

С 346  
0-361

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

15 - 3664

К.О.Оганесян

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ПИОНОВ  
В СОУДАРЕНИЯХ НЕЙТРОНОВ С ПРОТОНАМИ  
И ЯДРАМИ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной  
степени кандидата физико-математических наук

Дубна, 1968

15 - 3664

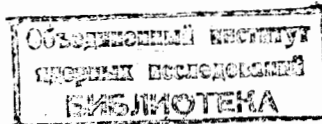
К.О.Оганесян

5083 бр.

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ПИОНОВ  
В СОУДАРЕНИЯХ НЕЙТРОНОВ С ПРОТОНАМИ  
И ЯДРАМИ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

040 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной  
степени кандидата физико-математических наук



Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель: член-корреспондент АН СССР  
профессор В.П.Джелепов

Официальные оппоненты:

доктор физ.матем.наук С.М.Биденский  
доктор физ.-матем.наук Ю.Д.Прокошкин

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова

Автореферат разослан 1968 года

Защита диссертации состоится 1968 года на заседании

Ученого совета Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ

Адрес: г.Дубна, Объединенный институт ядерных исследований,  
Лаборатория ядерных проблем.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ

Учёный секретарь Совета  
кандидат физ.-матем. наук

О.А.Займидорога

1968 года

К настоящему времени накоплен обширный экспериментальный материал о процессах образования пионов в соударениях нуклонов с нуклонами и с ядрами. Большинство работ в этой области посвящено изучению образования пионов в столкновениях протонов с протонами и ядрами. Для энергий от порога до 700 Мэв обстоятельно изучено рождение  $\pi^0$ -мезонов и  $\pi^+$ -мезонов в (p-p)-соударениях. Менее полно изучено образование заряженных пионов в соударениях протонов с ядрами. Результаты здесь получены в основном в ограниченном интервале углов, что затрудняет полный анализ характеристик образования пионов на сложных ядрах.

Наименее изученными к моменту начала описываемых в диссертации опытов являлись процессы генерации заряженных пионов в (n-p)-соударениях:



Трудности исследования реакций (1) и (2) связаны с относительно малыми сечениями этих процессов и небольшими интенсивностями нейтронных пучков, имеющих широкое энергетическое распределение.

Эксперименты по образованию заряженных пионов при взаимодействии нейтронов с ядрами практически не проводились. Вместе с тем с точки зрения зарядовой симметрии подобные опыты не являются простым повторением аналогичных опытов с протонами, а позволяют получить новую информацию о процессах, связанных с рождением пионов на ядрах.

Описанное положение побудило нас начать в 1958 г. детальное исследование процессов образования пионов при взаимодействии нейтронов с протонами и сложными ядрами с помощью многоканального магнитного спектрометра на нейтронном пучке синхротрона ОИЯИ с эффективной энергией  $\approx 600$  Мэв.

Использованная нами методика позволила в условиях одного опыта получить подробную информацию об основных характеристиках рождения пионов в соударениях нейтронов с протонами и ядрами.

Эти исследования составляют содержание диссертации. Основные ее результаты опубликованы в работах /1-5/.

## I

Несмотря на большое количество экспериментальных данных, до сих пор не существует общего подхода к описанию процессов рождения пионов в нуклон-нуклонных соударениях с точки зрения теории поля. Анализ данных по образованию пионов производится в основном с помощью феноменологических теорий. По мере накопления экспериментальных данных и с увеличением энергии взаимодействующих нуклонов было развито несколько таких моделей процессов одиночного образования пионов для различных диапазонов энергий налетающих нуклонов.

В вводной главе производится обзор основных теоретических моделей.

Большинство экспериментальных данных, полученных вблизи порога мезообразования, успешно объяснила теория, развитая в работах Гелл-Манна и Ватсона /6/ и Розенфельда /7/. Для энергий  $\approx 1$  Гэв и выше данные многих экспериментов удается хорошо описать с помощью "изобарной модели Линденбаума и Штернхаймера /8/ и модели "обмена одним пионом" /9/. При энергиях начиная с 500 Мэв и вплоть до 1 Гэв наиболее полное и точное описание процессов рождения пионов дает резонансная теория Мандельштама /10/. В этой области энергий модель однопионного обмена описывает экспериментальные данные менее точно.

Объединяющей чертой всех работ по пионообразованию является предположение о преимущественной роли взаимодействия генерированного пиона с одним из нуклонов в  $(3/2, 3/2)$ -состоянии. При этом в изобарной модели и модели Мандельштама резонансный канал образования пионов рассматривается как единственный.

В свете сказанного особый интерес представляет исследование нерезонансного канала образования пионов. Интерес этот определяется необходимостью установить пределы применимости резонансных моделей и возможные способы уточнения их за счёт включения нерезонансных переходов. Наиболее удобным с этой точки зрения является исследование реакций (1) и (2). В феноменологическое выражение для полного сечения этих реакций

$$\sigma_{np}^{\pi^+} + \sigma_{np}^{\pi^-} = \sigma_{11} + \sigma_{01} \quad (3)$$

кроме интересующего нас парциального сечения  $\sigma_{01}$ , для которого  $(3/2, 3/2)$  - состояние не может иметь места, входит только сечение образования  $\pi^0$ -мезонов в  $(p-p)$ -соударениях  $\sigma_{11}$ , хорошо изученное Дунайцевым и Прокошкиным /11/.

Наряду с изучением процессов рождения пионов в нуклон-нуклонных соударениях большой интерес представляют исследования образования пионов при столкновениях нуклонов с ядрами. Эти исследования позволяют получить сведения о рождении пионов в элементарных актах и проверить некоторые следствия гипотезы зарядовой независимости. Кроме того, пионы, рожденные на ядрах, могут служить эффективным средством для исследования ядра, в частности таких его характеристик, как пространственное и импульсное распределения нуклонов в ядрах.

## 2

Содержание второй главы диссертации посвящено экспериментальному устройству.

Метод многоканального магнитного спектрометра позволяет наиболее полно и эффективно исследовать спектры пионов обоих знаков в широком интервале углов.

Экспериментальная установка представлена на рис. 1. Составными ее элементами являются электромагнит, система газоразрядных и сцинтилляционных счётчиков и электронная схема с дистанционным управлением. Пионы, генерируемые пучком нейтронов в мишени, проходят через коллиматор в вертикальной стойке ядра магнита, пересекая счётчики  $C_1$  и  $C_2$ , попадают в межполюсное пространство электромагнита, где анализируются по импульсам счётчиками  $C_3, C_4$  и  $C_5$ .

Измерения спектров пионов могли быть выполнены под любым из углов от 0 до 150° к направлению нейтронного пучка. Для этого электромагнит поворачивался с помощью электромотора вокруг вертикальной оси, проходящей через центр нейтронного пучка. Мишень располагалась на оси вращения и таким образом для всех углов измерений сохранились идентичные геометрические условия.

Третья глава диссертации посвящена вопросам интерпретации результатов в условиях, когда бомбардирующие частицы имеют широкое энергетическое распределение. Расчёты показывают, что результаты измерений на используемом нейтронном пучке <sup>12/</sup> можно считать эквивалентными измерениям на пучках с незначительным разбросом энергий.

В четвертой главе диссертации рассматриваются процедура измерений и поправки к результатам. Наиболее существенная поправка связана с примесью электронов. На основании известных экспериментальных работ по образованию  $\pi^0$ -мезонов были рассчитаны относительные спектры и угловое распределение электронов. Для определения же абсолютной величины числа электронов производилась нормировка спектров электронов по данным измерений на спектрометре.

3

Результаты измерений рассматриваются в пятой и шестой главах. Измерения спектров  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов производились под пятью углами: 16,30,60,90 и 123°. Исследовалось рождение пионов в соударениях нейтронов с протонами и ядрами Be, C, Al, Cu и Pb.

На рис. 2 представлены спектры пионов, образованных в (n-p)-соударениях под углами 16,30, и 60°. На угле 90°, кроме измерений на спектрометре, были произведены измерения спектров пионов обоих знаков с помощью фотоэмульсионной камеры.

Спектры  $\pi^-$ -мезонов на ядрах под одним из углов измерений 90° представлены на рис. 3.

Полные сечения образования пионов определялись интегрированием угловых распределений. Полное сечение в (n-p)-соударениях, кроме того, определялось по измерению выходов пионов под двумя изотропическими углами, соответствующими для наших энергий нейтронов углам 31 и 90° в лабораторной системе. Усредненное значение полного сечения образования  $\pi^+$ -мезонов по измерениям на спектрометре составляет

$$\sigma_{np}^{\pi^+} \approx \sigma_{np}^{\pi^-} = (1,3 \pm 0,2) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2 \quad (4)$$

Ввиду того, что величина сечения (4) играет важную роль для феноменологического анализа процессов рождения пионов в нуклон-нуклонных соударениях, были произведены дополнительные измерения полного сечения с помощью сцинтилляционного телескопа и жидководородной мишени специальной конструкции. Полученная последним способом величина  $\sigma_{np}^{\pi^+} = (1,35 \pm 0,18) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$  хорошо согласуется с данными (4), полученными на спектрометре, а также в пределах ошибок находится в согласии с результатами <sup>13/</sup>.

Полные сечения образования пионов на ядрах приведены в следующей таблице.

Ядро	$\sigma_t^{\pi^+}$		$\sigma_t^{\pi^-}$	
	$10^{-27} \text{ см}^2$	относит. ед.	$10^{-27} \text{ см}^2$	относит. ед.
Be	4,01 ± 0,23	0,58 ± 0,03	40,2 ± 1,6	0,98 ± 0,04
C	6,9 ± 0,4	1,00 ± 0,06	41,0 ± 2,0	1,00 ± 0,05
Al	13,1 ± 0,6	1,90 ± 0,09	73,0 ± 2,5	1,78 ± 0,06
Cu	21,0 ± 0,15	3,04 ± 0,22	115 ± 4	2,81 ± 0,10
Pb	29,7 ± 3,0	4,31 ± 0,43	220 ± 23	5,36 ± 0,56

На рис. 4 представлены угловые распределения  $\pi^+$ -мезонов от исследуемых ядер в системе центра масс двух сталкивающихся нуклонов.

4

Седьмая и восьмая главы диссертации посвящены обсуждению результатов измерений.

Сопоставление измеренных величин сечений со значениями сечений для других процессов рождения пионов позволяет проверить некоторые соотношения, вытекающие из принципа зарядовой инвариантности. Измеренное полное сечение

рождения  $\pi^+$ -мезонов в (n-p) - соударениях (5) не противоречит известному соотношению между сечениями образования заряженных и нейтральных пионов в соударениях нуклонов с нуклонами и с ядрами с изотопическим спином  $T=0$ <sup>/14/</sup>

$$\sigma_{\pi^+} + \sigma_{\pi^0} = 2\sigma_{\pi^-} \quad (5)$$

Результаты измерений на углероде показали, что соотношение (5) хорошо выполняется как для полных, так и для дифференциальных сечений. В соответствии с зарядовой симметрией оказались равными найденные нами полные и дифференциальные сечения образования  $\pi^-$ -мезонов в соударениях нейтронов с ядрами углерода и известные значения сечений образования  $\pi^+$ -мезонов в соударениях протонов с углеродом.

В согласии с зарядовой симметрией также с хорошей точностью совпадают под углом  $60^\circ$  (близким к углу  $90^\circ$  в системе ц.м.) спектры  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов от (n-p) - соударений (рис. 2).

Найденная величина сечения  $\sigma_{np}^{\pi^+}$  (4) позволяет определить сечение  $\sigma_{01}$  - одно из трех независимых парциальных сечений, через которые в феноменологических моделях<sup>/6,7/</sup> выражаются сечения всех возможных реакций образования пионов в нуклон-нуклонных соударениях. Величина  $\sigma_{01}$  при энергии  $\approx 600$  Мэв оказалась равной

$$\sigma_{01} = (0,9 \pm 0,4) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2 \quad (6)$$

Парциальное сечение  $\sigma_{01}$  (6) определяет величину сечения образования пионов в нуклон-нуклонных соударениях с полным изотопическим спином, равным нулю.

$$\sigma_{T=0} = 3\sigma_{01} = (2,7 \pm 1,2) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2 \quad (7)$$

Сопоставление этой величины с сечением образования пионов в состоянии с полным изотопическим спином  $T=1$ , равным при энергии настоящих экспериментов

$$\sigma_{T=0} = (10,1 \pm 0,6) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2 \quad (8)$$

позволяет сделать вывод о том, что при энергии 600 Мэв образование пионов в состоянии динуклонной системы  $T=1$  является преимущественным. Этот факт отражает то обстоятельство, что образование пионов происходит главным образом через резонансное (3/2, 3/2)- промежуточное состояние пион-нуклонной системы.

Однако вклад нерезонансного канала в образование пионов составляет заметную величину, причём, в зависимости от конкретной реакции и энергии соударяющихся нуклонов этот вклад может сильно изменяться. При образовании пионов в (p-p) соударениях данные работы<sup>/15/</sup> и наша оценка показывают, что вклад нерезонансного канала относительно невелик ( $\approx 25\%$ ), и поэтому модель Мандельштама<sup>/10/</sup> хорошо объясняет большинство экспериментальных данных.

Для случая же образования заряженных пионов в (n-p) - соударениях анализ результатов только на основании резонансных переходов является неоправданным, поскольку около половины рожденных в (n-p) - соударениях пионов образуются по нерезонансным каналам.

Исследованные в работе спектры пионов от (n-p) - соударений характеризуются большим содержанием пионов низких энергий. Максимумы спектров в системе ц.м. располагаются при энергии, равной  $\approx 0,6$  максимально возможной. Феноменологический анализ найденных энергетических распределений свидетельствует о существенной роли парциального сечения  $\sigma_{01}$  и тем самым также подтверждает вывод о большой роли нерезонансных переходов в изучаемых реакциях.

Найденные под пятью углами значения суммарных дифференциальных сечений образования заряженных пионов в (n-p) - соударениях в системе ц.м. хорошо описываются выражением:

$$\left( \frac{d\sigma^*}{d\Omega} \right)_{\pi^+} + \left( \frac{d\sigma^*}{d\Omega} \right)_{\pi^-} = [(1,84 + 0,08) + (0,71 + 0,18) \cos^2 \theta] (1,00 + 0,15) \cdot 10^{-28} \text{ см}^2/\text{стерад.} \quad (9)$$

Этот результат показывает, что при энергиях данного эксперимента можно ограничиться рассмотрением только s- и p- состояний образующихся пионов. Приведенное угловое распределение (9) характеризуется малой величиной анизотропии (около 80% пионов распределены изотропно).

По отношению выходов пионов разного знака был определен коэффициент при члене  $\cos \theta$  в угловых распределениях пионов, характеризующий их асимметрию, и вычислены раздельно угловые распределения  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов в (n-p) - соударениях.

$$\left( \frac{d\sigma^*}{d\Omega} \right)_{\pi^+} = [(0,92 \pm 0,04) + (0,052 \pm 0,025) \cos \theta + (0,36 \pm 0,09) \cos^2 \theta] (1,00 \pm 0,15) \cdot 10^{-28} \text{ см}^2/\text{стерад.} \quad (10)$$

Полученные распределения (10) указывают, в отличие от результатов, полученных при энергии нейтронов  $\approx 400 \text{ Мэв}^{16/}$ , на практическое отсутствие асимметрии. Этот факт может быть объяснен тем, что при энергии 600 Мэв основными переходами при образовании пионов служат неинтерферирующие между собой  $S p$ -переход в  $\sigma_{01}$  и резонансный  $P p$ -переход в парциальном сечении  $\sigma_{11}$ .

Результаты наших измерений на ядрах позволяют получить подробную информацию о процессах, связанных с образованием пионов на ядрах, и выяснить некоторые особенности ядерной структуры.

Все полученные данные интерпретируются в предположении о первичном элементарном характере взаимодействия нуклонов и генерированных пионов в ядре.

Определяющую роль для процессов образования пионов играет поглощение и рассеяние пионов в ядерном веществе. Роль этого фактора прежде всего проявляется в зависимости выхода пионов от атомного номера (А-зависимость). Анализ найденных зависимостей от атомного номера показывает, что изменения этой характеристики при разных энергиях падающих нуклонов и под разными углами могут быть связаны с зависимостью от энергии сечения взаимодействия пионов с ядерным веществом. Для энергий пионов, существенно меньших резонансной энергии, и для легких ядер А-зависимость близка к функции  $\sim A$ . При увеличении атомного номера и энергий детектируемых пионов А-зависимость приближается к функции  $A^{2/3}$ . Изменение с углом формы А-зависимости, в первую очередь, определяется энергетическими сдвигами спектров пионов.

Для случая широкого спектра образующихся пионов разные участки спектра по-разному поглощаются в ядре. Форма большинства полученных спектров такова, что из части пионов, образующихся на внутренних нуклонах ядра, в наблюдаемый спектр дают больший вклад пионы низких энергий. В результате этого наблюдается смягчение спектров с возрастанием атомного номера.

Процессы рассеяния пионов в ядре являются основной причиной наблюдаемой асимметрии угловых распределений. Для количественной оценки асимметрии вводится коэффициент  $\eta$

$$\eta = \frac{f(170^\circ) - f(10^\circ)}{f(90^\circ)} \quad (11)$$

где  $f(10^\circ)$ ,  $f(90^\circ)$  и  $f(170^\circ)$  — значения функции углового распределения пионов под соответствующими углами в системе ц.м. Ниже приведены коэффициенты  $\eta$  отдельно для  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов для всех исследованных ядер.

	H	Be	C	Al	Cu	Pb
$\eta_{\pi^+}$	$0,08 \pm 0,20$	$2,5 \pm 0,4$	$3,2 \pm 0,5$	$4,0 \pm 0,6$	$7,9 \pm 1,1$	$9,8 \pm 1,1$
$\eta_{\pi^-}$	$-0,19 \pm 0,20$	$3,5 \pm 0,5$	$3,1 \pm 0,5$	$3,3 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,6$	$5,1 \pm 0,6$

Приведенные значения  $\eta$  показывают значительную величину асимметрии на ядрах, возрастающую с увеличением атомного номера. Возрастаю асимметрии, кроме процессов рассеяния пионов, должно содействовать поглощение нуклонной компоненты в ядре.

Проведенные измерения, когда в одинаковых условиях изучалось образование пионов обоих знаков, позволяют на основании сопоставления характеристик для  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов исследовать роль таких эффектов, как перезарядка пионов и нуклонов в ядре, эффект кулоновского потенциала ядер, различие распределений нейтронов и протонов по ядру.

Для легких ядер (Be, C), где эффекты ядерной структуры играют относительно небольшую роль, в различии спектров  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов проявляются особенности первичного механизма образования  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов в нуклон-нуклонных соударениях. Форма полученных спектров  $\pi^+$ -мезонов на Be и C в области энергий, больших энергии максимума, оказывается сходной с формой спектра  $\pi^-$ -мезонов от (p-d)-соударений<sup>17/</sup> и соответственно найденные спектры  $\pi^-$ -мезонов близки в этой области к спектрам  $\pi^+$ -мезонов в (p-d)-соударениях.

Спектры  $\pi^+$ -мезонов на углероде оказываются несколько мягче спектров  $\pi^-$ -мезонов в соответствии с особенностями образования пионов в (n-n) и (n-p)-соударениях.

Для более тяжелых ядер характер картины определяется в основном эффектами, связанными с ядерными процессами.

Одним из таких эффектов является перезарядка пионов в ядре, которая в нашем случае бомбардировки нейтронами оказывает существенное влияние на относительно малоинтенсивный процесс образования  $\pi^+$ -мезонов и приводит к заметному различию зависимостей выхода  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов от атомного номера.

Для всех интенсивных реакций (таких как:  $p + \text{ядро} \rightarrow \pi^+ + \dots$ ,  $p + \text{ядро} \rightarrow \pi^+ + \dots$ ) перезарядка играет незначительную роль и для них наблюдается близость А-зависимостей. При сравнении А-зависимостей для исключения эффекта, связанного с тем, что числа протонов и нейтронов возрастают различным образом с увеличением атомного номера, рассматривались сечения, отнесенные на один протон для образования  $\pi^+$ -мезонов и на один нейтрон — для  $\pi^-$ -мезонов.

С эффектом перезарядки связаны: разница асимметрии для  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов, отличие отношений выходов пионов разного знака на ядрах от соответствующих отношений для "элементарных сечений".

Для ядер, начиная с А1 и более тяжелых, наблюдается относительный избыток  $\pi^-$ -мезонов низких энергий, причём величина этого избытка возрастает с ростом атомного номера. Такая картина объясняется большой ролью перезарядившихся пионов в спектрах  $\pi^+$ -мезонов и смещением спектров под действием кулоновского потенциала ядер.

Действие кулоновского барьера особенно чётко проявляется в относительном сдвиге спектров  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов на свинце под большими углами.

Анализ некоторых особенностей, проявляющихся в относительном различии зависимостей выходов  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов от атомного номера и при сопоставлении полученных нами отношений выходов пионов разного знака с известными отношениями при бомбардировке ядер протонами, свидетельствует о преимущественной концентрации избыточных нейтронов на поверхности ядра.

Этот факт чётко проявляется в наших измерениях на ядрах Ве и Рь.

5

Основные результаты диссертации можно сформулировать следующим образом:

1. Разработан и создан многоканальный магнитный спектрометр, позволяющий в широком интервале углов от 0 до 150° детектировать заряженные пионы в идентичных геометрических условиях.

2. Под пятью углами 19, 30, 60, 90, и 123° измерены спектры  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов от соударений нейтронов с эффективной энергией 600 Мэв с протонами и ядрами Ве, С, А1, Си и Рь. Получены угловые распределения пионов и определены дифференциальные и полные сечения для всех перечисленных элементов.

3. Сопоставление найденных сечений при бомбардировке протонов и ядер нейтронами с данными для соответствующих процессов на протонных пучках свидетельствует о справедливости принципа зарядовой независимости ядерных сил для исследованных процессов образования пионов.

4. Анализ результатов измерений на водороде показывает, что вклад нерезонансного образования пионов при энергии  $\approx$  600 Мэв составляет заметную величину. Около половины рожденных в (n-p)-соударениях пионов образуется по нерезонансным каналам. Поэтому пренебрежение вкладом нерезонансных переходов в феноменологических моделях генерации пионов является неоправданным.

5. Проведенные измерения, когда в одних и тех же условиях получены энергетические спектры, угловые распределения, зависимости выхода пионов от атомного номера ядра, дают возможность на основании сопоставления всей совокупности результатов получить подробную картину процессов, связанных с рождением пионов на сложных ядрах.

В диссертации анализируется влияние на характеристики образования пионов таких эффектов как: рассеяние и поглощение пионов и нуклонов в ядре, перезарядка пионов в ядре, импульсное распределение нуклонов в ядре, кулоновский потенциал нуклонов в ядре, неравномерность распределения нейтронов и протонов на поверхности ядер.

#### Л и т е р а т у р а

1. К.О.Оганесян, В.А.Ярба. ЖЭТФ, 45, 1835 (1963).
2. С.Г.Басиладзе, П.Ф.Ермолов, К.О.Оганесян. ЖЭТФ, письма, 3, 163 (1966).
3. В.П.Джелепов, В.С.Киселев, К.О.Оганесян, В.Б.Флягин. ЖЭТФ 50, 1492 (1966).
4. К.О.Оганесян. Препринт ОИЯИ, P1-3399, Дубна, 1967. Препринт ОИЯИ, P1-3400, Дубна, 1967.
5. В.П.Джелепов, К.О.Оганесян, В.Б.Флягин. ЖЭТФ, 32, 678 (1957).
6. M. Gell-Mann, K. Watson. Annual Rev. of Nucl. Sci., 4, 219 (1954).
7. A. Rosenfeld. Phys. Rev. 96, 139 (1954).
8. S. Lindenbaum, R. Strenheimer. Phys. Rev. 105, 1814 (1957). Phys. Rev. 109, 1723 (1958). Phys. Rev. 123, 333 (1961).



9. E.Ferrari, F.Selleri. Nuovo Cimento. 27, 1450 (1963).
10. S.Mandelstam, Proc. Roy. Soc. A 244, 491 (1958).
11. А.Ф.Дунайцев, Ю.Д.Прокошкин. ЖЭТФ, 36, 1656 (1959).
12. В.С.Киселев, К.О.Оганесян, Р.Позе, В.Б.Флягин. ЖЭТФ, 35 812 (1958).
13. Ю.М.Казаринов, Ю.Н.Симонов. Ядерная физика, 4, 139 (1966).
14. Л.И.Лалидус. ЖЭТФ, 31, 866 (1956).
15. В.М.Гужавин, Г.К.Клигер, В.З.Колганов, А.В.Лебедев, К.С.Мариш, Ю.Д.Прокошкин, В.Т.Смолянкин, А.П.Соколов, Л.М.Сороко, Цуй-ва-чуан. ЖЭТФ, 46, 1245 (1964).
16. G.Iodh, Phys. Rev. 98, 1330 (1955).
17. В.Г.Вовченко, Г.Гельфер, А.С.Кузнецов, М.Г.Мешеряков, В.Святковский. ЖЭТФ, 39, 1557 (1960).

Рукпись поступила в издательский отдел  
11 января 1968 года.

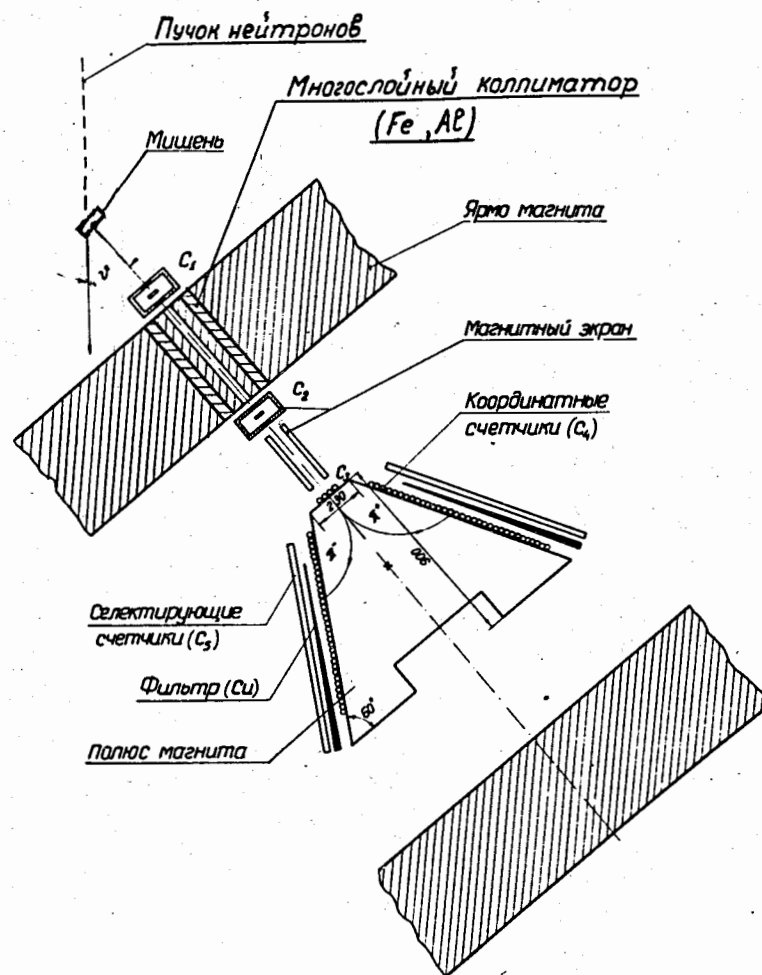


Рис. 1. Экспериментальное устройство.

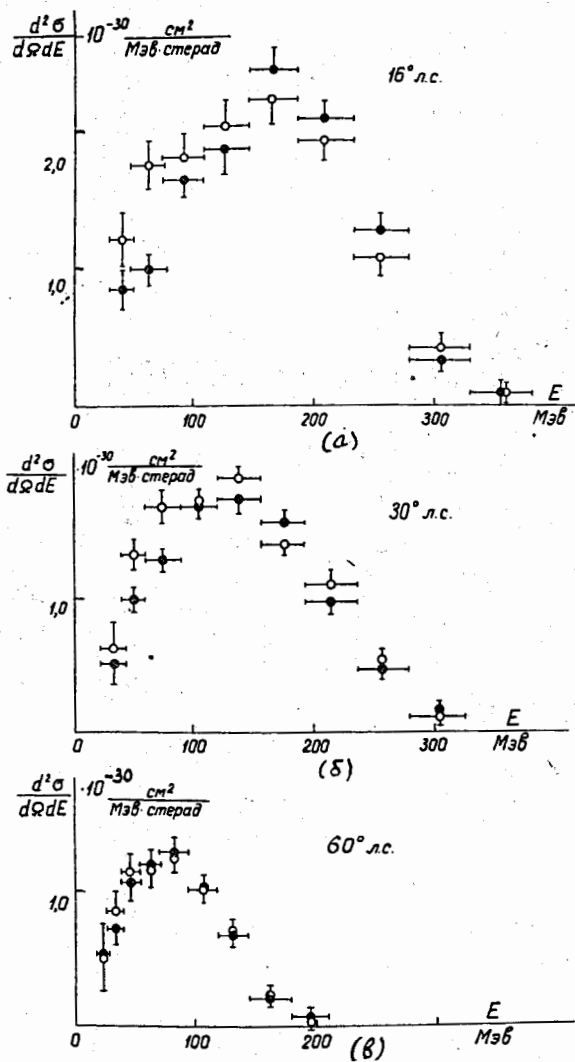


Рис. 2. Спектры пионов, образующихся в  $(\pi-p)$ -соударениях.  $O-\pi$  - мезоны  $\pi^+$ ;  $\bullet$  -  $\pi^-$  - мезоны. а) угол  $16^\circ$ ; б) - угол  $30^\circ$ ; в) угол  $60^\circ$ .

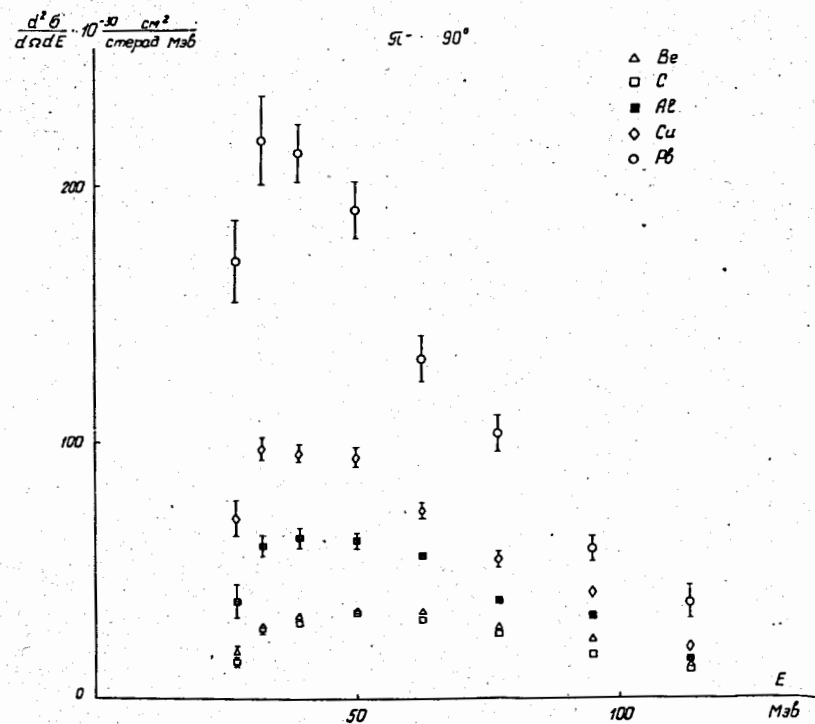


Рис. 3. Спектры  $\pi^-$ -мезонов, образованных на ядрах под углом  $90^\circ$ .

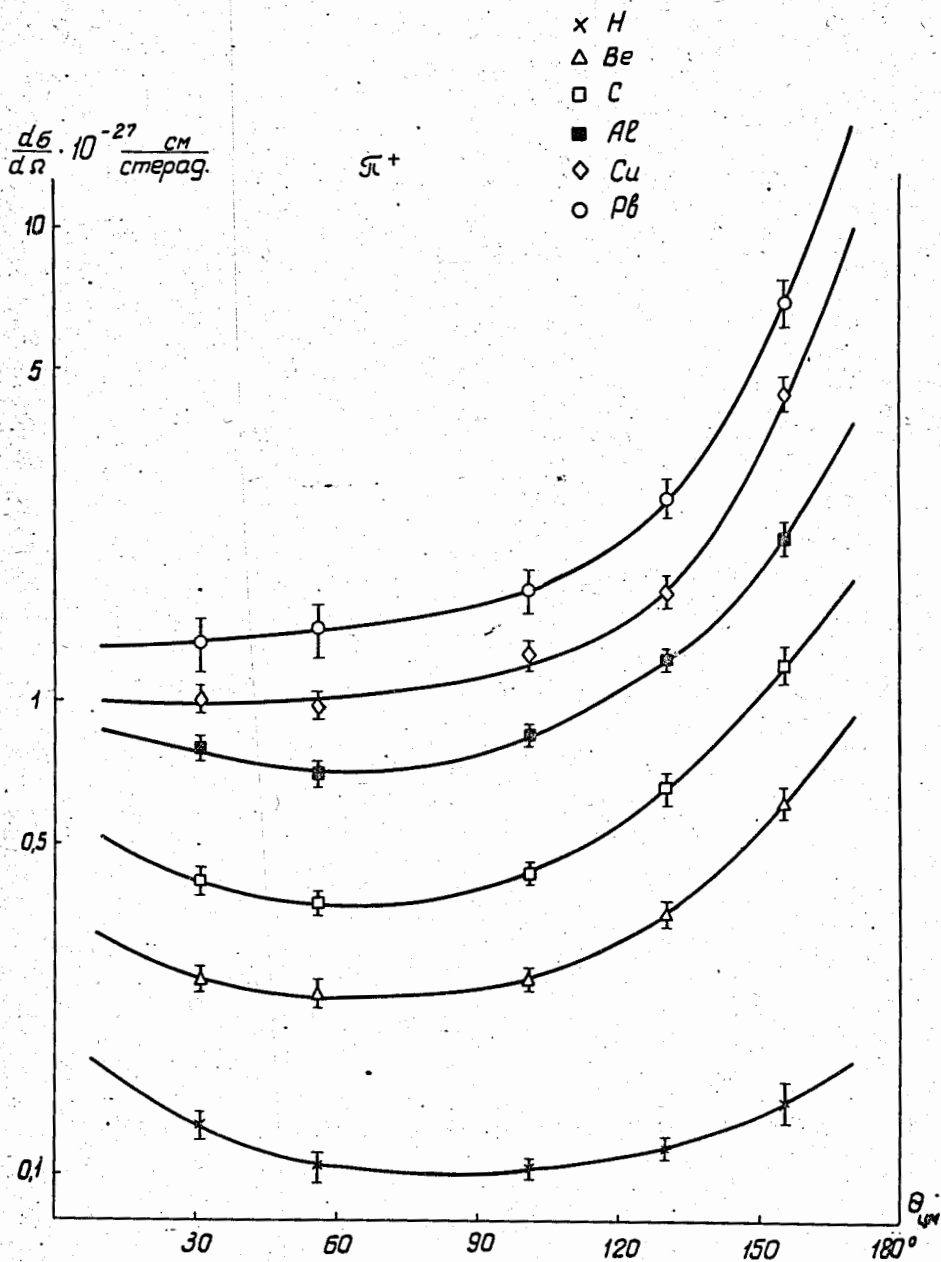


Рис. 4. Угловые распределения  $\pi^+$  -мезонов на ядрах в системе ц.м.