

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



26/2-75

G-521

P1 - 8666

1901/2-75

В.В.Глаголев, А.А.Кузнецов, Г.Д.Пестова, М.Сабэу

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ГИПЕРОНОВ
В π^- p-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 5 ГЭВ/С

1975

P1 - 8666

В.В.Глаголев, А.А.Кузнецов, Г.Д.Пестова, М.Сабэу

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ГИПЕРОНОВ
В π^- p-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 5 ГЭВ/С

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

S U M M A R Y

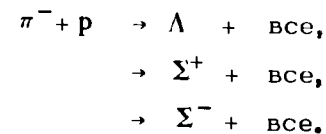
The experimental results have been presented on hyperon polarization ($\Lambda, \Sigma^-, \Sigma^+$) for inclusive processes of the type $a+b \rightarrow c + \text{everything}$ in π^-p interactions at $P_{\pi^-} = 5 \text{ GeV}/c$. It is shown that for Λ -hyperon in the region $0 < t' < 1.2$ one can observe a similarity with the behaviour of polarization in two- and quasi-two-body reactions. The change of the polarization sign may be explained by changing the slope in the differential cross section in these t regions. The difference of polarization from zero in the region of target fragmentation does not contradict the theoretical predictions of ref. /7/.

The values of $a\bar{P}$ calculated for Σ^-, Σ^+ are equal to

$$a\bar{P}_{\Sigma^-} = 0.18 \pm 0.12,$$

$$a\bar{P}_{\Sigma^+} \begin{cases} \Sigma^+ \rightarrow p \pi^0 = 0.78 \pm 0.27, \\ \Sigma^+ \rightarrow N \pi^+ = 0.18 \pm 0.23. \end{cases}$$

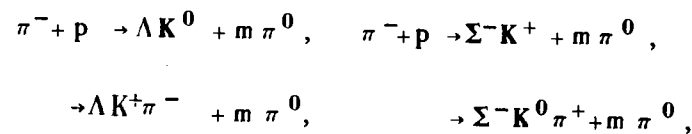
Поляризация гиперонов систематически изучалась в двух- и квазидвухчастичных реакциях. Этому вопросу посвящено большое число работ в широком диапазоне доступных в настоящее время энергий (например, /1-5/). В последнее время стали появляться работы как экспериментальные /6/, так и теоретические /7/, в которых поляризация изучается в инклюзивных процессах типа $a + b \rightarrow c + \text{все}$. Настоящая работа посвящена изучению такого рода процессов в $\pi^- + p$ - взаимодействиях при 5 ГэВ/с. В ней сообщаются результаты измерения поляризации $\Lambda, \Sigma^+, \Sigma^-$ -гиперонов в реакциях



Данные были получены в процессе обработки 350 тыс. фотографий со 100-сантиметровой жидководородной камеры ОИЯИ /8/, экспонированной в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 ГэВ/с.

Всего было зарегистрировано 973 события с Λ -гипероном ($\Lambda \rightarrow p \pi^-$), 285 событий с Σ^- -гипероном ($\Sigma^- \rightarrow N \pi^-$), 98 событий с Σ^+ -гипероном

($\Sigma^+ \rightarrow \begin{matrix} p \pi^0 \\ N \pi^+ \end{matrix}$) , образовавшихся в реакциях типа:



$$\begin{aligned}
\rightarrow \Lambda K^0 \pi^+ \pi^- + m \pi^0, & \rightarrow \Sigma^- K^+ \pi^+ \pi^- + m \pi^0, \\
\rightarrow \Lambda K^0 \pi^+ \pi^+ \pi^- + m \pi^0, & \rightarrow \Sigma^- K^0 \pi^+ \pi^+ \pi^- + m \pi^0, \\
\rightarrow \Lambda K^0 \pi^+ \pi^+ \pi^- + m \pi^0, & \rightarrow \Sigma^+ K^0 \pi^- + m \pi^0, \\
& \rightarrow \Sigma^+ K^+ \pi^- + m \pi^0, \\
\rightarrow \Lambda K^+ \pi^+ \pi^- + m \pi^0, & \rightarrow \Sigma^+ K^0 \pi^+ \pi^- + m \pi^0
\end{aligned}$$

(где $m = 0, 1, 2$. Каждое событие бралось с весом

$$W_i = \frac{1}{\text{число гипотез}} W_{\Gamma_Y},$$

где

$$W_{\Gamma_Y} = \{ \exp(-L_{\min}/L) - \exp[-(L_{\text{pot}} - L_{\min})/L] \}^{-1}.$$

Значение поляризации определялось по угловому распределению продуктов распада гиперонов относительно нормали к плоскости рождения гиперона $d\sigma/d(\cos\phi) \sim 1 + \alpha_Y \langle P \rangle \cos\phi$, где α_Y - параметр асимметрии в распаде гиперонов. Для

$$\begin{aligned}
\Lambda^0 & \alpha_{\Lambda} & = 0,647 \pm 0,013; \\
\Sigma^- & \alpha_{\Sigma^-} & = 0,069 \pm 0,008; \\
\Sigma^+ & \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{\Sigma^+ \rightarrow p \pi^0} \\ \alpha_{\Sigma^+ \rightarrow n \pi^+} \end{array} \right. & = 0,984 \pm 0,017; \\
& & = 0,066 \pm 0,016.
\end{aligned}$$

ϕ_{π} - угол между направлением вылета распадного π -мезона в системе покоя гиперона и нормалью к плоскости рождения гиперона. Для каждого из событий определялось направление нормали $\vec{n} = \vec{P}_i \times \vec{P}_Y$, где \vec{P}_Y и \vec{P}_i - единичные векторы вдоль направления гиперона и падающего π^- -мезона в системе центра масс реакции.

Вычисление значения поляризации производилось по формуле

$$\langle P_Y \rangle = \frac{3}{a} \sum_{i=1}^n \cos\phi_i w_i / \sum w_i \pm \frac{1}{a} \sqrt{\frac{3 - aP^2}{N}} / 1, \quad (1)$$

где w_i - вес каждого события.

Характерной особенностью процесса образования гиперонов в двух- и квазидвухчастичных реакциях в $\pi^- p$ -взаимодействиях является его периферический характер. При этом гипероны сохраняют направление первоначального движения протона, т.е. вылетают, в основном, в узком конусе в системе центра масс реакции ($\cos\theta_Y^* < -0,8$). Однако в реакциях типа $\pi^- p \rightarrow Y +$ все суммируются конечные состояния с различной множественностью и становится значительным сечение рождения гиперонов с $\cos\theta_Y^* > 0$. Инклюзивные сечения реакций с образованием гиперонов при $P_{\pi^-} = 5$ ГэВ/с равны:

$$\begin{aligned}
\sigma_{\Lambda + \text{все}} & = 0,85 \pm 0,03 \text{ мбарн,} \\
\sigma_{\Sigma^- + \text{все}} & = 0,150 \pm 0,009 \text{ мбарн,} \\
\sigma_{\Sigma^+ + \text{все}} & = 0,078 \pm 0,008 \text{ мбарн}/10, \text{ из которых} \\
& \text{сечения процессов с } \cos\theta^* > 0 \text{ составляют}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{\Lambda + \text{все}} & = 0,148 \pm 0,010 \text{ мбарн,} \\
\sigma_{\Sigma^- + \text{все}} & = 0,057 \pm 0,006 \text{ мбарн,} \\
\sigma_{\Sigma^+ + \text{все}} & = 0,010 \pm 0,002 \text{ мбарн.}
\end{aligned}$$

Особенно велико сечение для событий с $\cos\theta_Y^* > 0$ в реакциях с рождением Σ^- гиперонов. Оно составляет больше половины всего инклюзивного сечения Σ^- -гиперонов. На рис. 1 представлены угловые распределения гиперонов. Отношение $R = \frac{B-F}{B+F}$ (2), вычисленное для этих распределений, равно:

$$\begin{aligned}
\text{для } \Lambda & R = 0,58 \pm 0,05, \\
\text{для } \Sigma^+ & R = 0,56 \pm 0,14, \\
\text{для } \Sigma^- & R = 0,09 \pm 0,08, \text{ где}
\end{aligned}$$

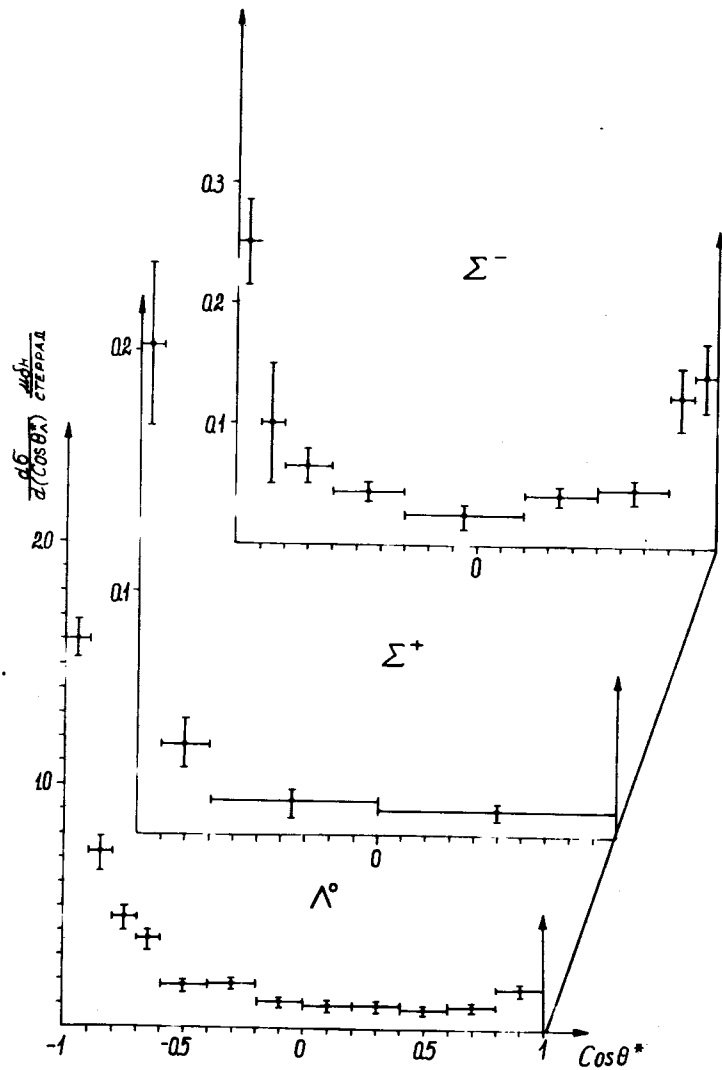


Рис. 1. Дифференциальное сечение реакций $\pi^- p \rightarrow \Lambda + \text{все}$,
 $\rightarrow \Sigma^+ + \text{все}$,
 $\rightarrow \Sigma^- + \text{все}$
 в зависимости от угла вылета гиперона в с.ц.м.

Таблица I

Λ			Σ^-		
интервал	$\cos \theta^*$	$\sigma \pm \Delta \sigma$ (мкбарн/ср)	интервал	$\cos \theta^*$	$\sigma \pm \Delta \sigma$ (мкбарн/ср)
-1	-0,9	1600 ± 88	-1,0	-0,9	250 ± 35
-0,9	-0,8	723 ± 60	-0,9	-0,8	100 ± 25
-0,8	-0,7	452 ± 50	-0,8	-0,6	65 ± 13
-0,7	-0,6	362 ± 46	-0,6	-0,3	43 ± 8
			-0,3	0,2	26 ± 5
			0,2	0,5	42 ± 8
-0,6	-0,4	172 ± 22	0,5	0,8	45 ± 9
-0,4	-0,2	184 ± 23	0,8	0,9	124 ± 24
-0,2	0	109 ± 15	0,9	I	140 ± 28
0	0,2	93 ± 15	Σ^+		
			интервал	$\cos \theta^*$	$\sigma \pm \Delta \sigma$ (мкбарн/ср)
0,2	0,4	91 ± 15	-1	-0,9	202 ± 34
0,4	0,6	80 ± 16	-0,9	-0,7	37 ± 10
0,6	0,8	88 ± 14	-0,7	0	14 ± 4
0,8	I	163 ± 20	0	I	10 ± 3

Таблица 2

	$\langle P^+ \rangle$	$\langle P_1 \rangle$	$\langle P_2^+ \rangle$	$\langle \cos \theta^* \rangle$	$\langle P_{\text{д.с.}} \rangle$	$\langle t' \rangle$
Λ	$0,791 \pm 0,010$	$0,408 \pm 0,006$	$-0,46 \pm 0,01$	$-0,48 \pm 0,01$	$1,405 \pm 0,020$	$0,78 \pm 0,042$
Σ^+	$0,82 \pm 0,37$	$0,370 \pm 0,240$	$-0,51 \pm 0,59$	$-0,46 \pm 0,06$	$1,40 \pm 0,85$	$0,91 \pm 0,10$
Σ^-	$0,79 \pm 0,02$	$0,450 \pm 0,020$	$-0,08 \pm 0,04$	$-0,08 \pm 0,04$	$2,18 \pm 0,07$	$2,10 \pm 0,13$

F - число событий с $\cos \theta^* > 0$,

B - число событий с $\cos \theta^* < 0$.

Дифференциальные сечения представлены в табл. 1. В табл. 2 даны средние значения $\langle P^* \rangle$, $\langle P_{\parallel}^* \rangle$, $\langle P_{\perp} \rangle$, $\langle t' \rangle$, $\langle P_{\text{лаб}} \rangle$, $\langle \cos \theta^* \rangle$ для различных гиперонов.

На рис. 2 приведено дифференциальное сечение по t' для Λ -гиперонов. Кривая, приведенная на графике, получена при фитировании методом наименьших квадратов выражения

$$\frac{d\sigma}{dt'} = \sum_{i=1}^{n=3} A_i e^{b_i t'} \quad (\chi^2 = 5,04 \quad \text{при } n = 7).$$

Коэффициенты A и b имеют следующие значения:

A мкбарн/(ГэВ/с) ²	b (ГэВ/с) ⁻²
612 \pm 181	-10 \pm 5,6
529 \pm 101	-1,6 \pm 0,3
40 \pm 23	-0,3 \pm 0,1

На том же рис. 2 и в табл. 3 приведена полученная нами зависимость поляризации от квадрата переданного 4-импульса. Видно, что поляризация имеет небольшое положительное значение при $t' < 0,2$, затем в районе $0,2 < t' < 0,4$ меняет знак и становится отрицательной до $t' \approx 1,2$. Такой же ход изменения поляризации имеет место для двух- и квазидвухчастичных реакций в $\pi^- p$ -взаимодействиях при импульсе налетающего π^- -мезона, равном 4,5 и 6 ГэВ/с^{1/2}. При значении $1,2 \leq t' \leq 2$ поляризация снова меняет знак и достигает максимального положительного значения в интервале $2 \leq t' \leq 3$. Этот результат находится в качественном согласии с данными работы [6]. При больших значениях квадрата переданного 4-импульса ($3 \leq t' \leq 8$) поляризация постепенно уменьшается, оставаясь в пределах ошибок равной нулю. По-видимому, смена знака поляризации может быть связана с изменением наклона в дифференциальном сечении. Эта особенность наблюдалась

также в двух- и квазидвухчастичных реакциях^{1/}, где провал в дифференциальном сечении и нулевая поляризация в области малых переданных импульсов ($t' < 0,5$) объясняется тем, что обменная реджевская траектория, включающая полюса $K^*(890)$ и $K^*(1420)$, проходит через $a(t) = 0[1]$. К сожалению, имеющиеся в литературе расчёты поляризации по модели полюсов Редже сделаны для простейших (двух- и квазидвухчастичных) реакций, и поэтому сравнить наши данные с этими моделями пока не представляется возможным.

Исследования поляризации Λ -гиперонов в зависимости от числа частиц в конечном состоянии показали, что такая зависимость отсутствует (см. табл. 4, где n - число частиц в конечном состоянии).

Проследить зависимость поляризации от квадрата переданного 4-импульса для Σ^{\pm} -гиперонов было невозможно из-за малости статистики. Были определены средние значения $a \bar{P}$ для Σ^- , Σ^+ -гиперонов.

Пользуясь выражением (2), записываем

$$a P_Y = 3 \sum_{i=1}^n \cos \phi w_i / \sum w_i \pm \sqrt{\frac{3}{N}},$$

$$a \bar{P}_{\Sigma^-} = 0,18 \pm 0,12,$$

$$a \bar{P}_{\Sigma^+}, p\pi^0 = 0,78 \pm 0,27,$$

$$a \bar{P}_{N\pi^+} = 0,18 \pm 0,23.$$

Ошибки в $a \bar{P}$ статистические.

В работе [7] обсуждаются поляризационные явления в инклюзивных реакциях типа $a + b \rightarrow c + \dots$. На основе реджионной диаграммной техники делаются предсказания относительно 20% - 30%-ной поляризации в области фрагментации мишени в инклюзивных реакциях за счёт вклада ветвлений, а также равенства нулю поляризации в области пионизации и фрагментации налетающей частицы.

Исследование зависимости поляризации от y (где $y = 1/2 \ln \frac{E^* + P_{\parallel}^*}{E^* - P_{\parallel}^*}$) в нашем эксперименте (см. рис. 3) показало, что поляризация всюду в пределах ошибок равна нулю, кроме области фрагментации мишени.

Таким образом, в работе было изучено поведение поляризации гиперонов в инклюзивных процессах. Показа-

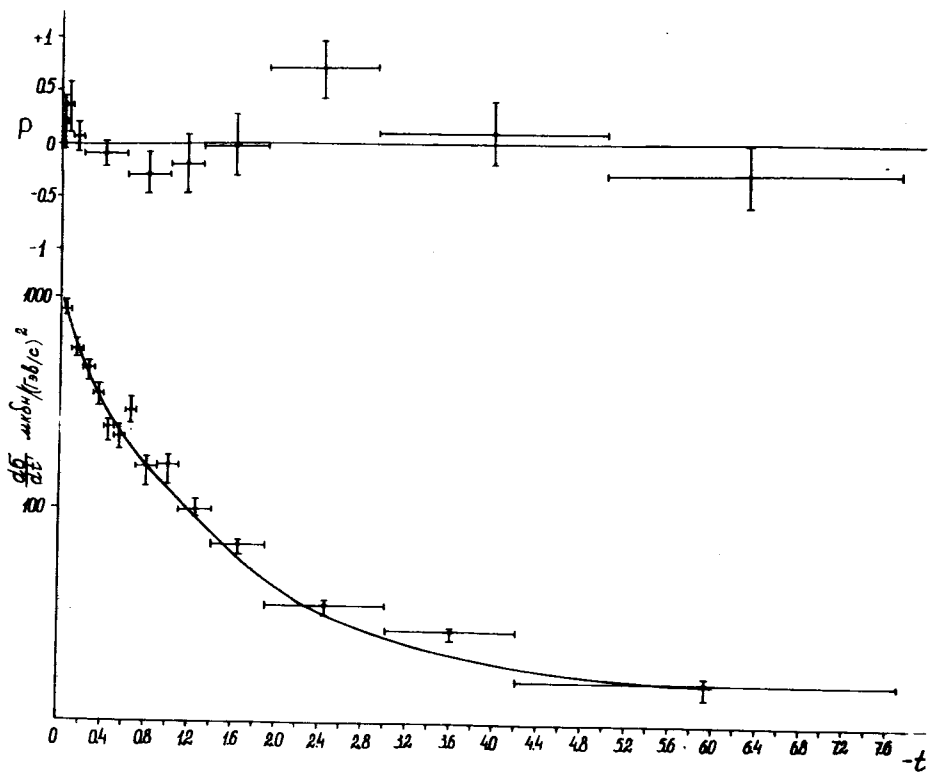


Рис. 2. Дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \Lambda + \text{все}$.
Кривая получена фитированием выражения $\frac{d\sigma}{dt'} = \sum_{i=1}^{n=3} A_i e^{b_i t'}$.
Здесь же приведена зависимость поляризации от t' .

но, что для Λ -гиперона в области $0 < t' < 1,2$ наблюдается аналогия с поведением поляризации в двух- и квазидвухчастичных реакциях. Наблюдается изменение знака поляризации в интервале $0,3 < t' < 0,6$ и $1,2 < t' < 2$, что качественно согласуется с данными работы /6/.

Смена знака поляризации, возможно, объясняется изменением наклона в дифференциальном сечении в этих

областях по t' . Отличие от нуля поляризации в области фрагментации мишени не противоречит теоретическим предсказаниям работы /7/.

Таблица 3

Λ^0		
интервал по t' (ГэВ/c)²		$\bar{P} \pm \Delta P$
0	0,05	$0,2 \pm 0,3$
0,05	0,1	$0,35 \pm 0,29$
0,1	0,2	$0,04 \pm 0,24$
0,2	0,6	$-0,11 \pm 0,14$
0,6	1,0	$-0,28 \pm 0,24$
1,0	1,3	$-0,23 \pm 0,29$
1,3	1,9	$-0,04 \pm 0,30$
1,9	2,9	$0,59 \pm 0,31$
2,9	5	$0,1 \pm 0,3$
5	7,8	$-0,3 \pm 0,3$

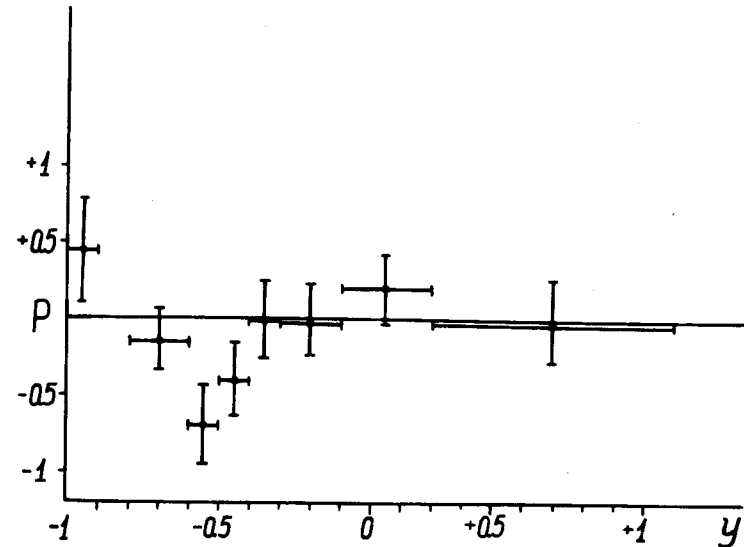


Рис. 3. Зависимость поляризации от y (где $y = \frac{1}{2} \ln \frac{E^+ P^*}{E^- P^*}$).

Таблица 4

$\bar{p} \pm \Delta p$	2	3	4	5	6	все
$\bar{p} \pm \Delta p$	$0,25 \pm 0,34$	$-0,05 \pm 0,24$	$0,05 \pm 0,12$	$-0,25 \pm 0,26$	$-0,05 \pm 0,30$	$-0,11 \pm 0,07$

Авторы благодарят Л.Ш.Липидуса, Е.М.Левина, Б.А.Шахбазяна, Б.З.Копелиовича за полезные обсуждения.

Мы благодарим также всех сотрудников, принимавших участие в работе на ранних этапах эксперимента.

Литература

1. D.J.Crennel, H.A.Gordon. K.-W.Lai et al. Phys.Rev., v. 6D, No. 5 (1972).
2. O.J.Dahl, L.M.Hardy, R.I.Hess et al. Phys. Rev., v. 163, No. 5 (1967).
3. M.Pepin, W.Beusch, W.E.Fischer et al. Phys.Lett., 26B, 35 (1967).
4. T.P.Waugler, A.R.Erwin, W.D.Walker. Phys. Rev., 137B, 414 (1965).
5. S.M.Pruss, C.M.Akerlof, D.I.Heyer, S.P.Ying. Phys.Rev.Lett., 23, 189 (1969).
6. J.Baritsch et al. Nucl.Phys., B40, 103 (1972); В.У.Ох et al. Nucl.Phys., B49, 13 (1972); Ю.Д.Алешин, Г.А.Аругюнянц, И.Л.Киселевич и др. ЯФ, т. 20, в. 5 (1974).
7. В.А.Кудрявцев, Е.М.Левин. ЯФ, т. 18, в. 2 (1973).
8. A.V.Belonogov, A.A.Belushkina, R.Vinaver et al. Nucl.Inst.and Meth., 20, 114 (1963).
9. N.Barasch-Schmidt, A.Barbaro-Galtieri, C.Bricman et al. Rev.Mod.Phys., v.45, No. 2, part II (1973).
10. В.В.Глаголев, Н.К.Душутин, Е.Н.Кладницкая и др. ОИЯИ, P1-8147, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 марта 1975 года.

Глаголев В.В., Кузнецов А.А., Пестова Г.Д.,
Сабэу М.

P1 - 8666

Поляризация гиперонов в π^-p -взаимодействиях при
импульсе 5 ГэВ/с

Сообщаются результаты исследования поляризации гиперонов в инклюзивных реакциях типа $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + \text{все}$ в π^-p -взаимодействиях при $P_{\pi^-} = 5$ ГэВ/с.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Glagolev V.V., Kusnetsov A.A.,
Pestova G.D., Sabeu M.

P1 - 8666

Hyperon Polarization in π^-p -Interactions
at 5 GeV/c

See the Summary on the reverse side of the title-page.

The investigation has been performed at the
Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975