

18
B-19
0



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P - 336

Д.П. Василевская, А.А. Глазов, В.И. Данилов, Ю.Н. Денисов,
В.П. Желепов, В.П. Дмитриевский, Б.И. Замолотчиков,
Н.Л. Заплатин, В.В. Кольга, А.А. Кропи, Лю Не-чуань,
В.С. Рыбалко, А.Л. Савенков, Л.А. Саркисян

ЗАПУСК ЦИКЛОТРОНА

С ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАЦИЕЙ

НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Ато мжае жерше, 1959, т 6, в 6, с 657-658

Керменердје, 1960, у 3, н 6, р 558.

У. Нисл. Энергю. РС, 1961, в 3, н 1, р 42.

Р - 336

Д.П.Василевская, А.А.Глазов, В.И.Данилов, Ю.Н.Денисов,
В.П.Джелепов, В.П.Дмитриевский, Б.И.Замолотчиков,
Н.Л.Заплатин, В.В.Кольга, А.А.Кропин, Лю Нэ-чуань,
В.С.Рыбалко, А.Л.Савенков, Л.А.Саркисян

ЗАПУСК ЦИКЛОТРОНА
С ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАЦИЕЙ
НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В январе 1959 года в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований /г. Дубна/ запущен циклический ускоритель нового типа с периодической структурой магнитного поля как по азимуту, так и по радиусу. Диаметр магнита ускорителя составляет 1200 мм. Линии постоянной напряженности магнитного поля изогнуты по спирали Архимеда ^{1/} $\tau = 16,2 \varphi$, периодичность структуры магнитного поля $N = 6$.

Среднее значение напряженности магнитного поля увеличивается вдоль радиуса в соответствии с релятивистским возрастанием массы ускоряемого иона. Так как ускорение начинается из центра магнита, собственные частоты свободных колебаний изменяются соответственно от $Q_z = 0$, $Q_z = 1$ /при $\tau = 0$ / до $Q_z = 0,2$, $Q_z = 1,01$ /при $\tau = 52$ см/. Рабочая точка движется по области устойчивости, не пересекая линий, соответствующих резонансным частотам. Исключение составляет нелинейный резонансный эффект в центре ускорителя / $Q_z = 1$ /. Этот эффект был детально исследован в 1958 году на модели, магнитное поле которой имело структуру с периодичностью $N = 4$, радиальный шаг этой структуры был равен $2\pi\lambda = 8,47$ см и линии постоянного поля изогнуты по спирали $\tau = 5,4 \varphi$ см.

Теоретически было показано, что необходимое увеличение среднего значения напряженности магнитного поля вдоль радиуса, требуемое для устранения нелинейного резонансного эффекта в центре ускорителя, уменьшается с увеличением N - порядка нелинейного резонанса как $\frac{N}{2^N(N-1)!}$ и с увеличением радиального шага /при фиксированном N / как $(\frac{\lambda_1}{\lambda_2})^{N-2}$.

Так как развитие нелинейного резонансного эффекта при $Q_z = 1$ эквивалентно смещению центра мгновенных орбит относительно центра магнитного поля, то были рассмотрены условия вертикальной устойчивости для смещенных орбит. В результате этого рассмотрения было установлено, что для того, чтобы не вызывать существенных изменений в характере вертикальных колебаний, отклонения центров мгновенных орбит не должны превышать величину λ . Аналогичное требование соответствует условию малых отклонений периода обращения частицы на смещенной орбите от резонансного значения.

Результаты этих исследований были положены в основу при выборе параметров указанной выше шестиспиральной структуры магнитного поля, при кото-

рой нелинейный резонанс в центре ускорителя не наблюдался. Необходимая вариация магнитного поля была получена при помощи железных шимм прямоугольного поперечного сечения. Расчет оптимальных параметров шимм, обеспечивающих необходимую глубину вариации напряженности магнитного поля, был основан на предположении о намагничивании шимм до насыщения. Увеличение средней напряженности магнитного поля вдоль радиуса, соответствующее требованию постоянства частоты обращения иона, было получено при помощи тонких цилиндрических шимм, которые рассчитывались в предположении равномерного намагничивания. Для устранения влияния простого и параметрического резонансов / $Q_z = 1$ / производилось шиммирование первой и второй гармоник в структуре магнитного поля с помощью симметрично расположенных цилиндров малого диаметра /8 мм/. Все измерения напряженности магнитного поля производились с точностью $\pm 1,5$ эрстеда ядерным магнитометром. Постоянство магнитного поля во времени обеспечивалось ядерным стабилизатором.

Для ускорения ионов использовалась резонансная четвертьволновая система с одним дуантом. Питание резонансной системы осуществлялось генератором с независимым возбуждением, обеспечивающим получение ускоряющего напряжения до 40 кв.

На циклотроне были ускорены дейтроны до энергии 12 Мэв и альфа-частицы до энергии 24 Мэв при минимальной амплитуде ускоряющего напряжения на дуанте 8 кв. Измерение энергии ускоренных частиц на предельном радиусе /52 см/ производилось двумя методами:

а/ измерением среднего радиуса кривизны орбит при помощи трех пробников;

б/ измерением пробега ускоренных дейтронов в алюминиевой фольге.

Все измерения проводились при интенсивности внутреннего пучка близкой к 1 мка, благодаря чему не наводилась заметная величина активности на внутренних деталях камеры.

На рис. 1 приведены автографы пучка на различных радиусах ускорителя. Общий вид ускорителя показан на рис. 2.

Результаты проведенных исследований указывают на возможность создания релятивистского циклотрона на энергию протонов, которая достигается на современных синхроциклотронах.

• Работа поступила в издательский отдел
11 апреля 1959 года

Л и т е р а т у р а

1. D.V.Karst, K.M.Terwilliger, K.H.Symon, L.W.Jones, Bull.Amer. Phys. Soc. 30, 1 (1955).
2. Ю.Н.Денисов. Универсальный ядерный магнитометр. ПТЭ № 5, 1958 г.
3. Ю.Н.Денисов. Стабилизатор магнитного поля, основанный на ядерной индукции, ПТЭ № 1, 1959 г.

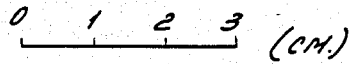
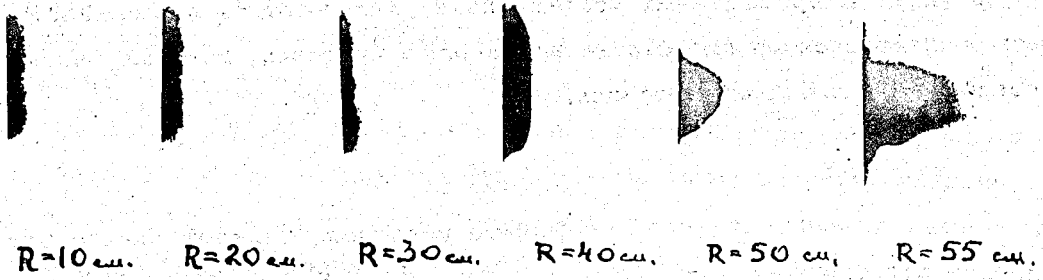


Рис. 1.

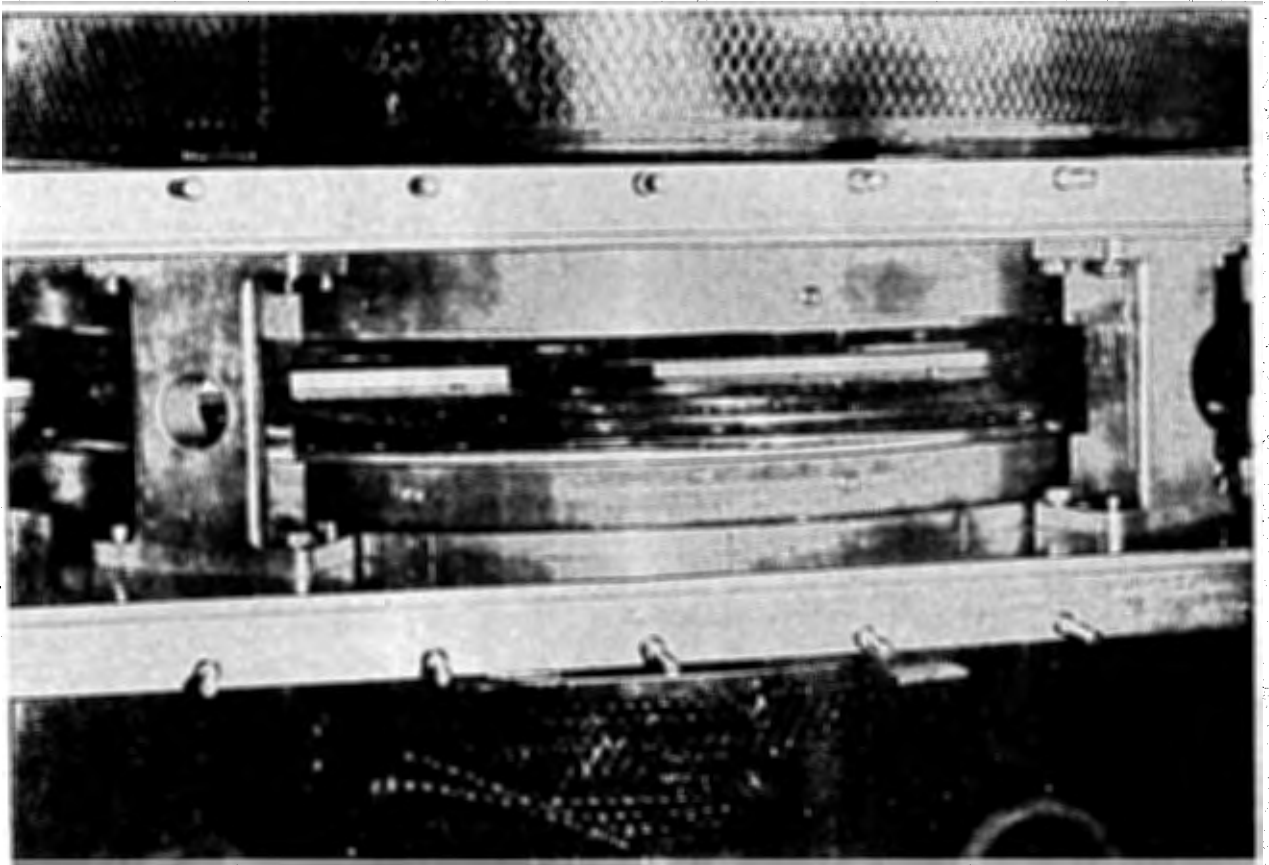


Рис. 2.