

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
**ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ**

К-821

15 - 8792

**КРИВОПУСТОВ**  
**Михаил Иванович**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРОТОНОВ**  
**И СЕЧЕНИЙ РЕАКЦИИ ( ${}^3\text{He}, p$ )**  
**НА ЯДРЕ УГЛЕРОДА-12**

**Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра**  
**и космических лучей**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**

**(Диссертация написана на русском языке)**

Дубна 1975

Работе выполнена в Лаборатории нейтронной физики  
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

Doctor science rerum naturalium

(доктор естественных наук)

кандидат физико-математических наук

Г.ЭЛЕР,

И.В.СИЗОВ.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

кандидат физико-математических наук

Г.Л.ВЫСОЦКИЙ,

В.Г.КАЛИННИКОВ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Научно-исследовательский институт ядерной физики

Московского государственного университета им. Ломоносова.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1975 года.

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1975 года в  
"\_\_\_" часов на заседании Объединенного Ученого совета Лаборатории  
нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций Объединенного ин-  
ститута ядерных исследований (г. Дубна, Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

И.П.КУЗНЕЦОВА

15 - 8792

КРИВОПУСТОВ  
Михаил Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРОТОНОВ  
И СЕЧЕНИЙ РЕАКЦИИ ( $^3\text{He}, p$ )  
НА ЯДРЕ УГЛЕРОДА-12

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра  
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Значительная роль в изучении ядерного взаимодействия принадлежит исследованиям ядерных реакций. Современное положение в области ядерных реакций при низких и средних энергиях характеризуется тем, что с помощью существующих модельных представлений о динамике реакций можно успешно интерпретировать экспериментальные данные лишь в тех случаях, когда преобладает один из механизмов. При изучении реакций с ионами гелия, лития и др. в полное сечение дакт вклад как механизм образования составного ядра, так и прямые процессы. Трудности анализа экспериментальных результатов могут быть успешно преодолены только с привлечением качественно новых сведений, одним из источников которых являются поляризационные эксперименты.

Из анализа имеющейся экспериментальной информации о поляризационных явлениях в реакциях двухнуклонной передачи на легких ядрах<sup>1/</sup> видно, что накопление данных о поляризации частиц в таких реакциях идет крайне медленно. В первых работах<sup>2, 3/</sup> по изучению поляризации нуклонов в реакциях типа ( $^3\text{He}, p$ ) было показано, что малая величина сечений этих реакций при низких энергиях очень сильно затрудняет использование известной методики измерения левой-правой асимметрии. Изменению такой ситуации могут способствовать поиск и разработка новых, более эффективных методов исследования.

Настоящая работа посвящена изучению механизма реакции ( $^3\text{He}, p$ ) на углероде-12 и квантово-механических параметров, характеризующих ее протекание при энергиях до 4 МэВ, по измерениям поляризации и сечений. Эксперименты выполнены на электростатическом ускорителе ЭТ-5 в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения.

В первой главе описана экспериментальная установка, созданная в 1966-69 гг для исследования поляризации и сечений образования частиц в ядерных реакциях<sup>/4/</sup>. Обсуждаются вопросы разработки многодетекторной камеры рассеяния<sup>/5, 6/</sup> и описан комплекс измерительной-вычислительной техники, использованный в данной работе для анализа, накопления и обработки спектрометрической информации (амплитудные анализаторы импульсов АИ-4096 и АИ-128, ЭВМ БЭСМ-4 и "Минск-2" в сочетании с осциллографом со световым карандашом).

Вторая глава посвящена изложению вопросов разработки новой методики поляризационного эксперимента. В отличие от широко применяемого метода изучения поляризации по измерению лево-правой асимметрии

$$\eta = \frac{N_L - N_R}{N_L + N_R}, \quad P_I = \frac{\eta}{P_E} \quad (I)$$

возможна кольцевая геометрия поляризационного опыта<sup>/7/</sup>, определение поляризации в которой основано на сравнении интенсивностей, измеренных двумя (или несколькими) детекторами, установленными под одним и тем же азимутальным углом  $\phi$ , но под разными углами второго рассеяния  $\psi_1$  и  $\psi_2$  (рис. I). Для проведения такого сравнения необходимо учесть различие в геометрических положениях детекторов. Асимметрия  $\eta$  и поляризация  $P_I$  в кольцевой геометрии определяются следующими соотношениями:

$$\eta = \frac{N_1 - G N_2}{N_1 + G N_2}, \quad P_I = \frac{2\eta}{\eta(\overline{P_{\psi_1}} + \overline{P_{\psi_2}}) - (\overline{P_{\psi_1}} - \overline{P_{\psi_2}})}, \quad (2)$$

где  $G$  - фактор геометрической нормировки, а  $\overline{P_{\psi_1}}$  и  $\overline{P_{\psi_2}}$  - средние поляризационные способности анализатора. Точные (и приближен-

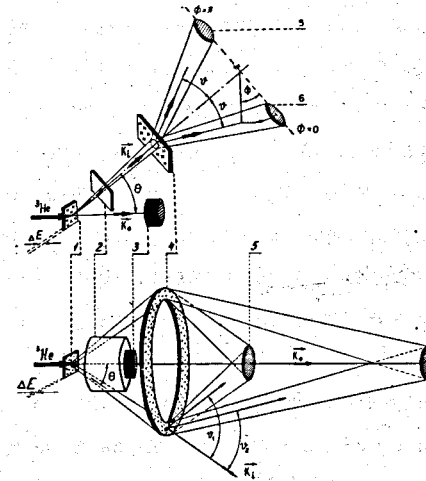


Рис. I. Принципиальные схемы поляризационных экспериментов по двойному рассеянию (вверху - схема поляриметра по измерению лево-правой асимметрии, внизу - поляриметр кольцевой геометрии). 1 - мишень, 2 - фольга, 3 - ионная ловушка, 4 - анализатор, 5 и 6 - детекторы,  $\vec{K}_0$  и  $\vec{K}_i$  - волновые векторы частиц.

ные) формулы для вычисления  $G$  и  $\overline{P}_E$ , представляющие собой пятикратные интегралы, приведены в наших работах<sup>4, 8/</sup>.

Получив из эксперимента интенсивности  $N_1$  и  $N_2$  и вычислив значения  $G$  и  $\overline{P}_E$ , можно найти асимметрию и поляризацию. Знак поляризации  $P_I$ , определенный из выражений (2), находится в соответствии с Базельской конвенцией о положительном направлении поляризации ядерных частиц со спином, равным  $1/2$ .

Методика кольцевой геометрии обеспечивает увеличение интенсивности частиц после второго рассеяния в 40–50 раз по сравнению с поляриметром лево–правой асимметрии. Это открывает возможность исследования поляризации частиц в реакциях, протекающих с малыми сечениями (порядка  $1-3$  мб/ ср). В этой главе обсуждаются также вопросы конструктивного выполнения кольцевых поляриметров, методики приготовления мишеней и анализаторов, изучения характеристик поверхностно-барьерных детекторов и фоновые условия экспериментов. При изучении поляризации протонов в реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углероде-12 энергетическая толщина мишеней составляла 120–150 кэВ для ионов гелия-3 с энергией 3 МэВ. В качестве анализатора использовались углеродные пленки толщиной 6–10 мг/см<sup>2</sup>.

В третьей главе выполнен подробный анализ расчетных выражений методики кольцевой геометрии и обсуждаются вопросы обработки экспериментальных результатов. На основе метода Монте-Карло была составлена программа для ЭВМ, позволяющая вычислять значения  $G$  и  $\overline{P}_E$  и производить поиск оптимальной геометрии поляризационных опытов<sup>9/</sup>. С учетом новизны разработки кольцевой методики, в этой главе детально проанализированы погрешности определения асимметрии и поляризации. В качестве примера на рис. 2 показана угловая зависи-

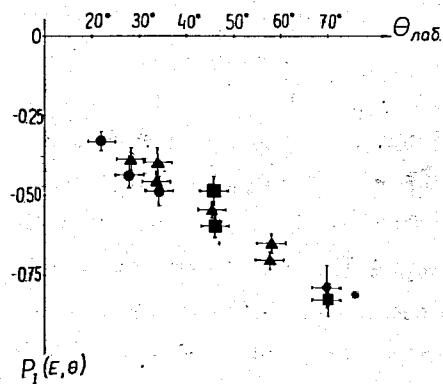


Рис. 2. Угловая зависимость поляризации протонов в реакции  $^{12}\text{C}(^3\text{He}, p)^{14}\text{N}$  (основное состояние) при энергии  $E(^3\text{He}) = 2,87$  МэВ.  $\blacklozenge$  -  $\Delta E = 110$  кэВ,  $\bullet$  - 140 кэВ,  $\blacktriangle$  - 160 кэВ и  $\blacksquare$  - 180 кэВ.

мость поляризации, измеренная при разных значениях толщины мишени. Предлагаются несколько способов юстировки кольцевых поляриметров и пути дальнейшего повышения эффективности методики /10, 11/. Разработанная методика уже нашла применение, кроме наших измерений, в нескольких работах, посвященных изучению поляризационных эффектов в ядерных реакциях /12-15/.

Изучение резонансных состояний составного ядра  $^{15}\text{O}$ , образующегося в реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углеводе-12, проводилось в работе /16/, однако трудности теоретического описания сечений при энергиях 2-4 МэВ, обусловленные в основном малым количеством экспериментальных данных, поставили вопрос о необходимости проведения подробных измерений сечений. Детальная информация о сечениях  $\rho_0$ -канала этой реакции необходима также для обработки результатов поляризационных экспериментов. В энергетической области от 2,20 до 3,61 МэВ были измерены функции возбуждения протонных каналов реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углеводе-12, соответствующих образованию конечного ядра азота-14 в основном ( $\rho_0$ ), первом ( $\rho_1$ ) и втором ( $\rho_2$ ) возбужденных состояниях. Эти достаточно подробные экспериментальные данные о сечениях приведены в четвертой главе. Для измерения сечений применялись самоподдерживающиеся углеродные мишени толщиной 10-50 мкг/см<sup>2</sup>, приготовленные из чистого реакторного графита. Спектры протонов из реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углеводе-12 регистрировались с помощью полупроводниковых детекторов. Статистическая точность определения относительных дифференциальных сечений составляет 1-2%. Из функций возбуждения были построены угловые распределения, которые с помощью программы для ЭВМ представлялись в виде разложения по полиномам Лежандра. Рис. 3 и 4

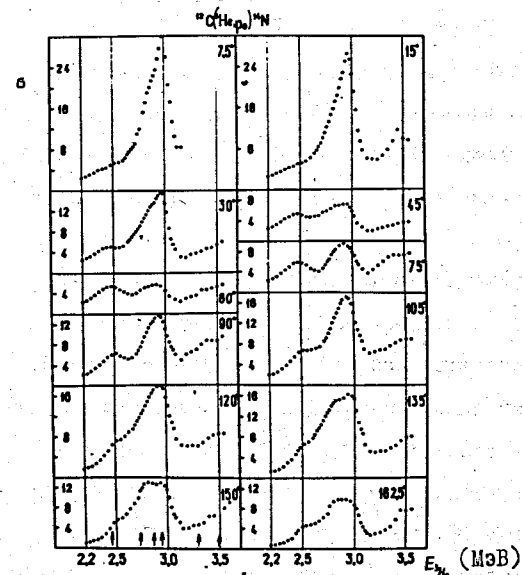


Рис. 3. Функции возбуждения  $\rho_0$ -канала реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углеводе-12, измеренные под разными углами. Стрелками указано положение резонансов (сечение  $\sigma$  - в относительных единицах; значения энергий и углов - в лабораторной системе координат).

иллюстрируют часть результатов, относящихся к  $\rho$ -каналу реакции. Функции возбуждения исследованных протонных каналов имеют явно выраженную резонансную структуру, а характер угловых распределений быстро меняется с изменением энергии ионов<sup>/6, 17/</sup>.

Исследованию поляризации протонов в реакции  $^{12}\text{C}(^3\text{He}, p)^{14}\text{N}$  (основное состояние) посвящена пятая глава. Угловые зависимости поляризации протонов в этой реакции были измерены при 6 значениях энергии бомбардирующих ионов гелия-3 в диапазоне от 2,4 до 3,6 МэВ /18-20/; при энергиях 3,03 и 3,61 МэВ значения поляризации определены и для углов  $\theta = 130^\circ$  и  $135^\circ$  /10/. Экспериментальные данные о поляризации приведены в таблице. Для протекания этой реакции характерна хорошо выраженная корреляция между положением широкого резонанса в функции возбуждения (рис. 3) и максимальным значением поляризации. Резкое изменение величины поляризации в области около 3 МэВ при небольшом возрастании энергии ионов может указывать на преобладающий вклад механизма образования составного ядра и на то, что характер угловых распределений протонов и их поляризация определяются энергетическим положением и свойствами уровней составного ядра кислорода-15, формирующегося в этой реакции.

Экспериментальные данные о поляризации протонов в реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углероде-12 проанализированы на основе резонансной теории ядерных реакций по формулам Симона-Велтона<sup>/21/</sup> в предположении образования изолированных уровней составного ядра. Такое предположение оправдано тем, что при энергии возбуждения составного ядра кислорода-15 порядка 14-16 МэВ расстояние между уровнями с одинаковыми спинами и четностями больше, чем средние значения полных ширин этих уровней<sup>/22/</sup>. На рис. 5 показаны результаты подгонки

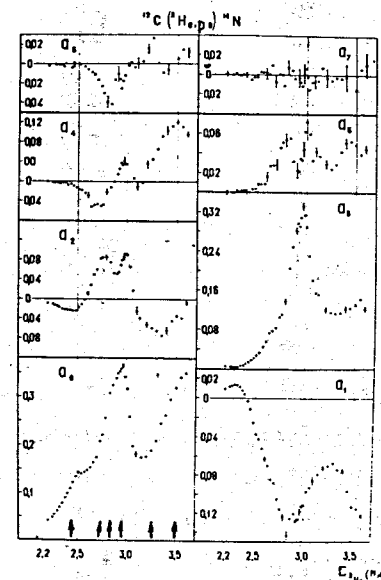


Рис. 4. Энергетические зависимости коэффициентов разложения угловых распределений протонов реакции  $^{12}\text{C}(^3\text{He}, p)^{14}\text{N}$  (основное состояние) по полиномам Лежандра. Стрелками указано положение резонансов.



Таблица

Средняя энергия ионов гелия-3 $E = E - \Delta E/2$ , кэВ	Угол $\Theta$ лаб.сист., град	Поляризация $P_I$ , %	Отн. ошибка $\Delta P_I / P_I$ , %
2500	22	-22	I3
	34	-32	8
	46	-49	4
	58	-57	5
2660	22	-24	I3
	34	-36	7
	46	-52	7
	58	-62	6
2800	22	-33	8
	28	-40	7
	34	-45	5
	46	-56	5
	58	-68	4
	70	-81	5
2950	45*)	-43	I2
	90*)	-27	I5
	I30	-2	6
	I35*)	+9	44
2960	22	-51	4
	28	-53	6
	34	-60	4
	46	-69	4
	58	-66	4
	70	-88	4
3160	34	-22	II
	46	-51	6
	58	-47	IO
3520	I35	-56	6
3540	22	-27	I2
	34	-35	8
	46	-47	6
	58	-58	5

Примечание: \*) Эти данные получены в работе /3/ методикой измерения лево-правой асимметрии (толщина мишени  $\Delta E = 300$  кэВ).

(по  $\chi^2$ -критерию; программа составлена на основе метода Монте-Карло) энергетических и угловых зависимостей дифференциальной поляризации  $dP_{pol}/d\Omega$ , которую можно выразить через относительную поляризацию  $P_I$  и дифференциальное сечение  $d\sigma/d\Omega$ :

$$\frac{dP_{pol}}{d\Omega} = i' \cdot P_{pol} \cdot \frac{d\sigma_{pol}}{d\Omega}, \quad (3)$$

где  $i'$  - спин вылетающих частиц,  $\sigma_{pol}$  - индекс каналов реакции. Из этого рисунка можно установить, что двух- и трехуровневые подгонки приемлемо описывают экспериментальные данные в области энергий 2,7-3,0 МэВ, но существенным является следующий результат. Трехуровневая подгонка дифференциальной поляризации позволила разрешить возникшее при подгонке с двумя уровнями противоречие между, с одной стороны, значительными вкладами в полные ширины парциальных волн с большими орбитальными моментами  $l'$  и, с другой стороны, крайне малыми значениями проницаемости ядерной поверхности для протонов изучаемой энергетической области с такими же  $l' / 20, 23$ . С помощью измерений поляризации, которая очень чувствительна к изменениям физических параметров, в указанной энергетической области (кроме двух известных состояний составного ядра  $^{15}O$ , возбуждающихся при энергии ионов 2,75 и 2,99 МэВ/ $^{16}O$ ) нами установлено существование еще одного уровня при энергии 2,87 МэВ, имеющего спин и четность  $7/2^-$ . На рис. 3 стрелками указано энергетическое положение резонансов.

Появление экспериментальных данных о поляризации протонов в реакциях двухнуклонной передачи /2, 4/ стимулировало дальнейшее развитие теории таких реакций. Так, в сообщении /24/ выполнен теоретический анализ поляризационных эффектов в реакциях типа ( $^3He, p$ ),

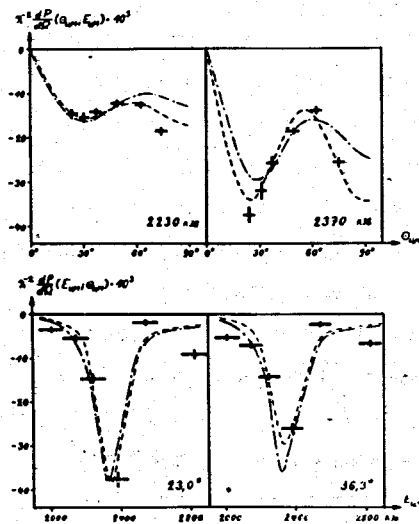


Рис. 5. Сравнение угловых и энергетических зависимостей дифференциальной поляризации, рассчитанных по двух- (штриховые линии) - и трех (штрих-пунктирные линии) - уровневых подгонках, с экспериментальными данными (таблица и рис. 3).

( $t, p$ ) и др. в области низких энергий, при которых происходят как прямые процессы, так и возбуждение резонансов составного ядра. С помощью метода, основанного на предположении, что возникновение значительной поляризации обусловлено эффективно проявляющейся интерференцией между прямыми процессами и образованием составного ядра, авторам этой работы удалось в основных чертах воспроизвести измеренную нами при угле  $\theta=34^\circ$  энергетическую зависимость поляризации протонов в реакции  $^{12}\text{C}(^3\text{He}, p)^{14}\text{N}$ .

В шестой главе экспериментальные данные о сечениях  $p_0$ ,  $p_1$  и  $p_2$  - каналов реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углеводе-12, представленные в виде энергетических зависимостей коэффициентов разложения угловых распределений по полиномам Лежандра (данные для  $p_0$ -канала показаны на рис. 4), описаны по резонансной теории ядерных реакций. Из сравнения результатов расчетов (подгонки по  $\chi^2$ -критерию), выполненных по формуле Блатта-Биденхарна<sup>/25/</sup>, с экспериментальными результатами нами впервые определены спины и четности четырех резонансов:  $3/2^-$  при энергии ионов 2,45 МэВ,  $7/2^-$  при 2,87 МэВ,  $3/2^-$  при 3,28 МэВ и  $5/2^+$  при 3,50 МэВ (см. рис. 3), а также уточнены значения энергий и полных ширин резонансных состояний составного ядра кислорода-15<sup>/26/</sup>.

Характерные признаки, наблюдающиеся в энергетических и угловых зависимостях поляризации и сечений реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углеводе-12, и результаты их описания по резонансной теории позволяют сделать вывод о преобладающей роли механизма образования составного ядра в протекании этой реакции<sup>/27, 28/</sup>.

На основе полученных результатов в заключении приводятся основные итоги выполненных исследований.

1. Для изучения ядерных реакций создана экспериментальная установка, состоящая из многодетекторной камеры рассеяния и кольцевого поляриметра. Разработана методика поляризационного эксперимента в кольцевой геометрии, позволяющая в 40-50 раз повысить интенсивность частиц после второго рассеяния.

2. Решен обширный комплекс методических вопросов от получения расчетных выражений для определения асимметрии и поляризации до реализации нескольких способов калибровки кольцевых поляриметров. С учетом новизны разработки методики детально исследован вопрос о погрешностях вычисления асимметрии и поляризации.

3. Получены подробные экспериментальные данные о поляризации протонов в реакции  $^{12}\text{C}(^3\text{He}, p)^{14}\text{N}$  при 8 значениях энергии ионов в диапазоне от 2,4 до 3,6 МэВ и при углах  $20^\circ < \theta < 140^\circ$ , из анализа которых по резонансной теории ядерных реакций при энергии ионов 2,87 МэВ установлено существование ранее неизвестного состояния составного ядра  $^{15}\text{O}$ , имеющего спин и четность  $7/2^-$ .

4. Выполнены детальные измерения сечений каналов реакции  $(^3\text{He}, p)$  на углероде-12, соответствующих образованию конечного ядра в основном, первом и втором возбужденных состояниях при энергиях ионов от 2,20 до 3,61 МэВ. Из описания сечений по резонансной теории определены спины и четности четырех резонансов и уточнены значения энергий и полных ширин резонансных состояний составного ядра кислорода-15.

5. Из экспериментальных данных о поляризации и сечениях и их теоретического анализа сделан вывод о преобладающем вкладе механизма образования составного ядра в протекании реакции  $(^3\text{He}, p)$  на ядре углерода-12.

6. Полученные в работе подробные и достаточно точные данные о сечениях реакции  $^{12}\text{C}(^3\text{He}, p)^{14}\text{N}$  необходимы для количественного учета вклада от реакций на углероде, который в виде примесей имеется практически во всех мишенях, используемых в ядерно-физических и прикладных исследованиях.

Основные материалы диссертации опубликованы в работах<sup>4-6</sup>, 8-II, 17-20, 23, 26-28/ и докладывались на Россендорфской конференции по ядерным реакциям с легкими ядрами и структуре ядра (ГДР, 1967), на Краковском семинаре по ядерной спектроскопии и теории ядра (Польша, 1970), на Третьем международном симпозиуме по поляризационным явлениям в ядерных реакциях (США, Мадисон, 1970), на XX и XXV Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Ленинград, 1970 и 1975 г.).

#### Л и т е р а т у р а

1. Polarization Phenomena in Nuclear Reactions. Proc. of the Third International Symposium, Madison, USA, 1970.
2. D.G.Simons, R.W.Detenbeck. Phys. Rev., 137, 1471 (1965).
3. Р.Краузе, И.В.Сизов, Г.Элер. Препринт ОИЯИ, P-2725, Дубна, 1966.
4. М.И.Кривоустов, И.В.Сизов, Г.Ширмер, Г.Элер. Препринт ОИЯИ, PI5-3504, Дубна, 1967.
5. М.И.Кривоустов, И.В.Сизов, Г.Ширмер, Н.Оehler. Proc. of the Second Conf. on Nucleon Reaction with Light Nuclei and Nuclear Structure. Rossendorf, DDR, 1967, p. 140.
6. Г.Ширмер, М.И.Кривоустов, Г.Элер, И.В.Сизов. Сообщения ОИЯИ, PI5-4801, Дубна, 1969.

7. H.Brinkmann. In Proc. Intern. Symp. Pol. Phenomena. Basel, Switzerland, 1960, p.166.  
Перевод: Поляризация нуклонов. М., Атомиздат, 1962.
8. H.Oehler, M.I.Krivopustov, G.Schirmer, I.V.Sizov, F.Asfour. Nuclear Instruments and Methods, 77, 293 (1970).
9. Г.Элер, М.И.Кривоустов. В сб. Программа и тезисы докладов XXV Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра . Ленинград, 1975, "Наука", стр. 426.
10. М.И.Кривоустов, И.В.Сизов, Г.Элер. Сообщения ОИЯИ, P15-8072, Дубна, 1974.
11. М.И.Кривоустов, И.В.Сизов, Г.Элер. В сб. Программа и тезисы докладов XXV Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра . Ленинград, 1975, "Наука", стр. 431.
12. M.Deutscher, G.Heinrich, E.Hentschel. Nucl. Instr. and Meth., 76, 301 (1969).
13. М.В.Арцимович, А.И.Малько, В.И.Сорока. В сб. Программа и тезисы докладов XXIV Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра . Харьков, 1974, "Наука", стр. 357.
14. R.V.Galloway. Nucl. Instr. and Meth., 92, 537 (1971).
15. Ю.Г.Балашко. Краткие сообщения по физике. Физический институт АН СССР, 10, 30 (1974).
16. H.M.Kuan, T.W.Bonner, J.R.Risser. Nucl. Phys., 51, 481 (1964).
17. Г.Ширмер, М.И.Кривоустов, Г.Элер, И.В.Сизов. В сб. Программа и тезисы докладов XX Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра . Ленинград, 1970, "Наука", часть II, стр. 274.

18. M.I.Krivopustov, I.V.Sizov, G.Schirmer, H.Oehler. Proc. of the Second Conf. on Nuclear Reaction with Light Nuclei and Nuclear Structure. Rossendorf, DDR (1967), p.137.
19. Г.Элер, М.И.Кривоустов, Г.Ширмер, И.В.Сизов. Ф.Асфур. В сб. Программа и тезисы докладов XX Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра . Ленинград, 1970. "Наука", часть II, стр. 136.
20. Г.Элер, М.И.Кривоустов, Г.И.Вибики, Ф.Асфур, Г.Ширмер, И.В.Сизов. Сообщения ОИЯИ, P15-5156, Дубна, 1970.
21. A.Simon, T.A.Welton. Phys. Rev., 90, 1036 (1953);  
A.Simon. Phys. Rev., 92, 1050 (1953).
22. М.А.Жусупов, В.В.Карапетян, Р.А.Эраммян. Изв. АН СССР (серия физическая), 32, 332 (1968);  
R.S.Blake, D.J.Jacobs, J.O.Newton, J.P.Schapira. Nucl. Phys., 77, 254 (1966).
23. H.Oehler, M.I.Krivopustov, H.-I.Vibike, F.Asfour, I.V.Sizov, G.Schirmer. Proc. of the Third Intern. Symp. "Polarisation Phenomena in Nuclear Reaction", Madison, USA, 1970, p. 619.
24. Г.Л.Высоцкий, М.А.Чегорян. Изв. АН СССР (серия физ.), 34, 147 (1970).
25. J.M.Blatt, L.C.Biedenharn. Rev. Mod. Phys., 24, 258 (1952).
26. Г.Ширмер, М.И.Кривоустов, Г.Шульц, Г.Элер. Сообщения ОИЯИ, P15-7650, Дубна, 1973.
27. M.I.Krivopustov. Programme of the 9th Seminar on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Reactions. Cracov, Poland, 1970, p. 57.
28. М.И.Кривоустов, Г.Элер, И.В.Сизов. В сб. Программа и тезисы докладов XXV Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра . Ленинград, 1975. "Наука", стр. 363.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 апреля 1975 г.