

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



3603/2-76

13/IX-76

P1 - 9760

3-937

Р.Я.Зулькарнеев, Р.Х.Кутуев, Х.Муртазаев

ИССЛЕДОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ
МЕЖДУ "ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ" И "АСИММЕТРИЕЙ"
В ПРОЦЕССАХ КВАЗИУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ
ПРОТОНОВ ПРОТОНАМИ ЯДЕР ${}^6\text{Li}$ И ${}^{12}\text{C}$
ПРИ ЭНЕРГИИ 635 МЭВ

1976

P1 - 9760

Р.Я.Зулькарнеев, Р.Х.Кутуев, Х.Муртазаев*

ИССЛЕДОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ
МЕЖДУ "ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ" И "АСИММЕТРИЕЙ"
В ПРОЦЕССАХ КВАЗИУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ
ПРОТОНОВ ПРОТОНАМИ ЯДЕР ${}^6\text{Li}$ И ${}^{12}\text{C}$
ПРИ ЭНЕРГИИ 635 МЭВ

Направлено в ЯФ

* ФТИ АН Таджикской ССР, Душанбе.

1. Введение

Хорошо известно, что в процессах упругого протон-протонного рассеяния соотношение "поляризация-асимметрия" следует из принципа Т-инвариантности ядерных сил и соблюдается на опыте с точностью в несколько процентов при рассеянии в диапазоне энергий от 140 до 630 МэВ ^{/1-2/}. Однако для процессов рассеяния с кинематикой, отличной от упругой, имеются некоторые основания ожидать, что это соотношение может нарушаться ^{/3/}. По этой и ряду других причин важно и интересно выяснить, с какой точностью может соблюдаться равенство между поляризацией и асимметрией в процессах квазиупругого рассеяния нуклонов нуклонами, связанными в ядрах.

Целью настоящей работы является измерение параметра поляризации, P , в процессе квазиупругого рассеяния протонов протонами легких ядер ${}^6\text{Li}$ и ${}^{12}\text{C}$ при энергии падающих протонов 635 МэВ и его сравнение с данными о параметре асимметрии, A , полученными ранее ^{/4/} в условиях, весьма близких к нашим.

Чем интересны эти измерения? Во-первых, разность $P - A$ связана с сечениями рассеяний, сопровождающихся переворотом спина сталкивающихся частиц ^{/5/}. Поскольку эти сечения непосредственно зависят от нуклон-ядерного потенциала взаимодействия, то значение $P - A$ несет информацию о механизме взаимодействия частиц с ядром. С другой стороны, наши измерения имеют и некоторую методическую ценность, т.к. позволяют оценить возможную систематическую погрешность, которая могла возникать в нашей предыдущей работе при

измерении параметра поляризации в рп -рассеянии при энергии 635 МэВ ^{16/}, связанную с процедурой нахождения анализирующих способностей. Величина ее в предыдущих наших сообщениях детально не анализировалась и не обсуждалась.

Понятия "поляризации", P , и "асимметрии", A , строго говоря, не определены для процессов квазиупругого NN -рассеяния. Поэтому мы в настоящей работе определяем эти параметры точно так же, как это обычно принято делать при рассмотрении процессов упругого NN -рассеяния ^{1/}.

2. Схема и условия опыта

В настоящем опыте выделялись в основном такие акты квазиупругого рассеяния протонов, для которых передача импульса остаточному ядру была близка к нулевой. Измерялись лишь нормальные компоненты вектора поляризации.

Опыт проводился следующим образом. Неполаризованный пучок протонов с энергией 635 ± 10 МэВ /см. рис. 1/ попадал на мишень №1 из ⁶Li или ¹²C. Система счетчиков 1 ÷ 7 устанавливалась в соответствии с кинематикой квазиупругого рассеяния протонов протонами, приведенной в табл. 1. Выбор этой кинематики был полностью обусловлен результатами предыдущей работы ^{14/}. Поляризация протонов, рассеянных на углы $\theta_{1p} = 25,0; 24,7; 24,0^\circ$ л.с., измерялась повторным рассеянием на анализирующей мишени №2, выполненной из углерода. Лево-правая асимметрия рассеяния протонов на этой мишени, $e_{Li,C}^{<pp>}$, регистрировалась телескопом из счетчиков 3,4,5 и связывалась с поляризацией по общеизвестным формулам /см., например, ^{1/} / *.

* Верхние индексы в величине $e_{<pp>}$ относятся к мишени №1.

Таблица 1

Тип геометрии	Рассеянные протоны				Протоны отдачи		
	Ядро	Угол, θ_{1p} , град. л.с.	Энергия, E_{1p} , МэВ	E_{min} , МэВ	Угол, θ_{2p} , град. л.с.	Энергия, E_{2p} , МэВ	E_{min} , МэВ
1	⁶ Li	25,0	485	472	57,2	143	130
2	¹² C	24,7	477	464	56,1	141	128
3	¹² C	24,0	461	449	53,6	137	124
4	¹² C	24,2	-	≈120	57,1	-	≈70

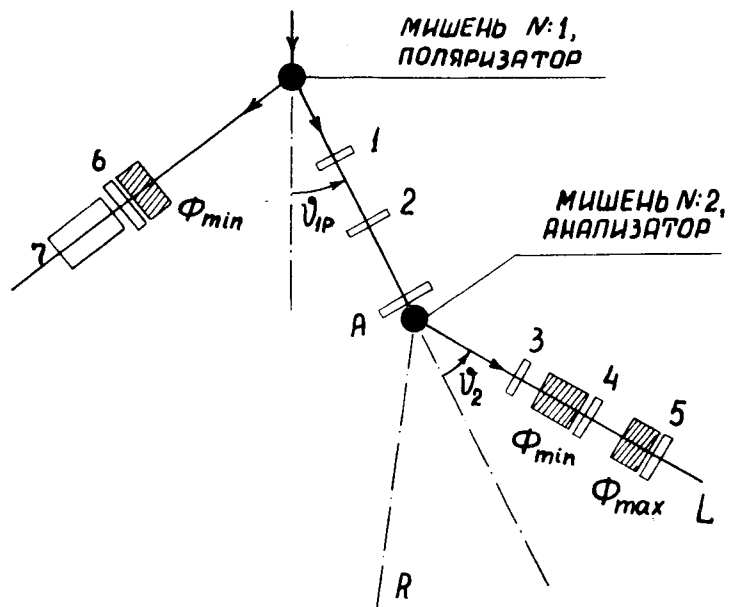


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. Цифрами 1÷7 и буквой "А" обозначены сцинтилляционные счетчики.

При регистрации "рассеянных" протонов выделялся энергетический интервал частиц. Это производилось с помощью системы сцинтилляционных счетчиков, энергетический порог которых задавался с помощью медных поглотителей. Поглотители помещались перед счетчиками 4, 5 и 6 /см. рис. 1, где поглотители обозначены буквой Φ и заштрихованы/. Фильтр, Φ_{max} установленный перед счетчиком №5, исключал те события, в которых протон имел энергию выше максимальной, E_{max} . Поглотитель, расположенный перед счетчиком №4, задавал минимальную энергию, E_{min} , регистрируемых протонов. В наших опытах величины этих порогов были установлены в близком соответствии с условиями измерений величины $\alpha_{<pp>}$ в более ранней работе Петрова и др.^{/4/} и приведены также в табл. 1. Полная ширина регистрируемого энергетического интервала в канале "рассеянных" протонов равнялась $E_{max} - E_{min} \cong 25$ МэВ. В ветви установки,

регистрировавшей протоны "отдачи", энергия регистрируемых протонов, E_{2p} , ограничивалась только снизу /см. поглотитель Φ перед счетчиком №6, рис. 1/. В отличие от работы^{/4/} в основных наших измерениях поглотитель, задававший верхнюю границу энергетического спектра, был опущен.

3. Калибровка анализатора, результаты измерений и обсуждение

Анализирующая способность мишени №2 находилась в специальном опыте. Такой опыт был проведен с помощью водородосодержащей мишени (CH_2-C) с теми же значениями фильтров, которые устанавливались при измерениях асимметрий $\epsilon_{Li,C}^{<pp>}$. Выделялись акты упругого рассеяния протонов протонами на углы 25,6; 26,5 и 27,9 л.с. с регистрацией протонов "отдачи". Величина этих углов была выбрана так, чтобы энергия протонов, упруго рассеянных первой мишенью и падающих на анализатор, соответствовала энергиям протонов, поляризация которых измерялась в опыте по квазиупругому рассеянию. На основе найденных в этом опыте значений анализирующих способностей $A_{<pp>}$ были вычислены величины $\mathcal{P}_{<pp>}$, которые и даны в табл. 2 вместе с результатами измерений.

Сравнение данных о параметрах $\mathcal{P}_{<pp>}$ и $\alpha_{<pp>}$, полученных в настоящем эксперименте и в работе^{/4/}, выполненной в условиях, практически совпадающих с нашими /см. колонку 3 табл. 1 и 2 работы^{/4/}, которая соответствует нулевому значению импульса, переданного ядру/, показывает их неплохую статистическую согласованность. Усреднение по двум исследованным нами ядрам дает значение разности $(\mathcal{P} - \alpha)_{<pp>}$, равное

$$(\mathcal{P} - \alpha)_{<pp>} = 0,031 \pm 0,029. \quad /1/$$

Соответствующее значение разности $\mathcal{P} - \alpha$, полученное для свободного pp-рассеяния при энергии 635 МэВ^{/2/} усреднением по нескольким углам рассеяния, равно

Таблица 2

Ядро A	$\theta_{\text{пр.}},$ град., дс.	$\epsilon_{\text{pp}} \pm \Delta \epsilon_{\text{pp}}$	$A_c \pm \Delta A_c$	$P \pm \Delta P$	$Q_{\text{pp}} \pm Q_{\text{pp}}$	$(P-Q)_{\text{pp}}$
Li ⁶	25,0	0,177±0,014	0,367±0,017	0,482±0,044	0,437±0,036	0,045±0,056
C ¹²	24,7	0,156±0,014	0,366±0,018	0,426±0,044	0,395±0,029	0,031±0,052
C ¹²	24,00	0,142±0,011	0,366±0,017	0,388±0,035	0,365±0,028	0,023±0,045
* C ¹²	24,2	0,115±0,012	0,350±0,017	0,329±0,038	0,325±0,037	0,004±0,052

* Измерения были выполнены в геометрии 4 (см. табл. 1) без поглотителей перед счетчиками 4,5 и 6.

$$(\overline{P-Q})_{\text{pp}} = -0,008 \pm 0,016.$$

/2/

Видно, что оба результата, /1/ и /2/, статистически вполне совместимы. Этот факт позволяет нам заключить, что и в процессах квазиупругого рассеяния протонов с энергией 635 МэВ протонами, связанными внутри ядер ⁶Li и ¹²C, равенство "поляризация - асимметрия" выполняется с точностью, достигающей нескольких процентов. На наш взгляд, этот факт представляется удивительным и нуждается в теоретическом обосновании.

В последней строке табл. 2 приведены значения $P_{\langle \text{pp} \rangle}$ и $Q_{\langle \text{pp} \rangle}$, полученные на мишени из ¹²C без фильтров, Ф, перед счетчиками 4,5 и 6. Чрезвычайно интересно, что даже и в этом случае, когда отсутствуют жесткие кинематические ограничения на энергии регистрируемых протонов, равенство $P=Q$ выполняется с достаточно высокой точностью, порядка $\approx 0,04$.

В соответствии с феноменологическим рассмотрением процесса рассеяния частиц со спином разность $P-Q$ связана с сечениями рассеяния, сопровождающегося переворотом спинов сталкивающихся частиц, следующим образом^{/5/}:

$$(P-Q)\sigma = 2(\sigma_{+-} - \sigma_{-+}).$$

/3/

Здесь σ - дифференциальное сечение квазиупругого рассеяния; σ_{+-} и σ_{-+} - парциальные вклады в это сечение от процессов с переворотом спинов нуклонов. Первый индекс снизу здесь относится к направлению спина нуклона после рассеяния, а второй - до рассеяния. В принципе значение величин σ_{++} представляет определенный интерес, т.к. оно несет дополнительную информацию о механизме рассеяния и о параметрах ядерного потенциала взаимодействия.

Нетрудно видеть из /3/, что в изученной нами области углов при квазиупругом pp-рассеянии на ядрах ⁶Li и ¹²C разница в сечениях переходов с переворотом спина, если и существует, то, по-видимому, не превышает /1÷5%/ от сечения квазиупругого pp-рассеяния на этих ядрах.

На основе полученных нами результатов измерения $\mathcal{P}_{\langle pp \rangle}$ можно построить также зависимость величины разности $(\mathcal{P}-\mathcal{Q})_{\langle pp \rangle}$ от атомного веса ядра A , приведенную на рис. 2 вместе с данными изучения свободного pp -рассеяния. Из этого графика можно найти ожидаемое значение $(\mathcal{P}-\mathcal{Q})_{\langle pp \rangle}$ для случая квазиупругого рассеяния протонов протонами, связанными в дейтерии. Интерполяция экспериментальной зависимости $(\mathcal{P}-\mathcal{Q})_{\langle pp \rangle}$ от атомного веса ядра константой /см. штриховую линию на рис. 2/ дает для дейтерия величину

$$(\mathcal{P}-\mathcal{Q})_{\langle pp \rangle}^D = 0,016 \pm 0,019. \quad /4/$$

Интерполирование с помощью линейной зависимости /сплошная линия на рис. 2/ приводит к меньшей разности:

$$(\mathcal{P}-\mathcal{Q})_{\langle pp \rangle}^D = 0,004 \pm 0,019. \quad /5/$$

Ранее при измерении параметра поляризации в pp -рассеянии при энергии 635 МэВ нами предполагалось^{/6,7/}

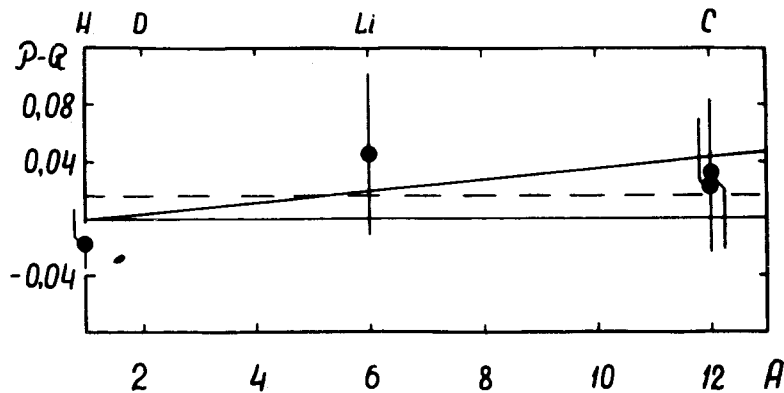


Рис. 2. Зависимость величины разности $(\mathcal{P}-\mathcal{Q})_{\langle pp \rangle}$ от атомного веса ядра A .

что для квазиупругого pp -рассеяния на дейтерии выполняется строгое равенство $\mathcal{P}_{\langle pp \rangle}^D = \mathcal{Q}_{\langle pp \rangle}^D$. * На основе оценок /4/ и /5/ настоящей работы можно теперь утверждать, что систематическая погрешность измерения параметра поляризации в pp -рассеянии при энергии 635 МэВ, связанная с возможной несправедливостью гипотезы $\mathcal{P}=\mathcal{Q}$ для квазиупругого pp -рассеяния на дейтерии, по-видимому, не превышает величины $0,016 \pm 0,019$. Эта погрешность значительно меньше статистических ошибок измерения \mathcal{P}_{pp} и не искажает существенным образом выводов, сделанных в нашей предыдущей работе /6,7/.

В заключение авторы благодарят проф. Е.В.Инопина, а также Н.И.Петрова, В.И.Сатарова за стимулирующие дискуссии.

Литература

1. L. Wolfenstein, J. Ashkin. *Phys. Rev.*, 85, 947 /1952/; R. J. Phillips. *Nuovo Cim.*, 8, 265 /1958/; Bell, F. Mandl. *Proc. Phys. Soc.*, 71, 272A /1958/; A. Woodruff. *Ann. Phys.*, 7, 65 /1959/; P. Hillman, A. Johansson, G. Tibbel. *Phys. Rev.*, 110, 1218 /1958/; R. Zul'karneev, V. Nadezhdin, V. Satarov. *Proc. High Energy Physics and Nucl. Structure*, ed. Devons, N.-Y., 1970, p. 771.
2. C. F. Hwang, T. R. Ophel, E. H. Thorndike, R. Wilson. *Phys. Rev.*, 119, 352 /1960/; A. Abeshian, E. M. Hafner. *Phys. Rev. Lett.*, 1, 255 /1958/; R. Handler, S. Wright, L. Pondrom. et al. *Phys. Rev. Lett.*, 19, 933 /1967/.
3. Е.В.Инопин. *ЖЭТФ*, 47, 892 /1964/; *ЯФ*, 3, 817 /1966/.
4. V. S. Nadezhdin, N. I. Petrov, V. I. Satarov. *JINR*, E1-7559, Dubna, 1973; Изд. ОИЯИ, Д1,2-8405, Дубна, 1974, стр. 224.

* Эта гипотеза была существенным образом использована при нахождении анализирующих способностей анализатора в нашей предыдущей работе /6,7/.

5. O.Chamberlain, E.Segre, R.D.Tripp et al. *Phys. Rev.*, 102, 1659 /1956/;
Г.Файснер. Поляризация нуклонов при рассеянии.
ИЛ., М., 1960, стр. 29.
6. R.Zulkarneev, Kh.Murtazaev, B.Khachaturov. *JINR, E1-9386, Dubna, 1975.*
7. Р.Зулькарнеев, Х.Муртазаев, Б.Хачатуров.
Сообщение ОИЯИ, P1-9385, Дубна, 1975.

*Рукопись поступила в издательский отдел
3 мая 1976 года.*