

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P9-85-283

Б.В.Василишин, С.Н.Доля

О ВОЗМОЖНОСТИ
ВЫВОДА ФРАГМЕНТОВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР
ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ЛВЭ ОИЯИ

1985

В 1971 г. в ЛВЭ ОИЯИ был проведен эксперимент^{/1/} по измерению энергетических спектров π^- -мезонов, образованных на внутренней медной мишени под углом 0° дейтонами с импульсом 8,4 ГэВ/с. В этом эксперименте был обнаружен кумулятивный эффект - наличие высокоимпульсной компоненты в дейтоне, предсказанный ранее А.М.Балдиным^{/2/}.

Нейтронноизбыточные ядра, подобно π^- мезонам, отщепляются от ускоряемых частиц и могут быть сформированы в отдельный пучок. Ниже будут определены режимы работы синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ, при которых фрагменты релятивистских ядер, образовавшиеся при взаимодействии первичного пучка с внутренней мишенью, могут быть выведены по каналу ВП-1^{/3/} на физические установки. Пучок фрагментов может быть использован в экспериментах по измерению скорости распада короткоживущих изотопов, полных неупругих сечений взаимодействия фрагментов с веществом, изучению сечений выхода различных изотопов и т.д. В рассматриваемой постановке опыта возможен поиск ядер с дробным зарядом^{/4,5/}.

Предлагаемая схема вывода частиц показана на рис.1. Пучок ядер, ускоренный до конечной энергии, наводится на мишень, расположенную в одном из окон синхрофазотрона. Образовавшиеся нейтронноизбыточные фрагменты не удерживаются магнитным полем на орбите ускорителя, попадают в выводной магнит /ВМ/ и транспортируются по каналу медленного вывода. Полученные релятивистские фрагменты имеют иную траекторию /другой радиус и угол входа в выводной магнит/, чем частицы первичного пучка /см.рис.1/. Для успешной их транспортировки необходимо, чтобы они вошли в канал медленного вывода /ВМ/ по оси и с нулевым углом относительно оси канала. Такой режим можно реализовать соответствующим подбором радиуса мишени в ускорителе R_M и тока в выводном магните $I_{ВМ}$.

Результаты расчетов для вывода фрагментов фтора с "дробной" массой приведены ниже в таблице. Мишень расположена на азимуте окна № 18. В расчетах полагалось, что фрагменты имеют тот же продольный импульс на нуклон, что и исходное ядро.

Ведущее поле ускорителя выбрано таким, чтобы импульс частиц, приходящийся на единицу заряда, был одним и тем же и соответствовал жесткости канала.

Светимость канала вывода определялась следующим образом. С оптимального для данного фрагмента радиуса выпускалось 400 частиц, равномерно заполняющих на фазовой плоскости квадрат с пределами по углу выхода $\pm 4 \cdot 10^{-3}$ рад и с разбросом продоль-

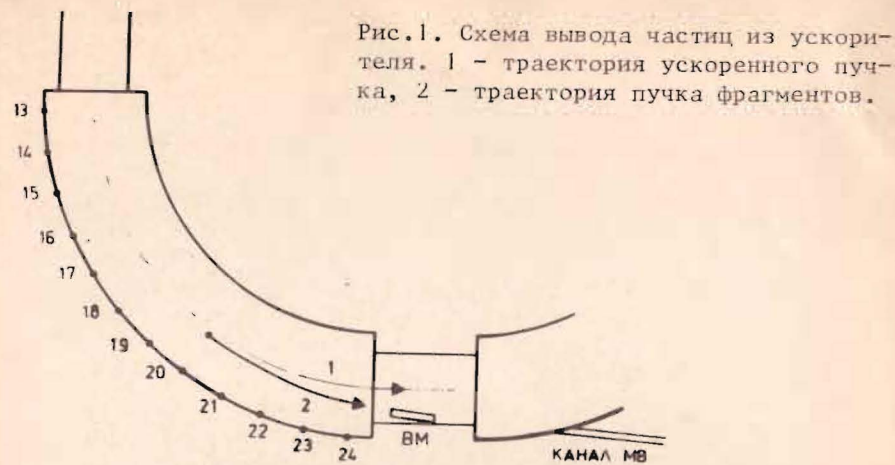


Рис.1. Схема вывода частиц из ускорителя. 1 - траектория ускоренного пучка, 2 - траектория пучка фрагментов.

Таблица

z	A	A/z	R /см/	V ₀ /кГс/	p (ГэВ/с)	I _{ВМ} /кА/
8	17,6	2,2	2834	9,73	75,7	6,44
8	17,7	2,21	2827	9,67	76,1	5,85
8	17,8	2,23	2820	9,62	76,5	5,41
8	17,9	2,24	2813	9,56	77	5,11
8	18	2,25	2807	9,51	77,4	4,66

z - заряд фрагмента, A - атомный вес, R_M - радиус внутренней мишени, V₀ - ведущее поле в ускорителе, I_{ВМ} - ток в выводном магните, p - импульс фрагмента.

ных импульсов $\Delta p/p = +10^{-2}$. Такой разброс углов выхода соответствует появлению у ядра кислорода O^{18} поперечного импульса $+300$ МэВ/с и продольного импульса $+200$ МэВ/с /в собственной системе координат/. Распределение этих частиц на выходе выводного магнита по радиальному углу и радиальной координате показано на рис.2. За выводной магнит прошло 152 частицы, что соответствует коэффициенту захвата $K_3 = 0,38$. Близкие коэффициенты получаются и для частиц с другими массами: если $A = 17,7$, то $K_3 = 0,42$, $A = 17,6$, $K_3 = 0,43$.

Таким образом, при интенсивности внутреннего пучка фтора на уровне $2 \cdot 10^6$ ядер/цикл и вероятности образования изотопа кислорода $O^{18} \approx 10^{-2}$ в каждом цикле можно выводить до 10^4 частиц.

Чувствительность опыта к точности установки мишени и измерения импульса фрагмента определялась следующим образом. При заданном импульсе фрагмента ($p = 75,68$ ГэВ/с) частицы выпускались с "неправильного" радиуса. На фазовой плоскости "радиальный угол-радиальная координата" после выводного магнита указаны координаты этих частиц. Выпущенная с равновесного радиуса $R_M = 2834$ см

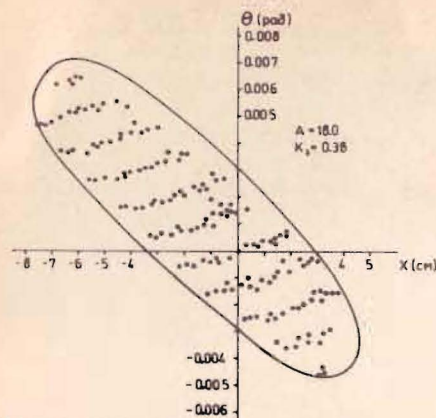


Рис.2. Распределение частиц изотопа кислорода O^{18} на фазовой плоскости /радиальный угол, радиальная координата/ после выводного магнита.

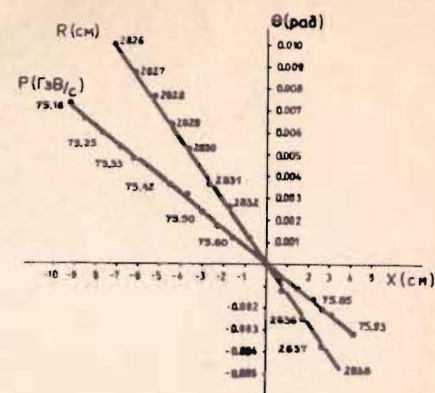


Рис.3. Расположение на фазовой плоскости координат частиц, вышедших из точки с "неправильным" радиусом мишени или имеющих "неправильный" импульс.

частица входит в центр канала медленного вывода с нулевым углом относительно оси канала /рис.3/. На рисунке показано распределение координат фрагментов с неравновесным импульсом. Анализируя эти данные можно сделать вывод о том, что требуемая точность установки внутренней мишени $\Delta R_M \approx 1$ см и избирательность системы по импульсу $\Delta p/p \approx 3 \cdot 10^{-3}$.

Спектр фрагментов, которые могут быть выведены из мишени, расположенной на азимуте окна № 20, приведен на рис.4.

Видно, что при радиусе мишени $R_M = 2808$ см и токе выводного магнита $I_{ВМ} = 3,4$ кА возможен вывод фрагмента с дробным $z = 7,7$ зарядом /в единицах заряда электрона/. О правильности выбранного режима ускорителя при этом можно будет судить по эффективности вывода реперных фрагментов.

Еще более широкий спектр фрагментов может быть получен на мишени, расположенной на азимуте окна № 22 /рис.5/. Здесь следует отметить возможность вывода короткоживущих нейтроноизбыточных изотопов (B^{14}, B^{15}).

Рассмотрим возможность вывода на фрагменте установки кумулятивных частиц. Эта возможность основана на том, что в данной схеме опыта выводятся частицы с импульсом на единицу заряда большим, чем у ускоряемого ядра.

Наиболее подходящим для вывода кумулятивных частиц является ускоряемое ядро He_3^2 , имеющее импульс $p = 6$ ГэВ/с на нуклон. Протоны с $X = 1,5$ /кумулятивное число/ будут вращаться в ускорителе по той же траектории, что и исходное ядро. Кумулятивные протоны с $X = 1,56-2,13$ могут быть выведены из ускорителя, если мишень расположена в окнах 18, 20 или 22.

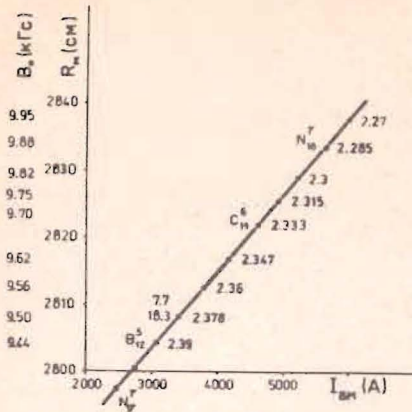


Рис. 4. Номограмма, показывающая соотношение между полем ускорителя, радиусом мишени и током выводного магнита, необходимое для транспортировки фрагментов с заданным A/Z по каналу медленного вывода. Мишень расположена на азимуте окна № 20.

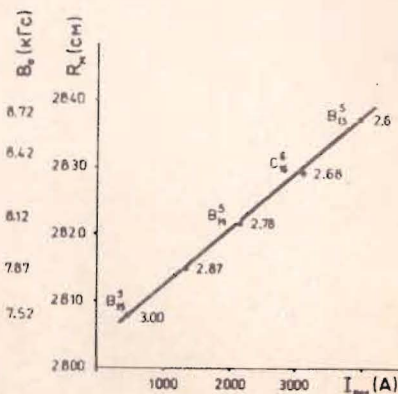


Рис. 5. То же для мишени, расположенной на азимуте окна № 22.

В области $X \leq 2$ наряду с кумулятивными протонами будут выводиться некумулятивные дейтроны, образующиеся в результате срыва протона из ядра He_3^2 и имеющие такой же импульс на единицу заряда. Кумулятивные протоны с $X > 2,1$ могут быть выведены из ускорителя и при ускорении других ядер.

В заключение авторы выражают свою глубокую благодарность В.А.Свиридову и И.Б.Иссинскому за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, Р1-5819, Дубна, 1971.
2. Балдин А.М. Краткие сообщения по физике, 1, ФИАН СССР, М., 1971.
3. Семенюшкин И.Н. Труды Совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики, ОИЯИ, Д2-82-568, Дубна, 1982, с.12.
4. Арбузов Б.А. Препринт ИФВЭ 83-31, Серпухов, 1983.
5. Арбузов Б.А. и др. Препринт ИФВЭ 84-18, Серпухов, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 апреля 1985 года

Василишин Б.В., Доля С.Н.

Р9-85-283

О возможности вывода фрагментов релятивистских ядер из синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ

Определены режимы работы синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ, при которых возможен вывод на физические установки нейтроноизбыточных изотопов – фрагментов ядра фтора F^{19} . Эффективность вывода ближайшего фрагмента изотопа кислорода O^{18} по оценкам достигает 40%. Возможен вывод редких короткоживущих изотопов и изучение взаимодействий этих изотопов с внешними мишенями. В данной постановке опыта возможно выведение ядер с дробным зарядом.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Vasilishin B.V., Dolya S.N.

Р9-85-283

About a Possibility of Extraction Relativistic Nuclear Fragments out of JINR Synchrotron

Modes of work of JINR synchrotron are calculated under which the extraction to physical installations of neutrino enriched isotopes – F^{19} nucleus fragments is possible. The efficiency of fluorine-19 extraction being the nearest fragment of O^{18} oxygen is 40% according to estimates. It is possible to extract rare shortlived isotopes and to study interaction of these isotopes with internal targets. In this experiment extraction of nuclei with fractional charge is possible.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985