

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



P1 - 8236

К.Георгеску, А.Михул, И.В.Фаломкин, Ю.А.Шербаков

ИМПУЛЬСНОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ
В π^3 He-УПРУГОМ РАССЕЙЯНИИ

A33

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche.

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 препринтов 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.

P1 - 8236

К.Георгеску, А.Михул, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков

ИМПУЛЬСНОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ
В π 3 He-УПРУГОМ РАССЕЙЯНИИ

Георгеску К., Михул А., Фаломкин И.В., Шербаков Ю.А. P1 - 8236

Импульсное приближение в $\pi^3\text{He}$ -упругом рассеянии

Рассмотрено рассеяние пионов на ядре ^3He в импульсном приближении. Использован метод парциальных волн и взяты фазы свободного πN -рассеяния. Расчеты и параметризация сделаны для экспериментальных данных при энергии 98 МэВ. В качестве параметров взяты три величины: R_1 и R_2 - два радиуса ядра ^3He , соответствующие двум различным ядерным формфакторам этого ядра, а также фаза волны P_{33} . Получено достаточно хорошее описание экспериментальных данных.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1974

Gheorgescu C., Mihul A., Falomkin I.V., Shcherbakov Yu.A. P1 - 8236

Impulse Approximation in the Elastic $\pi^3\text{He}$
Scattering

The $\pi^3\text{He}$ scattering has been considered in the impulse approximation. The partial wave method has been used and the phases of free πN scattering have been taken. The calculations as well as parametrization have been performed for experimental data at 98 MeV. Three values have been taken as the parameters: R_1 and R_2 - two radii of the ^3He nucleus, corresponding to two different nuclear form factors of the nucleus, and also the P_{33} wave phase. A sufficiently good description of experimental data has been obtained.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1974

Введение

В последнее время появились первые экспериментальные данные по $\pi^{\pm} \text{}^3\text{He}$ -упругому рассеянию^{1,2}. В нашей работе³ использовано импульсное приближение для расчетов дифференциальных сечений упругого $\pi^{\pm} \text{}^4\text{He}$ -рассеяния. При этом были использованы фазы из πN -рассеяния /только фаза δ_{33}^1 была взята в качестве параметра/. Оказалось, что таким образом довольно хорошо описываются дифференциальные сечения упругого рассеяния пионов на ядрах гелия-4. Поэтому интересно использовать аналогичный подход в случае упругого рассеяния пионов на ядрах гелия-3.

Однако $\text{}^3\text{He}$ отличается от $\text{}^4\text{He}$, в частности, тем, что ядро $\text{}^3\text{He}$ имеет спин /равный 1/2/. Поэтому сечение будет определяться суммой квадратов двух членов:

$$\frac{d\sigma^{\pm}(\theta)}{d\Omega} = \{ [A \cdot F_1(q^2) f_N^{\pm}(\theta) + f_C^{\pm}(\theta)]^2 + [A \cdot F_2(q^2) g_N^{\pm}(\theta)]^2 \}.$$

Здесь знаки "+" и "-" относятся, соответственно, к процессам $\pi^+ \text{}^3\text{He}$ и $\pi^- \text{}^3\text{He}$; A - число нуклонов в ядре; $f_N(\theta)$ - кулоновская амплитуда; $g_N(\theta)$ и $f(\theta)$ - усредненные по всем изотопспиновым и спиновым состояниям амплитуды πN -рассеяния на нуклоне, соответственно, с переворотом спина и без него; $F_1(q^2)$ и $F_2(q^2)$ - два, вообще говоря, различных формфактора. Итак, в отличие от случая $\pi^{\pm} \text{}^4\text{He}$, в сечение здесь входят две ядерные амплитуды и два формфактора ядра $\text{}^3\text{He}$. Вкладом кулоновской амплитуды во второй член пренебрегаем, т.к. в основном кулоновское взаимодействие осуществляется без поворота спина взаимодействующей системы.

Усреднение по спину и изоспину

Ядерные амплитуды πN -рассеяния при разложении по парциальным волнам имеют вид ¹:

$$f(\theta) = \sum_{l=0}^{\infty} [(l+1)f_{l^{-}} + f_{l^{+}}] P_l(\cos\theta)$$

и

$$g(\theta) = i \sum_{l=0}^{\infty} (f_{l^{+}} - f_{l^{-}}) \sin\theta \cdot P_l'(\cos\theta),$$

где

$$f_{l^{\pm}} = \frac{e^{2i\delta_l^{\pm}} - 1}{2ik}.$$

Здесь

$$l^{\pm} = l \pm \frac{1}{2}, \quad l^{-} = l - \frac{1}{2}, \quad P_l' = \frac{dP_l(\cos\theta)}{d(\cos\theta)}.$$

Делая процедуру усреднения по всем состояниям, аналогично осуществленной в нашей работе ³, получаем выражения для амплитуд в случае $\pi + {}^3\text{He}$ -рассеяния:

$$f^+(\theta) = (7S_{31} + 2S_{11}) + (14P_{33} + 7P_{31} + 4P_{13} + 2P_{11}) \cdot \cos\theta + \\ + (14D_{33} + 21D_{35} + 6D_{15} + 4D_{13}) \frac{3\cos^2\theta - 1}{2}$$

и

$$g^+(\theta) = (7P_{33} - 7P_{31} + 2P_{13} - 2P_{11}) \sin\theta + 3(7D_{35} - 7D_{33} - \\ - 2D_{13} + 2D_{15}) \sin\theta \cos\theta,$$

а также для $\pi - {}^3\text{He}$ -рассеяния:

$$f^-(\theta) = (5S_{31} + 4S_{11}) + (10P_{33} + 8P_{13} + 5P_{31} + 4P_{11}) \cos\theta + \\ + (15D_{35} + 12D_{15} + 10D_{33} + 8D_{13}) \frac{3\cos^2\theta - 1}{2}$$

в

$$g^-(\theta) = (5P_{33} + 4P_{13} - 5P_{31} - 4P_{11}) \sin \theta + 3(8D_{35} + 4D_{15} - 8D_{33} - 4D_{13}) \sin \theta \cos \theta.$$

Вычисление сечений

При вычислении дифференциальных сечений фазы πN -рассеяния мы берем из работы ⁴. Выражения для формфакторов берем в форме:

$$F_1(q^2) = \exp\left(-\frac{1}{6} q^2 R_1^2\right)$$

в

$$F_2(q^2) = \exp\left(-\frac{1}{6} q^2 R_2^2\right).$$

При рассматриваемых энергиях вполне оправдан такой вид формфакторов, поскольку передачи импульсов малы. Поэтому нет необходимости использовать более сложный вид формфакторов, применяемый в интерпретации eHe -рассеяния при больших передачах импульса ⁵.

Кроме того, нам необходимо связать кинематические переменные для взаимодействий πN и πHe .

Полагаем:

$$q^2 = q_N^2 = q_{He}^2.$$

Отсюда:

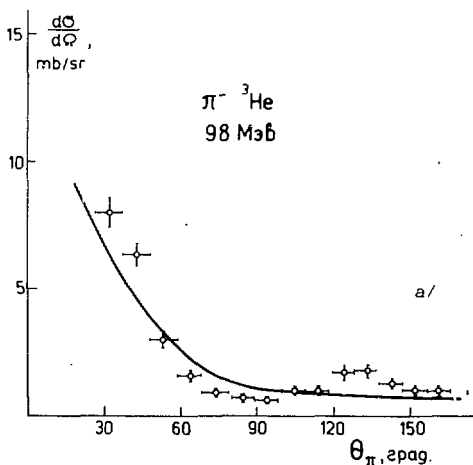
$$\cos \theta_N = 1 - \frac{k_{He}^2}{k_N^2} (1 - \cos \theta_{He}), \quad \sin \theta_N = \sin \theta_{He}.$$

При вычислениях используются все /и нефизические/ значения $\cos \theta_N$. Это позволяет улучшить согласие с экспериментом и в 2-3 раза уменьшить значение χ^2 по сравнению со случаем $\cos \theta_N = \cos \theta_{He}$.

Результаты и сравнение с экспериментом

В данной работе расчеты и параметризация проведены для кинетической энергии пиона 98 МэВ. Сначала мы сделали попытку аппроксимировать экспериментальные данные¹, используя те же параметры, что и в нашей первой работе³, относящейся к π^- ^4He -рассеянию, а именно: R , δ_{33}^1 и ρ_1 / т.е. приняли $R_1 = R_2$ /. Здесь R - радиус ядра ^3He , δ_{33}^1 - фаза волны P_{33} , а ρ - введенная в S -волну мнимая часть так, что $S = S + i\rho$. Результаты показаны на рис. 1 и в табл. 1. Видно, что такая параметризация неудовлетворительна и что в данном случае параметр ρ оказался плохим.

В случае ^3He естественно ввести в качестве параметров два различных ядерных формфактора, поскольку здесь распределение протонов и нейтронов несимметрично. Кроме того, в качестве третьего параметра оставим δ_{33}^1 . Результаты показаны на рис. 2 и в табл. 2. Таким путем получается удовлетворительное описание экспериментальных данных.



Значения δ_{33}^1 оказались по величине заключенными между значениями δ_{33}^1 для $\pi^+ \text{He}$ и δ_{33}^1 для свободного πN -рассеяния. Такого эффекта и следовало ожидать из-за меньшей связанности нуклонов в ядре гелия-3. Интересно отметить, что значение R_1 оказывается довольно близким к электрическому радиусу гелия-3 / $R_e = 1,97 \pm 0,10 \text{ Фм} / \text{''}$. Вообще говоря, радиусы R_1 и R_2 не соответствуют буквально электрическому и магнитному радиусам ядра гелия-3 (R_e, R_m), поэтому различие между этими парами величин не удивительно. Чтобы точнее определить значения R_1 и R_2 и установить, что они не зависят от энергии налетающих частиц, необходимо произвести измерения при различных энергиях,

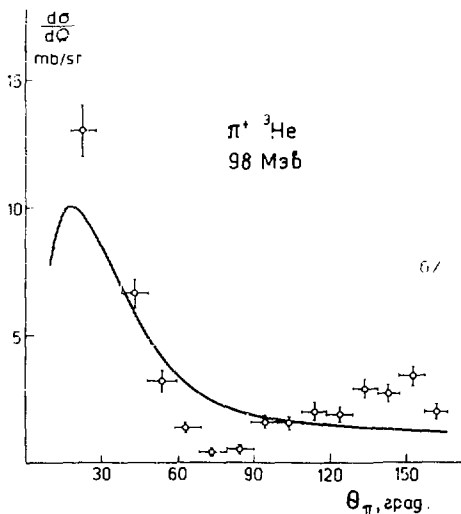


Рис. 1. Аппроксимация экспериментального углового распределения $\pi^+ \text{ } ^3\text{He}$ -упругого рассеяния при энергии 98 МэВ с тремя параметрами (R_1, δ_{33}^1, ρ) для а/ $\pi^- \text{ } ^3\text{He}$ и б/ $\pi^+ \text{ } ^3\text{He}$.

Таблица I

	R , Fm	δ_{33}^1 , rad	ρ	χ^2/n DF
$\pi^- {}^3\text{He}$	1,65 $\pm 0,25$	0,27 $\pm 0,04$	-0,37 $\pm 1,34$	10,0
$\pi^+ {}^3\text{He}$	1,78 $\pm 0,17$	0,25 $\pm 0,05$	-0,28 $\pm 1,60$	45,5

Таблица II

	R_1 , Fm	δ_{33}^1 , рад	R_2 , Fm	χ^2 , о.д.в.
$\pi^- \text{}^3\text{He}$	1,81 $\pm 0,03$	0,30 $\pm 0,01$	2,24 $\pm 0,08$	1,6
$\pi^+ \text{}^3\text{He}$	1,93 $\pm 0,02$	0,31 $\pm 0,01$	3,11 $\pm 0,13$	2,7

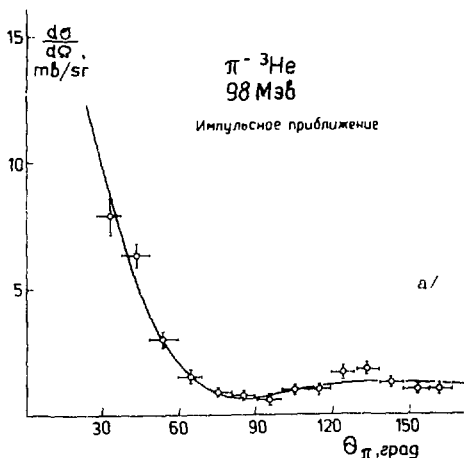
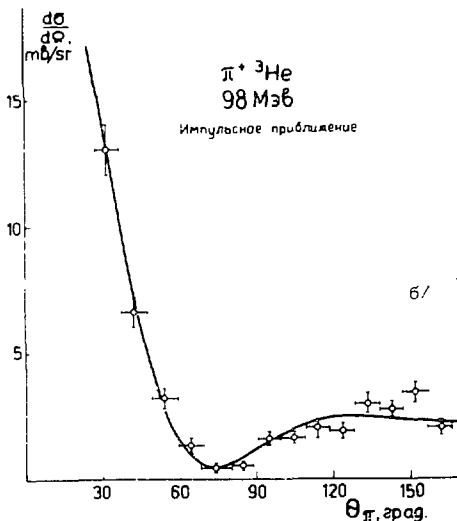


Рис. 2. Аппроксимация $\pi^- {}^3\text{He}$ -рассеяния при энергии 98 МэВ с тремя параметрами (R_1, R_2, δ_{33}^1) для а/ $\pi^- {}^3\text{He}$ и б/ $\pi^+ {}^3\text{He}$.

тогда можно будет сопоставить R_1 и R_2 с одной стороны, и R_c и R_m - с другой. Следует отметить, что учет двух формфакторов в ${}^3\text{He}$ оказался более важным, чем учет поглощения в S - волне /параметр ρ /.

В заключение авторы хотели бы выразить благодарность В.Б.Беляеву, Ф.Никитицу и Р.А.Эрамжяну за полезные обсуждения.



Литература

1. I.V.Falomkin, R.Garfagnini, C.Georgescu, M.M.Kulyukin, V.I.Lyashenko, A.Mihul, F.Nichitiu, G.Piragino, G.Pontecorvo, Yu.A.Scherbakov. *Lett.Nuov.Cim.*, 5, 1121 (1972).
2. М.Альбу, Т.Бешлиу, Р.Гарфаньини, М.М.Кулюкин, В.И.Ляшенко, А.Михул, Ф.Никитиу, Г.Пираджино, Д.Б.Понтекорво, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков. *Препринт ОИЯИ, P1-7742, Дубна, 1974.*
3. К.Георгеску, А.Михул, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков. *Препринт ОИЯИ, P1-8235, Дубна, 1974.*
4. D.J.Herndon, A.Barbaro-Galtieri, A.H.Rosenfeld. *Partial-Wave Amplitudes (a Compilation). Preprint UCRL 20039 (1970).*
5. R.Hofstadter et al. *Rev. Mod.Phys.*, 28, 214 (1956).
6. H.Collard et al. *Phys.Rev.Lett.*, 11, 132 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 августа 1974 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

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 вам присылать не следует, - это репринты /оттиски 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.
Изоапелельский 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.
Заказ 18662. Тираж 600. Уч.-изд. листов 0,58.
Редактор Б. Б. Колесова Подписано к печати 1.11.74 г.



75.12.03