

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4069/83

8/8-83

1-83-275

М.Х.Аникина, Г.Л.Варденга, В.Д.Володин,
М.Газдзицкий, А.И.Голохвастов, А.А.Кузнецов,
Ю.Лукстиньш, Э.О.Оконов, С.А.Хорозов

ПОИСК НЕСТАБИЛЬНЫХ СВЕРХПЛОТНЫХ ЯДЕР

Направлено в "ЖЭТФ"

1983

ВВЕДЕНИЕ

Возможность существования сверхплотных ядер начала широко обсуждаться после работ Мигдала по образованию пионного конденсата /см. монографию^{1/} и ссылки в ней/.

Неоднократно предпринимались попытки экспериментального обнаружения сверхплотных ядер /обзор экспериментов, выполненных до 1977 г., см. в^{2/}/. Одно из направлений поиска было предложено и реализовано в 1976 г. А.В.Куликовым и Б.М.Понтекорво^{3/}. В этой работе приводилась верхняя граница сечения образования радиоактивных сверхплотных ядер протонным пучком в свинцовой мишени, на установке, чувствительной к времени жизни $\tau \geq 5 \times 10^{-8}$ с и энергии электронов /позитронов/ $E_e > 45$ МэВ.

Как отмечают авторы работы^{3/}, приближенная связь между временем жизни τ и граничной энергией $E_{гр}$ бета-распада, выражающаяся формулой $\tau \sim E_{гр}^{-5/4}$, приводит при $\tau \sim 10^{-8}$ с к значениям $E_{гр} \sim 20$ МэВ, что делает весьма желательным снижение энергетического порога регистрации электронов. Этот шаг был сделан в работах Ю.А.Трояна с сотрудниками^{5,6/}. Используемая ими методика позволяла регистрировать распадные частицы практически любой энергии и, кроме того, были проведены поиски сверхплотных состояний ядер при облучении мишеней релятивистскими ядрами. Ядерные пучки представляются перспективными для решения рассматриваемой задачи, поскольку "появление ударных волн, способных обеспечить достаточное сжатие ядерного вещества, кажется более вероятным в соударениях двух тяжелых ядер, чем в соударениях нуклонов с ядрами"^{3/}. Однако использованная в^{5,6/} методика не позволяла продвинуться в область образования ядер с временем жизни $\tau \leq 10^{-8}$ с.

В случае образования в ядерных взаимодействиях метастабильных сверхплотных ядер^{7/} последние могли бы обнаружить себя запаздывающим излучением нуклонов, поиски которых в области метастабильных состояний с временем жизни $\tau \geq 1$ с были предприняты В.А.Карнауховым с сотрудниками^{8/}.

В этой статье мы коротко опишем методику измерений и приведем полученные нами экспериментальные данные о верхних границах сечения рождения сверхплотных ядер, неустойчивых по отношению к β -распаду с временем жизни в интервале $10^{-8} \leq \tau \leq 10^{-6}$ с, а также верхние границы сечения рождения метастабильных сверхплотных ядер, распадающихся с испусканием π^0 -мезона /на эту возможность наше внимание обратил И.Н.Мишустин/ и имеющих время жизни в интервале $10^{-7} \div 10^{-1}$ с.

Эксперимент проводился на выведенном пучке ядер углерода /импульс 4,5 ГэВ/с/нуклон и 1,68 ГэВ/с/нуклон/ синхрофазотрона ОИЯИ.

2. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ

а/ Бета-радиоактивные ядра

Схема измерения приведена на рис.1а. Сцинтилляционный счетчик S_1 использовался для регистрации ядер ^{12}C с импульсом 4,5 ГэВ/с/нуклон/ в пучке и для получения отметки о времени прихода ядра на мишень. Спустя $\tau_1 = 50$ нс после этого момента в течение времени $\tau_2 = 50$ нс счетчики $S_3 \div S_8$, включенные на совпадение, регистрировали частицы, вылетающие из мишени. Если за время τ_2 сработывал счетчик S_2 /следующая пучковая частица/, то счет совпадений $S_3 \times S_4 \times S_5 \times S_6 \times S_7 \times S_8$ блокировался. Интенсивность пучка была подобрана так, что доля заблокированных временных ворот τ_2 составляла $\sim 10\%$. Измерения проводились с мишенью из свинца толщиной 5 мм, расположенной под углом 45° к пучку. Фильтры Φ_1 и Φ_2 /оргстекло и алюминий/ были выбраны так, чтобы регистрировались электроны с энергией $E \geq 45$ МэВ.

б/ π^0 -радиоактивные ядра

Схема измерения приведена на рис.1б. Счетчик S_1 предназначен для регистрации ядер ^{12}C с импульсом 1,68 ГэВ/с/нуклон/, падающих на мишень. Распаду π^0 -мезона в мишени на два гамма-кванта соответствует срабатывание $S_2 \times S_3 \times S_4 \times S_5 \times S_6 \times S_7 \times S_8 \times S_9$. При этом гамма-кванты должны выйти из мишени М /5 мм свинца под углом 20° к пучку/ без конверсии и конвертировать в свинцовых конверторах К /толщина каждого - 5 мм/. Метод поиска задержанных распадов ядер в мишени основан на том обстоятельстве, что

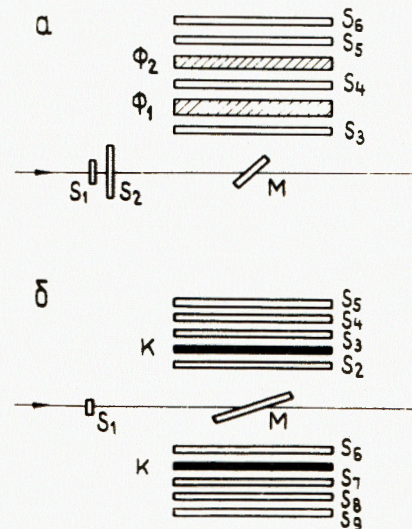


Рис.1. Схема расположения аппаратуры. М - мишень, $S_1 \div S_9$ - сцинтилляционные счетчики, Φ - фильтры, К - конверторы.

выведенный из синхрофазотрона пучок имеет временную структуру, обусловленную временем оборота пучка в кольце ускорителя. Время между максимумами /"банчами"/ постоянно и составляет $T = 400$ нс /при импульсе пучка ^{12}C 1,68 ГэВ/с/нуклон/, а полная ширина "банча" на половине высоты - $30 \div 40$ нс. Поэтому сигнал разреzenia на запись числа срабатываний счетчиков $S_2 \div S_3$ давался спустя $\tau_1 = 125$ нс от центра "банча" и имел длительность $\tau_2 = 150$ нс.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Верхние границы сечений образования сверхплотных ядер, полученные в нашем эксперименте, представлены на рис.2. Кривая 4 дает верхнюю границу /уровень достоверности 90%/ на сечение образования сверхплотных ядер, имеющих время жизни τ , и распадающихся с испусканием электрона /позитрона/ с энергией $E \geq 45$ МэВ,

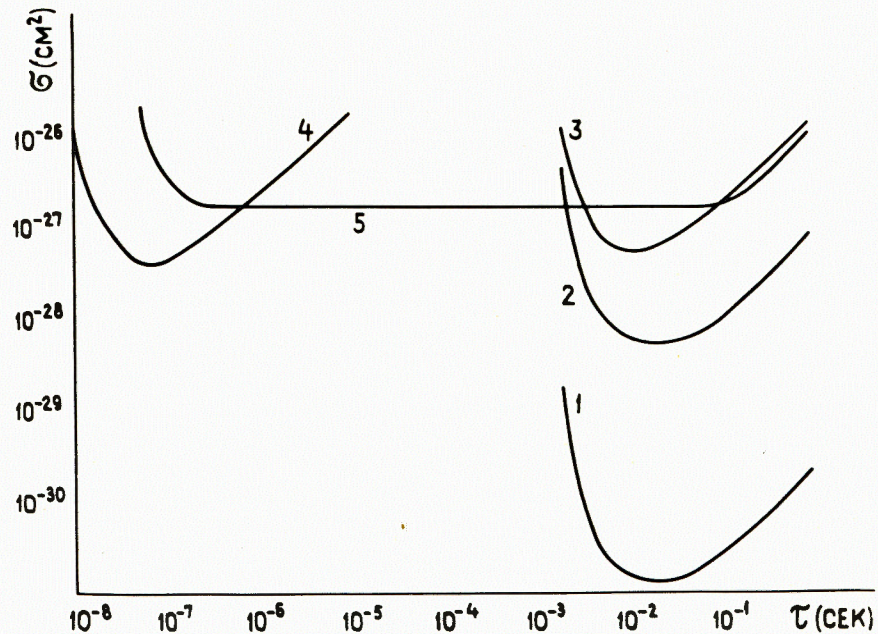


Рис.2. Верхние границы сечений образования сверхплотных ядер. Кривые 1-3 - для ядер, образующихся в рРb, HeРb и СРb взаимодействиях и распадающихся с испусканием электрона /позитрона/ с $E > 17$ МэВ /8/. Кривая 4 - для СРb с испусканием электрона /позитрона/ с $E > 45$ МэВ. Кривая 5 - для СРb с испусканием π^0 -мезона с энергией ~ 50 МэВ.

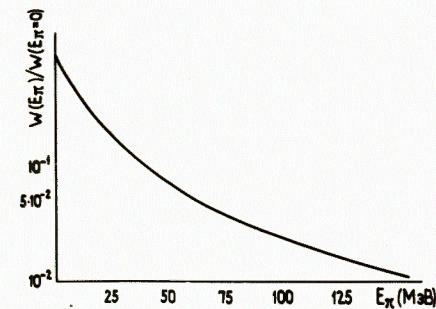


Рис.3. Зависимость относительной вероятности регистрации π^0 -мезона от его кинетической энергии.

в пучке ядер углерода с импульсом 4,5 ГэВ/с/нуклон на свинцовой мишени. Кривая 5 дает верхнюю границу /также с уровнем достоверности 90%/ на сечение образования ядер, нестабильных к испусканию π^0 -мезона с временем жизни τ , ядрами углерода с импульсом 1,68 ГэВ/с/нуклон на свинцовой мишени. На этом же рисунке приведены результаты работы /8/ /кривые 1-3/.

При определении приведенных границ учитывались "геометрические" эффективности регистрирующих систем, вероятности конверсии гамма-квантов /для π^0 -нестабильных ядер/ и зависимость эффективности регистрации распада от времени жизни τ распадающегося объекта, которая дается выражениями:

$$W = \exp(-\tau_1/\tau)[1 - \exp(-\tau_2/\tau)], \quad /1/$$

$$W = \exp(-\tau_1/\tau)[1 - \exp(-\tau_2/\tau)][1 - \exp(-T/\tau)]^{-1} \quad /2/$$

для случаев /а/ и /б/ соответственно.

Формула /2/ справедлива для времени жизни τ , меньшего, чем полная длительность сброса пучка в цикле ускорителя/около 0,4 с/, т.е. до $\sim 0,1$ с. Эффективность регистрации π^0 -мезона существенно зависит от его энергии. Расчетные значения этой зависимости приведены на рис.3. Кривая 5 на рис.2 соответствует кинетической энергии π^0 -мезонов, равной ~ 50 МэВ. При меньших энергиях π^0 -мезонов эффективность их регистрации увеличивается и, следовательно, для верхней границы получается оценка более жесткая, чем на рис.2.

Авторы благодарны В.А.Карнаухову, Б.А.Кулакову, И.Н.Мишустину, А.В.Никитину и Ю.А.Трояну за полезные обсуждения методики проведения эксперимента и полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мигдал А.Б. Фермионы и бозоны в сильных полях. "Наука", М., 1978.
2. Карнаухов В.А. Известия АН СССР, 1977, 41, с. 1538.
3. Куликов А.В., Понтекорво Б.М. ОИЯИ, Р1-10202, Дубна, 1976.

4. Перкинс Д. Введение в физику высоких энергий. "Мир", М., 1975.
5. Абдвалиев А. и др. ЖЭТФ, 1979, 77, с. 20.
6. Абдвалиев А. и др. ЖЭТФ, 1981, 81, с. 1153.
7. Мишустин И.Н., Карныхин А.В. ЯФ, 1980, 32, с. 945.
8. Андреев С.П. и др. ЯФ, 1982, 36, с. 315.

Аникина М.Х. и др.

1-83-275

Поиск нестабильных сверхплотных ядер

При облучении свинцовой мишени пучком релятивистских ядер ^{12}C проводился поиск радиоактивных сверхплотных ядер, имеющих время жизни в интервале $10^{-8} \div 10^{-1}$ с. Показано, что вероятность рождения ядра, имеющего время жизни в интервале $10^{-8} \div 10^{-6}$ с. и распадающегося с испусканием энергетичного $/E \geq 45 \text{ МэВ}/$ электрона /позитрона/, не превосходит $\sim 3 \cdot 10^{-4}$ в неупругом CPb взаимодействии, а вероятность рождения ядра, имеющего время жизни в интервале $10^{-7} \div 10^{-1}$ с и распадающегося с испусканием нейтрального пиона, не превосходит $\sim 6 \cdot 10^{-4}$ в неупругом CPb взаимодействии.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Anikina M.Ch. et al.

1-83-275

The Search Unstable Superdense Nuclei

At the bombardment of lead target with ^{12}C relativistic ion beam the search for radioactive superdense nuclei having lifetimes within the $10^{-8} - 10^{-1}$ s range has been carried out. It is shown that the probability of the production of a nucleus having lifetime within the $10^{-8} - 10^{-6}$ s range and decaying via the emission of energetic electron ($E \geq 45 \text{ MeV}$) (positron) does not exceed $\sim 3 \cdot 10^{-4}$ in inelastic CPb interaction, and the probability for the production of a nucleus having a lifetime within the $10^{-7} - 10^{-1}$ s range, and decaying via the emission neutral pion does not exceed $6 \cdot 10^{-4}$ in inelastic CPb interaction.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 апреля 1983 года.