

С 346.6 е.

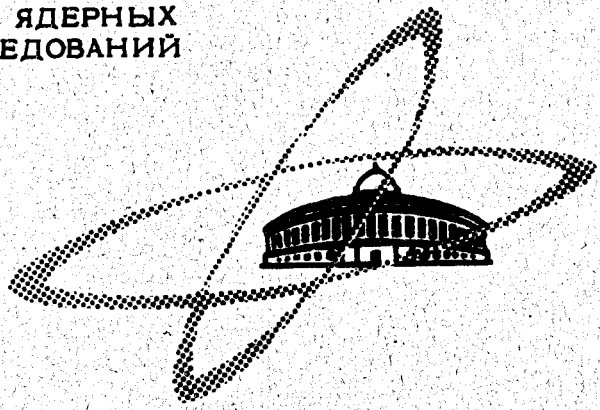
Д-381

133/1-71

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1-5399



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

А.В. Демьянов, А.В. Куликов, А.В. Купцов,
Г.Г. Мкртчян, Л.Л. Неменов, Б.М. Понтекорво,
Г.И. Смирнов, А.Г. Федуноз,
Д.М. Хазинс, Ю.М. Чиркин

ПОИСКИ РАДИОАКТИВНОСТИ НОВОГО ТИПА
В МИШЕНЯХ ИЗ Al И W , ОБЛУЧЕННЫХ
ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 70 ГЭВ

1970

P1-5399

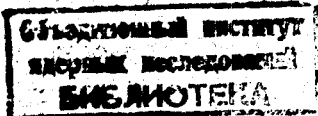
А.В. Демьянц, А.В. Куликов*, А.В. Купцов,
Г.Г. Мкртчян**, Л.Л. Неменов, Б.М. Понтекорво,
Г.И. Смирнов*, А.Г. Федунов,
Д.М. Хазинс, Ю.М. Чиркин

**ПОИСКИ РАДИОАКТИВНОСТИ НОВОГО ТИПА
В МИШЕНЯХ ИЗ А1 И W, ОБЛУЧЕННЫХ
ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 70 ГЭВ**

Направлено в ЯФ

* Филиал НИИЯФ МГУ, Дубна

** Институт физики, Ереван



Abstract

In a preceding paper^{/I/} a method has been proposed suitable for searching for hypothetical quasi-stable elementary particles which might be produced in high energy collisions. The method is based on the idea that such particles may be trapped in nuclear matter and thereby originate a new type of radioactivity characterized by a comparatively high energy of its disintegration products (tens of MeV or more).

Here we give the first results of the search for a radioactivity with the emission of high energy gamma quanta from targets irradiated for a long time by 70 GeV protons at Serpukhov. Lifetimes in the range from one day to several years have been considered.

The experimental set-up consists of three scintillation counters, an optical spark chamber, a water Cerenkov counter and a total absorption glass Cerenkov spectrometer. The pulses from all the detectors were fed to a five-beam oscilloscope for the time-amplitude analysis.

No events with gamma-emission have been observed. The upper limits of the nuclear cross-section for production by 70 GeV protons of the "radioactive" quasi-nucleus emitting the high energy photon are $10^{-38} - 10^{-37} \text{ cm}^2$ for Al and $10^{-36} - 10^{-35} \text{ cm}^2$ for W.

В в е д е н и е

В^{/1/} предложен новый метод поисков гипотетических квазистабильных элементарных частиц, которые могут рождаться в столкновениях при высоких энергиях. Возможность застревания таких частиц в ядерной материи может привести в благоприятных условиях к радиоактивности "нового типа", характеризующейся сравнительно большой энергией продуктов распада (десятки и более Мэв). Обнаружение новых частиц путем регистрации радиоактивности этого типа и составляет основу данного метода.

При исходных предположениях^{/1/} о свойствах новых частиц (их способность рассеиваться на нуклонах и притягиваться к ним) метод подходит для обнаружения как нейтральных, так и заряженных частиц. При этом для нейтральных частиц он гораздо более чувствителен, чем метод спектрометра недостающих масс (который может быть использован только при относительно больших сечениях образования частиц), и чем метод обнаружения распада налету (для которого требуется достаточно короткое время жизни частиц).

Предложенный метод может быть реализован регистрацией различных видов излучений. В настоящей работе мы приводим первые результаты поисков "радиоактивности" с испусканием гамма-лучей высокой энергии на мишенях из ^{27}Al и ^{18}W , облучавшихся в тече-

ние длительного времени протонами с энергией 70 ГэВ на ускорителе в Серпухове. Одной из причин возникновения таких γ -лучей может быть, например, распад новых частиц с испусканием π^0 -мезонов. Исследовалась область времени жизни от нескольких часов до нескольких лет.

Аппаратура

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки. Фотон большой энергии, вылетающий из мишени, проходит через сцинтилляционный счетчик антисовпадений \bar{A} ($200 \times 200 \times 10$ мм³) и рождает в свинцовом конверторе (толщиной 5 мм) электрон-позитронную пару. Пара регистрируется в сцинтилляционных счетчиках S_1 и S_2 ($100 \times 100 \times 10$ мм³), трековой искровой камере ИК (260×260 мм², два зазора по 22 мм), водяном черенковском счетчике \check{C} (ϕ 300 мм, толщина 46 мм) и стеклянном черенковском спектрометре полного поглощения $\check{C}Sp$ (ϕ 350 мм, толщина 300 мм). Телесный угол составляет $\approx 0,6$ стеррад. Более подробное описание использованных детекторов можно найти в работе /2/. Запуск установки происходит при совпадении сигналов со счетчиков S_1 , S_2 , $\check{C}Sp$ и отсутствии сигнала от счетчика \bar{A} . Мастер-импульс, вырабатываемый схемой совпадений с разрешающим временем 40 нсек, запускает схемы управления искровой камерой и 80-канальным анализатором, измеряющим амплитуду импульса со спектрометра, а также пятилучевой осциллограф /2/, на развертки которого подавались импульсы со всех детекторов, и фотоаппараты, фотографирующие искровую камеру и экран осциллографа. В случае, когда радиоактивность мишени была велика и включить счетчик антисовпадений \bar{A} в электронную логику не представлялось возможным, запуск осуществлялся совпадениями сиг-

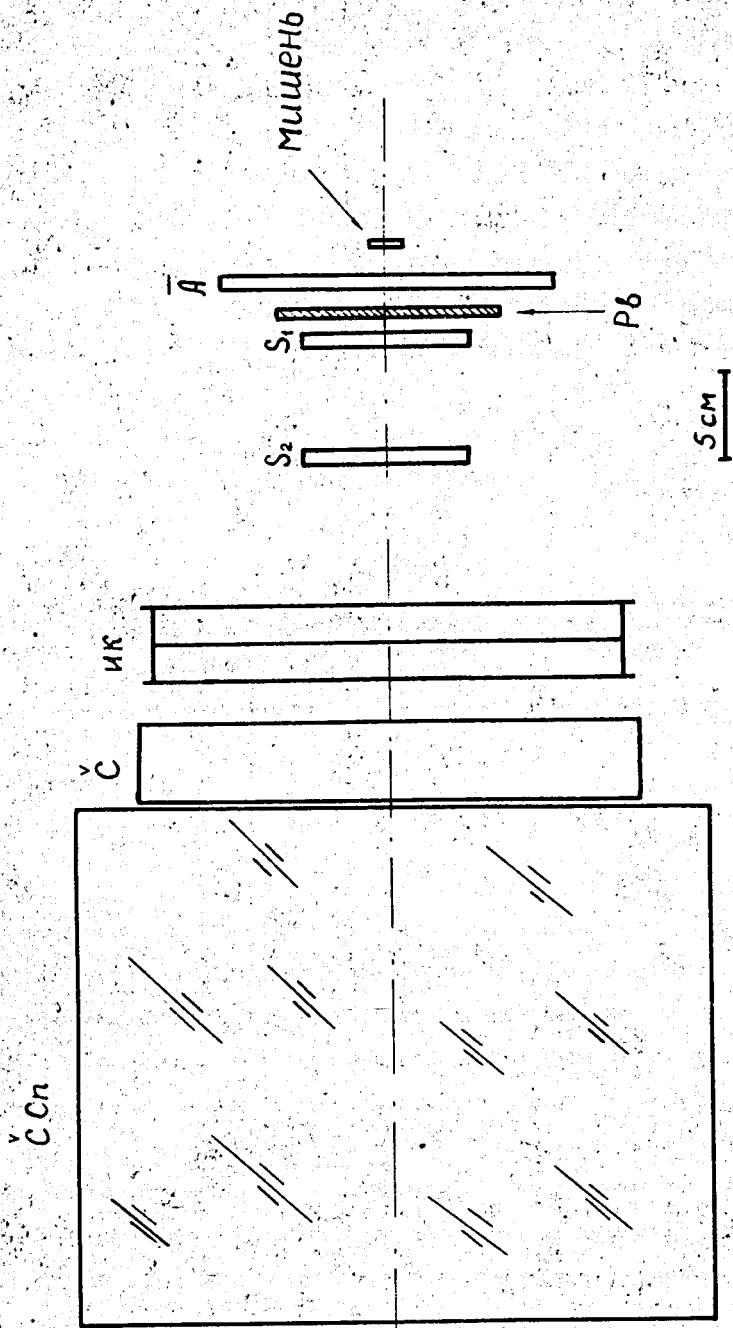


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

налов с детекторов S_1 , S_2 , \checkmark и $\checkmark_{\text{Сп}}$, а импульс от счетчика А подавался только на осциллограф; при этом количество запусков увеличивалось примерно на порядок.

Выбор материала мишеней и времена экспозиций полностью определялись требованиями других экспериментов, проводившихся на ускорителе в Серпухове, т.к. специально для описываемого здесь опыта время на ускорителе не бралось.

Было проведено три серии измерений, характеристики которых даны в таблице 1. Размеры всех мишеней - ϕ 2 мм, длина 20 мм. Мишень из Al + W представляет собой алюминиевый цилиндр длиной 18 мм с вольфрамовым наконечником длиной 2 мм.

Таблица 1

Номер серий измер.	Вещество мишени	Время облуч. (сут.)	Перерыв между концом облуч. и нач.изм. (сут.)	Время изм. (сут.)
1	Al	34	72	2,7
2	Al	6	5,5	3,5
3	Al	12	1,5	2,8
	Al + W	0,85	0,75	2,8

Средний поток ускоренных протонов, сброшенных на исследуемую мишень, равен $3 \cdot 10^{10}$ /сек. Среднее число проходов протонов через мишень из Al, согласно измерениям Ю.Д. Прокошкина и сотрудников, равно ≈ 6 ; сравнение радиоактивностей Al в мишени из Al + W и в мишени из Al позволило нам определить число проходов протонов через мишень из Al + W, которое оказалось равным ≈ 3 .

Калибровка детекторов по времени, а также амплитудная калибровка сцинтилляционных и водяного черенковского счетчика производились по прохождениям космических частиц через установку. На

основании полученных данных на дискриминаторах сцинтилляционных и водяного черенковского счётчиков установлены пороги, практически не подавляющие регистрацию проходящих одиночных космических частиц. При этом, однако, сильно подавлялся фон, связанный с обычной радиоактивностью мишени. Порог на дискриминаторе спектрометра установлен на уровне 20 Мэв для электронов; чтобы быть зарегистрированным, γ -квант, вылетающий из мишени, из-за энергетических потерь электрона и позитрона в детекторах должен иметь энергию не менее 50-60 Мэв.

Амплитудный и временной анализ импульсов производился по фототраграммам осциллограмм. Измерения снимков с осциллографа и искровой камеры выполнялись на диакопах. Временное разрешение σ (стандартное отклонение в распределении Гаусса), полученное по осциллограммам, равно для сцинтилляционных счётчиков ≈ 1 нсек, для водяного черенковского и для спектрометра ≈ 3 нсек.

К снимкам предъявлялись следующие требования:

- 1) в искровой камере должен быть хотя бы один трек, пересекающий проекции всех детекторов;
- 2) импульс в счётчике \bar{A} отсутствует;
- 3) в каждом из счётчиков S_1 и S_2 амплитуды соответствуют прохождению двух частиц;
- 4) импульсы со всех детекторов коррелированы во времени с точностью не хуже, чем 3σ ;
- 5) амплитуда импульса счётчика C не должна быть слишком малой (из-за плохого амплитудного разрешения этого счётчика не было возможности разделять "одиночные" и "двойные" амплитуды).

Полная эффективность регистрации γ -лучей высокой энергии с учетом геометрической эффективности ($\approx 0,05$), вероятности конверсии ($\approx 0,6$), эффективности срабатывания установки от элект-

тронно-позитронной пары ($\approx 0,9$) и потеря при введении критериев ($\approx 0,9$) составляет $\approx 0,02$.

Результаты. Общее число запусков равнялось 8000. После применения перечисленных критериев осталось 7 событий. На рис. 2 представлено распределение точек пересечения треков этих 7 случаев с плоскостью, проходящей через мишень и перпендикулярной к оси установки. Изображение мишени увеличено с учетом многократного рассеяния и ошибок измерения. В пределах увеличенной на две ошибки мишени лежат две точки. Величина фона, вычисленная в предположении равномерного распределения 7 случаев по плоскости, равна $1,8 \pm 0,7$ случая. Производя вычитание фона, получаем, что число случаев, соответствующих γ -излучению высокой энергии от мишени, равно $0,2 \pm 1,6$.

На основании полученного результата определены верхние пределы сечений σ_{Al} и σ_W образования на ядрах Al и W протонами с энергией 70 Гэв "радиоактивного" квазиядра с временем жизни τ , распадающегося с испусканием высокоэнергичного фотона. Величины σ_{Al} и σ_W приведены в таблице 2. Если не учитывать погрешности в потоке ускоренных протонов и ошибки в оценке эффективности установки, то пределы сечений соответствуют уровню достоверности 90%.

Трудно интерпретировать полученные данные в терминах сечения σ_{MN} возможного образования в нуклон-нуклонных столкновениях метастабильной частицы, испускающей при распаде π^0 -мезоны или гамма-лучи. Мы предположили, что рождающиеся в нуклон-нуклонных столкновениях новые частицы можно найти вблизи места рождения, только если они застревают внутри ядра-продукта глубокого расщепления. Если использовать довольно произвольные рассуждения /1/

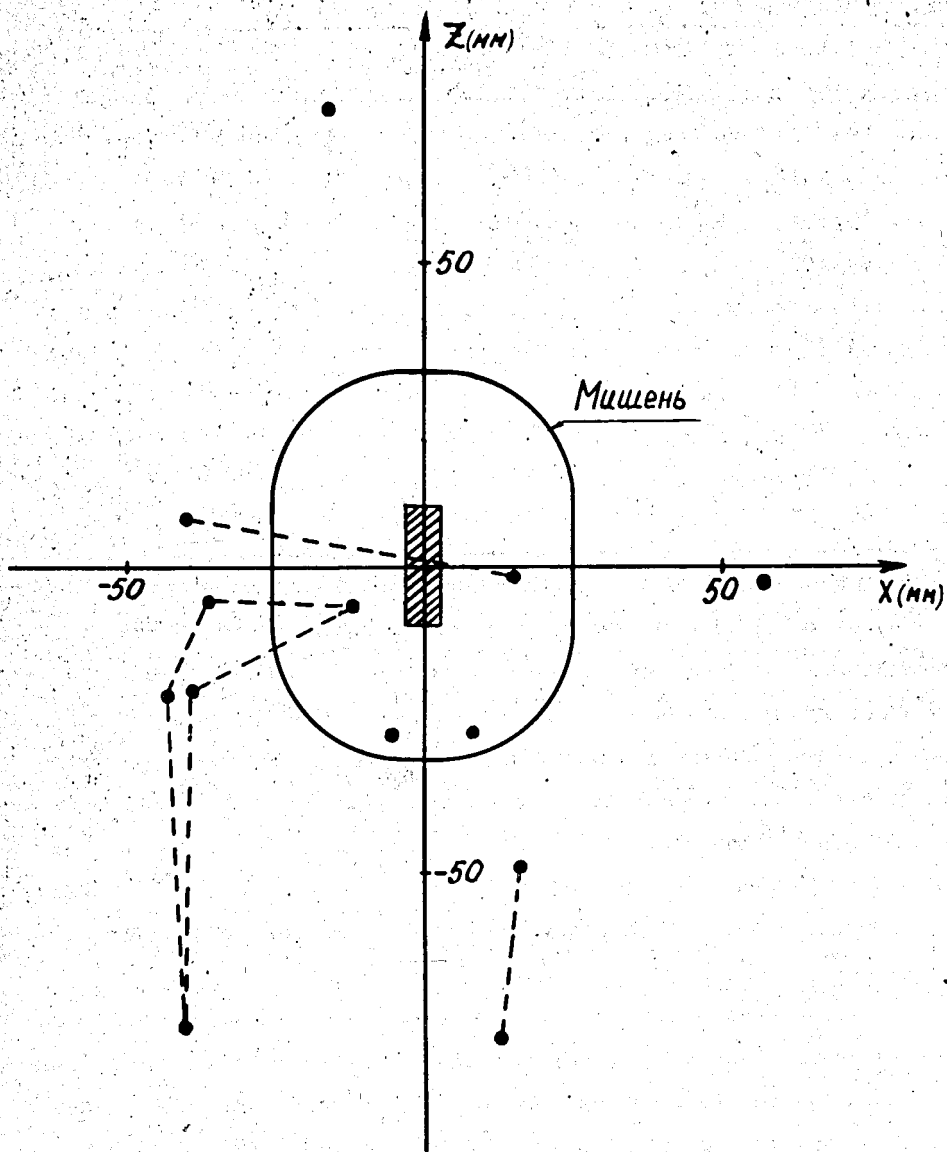


Рис. 2. Распределение точек пересечения треков отобранных 7 событий с плоскостью, перпендикулярной оси установки и проходящей через мишень. В случаях, когда в искровой камере имеется более одного трека, точки пересечения треков с плоскостью соединены между собой пунктиром. Размеры мишени увеличены на две ошибки, как объяснено в тексте.

Таблица 2

	Верхний предел σ_{Al} (в ед. 10^{-38}см^2)	Верхний предел σ_W (в ед. 10^{-38}см^2)
6 час	1700	13000
12 час	150	1700
18 час	55	900
24 час	30	600
2 сут.	11	450
1 нед.	5	700
1 мес.	7	2200
6 мес.	13	12000
1 год	25	24000
10 лет	220	240000

базирующиеся на аналогии с образованием гиперядер, то грубое представление о верхних пределах образования новых частиц в нуклон-нуклонных столкновениях можно получить из таблицы 2, умножая значения пределов ядерных сечений на множители $1 / A a$, где A - число нуклонов в ядре, а коэффициент a учитывает вероятность застревания новой частицы внутри квазиядра. Очевидно, что тяжелые ядра более выгодны для проведения опытов такого типа (в W коэффициент a может достигать /1/ значения 10^{-3} , а в Al - на порядок меньше, если допустить упомянутую выше аналогию с образованием гиперядер).

Изложенная работа - самый первый шаг в направлении поисков нового типа метастабильности материи. Интерес к таким исследованиям явно увеличивается с уменьшением изучаемого времени жизни. С точки зрения далекой перспективы можно заметить, что в области времени жизни $\approx 10^{-10}$ сек подобная постановка опытов меняет свой характер; кроме поисков новых качественных эффектов возникает

возможность выполнения количественных исследований свойств гипер-ядер. Практически эта возможность могла бы быть осуществлена с помощью коллективного метода ускорения ^{1/3}, позволяющего получить интенсивный пучок протонов крайне малой длительности ($\approx 10^{-11}$ сек) и большой частоты повторений (≈ 1000 гц).

Авторы выражают благодарность В.Н. Лебедеву, Ю.Д. Прокошкину и Р.М. Суляеву за постоянную поддержку и интерес к работе и В.П. Саранцеву за полезную дискуссию.

Л и т е р а т у р а

1. Б.М. Понтекорво. ЯФ, т.11, вып. 4, стр. 846-851, 1970.
2. Ю.К. Акимов, Л.С. Вертоградов, А.В. Демьянов и др. "Измерение дифференциального сечения реакции $\pi^- p \rightarrow e^+ e^- p$ при энергии 275 Мэв". Сборник аннотаций докладов ХУ Международной конференции по физике высоких энергий, г. Киев. Препринт ОИЯИ Р1-5398, Дубна, 1970.
3. В.И. Векслер и др. АЭ, т. 24, вып. 4, стр. 317-323, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

13 октября 1970 года.