

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-55/5 (24. 1. 55)

G. Salvini, G. Sacerdoti: RISPOSTA AD ALCUNE QUESTIONI POSTE
A ROMA IN OCCASIONE DI UNA DISCUSSIONE SULLA SCELTA DELLE
DIMENSIONI FONDAMENTALI DEL SINCROTRONE.

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione Acceleratore

G. 15
24.1.1955.

- 1)- Verbale della riunione del 20 Gennaio 1955 a Roma. (Questionario)
- 2)- RISPOSTA AD ALCUNE QUESTIONI POSTE A ROMA IN OCCASIONE DI UNA DISCUSSIONE SULLA SCELTA DELLE DIMENSIONI FONDAMENTALI DEL SINCROTRONE. -----

VERBALE DELLA RIUNIONE DEL 20 GENNAIO 1955 A ROMA

§1 - Si è preso come punto di partenza il progetto "David", i cui dati sono specificati nel rapporto 16 teorico e 13 G che ne varia una parte. Si sono esaminate le possibilità di variare le dimensioni del traferro, allo scopo di permettere, se necessario, un maggiore spazio utile per l'accelerazione degli elettroni.

Si sono pertanto fissati i seguenti punti:

1)- Si ritiene non possibile aumentare le dimensioni del C (e non si esclude che le prove in corso indichino la convenienza di diminuirle) per le seguenti ragioni:

- a) difficoltà d'impacchettatura dei lamierini di grandi dimensioni con la precisione richiesta;
- b) convenienza di non superare le dimensioni di uso normale non solo per ragioni di costo, ma anche per ragioni di scelta e di tempo.

2)- Il valore massimo del campo nell'intraferro dipende coeteris paribus dall'induzione massima nel ferro. Questa è stata calcolata, lasciando un congruo margine di sicurezza per tener conto del fattore di stipamento dei lamierini e delle possibili ~~XX~~ fluttuazioni delle loro caratteristiche magnetiche, entrambe non ancora sufficientemente note. Non è escluso che si possa leggermente aumentare il valore massimo dell'induzione. Si ritiene però prudente non contare per ora in modo essenziale su questa possibilità.

3)- E' possibile aumentare l'altezza totale del traferro, attualmente fissata in 86 mm (fino a un massimo di 105 mm circa) in uno dei modi seguenti:

- a) riducendo l'energia massima ottenibile dalla macchina;
- b) aumentando le amperspire e l'alimentazione.

4)- E' possibile aumentare la larghezza utile del traferro (fino a 5 cm circa) in uno dei modi seguenti:

- a) allargando la base inferiore del polo da 227 mm a circa 280 mm e di conseguenza diminuendo l'energia massima oppure

aumentando la induzione sul ferro e quindi avvicinandosi di più ai valori di saturazione;

b) (attualmente allo studio e non ancora sicuro) disponendo opportunamente delle correcting-coils. In questo caso l'allargamento si avrebbe soltanto per valori bassi del campo vicini al valore di iniezione, quando per altro esso è necessario. Questo metodo si ritiene possibile in quanto la legge del campo all'iniezione è sostanzialmente fissata dalle correcting-coils.

5)- E' possibile ridurre il raggio della macchina, aumentando così le dimensioni relative dell'intraferro. Ciò porterebbe come conseguenza una diminuzione dell'energia massima ottenibile, oppure un aumento dell'induzione nel ferro.

§ 2 - Da quanto sopra esposto risulta che, pur lasciando invariata la struttura fondamentale del magnete, si offrono diverse possibilità per realizzare dimensioni utili del traferro più ampie di quelle già previste nella relazione G 13. Per quanto riguarda l'altezza totale del traferro (§ 1 ; 3), poichè probabilmente lo spessore della ciambella sarà maggiore di quello finora previsto, si ritiene che converrà aumentarla di 6 - 10 mm.

Per quanto riguarda invece la larghezza utile, la soluzione più desiderabile è quella di impiegare le correcting-coils (§ 1; 4)b). Sono già in corso e saranno proseguiti nei prossimi mesi, le prove sperimentali per stabilire da un lato lo spessore minimo della ciambella e dall'altro i più idonei metodi di correzione del campo per renderne massima la dimensione orizzontale utile.

E' comunque da mettere in rilievo che le questioni ancora in discussione riguardano esclusivamente i particolari di forma dei poli e non la struttura fondamentale del magnete e non possono perciò essere causa di ritardo nelle trattative con le Ditte. A queste ultime verrà comunque presentata oltre che la soluzione indicata nei rapporti M48 e M49, anche una soluzione alternativa con $a = 280$ mm, $b = 96$ mm, ed una induzione massima nel traferro di: ~ 8100 gauss.

QUESTIONARIO

1) - Quali sono le dimensioni dei lamierini commerciali?

800 x 1600

1000 x 2000

Quali sono le dimensioni dei bordi da tagliar via?

Precisare le ragioni per le quali si prevedono le difficoltà di im-
pacchettamento.

2) - Energia nel ferro in funzione di B_{\max} (discussione).

3) - a) Quanto si deve ridurre l'energia per un aumento dell'altezza di
1 cm?

b) Aumento delle amperspire e alimentazione e costo relativo.

Spazio disponibile per le amperspire.

4) - a) Confermare che effettivamente la zona utile si allarga di 5 cm
allargando la base inferiore del polo.

b) Quanto è la diminuzione di energia che paga l'allargamento?

Di quanto aumenterebbe l'induzione nel ferro per pagare in tal
modo l'allargamento?

Stima del costo.

5) - Di quanto dovrebbe variare il campo? Ed il costo?

Difficoltà delle sezioni diritte.

RISPOSTA AD ALCUNE QUESTIONI POSTE A ROMA IN OCCASIONE DI UNA DISCUSSIONE
SULLA SCELTA DELLE DIMENSIONI FONDAMENTALI DEL SINCROTRONE.

24/1/55

Nelle pagine seguenti si danno le prime possibili risposte ai quesiti sollevati nella riunione del 21/1/55 in Roma (Ageno, Persico, Salvini). Le variazioni di energia, di costo ecc... sono stimate prendendo come base il progetto descritto nelle relazioni M 48 ed M 49.

Queste variazioni non si possono precisare oggi che con larga approssimazione. Una stima più precisa potrà farsi probabilmente tra qualche mese.

Questioni n° 1 : Perché si prevedono difficoltà nell'impacchettamento dei lamierini?

In questi mesi noi abbiamo sostanzialmente preso in considerazione due soluzioni per l'impacchettamento dei lamierini: ^{una} ~~ma~~ consiste nel legare i lamierini con bulloni; l'altra nell'incollare i lamierini tra loro.

a) Lamierini ~~Im~~bullonati.- L'imbullonatura dei lamierini produce inevitabilmente delle ineguaglianze nello spessore dei pacchetti, i quali risultano più stretti nelle vicinanze del bullone. A conferma di questo si possono osservare i grossi trasformatori, con dimensioni paragonabili ai nostri C, delle industrie elettromeccaniche italiane maggiori (visita di Canarutto, Sacerdoti, Salvini); l'elettrosincrotrone di Berkeley (visita di Salvini); il betatrone di Urbana (visita di Salvini).

I "ventri" ed i "nodi" di questi pacchetti dipendono, oltre che dalla qualità del lamierino, dalle dimensioni lineari del C. Ad esempio i lamierini dell'elettrosincrotrone di Cornell sono tenuti addirittura senza bulloni (lamierini sciolti) ed hanno una precisione di sito molto probabilmente maggiore di quella che noi otterremmo con

allegato 1
-2-
fig. 4

bulloni. Questo perché le dimensioni di Cornell (Ved. ~~fig. 4~~) sono molto minori delle nostre.

E' difficile prevedere quantitativamente quali sono le conseguenze dei ventri e dei nodi sulle precisioni meccaniche di costruzione.

Nelle richieste alle Ditte noi abbiamo preso come base per le nostre richieste i limiti di precisione ottenuti a Cornell, nel sincrotrone da 1000 mev. Questi limiti potrebbero raggiungersi anche da noi (ove tenessimo ~~uguale~~ ^{uguale a Cornell} formato del C), come risulta da lamierini per noi punzonati da una Ditta di Milano.

Dalle informazioni raccolte riteniamo sinora che le disuguaglianze radiali ed azimutali nostre assolute saranno tanto più elevate quanto maggiori saranno le dimensioni del C. (Per i valori della nostra tolleranze e relativa discussione vedi rapp. M 48, M 49).

b) Lamierini incollati.- Le opinioni sulla incollatura dei lamierini sono contrastanti tra i costruttori di elettrosincrotrone. Il Prof. Wilson di Cornell é pessimista, e teme che le qualità magnetiche siano alterate dal procedimento di incollatura con araldite. La Brown Boveri é più ottimista. Le nostre prove di laboratorio e l'esperienza in Europa non sono ancora sufficienti ad escludere questo rischio.

Comunque, i problemi di incollatura crescono rapidamente con le dimensioni del C, essenzialmente perché:

- Aumentano le forze da esercitare sul pacchetto durante l'incollatura (David, circa 35.000 Kg.; Bob circa 8000 Kg), e quindi diviene ardua la tenuta in posizione dei lamierini ;
- Aumenta la dissimetria del pacchetto per effetto della curvatura del magnete(se si tiene invariato il raggio aumentando la dimensione radiale del lamierino);
- Aumentano le tensioni interne che nascono dalle diverse proprietà del collante e dell'incollato. Non é escluso che i risultati dell'incollatura siano tali per noi da consigliare profonde modifiche nelle idee costruttive del magnete, per esempio riducendo le dimensioni del C, o aumentando lo spessore dei lamierini.

osservazione : E' da notare che non solo l'impacchettamento dei lamierini diviene più difficile al crescere delle dimensioni lineari, ma che la precisione relativa di un lamierino rispetto all'altro peggiora con l'aumentare delle dimensioni. Questo per le maggiori difficoltà del punzone, per le tensioni interne dei lamierini che si sfogano in modo diverso all'atto del taglio, per l'aumento degli effetti di temperatura ecc.... (notizie assunte da Amman e Salvini presso gli specialisti).

Questione n° 1 A: Quali sono le dimensioni dei fogli di lamierino commerciali?

- La dimensione più comune è 800x 1600 mm. Per noi questa dimensione è ormai inutilizzabile.
- Il lamierino Armco è fornito con larghezze massime di 91 cm: tenendo conto dei margini necessari per una felice punzonatura, questa dimensione è sufficiente (con molta probabilità) per l'~~l'~~ attuale progetto. Non sarebbe utilizzabile per un magnete ulteriormente allargato.
- La società Terni non fa produzione normale maggiore di 800 mm. di larghezza. Può arrivare (Ing. Puglisi) sino ad una larghezza di 1000 mm con un extra di lavorazione.

E' per noi importante il conservare la possibilità di usare lamierino isolato in carlite (American). In tale caso è molto dubbio che si possano avere dimensioni maggiori di 91 cm di larghezza, e comunque questo significherebbe ^{inutile} perdite di molto tempo e costo maggiore.

In generale si noti che l'ordinare lamierini speciali significa il precludere la possibilità di una scelta su quantità molto maggiore del nostro fabbisogno.

Questione n°1 B : Perché non si vogliono ulteriormente aumentare le dimensioni del C ?

Quanto si è sopra detto indica quali pericoli si incontrano quando si aumentano le dimensioni del magnete.

E' evidente cioé che le dimensioni del traferro utile si debbono scegliere tenendo conto, da una parte, dello studio teorico del rendimento della macchina per vari valori dei parametri che lo determinano, (altezza e larghezza della Gap, fascio alla iniezione, inomogeneità del campo ecc..) e dall'altra della difficoltà tecniche per realizzare i vari requisiti. Occorre soprattutto non dimenticare che i parametri "Inomogeneità del campo", spiralizzazione, limiti del valore di n , non sono in pratica indipendenti dall'altezza e larghezza della gap, anzi fortemente ne dipendono.

Ed in modo tale che probabilmente le dimensioni del nostro C sono già al di là dell'ottimo (cioé già pericolosamente grandi).

Non é possibile dare argomenti numerici precisi per una scelta tra le dimensioni di uno o di un'altro C. Si tratta di esaminare per vari mesi diverse costruzioni, di calcolare in proposito, di sentire il parere degli esperti, ed alla fine, ma al più presto, di costruire un modello in scala 1:1. L'indagine é già stata fatta, ma ancora dobbiamo costruire il modello.

Il modello verrà fatto nelle dimensioni della relazione M 48 e da esso decideremo per il magnete finale. Secondo Wilson il nostro magnete é già troppo grande, e per non correre rischi noi corriamo il rischio più grave, quello di fare un brutto magnete.

Noi non pensiamo di essere ancora a quel limite, e comunque vedremo dal modello.

questione n° 2.: Rapporto percentuale dell'energia massima immagazzinata nel ferro rispetto all'energia immagazzinata nell'aria in funzione di B_{max} nel ferro. (lamierino tipo Trans cor 2 29) (Vedi relazione M 48: Vedi fig. 2)

Rapporto percentuale dell'energia massima immagazzinata nel ferro rispetto all'energia immagazzinata nell'aria in funzione di B_{max} nell'intraferro: *vedi fig 3*

tione 3A: ~~W~~Calcolo del caso di energia degli elettroni finali allorché si aumenti l'altezza dell'intraferro di 1 cm e si conservino le stesse amperspire di eccitazione.

Si trascurano in questo calcolo le amperspire assorbite dal ferro, che a parità di amperspire di eccitazione tagliando 1 cm di ferro nei poli, diminuiscono. Il campo magnetico sotto questa ipotesi passa da 9260 gauss a 8300 gauss ; cioè diminuisce del 10,4 per cento ed in tal misura diminuisce anche l'energia massima degli elettroni che passa pertanto da 1000 mev a 896 mev (valore questo calcolato per difetto per il fatto che non si tiene conto della diminuzione delle amperspire assorbite dal ferro)

tione 3b : Stima dell'aumento in amperspire e in alimentazione, se si aumenta l'altezza dell'intraferro di 1 cm, volendo conservare l'energia massima degli elettroni.

Le amperspire assorbite dall'aria, conservando l'energia massima degli elettroni, e quindi il campo magnetico massimo dell'intraferro, aumentano dell'11,6 % .

L'induzione magnetica nel ferro aumenta del 4,6 % . Infatti il flusso disperso che costituisce circa il 40% del flusso totale aumenta di circa l'11,6%, per cui il flusso totale aumenta del 4,6%. L'induzione magnetica nel ferro passa quindi da 14000 a 14600 gauss . L'amperspire assorbite dal ferro aumentano del 3,5% a circa il 6% dell'amperspire assorbite dall'aria.

Le amperspire totali aumentano quindi del $2,5\% + 11,6\% = 14\%$.

La tensione di alimentazione a parità di frequenza di eccitazione aumenta del 4,6% . La corrente di alimentazione aumenta del 14%.

Il costo dei condensatori aumenta del 18,6%, il costo dell'induttore di protezione del 15% (dato questo di carattere quasi semi-qualitativo). Il costo del macchinario rotante aumenta del 28%

(I²) Il costo dei dispositivi di regolazione della frequenza e della tensione dovrebbe rimanere invariato.

stione 4 A : Quanto possiamo allargare la zona utile dell'intraferro allargando la faccia del polo in corrispondenza dell'intraferro, conservando invariato il C ? *Almeno 4,5 cm, ovviamente calando l'energia*

stione 4b : Stima di quanto si devono aumentare le amperspire e l'alimentazione se si aumenta di un cm la larghezza del traferro, quando l'energia finale degli elettroni rimanga invariata.

Il flusso totale dovrebbe aumentare del 2,5 % circa (questo dato é incerto e solo orientativo).

Le amperspire di eccitazione aumentano di circa 1,5 % (per l'aumentata saturazione del ferro).

Il costo dei condensatori aumenta di circa il 4% ($= V I$)

Il macchinario di alimentazione aumenta del 3%, l'induttore di protezione del 2% (valore indicativo).

stione 4 C : Stima di quanto si riduce l'energia massima degli elettroni se si vuole realizzare l'aumento di un cm dell'intraferro senza *(conservare)* aumentare l'induzione massima del ferro, o l'alimentazione o le amperspire di eccitazione.

L'energia massima degli elettroni dovrà ridursi del 2,5% se si vuol mantenere l'induzione massima del ferro costante;

Per mantenere il costo dell'alimentazione ($\propto B^2$) costante

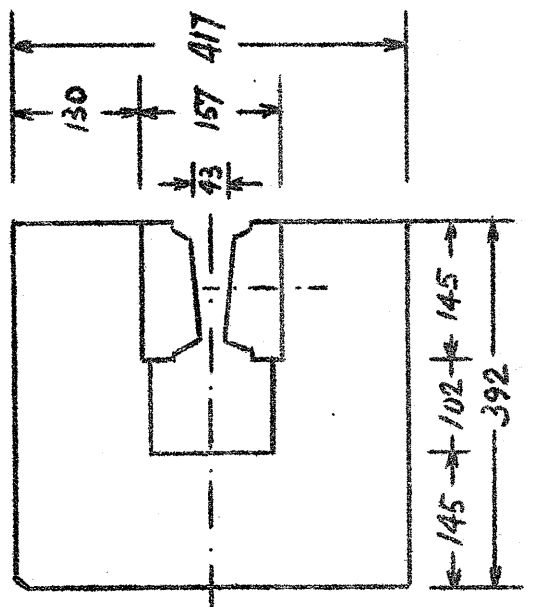
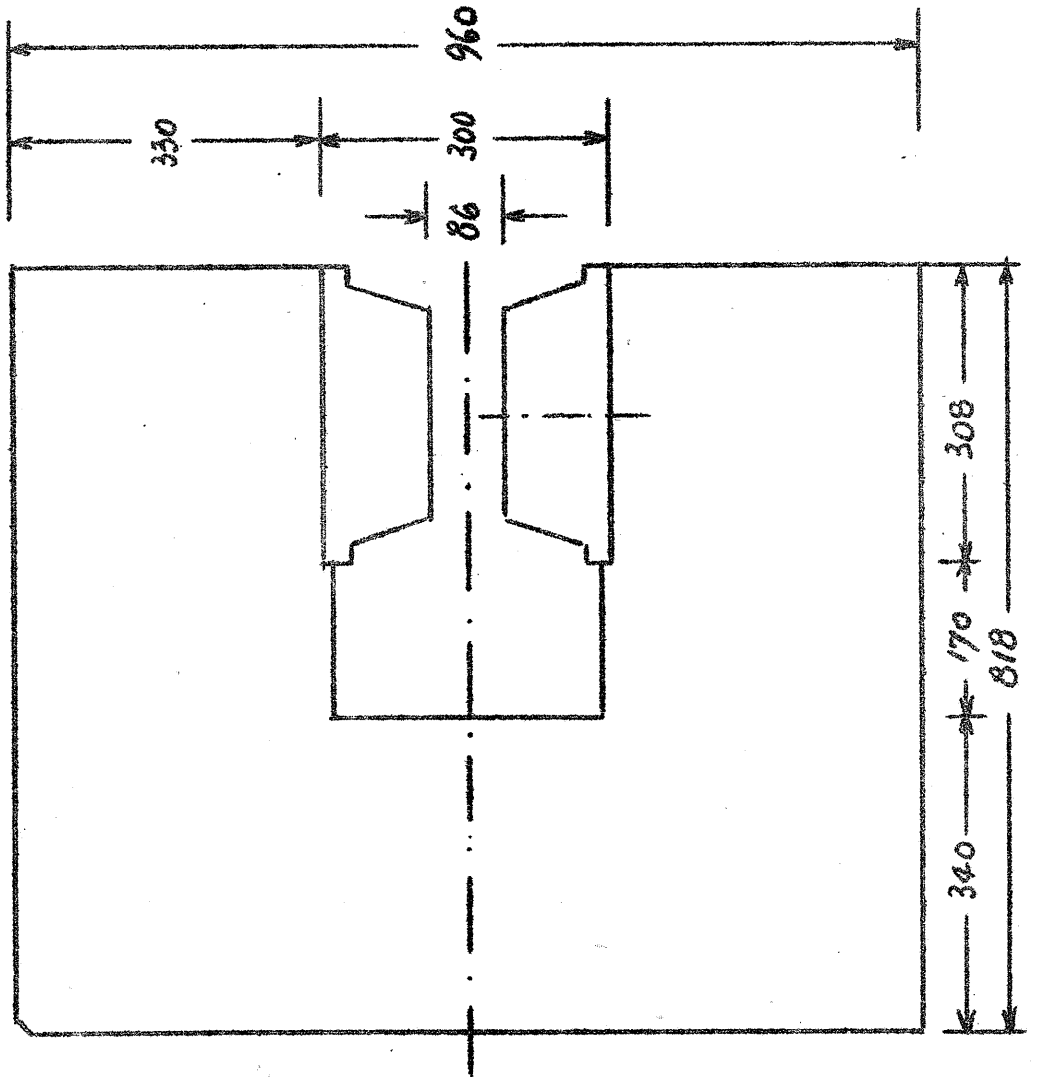
bisognerà diminuire dell'1,5% l'energia finale degli elettroni.

Per mantenere le amperspire di eccitazione costante l'energia degli elettroni dovrà diminuire di circa l'1%.

~~Prof.~~ Giorgio Salvini.

~~Prof.~~ Giancarlo Sacerdoti.

FIG. 1
 DIMENSIONI DEL C. DEL NOSTRO
 PROGETTO "BOB" (ING. CORNELL)
 (R=3800 mm) E DEL C. DEL NO-
 STRO PROGETTO "DAVID" (R=3600)



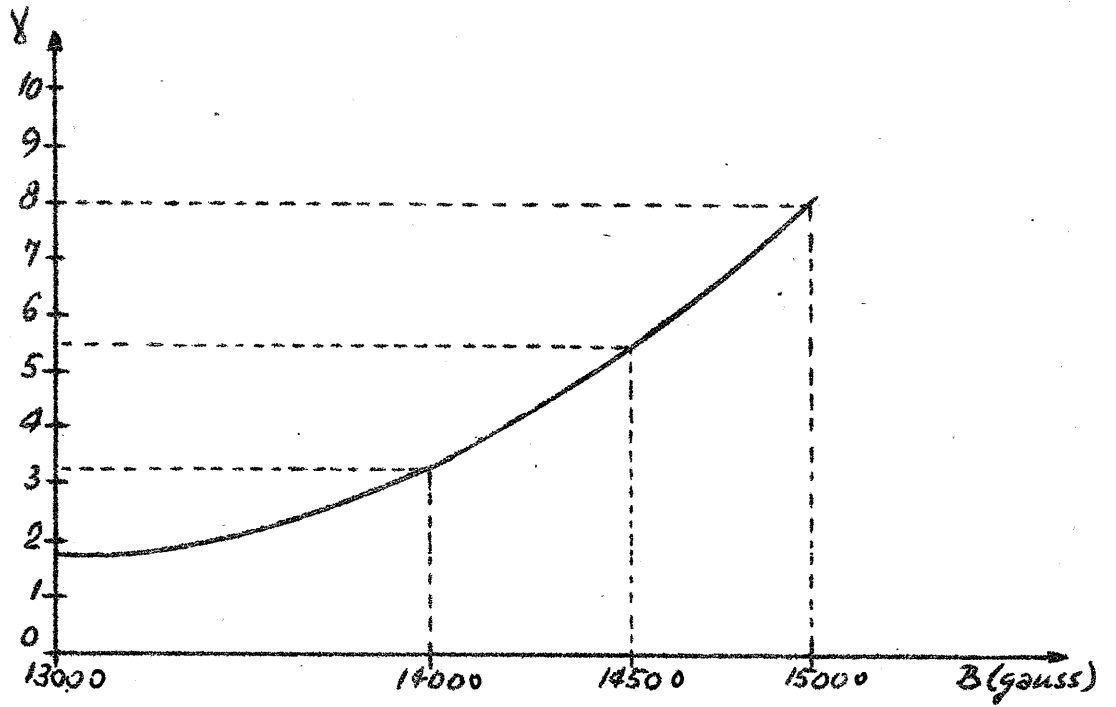


FIG. 2

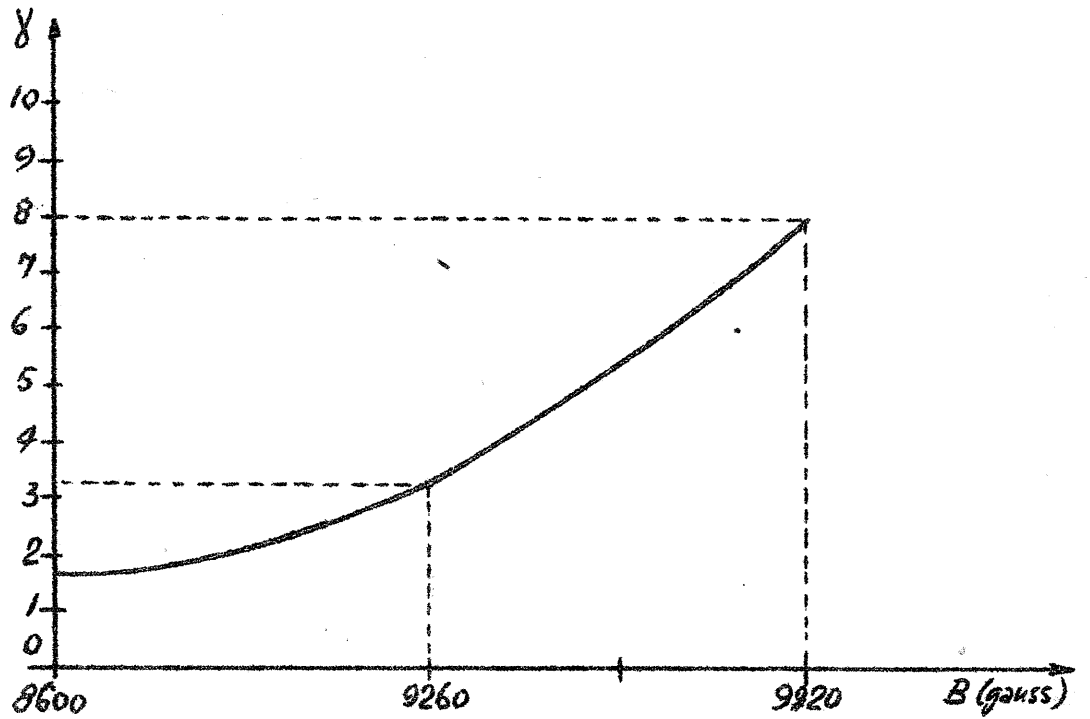


FIG. 3