

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



7752

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛ  
P2 - 7752

Н.С.Амаглобели, В.К.Митрюшкин, А.Н.Сисакян,  
Э.Т.Цивцивадзе

КОРРЕЛЯЦИИ НЕЙТРАЛЬНЫХ СТРАННЫХ  
И ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
В  $\pi^- N$ -СТОЛКНОВЕНИЯХ  
ПРИ  $p = 40$  ГЭВ/С

**1974**

ЛАБОРАТОРИЯ  
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

P2 - 7752

Н.С.Амаглобели, В.К.Митрюшкин, А.Н.Сисакян,  
Э.Т.Цивцивадзе

КОРРЕЛЯЦИИ НЕЙТРАЛЬНЫХ СТРАННЫХ

И ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

В  $\pi^- N$ -СТОЛКНОВЕНИЯХ

ПРИ  $p = 40$  ГЭВ/С

## S u m m a r y

A generalization of the model of multi-particle production in hadron-hadron interactions at high energies is performed for the case when strange particles are present. The main concepts of this model follow from the coherent state model and the straight-line paths approximation. The model proceeds from the following statements:

a) existence of the leading particles and possible their dissociation with local preservation of quantum number;

b) uncorrelated production of hadron groups in the central regions by the Poisson law. These groups then decay into pions and kaons. The mean numbers of these hadron groups do not depend on the type of colliding particles at high energies. The model predicts the superposition of Poisson functions for distribution of charged particles, the presence of strong correlation between  $K^+$ - and  $K^-$ -,  $K^0$ - and  $\bar{K}^0$ -mesons and suggests the dependence of average number of  $K^0$ ,  $\Lambda^0$  and  $\Sigma^0$  on the number of charged particles. This dependence for  $\pi^-p$ -collision is the constant value, and so does for  $\pi^-N$ -collision but for sufficiently large numbers of charged particles.

Comparison of the model with the data on  $\pi^-p$  and  $\pi^-N$ -interactions from experiments carried out at Serpukhov on a two-meter propane chamber: at the negative pion momenta  $P=40$  GeV/c gives good agreement.

## §1. ВВЕДЕНИЕ

Обработка экспериментальных данных, полученных на 2-метровой пропановой камере, дала ряд интересных результатов <sup>/1/</sup>. К ним относятся, в частности, непуассоновский характер распределения по числу заряженных частиц, а также наличие сильной корреляции между средним числом нейтральных пионов и числом заряженных.

В работах <sup>/2/</sup> была развита феноменологическая модель множественного рождения в адронных столкновениях при высоких энергиях, опирающаяся на представления о неупругих процессах, полученные при изучении модели когерентных состояний <sup>/3/</sup> и теоретико-полевых моделей в приближении прямолинейных путей <sup>/4/</sup>.

Эта модель использовалась для описания экспериментов, выполненных на 2-метровой пропановой камере при  $p_s = 40$  ГэВ.

Модель исходит из представлений о существовании лидирующих частиц с возможной их диссоциацией при локальном сохранении изоспина, а также из предположения о некоррелированном рождении адронных ассоциаций.

В рамках этой модели было получено предсказание о линейной зависимости среднего числа нейтральных пионов от числа заряженных частиц. Было показано также, что распределения по числу заряженных частиц имеют вид суперпозиции пуассоновских функций.

Отметим, что эти следствия согласуются как с результатами серпуховских экспериментов <sup>/1/</sup>, так и с опытами по множественному рождению, выполненными в NAL <sup>/5/</sup> и на ISR <sup>/6/</sup>.

Среди работ, использующих идею о некоррелированном рождении кластеров в центральной области, близкую к предположениям развиваемой модели /2/, отметим обзор /7/. Отдельные аспекты затрагиваемой здесь проблемы обсуждаются, например, в /8,9,10,11/.

В настоящем сообщении схема, предложенная в работах /2/, обобщается на случай множественного рождения с учетом странных частиц.

Модель дает распределение по числу заряженных частиц в виде суперпозиции пуассоновских функций, предсказывает корреляции между множественностями  $K^+$  и  $K^-$ , а также  $K^0$  и  $\bar{K}^0$ -мезонов. Среднее число  $K^0, \bar{K}^0$  и  $\Sigma^0$  в рассматриваемой области не зависит от числа заряженных частиц в  $\pi^+p$ -столкновениях и достигает постоянного значения при достаточно большом числе заряженных частиц в  $\pi^+p$ -столкновениях.

Обработка результатов опытов на 2-метровой пропановой камере дала хорошее согласие модели с экспериментом.

## §2. ФОРМУЛИРОВКА МОДЕЛИ

Полагаем, что:

а/ существуют лидирующие частицы, которые могут диссоциировать с локальным сохранением изоспина;

б/ в процессе взаимодействия статистически независимым образом рождаются адронные ассоциации, которые распадаются на пионы и каоны.

Для лидирующих частиц ограничимся простейшими каналами диссоциации:

$$\begin{array}{ll}
 p \rightarrow p & n \rightarrow n \quad \text{с вероятностью канала } w_1, \\
 p \rightarrow p\pi^0 & n \rightarrow n\pi^0 \quad -''- \quad w_2, \quad (1) \\
 p \rightarrow \pi^+n & n \rightarrow \pi^-p \quad -''- \quad w_3, \\
 n & \\
 p \rightarrow \Lambda^0 K^+ & n \rightarrow \Lambda^0 K^0 \quad -''- \quad w_4, \quad (2)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 p \rightarrow \Sigma^0 K^+ & n \rightarrow \Sigma^0 K^0 \quad -''- \quad w_5, \\
 p \rightarrow \Sigma^+ K^0 & n \rightarrow \Sigma^- K^0 \quad -''- \quad w_6,
 \end{array}$$

$$\sum_{i=1}^6 w_i = 1. \quad /3/$$

Для пиона

$$\begin{array}{ll}
 \pi^- \rightarrow \pi^- & \text{с вероятностью канала } v_1, \\
 \pi^- \rightarrow 2\pi^- \pi^+ & -''- \quad v_2, \quad /4/ \\
 \pi^- \rightarrow 2\pi^0 \pi^- & -''- \quad v_3, \\
 \sum_{j=1}^3 v_j = 1. & /5/
 \end{array}$$

Из предположения о локальном сохранении изоспина очевидно, что

$$\begin{array}{l}
 w_3 = 2w_2, \\
 w_6 = 2w_5, \quad /6/ \\
 v_3 = \frac{1}{4} v_2.
 \end{array}$$

Обозначим:

$$\begin{array}{l}
 w_1 \equiv \alpha, \quad w_2 \equiv \beta, \quad w_4 \equiv \gamma, \quad w_5 \equiv \delta, \\
 v_1 + v_3 \equiv \mu, \quad v_2 \equiv \nu.
 \end{array}$$

Для параметров  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \mu, \nu$  выполняются соотношения

$$\begin{array}{l}
 \alpha + 3\beta + \gamma + 3\delta = 1, \\
 \mu + \nu = 1. \quad /7/
 \end{array}$$

Средние числа адронных ассоциаций, по предположению, не зависят при высоких энергиях от типа сталкивающихся частиц. Для описания экспериментальных данных при  $p_s = 40 \text{ ГэВ}$  достаточно рассмотреть три типа ассоциации  $\sigma$ ,  $\omega$ ,  $\Lambda$ , с изоспином  $I=0$ , которые рождаются статистически независимым путем по пуассоновскому закону.

Рассматриваются следующие каналы распада ассоциаций:

$$\sigma \rightarrow \pi^+ \pi^-; \pi^0 \pi^0. \quad /8a/$$

$$\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0. \quad /8б/$$

$$\Lambda \rightarrow K^+ K^-; K^0 \bar{K}^0. \quad /8в/$$

Обозначим средние числа пар и троек мезонов:

$$\langle n_{\pi^+ \pi^-} \rangle \equiv a;$$

$$\langle n_{\pi^0 \pi^0} \rangle \equiv a';$$

$$\langle n_{K^+ K^-} \rangle \equiv b;$$

$$\langle n_{K^0 \bar{K}^0} \rangle \equiv b';$$

$$\langle n_{\pi^+ \pi^- \pi^0} \rangle \equiv c.$$

Из предположения о нулевом изоспине ассоциаций следует:

$$a' = a/2; \quad b' = b. \quad /9/$$

Отметим, что мы делаем наиболее простые и естественные предположения относительно каналов диссоциации лидирующих частиц, а также рождения адронных ассоциаций. Обработка экспериментальных данных показывает, что сделанных предположений достаточно для описания взаимодействия  $\pi$ -мезона с нуклоном при  $p = 40 \text{ ГэВ/с}$ .

При больших энергиях, возможно, придется учитывать и другие каналы. Например, не исключено, что будут рождаться адронные ассоциации, распадающиеся на тройки:

$$K^+ K^- \pi^0, \quad K^0 K^- \pi^+, \quad K^+ \bar{K}^0 \pi^-,$$

вероятность появления которых при рассматриваемых энергиях, по-видимому, мала.

### §3. НЕКОТОРЫЕ СЛЕДСТВИЯ МОДЕЛИ

Обозначим:

$$n_{\pi^+ \pi^-} \equiv a_1, \quad n_{\pi^0 \pi^0} \equiv a_2,$$

$$n_{\pi^+ \pi^- \pi^0} \equiv a_3, \quad n_{K^+ K^-} \equiv a_4, \quad n_{K^0 \bar{K}^0} \equiv a_5.$$

В соответствии со сделанными в §2 предположениями нетрудно видеть, что вероятность  $a_1$  рождения пар  $\pi^+ \pi^-$ ,  $a_2$  - пар  $\pi^0 \pi^0$  и т.д. при заданных каналах  $i$  и  $j$  диссоциации лидирующих частиц есть

$$w_{a_1, \dots, a_5}^{i, j} = w^i \cdot v^j \cdot P_{a_1}(a) \cdot P_{a_2}(a/2) \cdot P_{a_3}(c) \cdot P_{a_4}(b) \cdot P_{a_5}(b).$$

/10/

Числа заряженных, нейтральных частиц и частиц "типа  $S^0$ " /т.е.  $\Lambda^0, \Sigma^0, K^0$ / есть соответственно:

$$n_{ch} = 2a_1 + 2a_3 + 2a_4 + \ell_{ch}^i + \tilde{\ell}_{ch}^i, \quad /11/$$

$$n_0 = 2a_2 + a_3 + 2a_5 + \ell_0^i, \quad /12/$$

$$n_{S^0} = a_5 + \ell_{S^0}^i, \quad /13/$$

где  $\ell_{ch}^i, \ell_0^i, \ell_{S^0}^i$  есть числа соответственно заряженных, нейтральных и  $S^0$ -частиц в  $i$ -ом канале диссоциации нуклона, а  $\tilde{\ell}_{ch}^j$  - число заряженных частиц в  $j$ -ом канале диссоциации  $\pi$ -мезона /см. таблицу/.

Таблица

$i \backslash j$	I	2	3	4	5	6
$e_{ch}^i(\pi/p)$	I	I	I	I	I	I
$e_{s^0}^i(\pi/p)$	0	0	0	I	I	I
$e_{ch}^i(\pi/n)$	0	0	2	0	0	2
$e_{s^0}^i(\pi/n)$	0	0	0	2	2	0

$j \backslash i$	I	2	3
$e_{ch}^j$	I	3	I

Для процесса  $\pi^- N \rightarrow \dots$  из /10/ получаем:

$$w_{n_{ch}}(\pi^- p) = \mu \cdot P_{\frac{n_{ch}-2}{2}}(a'') + \nu \cdot P_{\frac{n_{ch}-4}{2}}(a''), \quad /14/$$

$$w_{n_{ch}}(\pi^- n) = f_1 \cdot P_{\frac{n_{ch}-1}{2}}(a'') + f_2 \cdot P_{\frac{n_{ch}-3}{2}}(a'') + f_3 \cdot P_{\frac{n_{ch}-5}{2}}(a''), \quad /15/$$

где использовались обозначения

$$P_n(A) \equiv e^{-A} \cdot \frac{A^n}{n!},$$

$$a'' = a + b + c,$$

$$f_1 \equiv \mu(1 - 2\beta - 2\delta),$$

$$f_2 \equiv \nu(1 - 2\beta - 2\delta) + \mu(2\beta + 2\delta),$$

$$f_3 \equiv \nu(2\beta + 2\delta).$$

Из формул /10/, /13/ получаем

$$\langle n_{S^0} \rangle_{n_{ch}}^{\pi^- p} = b + 1 - a - 3\beta, \quad /16/$$

$$\langle n_{S^0} \rangle_{n_{ch}}^{\pi^- n} = b + (2\gamma + 2\delta) \cdot \frac{\mu + \nu \cdot \frac{n_{ch}-1}{2a''}}{f_1 + f_2 \cdot \frac{n_{ch}-1}{2a''} + f_3 \cdot \frac{(n_{ch}-1)(n_{ch}-3)}{4a''^2}}, \quad /17/$$

Заметим, что  $\langle n_{S^0} \rangle_{n_{ch}}^{\pi^- p} = \text{const}$  и не зависит от  $n_{ch}$ , а

$\langle n_{S^0} \rangle_{n_{ch}}^{\pi^- n}$  выходит на константу при достаточно

больших  $n_{ch}$ . Этот результат, очевидно, изменится, если будут учтены адронные ассоциации, распадающиеся, например, на тройки (ККП). При этом мы придем к линейной зависимости  $\langle n_{S^0} \rangle_{n_{ch}} \equiv f(n_{ch})$  от  $n_{ch}$ :

$$f(n_{ch}) \approx A \cdot n_{ch} + B.$$

Отметим также, что предположение о наличии при данных энергиях ассоциации, распадающейся на  $K\bar{K}$  /см. 8в/, приводит к корреляциям между  $K^+$ - и  $K^-$ -, а также  $K^0$ - и  $\bar{K}^0$ -мезонами.

#### §4. СРАВНЕНИЕ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ

Для проверки предсказаний настоящей модели были использованы экспериментальные данные, полученные на 2-метровой пропановой камере, облученной  $\pi^-$ -мезонами с  $p_s = 40$  ГэВ. Вопросы, связанные с отбором, выделением взаимодействий и обработкой फिल्मовой информации изложены в работах /17/.

Параметры, характеризующие данную модель, определены совместным фитированием зарядовых распределений /14/ и /15/ и зависимости  $\langle n_{S^0} \rangle_{n_{ch}}^{\pi^-p} = f(n_{ch})$

в форме /16/. /см. рис. 1 и 2/.

Большая статистика /4367  $\pi^-p$ , 1863  $\pi^-n$  событий и 218 нейтральных странных частиц,  $\Lambda^0$ ,  $K^0$ ,  $\Sigma^0$  в  $\pi^-p$ -взаимодействиях/ /13/ показала хороший уровень согласия результатов эксперимента с уравнениями /14/, /15/ и /16//  $\chi^2 = 24,7$  на 18 степеней свободы/.

Отдельно для зарядовых распределений в  $\pi^-p$ -взаимодействиях  $\chi^2 = 0,6$ , в  $\pi^-n$   $\chi^2 = 1,1$  на одну степень свободы /рис. 1/а/, /6//.

Значения параметров получились следующие:  
 средние значения комбинаций  $\pi^+\pi^-, K^+K^-, \pi^+\pi^-\pi^0$   
 $a'' = 1,62 \pm 0,07$ ;  
 коэффициент перезарядки нуклона  
 $K_{ch.ex} = 0,30 \pm 0,07$ ;  
 вероятности каналов диссоциации нуклона /см./2//

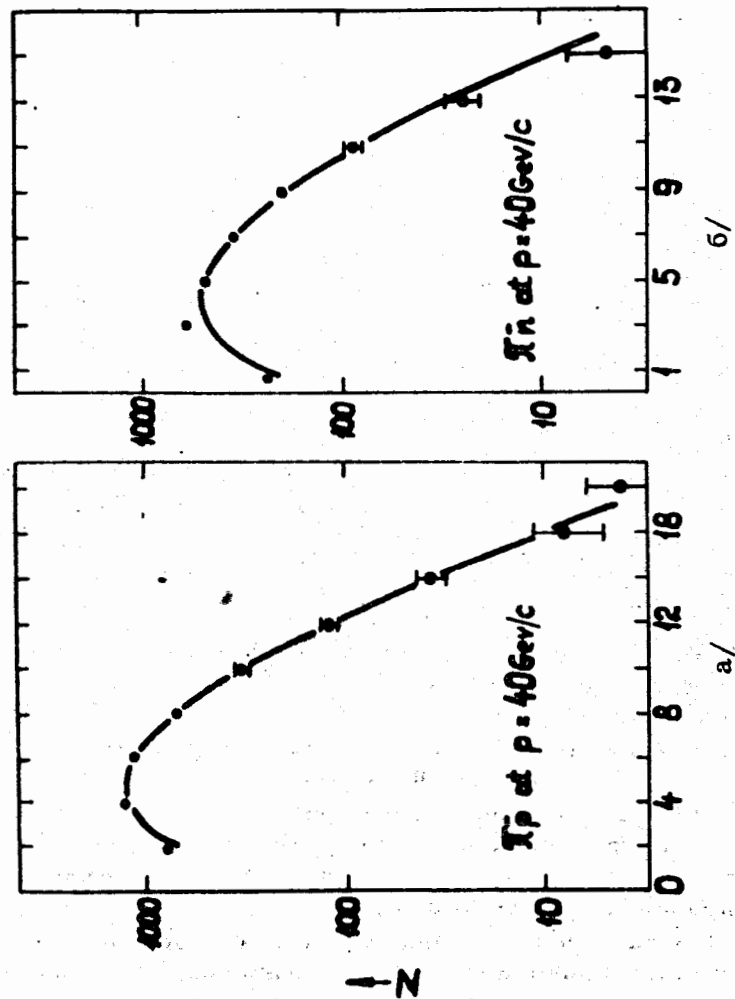


Рис. 1

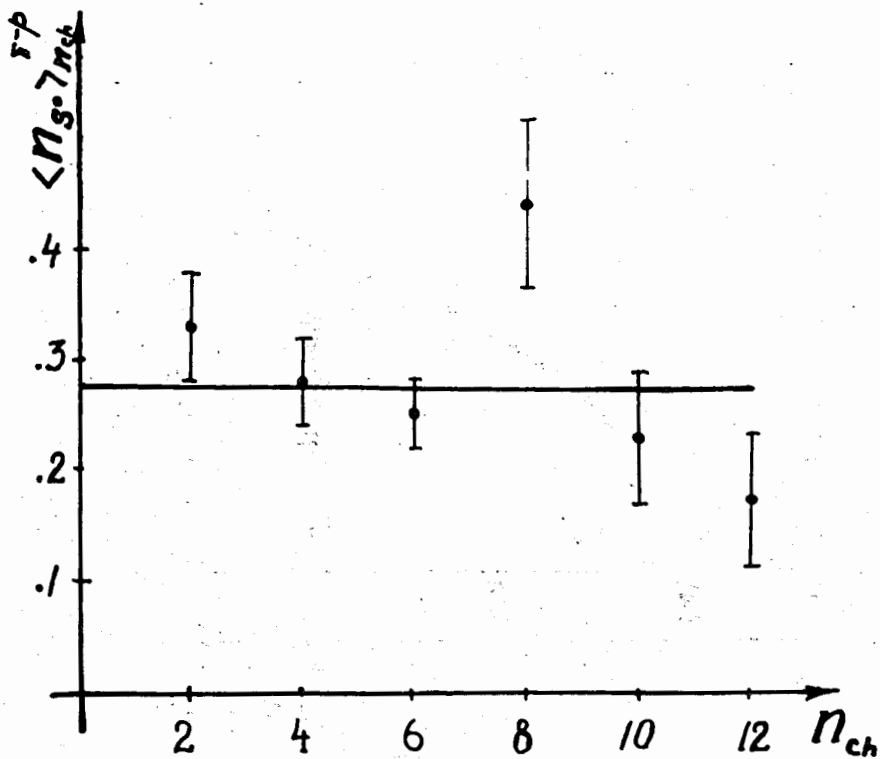


Рис. 2

$$\alpha = 0,49 \pm 0,06, \beta = 0,11 \pm 0,02, \delta = 0,05 \pm 0,05,$$

$$\delta' = 0,10 \pm 0,10, \gamma = 0,03;$$

$$\pi^- \text{ мезона /см. 4/ : } \nu = 0,22 \pm 0,07;$$

среднее число пар  $K^0\bar{K}^0$  из адронных ассоциаций:

$$b = 0,08 \pm 0,05.$$

Полученные результаты не противоречат работам <sup>/2/</sup>, в которых среднее число мезонных пар и троек  $\pi^+\pi^-$ ,  $\pi^+\pi^-\pi^0$ ,  $\langle n_{\pi^+\pi^-} \rangle + \langle n_{\pi^+\pi^-\pi^0} \rangle = 1,81 \pm 0,02$ , а коэффициент перезарядки  $K_{ch.ex} = 0,36 \pm 0,04$ .

Как видно, расхождение в значениях среднего числа мезонных комбинаций связано с тем обстоятельством, что в работах <sup>/2/</sup> не учитывался канал диссоциации  $\pi \rightarrow 3\pi$ .

Среднее число странных частиц, определенных по формулам <sup>/14/</sup> и <sup>/16/</sup>, равно

$$n_{S^0}(\pi^-p) = 0,26 \pm 0,17.$$

В заключение авторы хотят выразить признательность В.Г.Гришину, С.П.Кулешову, В.А.Матвееву, Р.М.Мурадян, М.А.Смондыреву, А.Н.Тавхелидзе, Г.Янчо за полезные и стимулирующие обсуждения работы и ценные замечания.

#### Литература

1. Будапешт - Бухарест - Дубна - Краков - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. Сотрудничество. ЯФ, т. 16, н. 5, 989 /1972/; Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, Н.А.Смирнов, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ, 13-5942, Дубна, 1971.
2. V.G.Grishin, G.Jancso, S.P.Kuleshov, V.A.Matveev, A.N.Sissakian. Lett. Nuovo Cim., 8, 590 (1973); JINR, E2-6596, Dubna, 1972; JINR, P2-6950, Dubna, 1973; ЯФ, 17, 1281 /1973/; JINR, D2-7180, Dubna, 1973.
3. V.A.Matveev, A.N.Tavkhelidze. JINR, E2-5141, Dubna, 1970.
4. B.M.Barbashov, S.P.Kuleshov, V.A.Matveev, V.N.Pervushin, A.N.Sissakian, A.N.Tavkhelidze. Phys.Lett., 33B, 484 (1970); S.P.Kuleshov, V.A.Matveev, A.N.Sissakian. IPB-TR-72-3 Preprint Zagreb, 1972; Fizica, 5, 67 (1973).
5. C.Charlton, Y.Cho et al. P.R.L., 29, 515 (1972).
6. G.Flugge, Ch.Goffried, G.Neuhoser, F.Niebergall, M.Regler, W.Schmidt-Parzfall, K.P.Schubert, P.E.Schumacher and K.Winter. CERN Preprint, 1972.
7. S.Pokorski, L. Van Hove. CERN Preprint, 1973.
8. D.Horn, A.Schwimer. CALT Preprint, California, 1972; Nucl. Phys., B52, No. 2, p. 627 (1973); E.L.Berger, D.Horn, C.H.Thomas. NAL Preprint, Argonne, 1972. Phys.Rev., D7, No. 5, 1412 (1973).
9. В.Г.Гришин. ЯФ, 17, 134 /1973/; I.Dadic, M.Martinis, K.Pisk. Nuovo Cim., 13A, 777 (1973).
10. M.Jacob. Rapporteurs Talk at the Batavia Conference, 1972.
11. Р.М.Мурадян. Автомодельность в инклюзивных реакциях. ОИЯИ, P2-6762, Дубна, 1972.
12. A.K.Wroblewski. Rapporteurs Talk at the Kiev Conference, 1970.
13. Будапешт - Бухарест - Дубна - Краков - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. Сотрудничество. Препринт ОИЯИ, P1-7267, Дубна, 1973; Препринт ОИЯИ, P1-7267, Дубна, 1973; ЯФ, т. 13, в. 6, 1251 /1973/; Препринт ИАФ/Бухарест/HE-82, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел 27 февраля 1974 года.