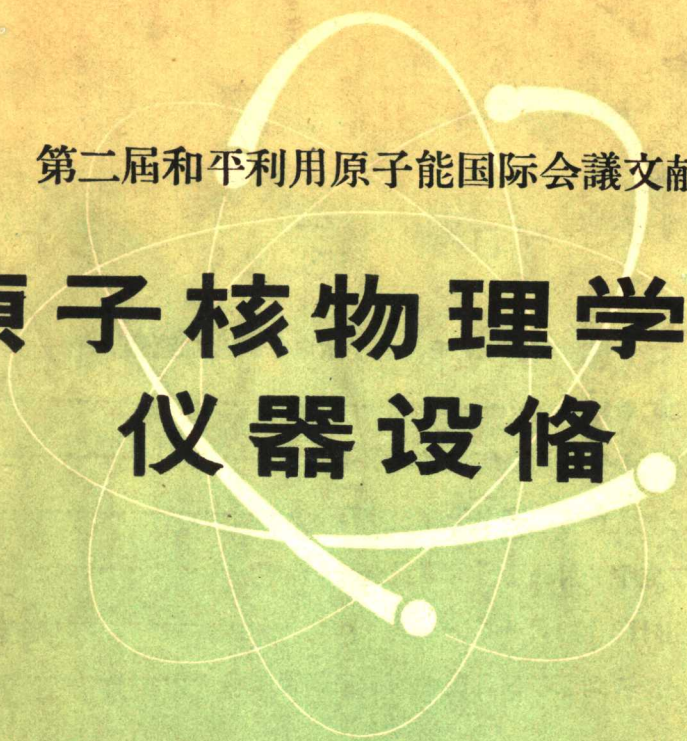


第二屆和平利用原子能國際會議文獻

原子核物理學及 儀器設備



1

中國科學院原子核科學委員會編輯委員會編
科學出版社出版

原子核物理学及仪器設備(1)

中国科学院原子核科学委员会編輯委员会編

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1959年11月第一版 书号:1981 字数:70,000

1959年11月第一次印刷 开本:787×1092 1/16

(京)0001—3,000 印张:2 3/4 插頁:1

定价:0.39元

目 录

P/1374	富拉斯卡蒂国立实验室的 1.1 千兆电子伏电子同步加速器	(1)
P/1400	在气流中的扩散精馏	(15)
P/1632	U-238 速裂变中每次裂变所放射的中子数	(25)
P/1633	U-235 裂变中发射的快速中子的角分布	(28)
P/1813	辐射俘获反应中 γ 射线通量的测量	(32)
P/2037	光致核分裂时碎片的角分布	(35)
P/2333	将原子核靶混合到原子核乳胶中的微毛细管技术	(40)

富拉斯卡蒂国立实验室 1100 兆电子伏 电子同步加速器工作现状和科学计划[†]

爱琴诺 (M. Ageno), 阿尔贝立奇 (A. Alberigi), 阿曼 (F. Amman),
那贝狄尼 (C. Bernardini), 柯拉柴 (G. Corazza), 狄阿姆勃立尼 (G. Diambri),
奇哥 (G. Ghigo), 潘雪可 (E. Persico), 潘葛利西 (M. Puglisi),
奎西亚 (I. F. Quercia), 奎查利 (R. Querzoli), 塞西度蒂 (G. Sacerdoti),
塞尔微尼 (G. Salvini), 塞那 (G. Sanna), 斯卡拉福尼 (G. Scaccia Scarafoni),
孙那 (P. G. Sona), 托雪 (R. Toschi), 杜林 (A. Turrin)

§ 1. 引言

下面所描述的电子同步加速器能量的最大值为 1.1 千兆电子伏。

计划和设计是属于“Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari”。计划是按照“Istituto Nazionale di Fisica Nucleare”所长的建议着手的。

磁 铁	射頻和 电子学	真 空	注射器	理論組	液体 H ₂	建筑和一 般技巧	行 政
阿曼 (Amman)	阿尔贝立奇 (Alberigi)	柯拉柴 (Corazza)	爱琴诺 (Ageno)	潘雪可 (Persico)	卡来立 (Careri)	陝西亞 (Cerchia)	爱哥斯蒂尼 (Agostini)
鲍洛那 (Bologna)	馬沙洛蒂 (Massarotti)	薛尔卡那 (Sircana)	皮柴立 (Bizzarri)	貝那狄尼 (Bernardini)	蒙森蒂 (Moneti)	藍度 (Ladu)	
狄阿姆勃立尼 (Diambri)	潘葛利西 (Puglisi)		柯泰兰沙 (Cortellessa)	孙那 (Sona)	蒙泰拉蒂四 (Montelatici)	斯卡西亞 (Scaccia)	
奇哥 (Ghigo)	奎西亚 (Quercia)		奎查利 (Querzoli)	杜林 (Turrin)			
牟尔塔斯 (Murtas)							
塞西度蒂 (Sacerdoti)							
塞尔微尼 (Salvini)							
塞那 (Sanna)							
托雪 (Toschi)							

图 1 现在工作的重新分配

* 本文由塞尔微尼报告。

† “第二届和平利用原子能国际会议文献”编号 A/CONF. 15/P/1374, 意大利, 原文为英文。

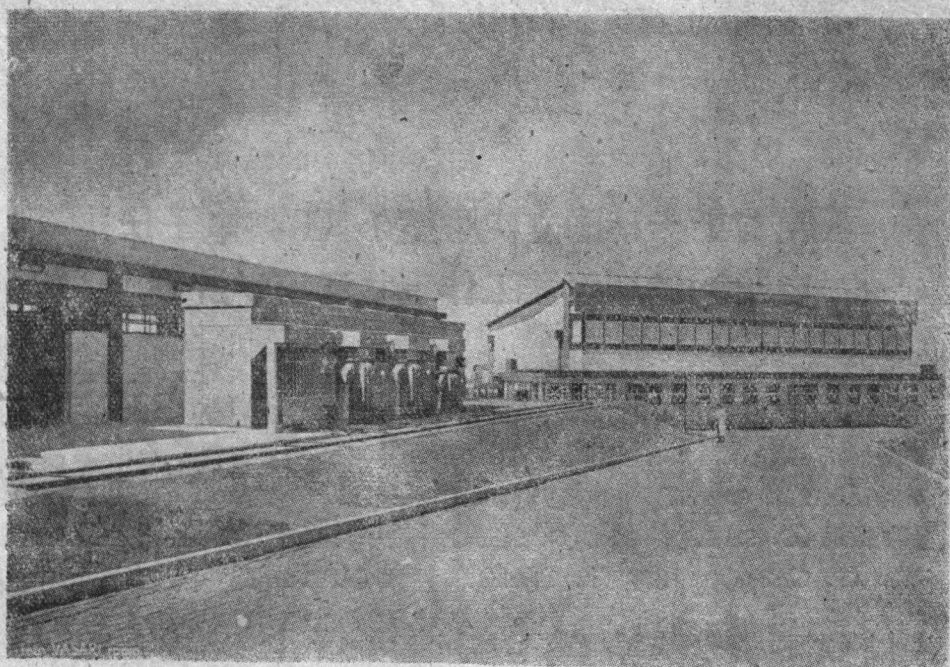


图 2 同步加速器大厅的正面图

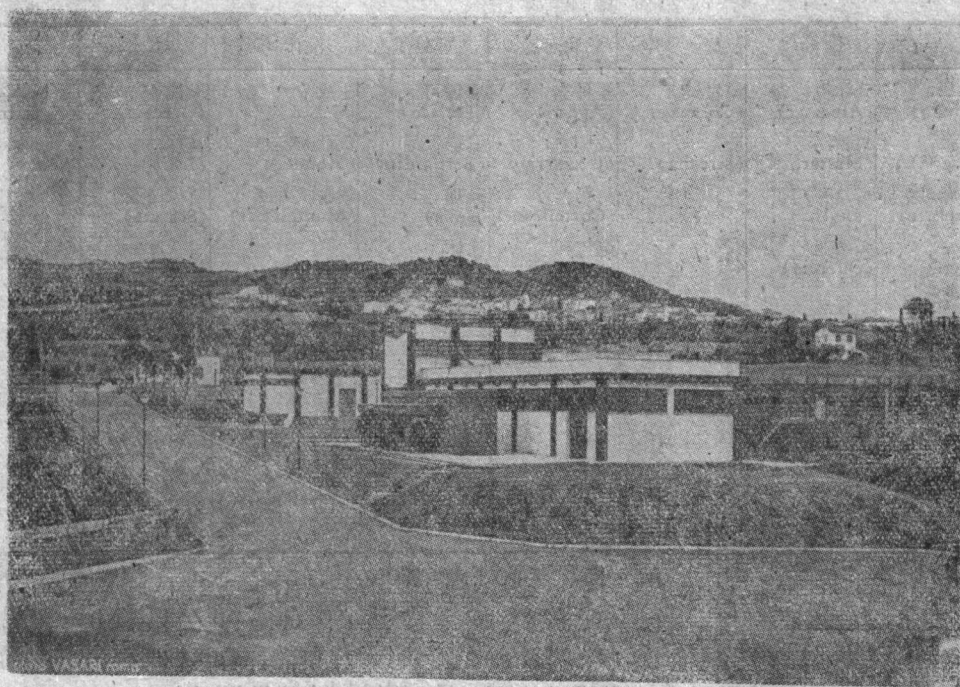


图 3 供电所(背景:富拉斯卡蒂)

为专门设计现在所做的工作是 1955 年初开始的。1953—1954 年的部分时间用于弱聚焦和强聚焦间的抉择,并在最大能量、科学兴趣及可动用基金间达到协调。

下面除描述机器外,也包含关于科学计划的一些评论。

§ 2. 我们的机器的一般特性

虽然假定机器至少达到 1.1 千兆电子伏,但下列基本数据是对最大能量 1 千兆电子伏而言的¹⁾:

终能量	:	1.0 千兆电子伏
最大磁感应	:	$B = 9260$ 高斯
主轨道半径	:	$R = 360$ 厘米
直线间隔数	:	4
直线间隔长度	:	$L = 120.6$ 厘米
磁场指数	:	$n = 0.61$
注射能量(总)	:	$E_i = 2.5$ 兆电子伏
间隙的高度	:	8.6 厘米
极面宽度	:	22.7 厘米
注射器	:	在加压槽中的柯克洛夫脱-华尔东(Cockroft-Walton)式
重复率	:	每秒 20 脉冲

同步加速器的建筑物和附属的实验室位于离罗马约 20 公里的富拉斯卡蒂。图 2 和图 3, 是实验室两部分的外观。

§ 3. 磁铁和磁的度量

a) 磁铁是 C 形的,外面有真空室,它的一个截面如图 4 所示,图 5 是整个环的俯视图。

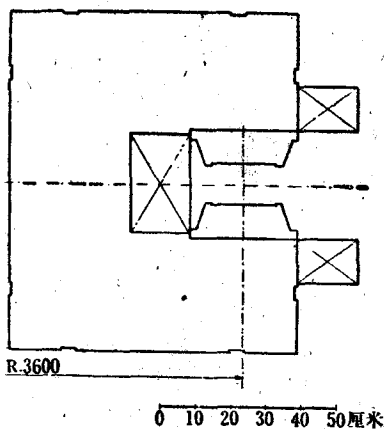


图 4 磁铁的径向截面

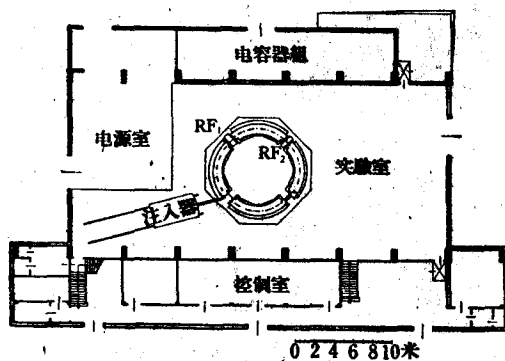


图 5 电子同步加速器及实验厅的平面图

磁铁具有四个直线间隔,迭片是用阿雷耳狄特(araldite)胶粘剂胶合在一起的。

磁铁的结构详情表示在图 6,7,8,9 中,基本数据如下:

1) Report G. 19 of the Frascati Laboratories.

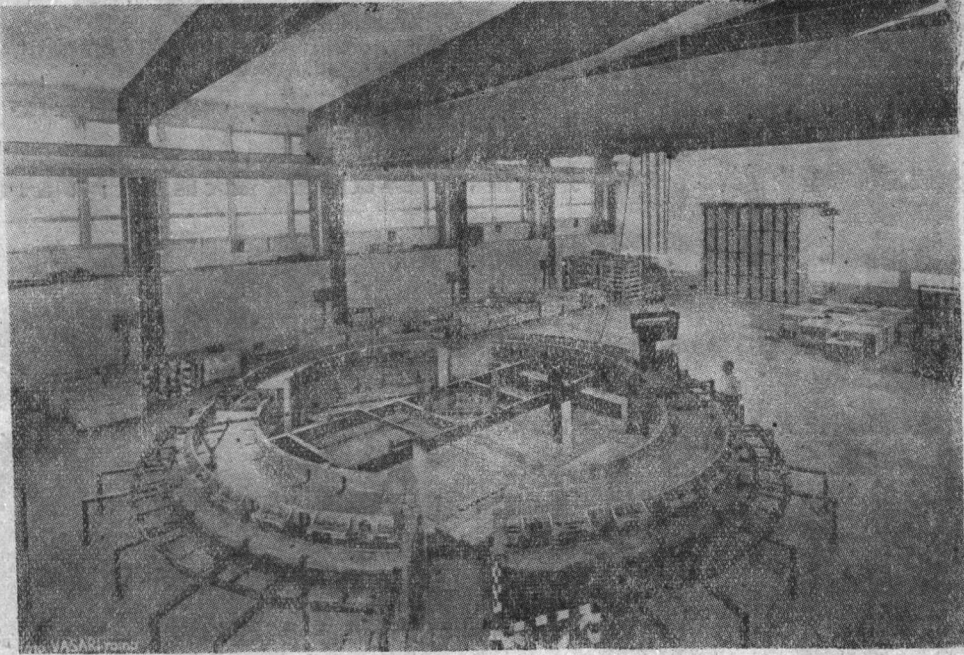


图 6 磁鉄の鋼底座(1957年9月), 右边为硅鋼块之一

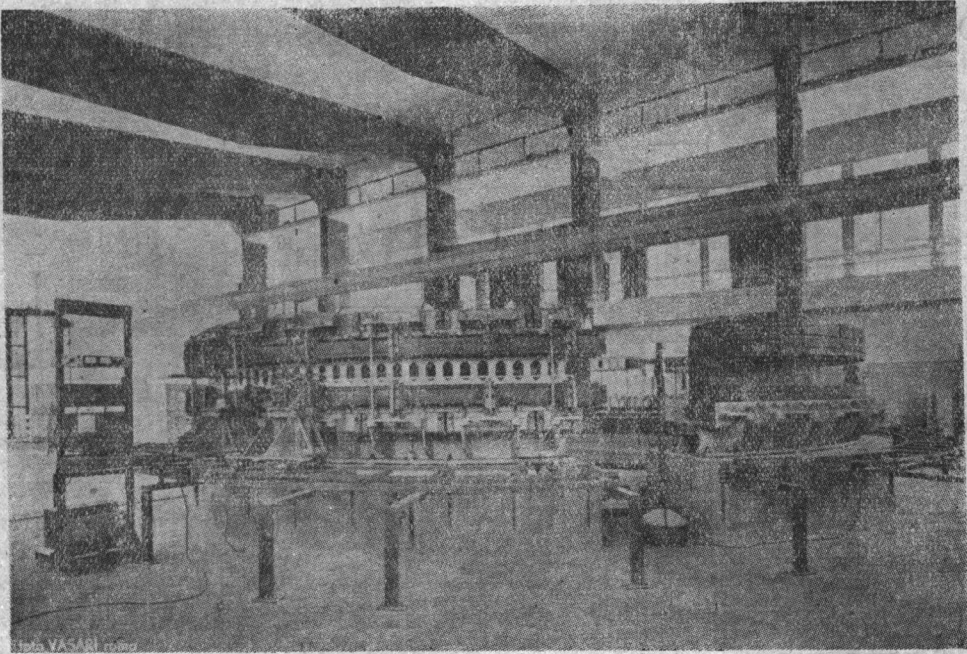


图 7 磁鉄の装配(1957年11月)

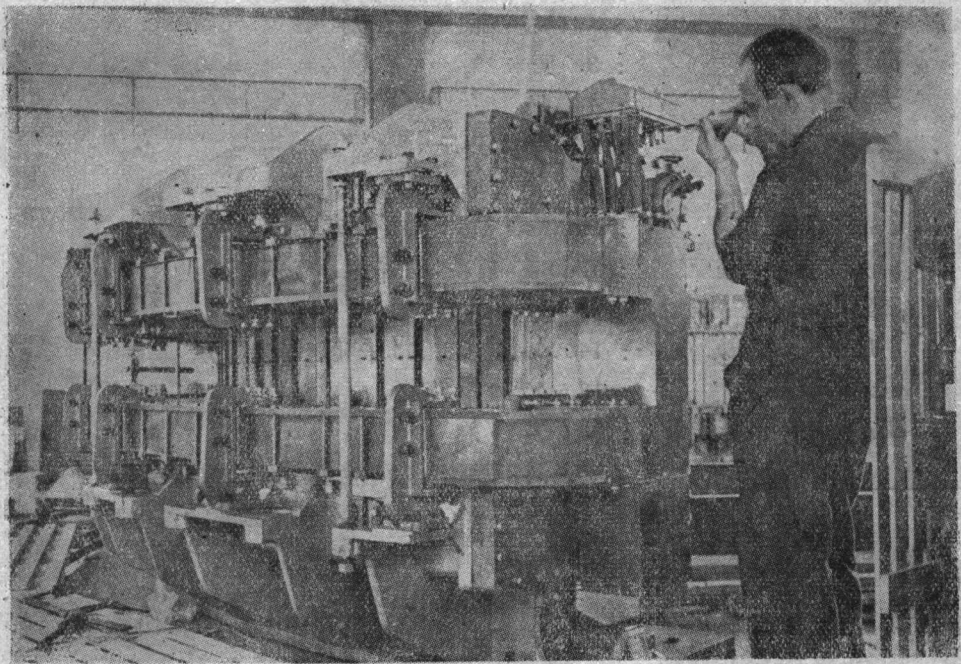


图 8 磁铁的装配。固定励磁绕圈的冷却系统

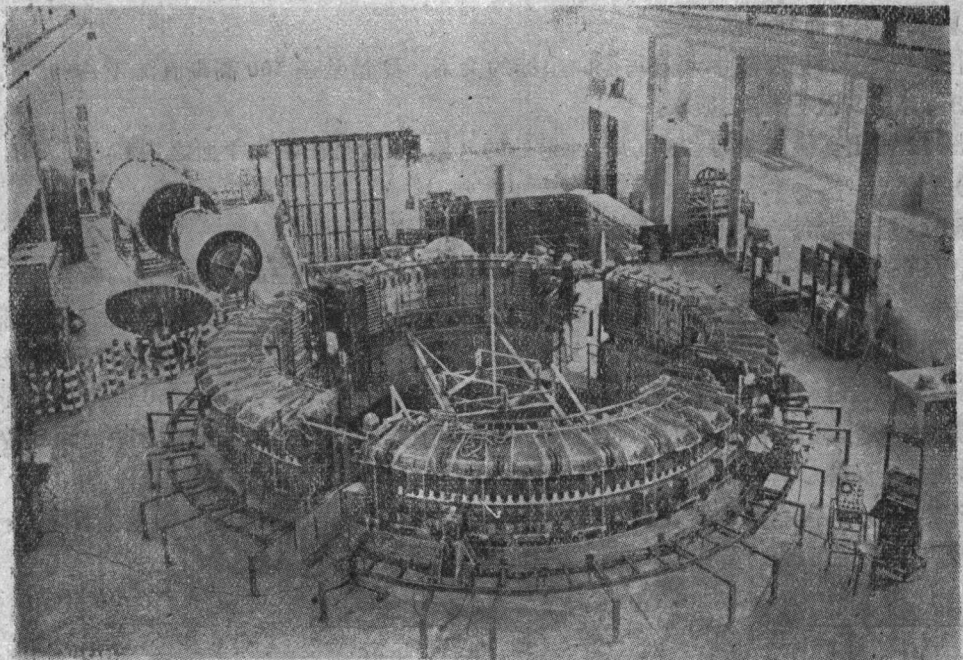


图 9 磁铁的全体外观 (1958 年 4 月).
背景: 左——注射器; 右——动力操纵台

SAP44/02

型式	: C 結構外有真空室
磁極	: 固結在 C 翼上, 可移動
間隙的高度	: 8.6 厘米
方位角結構	: 4 象限
鐵重(近似)	: 9.3×10^4 公斤
每象限的匝數	: 12
鐵迭片的牌號	: ARMCO DI-MAX19, 厚 0.35 毫米
間隙的磁感應強度	: 9260 高斯(在 1.0 千兆電子伏時)
在鐵中的最大平均磁感 應強度(近似)	: 14000 高斯(在 1.0 千兆電子伏時)
磁鐵的感應量	: 18.5×10^{-3} 亨利
在空氣中的最大能量	: 2.65×10^5 焦耳

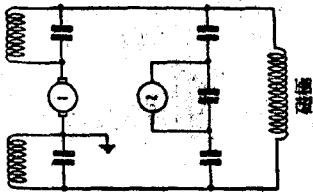


图 10 磁鐵的電源

電子同步加速器的磁鐵是用交流來激勵的, 部分加有直流偏壓。圖 10 表勵示磁的示意圖。勵磁的基本數據如下:

電源的頻率(重複頻率)	: 20 週/秒
電流、電壓、頻率等的穩定度	: 0.1% ¹⁾
與磁鐵並聯的電容器組在 50 週秒時的千伏安額定值	: 10560 千伏安
電容器組的電容	: 3420 微法拉

b) 我們的一般計劃與弱聚焦機器的標準沒有很大的區別。當然, 用電子同步加速器來進行測量比用質子同步加速器困難, 然而我們發現在某些情形中它却更便於達到靈敏度和準確度的新水平。下面是一些結果:

圖 11 給出磁極間隙中 n 值與徑向坐標的關係。測量是在 500 高斯直流下作的。由此可以看出, 有用範圍約為 11 厘米。

圖 12 給出當滿勵磁時(23 高斯)注射處的 n 值。測量是在中央平面之內和之外取的(±1.5 厘米)。

圖 13 給出對每一象限 n 值與方位角 θ 的關係。

圖 14 表示對每一象限在 500 高斯直流時磁場中央平面的位置與方位角的關係。由於我們實驗室的狄阿姆勃立尼博士所制的新儀器²⁾, 使得準確度達到 ±0.2 毫米的測量成為可能。

我們發展着校準線圈的一個頗為複雜的系統。圖 15 示我們所設計的這種磁場梯度控制的一例, 其中校準線圈系沿着間隙分布。援引在圖中的實驗結果是約在 250 高斯下獲得的。

我們的校準線圈系統的研究, 也包括在靠近間隙端的正確位置上用脈動頗大的電流(擴大線圈)來擴大間隙的有用面積的可能性。用擴大線圈的可能結果曾經報告過³⁾。

作為一般的評論, 必須說, 我們的測量技術大大倚賴於尖片的应用; 這些尖片曾被仔細地處理過, 以使它們成為可靠的探測器。

1) Ghigo, G. I. F. Quercia, CERN Symposium Vol. I, 475 (1956).

2) Diambriini, G. CERN Symposium Vol. I, 471 (1956).

3) Salvini, G. and Sanna, G. CERN Symposium, Vol. I, 458 (1956).

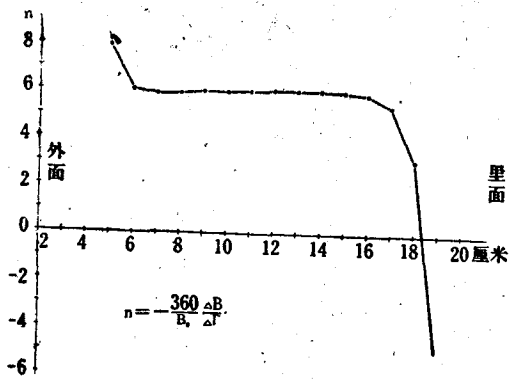


图 11 500高斯下在间隙中 n 值与径向坐标的关系

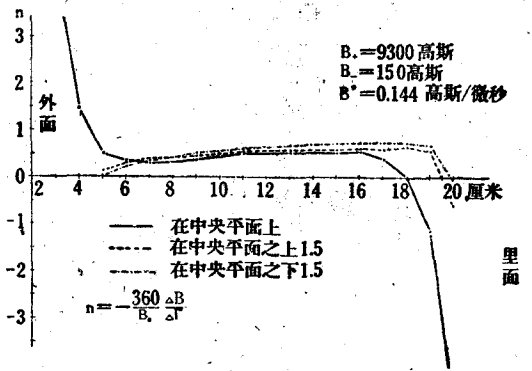


图 12 在23高斯满励磁时径向的测量

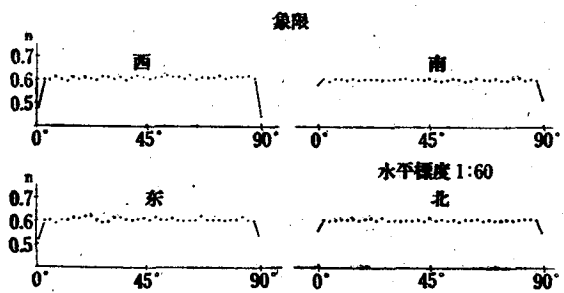


图 13 在 4 象限内在 500 高斯直流时 n 的方位角量度

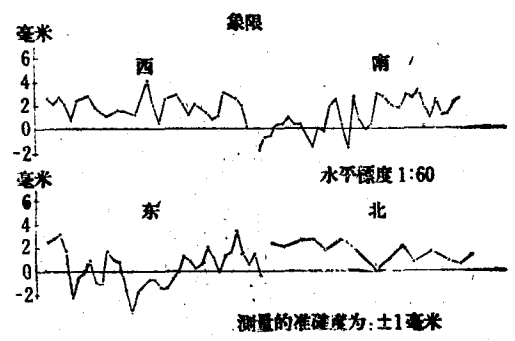


图 14 在 500 高斯时磁平面位置与方位角的关系

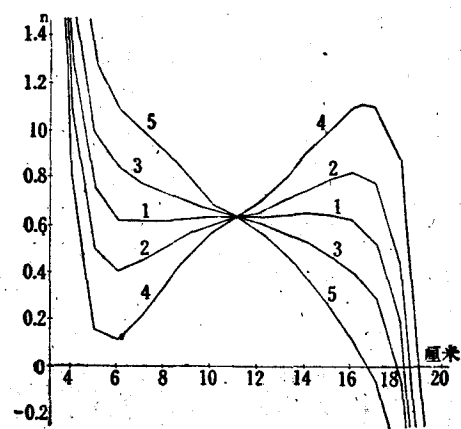


图 15 校准线圈效应

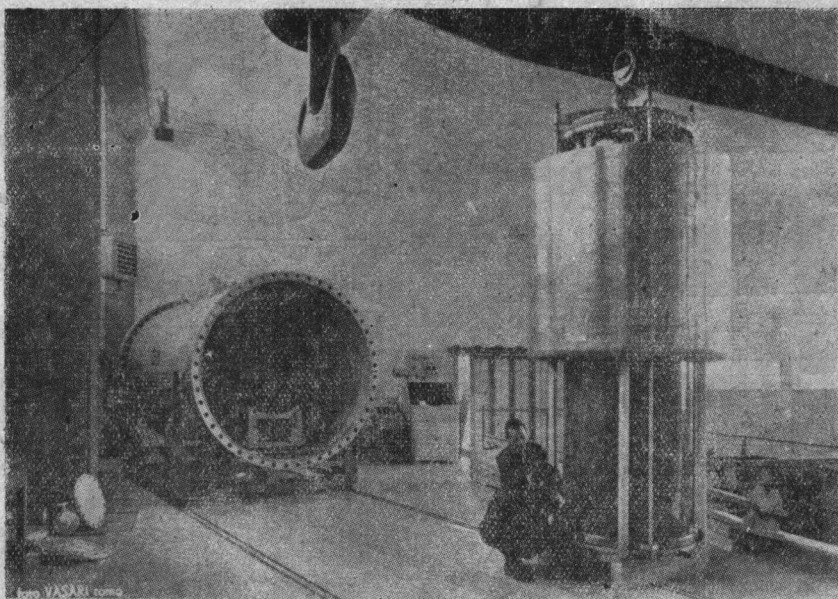


图 16 注射器。开槽和高电压装置

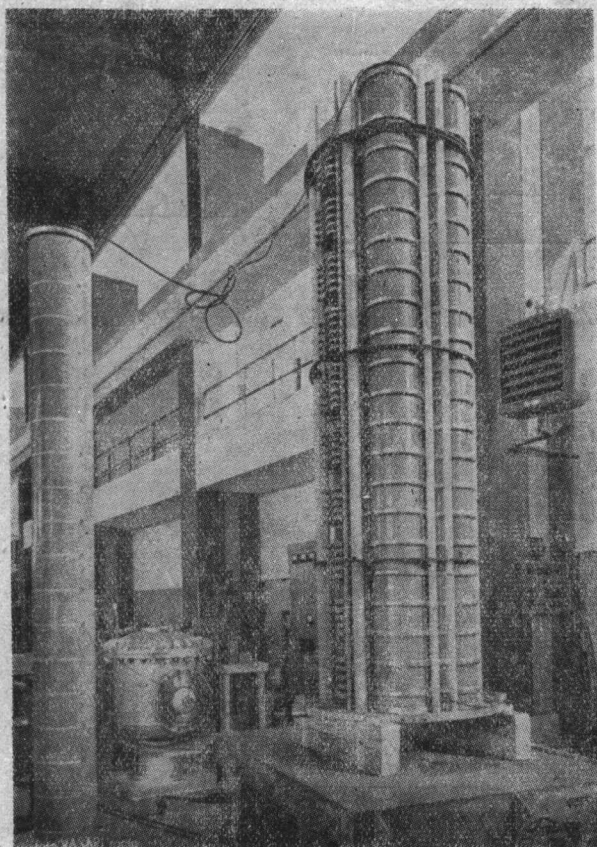


图 17 注射器。电容器和整流柱

§ 4. 注 射 器

注射器是柯克洛夫脱-华尔东式,具有固体整流器,其基本数据是¹⁾:

型式	: 在加压槽中的柯克洛夫脱-华尔东式
槽中气体压强	: 15 大气压
气体种类	: 氮和 CO ₂ 或弗里昂(Freon)%(約 10%)
槽的尺寸(近似的)长	: 5 米
	宽 : 3.5 米
	高 : 3.5 米
槽的材料	: 不銹鋼
电子能量	: 2.5 兆电子伏(总)
最大电流	: 約 200 毫安
脉冲长度	: 从 1 到 10 微秒
电源频率	: 1000 週
电的结构	: 5 級 400000 伏, 韦斯泰利特(Westalite)整流器
波紋	: 数量級 2×10^{-4}
偏轉器	: 靜电式, 60 度
注射能量所需稳定度	: 0.2 %
在注射处綫束的角孔径:	$\pm 3 \times 10^{-3}$ 弧度或較小

关于其他細节可參看图 16 和图 17.

§ 5. 射 頻 系 統

电子由位于磁铁的四个直綫間隔中的两个諧振腔来加速. 这些腔在 4 次諧波下振盪; 第一腔运用于加速的第一阶段中, 动能从 2 增加到約 8 兆电子伏, 频率調制从 42.6 兆赫到 43.7 兆赫. 图 18 表示出第一个腔的一个截面; 尺寸以毫米計.

第二个腔仅能在一个固定频率 43.7 兆赫及最大电压 50—60000 伏下調幅. 系統的功率約为 60 千瓦.

两个腔都由功率放大器推动. 第一个腔被真空室本身横过, 第二个高功率腔不能容許任何电解质在間隙处, 因此它将部分处于真空中, 此外, 第二个腔需要水冷和一个額外直流电压以避免倍諧(multi pacting).

第二个腔的放大鏈包括下列各級: 領先振盪器, 緩冲級, 激励級和末級.

头上二級是利用集中参数电路的通用的型式. 它們的电子管的牌号分別为 QB3/300 和 QB5/1750. 激励級和末級用分布参

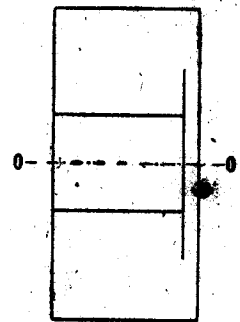


图 18 第一个加速系統 (RF₁) 的略图. 腔近似地为一繞 0—0' 軸的旋轉体

1) The "Istituto Superiore di Sanità", where the project for this Injector was studied, cared also for the realization and setting of the same.

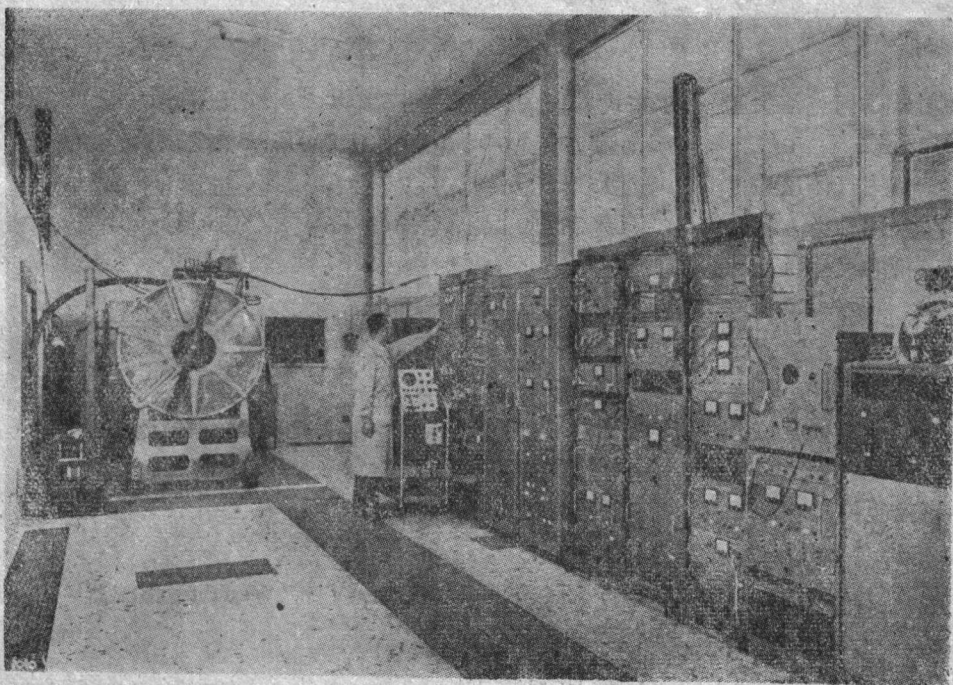


图 19 RF_1 腔带有电源及操纵台

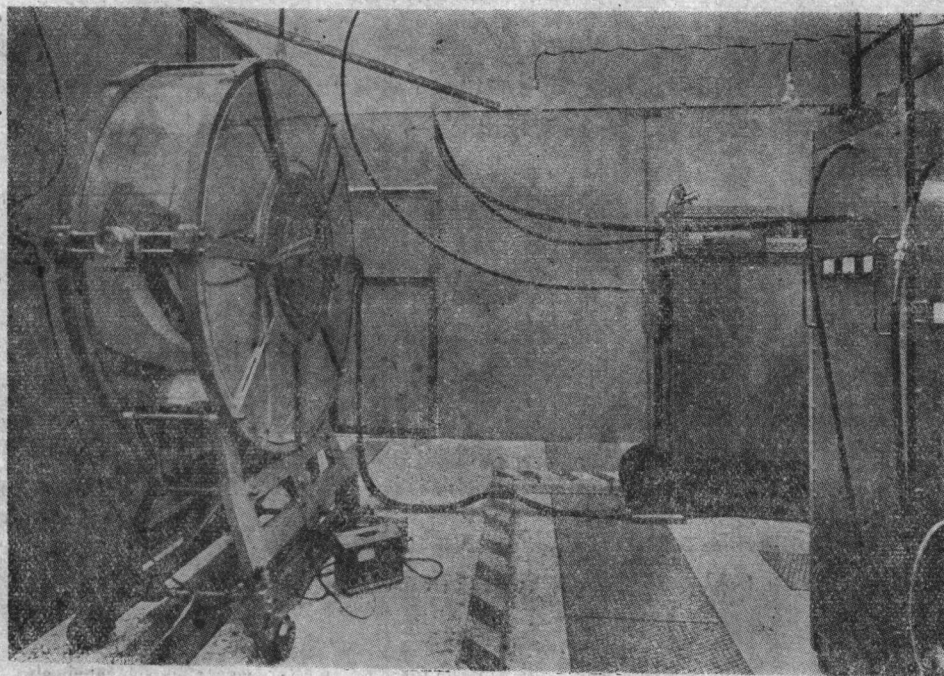


图 20 RF_2 腔

数的电路来装置,即是在屏极和阴极电路上的同轴导线。设计采用栅极接地式。电源整流器都是三相的。栅极和灯丝的极性是被稳定的。

第二个腔谐振器在同轴腔和径向腔之间有一个电磁铁结构。所以选择这一形式仅是由于谐振器的轴向总尺寸是被约束的。

所量得的 Q 值约为5000,而特性阻抗约为50欧姆。

图19表示 RF_1 腔。电源和操纵台。在图20中可以看到第二个60000伏的腔。

我们计算了由于电子的辐射损失在 RF_2 腔中所需的最大电压 $V_{最大}^{1)}$ 。事实上,在电子同步加速器中循环着的束线的截面积随能量而增加,这主要是由于辐射损失的起伏 $^{6)}$ 。另一方面,在给定的射频系统处,所接受的同步加速器振盪的最大振幅是它的峰值电压的增函数。为了把电子束线维持在最高能量,所容许的同步加速器振盪的振幅 X_M 必须大于 $\langle \zeta^2 \rangle^{1/2}$ ——束线的均方根振幅(半径)。

图21表示这个条件:图中清楚地表示出在现在的机器中 RF_2 腔至少应有50000伏的最大电压。

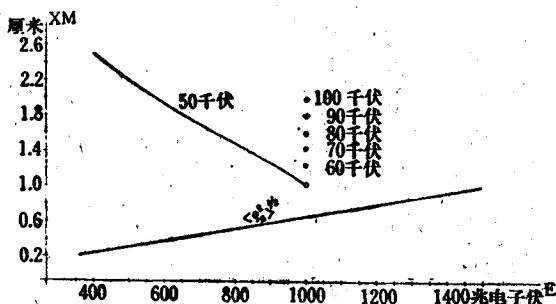


图21 同步加速器振盪的极限振幅 X_M 与 RF 电压各种峰值的能量的关系;均方根辐射感应振幅 $\langle \zeta^2 \rangle^{1/2}$

当然,在加速循环期间相继动作的合拍(基本同步 = M. S.)——即注射器,磁铁, RF_1 , RF_2 间的时间调节——是最重要的 $^{2)}$ 。

假设基本同步在每一循环中,在准确的时刻做下列动作:

- 从注射器注入一束电子
- 调节 RF_1 的电源
- 作预定的 RF_1 的频率调制
- 调去 RF_1 的电源,调上 RF_2 的电源
- 作预定的 RF_2 的峰值电压的振幅调制

基本同步的动作对于追踪电子能量的瞬时值是方便的:这就是磁铁磁场的 B 值被选作工作基本同步时的独立变数以代替在其本身中的时间的理由。这容许在注射器周围的变化不导致在基本同步程序中的任何强制变化。

从场 B 到基本同步的讯息通过来自加偏压的尖片的脉冲;脉冲所需的时间准确度的数量级为 10^{-7} 秒。

§ 6. 真空系统和真空室

我们的真空室是用阿雷耳狄特和石英粉建造的,后者作为硬化剂 $^{3)}$ 。

真空室是一个颇为复杂的结构,它的特色之一是位于内面的5/100毫米厚的薄不锈钢片,这钢片用来避免在内表面上的电荷积聚。

下面是真空室和真空系统的基本数据:

- 1) Bernardini, C. Report T 29 of the Frascati Laboratories.
- 2) Alberigi, A., Lepri, F., Puglisi, M. and Quercia, I. F. Report R 12 of the Frascati Laboratories.
- 3) Corazza, G. Report Do 15 of the Frascati Laboratories.

每个轉动泵的容量	: 60 兆周/小时
終压強	: 10^{-5} — 10^{-6} 毫米水銀柱
真空室材料	: 阿雷耳狄特和石英
真空室的尺寸(外)	: 230 × 78 毫米
真空室壁厚度	: 11 毫米
扩散泵数	: 4
每一扩散泵的抽气速率	: 3000 升/秒
轉动泵数	: 4

我們的真空室有关結構方面的細节見图 22。
准备装入磁鉄中的两真空室块示于图 23 中。

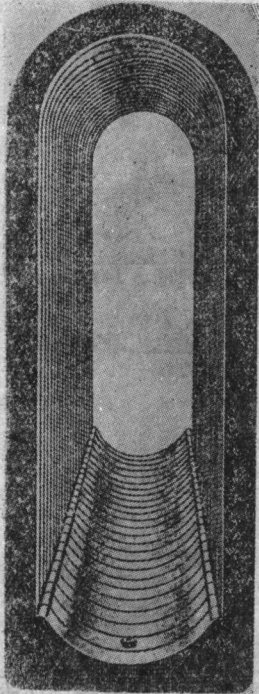


图 22 一真空室节段的内景

§ 7. 机器的現况

这里所描述的同步加速器部件都已准备好，真空系統亦已装置好。束綫的研究将在数週內开始。

§ 8. 研究計划

我們的科学研究計划应与目前在美国进行中的同类机器并无太大差别，为了更确定地描述其特性的相同，我們在此強調我們机器的一些細节。

所选择的注射器和聚焦型式是假設能容許高密度的迴旋束而且柯克洛夫脫-华尔东加速器的容量大于商售范德格拉夫加速器。在光生产上的最近实验結果是高強度束綫必要性的明显的証明。

在我們实验室的一般可能性之中，我們將提及液态 H_2 和 He 的生产，我們的工厂預期能供应 8 升/时。图 24 表示这工厂的部分外觀。

利用液化来发展冷却的研究被看作是同样地方便的。卡来立 (Careri) 博士的团体所获得的关于 He^3 在 He^4 中的扩散的結果即将发表。

建造分析磁鉄需要长的时间。一組这样的磁鉄現正在制造中。它包括：用于約 20000 高斯的最大磁場的一对分光計，它是量度 γ 射綫束的強度和动量分布时需用的；具有可更換的磁极的两个分析磁鉄(不是平行于間隙即是強聚焦)。最大磁場 16000 高斯，重約 20 吨；标准四极透鏡。

在我們将来的研究中所取的可能方向之中，我們將提出下列方向：

1) 光子轉化成 π 介子。最近的結果表明，关于 π 介子的单的和双的光生成方面的研究所表示出的巨大兴趣，这种生产是在中等和高能量(从 500—1000 兆电子伏)时发生，該处新的諧振可以存在¹⁾。从羅馬大学来的一个团体准备着关于单光生产方面的計数管加磁鉄的实验²⁾，其中

1) Wilson, R. preprints and private Communications from the Laboratories of Nuclear Studies of the Cornell University.

2) Experiments in project with the Electronsynchrotron. Report of the Frascati Laboratories.

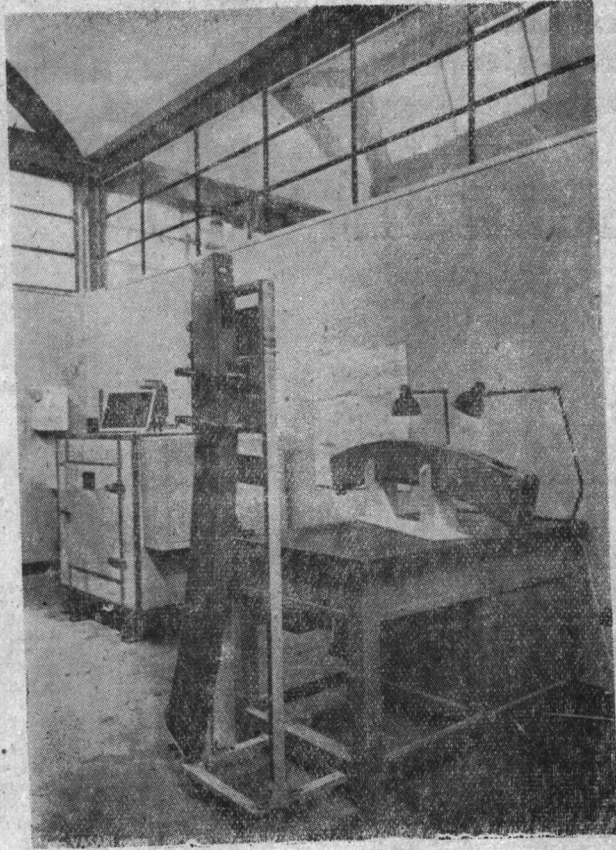


图 23 两个真空室段

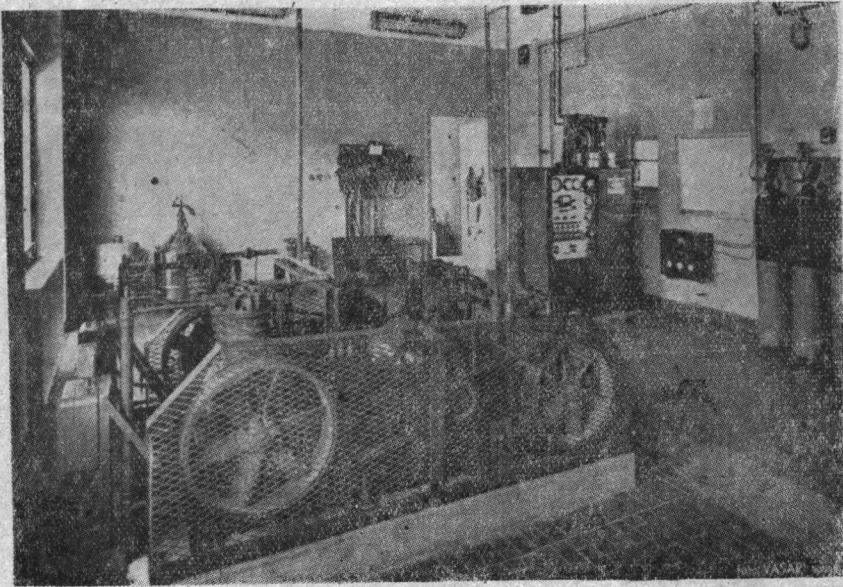
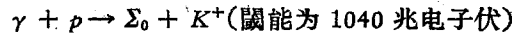
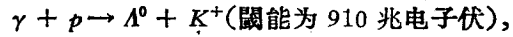


图 24 冷却实验室(部分景象)

包含契連柯夫(Черенков)气体計数管。一个气泡室現正在制造中,以便能应用于 π 介子双生成的研究中及在一般多次过程上。

2) 核子結構方面的研究,建立在近光子-核子及电子-核子碰撞中电磁截面的研究上。

3) K 粒子的光生成。我們的机器将发生足够的能量来量度



两反应(在上述两过程的阈能附近的区域内)。

(陸鍾祜譯)