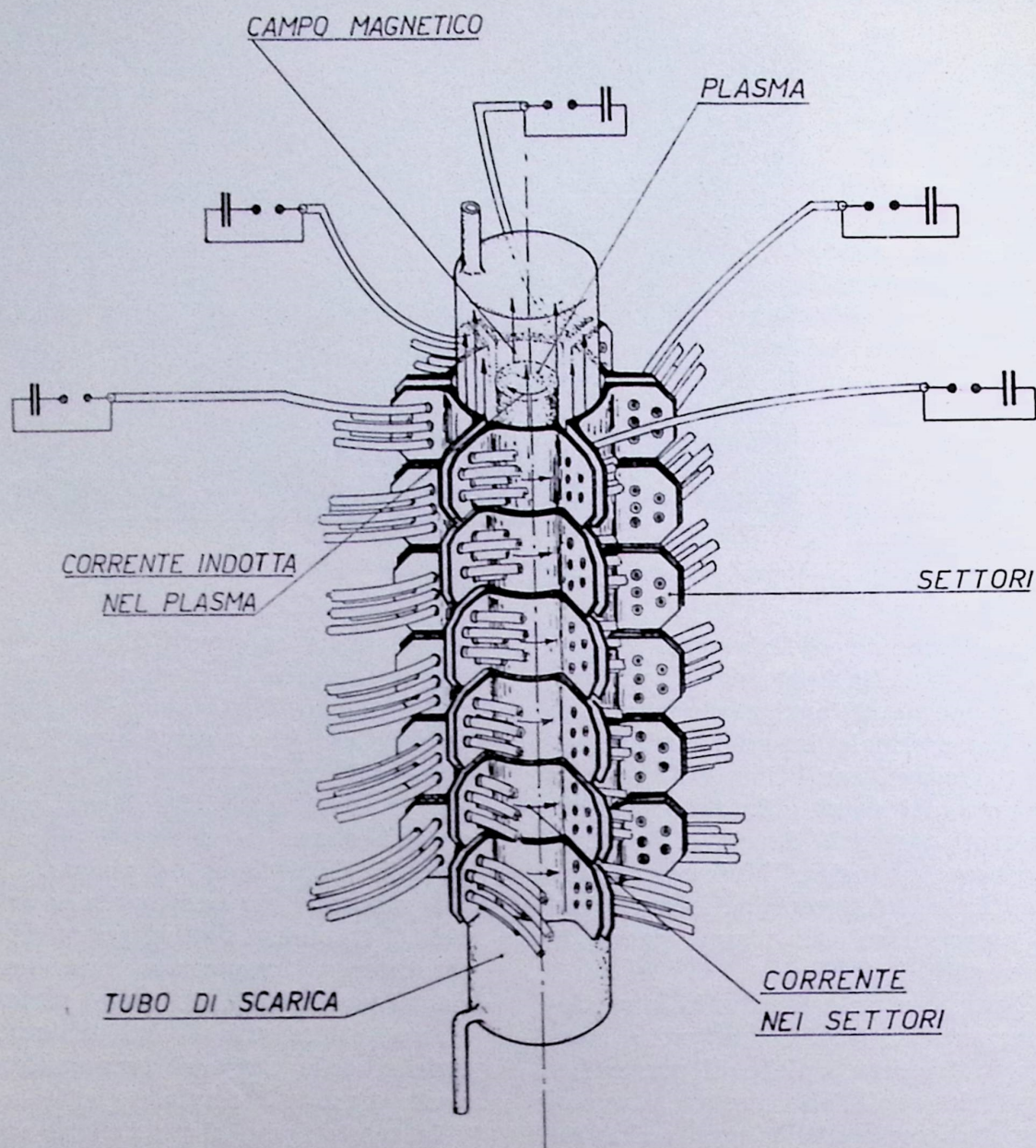


Fig. 2. - SCHEMA DI PRINCIPIO DEL CIRCUITO ADOTTATO PER « CARIDDI »

sente si è adottato un diverso metodo in cui la bobina è divisa in un certo numero di settori, ognuno dei quali è alimentato da un banco di condensatori a bassa induttanza. Il dispositivo può essere concepito come un trasformatore il cui secondario, il plasma, ha una spira, mentre il primario ne ha meno di una. Uno schema illustrativo del principio è mostrato in fig. 2.

I dati costruttivi relativi al dispo-

sitivo, noto come CARIDDI, sono i seguenti:

6	settori
30	condensatori/settore
180 μ F	capacità totale
40 kV	tensione di carica
40 m μ H	induttanza del tubo di scarica
1 μ sec	quarto di periodo
$1,9 \cdot 10^6$ A	corrente massima nei settori
120 kV	tensione effettiva
20 cm	diametro del tubo di scarica
100 cm	lunghezza del tubo di scarica

Ogni condensatore ha un interruttore a scintilla.

Il lavoro sviluppato finora ha riguardato essenzialmente lo sviluppo di un opportuno tipo di interruttore a scintilla. Esso, che è a quattro elettrodi e pressurizzato, è mostrato in fig. 3. Dodici di questi interruttori sono entrati in operazione a 40 kV, cioè è stata data energia usando due condensatori per settore.

Nelle esperienze con CARIDDI si useranno molti tipi di tecniche diagno-

È in costruzione un secondo banco di condensatori che provvederà a creare un campo magnetico iniziale nel plasma. In questo modo si effettueranno esperienze sulla compressione rapida di un plasma contenente un campo magnetico.

b) Esperienza di piccola mole

L'esperienza è stata realizzata per permettere, anzitutto, la messa a punto di varie tecniche di misura, parti-

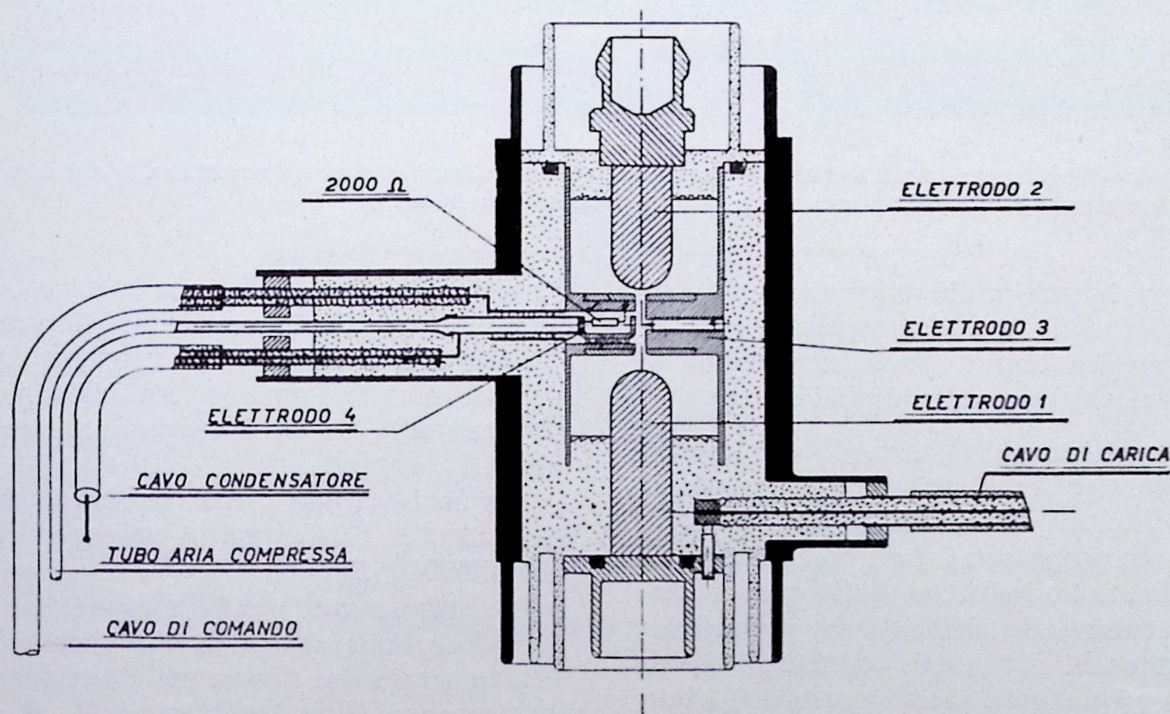


Fig. 3. - INTERRUPTORE A SCINTILLA USATO PER « CARIDDI »

stiche. Queste comprendono fotografia ultra rapida e misure con sonde magnetiche (già usate nell'esperienza di strizione ortogonale di piccola mole che segue), nonché misure risolte nel tempo della radiazione emessa nella regione visibile. Per queste misure spettroscopiche è stato costruito uno spettrometro a reticolo ad alta luminosità. Ci si sta organizzando anche per eseguire misure di neutroni e di raggi X, ed ulteriori misure spettroscopiche (effetto Doppler).

colari delle scariche impulsive e inoltre per avere prime informazioni sulla strizione ortogonale.

A tale scopo si è montato un banco di condensatori con tensione massima 25 kV e capacità 11,25 μ F. Si è costruito un interruttore a scintilla a tre elettrodi per 25 kV, $3 \cdot 10^4$ A. Tramite l'interruttore a scintilla, il banco viene scaricato su una bobina di dieci spire avvolta attorno al tubo di pyrex (diametro interno 4,4 cm) che contiene il gas da studiare. La corrente nella bo-

bina è oscillatoria con periodo $35 \mu\text{sec}$. Il gas viene preionizzato da un impulso a R. F. di 2 msec, e quindi il campo elettrico indotto all'interno del tubo produce correnti azimutali che interagiscono con il campo magnetico dando luogo a forze dirette radialmente verso l'asse del tubo, che comprimono il gas.

Sono state messe a punto diverse tecniche di misura. Esse sono le seguenti:

Questa è una macchina fotografica di tipo continuo in cui l'immagine di una fenditura viene spostata rapidamente su una lastra fotografica. La macchina costruita ha le seguenti caratteristiche: massima velocità di scrittura $5 \text{ mm}/\mu\text{sec}$, lunghezza della immagine 100 mm, apertura $f/7$. La fig. 4 mostra una di tali fotografie.

4) Fotografia rapida mediante convertitore d'immagini. Questo è un ot-

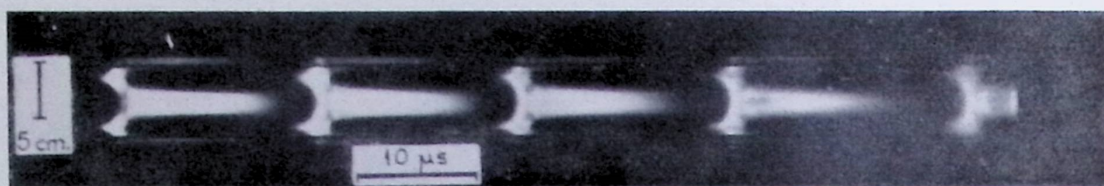


Fig. 4. — FOTOGRAFIA DELL'EFFETTO STRIZIONE ORTOGONALE PRESA CON LA MACCHINA FOTOGRAFICA A SPECCHIO ROTANTE. SCARICA IN ARGON ALLA PRESSIONE DI $50 \mu \text{Hg}$.

1) Misure della corrente nella bobina e delle tensioni per spira in funzione del tempo (mediante anello di Rogowsky e anello di induzione).

2) Misure dell'intensità del campo magnetico in funzione del tempo in ogni punto del diametro del tubo. A questo scopo sono state costruite sonde magnetiche induttive delle quali è stata studiata in dettaglio la risposta in frequenza. Le sonde costruite hanno una risposta costante (entro 1 %) fino a 20 Mc/s, una risoluzione spaziale dell'ordine di qualche mm e danno un segnale di 2 V per una variazione del campo $1 \text{ kG}/\mu\text{sec}$.

3) Fotografia ultra rapida mediante macchina fotografica a specchio ro-

tatore rapido di natura elettronica che permette di ottenere tempi di esposizione fino a 10^{-7} sec con un'apertura $f/2$, e una risoluzione di 500 righe per fotogramma. La fig. 5 mostra una serie di tali fotografie.

La maggior parte delle misure è stata eseguita con argon a pressioni da 10 a $500 \mu \text{Hg}$.

Le misure con sonde magnetiche e con fotografia rapida hanno mostrato che la scarica ha simmetria cilindrica e in presenza di ionizzazione a R. F. è riproducibile. In particolare le sonde magnetiche rivelano la presenza di uno strato cilindrico di corrente che cominciando dal bordo si allarga fino ad invadere l'intera sezione del tubo. Questo è confermato dalla fotografia



Fig. 5. — CINQUE FOTOGRAMMI PRESI MEDIANTE CONVERTITORE DI IMMAGINI LUNGO L'ASSE DELLA SCARICA CILINDRICA DI CUI ALLA FOTOGRAFIA (4). IL TEMPO DI ESPOSIZIONE È DI $2 \cdot 10^{-7} \text{ SEC}$.

rapida. Questa inoltre mostra la presenza di onde d'urto con velocità di propagazione dell'ordine di $5 \cdot 10^6$ cm/sec.

Peraltro l'interpretazione dettagliata delle misure è attualmente in fase di studio e simultaneamente si preparano nuove tecniche di misura quali fotometria integrale, mediante fotomoltiplicatori, e spettroscopia con risoluzione temporale.

Esperienze su plasmi ad altissima densità e temperatura

Lo scopo di questa ricerca è di studiare il comportamento di un plasma

strato; si può prevedere che questa vita sia dell'ordine di 10^{-9} sec. Si prevede che la massima temperatura del plasma sottoposto ad urto sia circa $5 \cdot 10^8$ °K.

Si è progettata un'esperienza in cui un cilindro cavo di gas neutro viene iniettato, ionizzato e compresso verso l'asse da un campo magnetico azimutale B_ϕ . La corrente che fluisce nello strato di plasma è fornita da un banco di condensatori con 40 kV e 50 kJ.

La teoria di questa esperienza ora in fase di montaggio, è stata completata per quanto riguarda i fenomeni più importanti che in essa occorrono.

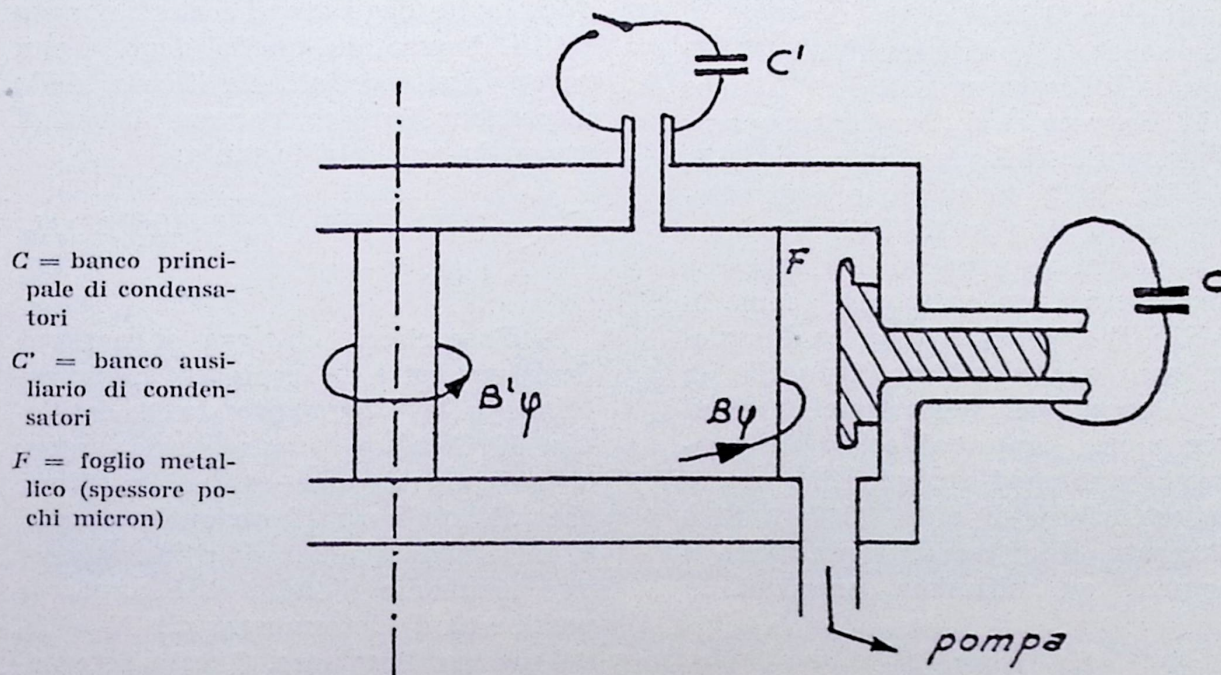


Fig. 6. -- SCHEMA DI PRINCIPIO DELL'ESPERIENZA MAFIN I

di altissima densità (10^{20} ioni/cm³) e di altissima temperatura (10^8 °K) e la cui vita è inferiore ad 1 μsec. Per produrre questi plasmi si possono seguire due metodi.

a) Primo metodo (MIRAPI)

Un plasma cilindrico viene prodotto da uno strato cilindrico di plasma compresso magneticamente. La vita di questo plasma è uguale a d/w , se d è lo spessore e w la velocità radiale dello

b) Secondo metodo: Utilizzazione di campi magnetici elevati prodotti da esplosivi (MAFIN)

Il secondo metodo per ottenere plasmi di altissima densità e temperatura è basato sulla produzione di campi magnetici dell'ordine del MG. Allora, se si vuole confinare un plasma di densità $N = 10^{20}$ ioni/cm³ e con temperatura $T = 5 \cdot 10^8$ °K, è necessario un campo magnetico

$$B = (16 NkT)^{1/2} = 18,5 \text{ MG}$$

Tali campi possono essere prodotti da un conduttore in moto rapido che comprime un campo magnetico iniziale relativamente debole.

Sono state progettate a questo scopo due esperienze.

La prima (MAFIN I) può venire alimentata dallo stesso banco di condensatori da 50 kJ dell'esperienza precedente B_φ (v. fig. 6). Durante il movimento l'energia elettrica immagazzinata è convertita in energia cinetica del cilindro metallico, il quale comprime un campo interno B'_φ in pochi microsecondi, e l'energia cinetica è allora convertita essenzialmente in energia del campo B'_φ . Si prevede di poter ottenere campi B'_φ di circa 3 MG.

La seconda esperienza (MAFIN II) è simile all'esperienza di Los Alamos (C. M. FOWLER et al., *Production of very high magnetic fields by implosion*. JAP, **31**, 588, 1960), in cui sono stati ottenuti campi fino a 15 MG. Tuttavia nella nostra esperienza il campo da comprimere è un campo B_φ (come in MAFIN I) e non B_z e la carica di esplosivo sarà molto minore di quella di Los Alamos, per permettere di effettuare molte esplosioni prima di cambiare la camera di scoppio. Si spera di ottenere campi di circa 30 MG. Si è sviluppata una teoria riguardante i fenomeni ad altissime pressioni.

Metodi ottici per la misura dell'indice di rifrazione di un plasma

a) *Dipendenza dalla lunghezza d'onda dell'indice di rifrazione di un plasma nella regione ottica*

Nell'esperienza sottodescritta si è sviluppato un metodo ottico per la misura delle densità degli elettroni e delle particelle pesanti. Questo metodo offre, rispetto ad altri, la possibilità

di misurare alte densità, con buona risoluzione spaziale e senza introdurre disturbi dovuti a campi elettrici o magnetici.

L'indice di rifrazione di un gas ionizzato può essere espresso dalla formula valida per le miscele di gas

$$n - 1 = \sum_i K_i N_i$$

(dove N_i è la densità del componente i^{mo} della miscela e K_i è la refrattività specifica) pur di considerare elettroni, ioni e gas neutro (eventualmente eccitato), componenti indipendenti della miscela.

Nell'ipotesi che l'indice di rifrazione degli ioni e degli atomi eccitati non sia molto diverso da quello degli atomi neutri non eccitati, la teoria della dispersione fornisce, per un plasma di argon, la seguente formula:

$$n - 1 = (1,03 \cdot 10^{-23} + 0,58 \cdot 10^{-33}/\lambda^2) N_a - 4,46 \cdot 10^{-4} \lambda^2 N_e$$

Nell'esperienza che ora si passa a descrivere, si è determinata sperimentalmente la dipendenza da λ dell'indice di rifrazione di un plasma in argon; si è dimostrato che essa è in ottimo accordo con le considerazioni suesposte, e, misurando l'indice di rifrazione per due lunghezze d'onda, si è avuta la possibilità di determinare gli N_a e N_e del plasma illuminato. Questa determinazione è stata fatta esaminando lo spettro delle frange di interferenza attorno all'ordine zero, prodotte in un interferometro di Jamin sul quale è stato montato, nella maniera convenzionale, un tubo lungo L , nel quale è stato prodotto un plasma mediante eccitazione induttiva a R. F. di 20 Mc/s.

All'uscita dell'interferometro la luce viene analizzata da uno spettrografo e sulla lastra spettrografica si ha uno spettro delle frange di interferenza. Se ora si riprendono due fotografie successive, una eseguita senza eccitare il gas e l'altra con la R. F. e si con-

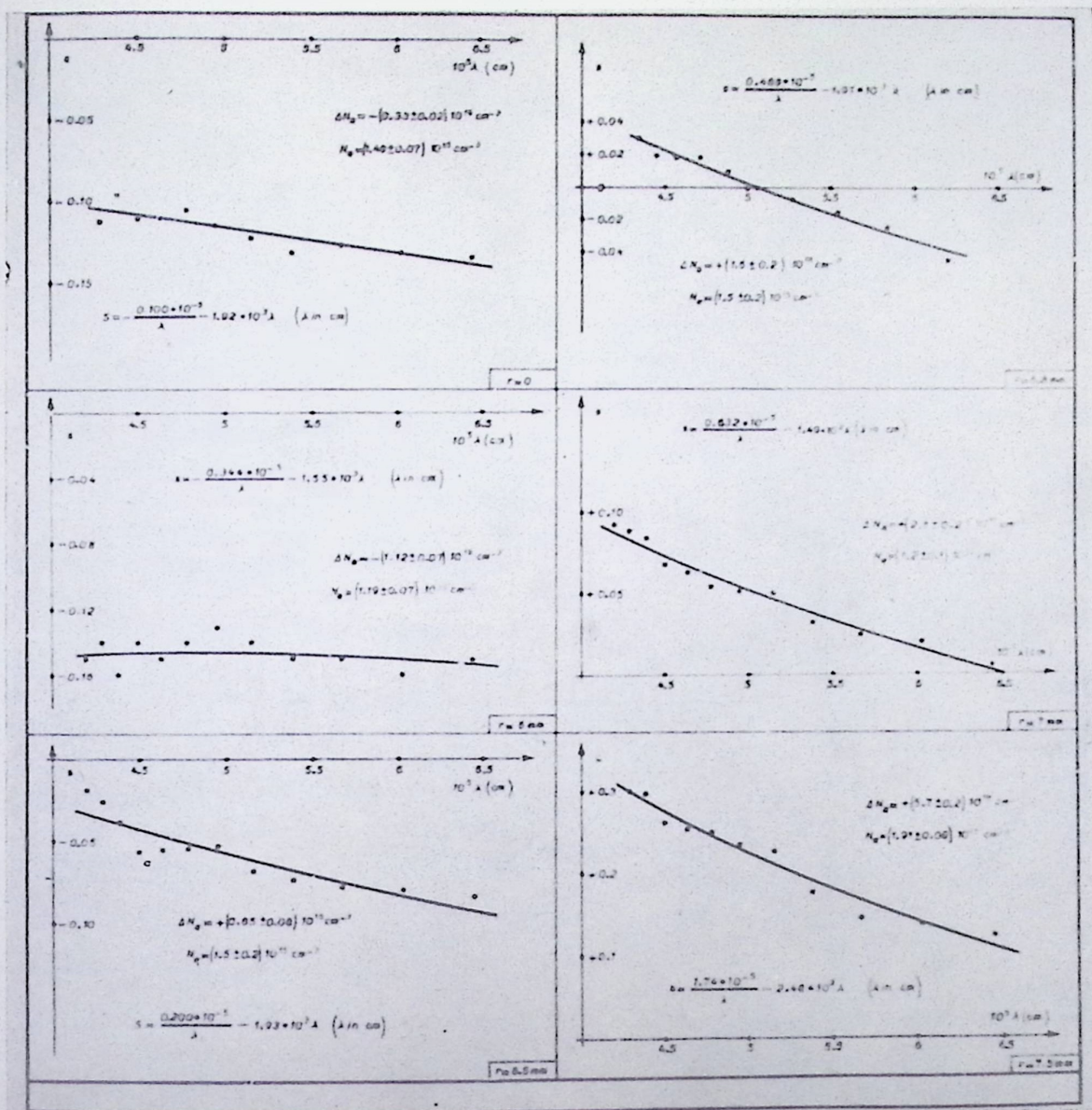


Fig. 7. — SPOSTAMENTO DELLE FRANGE DI INTERFERENZA IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA PER DIFFERENTI VALORI DEL RAGGIO r CON SCARICA IN ARGON ALLA PRESSIONE DI 5 MM Hg.

frontano le posizioni delle frange di uguale lunghezza d'onda, si osserva uno spostamento delle frange dovuto alla presenza di elettroni e alla diversa distribuzione del gas. Questo spostamento, in corrispondenza di dodici lunghezze d'onda tra 4000 e 6500 Å, è stato misurato dalle lastre con l'ausilio di un microfotometro ed è stato confrontato con quello teorico ($s(\lambda) = (n-1) \frac{L}{\lambda}$).

La fig. 7 dà i risultati sperimentali e le curve che li interpolano con il

metodo dei minimi quadrati. Ciò è stato fatto per l'argon e lo xenon a differenti pressioni e per diverse distanze del fascetto luminoso analizzatore rispetto all'asse del tubo. La fig. 8 è il grafico ricavato dai precedenti risultati, nei quali viene rappresentata la distribuzione delle densità degli atomi e degli elettroni in funzione del raggio.

Il dispositivo sperimentale usato non consentiva una sicura determinazione della distribuzione spaziale delle densità di atomi e di elettroni nel cor-

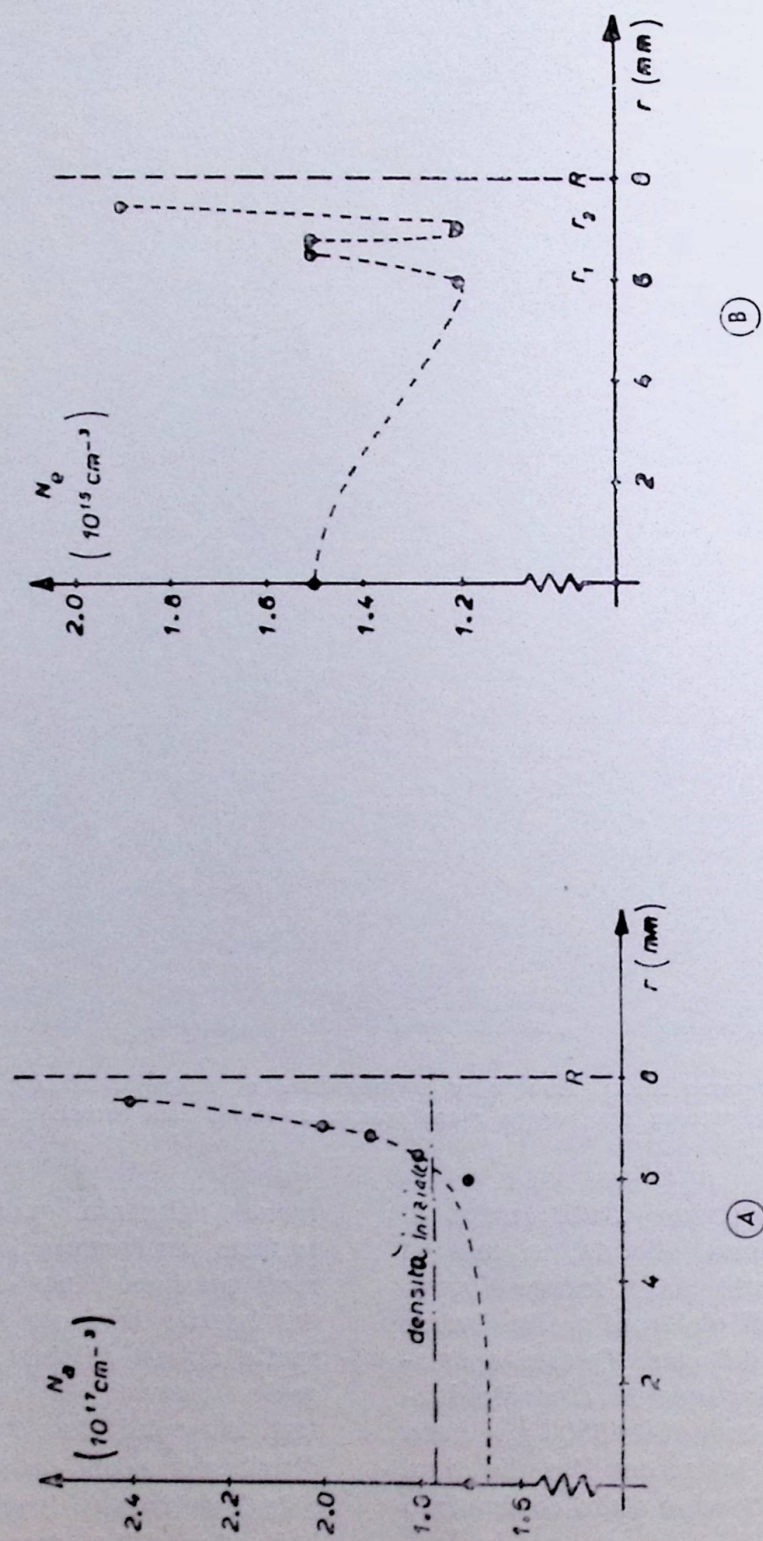


Fig. 8. - ANDAMENTO RADIALE DELLE DENSITÀ DEGLI ATOMI (A) E DEGLI ELETTRONI (B) IN UNA SCARICA IN ARGON ALLA PRESSIONE DI 5 MM Hg

so di una scarica unica, ma per ottenere questo scopo si dovevano eseguire scariche successive spostando, per ciascuna scarica, il fascetto di luce analizzatore.

Per la determinazione della distribuzione spaziale in una singola scarica sono in corso le quattro seguenti modifiche alla precedente apparecchiatura:

- impiego di un interferometro di MAch Zender;

- uso di un generatore a R. F. più stabile, e, in particolare, di un accoppiamento al tubo di scarica che produca un campo elettromagnetico più uniforme o comunque di distribuzione ben nota.

- miglioramento della tecnica di vuoto con impiego di uranio metallico come *getter* in modo da permettere una maggiore pulizia del recipiente di scarica ed una maggior purezza del gas idrogeno che si intende usare;

- uso (eventuale) di un convertitore di immagini per la fotografia delle frange.

b) Sviluppo del metodo Schlieren

Merita infine dire che si sta tentando di usare il metodo strioscopico (Schlieren secondo Toepler) per le variazioni spazio-temporali dell'indice di

rifrazione di un plasma prodotto in una scarica impulsiva, la cui dinamica è di grande interesse per questo Laboratorio.

Esperienze sulla formazione della guaina al bordo di un plasma

a) Formazione della guaina di un plasma in campo magnetico

È noto dai lavori di Tonks e Langmuir ed altri che in un plasma ordinario a bassa pressione gli ioni positivi vengono accelerati verso il bordo del plasma da campi elettrostatici. Questi campi, pur essendo deboli poiché il plasma è elettricamente quasi neutro, si estendono su distanze considerevoli. Gli ioni positivi, pertanto, acquistano una notevole energia nel muoversi verso il bordo del plasma. Infatti essi lasciano il plasma ed entrano nella guaina di carica spaziale ad esso circostante con un'energia confrontabile con l'energia termica degli elettroni; cioè $\frac{1}{2} m_2 v_2^2 \sim \frac{1}{2} kT_1$ dove gli indici 1 e 2 si riferiscono rispettivamente agli elettroni ed agli ioni positivi. Questa relazione è talvolta citata come la condizione di Bohm per la formazione della guaina.

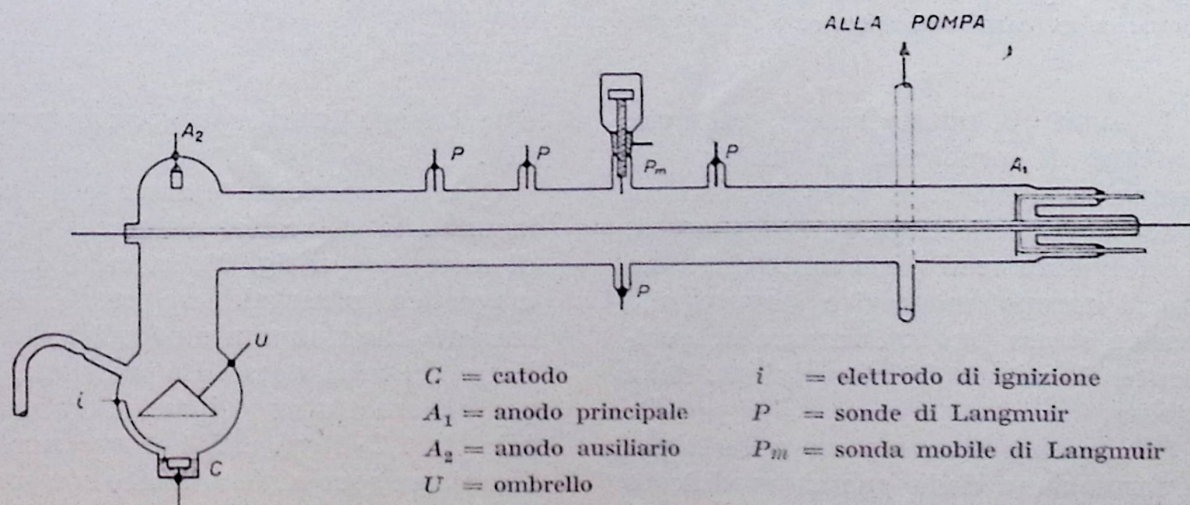


Fig. 9. - TUBO DI SCARICA DELL'ESPERIENZA SULLA FORMAZIONE DELLA GUAINA IN CAMPO MAGNETICO

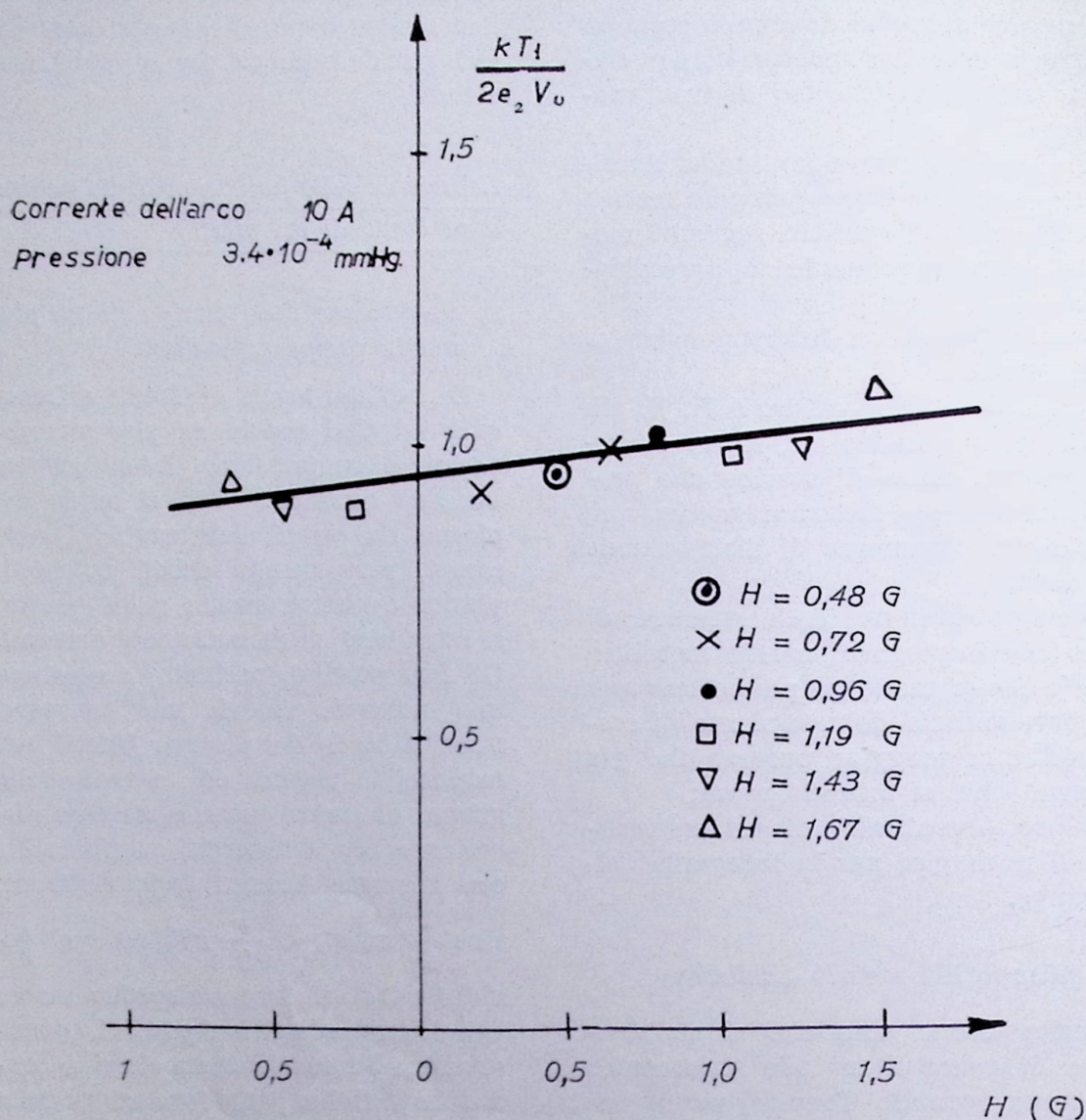


Fig. 10. — ESEMPIO DI RISULTATI SPERIMENTALI OTTENUTI NELL'ESPERIENZA SULLA FORMAZIONE DELLA GUAINA IN CAMPO MAGNETICO.

I lavori di questi autori, tuttavia, trattano il problema in assenza di campo magnetico. È però importante conoscere gli effetti da questo prodotti, specialmente se si tiene conto del fatto che il campo magnetico dovuto alla scarica stessa può influenzare notevolmente il criterio di formazione della guaina.

Si è quindi ricavato un criterio per la formazione della guaina modificato in modo tale da tenere conto degli effetti di un debole campo magnetico,

e si è eseguita un'esperienza in proposito.

Questa esperienza è stata effettuata in un tubo di scarica ad arco a vapori di mercurio (v. fig. 9), in cui il campo magnetico azimutale era creato dalla corrente che fluiva in un filo teso lungo l'asse del tubo stesso. La pressione, imposta termostatando il tubo, era variabile tra $1,2 \cdot 10^{-4}$ e $5,4 \cdot 10^{-4}$ mmHg. Le misure sono state eseguite con sonde di Langmuir. La fig. 10 mostra i risultati ottenuti in particolari condi-

zioni sperimentali. Si vede che, come era previsto dalla teoria, un campo magnetico positivo (*pinch*) aumenta il rapporto tra l'energia termica degli elettroni e quella ($e_2 V_0$) con cui gli ioni positivi raggiungono il bordo della guaina, mentre un campo magnetico negativo (*anti-pinch*) diminuisce questo rapporto. Da grafici analoghi ottenuti per varie condizioni sperimentali si sono inoltre potuti ricavare i valori del campo elettrostatico al bordo del plasma.

lasciano la parete stessa. Aumentando la corrente di scarica, la maggior parte degli atomi neutri di mercurio viene ionizzata nel primo transito del tubo e la densità del gas neutro al centro di questo viene sensibilmente ridotta. Ciò è senz'altro connesso con i fenomeni che avvengono al confine tra plasma e guaina.

La prima esperienza consiste nello studiare l'effetto di un campo magnetico sulla corrente limite. Il tubo di scarica è del tutto simile a quello della

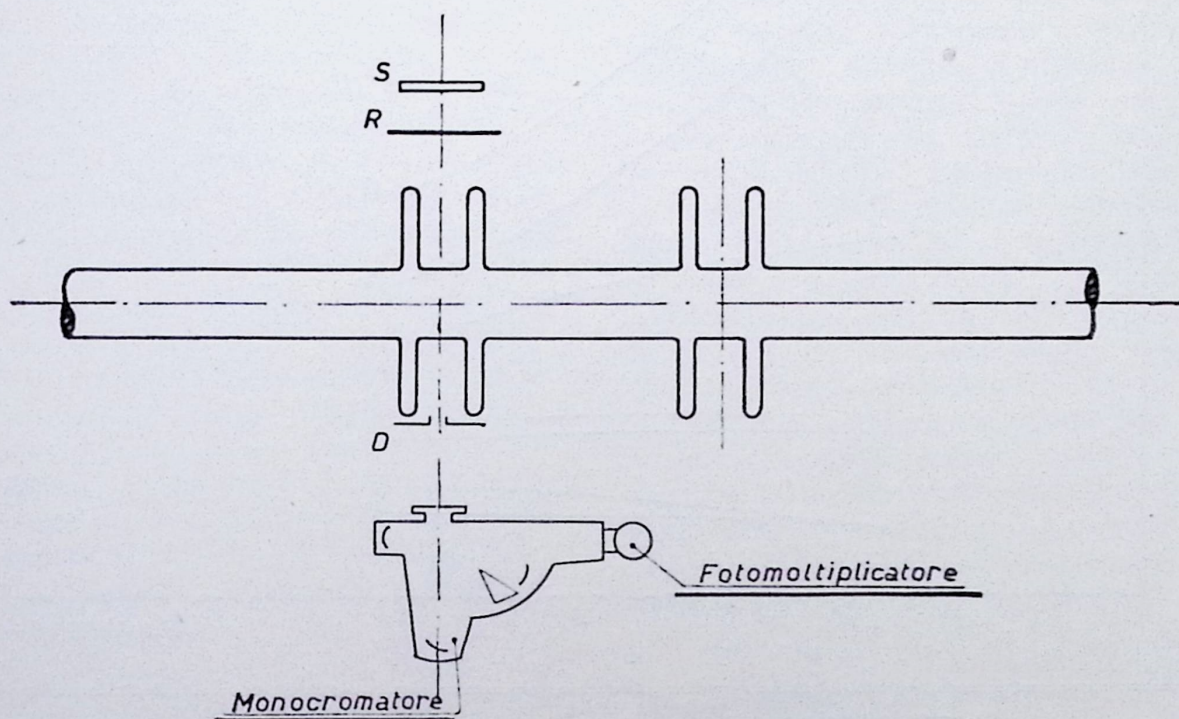


Fig. 11. — DISPOSITIVO OTTICO PER LA MISURA DELL'ASSORBIMENTO DELLA RIGA 2537 Å DI RISONANZA DEL MERCURIO.

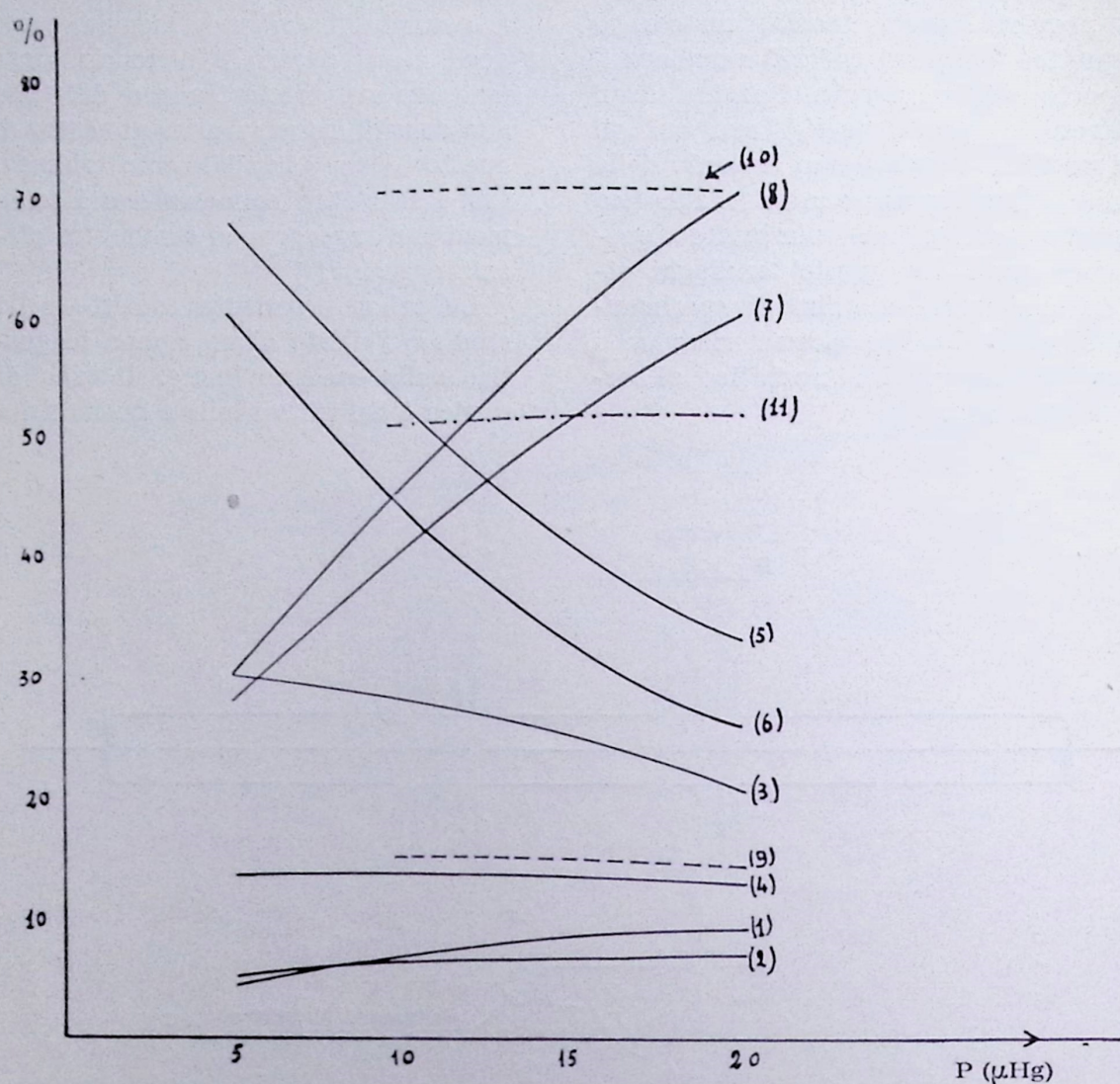
b) Corrente limite in un arco a vapori di mercurio a bassa pressione

Si è effettuato il progetto di due esperienze riguardanti la corrente limite in un arco a vapori di mercurio a bassa pressione.

Questo fenomeno è stato spiegato da Allen e Thonemann (*Proc. Phys. Soc. B* 67, 768, 1954) in base a quanto segue: Il flusso di ioni positivi alla parete del tubo di scarica non può essere maggiore del flusso di atomi neutri che

precedente esperienza, ma le misure consistono essenzialmente nell'eseguire caratteristiche tensione-corrente dell'arco fino al raggiungimento della corrente limite per vari valori del campo magnetico.

La seconda esperienza consiste nella misura dell'assorbimento della riga di risonanza del mercurio (2537 Å) in prossimità della corrente limite. Sarà cioè possibile con misure spettroscopiche determinare la densità degli atomi



N° della curva	specie ionica considerata	potenza della radiofrequenza (Watt)	natura dell'anodo	Osservazioni
1)	H_1^+	56	acciaio inox	All'idrogeno nella camera di scarica è stato aggiunto dell'ossigeno per 1-5 %
2)	H_1^+	56	tungsteno	
3)	H_1^+	220	acciaio inox	
4)	H_1^+	220	tungsteno	
5)	H_2^+	56	acciaio inox	
6)	H_2^+	56	tungsteno	
7)	H_3^+	56	acciaio inox	
8)	H_1^+	56	tungsteno	
9)	H_1^+	56	acciaio inox	
10)	H_3^+	220	acciaio inox	
11)	H_1^+	220	tungsteno	

Fig. 12. - RISULTATI SPERIMENTALI SULLA COMPOSIZIONE DEL FASCIO DI IONI DELLA SORGENTE DI PROTONI A RADIOFREQUENZA.

neutri nel plasma per vari valori della corrente dell'arco fino alla corrente limite.

Il tubo di scarica è simile a quello delle esperienze precedenti, ma non vi è il capillare assiale per il campo magnetico. Esso è invece dotato di un opportuno sistema di finestre ottiche di quarzo.

Il dispositivo ottico, attualmente impiegato, è quello indicato in fig. 11 che utilizza una sola coppia delle finestre indicate. *S* è uno specchio, *R* è un otturatore ruotante (20 c/s) posto con l'asse parallelo all'asse delle finestre ottiche. Il monocromatore è un Hilger-Barfit ed il fotomoltiplicatore è una valvola 1P28 sensibile fino a lunghezze d'onda di 2000 Å. *D* è un piccolo diaframma che delimita il fascio di luce. Il segnale dal fotomoltiplicatore viene inviato ad un oscillografo.

Questo dispositivo sperimentale rende possibile prescindere sia dalla instabilità temporale della scarica che dalle inomogeneità della colonna positiva dell'arco lungo il suo asse.

Misure preliminari di questo tipo eseguite per una pressione di vapore del mercurio di circa $7 \cdot 10^{-5}$ mmHg, hanno confermato l'esistenza dell'effetto previsto.

c) Studio di plasmoidi a radiofrequenza

In un plasma a R. F. si formano, sotto certe condizioni, dei plasmoidi, ossia delle zone di plasma di intensità luminosa in genere più grande di quella del plasma circostante, dal quale sono separati da una sottile guaina oscura. Non si trova attualmente nella letteratura una spiegazione per questo fenomeno.

Poiché si è deciso di studiare i plasmoidi a R. F. dal punto di vista della formazione della guaina, si è formulato un programma di ricerca in proposito. Sono state iniziate misure con sonde di Langmuir; verrà inoltre determinato lo spessore della guaina dei

plasmoidi con misure ottiche (fotografia, fotomoltiplicatori).

Si sta preparando questa esperienza ed è in corso la messa a punto dei dispositivi di misura.

Sorgente di protoni a radiofrequenza (esperienza eseguita agli inizi della attività del Laboratorio).

È stata costruita una sorgente di protoni a radiofrequenza del tipo descritto da P. C. Thonemann in *Progress in Nuclear Physics*, Vol. III, 1953. La unica differenza sostanziale è che noi, volutamente, abbiamo evitato di ricoprire gran parte dell'anodo del sistema estrattore con materiale isolante; ciò al fine di esaminare l'influenza di una superficie metallica affacciata alla scarica, sulle percentuali delle diverse specie ioniche ($H^+_{1,2,3}$) presenti nel fascio estratto dalla sorgente. Si sono usati, a questo scopo, tungsteno e acciaio inossidabile.

I risultati sono esposti nella fig. 12 da cui è possibile ricavare anche come variano le suddette percentuali al variare della pressione gassosa entro la camera di scarica e della potenza erogata dall'oscillatore.

Lavoro teorico

Finora sono stati conclusi lavori teorici sulle bottiglie magnetiche, sulle onde d'urto idromagnetiche e sulla formazione della guaina in campo magnetico.

Al momento attuale sono in corso lavori teorici su: (a) fenomeni riguardanti la guaina in un campo magnetico; (b) onde elettrostatiche di grande ampiezza e (c) instabilità idromagnetiche. Si intende sviluppare il programma teorico in stretta connessione con quello sperimentale, perciò si è deciso di sviluppare ulteriormente la teoria delle onde idromagnetiche di grande ampiezza. (B. B.)