



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Б-447

P1-88-34

**И.М.Беляев*, О.П.Гаврищук, П.И.Зарубин,
Л.С.Золин, В.Ф.Переседов, П.А.Рукояткин,
А.Ю.Суханов, С.В.Фролов***

**СЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПИОНОВ
ПОД УГЛОМ 159°
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ ОТ 15 ДО 61 ГэВ
С ЯДРАМИ УГЛЕРОДА**

*Институт теоретической и экспериментальной физики,
Москва

В работе представлены таблицы инвариантных дифференциальных сечений образования π^+ - и π^- -мезонов под углом 159° при взаимодействии протонов с энергией от 15 до 61 ГэВ с ядрами углерода, т.е. в инклюзивном процессе:



Измерения выполнены с помощью спектрометра кумулятивных адронов, использующего внутреннюю мишень ускорителя У-70 /Серпухов/. Краткое описание спектрометра представлено в работе^{/1/}. Обсуждение физических результатов эксперимента дано в^{/2/}.

При обработке результатов измерений использована статистика двух сеансов с общим числом полезных событий $\sim 10^6$. Набор данных проводился в каждом цикле ускорения одновременно во всем диапазоне энергий протонов E_0 по мере нарастания энергии внутреннего пучка в процессе ускорения. Для обеспечения равномерного набора статистики по диапазону E_0 была использована обратная связь с мониторных телескопов спектрометра, которая поддерживала постоянный уровень сброса на мишень. Измерения проводились сериями с чередованием величины и знака поля в анализирующем магните, число регистрируемых событий в серии составляло $40 \div 70 \cdot 10^3$.

Инвариантные дифференциальные сечения, нормированные на один нуклон ядра мишени, вычислялись в соответствии с соотношением, связывающим их с измеряемыми величинами:

$$\frac{E}{A} \frac{d\sigma}{dq^2} = \frac{E}{A} \frac{d^2\sigma}{dq^2 d\Omega} = \frac{E}{A q^2 dq} \frac{N - N_1 - N_\Phi}{M - M_1 - M_\Phi} \frac{M_c K_c \epsilon}{A_c}.$$

Здесь A - атомный номер ядра мишени; E , q - полная энергия и импульс пиона; $d\Omega$ - входной телесный угол спектрометра $/1,05 \cdot 10^{-3}$ ср/; N - число зарегистрированных событий; ϵ - эффективность триггера; M - показания монитора; M_c - константа монитора, связывающая отсчеты монитора с ядерной плотностью мишени и интенсивностью пучка первичных протонов, падающих на мишень; N_Φ - число фоновых запусков; N_1 - число событий, бракуемых программой обработки по заданным критериям; M_1 - соответствующее число отсчетов монитора.

$$A_c = F(\theta, \phi, \Omega, x_T, y_T, x_i, y_i, z_i, q, \beta, k_S, k_D, k_T, H) -$$

- аксептанс спектрометра, который вычислялся методом Монте-Карло при моделировании прохождения частиц через спектрометр^{/3/}. При моделировании учитывались следующие характеристики и процессы: θ, ϕ - углы вылета частиц из мишени; x_T, y_T - координата рождения частицы в мишени, x_i, y_i, z_i - позиция и размеры детекторов и элементов спектрометра; q, β - импульс и скорость регистрируемой частицы; k_S, k_T - рассеяние и торможение в веществе спектрометра; k_D - распады нестабильных частиц. Поправка K_c на усреднение сечения по конечным значениям интервалов полярного угла $d\theta = \pm 0,7^\circ$ и импульса $dq = 0,05$ ГэВ/с не превышала 1%. Ошибка измерения $\delta = (\delta_{ст}^2 + \delta_{сл}^2)^{0,5}$. Суммарная статистическая ошибка $\delta_{ст} = (\delta_N^2 + \delta_A^2 + \delta_M^2)^{0,5}$; δ_N - ошибка, определяемая статистикой регистрируемых событий и уровнем фоновых отсчетов; δ_A - ошибка, определяемая статистикой разыгранных событий при моделировании аксептанса; δ_M - статистическая ошибка мониторинирования. Величины ошибок $\delta_M, \delta_A, \delta_N$ следующие:

$\delta_M < 1\%$, $\delta_A = 2,5\%$, $\delta_N = 1 \pm 1,5\%$ при $q < 800$ МэВ/с; значение δ_N увеличивается при больших импульсах, роль ее становится определяющей при $q \geq 850$ МэВ/с. $\delta_{сл}$ - случайная ошибка, обусловленная неконтролируемыми изменениями во времени условий измерения, влияющими на эффективность регистрации. Вклад $\delta_{сл}$ может быть оценен по разбросу результатов измерений в отдельных сериях /число их ~ 50/. Он оказался определяющим при $q < 850$ МэВ/с. С учетом $\delta_{сл}$ ошибка δ возрастает до 5% в этой области q .

В таблицах 1-4 приведены нормированные на один нуклон ядра мишени инвариантные сечения $(E/A)d\sigma/dq$ выхода π^\pm -мезонов в зависимости от импульса (q) и соответствующей кинетической энергии пионов (T) с суммарной статистической ошибкой $\delta_{ст}$. В последнем столбце таблиц 2 и 4 даны величины сечений, усредненные по всему диапазону энергий первичных протонов от 15 до 61 ГэВ, минимальная ошибка здесь фиксирована на уровне 2,5%.

В таблицах 5 и 6 дано отношение R выходов π^- к π^+ -мезонам. При вычислении ошибки δR учитывались только ошибки δ_N и δ_M /ошибка δ_A в отношении сечений не дает вклада, вклад $\delta_{сл}$ в отношении сечений был существенно снижен частым чередованием "+" и "-" измерений/.

Сечения образования пионов в реакциях типа /1/ при углах вылета $\geq 90^\circ$, измеренные в других экспериментах при более низких и более высоких энергиях первичных протонов, опубликованы в работах /4,5,6/.

Таблица 1. Инвариантные сечения выхода π^\pm -мезонов мб·ГэВ⁻²·с³·ср⁻¹/нуклон

q_T МэВ/с	Энергия первичных протонов, ГэВ			
	17	22	28	34
250	1,3910±0,0590	1,4801±0,0907	1,6061±0,0656	1,6061±0,0656
300	0,6520±0,0210	0,7065±0,0220	0,6964±0,0211	0,7361±0,0221
350	0,3669±0,0120	0,3830±0,0121	0,4041±0,0120	0,3867±0,0117
400	0,1961±0,0061	0,1998±0,0061	0,1954±0,0058	0,2052±0,0060
450	0,0827±0,0025	0,0907±0,0027	0,0956±0,0029	0,1034±0,0031
500	0,0373±0,0011	0,0401±0,0012	0,0411±0,0012	0,0428±0,0012
550	0,0158±0,0005	0,0167±0,0005	0,0171±0,0005	0,0184±0,0005
600	5,7520±0,1540	6,0570±0,1550	6,3850±0,1520	6,8090±0,1570
650	1,0930±0,0670	2,0320±0,0690	2,2110±0,0670	2,3320±0,0700
700	0,7370±0,0330	0,7080±0,0310	0,7430±0,0310	0,8490±0,0350
750	0,2459±0,0166	0,2721±0,0180	0,3004±0,0177	0,2991±0,0177
800	0,1070±0,0099	0,1091±0,0110	0,1066±0,0100	0,1042±0,0096
850	0,0251±0,0043	0,0296±0,0046	0,0423±0,0059	0,0429±0,0054
900	0,0082±0,0012	0,0111±0,0021	0,0190±0,0034	0,0177±0,0032
950	0,0091±0,0019	0,0028±0,0006	0,0058±0,0013	0,0038±0,0008
1000	0,0031±0,0008	0,0009±0,0002	0,0025±0,0006	0,0024±0,0006

мкб·ГэВ⁻²·с³·ср⁻¹/нуклон

Таблица 2. Инвариантные сечения выхода π^+ -мезонов, мб·ГэВ $^{-2}$ ·с 3 ·ср $^{-1}$ /нуклон

q_π МэВ/с	Энергия первичных протонов, ГэВ			
	41	47	57	15--61
250	1.6195±0.0645	1.6092±0.0638	1.6344±0.0708	1.5558±0.0388
300	0.7027±0.0203	0.7243±0.0206	0.7221±0.0230	0.7068±0.0176
350	0.4085±0.0115	0.3794±0.0107	0.4015±0.0127	0.3907±0.0098
400	0.2041±0.0056	0.2039±0.0055	0.2052±0.0062	0.2016±0.0050
450	0.1075±0.0028	0.1154±0.0030	0.1113±0.0029	0.1103±0.0024
500	0.0449±0.0011	0.0438±0.0011	0.0432±0.0012	0.0421±0.0011
550	0.0190±0.0005	0.0191±0.0005	0.0192±0.0005	0.0182±0.0005

мкб·ГэВ $^{-2}$ ·с 3 ·ср $^{-1}$ /нуклон

600	7.2720±0.1460	7.2800±0.1450	7.5280±0.1430	6.8760±0.1719
650	2.4430±0.0660	2.4450±0.0650	2.4090±0.0630	2.2990±0.0574
700	0.8970±0.0320	0.8930±0.0320	0.8590±0.0300	0.8270±0.0208
750	0.3036±0.0157	0.2944±0.0155	0.3060±0.0151	0.2923±0.0073
800	0.1047±0.0087	0.1104±0.0089	0.1014±0.0079	0.1060±0.0035
850	0.0391±0.0049	0.0409±0.0049	0.0416±0.0050	0.0387±0.0020
900	0.0179±0.0031	0.0137±0.0023	0.0128±0.0023	0.0143±0.0010
950	0.0058±0.0012	0.0071±0.0014	0.0065±0.0013	0.0059±0.0005
1000	0.0031±0.0008	0.0023±0.0006	0.0013±0.0003	0.0022±0.0002

Таблица 3. Инвариантные сечения выхода π^- -мезонов, мб·ГэВ $^{-2}$ ·с 3 ·ср $^{-1}$ /нуклон

q_π МэВ/с	Энергия первичных протонов, ГэВ			
	17	22	28	34
250	1.3162±0.0547	1.3412±0.0559	1.4976±0.0615	1.4721±0.0605
300	0.6278±0.0196	0.6533±0.0202	0.6778±0.0207	0.6863±0.0208
350	0.3445±0.0109	0.3621±0.0113	0.3809±0.0115	0.3879±0.0117
400	0.1730±0.0053	0.1824±0.0055	0.1891±0.0056	0.1969±0.0058
450	0.0778±0.0022	0.0829±0.0024	0.0912±0.0026	0.0935±0.0027
500	0.0370±0.0010	0.0372±0.0010	0.0384±0.0010	0.0403±0.0011
550	0.0152±0.0005	0.0157±0.0005	0.0169±0.0005	0.0171±0.0005

мкб·ГэВ $^{-2}$ ·с 3 ·ср $^{-1}$ /нуклон

600	5.2040±0.1360	5.6270±0.1360	5.9290±0.1300	6.5650±0.1380
650	1.8690±0.0610	1.9540±0.0610	2.0640±0.0600	2.0320±0.0600
700	0.6660±0.0300	0.6780±0.0300	0.7200±0.0290	0.7120±0.0290
750	0.2365±0.0155	0.2379±0.0155	0.2541±0.0149	0.2679±0.0154
800	0.0846±0.0086	0.0960±0.0094	0.0945±0.0084	0.1018±0.0086
850	0.0334±0.0050	0.0333±0.0049	0.0424±0.0054	0.0384±0.0052
900	0.0112±0.0020	0.0200±0.0033	0.0147±0.0026	0.0157±0.0028
950	0.0042±0.0008	0.0028±0.0006	0.0038±0.0008	0.0059±0.0012
1000	0.0061±0.0014	0.0063±0.0015	0.0023±0.0006	0.0041±0.0010

Таблица 4. Инвариантные сечения выхода π^- -мезонов, мб·ГэВ⁻²·с³·ср⁻¹/нуклон

q_π МэВ/с	T_π МэВ	Энергия первичных протонов, ГэВ			
		41	47	57	15--61
250	146	1.5186±0.0609	1.5602±0.0622	1.5602±0.0624	1.6693±0.0367
300	191	0.6921±0.0201	0.7026±0.0203	0.7244±0.0209	0.6623±0.0170
350	237	0.3933±0.0112	0.3936±0.0112	0.3755±0.0107	0.3783±0.0095
400	284	0.1995±0.0055	0.2002±0.0055	0.1945±0.0054	0.1915±0.0045
450	331	0.1030±0.0027	0.1031±0.0027	0.1059±0.0028	0.0965±0.0024
500	379	0.0402±0.0010	0.0416±0.0010	0.0413±0.0010	0.0396±0.0010
550	428	0.0180±0.0005	0.0182±0.0005	0.0176±0.0004	0.0171±0.0004

мкб·ГэВ⁻²·с³·ср⁻¹/нуклон

600	476	6.5430±0.1240	7.2330±0.1290	6.9250±0.1220	6.4610±0.1615
650	525	2.1750±0.0560	2.3160±0.0590	2.1810±0.0550	2.1100±0.0527
700	574	0.7420±0.0260	0.8360±0.0280	0.8040±0.0260	0.7490±0.0187
750	623	0.3008±0.0144	0.3144±0.0144	0.2723±0.0130	0.2759±0.0069
800	672	0.1060±0.0081	0.1072±0.0080	0.1071±0.0075	0.1014±0.0032
850	722	0.0409±0.0048	0.0523±0.0053	0.0378±0.0043	0.0412±0.0019
900	771	0.0167±0.0027	0.0202±0.0031	0.0203±0.0030	0.0173±0.0011
950	820	0.0042±0.0009	0.0051±0.0011	0.0076±0.0014	0.0049±0.0004
1000	870	0.0025±0.0006	0.0026±0.0006	0.0055±0.0013	0.0043±0.0004

Таблица 5. Отношения выходов пионов R(-/+)

q_π МэВ/с	T_π МэВ	Энергия первичных протонов, ГэВ			
		17	22	28	34
250	146	0.9448±0.0562	0.8716±0.0514	1.0118±0.0588	0.9166±0.0531
300	191	0.9629±0.0432	0.9247±0.0406	0.9732±0.0419	0.9324±0.0398
350	237	0.9389±0.0427	0.9455±0.0419	0.9425±0.0400	1.0033±0.0428
400	284	0.8813±0.0387	0.9131±0.0394	0.9676±0.0403	0.9597±0.0397
450	331	0.9406±0.0271	0.9131±0.0244	0.9539±0.0232	0.9044±0.0216
500	379	0.9925±0.0406	0.9257±0.0374	0.9348±0.0362	0.9412±0.0361
550	428	0.9649±0.0422	0.9377±0.0402	0.9378±0.0376	0.9286±0.0373
600	476	0.9047±0.0338	0.9290±0.0327	0.9286±0.0302	0.9641±0.0301
650	525	0.9378±0.0441	0.9616±0.0444	0.9336±0.0391	0.8714±0.0365
700	574	0.9031±0.0576	0.9566±0.0616	0.9689±0.0565	0.8384±0.0481
750	623	0.9616±0.0906	0.8742±0.0814	0.8459±0.0737	0.8957±0.0737
825	697	0.9355±0.1098	0.9518±0.1125	0.9235±0.0986	0.9510±0.0983
925	766	1.1003±0.2322	1.4734±0.2687	0.7273±0.1406	0.0429±0.0054

Таблица 6. Отношение выходов пионов R(-/+)

q_{π} МэВ/с	T_{π} МэВ	Энергия первичных протонов, ГэВ			
		41	47	57	15--61
250	146	0.9377±0.0530	0.9695±0.0545	0.9546±0.0563	0.9444±0.0207
300	191	0.9848±0.0404	0.9700±0.0393	1.0032±0.0431	0.9623±0.0156
350	237	0.9630±0.0386	1.0427±0.0417	0.9351±0.0398	0.9683±0.0155
400	284	0.9771±0.0380	0.9822±0.0377	0.9480±0.0366	0.9500±0.0147
450	331	0.9579±0.0197	0.8936±0.0179	0.9520±0.0186	0.9708±0.0080
500	379	0.8964±0.0321	0.9501±0.0339	0.9554±0.0347	0.9394±0.0134
550	428	0.9480±0.0349	0.9490±0.0347	0.9142±0.0337	0.9385±0.0139
600	476	0.8998±0.0248	0.9935±0.0266	0.9199±0.0239	0.9396±0.0107
650	525	0.8904±0.0332	0.9465±0.0349	0.9055±0.0329	0.9175±0.0140
700	574	0.8275±0.0413	0.9338±0.0456	0.9356±0.0450	0.9061±0.0187
750	623	0.9910±0.0697	1.0682±0.0754	0.8901±0.0612	0.9438±0.0280
825	697	1.0230±0.0964	1.0725±0.0964	1.0146±0.0903	0.9893±0.0376
925	796	0.8486±0.1550	1.1762±0.2075	1.4146±0.2515	1.0510±0.0740

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев И.М. и др. - В сб.: Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Д9-82-568. Дубна: ОИЯИ, 1982, с.114.
2. Беляев И.М. и др. Препринт ОИЯИ, P1-88-33, Дубна, 1988.
3. Беляев И.М. и др. Сообщение ОИЯИ, P1-87-429, Дубна, 1987.
4. Baldin A.M. et al. JINR, E1-82-472, Dubna, 1982.
5. Nikiforov N.A. et al. - Phys. Rev. C., 1980, v.22, p.700.
6. Бояринов С.В. и др. Препринт ИТЭФ №5, М., 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 января 1988 года.