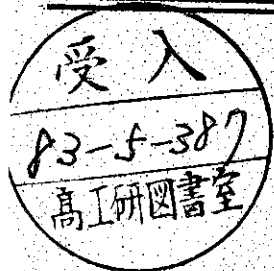


ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԾԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



ВЗИ-602(89)-82

Г.Р.ГУЛКАНЯН, С.А.КОРЧАГИН, И.М.РАВИНОВИЧ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВКЛАДА ВТОРИЧНЫХ  
НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ВО МНОЖЕСТВЕННОСТЬ  
 $\pi^-$  - МЕЗОНОВ В  $pA$  - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

ԵՐԵՎԱՆ 1982 ԵՐԵՎԱՆ

BM-602(89)-82

H.R.GULKANIAN, S.A.KORCHAGIN, I.M.RAVINOVICH

EXPERIMENTAL ESTIMATION OF THE CONTRIBUTION  
OF SECONDARY INELASTIC INTERACTIONS  
IN THE MULTIPLICITY OF  $\mathfrak{N}^-$ -MESONS IN pA-INTERACTIONS

Making use of the experimental data obtained with a 2 meter propane bubble chamber HEL of JINR with an internal tantalum target, the contribution of secondary inelastic processes in the multiplicity of  $\mathfrak{N}^-$ -mesons in the interactions of protons with nuclei of carbon and tantalum in the momentum interval  $(2 + 10)$  GeV/c is estimated.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1982

УДК 519.283:539.171.017:539.126.343

Г.Р.ГУЛКАНЯН, С.А.КОРЧАГИН, И.М.РАВИНОВИЧ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВКЛАДА ВТОРИЧНЫХ  
НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ВО МНОЖЕСТВЕННОСТЬ  
 $\pi^-$  - МЕЗОНОВ В  $pA$  - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Используя экспериментальные данные, полученные с 2-х метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ с внутренней танталовой мишенью, оценен вклад вторичных неупругих процессов во множественность  $\pi^-$  - мезонов во взаимодействиях протонов с ядрами углерода и тантала в интервале импульсов (2+10) ГэВ/с.

Ереванский физический институт  
Ереван 1962

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

БФИ-602(89)-82

Г.Р.ГУЛКЯНЯН, С.А.КОРЧАГИН, И.М.РАВИНОВИЧ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВКЛАДА ВТОРИЧНЫХ  
НЕУПРУГИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ВО МНОЖЕСТВЕННОСТЬ  
 $\Sigma^-$  - МЕЗОНОВ В  $pA$  - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Ереван 1982

© *Ереванский физический институт, 1982*

Отличие средних множественностей пионов в адрон-ядерных и адрон-нуклонных взаимодействиях обусловлено, с одной стороны, увеличением вероятности налетающему адрону столкнуться неупруго с каким-либо нуклоном ядра, и с другой - вторичными неупругими взаимодействиями первичного (лидирующего) адрона или родившихся пионов в ядре.

В настоящей работе на основе экспериментальных данных [1] по средним множественностям  $\pi^-$ - мезонов в pC и в pTa- взаимодействиях при первичных импульсах (2-10) ГэВ/с количественно оценивается влияние неупругих вторичных процессов, происходящих в ядре, на множественное образование пионов.

Вероятность неупругого взаимодействия в протон-нуклонных взаимодействиях равна:  $\sigma_{pN}^{in} / \sigma_{pN}^{tot}$ . Вероятность неупруго столкнуться с каким-либо нуклоном ядра в неупругих (некогерентных) pA- взаимодействиях (включая квазиупругие взаимодействия) равна:

$$\sigma_{pA}^{Prod} / \sigma_{pA}^{in} \quad \text{где} \quad \sigma_{pA}^{in} = \int [1 - e^{-\sigma_{pN}^{tot} \cdot T(b)}] d^2b \quad \text{есть}$$

соответствующее неупругое сечение  $\rho_A$  - взаимодействия, а  $\sigma_{pA}^{prod}$  - сечение образования (пионов) в результате неупругого столкновения налетающего протона с каким-либо нуклоном ядра:

$$\sigma_{pA}^{prod} = \int [1 - e^{-\sigma_{pN}^{in} \cdot T(b)}] d^2b \quad (1)$$

$T(b) = \int_0^\infty \rho(z, b) dz$ , где ядерная плотность  $\rho(z, b)$  нормирована на массовое число ядра-мишени  $A$ .

Если пренебречь процессами когерентного рождения пионов, вклад которых в рассматриваемой области первичных импульсов пренебрежимо мал, то среднюю множественность пионов  $\langle n \rangle_{pA}^{in}$  в протон-ядерном неупругом взаимодействии (включая квазиупругие процессы) можно записать в виде:

$$\langle n \rangle_{pA}^{in} = \langle n \rangle_{pN}^{in} \frac{\sigma_{pA}^{prod}}{\sigma_{pA}^{in}} + \langle n \rangle_{pA}^{bt} \quad (2)$$

где первое слагаемое

$$\langle n \rangle_{pA}^{in} = \langle n \rangle_{pN}^{in} \frac{\sigma_{pA}^{prod}}{\sigma_{pA}^{in}} = \langle n \rangle_{pA}^{tot} \frac{\sigma_{pN}^{tot}}{\sigma_{pN}^{in}} \cdot \frac{\sigma_{pA}^{prod}}{\sigma_{pA}^{in}} \quad (3)$$

обусловлено неупругим взаимодействием первичного протона, не претерпевшего до этого неупругих взаимодействий с нуклоном ядра; второе слагаемое в (2), экспериментальная оценка которого и является целью данной работы, показывает суммарный вклад вторичных неупругих процессов;  $\langle n \rangle_{pN}^{tot}$  и  $\langle n \rangle_{pN}^{in}$  - средние множественности пионов (в данном случае -  $\pi^-$  - мезонов) в взаимодействиях протона со "средним" нуклоном ядра-мишени в нормировке на полное и неупругое сечения  $pN$  - взаимодействия,  $\sigma_{pN}^{tot}$  и  $\sigma_{pN}^{in}$ .

соответственно. Экспериментальные значения  $[2] \sigma_{pN}^{tot}$ ,  $\sigma_{pN}^{in}$  и  $\langle n \rangle_{pN}^{tot}$  для  $pNc$  и  $pN\alpha$  - взаимодействий при импульсах 2,3; 4,2; 5,4; 9,9 ГэВ/с приведены в табл. I. Там же приведены расчетные значения  $\sigma_{pA}^{in}$  и  $\sigma_{pA}^{prod}$ , при вычислении которых использовались следующие выражения для одночастичных плотностей:

$$C: \rho(\vec{r}) = \frac{A}{\pi^{3/2} R_0^3} \cdot \frac{2}{2+3\alpha} \left(1 + \alpha \frac{r^2}{R_0^2}\right) e^{-r^2/R_0^2}$$

$$Td: \rho(\vec{r}) = A \frac{\rho_0}{1 + \exp\left(\frac{|r|-c}{d}\right)}$$

$$A = 12$$

$$R_0 = 1,65 \text{ фм}$$

$$d = 4/3$$

$$A = 181$$

$$C = 1,07 \cdot A^{1/3} \text{ фм}$$

$$d = 0,545 \text{ фм}$$

$$\rho_0 = 10^{-4} \text{ фм}^{-3}$$

Отметим, что вычисленные значения сечений  $\sigma_{pA}^{in}$  находятся в удовлетворительном согласии с измеренными значениями [3].

$$\sigma_{p\alpha}^{in} = 1695 \pm 70 \text{ мбн}, \quad \sigma_{pc}^{in} = 265 \pm 15 \text{ мбн}.$$

В табл. 2 приведены рассчитанные по (3) значения  $\langle n \rangle'_{pA}$ ; в приведенных ошибках учтены погрешности в величинах, входящих в правую часть выражения (3). При вычислении  $\langle n \rangle'_{pA}$  оценивались поправки, связанные с потерей энергии при упругих столкновениях, предшествующих неупругому взаимодействию налетающего протона с нуклоном ядра. Средние потери на акт упругого столкновения составляют примерно 0,07 ГэВ [4]. При первичном импульсе 2,3 ГэВ/с они приводят к уменьшению  $\langle n \rangle'_{pA}$  в среднем на  $\sim 5\%$ . При больших импульсах эти поправки незначительные. Как показывают оценки, пренебрежимо малы также поправки на ферми-движение нуклонов в ядре.

В табл. 2 приведены также экспериментальные значения [1]

средней множественности пионов  $\langle n \rangle_{pA}^{\text{эксн}}$  в pC и pTa - взаимодействиях, с учетом методических поправок, для оценки которых применялась процедура, описанная в работе [5].

На рисунке приведены энергетические зависимости экспериментального отношения средних множественностей  $\mathbb{J}^-$  - мезонов в протон-ядерных и протон-нуклонных взаимодействиях  $R_A^{\text{эксн}} = \langle n \rangle_{pA}^{\text{эксн}} / \langle n \rangle_{pN}^{\text{tot}}$ , и отношение  $R_A' = \langle n \rangle_{pA}' / \langle n \rangle_{pN}^{\text{tot}}$ , характеризующее рост средней множественности пионов только за счет увеличения вероятности неупругого столкновения налетающего протона с каким-либо нуклоном ядра по сравнению с вероятностью неупругого протон-нуклонного взаимодействия. Разности  $R_A^{\text{эксн}} - R_A'$  или разности  $\langle n \rangle_{pA}^{\text{эксн}} - \langle n \rangle_{pA}'$  показывают суммарный вклад вторичных неупругих взаимодействий в ядре в среднюю множественность  $\mathbb{J}^-$  - мезонов. Величины  $\langle n \rangle_{pA}^{\text{эксн}} / \langle n \rangle_{pA}' - 1$ , приведенные в табл.2, показывают относительное изменение средней множественности  $\mathbb{J}^-$  - мезонов за счет вторичных неупругих взаимодействий.

Из данных, приведенных в табл.2 и на рисунке, можно сделать следующее заключение:

1. В случае легкого ядра (C) при первичных импульсах налетающего протона  $P \leq 5$  ГэВ/с вторичные неупругие взаимодействия в ядре не приводят к заметному (в пределах экспериментальных ошибок) изменению средней множественности  $\mathbb{J}^-$  - мезонов. При дальнейшем увеличении энергии наблюдается рост средней множественности  $\mathbb{J}^-$  - мезонов, обусловленный вторичными взаимодействиями; относительная величина этого роста достигает  $\sim 30\%$  при первичных импульсах  $p \sim 10$  ГэВ/с.

2. В случае тяжелого ядра (Td) при первичном импульсе  $p = 2,3$  ГэВ/с вторичные неупругие процессы в целом приводят

к уменьшению средней множественности  $\pi^-$  - мезонов; относительная величина этого уменьшения равна  $-(26 \pm 7)\%$ , что является прямым указанием на заметную роль поглощения пионов в ядерном веществе (по-видимому, в основном, по каналу  $\pi^-(pN) \rightarrow nN$ ). При дальнейшем увеличении начальной энергии все больше начинают играть роль вторичные неупругие столкновения налетающего (лидирующего) адрона, приводящие к росту средней множественности  $\pi^-$  - мезонов; относительная величина этого роста достигает  $\sim 30\%$  при первичных импульсах  $p \sim 10$  ГэВ/с.

3. В интервале начальных импульсов  $p \sim (4+10)$  ГэВ/с относительный вклад вторичных неупругих процессов в среднюю множественность  $\pi^-$  - мезонов практически не зависит от атомного веса ядра-мишени.

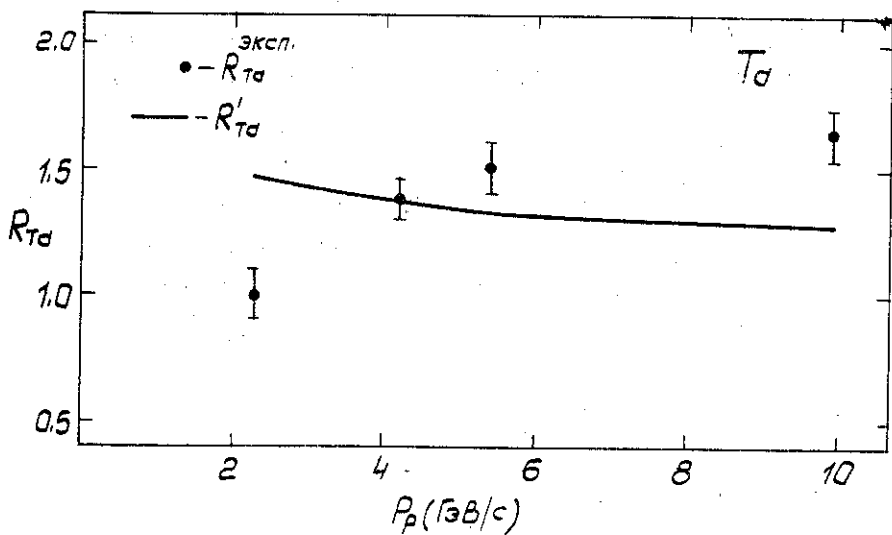
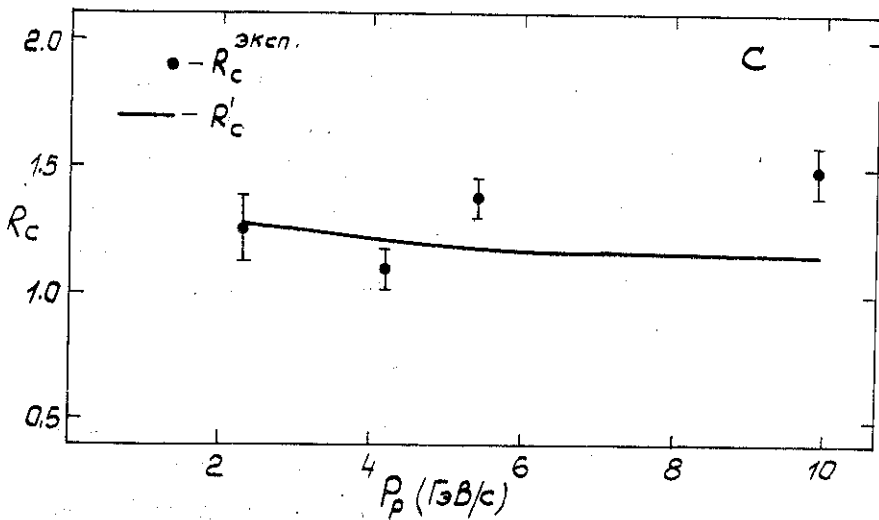
В заключение авторы выражают благодарность членам Сотрудничества 2-х метровой ПНК ЛВЭ ОИЯИ за обсуждения результатов настоящей работы.

Таблица 1

$P_p$ (ГэВ/с)	2,3	4,2	5,4	9,9
$\sigma_{pN}^{tot}$ , мбн	44,0 $\pm$ 0,5	42,2 $\pm$ 0,1	41,0 $\pm$ 0,1	40,6 $\pm$ 0,9
$\sigma_{pN}^{in}$ , мбн	27,0 $\pm$ 0,6	28,4 $\pm$ 0,7	28,7 $\pm$ 0,5	29,7 $\pm$ 0,9
$\langle n \rangle_{pNc}^{tot}$	0,12 $\pm$ 0,01	0,30 $\pm$ 0,01	0,38 $\pm$ 0,01	0,63 $\pm$ 0,03
$\langle n \rangle_{pN\tau a}^{tot}$	0,14 $\pm$ 0,01	0,32 $\pm$ 0,01	0,41 $\pm$ 0,01	0,67 $\pm$ 0,03
$\sigma_{pC}^{in}$ , мбн	248,4	243,6	240,2	239,1
$\sigma_{pC}^{prod}$ , мбн	192,2	197,9	199,1	203,0
$\sigma_{p\tau a}^{in}$ , мбн	1586,6	1573,1	1564,7	1561,5
$\sigma_{p\tau a}^{prod}$ , мбн	1426,0	1443,6	1447,3	1459,1

Таблица 2

$P_p$ (ГэВ/с)	2,3	4,2	5,4	9,9
$\langle n \rangle_{pC}^{аксн}$	0,15 $\pm$ 0,01	0,33 $\pm$ 0,02	0,52 $\pm$ 0,03	0,93 $\pm$ 0,04
$\langle n \rangle_{p\tau a}^{аксн}$	0,14 $\pm$ 0,01	0,44 $\pm$ 0,02	0,62 $\pm$ 0,04	1,10 $\pm$ 0,04
$\langle n \rangle_{pC}$	0,14 $\pm$ 0,01	0,36 $\pm$ 0,01	0,45 $\pm$ 0,01	0,73 $\pm$ 0,05
$\langle n \rangle_{p\tau a}$	0,19 $\pm$ 0,01	0,44 $\pm$ 0,01	0,54 $\pm$ 0,01	0,86 $\pm$ 0,05
$\frac{\langle n \rangle_{pC}^{аксн}}{\langle n \rangle_{pC}} - 1$	0,07 $\pm$ 0,07	-(0,08 $\pm$ 0,06)	0,16 $\pm$ 0,07	0,27 $\pm$ 0,07
$\frac{\langle n \rangle_{p\tau a}^{аксн}}{\langle n \rangle_{p\tau a}} - 1$	-(0,26 $\pm$ 0,07)	0,00 $\pm$ 0,05	0,15 $\pm$ 0,08	0,28 $\pm$ 0,07



Величины отношений средних множественностей  $\pi^-$  - мезонов в протон-ядерных и протон-нуклонных взаимодействиях при одинаковой энергии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баатар Ц. , Гаспарян А.П., Гафуров Г.Г. и др. Множественность  $\mathcal{N}^-$  - мезонов в неупругих взаимодействиях протонов с ядрами углерода и тантала в интервале импульсов  $(2+10)\text{ГэВ}/c$ . Препринт ОИЯИ, I-80-III, Дубна, 1980.
2. Flaminio V., Graf I.F., Hansen J.D. et al. Compilation of Cross-Sections III-p and p Induced Reactions. CERN-HERA 79-03, Geneva, 1979.
3. Ангелов Н. , Ахабабян Н. , Баатар Ц. и др. Анализ поведения сечений и множественности  $\mathcal{N}^-$  - мезонов при взаимодействии релятивистских ядер  $p$  ,  $d$  ,  $He$  ,  $C$  с ядрами углерода и тантала. Препринт ОИЯИ, PI-80-473, Дубна, 1980.
4. Venary O., Price L.R., Alexander G. NN and ND Interactions (above 0.5 GeV/c)-A Compilation. UCRL-20000 NN, Berkeley, 1970
5. Гаспарян А.П., Гулканян Г.Р., Корчагин С.А. Оценка величин методических поправок к множественности  $\mathcal{N}^-$  - мезонов, рожденных при взаимодействии легких релятивистских ядер с танталовой мишенью. Препринт ОИЯИ, I-80-778, Дубна, 1980.

Рукопись поступила 2 сентября 1982 г.

Редактор Л.П.Мукаян  
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 607

ВФ- 04046

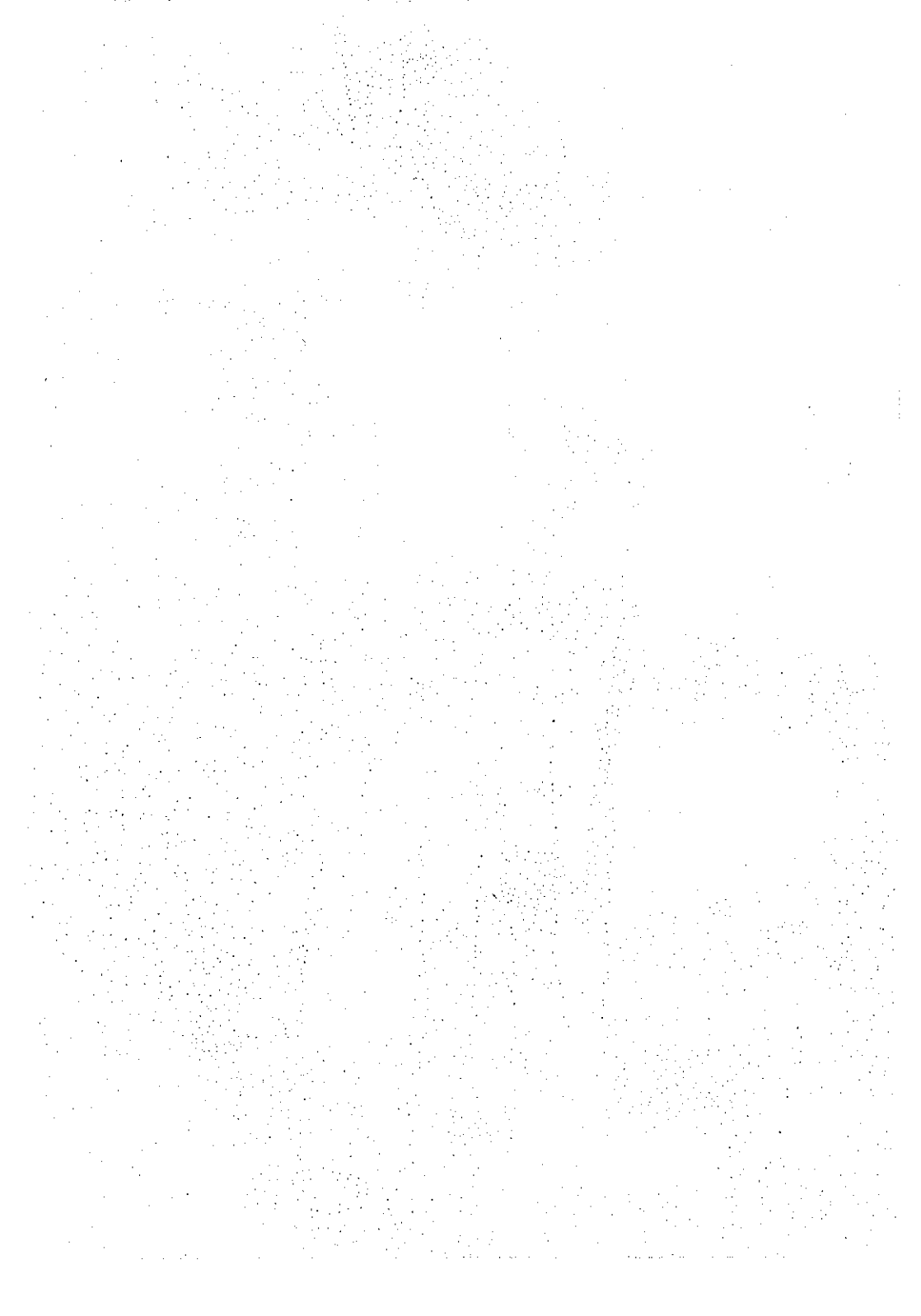
Тираж 299

Препринт ВФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 30.12.1982 0.5 уч-изд.л. Ц. 7 к.

Издано Отделом научно- технической информации  
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркаряна 2



индекс 3624

16