

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С346.48

П-305

3/1-777.

P15 - 10075

5276/2-76

Н.И.Петров

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ
НЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ π -МЕЗОНОВ ЯДРАМИ

1976

P15 - 10075

Н.И.Петров

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ
НЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ π -МЕЗОНОВ ЯДРАМИ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Петров Н.И.

P15 - 10075

К вопросу о механизме неупругого рассеяния π -мезонов ядрами

На основе анализа имеющихся экспериментальных данных по неупругому рассеянию положительных и отрицательных π -мезонов ядрами углерода, фотоэмульсии и свинца показывается, что при энергиях $E \sim 200$ МэВ вклад в рассеяние диаграммы, в которой падающий π -мезон квазиупруго рассеивается на ядре-остатке, сильно подавлен по сравнению с вкладом диаграммы, соответствующей квазиупругому рассеянию налетающей частицы на ядерном нуклоне.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Petrov N.I.

P15 - 10075

On the Mechanism of Inelastic Pion Scattering
by Nuclei

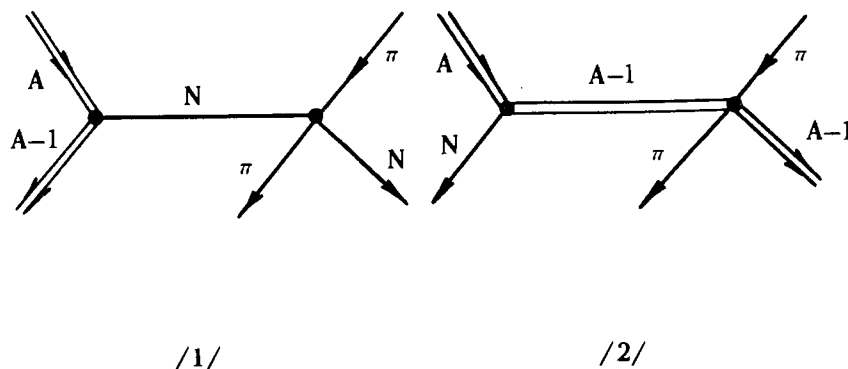
The analysis of available experimental data on the inelastic scattering of positive and negative pions by carbon, photoemulsion and lead nuclei has shown that at $E \sim 200$ MeV the contribution of the scattering diagram, where the incident pion is scattered quasi-elastically on the nucleus-residue, is essentially suppressed compared to that of the diagram corresponding to the quasi-elastic scattering of the incident particle on the nuclear nucleon.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1976

В ряде работ /1,2/ при интерпретации данных по неупругому рассеянию π -мезонов ядрами в области энергий $100 \div 200$ МэВ наряду с диаграммой /1/ процесса прямого выбивания налетающей частицей ядерного нуклона используется также диаграмма /2/, в которой эта частица рассеивается на ядре-остатке.



При вычислении обеих диаграмм предполагается, что сечения рассеяния налетающей частицы ядерным нуклоном и ядром-остатком равны соответствующим сечениям свободного рассеяния. Однако при таком рассмотрении упускается из виду то обстоятельство, что при упругом рассеянии налетающего π -мезона с энергией $100 \div 200$ МэВ ядру-остатку передается энергия, которая в подавляющем числе соударений меньше энергии

связи этого ядра-остатка в начальном ядре. По этой причине рассеяние в правой вершине диаграммы /2/ нельзя считать квазиупругим и следует ожидать, что истинное сечение рассеяния на связанном ядре-остатке будет во много раз меньше сечения свободного рассеяния. Напротив, в большинстве случаев упругого соударения π -мезона со свободным нуклоном энергия, передаваемая этому нуклону, значительно больше энергии связи его в ядре, и замена сечения рассеяния на связанном нуклоне в правой вершине диаграммы /1/ сечением свободного рассеяния является более или менее оправданной. Таким образом, указанное выше обстоятельство может приводить к подавлению вклада диаграммы /2/ по сравнению с вкладом диаграммы /1/.

Имеющиеся экспериментальные данные по неупругому рассеянию π -мезонов в области энергий 100 ± 300 МэВ позволяют провести проверку сделанного заключения. Если действительно предположение о замене сечений рассеяния в правых вершинах диаграммы соответствующим сечением свободного рассеяния является хорошим приближением для обеих диаграмм, то соотношение вкладов диаграмм в неупругое рассеяние π -мезонов ядром равно отношению сечений рассеяния налетающего π -мезона на свободном нуклоне и на свободном ядре-остатке. Известно, что, начиная с массовых чисел $A \geq 10$, сечение упругого рассеяния π -мезонов с энергией $100-300$ МэВ на ядре больше сечения упругого рассеяния на нуклоне. Поэтому для всех ядер, начиная, скажем, с ядра углерода ^{12}C , главный вклад в неупругое рассеяние π -мезонов должна давать вторая диаграмма, причем ее относительный вклад в сечение будет расти по мере увеличения массового числа ядра.

Учет ядерного поглощения может только усилить относительный вклад второй диаграммы. Таким образом, характеристика неупругого рассеяния π -мезонов будет в основном определяться свойствами второй диаграммы. В частности, угловые и энергетические распределения неупругого рассеяния π -мезонов должны повторять аналогичные распределения упругого рассеяния на ядре-остатке, взятые с учетом размазывания, обусловливаемого фермиевским движением ядерных нуклонов. Это

означает, что подавляющее количество неупругого рассеяния π -мезонов должно быть сосредоточено в передней полусфере, а их энергии не должны сильно отличаться от начальной. Указанные характеристики мало изменятся и в том случае, если вторую диаграмму дополнить диаграммой, в которой рассеянный на ядре-остатке π -мезон затем перерассеивается на нуклоне, испущенном начальным ядром в левой вершине.

На рис. 1-3 и 4-7 представлены угловые и энергетические распределения неупругого рассеяния π -мезонов на ядрах углерода, фотозмульсии и свинца из работ ³⁻⁵. Знак и начальная энергия π -мезона указаны на каждом рисунке.

Из рис. 1-3 видно, что ни в одном из представленных угловых распределений нет преобладающего рассеяния в переднюю полусферу, а, напротив, сечение рассеяния на углы $\Theta > 90^\circ$ больше сечения рассеяния на углы $\Theta < 90^\circ$. Такая картина должна иметь место, если главный вклад в неупругое рассеяние дает рассеяние налетающих π -мезонов отдельными ядерными нуклонами.

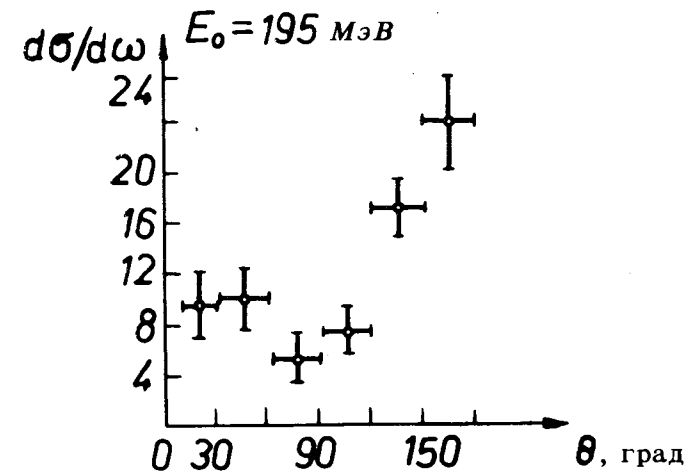


Рис. 1. Угловое распределение неупруго-рассеянных π^+ -мезонов ядрами углерода.

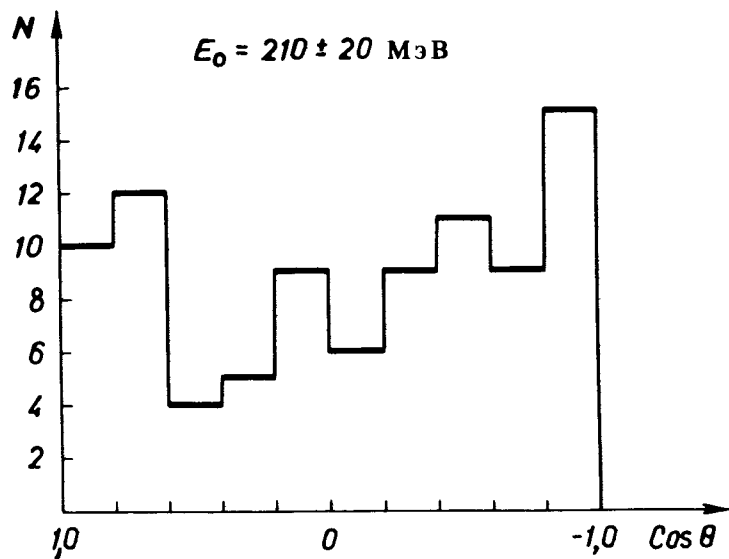


Рис. 2. Угловое распределение π^- -мезонов, неупруго-рассеянных на ядрах фотоэмульсии.

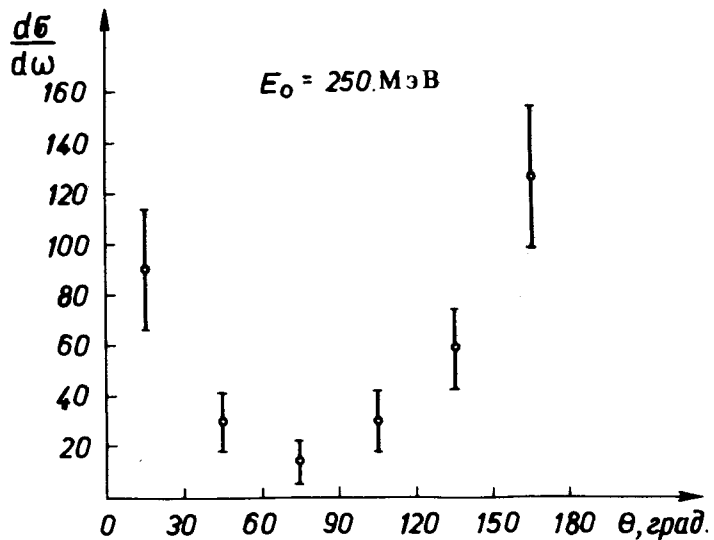


Рис. 3. Угловое распределение π^- -мезонов, неупруго-рассеянных ядрами свинца.

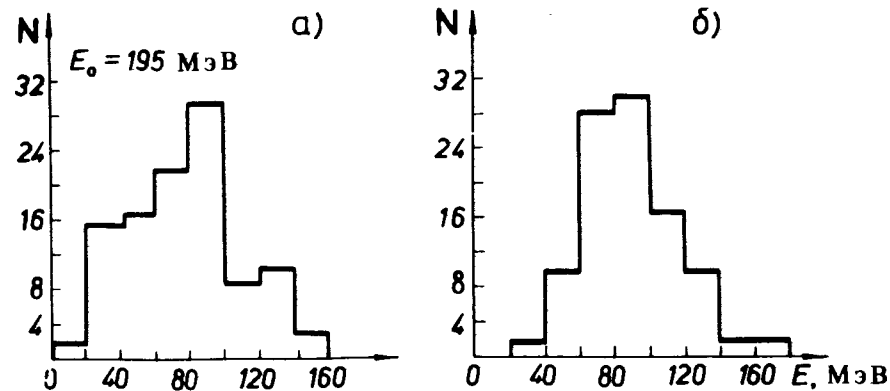


Рис. 4. Энергетический спектр π^+ -мезонов, неупруго-рассеянных в интервал углов $\Delta\theta = 120 - 180^\circ$ на ядре ^{12}C . а/ экспериментальный, б/ расчетный спектры для π -мезонов с $E_0 = 230$ МэВ.

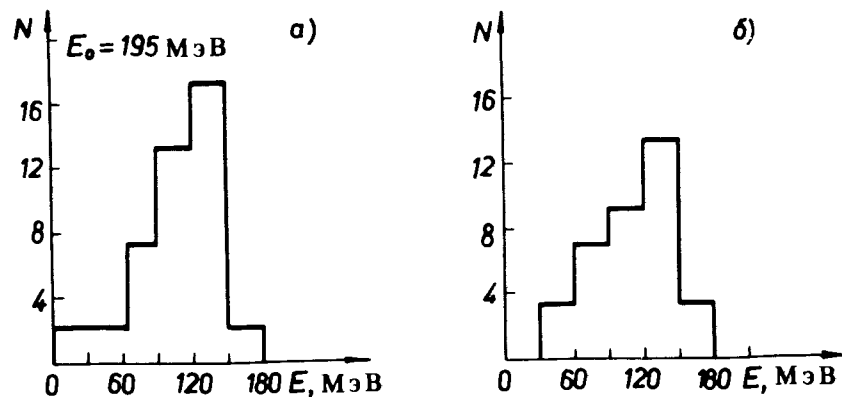


Рис. 5. Энергетический спектр π^+ -мезонов, неупруго-рассеянных в интервале углов $\Delta\theta = 0 - 60^\circ$ на ядре ^{12}C . а/ экспериментальный, б/ расчетный спектры для π -мезонов с $E_0 = 230$ МэВ.

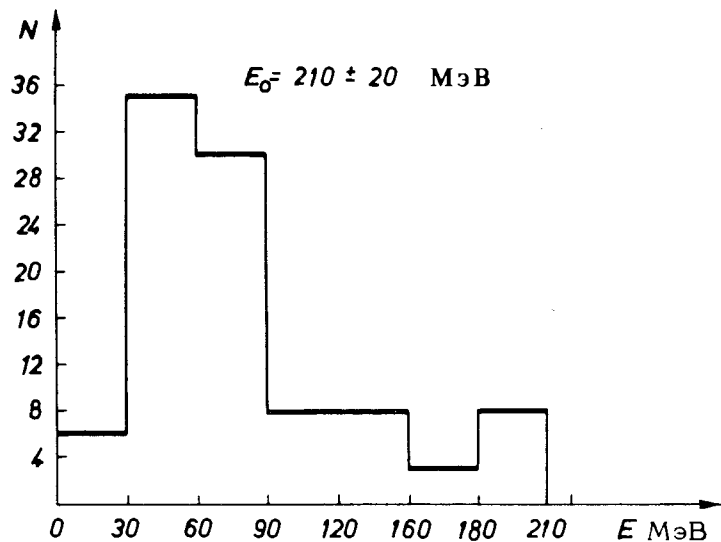


Рис. 6. Энергетическое распределение π^- -мезонов, неупруго-рассеянных на ядрах фотоэмульсии.

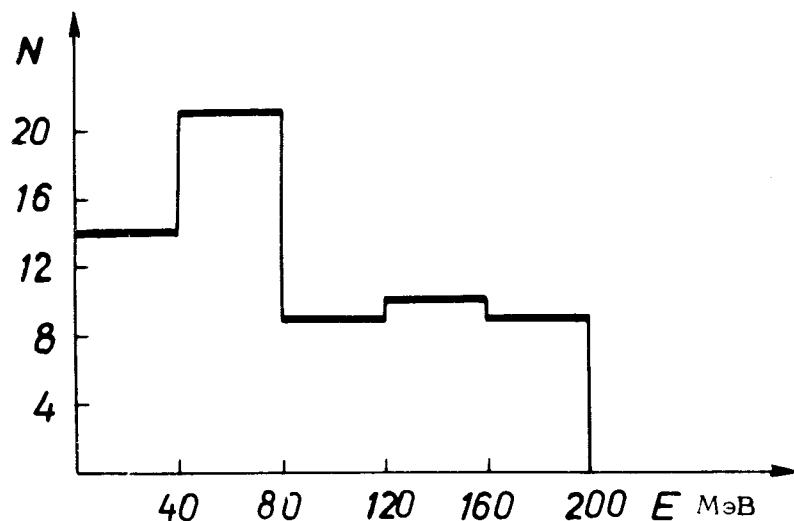


Рис. 7. Энергетическое распределение π^- -мезонов, неупруго-рассеянных ядрами свинца.

Аналогичный вывод следует из рассмотрения энергетических распределений. В представленных энергетических спектрах /рис. 4-7/ нет преобладания рассеянных частиц с энергией, близкой к начальной, а, напротив, преобладают частицы, энергия которых меньше половины начальной.

В таблице, заимствованной из работы [3], произведено сравнение экспериментальных и вычисленных средних значений энергии неупруго-рассеянных π^\pm -мезонов ядрами углерода; начальные энергии π^\pm -мезонов равны 195 и 230 МэВ соответственно. Вычисленные энергетические спектры и средние значения энергии были получены при расчете каскада в ядре углерода под действием π -мезонов с энергией 230 МэВ, выполненном с учетом процесса захвата π -мезонов и в предположении о том, что π -мезоны рассеиваются только на отдельных ядерных нуклонах.

Таблица

Ядро	Энергия и знак мезона	Средняя энергия /МэВ/			
		$\Theta = 0 - 60^\circ$		$\Theta = 120 - 180^\circ$	
		Опыт	Расчет	Опыт	Расчет
^{12}C	195/+ /	107	-	74	-
^{12}C	230/- /	107	128	88	94

Согласие экспериментальных и вычисленных спектров /рис. 4,5/, а также экспериментальных и вычисленных средних значений энергии /см. таблицу/ говорят о том, что неупругое рассеяние π -мезонов ядрами обусловливается рассеянием налетающих частиц отдельными ядерными нуклонами. Аналогичные выводы следуют из многих других работ, посвященных экспериментальному исследованию неупругого рассеяния π -мезонов ядрами, в частности, из работы [6], в которой изучалось взаимодействие отрицательных π -мезонов с ядрами углерода и свинца при энергии 125 МэВ.

Таким образом, представленные экспериментальные данные действительно свидетельствуют о том, что вклад диаграммы /2/ в неупругое рассеяние π -мезонов ядрами сильно подавлен.

В работе /1/ диаграмма /2/ привлекалась для объяснения результатов опыта /7/ по измерению сечений образования ядер ^{11}C , ^{13}N и ^{15}O при бомбардировке ядер ^{12}C , ^{14}N и ^{16}O соответственно положительными и отрицательными π -мезонами с энергией 180 МэВ. В ней было показано, что можно добиться неплохого согласия экспериментальных и расчетных отношений сечений

$$\frac{\sigma[(\pi^+ + A) \rightarrow (A-1) + \dots]}{\sigma[(\pi^- + A) \rightarrow (A-1) + \dots]}$$

если учесть наряду с диаграммой /1/ и диаграмму /2/. Абсолютные сечения и другие характеристики процесса неупругого рассеяния в этой работе не анализировались.

Анализ, проведенный в настоящей заметке, показывает, однако, что из рассмотрения только отношений сечений нельзя сделать вывод о наличии существенного вклада диаграммы /2/ в неупругое рассеяние π -мезонов ядрами.

Литература

1. А.В.Тарасов. Труды Международного семинара по взаимодействию частиц высокой энергии с ядрами. Москва, сентябрь 1973 г., вып. II, М., Атомиздат, стр. 16.
А.С.Пак, Л.Поч, А.В.Тарасов. ЯФ, 21, 520 /1975/.
2. Ю.Р.Гисматуллин, И.А.Ланцев, В.И.Остроумов. ЯФ, 21, 950 /1975/.
3. Н.И.Петров, В.Г.Иванов, В.А.Русаков. ЖЭТФ, 37, 957 /1959/.
4. А.Н.Morrish. Phil.Mag., 45, 47 (1954).

5. В.П.Джелепов, В.Г.Иванов, М.С.Козодаев, В.Т.Осипенков, Н.И.Петров, В.А.Русаков. ЖЭТФ, 31, 923 /1956/.

6. J.O.Kessler, L.M.Lederman. Phys.Rev.94,689(1954).

7. D.T.Chivers, E.M.Rimmer, B.W.Allardyce, R.C.Witcomb, J.J.Domingo, N.M.Tanner. Nucl.Phys., 126A, 129(1969).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 августа 1976 года.

Редколлегия журнала ЭЧАЯ сообщает, что вышел в свет журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра", том 7, вып. 3. Подписаться на журнал можно в агентствах и отделениях "Союзпечати", в отделениях связи, а также у общественных распространителей.