

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-85-144

Альбинс В. и др.

ИССЛЕДОВАНИЕ

ИНКЛЮЗИВНОГО ПРОЦЕССА $\pi^-A \rightarrow p_{\text{назад}} X$

ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГэВ/с

Направлено в журнал "Ядерная физика"

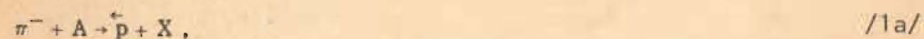
1985

Е.Альбини¹, В.В.Антипов, Д.Беллини¹, И.М.Васи́левский, М.Виттоне¹,
В.В.Вишняков, А.Г.Гальперин, М. Ди Корато¹, О.А.Займидорога,
О.А.Кропина, Л.К.Лыткин, В.А.Моисеенко, Ф.Паломбо¹, В.А.Петров,
И.Л.Писарев, А.А.Тяпкин, П.-Л.Фрабетти², Л.П.Черненко

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие интенсивно проводятся измерения инклюзивных инвариантных сечений процессов с испусканием протонов в заднюю полусферу в лабораторной системе координат, которое запрещено во взаимодействиях π^- -мезонов со свободными покоящимися нуклонами /так называемый кумулятивный эффект/.

Реакции вида



представляют большой интерес. Изучение таких процессов дает основную экспериментальную информацию, необходимую для выделения вклада высокоимпульсных компонент волновой функции ядра и коллективного поведения нуклонов в ядре. Исследование реакций вида /1/ также важно для изучения пространственно-временной картины сильных взаимодействий /1-3/.

В настоящее время имеется много различных моделей и подходов к описанию реакций кумулятивного рождения частиц. Основные экспериментальные и теоретические результаты неоднократно обсуждались в обзорных работах /1-8/.

Выполненные эксперименты по кумулятивному рождению частиц охватывают широкую область импульсов падающих частиц вплоть до 400 ГэВ/с /1-6/ и ядер-мишеней от дейтерия до урана включительно. Однако в области импульсов порядка нескольких десятков ГэВ/с имеется сравнительно мало данных. Так, при импульсе π^- -мезонов 40 ГэВ/с имеются данные только сотрудничества двухметровой протонной камеры /например, /9//.

В настоящей работе исследуется реакция /1а/ на ядрах С, Си и Рь при импульсе налетающих π^- -мезонов 40 ГэВ/с. Получены импульсные спектры протонов и исследована А-зависимость сечений.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперимент проведен на магнитном искровом спектрометре МИС ОИЯИ /10/ на ускорителе ИФВЭ в Серпухове с некоторыми изменениями схемы опыта по дифракционной диссоциации пионов /рис.1/. В дальнейшем используются обозначения из /10/.

¹ Институт физики университета, Милан, Италия

² Институт физики университета, Болонья, Италия

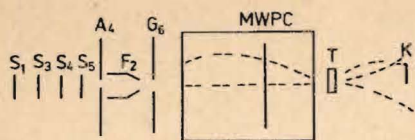


Рис.1. Схема опыта для изучения реакции $\pi^-A \rightarrow pX$. $S_1, S_3, S_4, S_5, A_4, F_2, G_6, K$ - сцинтилляционные счетчики MWPC - многопроволочная пропорциональная камера.

Пучок π^- -мезонов, выделенный системой сцинтилляционных счетчиков (S_1, A_4, F_2), попадал на мишень T , расположенную после первых десяти оптических искровых камер /ОИК/ спектрометра. Использовались мишени из углерода толщиной в 8 и 20 мм, меди - 2 мм и свинца - 1 и 2 мм.

Многопроволочная пропорциональная камера MWPC располагалась перед мишенью между шестой и седьмой ОИК. Триггер вырабатывался при прохождении через пропорциональную камеру не менее двух заряженных частиц, причем одна из частиц должна была пройти в центральной области камеры /В/. Счетчик G_6 использовался для регистрации испущенной "назад" заряженной частицы.

Описанный триггер имел вид

$$T = S_1 \cdot S_3 \cdot S_4 \cdot S_5 \cdot \bar{A}_4 \cdot \bar{F}_2 \cdot B \cdot MWPC (\geq 2) \cdot G_6 \cdot \bar{K}.$$

Эксперимент выполнен при двух значениях величины магнитного поля спектрометра $H_1 = 0,6$ Тл и $H_2 = 1,8$ Тл в интервалах углов испущенных назад частиц соответственно $155 \div 175^\circ$ и $120 \div 160^\circ$.

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Накопленный за время экспозиции пленочный материал / ~40000 стереокадров/ был подвергнут просмотру, а затем обмерен на полуавтоматических устройствах САМЕТ и автомате на электронно-лучевой трубке АЭЛТ-2/160^{11/}.

События, измерявшиеся на полуавтоматических устройствах, были независимо просмотрены дважды. Эффективность просмотра оказалась практически равной 100%. После просмотра для повышения надежности и точности измерений события обмерялись на полуавтоматах дважды. Результаты этих измерений подвергались процедуре усреднения. В случае расхождения результатов измерений событие измерялось еще раз. Полученные таким образом результаты измерений записывались на магнитную ленту входных данных /ЛВД/ программы обработки физических событий.

На основе системы программ обработки данных МИС^{12/}, использованной ранее при изучении процесса дифракционной диссоциации π^- -мезонов на ядрах, для обработки событий с испусканием заряженных частиц в заднюю полусферу в лабораторной системе была сделана специальная версия системы.

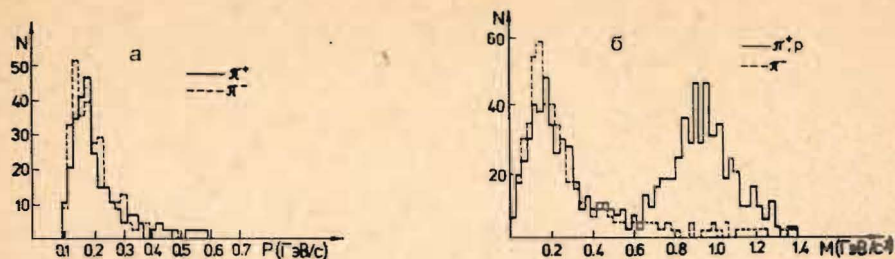


Рис.2. а - импульсные спектры π^+ и π^- -мезонов; б - спектры масс положительных и отрицательных частиц.

Для последующего анализа были написаны программы с использованием пакета HBOOK^{13/}.

Спектры импульсов протонов, с учетом поправки на ионизационные потери /рассчитанной для каждой мишени/ и поправки на геометрическую эффективность, были получены следующим способом. Спектры импульсов π^- -мезонов вычитались из спектров положительно заряженных частиц в предположении близости спектров импульсов π^- -мезонов обоих знаков.

Выполненные на части статистического материала измерения по методу времени пролета на базе 1,3 м показали следующее. В наблюдаемом интервале импульсов /до ≈ 900 МэВ/с/ π^- -мезоны хорошо отделяются от протонов /спектры масс π^- -мезонов и протонов приведены на рис.2б/, а спектры импульсов π^+ -и π^- -мезонов совпадают с точностью порядка 10% /рис.2а/.

Средняя по всему диапазону измеряемых в спектрометре импульсов вторичных частиц ошибка импульса составила величину порядка 20 МэВ/с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные спектры импульсов протонов были пересчитаны в инвариантные сечения /структурные функции/

$$F(p^2, \theta) = E \cdot \frac{d^3\sigma}{dp^3} = \frac{E}{p^2} \cdot \frac{d^2\sigma}{dp d\Omega}, \quad /2/$$

где E, p - соответственно полная энергия и импульс протонов в л.с.

На рис.3 и 4 приведены значения структурных функций, нормированные на σ_{abs} и A , для ядер C, Cu, Pb в двух исследованных интервалах углов, где σ_{abs} - сечение поглощения π^- -мезонов ядрами при импульсе $P_\pi = 40$ ГэВ/с^{14/} и A - атомный номер мишени. Данные, показанные на рис.3 и 4, демонстрируют зависимость нор-

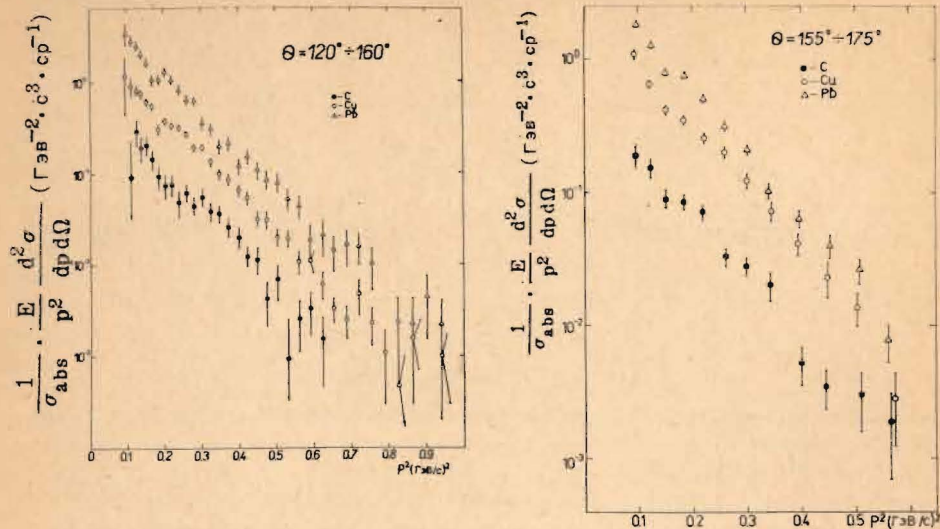


Рис.3. Инвариантные сечения, нормированные на сечение поглощения для реакции /1а/.

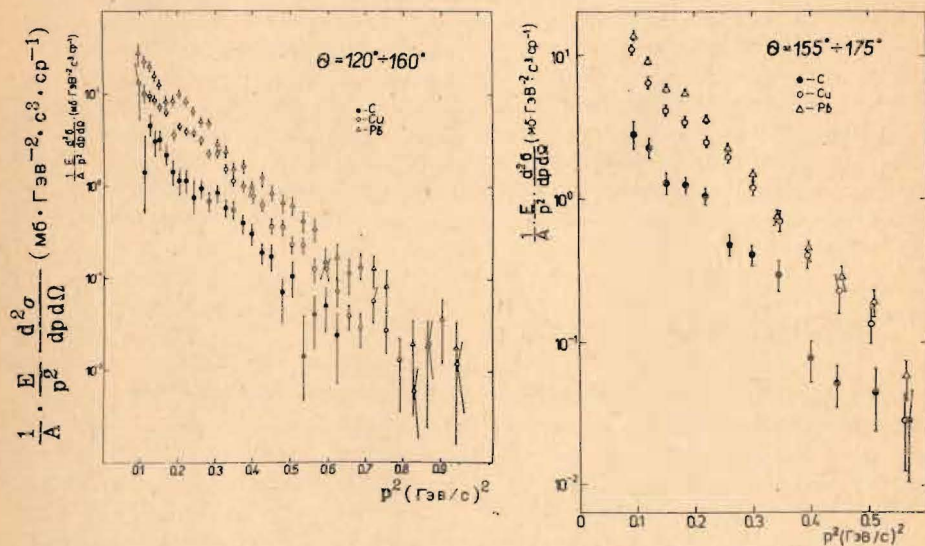


Рис.4. Инвариантные сечения, нормированные на нуклон для реакции /1а/.

мированных соответствующим образом структурных функций от атомного номера мишени.

Таблица

Мишень	$\theta = 120 \div 160^\circ$		$\theta = 155 \div 175^\circ$	
	C ГэВ ⁻² с ³ ср ⁻¹	B /ГэВ/с/ ⁻²	C ГэВ ⁻² с ³ ср ⁻¹	B /ГэВ/с/ ⁻²
C	0,77 _{+0,12}	10,02 _{+0,49}	0,57 _{+0,08}	10,81 _{+0,56}
Cu	2,61 _{+0,15}	9,42 _{+0,19}	2,52 _{+0,19}	10,63 _{+0,34}
Pb	7,12 _{+0,49}	9,30 _{+0,15}	4,89 _{+0,27}	10,85 _{+0,25}

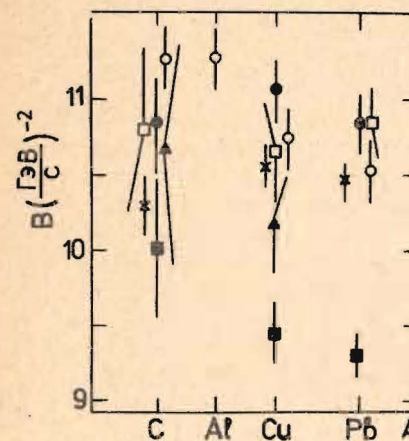


Рис.5. Зависимость параметра наклона В от атомного номера ядра - мишени; 1/ настоящая работа: ■ и □ - для интервалов углов $120^\circ \leq \theta < 160^\circ$ и $155^\circ < \theta < 175^\circ$ соответственно, при $P > 0,3$ ГэВ/с; ▲ - для интервала $120^\circ \leq \theta < 160^\circ$, $P > 0,48$ ГэВ/с; 2/ данные работы /5/: × - для реакции $\pi^- A \rightarrow \bar{p} X$ при $P = 5$ ГэВ/с; ● - для реакции $p A \rightarrow \bar{p} X$ при $P = 8,5$ ГэВ/с; 3/ ○ - данные работы /20/: для реакции $p A \rightarrow \bar{p} X$ при $P_p = 8,9$ ГэВ/с.

В каждом из двух исследованных угловых интервалов структурные функции /2/ были параметризованы следующим образом:

$$\frac{1}{\sigma_{abs}} \cdot F(p^2) = C \cdot \exp(-Bp^2), \quad /3/$$

в предположении независимости параметра наклона В от угла θ в пределах каждого интервала.

В таблице приведены значения коэффициентов С и параметров наклона В, полученных методом наименьших квадратов.

Кривые на рис.3 и 4 почти параллельны, т.е. параметр наклона В очень слабо зависит, или, в пределах ошибок, не зависит от атомного номера ядра мишени. Величины В для различных ядер представлены на рис.5. Можно сделать вывод о том, что изменения значений параметров наклона В в зависимости от атомного номера не превышают 7%. На этом же рисунке представлены значения параметров наклона (×) при импульсе начального π^- -мезона 5 ГэВ/с и угле вылета протонов $162^\circ / 15^\circ$.

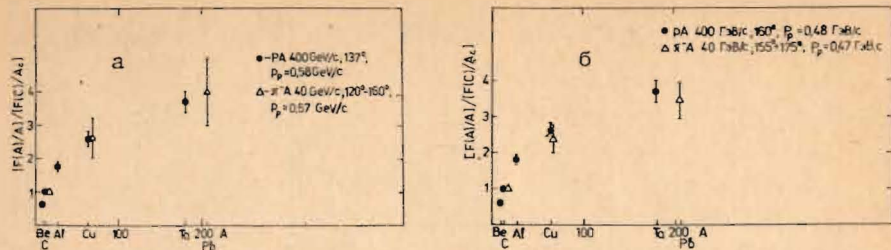


Рис.6. Зависимость величины $R = [F(A)/A]/[F(C)/A_C]$ от атомного номера.

По-видимому, имеется также слабая зависимость параметров наклона от импульса налетающих π -мезонов. При уменьшении углов вылетающих назад протонов /переход от интервала $155 \div 175^\circ$ к $120 \div 160^\circ$ / величина параметра наклона уменьшается, что находится в соответствии с зависимостью, полученной в работах /18,21/. Затусеванными треугольниками (\blacktriangle) на рис.5 обозначены данные настоящей работы, полученные при отборе жесткой части спектра импульсов $/P > 0,48$ ГэВ/с/ в угловом интервале $120 \div 160^\circ$. При этом наблюдается тенденция к увеличению значений параметров наклона по сравнению с последними, полученными для всего спектра импульсов, и стремление указанных значений к величинам, полученным при больших значениях углов эмиссии вторичных частиц.

На рис.6а и 6б показана зависимость величины $R = [F(A)/A]/[F(C)/A_C]$ от атомного номера ядра мишени для интервалов углов $120 \div 160^\circ$ и $155 \div 175^\circ$ и импульсов протонов 0,57 и 0,47 ГэВ/с соответственно. Для сравнения на этих рисунках приведены также результаты работы /18/ на рис.6а для угла 137° и $P = 0,58$ ГэВ/с и на рис.6б для угла 160° и $P = 0,58$ ГэВ/с/.

Сравнение результатов этих работ показывает, что А-зависимость величины $F(A)/A$ слабо меняется в широком диапазоне импульсов первичных частиц и для реакций /1а, 1б/ качественно не меняется.

На рис.7 представлены результаты данной работы $R' = [F(A)/A]/[F(Pb)/A_{Pb}]$ для $\theta = 120 \div 160^\circ$ и $P_p = 0,57$ ГэВ/с в сравнении с результатами, полученными в /19/, для реакции /1а/ при импульсе π^- -мезонов 1,55; 3,10; 5,16 и 6,2 ГэВ/с $/\theta = 162^\circ/$, а также результатами /20/ для реакции /1б/ при импульсе протонов 8,9 ГэВ/с для $\theta = 180^\circ$ и $P_p = 0,5$ ГэВ/с /статистическая ошибка величины R' для реакции /1б/ составляла $2 \div 3\%$ и на рис.7 не показана/. В качестве величины сечений $F(A)$ из работы /19/ взят коэффициент $S(A)$, входящий в выражение параметризации сечения /3/. При этом данные /19/, полученные для разных импульсов π^- -мезонов, нормированы на $F(Pb)$ при $P_{\pi^-} = 5,16$ ГэВ/с. Из рис.7 видно, что А-зависимость сечений

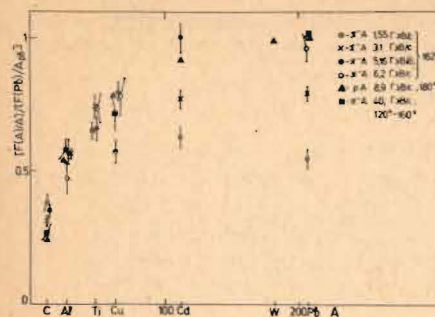


Рис.7. Зависимость инвариантных сечений, нормированных на нуклон, от атомного номера. Данные для π^- -мезонов $/P = 1,55 \div 6,2$ ГэВ/с/ нормированы на сечение на свинце при $P = 5,1$ ГэВ/с.

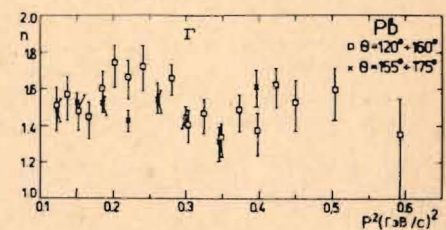
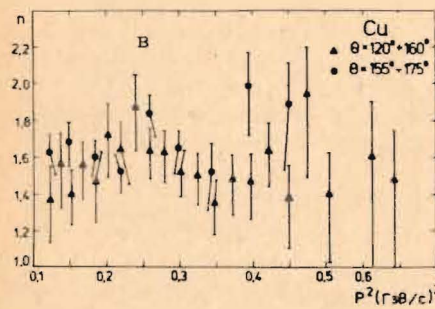
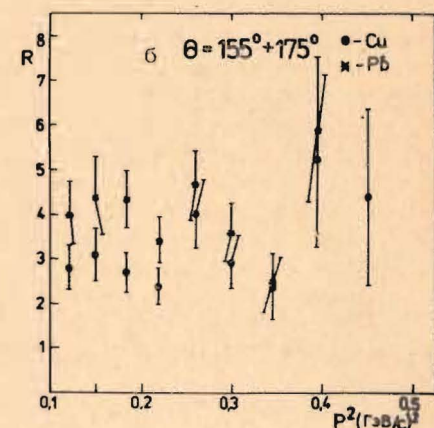
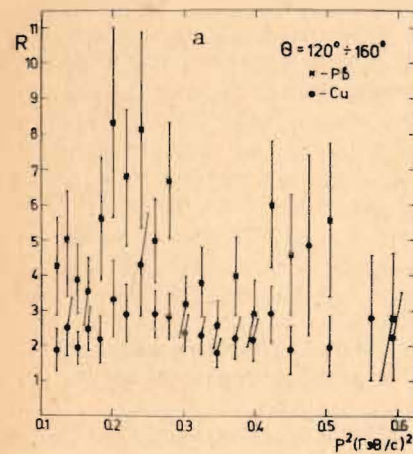


Рис.8. Зависимости а, б: $R = [F(A)/A]/[F(C)/A_C]$, в, г: $n = [\ln(F(A)/F(C))]/[\ln(A/A_C)]$ от квадрата импульса вылетевших в заднюю полусферу протонов для реакции $\pi^-A \rightarrow \bar{p}X$.

при импульсе налетающих частиц больше 5 ГэВ/с в обеих реакциях близка и что она не меняется при изменении импульса π^- -мезонов от 5 до 40 ГэВ/с.

Зависимость величины $R = [F(A)/A]/[F(C)/A_C]$ от импульсов протонов, вылетающих в заднюю полусферу, для ядер Си и Рь и двух угловых интервалов вылета протона представлена на рис.8а,б, а данные, показанные на рис.8в,г, демонстрируют величину $\mu = \ln(F(A)/F(C))/\ln(A/A_C)$, полученную при тех же условиях / μ - показатель степени в А-зависимости: $F(A) \sim A^\mu$).

Сопоставление зависимости величин R и μ от импульса протонов /рис.8/ с инвариантными сечениями /рис.3 и 4/ позволяет заключить, что, по-видимому, имеются нерегулярности в поведении сечений и что эти нерегулярности увеличиваются с уменьшением атомного номера ядра мишени /данные, приведенные на рис.8, уточнены по сравнению с данными /17/.

ВЫВОДЫ

1. Для реакции /1а/ с вылетом протонов в заднюю полусферу параметр наклона В слабо зависит от атомного номера ядра мишени.
2. Параметр В зависит от угла эмиссии θ протонов и увеличивается с увеличением θ .
3. А-зависимости нормированных на нуклон инвариантных сечений реакций /1а/ и /1б/ близки и слабо меняются в интервале импульсов налетающих π^- -мезонов от 5 до 40 ГэВ/с.

В заключение авторы выражают благодарность коллективам сотрудников группы АЭЛТ-2/160 и группы просмотрно-измерительных столов САМЕТ за просмотр и обработку фильмового материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов А.В. ЭЧАЯ, 1982, т. 13, вып. 3, с. 613.
2. Frankfurt L.L., Strickmann M.I. Phys.Rep., 1981, vol.76, No 4.
3. Стрикман М.И., Франкфурт Л.Л. ЭЧАЯ, 1980, т.11, вып.3, с. 571.

4. Stavinsky V.S. In Proc. of Intern.Conf. on Extr.States in Nuclear Systems. Dresden,1980, VII, p. 126.
5. Baldin A.M. In Progr. in Particle and Nuclear Physics, 1980, vol.4, p. 95.
6. Ставинский В.С. ЭЧАЯ, 1979, т. 10, вып. 5, с. 950-995.
7. Baldin A.M. In Proc. 19th Conf. on NEPH. Tokyo, 1978, p. 455.
8. Лексин Г.А. В сб. Элементарные частицы /Вторая школа физики ИТЭФ/, Атомиздат, М., 1975, вып.1, с. 90. Бажков Ю.Д. и др. ЯФ, 1973, т. 18, с. 1246.
9. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1975, т. 22, с. 5; ОИЯИ, P1-8566, Дубна, 1975.
10. Abrosimov A.T. et al. Nucl.Phys., B, 1979, vol.158, p.11.
11. Frabetti P.-L. et al. Nucl.Phys.B, 1979, vol.158, p. 57.
11. Байла и др. ОИЯИ, P10-80-430, Дубна, 1980.
12. Ананьева М.А. и др. ОИЯИ, 10-82-232, Дубна, 1982.
13. Braun R., Ivanchenko I.I., Palazzi P. CERN DD-EE-81.1, 1981.
14. Аллаби Д.В. и др. ЯФ, 1970, т.12, вып.3, с. 538-556.
15. Бургов Н.А. и др. Препринт ИТЭФ, №129, М., 1977.
16. Бургов Н.А. и др. Препринт ИТЭФ, №147, М., 1978.
17. Abrosimov A.T. et al. JINR, E1-84-703, Dubna, 1984.
18. Bayukov Yu.D. et al. Phys.Rev.C, 1979, vol.20, p. 764.
19. Бургов Н.А. и др. Препринт ИТЭФ, М., 1975, №97.
20. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, P1-11302, Дубна, 1978; P1-83-432, Дубна, 1983.
21. Будагов Ю.А. и др. ЯФ, 1976, т. 23, вып.5, с. 982-986.

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "Краткие сообщения ОИЯИ". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "Сообщений ОИЯИ", статьи, вошедшие в сборник, имеют, как и другие издания ОИЯИ, статус официальных публикаций.

Сборник "Краткие сообщения ОИЯИ" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the JINR Communications and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

Physics of elementary particles and atomic nuclei.
Theoretical physics.
Experimental techniques and methods.
Accelerators.
Cryogenics.
Computing mathematics and methods.
Solid state physics. Liquids.
Theory of condensed matter.
Applied researches.

Being a part of the JINR Communications, the articles of new collection like all other publications of the Joint Institute for Nuclear Research have the status of official publications.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.



Альбини Е. и др. P1-85-144
Исследование инклюзивного процесса $\pi^-A \rightarrow p_{\text{назад}}^X$
при импульсе 40 ГэВ/с

На установке МИС ОИЯИ проведено изучение инклюзивного процесса $\pi^-A \rightarrow p_{\text{назад}}^X$ для ядерных мишеней (C, Cu, Pb) при импульсе пионов 40 ГэВ/с. Получены инвариантные сечения вылета протонов в заднюю полусферу в л.с. в области импульсов $0,3 \pm 1$ ГэВ/с и в интервале углов $120 \div 175^\circ$. Обсуждается зависимость инвариантного сечения этого процесса от атомного номера мишени.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод М.И.Потапова

Albini E. et al. P1-85-144
Investigation of Inclusive Processes $\pi^-A \rightarrow p_{\text{backwards}}^X$
at 40 GeV/c

The inclusive process $\pi^-A \rightarrow p_{\text{backward}}^X$ for nuclear targets (C, Cu, Pb) has been studied at MIS at 40 GeV/c. The invariant cross sections of proton flying out in the back hemisphere have been obtained in the lab system for the 0.3 ± 1 GeV/c momentum region and the $120 \div 175^\circ$ angle interval. The A-dependence of the invariant cross section for this process is discussed.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985