



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P2-86-191

Б.М.Головин

РЕАКЦИЯ  $\vec{a} + b \rightarrow c + e + f$   
КАК АНАЛИЗАТОР ПОЛЯРИЗАЦИИ ПУЧКА

Направлено в Оргкомитет III симпозиума  
"Нуклон-нуклонные и адрон-ядерные взаимодей-  
действия при промежуточных энергиях",  
Гатчина, апрель 1986 года.

1986

Одним из важнейших направлений физики ядерных взаимодействий при промежуточных энергиях является изучение поляризационных эффектов. Поэтому очевидна важность совершенствования существующих способов поляризации и изыскания новых подходов к решению этой задачи.

Как известно, поперечные компоненты поляризации частиц со спином  $1/2$  определяют, измеряя азимутальную асимметрию их рассеяния на неполяризованной мишени. Однако от продольной поляризации сечение такого рассеяния не зависит. Для ее измерения используют магнитный поворот пучка, превращающий продольную компоненту поляризации в поперечную. К сожалению, это ведет к значительному уменьшению входной апертуры измерительной системы или требует существенного увеличения размеров детекторов. Ранее мы показали <sup>1-3/</sup>, что можно обойтись без магнитного поворота поляризации, если в качестве мишени-анализатора использовать поляризованную мишень со спином  $1/2$ . Такой мишенью могут служить, например, поляризованные протоны или поляризованные электроны в намагниченном ферромагнетике.

Цель настоящей работы - обратить внимание на то, что сходных результатов можно достичь, используя в качестве анализатора поляризации реакцию типа

$$\vec{a} + b \rightarrow c + e + f. \quad (1)$$

Кинематически полное описание такой реакции требует задания 5 величин<sup>\*</sup>, например  $P_c$  (или  $T_c$ ),  $\Theta_c$ ,  $\varphi_c$ ,  $\Theta_e$ ,  $\varphi_e$ . Поляризационное состояние исследуемого пучка будем описывать в системе координат  $\vec{S}, \vec{N}, \vec{L}$ , где ось  $\vec{L}$  направлена по импульсу частиц пучка, а оси  $\vec{S}, \vec{N}$  ортогональны  $\vec{L}$  и образуют вместе с  $\vec{L}$  правую тройку. Углы  $\varphi_c$ ,  $\varphi_e$  будем отсчитывать от плоскости  $(\vec{S}, \vec{L})$ .

Сечение реакции (1) в л.с.к., генерируемой частицами со спином  $1/2$ , можно записать в виде

$$I(\vec{S}, \varphi, \varphi_c) = I_0(\vec{S}, \varphi) \{ 1 + P_L A_L + (P_S A_S + P_N A_N) \cos \varphi_c - (P_S A_N + P_N A_S) \sin \varphi_c \}. \quad (2)$$

Здесь  $I_0$  - сечение реакции (1) при неполяризованном начальном состоянии,  $A_i = A_i(\varphi, \varphi)$  - анализирующая способность для  $\vec{i}$  - компоненты поля-

<sup>\*</sup> В большинстве поляриметров <sup>4,5/</sup> используют анализирующую реакцию  $pC \rightarrow pX$ , причем регистрируют только направление вылета рассеянного нуклона, не измеряя его энергию. Возможно, и при использовании реакции (1) окажется достаточным измерять лишь направления вылета частиц  $c, e$ .

ризации ( $i = S, M, L$ ),  $\xi$  - совокупность параметров рассеяния ( $P_c, \theta_c, \Phi_c$ ),  $\Phi = \varphi_c - \varphi_c$ . При сохранении четности в реакции (I)  $A_S(\Phi) = -A_S(-\Phi)$ ,  $A_M(\Phi) = A_M(-\Phi)$ ,  $A_L(\Phi) = -A_L(-\Phi)$ . Поэтому

$$I(\xi, \Phi, \varphi_c) = I_0(\xi, |\Phi|) \{ 1 - \mathcal{P}_L A_L - (\mathcal{P}_S A_S - \mathcal{P}_M A_M) \cos \varphi_c + (\mathcal{P}_S A_M - \mathcal{P}_M A_S) \sin \varphi_c \}. \quad (3)$$

Выделив из (2) и (3) азимутально независимые слагаемые  $1 - \mathcal{P}_L A_L$ ,  $1 + \mathcal{P}_L A_L$ , слагаемые, пропорциональные  $\cos \varphi_c$ :  $\mathcal{P}_S A_S + \mathcal{P}_M A_M$ ,  $\mathcal{P}_S A_S - \mathcal{P}_M A_M$ , слагаемые, пропорциональные  $\sin \varphi_c$ :  $\mathcal{P}_S A_M + \mathcal{P}_M A_S$ ,  $\mathcal{P}_S A_M - \mathcal{P}_M A_S$ , получим достаточный материал для определения всех компонент поляризации  $\mathcal{P}_S, \mathcal{P}_M, \mathcal{P}_L$  (\*). Отметим, что если импульсы всех частиц конечного состояния реакции (I) коллинеарны, то  $A_L = A_S = 0$  и азимутальная зависимость сечений (2,3) будет иметь тот же вид, что и в обычно используемых при измерениях поляризации бинарных или инклюзивных реакциях.

Предложенный метод можно применить и для определения поляризационного состояния пучка дейтронов ( $S_\alpha = I$ ). В этом случае на языке сферических спин-тензоров поляризационное состояние дейтрона в общем случае описывается восемью параметрами поляризации:

$$t_{km} = \{ t_{10}, t_{11}, t_{1-1}, t_{20}, t_{21}, t_{2-1}, t_{22}, t_{2-2} \}. \quad (4)$$

Поляризационное состояние дейтронного пучка считаем заданным в описанной выше системе координат ( $\vec{S}, \vec{M}, \vec{L}$ ). Анализирующие способности  $A_{km} = A_{km}(\xi, \Phi)$  считаем известными. Введем сокращения:

$$t_{km}^{(+)} = t_{km} + t_{k-m}, \quad t_{km}^{(-)} = t_{km} - t_{k-m} \\ S(km) = \frac{1}{2} (A_{km} + A_{k-m}), \quad D(km) = \frac{1}{2} (A_{km} - A_{k-m}). \quad (5)$$

В этих обозначениях сечение бинарной анализирующей реакции

$$\vec{a} + \vec{b} \rightarrow c + e \quad (6)$$

имеет вид

$$I(\theta_c, \varphi_c) = I_0(\theta_c) \{ 1 + t_{20} A_{20} + [t_{11}^{(+)} S(11) + t_{11}^{(-)} D(11)] \cos \varphi_c + [t_{22}^{(+)} S(22)] \cos(2\varphi_c) - i [t_{11}^{(-)} S(11) + t_{11}^{(+)} D(11)] \sin \varphi_c - i [t_{22}^{(-)} S(22)] \sin(2\varphi_c) \}. \quad (7)$$

Это сечение зависит не от всех параметров (4). Поэтому полное восстановление поляризационного состояния дейтрона, как и в случае с  $S_\alpha = I/2$ , может быть достигнуто лишь при проведении дополнительного опыта с поворотом пучка в магнитном поле.

\* В случае, когда  $A_S$  и  $A_M$  численно не близки друг к другу, все компоненты поляризации могут быть определены из (2) без использования (3).

Сечения реакции (I), генерируемой поляризованными дейтронами,  $\vec{a} + \vec{b} \rightarrow c + e + f$  (8)

в случаях  $(\varphi_c, \Phi)$  и  $(-\varphi_c, -\Phi)$  имеют вид

$$I(\xi, \Phi, \varphi_c) = I_0(\xi, |\Phi|) \{ [1 + t_{10} A_{10} + t_{20} A_{20}] + [t_{11}^{(+)} S(11) + t_{11}^{(-)} D(11) + t_{21}^{(+)} S(21) + t_{21}^{(-)} D(21)] \cos \varphi_c - i [t_{11}^{(-)} D(11) + t_{11}^{(+)} S(11) + t_{21}^{(-)} D(21) + t_{21}^{(+)} S(21)] \sin \varphi_c + [t_{22}^{(+)} S(22) + t_{22}^{(-)} D(22)] \cos(2\varphi_c) - i [t_{22}^{(+)} D(22) + t_{22}^{(-)} S(22)] \sin(2\varphi_c) \}, \quad (9)$$

$$I(\xi, -\Phi, -\varphi_c) = I_0(\xi, |\Phi|) \{ [1 - t_{10} A_{10} + t_{20} A_{20}] + [t_{11}^{(+)} S(11) - t_{11}^{(-)} D(11) - t_{21}^{(+)} S(21) + t_{21}^{(-)} D(21)] \cos \varphi_c - i [t_{11}^{(+)} D(11) - t_{11}^{(-)} S(11) - t_{21}^{(+)} D(21) + t_{21}^{(-)} S(21)] \sin \varphi_c + [t_{22}^{(+)} S(22) - t_{22}^{(-)} D(22)] \cos(2\varphi_c) - i [t_{22}^{(+)} D(22) - t_{22}^{(-)} S(22)] \sin(2\varphi_c) \}. \quad (10)$$

Используя измеренные сечения (9,10), найдем численные значения заключенных в [ ] комбинаций искомых параметров (4). Полученная система достаточна для определения всех поляризационных характеристик пучка дейтронов. Отметим, что при коллинеарности импульсов всех частиц конечного состояния реакции (8)  $A_{10} = D(11) = S(21) = D(22) = 0$ , и азимутальная зависимость вылета вторичных частиц будет иметь структуру (7) сечения бинарной реакции.

Таким образом, из сказанного выше видно, что использование в качестве анализатора поляризации реакций типа  $\vec{a} + \vec{b} \rightarrow c + e + f$  позволяет в одном опыте определить все компоненты поляризованного состояния как протонных, так и дейтронных пучков.

Автор глубоко благодарен Л.И.Лапидусу за полезные обсуждения этой работы.

#### Литература

1. Б.М.Головин, М.Б.Голубева, Ю.А.Горнушкин. Тр.межд.симпоз.по поляризац.явлениям в физике высоких энергий, ОИЯИ, Д I, 2-82-27, Дубна, 1982, с.212-215.
2. Б.М.Головин, М.Б.Голубева, Ю.А.Горнушкин. Тр.симпоз. "Нуклон-нуклонные и пион-нуклонные взаимодействия при промежуточных энергиях", ЛИЯФ, Л., 1982, с.330-335.
3. Б.М.Головин. Тр. совещ. по исслед.в области релятивистской ядерной физики, ОИЯИ, Д2-82-568, Дубна, 1982, с.149-152.
4. G.Waters et al., NIM, 1978, 153, 401-408.
5. R.D.Ransome et al., NIM, 1982, 201, 309-313.

Рукопись поступила в издательский отдел

1 апреля 1986 года.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D17-81-758	Труды II-Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-685	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Головин Б.М.

P2-86-191

Реакция  $a + b \rightarrow c + e + f$  как анализатор поляризации пучка

Работа посвящена поискам возможностей определять в одном опыте все компоненты поляризационного состояния пучка ядерных частиц. Показано, что полное восстановление всех компонент поляризации нуклонных и дейтронных пучков может быть достигнуто на основе измерений азимутального распределения вылета продуктов реакции  $a + b \rightarrow c + e + f$  с регистрацией двух частиц конечного состояния.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Golovin B.M.

P2-86-191

Reaction  $a + b \rightarrow c + e + f$  as an Analyser of Beam Polarisation

The paper deals with the search for an opportunity to determine in a single experiment all components of the polarisation state of a nuclear particle beam. The total reconstruction of all components of nucleon and deuteron beam polarisation is shown to be achievable by measuring azimuthal distribution of escape of the  $a + b \rightarrow c + e + f$  reaction products with registration of two final state particles.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986