

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

С346.2Г

Б-14

23/10-79

P1 - 12143

1579/2-79

Ю.Ш.Багатурия, Ю.М.Казаринов, М.Ю.Казаринов,
М.Ю.Либург, В.Н.Матафонов, Г.Г.Мачарашвили,
И.К.Поташникова, И.Страхота, Ю.А.Усов,
Б.А.Хачатуров, М.Р.Хаятов

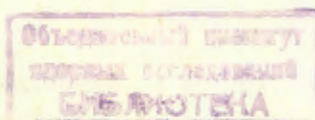
ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ И ПАРАМЕТРА D
В УПРУГИХ n - p СТОЛКНОВЕНИЯХ
ПРИ ЭНЕРГИИ 600 МэВ

1979

P1 - 12143

Ю.Ш.Багатурия, Ю.М.Казаринов, М.Ю.Казаринов,
М.Ю.Либург, В.Н.Матафонов, Г.Г.Мачарашвили,
И.К.Поташникова, И.Страхота, Ю.А.Усов,
Б.А.Хачатуров, М.Р.Хаятов

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ И ПАРАМЕТРА D
В УПРУГИХ $n-p$ СТОЛКНОВЕНИЯХ
ПРИ ЭНЕРГИИ 600 МэВ



Багатурия Ю.Ш. и др.

PI - 12143

Измерение поляризации и параметра D в упругих $n-p$ -столкновениях при энергии 600 МэВ

С помощью рассеяния пучка нейтронов со средней энергией 600 МэВ на протонной поляризованной мишени выполнены измерения поляризации P_{np} и параметра D_{np} в упругом $n-p$ -рассеянии при энергии 600 МэВ. Параметр D_{np} , измеренный для двух углов рассеяния 130° и 160° (с.ц.м.) оказался соответственно равным: $-0,25 \pm 0,09$; $-0,36 \pm 0,16$. Поляризация P_{np} , определенная для углов рассеяния $98, 125, 130$ и 160° (с.ц.м.), составляет: $-0,390 \pm 0,016$; $-0,212 \pm 0,040$; $-0,249 \pm 0,005$; $-0,076 \pm 0,008$, соответственно.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Bagaturia Yu. et al.

PI - 12143

The Measurement of Polarization and D Parameter in Elastic $n-p$ -Scattering at 600 MeV

By scattering of a neutron beam with 600 MeV average energy on a proton polarized target the measurements of P_{np} polarization and D_{np} parameter in the elastic $n-p$ -scattering at 600 MeV have been performed. The D_{np} parameter measured for the 130° and 160° scattering angles (c.m.) turned out to be equal to: -0.25 ± 0.9 ; -0.36 ± 0.16 , respectively. The P_{np} polarization determined for $98, 125, 130, 160^\circ$ scattering angles (c.m.) equals: -0.390 ± 0.016 ; -0.212 ± 0.040 ; -0.249 ± 0.005 ; -0.076 ± 0.008 , respectively.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Эксперимент по измерению деполяризации в упругом $n-p$ -рассеянии был выполнен в соответствии с программой полного опыта в NN-рассеянии ^{1/}, спланированной на основании фазового анализа данных по NN-рассеянию, проведенного ранее в Дубне ^{2/}. Для измерения параметра D_{np} проведен эксперимент по двойному рассеянию с использованием поляризованной протонной мишени /ППМ/ и нейтронного неполяризованного пучка со средней энергией 600 МэВ. Использование ППМ позволило заметно продвинуться в область углов рассеяния, близких к 180° /с.ц.м./, где измерение D_{np} представляло наибольший интерес. Измерение параметра D_{np} при рассеянии в переднюю полусферу проведено ранее в эксперименте по тройному рассеянию ^{3/}.

Для определения D_{np} измерялось угловое распределение протонов отдачи $I_2(\theta_2, \phi_2)$, вылетающих из ППМ в результате упругих $n-p$ -столкновений после повторного рассеяния их на анализаторах из углерода, значение D_{np} определялось из полученных экспериментальных данных методом максимума правдоподобия. Функция правдоподобия бралась в виде:

$$L = \ln \prod_{n=1}^N \left[1 + \frac{\vec{P}_{np} + D\vec{P}_T}{1 + \vec{P}_{np} \cdot \vec{P}_T} \cdot \vec{P}_c(\theta_2) + k_1 (1 + \vec{P}_{np}^{(KB)} \cdot \vec{P}_c(\theta_2)) + k_2 \right], 1/$$

где \vec{P}_{np} , $\vec{P}_{np}^{(KB)}$ - поляризация в упругом и квазиупругом $n-p$ -рассеянии, соответственно, \vec{P}_T - поляризация мишени, $\vec{P}_c(\theta_2)$ - поляризация в упругом pC -рассеянии, k_1 и k_2 - относительные веса квазиупругого рассеяния

и фона случайных совпадений соответственно, N - число зарегистрированных случаев второго /анализирующего/ рассеяния, θ_2 и ϕ_2 - полярный и азимутальный углы второго рассеяния.

Одновременно с измерением D_{np} в эксперименте определялась поляризация в упругом n - p -рассеянии. Для этого измерялась ϵ_1 -асимметрия в рассеянии нейтронов на ППМ

$$\epsilon_1 = \frac{N^+ - N^-}{N^+ + N^- - 2\Delta T} \quad /2/$$

где N^+ - нормированное на монитор число случаев рассеяния при соответствующем знаке поляризации, ΔT - число случаев на безводородном эквиваленте ППМ.

1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Экспериментальная установка показана на *рис. 1*. Первое рассеяние. Пучок нейтронов падал на протонную поляризованную мишень. Протоны отдачи, вылетающие в результате упругих np -столкновений, регистрировались на четырех углах рассеяния телескопами $T1-T4$, состоящими из трех счетчиков. Упруго рассеянные нейтроны - нейтронными счетчиками $HC1-HC4$, включенными на совпадение с $T1-T4$, соответственно. Средние значения углов рассеяния, энергии нейтронов и пространственное разрешение детекторов, найденное расчетным путем - методом Монте-Карло, приведены в *табл. 1*. Число случаев упругого рассеяния, зарегистрированное детекторами при разных знаках поляризации мишени, определяло азимутальную асимметрию ϵ_1 в первом рассеянии и давало возможность найти поляризацию P_{np} для четырех углов рассеяния.

Второе рассеяние. Протоны отдачи, вылетающие из ППМ под углами 9° и 22° /лаб. системы/, рассеивались на анализаторах из углерода, помещенных в оптические искровые камеры $ИК_1$ и $ИК_2$. Камеры запускались триггером T -НС. Треки в искровых камерах фотографировались в двух проекциях на стандартную 35-миллиметровую пленку.

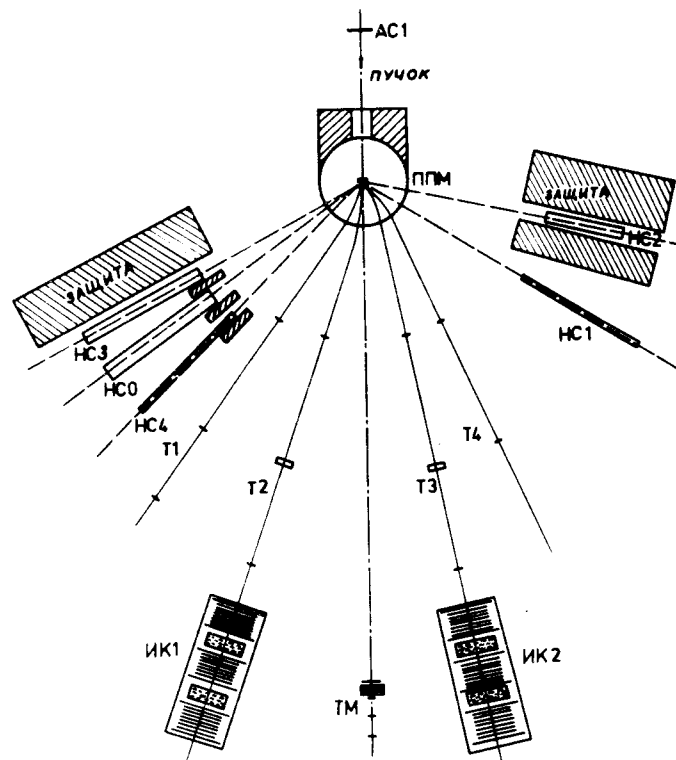


Рис. 1.

Вся информация от детекторов через крейт КАМАК передавалась в ЭВМ HP-2116.

Нейтронный пучок. В эксперименте был использован пучок нейтронов синхротронного Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ /4/. Нейтроны образуются при бомбардировке протонами с энергией 680 МэВ внутренней бериллиевой мишени. Энергетический спектр обладает двумя максимумами - при энергии 275 и 615 МэВ. Пучок формируется коллиматором в защитной стене. Размер пучка в мишени - ϕ 35 мм. Установка была настроена на высокоэнергетическую часть спектра падающих нейтронов таким образом, что средняя энергия составляла 600 МэВ.

Таблица 1

№ ка- нала	$\bar{\theta}^{\circ}$ с.п.м.	$\Delta\theta^{\circ}$	$\Delta\phi$	\bar{E}_n	ΔE
1	123,6	0,7	3,1	609,2	30,3
2	159,7	1,1	3,1	597,0	44,0
3	129,8	1,4	3,1	596,2	41,1
4	97,4	1,4	3,1	580,0	58,4

Поляризованная протонная мишень ^{15/}.
 Материал мишени - кристалл LMN размерами 20x20x
 30 мм³. Мишень работает при температуре 1 К, дости-
 гаемой путем откачки паров ⁴He. Содержание водорода
 в мишени составляет 3% по весу. Средняя поляризация
 - около 60%. Она определяется по измерениям сигнала
 ЯМР методом Q-метра с жесткой автоподстройкой резо-
 нансной частоты и со стробоскопическим интегратором ^{16/}.
 Относительная точность определения поляризации мишени
 составляет 5%.

ИЗМЕРЕНИЯ

Измерения проводились в пяти сеансах продолжитель-
 ностью 100-120 ч каждый. Набор данных осуществлялся
 короткими экспозициями по 10 мин., в течение которых
 данные детекторов накапливались в счетчиках КС-002,
 после чего передавались в ЭВМ HP-2116 С. Регистрирова-
 лись показания всех детекторов, мониторов пучка, поля-
 ризация мишени, константы-характеристики измерения,
 номера кадров на фото пленке. В промежутках между выво-
 дами пучка из ускорителя с помощью регистрации перио-
 дических сигналов светодиодов, размещенных на всех
 ФЭУ установки, ЭВМ контролировала стабильность работы
 всех детекторов.

Программное обеспечение эксперимента на линии, кро-
 ме записи всех данных, позволяло получать контрольную

распечатку отдельных рекордов, автоматическую диагнос-
 тiku неисправной функции электронной логики всех счетных
 каналов /с помощью сигналов от светодиодов/, вывод
 гистограмм на дисплей или графопостроитель - CALCOMP,
 автоматическое деление информации на отдельные блоки,
 соответствующие измерениям в определенных условиях,
 и автоматическое усреднение данных в законченном блоке
 при изменении характеристик измерения. При усреднении
 осуществлялась проверка статистической совместимости
 данных в блоке.

Изменение знака поляризации мишени производилось
 каждые 6-8 ч. Технологический перерыв в работе ППМ,
 необходимый для изменения знака поляризации, использо-
 вался для измерения фона случайных совпадений. Измере-
 ние фона от сложных ядер, содержащихся в веществе
 ППМ, проводилось на неполяризованной мишени и безво-
 дородном эквиваленте ППМ в отдельном эксперименте.

3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Всего было получено соответственно 500 и 300 тыс.
 фотографий для углов рассеяния $\Theta_1=22^{\circ}$ и 9° /лаб.сист./.
 Просмотр и измерение фотографий с искровых камер произ-
 водились на полуавтоматах, изготовленных в Лаборатории
 ранее ^{17/}. Точность измерения проекций угла второго рас-
 сеяния Θ_2 составляла $\pm 0,9^{\circ}$. Это давало ошибку при
 восстановлении пространственных углов $\Delta\Theta_2 = \pm 1^{\circ}$ и $\Delta\phi_2 =$
 $= \pm 3^{\circ}$. В результате просмотра фотографий для двух знаков
 поляризации мишени было отобрано в интервале $4^{\circ} \leq \Theta_2 \leq 30^{\circ}$;
 $21 \cdot 10^3$ случаев второго /анализирующего/ рассеяния для
 $\Theta_1=22^{\circ}$ и $11 \cdot 10^3$ - для $\Theta_1=9^{\circ}$.

С целью определения параметра полученное угловое
 распределение протонов после второго рассеяния обраба-
 тывалось методом максимума правдоподобия двумя спо-
 собами. В первом случае вероятность рассеяния на угол
 Θ_2, ϕ записывалась в виде /1/ с добавлением члена
 $\beta \cdot \sin\Theta$, который учитывал ложную асимметрию при
 рассеянии на угол $\phi_2 = \pm 90^{\circ}$. Предполагалось также, что
 в соответствии с результатами работы ^{18/} параметры поля-

ризации в квазиупругом и упругом n -р-рассеянии равны $\vec{P}_{np}^{(KB)} = \vec{P}_{np}$. Во втором случае функция правдоподобия записывалась в виде:

$$L = \ln \prod_{n=1}^N (1 + \vec{P}_2 \cdot \vec{P}_c), \quad /3/$$

здесь \vec{P}_2 - поляризация протона отдачи:

$$\vec{P}_2 = g_H \frac{\vec{P}_{np} + D\vec{P}_T}{1 + \vec{P}_{np} \cdot \vec{P}_T} + g_c \vec{P}_{np}^{(KB)},$$

где g_H и g_c /4/

$$g_H = \frac{1}{1 + k_1 + k_2} \quad \text{и} \quad g_c = \frac{k_1}{1 + k_1 + k_2}$$

весовые коэффициенты. Определяемой величиной в этом случае была поляризация протона отдачи P_2 . Случаи рассеяния с разными знаками поляризации мишени обрабатывались отдельно. Искомый параметр D_{np} находился из выражения

$$D = \frac{(P_2^{(+)} - P_2^{(-)})(1 - P_{np} P_T^{(+)})(1 + P_{np} P_T^{(-)}) + g_H P_{np}^2 (P_T^{(+)} + P_T^{(-)})}{g_H [P_T^{(+)}(1 + P_{np} P_T^{(-)}) + P_T^{(-)}(1 - P_{np} P_T^{(+)})]}, \quad /5/$$

где $P_2^{(+)}$ и $P_2^{(-)}$ - значения поляризации протона отдачи при разных направлениях поляризации мишени $P_T^{(+)}$ и $P_T^{(-)}$. Надо заметить, что при втором способе обработки данных нет необходимости знать значение $P_{np}^{(KB)}$, т.к. эта величина при определении D_{np} исключается.

Значения поляризации в рС-рассеянии /анализирующая способность/ при этом были взяты из работы [9]. При вычислении максимума функции правдоподобия использовались средневзвешенные по монитору пучка значения поляризации мишени P_T . Оба способа обработки в пределах ошибок дали совпадающие результаты.

Поляризация в упругом np -рассеянии определялась асимметрией, измеренной в первом рассеянии

$$\epsilon_1 = \frac{N^+ - N^-}{N^+ + N^- - 2\Delta T}$$

Если учесть, что абсолютные значения поляризации мишени при разных знаках поляризации не совпадали, получаем для определения поляризации в упругом np -рассеянии следующее выражение:

$$\vec{P} \cdot \vec{n} = \frac{2\epsilon_1}{\vec{P}_T^{(+)}(1 - \epsilon_1) + \vec{P}_T^{(-)}(1 + \epsilon_1)}, \quad /6/$$

где \vec{n} - нормаль к плоскости левого рассеяния, $\vec{P}_T^{(+)}$ и $\vec{P}_T^{(-)}$ - средневзвешенные по монитору значения поляризации мишени.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Значения D и P_{np} приведены в табл. 2 и на рис. 2, 3, на которых для сравнения показаны также значения P и D , полученные ранее в экспериментах при близких энергиях. К сожалению, все ранее известные данные относительно значений D при близких энергиях 612 и 630 МэВ относятся к рассеянию в переднюю полусферу,

Таблица 2

θ° лаб. сист.	θ° с.ц.м.	$\Delta\theta$	P_{np}	ΔP	D_{np}	ΔD_{np}
37	97,4	1,4	-0,390	0,016	-	-
25	123,6	0,7	-0,212	0,040	-	-
22	129,8	1,4	-0,249	0,005	-0,25	0,09
9	159,6	1,1	-0,076	0,008	-0,36	0,16

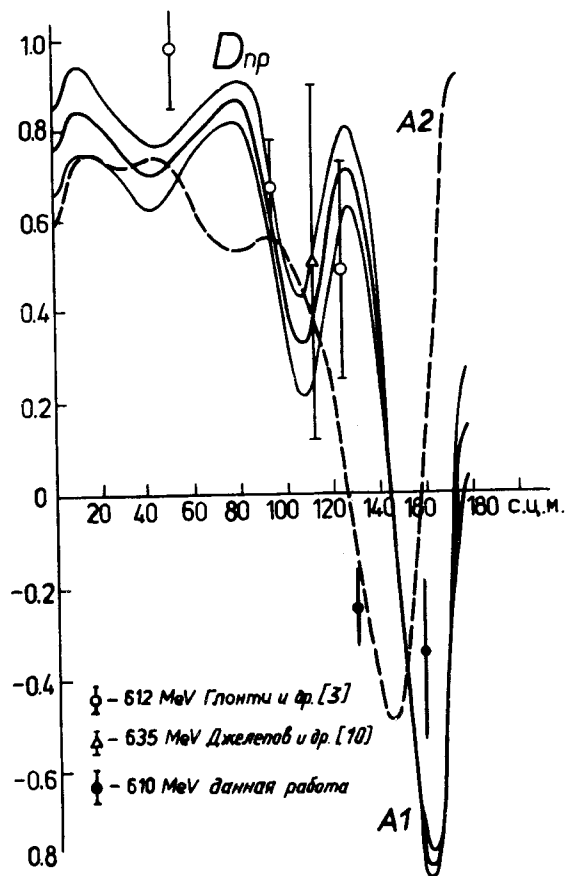


Рис. 2.

и прямое сравнение найденных значений D с результатами ранее выполненных экспериментов невозможно. На рис. 2 обращает на себя внимание резкая зависимость D от угла рассеяния вблизи 130° /с.ц.м./.

Значения поляризации вполне удовлетворительно согласуются с данными, полученными ранее в работах на поляризованном протонном пучке с использованием дейтрона в качестве нейтронной мишени. Следует отметить, что точность результата при использовании ППМ в измерении поляризации заметно повышается.

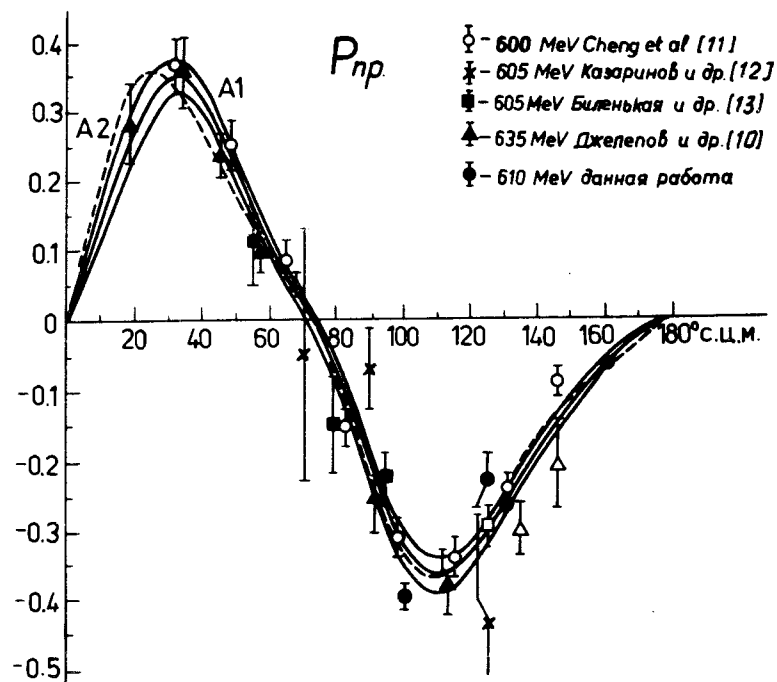


Рис. 3.

В заключение авторы благодарят В.П.Джелепова и Л.И.Лапидуса за поддержку эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пузиков Л.Д., Рындин Р.М., Смородинский Я.А. ЖЭТФ, 1957, 32, с. 592.
2. Глонти Л.Н. и др. ОИЯИ, P1-6339, P1-6387, Дубна, 1972.
3. Глонти Л.Н., Казаринов Ю.М., Хаятов М.Р. ЖЭТФ, 1972, 62, с. 1998.
4. Киселев В.С. и др. ЖЭТФ, 1958, 35, с. 812.
5. Парфенов Л.Б., Неганов Б.С. ОИЯИ, 13-4143, Дубна, 1968.
6. Киселев Ю.Ф., Матафонов В.Н. ОИЯИ, P13-10101, Дубна, 1976.
7. Легар Ф., Малы М., Сгон О. ОИЯИ, P1-2340, Дубна, 1965.
8. Zulkarneev R., Murtazaev Kh., Khachaturov B. Phys.Lett., 1976, 61B, p.164.

9. Глонти Л.Н., Казаринов Ю.М., Поташникова И.К. ОИЯИ, Р1-6362, Дубна, 1972.
10. Желепов В.П. и др. XII Международная конференция по физике высоких энергий. Дубна, 1964. Атомиздат, М., 1966, с.11.
11. Cheng D. et al. Phys.Rev., 1967, 163, p.1470.
12. Казаринов Ю.М. и др. ЯФ, 1966, 4, с. 567.
13. Биленькая С.И. и др. ЖЭТФ, 59, с. 1049, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 декабря 1978 года.