

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



17-1/163

P1 - 8955

Handwritten signature or initials

Ю.А.Щербаков, Т.Ангелеску, М.М.Кулюкин,
В.И.Ляшенко, Р.Мах, А.Михул, Нгуен Минь Као,
Ф.Никитиу, Д.Б.Понтекорво, М.Г.Сапожников,
В.К.Сарычева, М.Семерджиева, Т.Трошев,
Н.Трошева, И.В.Фаломкин, Ф.Балестра, Л.Буссо,
Р.Гарфаньини, Г.Пираджино

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ π^+ -МЕЗОНОВ НА ЯДРАХ
 ^3He В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 68-208 МЭВ

1975

Ранг публикаций Объединенного института ядерных исследований

Препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований /ОИЯИ/ являются самостоятельными публикациями. Они издаются в соответствии со ст. 4 Устава ОИЯИ. Отличие препрингов от сообщений заключается в том, что текст препринта будет впоследствии воспроизведен в каком-либо научном журнале или аperiodическом сборнике.

Индексация

Препринты, сообщения и депонированные публикации ОИЯИ имеют единую нарастающую порядковую нумерацию, составляющую последние 4 цифры индекса.

Первый знак индекса - буквенный - может быть представлен в 3 вариантах:

"Р" - издание на русском языке;

"Е" - издание на английском языке;

"Д" - работа публикуется на русском и английском языках.

Препринты и сообщения, которые рассылаются только в страны-участницы ОИЯИ, буквенных индексов не имеют.

Цифра, следующая за буквенным обозначением, определяет тематическую категорию данной публикации. Перечень тематических категорий изданий ОИЯИ периодически рассылается их получателям.

Индексы, описанные выше, проставляются в правом верхнем углу на обложке и титульном листе каждого издания.

Ссылки

В библиографических ссылках на препринты и сообщения ОИЯИ мы рекомендуем указывать: инициалы и фамилию автора, далее - сокращенное наименование института-издателя, индекс, место и год издания.

Пример библиографической ссылки:

И.И.Иванов. ОИЯИ, Р2-4985, Дубна, 1971.



Ю.А.Щербаков, Т.Ангелеску, М.М.Кулюкин,
В.И.Ляшенко, Р.Мах, А.Михул, Нгуен Минь Као,
Ф.Никитиу, Д.Б.Понтекорво, М.Г.Сапожников,
В.К.Сарычева, М.Смерджиева, Т.Трошев,
Н.Трошева, И.В.Фаломкин, Ф.Балестра*, Л.Буссо*,
Р.Гарфаньини*, Г.Пираджино*

УПРУГОЕ РАССЕЙАНИЕ π^+ -МЕЗОНОВ НА ЯДРАХ
 ${}^3\text{He}$ В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 68-208 МЭВ

Направлено в "Nuovo Cimento"
и на 6 Международную конференцию по физике
высоких энергий и структуре ядра (США, 1975)

* Институт физики Туринского университета.

Национальный институт ядерной физики - Туринская
секция.

Шербаков Ю.А., Ангелеску Т., Кулюкин М.М. и др.

PI - 8955

Упругое рассеяние π^{\pm} мезонов на ядрах ${}^3\text{He}$ в диапазоне энергий 68-208 МэВ

Измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния пионов на ядрах ${}^3\text{He}$ при энергиях 68, 98, 120, 135, 145, 156, 198, 208 МэВ. Эксперименты выполнены на гелиевой стримерной камере высокого давления. Данные сопоставляются с расчетами по оптической модели. Даются оценки константы связи $f^2(\pi^{\pm} {}^3\text{He} {}^3\text{H})$.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Shcherbakov Yu.A., Angelescu T.,
Kulyukin M.M. et al.

PI - 8955

Elastic π^{\pm} Meson Scattering on ${}^3\text{He}$ Nuclei
in the Energy Range of 68-208 MeV

Differential cross sections of elastic π meson scattering on ${}^3\text{He}$ nuclei at energies of 68, 98, 120, 135, 145, 156, 198, 208 MeV have been measured. The experiments have been performed with the filled streamer chamber at high pressure. Data are compared with optical model calculations. Estimations of the $f^2(\pi^{\pm} {}^3\text{He} {}^3\text{H})$ coupling constant are given.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

Впервые исследование упругого рассеяния пионов на ядрах гелия-3 было выполнено в работах ^{1,2}. Ниже приводятся данные по измерению дифференциальных сечений упругого рассеяния на гелиевой стримерной камере высокого давления, управляемой сцинтилляционным годоскопом ³.

Постановка опыта, параметры пучков и методы выделения событий упругого рассеяния описаны в работах ^{4,5}.

В табл. 1 приведены данные по дифференциальным сечениям при энергиях 68, 98, 120, 135, 145, 156 МэВ для положительных и отрицательных пионов, а при энергиях 198 и 208 МэВ только для отрицательных пионов. Диапазон углов, в котором производилось измерение дифференциальных сечений, указан в системе центра масс для каждого распределения. В отличие от ранее опубликованных данных для дифференциальных сечений на гелии-4, измерения для гелия-3 выполнены с меньшей статистикой и носят предварительный характер. Измерения с гелием-3 более трудоемки, поскольку по сравнению с гелием-4 сечение взаимодействия оказывается меньшим.

В табл. 1 мы приводим не публиковавшиеся ранее значения дифференциальных сечений при 98 МэВ, а также уточненные данные при энергии 156 МэВ (ранее принятый нами за 154 МэВ). При дифференциальном сечении мы приводим только величину статистической ошибки.

В табл. 2 приведены данные по энергетической зависимости полного сечения упругого рассеяния положительных и отрицательных пионов на ядрах гелия-3.

Таблица 1а

Дифференциальные сечения упругого рассеяния π^+ и π^- мезонов на ядрах ${}^3\text{He}$ при энергии 98, 120, 135, 145, 156 МэВ, π^- мезонов на ядрах ${}^3\text{He}$ при энергии 198 и 208 МэВ и π^+ мезонов при энергии 68 МэВ

68 MeV			98 MeV				
$\pi^+ {}^3\text{He}$			$\pi^+ {}^3\text{He}$		$\pi^- {}^3\text{He}$		
$\theta_{\text{C.M.}}$	$d\sigma/d\Omega$ mb/sr	ϵ mb/sr	$\theta_{\text{C.M.}}$	$d\sigma/d\Omega$ mb/sr	ϵ mb/sr	$d\sigma/d\Omega$ mb/sr	ϵ mb/sr
			32.3	13.05	1.08	7.93	0.75
45.3	3.39	0.94	43.0	6.66	0.58	6.35	0.50
55.7	0.88	0.25	52.5	3.21	0.36	3.02	0.31
73.8	0.42	0.15	64.0	1.33	0.22	1.56	0.22
91.5	0.82	0.25	74.3	0.39	0.12	0.94	0.17
104.0	2.04	0.49	84.5	0.56	0.15	0.81	0.16
113.8	2.22	0.52	94.5	1.67	0.26	0.64	0.14
123.5	2.77	0.58	104.5	1.63	0.26	1.06	0.19
133.1	2.86	0.60	114.3	2.02	0.30	1.01	0.18
142.6	3.52	0.67	123.9	1.89	0.29	1.73	0.24
152.0	3.34	0.63	133.4	2.94	0.36	1.78	0.25
163.7	2.96	0.58	142.9	2.77	0.35	1.24	0.21
			152.2	3.43	0.40	1.07	0.20
			161.5	2.00	0.31	1.04	0.19

120 MeV					135 MeV								
$\pi^+ \text{ } ^3\text{He}$			$\pi^- \text{ } ^3\text{He}$			$\pi^+ \text{ } ^3\text{He}$			$\pi^- \text{ } ^3\text{He}$				
$\Theta_{C.M.}$	$d\sigma$	$d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$	$d\sigma$	$d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$	$\Theta_{C.M.}$	$d\sigma$	$d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$	$d\sigma$	$d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$
29.9	19.50	0.74	I	47	0.92	00.0	27.03	0.90	14.28	2.90			
35.2	20.83	2.21	II	78	2.28	35.4	19.92	3.96	14.50	2.30			
40.5	19.01	1.5	8.14	1.98	40.8	12.08	2.73	13.22	1.93				
45.8	11.17	1.26	5.71	1.47	46.1	10.96	2.32	8.75	1.40				
51.2	0.24	0.80	0.27	1.32	51.4	4.80	1.45	5.69	1.07				
56.5	0.43	0.83			56.7			3.54	0.85				
59.1			2.00	0.64	59.4	2.31	0.73						
64.4	2.17	0.36			67.2			1.47	0.32				
69.6			1.60	0.51	72.4	1.28	0.44						
82.3	0.64	0.13			82.6			0.75	0.23				
87.3			0.61	0.20	87.7	1.47	0.48						
102.4	1.64	0.27			97.7			0.82	0.24				
109.7			0.92	0.26	105.1	0.87	0.32						
114.6	1.86	0.35			112.4			1.31	0.31				
124.2	0.22	0.39			122.0	1.19	0.44						
131.3			0.65	0.22	131.5			0.48	0.15				
133.7	1.67	0.34			136.2	1.50	0.49						
145.4	1.61	0.27			154.8	0.66	0.26						
157.0			0.83	0.25	157.1			0.38	0.12				
161.6	1.07	0.20											

Таблица 1в

145 MeV					156 MeV				
$\pi^+ \text{ } ^3\text{He}$			$\pi^- \text{ } ^3\text{He}$		$\pi^+ \text{ } ^3\text{He}$			$\pi^- \text{ } ^3\text{He}$	
$\Theta_{\text{С.М}}$	$d\sigma/d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$	$d\sigma/d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$	$\Theta_{\text{С.М}}$	$d\sigma/d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$	$d\sigma/d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$
30.1	22.08	3.65	13.50	2.60	30.2	37.65	4.83	18.57	1.93
35.5	28.15	3.20	9.3	1.68	35.6	25.40	3.26	13.58	1.32
40.9			7.58	1.32	41.0	15.08	2.14	11.28	1.05
43.6	10.60	1.16			46.4	12.23	1.79	5.52	0.68
46.2			5.95	1.07	51.7	6.34	1.26	3.47	0.51
51.6	3.70	0.89	3.37	0.77	57.0	3.89	0.99	2.7	0.44
56.9	2.43	0.72			62.3			1.66	0.34
64.7			0.73	0.18	67.5	1.69	0.39		
67.3	1.03	0.28			70.1			0.84	0.17
					83.0	0.73	0.25	0.63	0.13
82.8	0.66	0.22	0.43	0.17	98.0	1.11	0.32	0.35	0.10
					112.7	1.38	0.35	0.53	0.12
97.8	1.06	0.29	0.40	0.16	127.1	1.51	0.38	0.56	0.12
110.2			0.99	0.32	141.1	1.08	0.31		
112.6	1.25	0.32			148.0			0.16	0.05
122.7			0.36	0.16					
126.9	0.69	0.24			159.5	0.42	0.16		
138.7	1.26	0.40	0.42	0.15					
150.3	0.53	0.21							
159.5			0.42	0.14					
164.1	0.24	0.15							

Таблица 1г

198 MeV			208 MeV		
$\pi^- - {}^3\text{He}$			$\pi^- - {}^3\text{He}$		
Θ С.М.	$d\sigma/d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$	Θ С.М.	$d\sigma/d\Omega, \text{mb/sr}$	$\epsilon, \text{mb/sr}$
30.5	18.13	2.38	30.6	17.96	2.32
36.0	13.08	1.59	36.1	11.92	1.57
41.5	7.65	1.07	41.6	7.48	1.12
46.9	4.58	0.72	47.0	4.57	0.83
52.3	3.61	0.59	52.4	2.67	0.64
57.7	2.01	0.43	57.8	0.66	0.31
68.1	0.64	0.13	68.3	0.73	0.26
83.6	0.52	0.13	83.8	0.15	0.09
105.9	0.11	0.05	106.1	0.09	0.05
145.8	0.02	0.02	145.9	0.06	0.03

Таблица 2

	$\Pi^+ \text{ } ^3\text{He}$		$\Pi^+ \text{ } ^4\text{He}$	
T [MeV]	σ_{el} [mb]	nr of events	σ_{el} [mb]	nr of events
68			22 ± 3	206
98	30 ± 2	757	45 ± 4	828
120	37 ± 4	149	60 ± 5	621
135	46 ± 5	276	67 ± 7	157
145	33 ± 4	203	67 ± 7	305
156	44 ± 4	488	84 ± 9	346
198	36 ± 4	319		
208	41 ± 4	348		

В этой таблице приведены также данные об общем количестве событий, зарегистрированных в интервале измерявшихся углов. Величины полных сечений даются в диапазоне углов 0° - 180° и получены путем интегрирования кривых, проведенных по экспериментальным данным с помощью полиномов Лежандра. С привлечением критериев F и χ^2 находилось оптимальное число членов в полиномах Лежандра.

При значении сечения указывается ошибка, которая учитывает как статистику, так и возможную неопределенность, связанную с процедурой интегрирования. Как показывают оценки, область интерференции с кулоновским взаимодействием располагается ниже диапазона регистрируемых углов и вследствие этого не могла давать значительного вклада в величину полного сечения сильного взаимодействия.

Обсуждение результатов

На рис. 1,2,3,4 показаны величины дифференциальных сечений, полученные экспериментально, а также расчетные кривые, вычисленные на основе оптической модели с учетом спина и изоспина [6]. По аналогии с этой работой, мы использовали распределение плотности ядерного вещества в виде распределения Гаусса с радиусом, соответствующим электромагнитному радиусу ядра гелия-3, получаемому из опыта по рассеянию электронов [7] ($R_{3He} = 1,88$ фм). Было использовано два вида оптического потенциала:

Кисслингера:

$$\langle \vec{r} | V_k \phi \rangle = \{ V_c(r) + V\rho(r) + C(-\vec{V}\rho(r)\vec{V} + \frac{\pi}{3M} V^2\rho(r) + V_\sigma(r) \} \langle \vec{r} | \phi \rangle$$

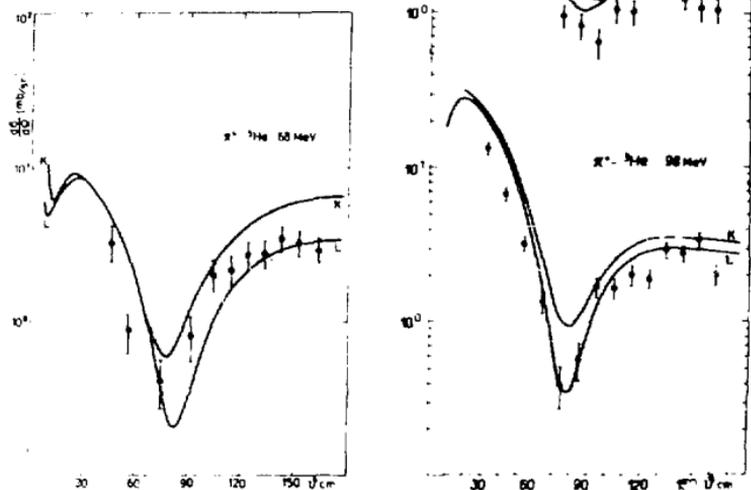


Рис. 1. Дифференциальные сечения упругого рассеяния пионов на ядрах гелия-3 при различных энергиях. Кривые, показанные на рисунке, являются результатами расчетов по оптической модели с потенциалами Кисслингера (кривая **К**) и Лапласа (кривая **Л**). На рисунке представлены энергии 68 и 38 МэВ.

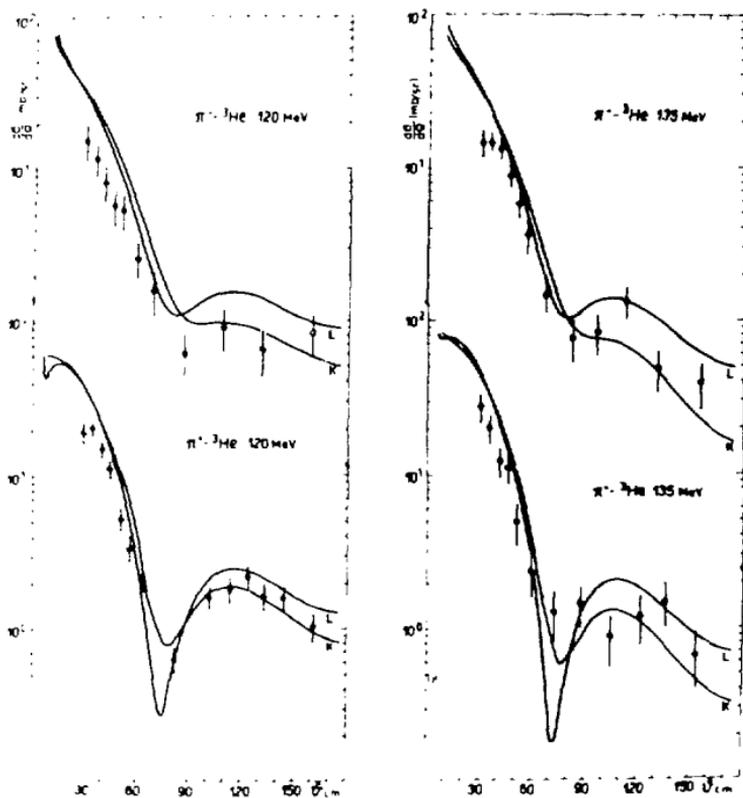


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, но для энергий 120 и 135 МэВ.

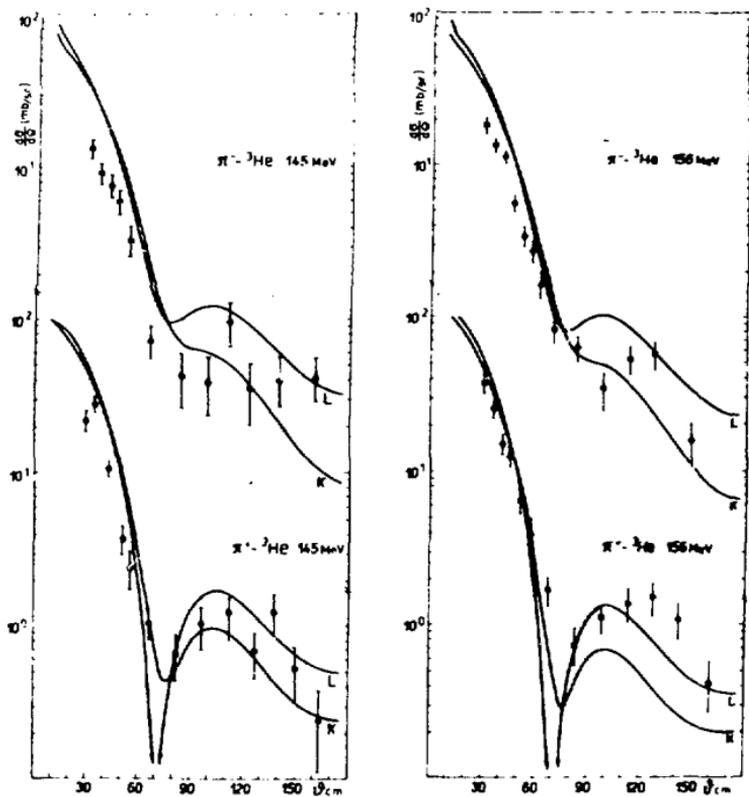


Рис. 3. То же, что и на рис. 1, но для энергий 145 и 156 МэВ.

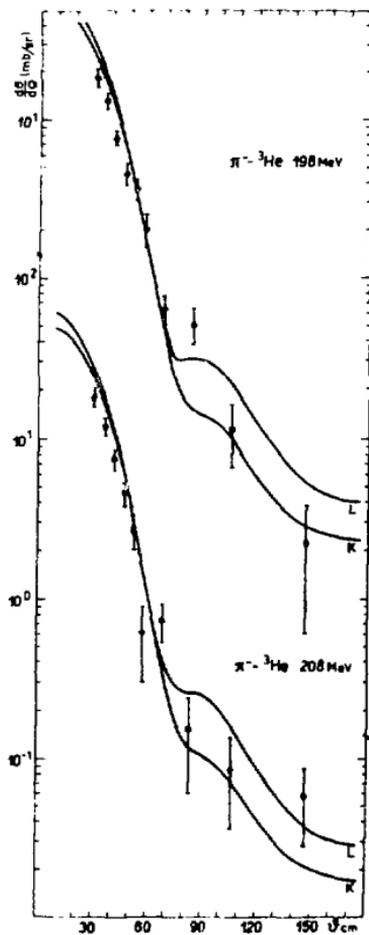


Рис. 4. То же, что и на рис. 1, но для энергий 198 и 208 МэВ.

и Лапласа:

$$\langle \vec{r} | \mathbf{V}_L \phi \rangle = \{ \mathbf{V}_c(\mathbf{r}) + (\mathbf{B} + \mathbf{P}_{\text{АСМ}}^2 \cdot \mathbf{C}) \rho(\mathbf{r}) + \frac{1}{2} \frac{\mathfrak{M}^2}{\mu^2} (\nabla^2 \rho(\mathbf{r})) + \mathbf{V}_\sigma(\mathbf{r}) \} \langle \vec{r} | \phi \rangle,$$

$$\mathbf{V}_\sigma(\mathbf{r}) = \frac{2}{3} \mathbf{J} \cdot \vec{l}' \cdot \mathbf{D} \left(1 + \frac{2}{3} \frac{\mathfrak{M}}{\mathbf{M}} \right) \frac{1}{2} \frac{\partial \rho(\mathbf{r})}{\partial \mathbf{r}}.$$

Здесь

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \frac{2}{3} \vec{i}' \cdot \vec{T}' \cdot \mathbf{B}_1$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{C}_0 + \frac{2}{3} \vec{i}' \cdot \vec{T}' \cdot \mathbf{C}_1$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{D}_0 - 2 \vec{i}' \cdot \vec{T}' \cdot \mathbf{D}_1,$$

$$\rho_c(\mathbf{r}) = 8\pi \mathfrak{M} t_3 \left(\frac{1}{2} + \frac{\mathbf{T}_3}{3} \right) e^2 \int \frac{\rho_c(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r}' - \mathbf{r}|} d^3 r',$$

представляет собой модифицированный кулоновский потенциал. Операторы \mathbf{J} , \vec{T} и \vec{i} действуют в ядерном спиновом и изоспиновом, а также в изоспичном пространстве пиона, соответственно. Через \vec{l}' обозначен оператор орбитального момента системы пион-ядро. Коэффициенты \mathbf{B}_1 , \mathbf{C}_1 и \mathbf{D}_1 ($\vec{i}' = 0, 1$ и т.д.) связаны обычным образом с пион-нуклонными фазовыми сдвигами¹¹. Далее, \mathbf{M} и μ представляют собой, соответственно, массу нуклона и приведенную массу системы пион-ядро; \mathfrak{M} — релятивистский аналог приведенной массы для системы пион-ядро. В расчетах принималось, что волновая функция основного состояния ядра представляет собой только чисто симметричное S -состояние, учитывались только S и P -волны, фазовые сдвиги брались из работы⁹.

Как видно из сопоставления экспериментальных данных с расчетами, между ними имеется довольно хорошее согласие. Это более заметно в случае рассеяния положительных мезонов.

Экспериментальные и теоретические данные заметно расходятся в области малых углов. В области же больших углов, где наиболее сильное различие между потенциалами Пауласа и Кисслингера, статистических данных недостаточно для того, чтобы отдать предпочтение какому-либо потенциалу. Предсказываемое теорией различие глубин первых минимумов для положительных и отрицательных пионов (глубже для положительных) качественно согласуется с экспериментальными данными.

На рис. 5 показаны энергетические зависимости полных сечений упругого рассеяния пионов на ядрах гелия-3 для пионов обоих знаков. Диапазон энергий, соответствующий положению резонанса $3/2-3/2$, перекрыт нами только в измерениях с отрицательными пионами. В соответствии с изотопическими соотношениями, величина сечения упругого рассеяния для отрицательных пионов оказывается значительно меньшей, чем для положительных.

Очень пологий характер кривой в случае рассеяния отрицательных пионов, а также недостаточная точность не позволяет достоверно установить положение максимума в энергетической зависимости сечения упругого рассеяния для ядра гелия-3. В случае положительных пионов измерения проведены только до 156 МэВ. Сечение в этом случае продолжает нарастать, но, к сожалению, не имелось возможности провести измерения при более высоких энергиях.

На этом же рисунке приведены результаты вычисления полных сечений упругого рассеяния по оптической модели для положительных и отрицательных пионов. Экспериментальные значения оказываются значительно ниже теоретических оценок с любым из двух потенциалов. Однако наблюдаемое на опыте различие в величинах сечения π^+ и π^- -мезонов качественно согласуется с тем, что следует из соотношения:

$$\left(\frac{\sigma^+ - \sigma^-}{\langle \sigma \rangle} \right)_{\text{эксп.}} \approx \left(\frac{\sigma^+ - \sigma^-}{\langle \sigma \rangle} \right)_{\text{теор.}}$$

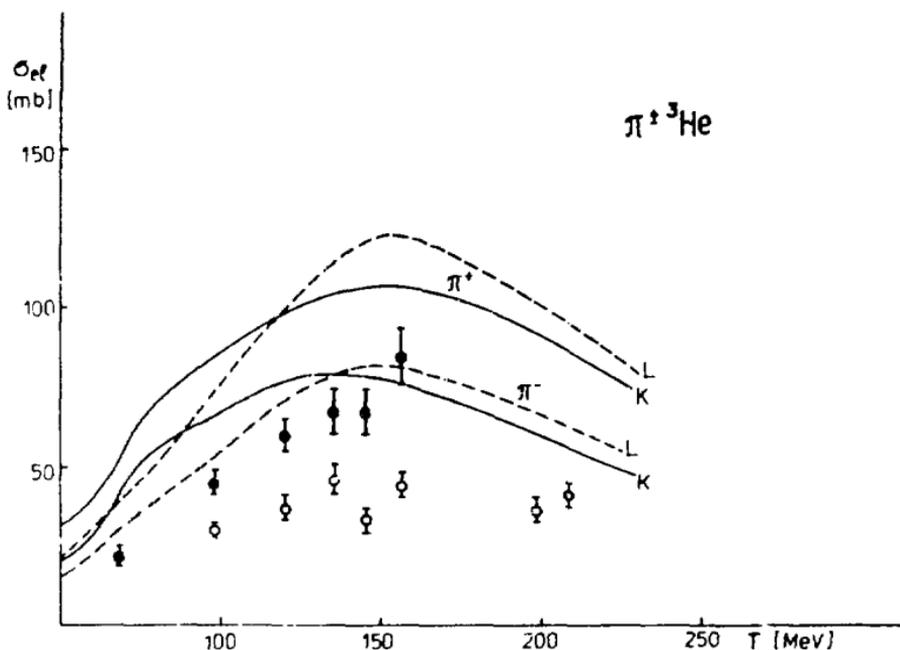


Рис. 5. Энергетические зависимости полных сечений упругого рассеяния пионов на ядрах гелия-3. ● - экспериментальные точки в случае π^+ -мезонов, ○ - экспериментальные точки в случае π^- -мезонов. Кривые, показанные на рисунке, являются результатами расчетов по оптической модели с потенциалами Кисслингера (кривые К) и Лапласа (кривые Л).

где $\langle \sigma \rangle$ - среднее для π^+ и π^- -мезонов значение сечения упругого рассеяния.

Полученные нами экспериментальные данные по дифференциальным сечениям мы попытались использовать для определения константы взаимодействия $f^2(\pi \ ^3\text{He} \ ^3\text{H})$. В отличие от предлагавшегося ранее способа¹⁰, мы применили метод Чью и Лоу¹¹, в котором оказалось возможным использовать не отдельные угловые распределения, а все имевшиеся в нашем распоряжении экспериментальные данные. Для извлечения величины константы были вычислены фазовые сдвиги с использованием оптической модели (потенциал Кисслингера). Вычисленные фазовые сдвиги, как показывает сравнение экспериментальных дифференциальных сечений с расчетными, не дают удовлетворительного согласия теории с экспериментом. Не имея необходимых данных для проведения полного фазового анализа, мы провели некоторую процедуру, которая позволила, на наш взгляд, получить более реалистичский набор фазовых сдвигов. Для получения согласия между расчетными угловыми распределениями и измеренными на опыте в расчетный набор фазовых сдвигов (кроме фаз для амплитуд S_3 и P_{33}) был введен нормировочный коэффициент, который оказался практически постоянным во всем диапазоне рассматриваемых энергий (его величина составляла $\sim 0,67$). Затем фазы были зафиксированы на этих значениях и было произведено варьирование фаз для амплитуд S_3 и P_{33} , доминирующих в пион-ядерном взаимодействии вблизи резонанса $3/2, 3/2$. При этом было получено наименьшее значение χ^2 . Следует отметить, что фитирование производилось одновременно для π^+ и π^- -мезонов. Значение χ^2 , приходящееся на одну точку, составило $\sim 1,4$. При анализе были использованы только экспериментальные данные при энергиях 98, 120, 135 и 156 МэВ. На рис. 6 показана энергетическая зависимость фазовых сдвигов для P_{33} - волны как расчетная (оптическая модель с потенциалом Кисслингера), так и полученная из условия наилучшего соответствия расчетных дифференциальных сечений с экспериментальными данными.

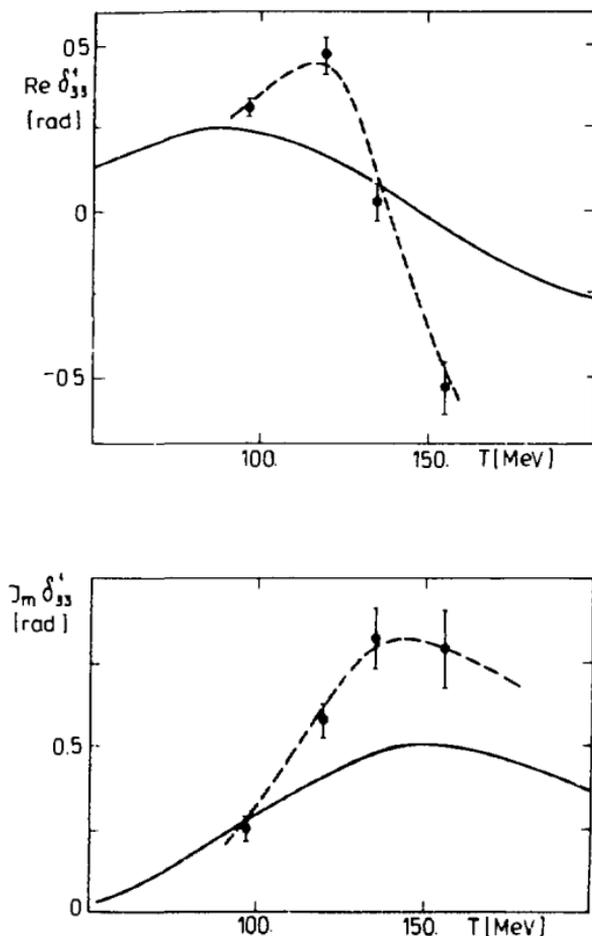


Рис. 5. Энергетическая зависимость фазовых сдвигов для P_{33} - волны ($\text{Re } \delta_{33}^1$ и $\text{Im } \delta_{33}^1$). Сплошные кривые получены из расчетов по оптической модели с потенциалом Кисслингера, экспериментальные точки и проведенная через них пунктирная кривая соответствуют значениям фаз, дающим наилучшее согласие с экспериментальными дифференциальными сечениями.

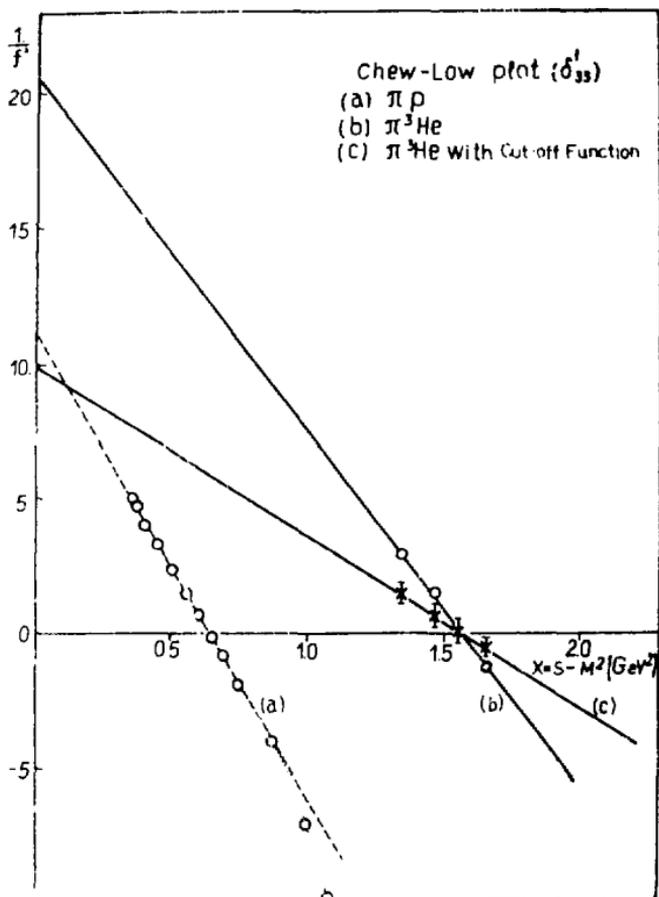


Рис. 7. Экстраполяция по теории Чью и Лоу фазы δ_{33}^I , выраженной в терминах константы связи, в полюс.

На рис. 7 приведен результат экстраполяции в полюс при $S = M^2$ (здесь M - масса трития, а S - полная энергия пион-ядро ${}^3\text{He}$), сделанной на основе найденных фазовых сдвигов. На графике указаны данные как без введения "функции обрезания", так и с введением ее ¹². Функция обрезания очень важна при использовании теории Чью и Лоу для π -ядерного рассеяния. В последнем случае для величины константы взаимодействия $f^2(\pi^3\text{He}^3\text{H})$ мы получаем значение:

$$f^2 = 0,101 \pm 0,018.$$

Данное значение константы можно сопоставить с результатами, предсказанными в работе¹³:

$$f^2 = 0,08,$$

а также в работе¹⁴:

$$f^2 = 0,16,$$

и с оценками, сделанными на основе дисперсионных соотношений для ряда других ядер^{15,16}:

$$f_{\pi Li}^2 - f_{\pi Be}^2 = 0,06.$$

На рис. 7 приведены также данные по экстраполяции в случае πp -рассеяния с использованием фазовых сдвигов из работы⁹. Как видно величина константы $f_{\pi p}^2$ оказывается равной 0,088.

Авторы благодарны В.П.Джелепову и Л.И.Ланидусу за поддержку данной работы и В.Б.Беляеву и Б.З.Копельовичу за полезные обсуждения.

Литература

1. Р.Г.Грфаньяни и др. Препринт ОИЯИ Р1-6692, Дубна, 1972.
2. М.Альбу и др. Препринт ОИЯИ Р1-7742, Дубна, 1974.
3. В.М.Королев и др. Препринт ОИЯИ Р13-6691, Дубна, 1972.
4. М.М.Кулюкин и др. Препринт ОИЯИ Р1-6131, Дубна, 1971.
5. М.Альбу и др. Препринт ОИЯИ, Р1-7628, Дубна, 1973.
6. R.Mach et al. Preprint JINR L4-3200. Dubna 1974. Phys.Lett., B53, 133 (1974).
7. J.S.McCarthy et al. Phys.Lett., 25 (1970) 884.
8. E.H.Auerbach, D.M.Fleming, H.M.Sternheim. Phys.Rev., 162 (1967) 1633.
9. S.Almehed, C.Lovelace. Nucl.Phys., B40 (1972) 157.

10. O.V.Dumbrasis, F.Nichitiu, Yu.A.Shcherbakov.
Preprint JINR E2-6962, Dubna 1973.
11. G.Chew, F.Low.Phys.Rev., 101 (1956) 1570.
12. W.M.Layson.Nuovo Cim., 20 (1961) 1207.
13. T.E.O.Fricson, H.P.Locher.Nucl.Phys.,
B143 (1970) 1.
14. B.Z.Kopeliovich, ЖФ, 18, 1157 (1973).
15. P.Osland.Nucl.Phys., B56 (1973) 303.
C.Wilkin et al.Nucl.Phys., B62 (1973) 61.
16. G.T.A.Squir et al.Phys.Rev.Lett.,
31 (1973) 389.
H.Ericson, M.Krell. Preprint LICEN 7457
(1974).

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июня 1975 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория физики твердого тела

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

16-4888	Дозиметрия излучений и физика защиты ускорителей заряженных частиц. Дубна, 1969.	250 стр.	2 р. 64 к.
Д1-5969	Труды Международного симпозиума по физике высоких энергий. Дрезден, 1971.	773 стр.	7 р. 69 к.
Д-6004	Бинарные реакции адронов при высоких энергиях. Дубна, 1971.	768 стр.	7 р. 60 к.
Д10 6142	Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. Дубна, 1971.	564 стр.	6 р. 14 к.
Д13 6210	Труды VI Международного симпозиума по ядерной электронике. Варшава, 1971.	372 стр.	3 р. 67 к.
Д1-6349	Труды IX Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра. Дубна, 1971.	670 стр.	6 р. 95 к.
Д 6465	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1972.	525 стр.	5 р. 85 к.
P2-6762	Р.М. Мурадян. Автомодельность в инклюзивных реакциях. Лекция, прочитанная на Входе молодых ученых по физике высоких энергий. Сухуми, 1972.	111 стр.	1 р. 10 к.
Д-6840	Материалы II Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Штрбске Плесо, ЧССР, 1972.	398 стр.	3 р. 96 к.
13 71A	Пропорциональные камеры. Дубна, 1973.	173 стр.	2 р. 20 к.
Д2-7161	Нелокальные, кельвинские и перенормируемые теории поля. Алушта, 1973.	280 стр.	2 р. 75 к.

Д1.2-7411	Глубокоупругие и множественные процессы. Дубна, 1973.	507 стр.	5 р. 66 к.
Д13 7616	Труды VII Международного симпозиума по ядерной электронике. Будапешт, 1973.	372 стр.	3 р. 65 к.
Р1.2 7642	Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973.	623 стр.	7 р. 15 к.
Д10 7707	Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1973.	564 стр.	5 р. 57 к.
Д1.2 7781	Труды III Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Саяна, 1973.	478 стр.	4 р. 78 к.
Д3-7991	Труды II Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1974.	552 стр.	2 р. 50 к.
П1.2 8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	376 стр.	2 р. 05 к.
Д10.11 8450	Труды Международной школы по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях. Ташкент, 1974.	465 стр.	2 р. 46 к.
Р1.2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	582 стр.	2 р. 60 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п.я 79.

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам, научным группам и отдельным ученым более 50 стран.

Мы ожидаем, что получатели изданий ОИЯИ будут сами проявлять инициативу в бесплатной посылке публикаций в Дубну. В порядке обмена принимаются научные книги, журналы, препринты и иного вида публикации по тематике ОИЯИ.

Единственный вид публикаций, который нам присылать не следует, это репринты /отписки статей, уже опубликованных в научных журналах/.

В ряде случаев мы сами обращаемся к получателям наших изданий с просьбой бесплатно прислать нам какие-либо книги или выписать для нашей библиотеки научные журналы, издающиеся в их странах.

Отдельные запросы

Издательский отдел ежегодно выполняет около 3 000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Издательский отдел
Объединенного института
ядерных исследований.*

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

*101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Научно-техническая библиотека
Объединенного института
ядерных исследований.*



Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований,
Женева, 1983 г. Тираж 620. Уч.-изд. листов 1,10.
Редактор О.С.Виноградова Подписано к печати 18.6.75 г.
директор Н.А.Кураева