СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

E1 - 11513

V.I.Komarov, G.E.Kosarev, H.Müller,
D.Netzband, T.Stiehler, S.Tesch

INCLUSIVE DOUBLE DIFFERENTIAL CROSS SECTIONS FOR BACKWARD EMITTED PROTONS IN PROTON-NUCLEI INTERACTIONS AT 640 MeV

1978

E1 - 11513

V.I.Komarov, G.E.Kosarev, H.Müller,[1] D.Netzband,[1] T.Stiehler,[2] S.Tesch[2]

INCLUSIVE DOUBLE DIFFERENTIAL CROSS SECTIONS FOR BACKWARD EMITTED PROTONS IN PROTON-NUCLEI INTERACTIONS AT 640 MeV

[1] On leave of absence from the Central Institute for Nuclear Research, Rossendorf, near Dresden, GDR
[2] Central Institute for Nuclear Research, Rossendorf, near Dresden, GDR

Комаров В.И. и др. E1 - 11513

Инклюзивные двойные дифференциальные сечения эмиссии протонов назад в протон-ядерных взаимодействиях при 640 МэВ

Методикой сцинтилляционного спектрометра измерены инклюзивные двойные дифференциальные сечения образования протонов, испускаемых назад в протон-ядерных взаимодействиях при 640 МэВ (с целью исследования механизма такой эмиссии). Получена угловая зависимость сечений для ядра углерода и зависимость сечений от массового числа ядра мишени под углом 140°. Обсуждается возможная интерпретация данных.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Komarov V.I. et al. E1 - 11513

Inclusive Double Differential Cross Sections for Backward Emitted Protons in Proton-Nuclei Interactions at 640 MeV

Double differential cross sections for the production of backward emitted protons in proton-nuclei interactions at 640 MeV have been measured by the scintillation spectrometer method. The angular dependence of cross sections using a carbon target and the target atomic mass number dependence at an angle of 140° are obtained. A possible interpretation of data is discussed.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

1. INTRODUCTION

The backward emission of protons with energies higher than about 30 MeV in interactions of high-energy particles with nuclei is widely discussed at present (see, e.g., ref. /1/). However, the experimental data about such particle emission are still very scarce, especially at intermediate energies. Therefore, the inclusive proton spectra have been measured with a carbon target at several angles θ to the 640 MeV proton beam. Moreover, the proton spectra have been measured at an angle of 140° using different target nuclei. A part of these data and comparison with other known proton spectra have been published earlier in ref. /2/.

The measurements have been carried out by using a $(\Delta T, T)$ scintillation spectrometer with an energy resolution of about 10% and an angular resolution of $\pm 9°$.

2. EXPERIMENTAL RESULTS

Table A1 (see Appendix) contains the inclusive differential cross sections $d^2\sigma/d\Omega dT$ for protons with energies from about 50 MeV up to 145 MeV at seven angles from 105° to 160° using a carbon target. These data, represented in a relativistic invariant form $\frac{E}{\sigma_t\, p^2}\,\frac{d^2\sigma}{d\Omega dp}$, have been fitted by the function

$$f = A_0 \cdot \exp(-A_1 p^2) , \qquad (1)$$

where p, E are the momentum and the total energy of the emitted protons and σ_t is the total cross section of proton-nucleus interactions. The angular dependences of the parameters $A_0(\theta)$, $A_1(\theta)$ as well as the differential cross section $I(\theta)$ are shown in figs. 1 and 2. The results of a $\cos\theta$ polynomial fit of the A_0, A_1 and I values are given in table 1.

The proton spectra measured at 140° with Be, Al, Cu and Pb targets, are listed in table A2, and fig. 3 shows the dependences of A_0, A_1 and I values on the target mass number. In the fits the following values of σ_t (in barns) were used [3]:

Be – (0.273±0.003), C – (0.331±0.010), Al – (0.640±0.006), Cu – (1.29±0.03), Pb – (2.97±0.06).

The parameters A_0, A_1 of function (1) were obtained with a somewhat larger energy interval compared to that used in ref. [2]. Moreover, in the cross section fits the correlations between the systematical errors of the experimental points have been taken into account. The A_0, A_1 values found in this work agree within the obtained accuracy with those published in ref. [2].

3. DISCUSSION

The angular dependence of the function (1) at certain energies T can be compared with calculations using the model proposed by Weber and Miller [4]. This model considers the emission of energetic protons in the process shown by the Feynman graph (a) of fig. 4.

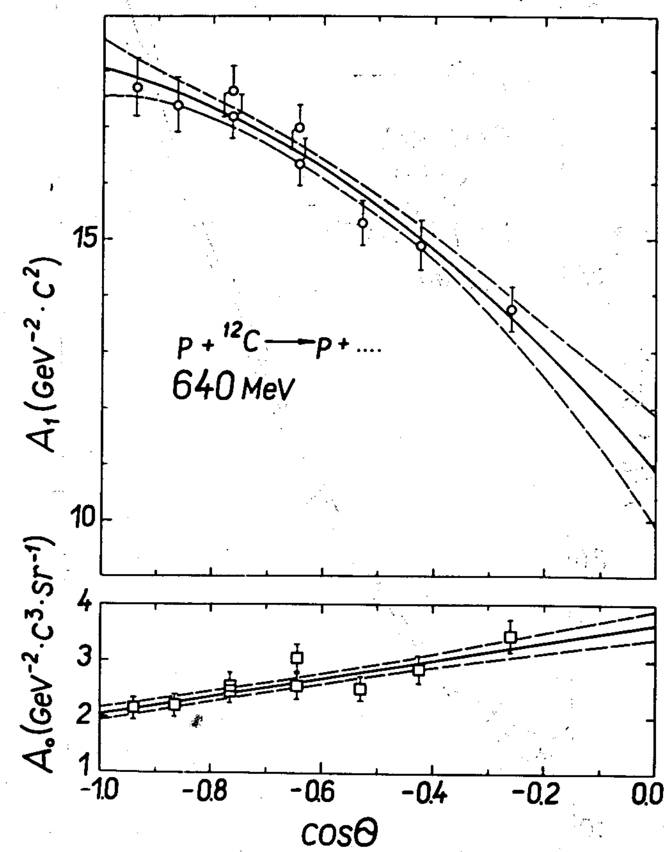

Fig. 1. Angular dependence of the parameters A_0, A_1 of function (1). The curves represent fits with the expansion $A_i = a_i + b_i \cos\theta + c_i \cos^2\theta$ (i = 0,1), (see table 1, fits No.2 and 4).

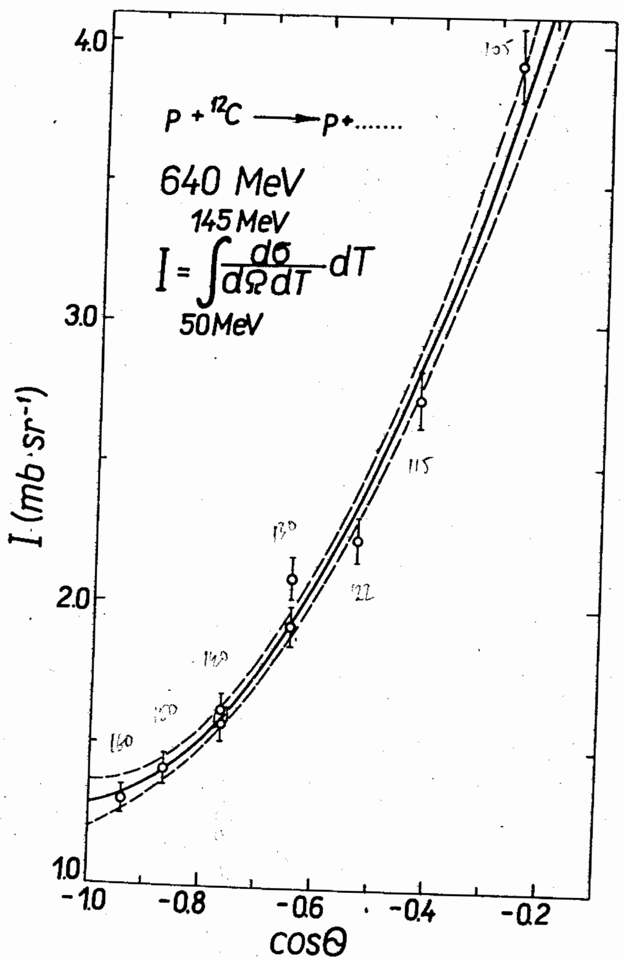

Fig. 2. Angular dependence of the differential cross section $I(\theta)$ for protons with energies from 50 to 145 MeV. The curve represents fit with the expansion $I(\theta) = a + b\cos\theta + c\cos^2\theta$, (see table 1, fit No. 5).

Table 1

Angular dependence of the parameters A_0, A_1 of function (1) and the differential cross section $I(\theta)$ fitted by a polynomial expansion $a + b\cos\theta + c\cos^2\theta$.

No		a	b	c	χ^2/f
1	$A_0(\theta)$	2.54±0.12	0	0	2.6
2		3.65±0.26	1.60±0.36	0	0.8
3	$A_1(\theta)$	12.24±0.46	-(6.41±0.70)	0	0.9
4		10.8 ±1.0	-(11.7±3.6)	-(4.5±3.0)	0.7
5	$I(\theta)$	5.69±0.37	8.4±1.1	4.03±0.82	1.75

According to this exchange process the differential cross section is equal to

$$E\frac{d\sigma}{dp^3} = \frac{m_p m_A}{(2J_A+1)(2\pi)^3\sqrt{Q^2}}\left[\frac{(pQ)^2 - m_p^2 Q^2}{(pP)^2 - m_p^2 m_A^2}\right]\cdot n(p')\sigma_t(p, A-1, T) \qquad (2)$$

with the following quantities: m_p, m_A are the nucleon and target masses; J_A is the spin of the target nucleus; p, p', Q, P are the four-momentum of the incident proton, the backward emitted proton, the $(A-1)$ intermediate state and the $(p+A)$ total system, respectively; $n(p')$ is the nuclear one-particle momentum distribution and σ_t is the total cross section for protons with the energy T interacting with a nucleus of mass $(A-1)$.

Weber and Miller have shown that a reasonable $n(p')$ distribution can be found describing the energy spectra of inclusive protons at an angle of 180°.

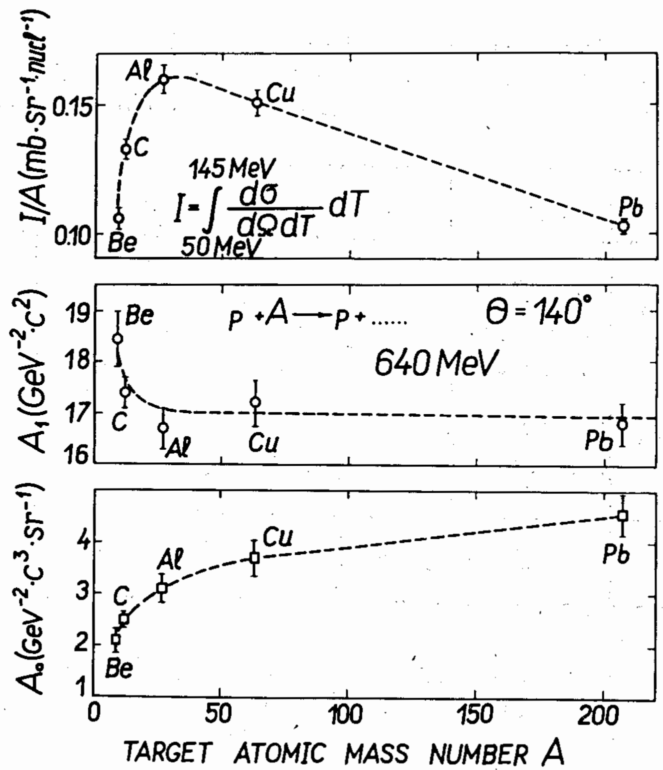

Fig. 3. The differential cross section I(140°) divided by the target mass number, and the parameters A_0, A_1 of function (1) with respect to the target mass number A. The curves are drawn to guide the eye.

In the present work only the relative angular dependence is considered and the calculations due to eq. (2) have been arbitrarily normalized to the experimental cross section at the maximal angle, where the measurements had been performed. The calculated angular distributions differ greatly from the experimental data as shown by the curve (a) in fig. 4.

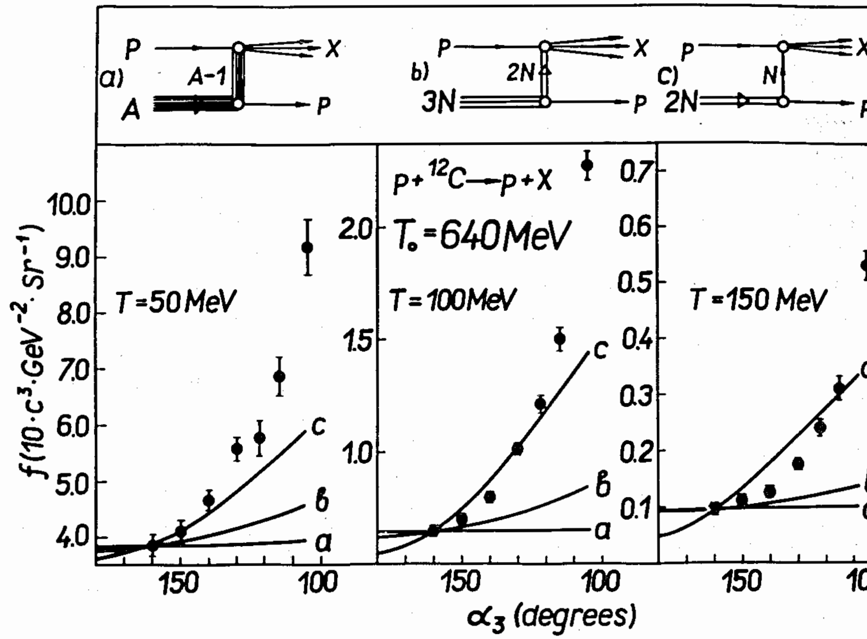

Fig. 4. Angular dependence of function (1) for three energies of backward scattered protons. The curves are calculated according to an exchange mechanism of ref./4/ and normalized to the experimental values at 160°. In the calculations according to eq. (2) the masses of A nucleons, 3N and 2N clusters are taken into account.

However, if the proton production in backward direction is assumed to result from the interaction with clusters and not with the (A-1) nucleus and if the Weber-Miller model is able to describe these interaction processes, the angular dependence can be calculated by formula (2) replacing m_A by the cluster mass (see diagrams b,c of fig. 4). In this way fairly good agreement is obtained between the calculations for the process

$$p + [2N] \to p + X \qquad (3)$$

and the data in kinematical regions ($\theta \simeq 160°$ to $120°$, $T \simeq 100$ MeV), where an essential contribution of process (3) to the observed spectra is expected (see the curve (c) fig. 4). A more consequent utilization of the model proposed in ref./4/ seems to require the summation of contributions from clusters with different nucleon numbers k, the consideration of the nucleon momentum distributions $n_k(p')$ inside the clusters and of the cluster motion in nuclei.

It should be noted that by this approach the nuclear wave function at momentum values far above the Fermi momentum is determined by the high-momentum components of the wave functions of intranuclear few-nucleon systems (clusters).

Recently K.K.Gudima et al./5/ have interpreted our data in the frame of the cascade model with preequilibrium particle emission. They are able to explain both the spectra of energetic protons ($T \gtrsim 60$ MeV) and the angular dependence above $120°$ to a large extent by the pion production in one of the few NN scatterings together with following pion absorption by a quasideuteron pair in the same nucleus.

Table A1

Differential cross sections of inclusive proton emission with the energy T from 50 MeV up to 145 MeV at 7 angles θ from 105° to 160°, the target being ^{12}C. In the second column the RMS deviations ΔT of the energy values T are given. The fourth column contains the statistical error of the cross section and the last one the systematical error arising from the energy calibration and the determination of the spectrometer efficiency. The absolute error of the cross section amounts to about 15% and is not included in the error values listed in the table.

$\theta=160°$

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ μb·MeV^{-1}·sr^{-1}	Δ_{st} μb·MeV^{-1}·sr^{-1}	Δ_{sy} μb·MeV^{-1}·sr^{-1}
5I,38	0,39	50,I0	2,78	I,28
53,58	0,35	37,00	2,2I	I,36
55,26	0,32	39,I7	2,II	I,22
57,40	0,28	3I,44	I,67	I,20
59,43	0,27	29,05	I,67	I,09
62,II	0,27	25,77	I,47	I,I0
64,27	0,25	29,93	I,54	0,96
67,04	0,25	25.36	I,38	I,04
69,6I	0,24	20,04	I,27	0,85
72,82	0,23	20,I9	I,22	0,80
75,5I	0,2I	I7,39	I,I9	0,78
78,69	0,22	I8,27	I,II	0,70
8I,70	0.2I	I4,05	I,I0	0,65
84,65	0,22	I6,89	I,I5	0,65
88,30	0,22	I2,74	0,96	0,5I
9I,08	0,22	I4,32	0,95	0,47
94,40	0,22	II,78	0,84	0,42
97,44	0,20	I0,42	0,77	0,40
I0I,42	0,20	9,83	0,74	0,29
I04,40	0,20	8,08	0,66	0,3I
I07,7I	0,I8	7,65	0,69	0,2I
I09,44	0,20	7,42	0,76	0,I9
I08,66	0,35	8,I0	3,24	0,2I
I09,7I	0,24	4,93	2,42	0,20
II0,72	0,24	II,02	2,53	0,20
II2,7I	0,34	5,04	2,49	0,I8
II3,77	0,28	8,58	2,4I	0,I8
II5,69	0,27	5,08	2,II	0,I6
II7,23	0,20	8,5I	2,0I	0,I6
II9,2I	0,I9	4,42	I,90	0,I4
I2I,33	0,27	7,80	I,9I	0,I5
I23,02	0,22	6,I6	I,36	0,I3
I25,0I	0,I8	4,35	I,02	0,I3
I27,52	0,I9	4,05	0,94	0,I2
I29,62	0,20	3,66	0,77	0,I2
I32,I6	0,I7	2,46	0,72	0,II
I34,32	0,I8	3,I2	0,7I	0,II
I37,I7	0,2I	3,55	0:65	0,II
I39,90	0,20	I,59	0,56	0,08
I42,52	0,20	2,34	0,59	0,I2
I44,43	0,I7	I,35	0,50	0,05

Table A1

$\theta=150°$

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
52,86	0,40	4I,38	3,69	I,28
54,46	0,35	39,67	3,I9	I,2I
56,03	0,3I	35,54	2,77	I,2I
58,32	0,3I	30,42	2,55	I,I7
60,89	0,29	32,36	2,38	I,06
62,83	0,30	26,80	2,33	I,06
65,42	0,29	33,08	2,45	0,99
67,84	0,25	26,64	2,03	0,95
70,5I	0,27	23,2I	I,89	0,92
72,94	0,24	2I,I2	I,9I	0,84
76,02	0,23	2I,68	I,87	0,82
78,83	0,22	I9,83	I,86	0,76
82,76	0,23	I7,87	I,95	0,72
85,23	0,2I	I6,94	I,83	0,69
88,77	0,22	I2,59	I,74	0,58
9I,59	0,23	I3,54	I,52	0,64
94,73	0,22	I4,82	I,46	0,53
98,46	0,2I	II,43	I,I9	0,43
I0I,96	0,2I	9,75	I,04	0,49
I05,II	0,2I	9,75	I,02	0,34
I07,75	0,20	8,46	0,99	0,25
I09,26	0,36	I4,60	3,89	0,2I
I09,8I	0,26	I0,I4	3,32	0,25
III,37	0,27	I4,46	3,43	0,I9
II2,I5	0,25	9,2I	3,45	0,I8
II4,08	0,25	6,04	2,84	0,I6
II5,97	0,24	I,50	3,00	0,I4
II7,69	0,22	I2,98	3,45	0,I4
II9,50	0,25	I,86	3,I3	0,I3
I2I,52	0,23	8,95	2,87	0,I3
I23,53	0,2I	4,60	I,94	0,I2
I25,47	0,I9	4,37	I,I5	0,I2
I27,97	0,23	4,98	0,97	0,I3
I30,66	0,25	2,07	0,85	0,I3
I32,25	0,I9	3,30	0,73	0,I2
I35,60	0,23	3,I0	0,72	0,II
I37,44	0,20	2,I7	0,58	0,I2
I39,88	0,20	2,60	0,64	0,I2
I42,89	0,I9	2,3I	0,57	0,I0
I44,77	0,20	3,0I	0,64	0,II

Table A1

$\theta=140°$

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
50,20	0,I6	53,88	2,7I	I,64
52,45	0,I6	48,92	2,58	I,53
54,93	0,I6	37,II	2,I6	I,43
57,I8	0,I6	38,25	2,I2	I,37
60,I9	0,I8	35,I7	I,87	I,26
63,06	0,I6	36,67	2,03	I,22
65,49	0,I6	35,75	I,98	I,I2
68,45	0,I6	29,49	I,65	I,05
7I,65	0,I8	25,8I	I,44	0,96
74,76	0,I5	22,42	I,40	0,9I
78,03	0,I5	20,I7	I,23	0,82
8I,20	0,I8	20,99	I,26	0,75
84,35	0,I6	I3,89	I,08	0,69
87,65	0,I6	I5,4I	I,I4	0,62
9I,06	0,I7	I6,73	I,I5	0,54
94,I2	0,I8	I5,29	I,08	0,49
98,I8	0,I7	I2,57	0,97	0,48
I0I,72	0,I6	II,39	0,89	0,34
I04,I9	0,I5	9,75	0,9I	0,30
I06,06	0,I4	8,59	0,99	0,3I
I08,49	0,22	II,07	I,6I	0,36
I07,66	0,I6	I0,0I	2,08	0,22
I09,I7	0,I4	8,49	I,64	0,20
III,I5	0,24	9,57	I,38	0,20
II2,75	0,2I	8,I9	I,20	0,I9
II4,I2	0,I5	5,39	0,93	0,I8
II6.I9	0,I6	6,46	0,9I	0,I7
II8,5I	0,22	8,30	0,88	0,I8
I20,28	0,I8	7,93	0,78	0,I7
I22,7I	0,23	5,I3	0,58	0,I8
I24,98	0,20	5,77	0,60	0,I8
I27,24	0,I8	6,32	0,65	0,I7
I29,5I	0,I4	4,72	0,55	0,I6
I3I,88	0,I6	3,40	0,47	0,I7
I34,53	0,I6	3,39	0,43	0,I5
I37,32	0,I8	3,I6	0,43	0,I4
I39,92	0,I5	2,52	0,39	0,09
I42,I0	0,I5	2,76	0,4I	0,08
I43,3I	0,I4	2,77	0,52	0,07

Table A1

$\theta=130^\circ$

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b\cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b\cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b\cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
5I,29	0,I7	53,77	I,99	2,02
53,30	0,I7	52,I0	I,86	I,92
55,67	0,I8	46,09	I,7I	I,80
58,2I	0,I7	42,97	I,58	I,75
6I,I2	0,I6	42,36	I,54	I,57
64,I4	0,22	44,29	I,65	I,5I
66,43	0,I8	37,56	I,44	I,37
69,40	0,I6	33,75	I,3I	I,29
72,28	0,I6	29,46	I,I8	I,2I
75,36	0,I5	26,44	I,I5	I,08
78,74	0,I7	24,47	I,04	I,00
8I,96	0,I7	22,90	I,07	0,92
85,I5	0,I8	23,75	I,0I	0,80
88,28	0,I7	22,I7	I,04	0,75
9I,63	0,I7	20,7I	0,98	0,65
94,64	0,I7	I5,I5	0,83	0,69
98,84	0,I8	I6,33	0,8I	0,55
I02,34	0,I7	I5,77	0,83	0,49
I04,88	0,I5	I4,54	0,8I	0,43
I06,03	0,23	I2,05	I,08	0,30
I06,92	0,22	I0,35	0,90	0,35
I08,33	0,2I	9,62	0,84	0,27
II0,II	0,26	I0,8I	0,83	0,26
III,66	0,23	9,I3	0,72	0,29
II3,37	0,22	8,89	0,7I	0,26
II4,67	0,I3	I0,I3	0,69	0,26
II6,83	0,I6	I0,72	0,74	0,25
II9,00	0,25	9,I7	0,64	0,33
I20,87	0,I8	7,80	0,58	0,30
I23,23	0,22	6,2I	0,52	0,29
I25,45	0,22	7,44	0,57	0,29
I27,94	0,I6	7,38	0,56	0,28
I29,92	0,I4	5,94	0,47	0,27
I32,59	0,I9	5,85	0,47	0,25
I35,09	0,I5	5,05	0,45	0,22
I37,60	0,I8	4,49	0,40	0,I9
I40,56	0,I5	3,88	0,35	0,I4
I42,78	0,I4	4,30	0,38	0,I4
I43,9I	0,I5	4,98	0,49	0,I3

Table A1

$\theta=122^\circ$

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b\cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b\cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b\cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
50,65	0,2I	65,73	3,44	2,09
52,90	0,20	58,62	3,I4	2,03
54,4I	0,I9	60,24	2,97	2,24
56,68	0,I9	47,52	2,38	I,83
59,66	0,I9	45,69	2,38	I,89
62,I6	0,I9	5I,72	2,54	I,74
64,64	0,I9	44,34	2,3I	I,66
67,05	0,I9	43,25	2,I7	I,53
70,26	0,I8	35,0I	I,84	I,40
73,49	0,I8	29,I5	I,7I	I,3I
76,27	0,I7	3I,85	I,75	I,22
79,39	0,I6	30,06	I,74	I,09
82,66	0,I7	26,30	I,54	0,97
85,58	0,I7	25,05	I,54	0,98
88,99	0,I8	23,05	I,48	0,86
92,55	0,I8	22,I0	I,44	0,76
95,79	0,I8	20,84	I,39	0,66
99,37	0,I7	I5,66	I,I7	0,60
I03,09	0,I7	I6,88	I,2I	0,56
I05,49	0,I5	I6,I8	I,23	0,52
I05,66	0,27	I7,95	I,35	0,39
I06,47	0,I7	I6,27	I,3I	0,34
I07,59	0,22	I3,56	I,04	0,39
I09,03	0,I8	I5,53	I,04	0,37
II0,65	0,2I	I2,7I	0,89	0,33
II2,55	0,27	I2,70	0,84	0,33
II3,9I	0,2I	II,88	0,8I	0,36
II5,33	0,20	I2,0I	0,8I	0,34
II7,59	0,I8	II,80	0,76	0,37
II9,53	0,22	8,98	0,67	0,36
I2I,57	0,20	9,43	0,63	0,39
I23,63	0,2I	I0,58	0,68	0,34
I26,20	0,2I	9,92	0,64	0,36
I28,I6	0,I9	9,83	0,66	0,36
I30,34	0,I5	6,97	0,53	0,35
I33,04	0,I6	7,53	0,54	0,3I
I35,64	0,I6	7,04	0,52	0,29
I38,44	0,I8	5,76	0,46	0,24
I40,85	0,I6	5,45	0,4I	0,2I
I43,I5	0,I4	5,5I	0,43	0,20

Table A1

$\theta = 115°$

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
50,50	0,30	82,44	4,45	2,49
52,57	0,26	7I,90	3,76	2,43
54,20	0,25	79,65	3,96	2,40
56,05	0,24	63,56	3,06	2,29
58,46	0,23	53,II	2,63	2,20
60,90	0,22	60,I0	2,89	2,06
63,75	0,23	59,33	2,93	I,99
66,20	0,2I	48,05	2,40	I,88
68,8I	0,20	5I,86	2,5I	I,78
7I,69	0,I8	38,27	2,03	I,59
74,65	0,20	36,87	2,02	I,56
77,62	0,I9	3I,8I	I,80	I,43
80,52	0,I8	33,53	I,86	I,38
83,85	0,I7	32,97	I,82	I,I8
86,73	0,I9	29,43	I,76	I,I7
90,I8	0,I9	30,43	I,82	I,07
93,65	0,I9	25,37	I,62	0,94
96,85	0,I8	25,05	I,55	0,84
I00,60	0,I8	I9,9I	I,36	0,88
I03,80	0,I8	2I,24	I,42	0,65
I06,27	0,20	I8,28	I,54	0,47
I07,98	0,24	2I,42	I,48	0,48
I08,82	0,20	20,0I	I,36	0,49
II0,II	0,I8	I6,37	I,07	0,45
III,50	0,24	I5,80	I,II	0,45
II3,00	0,27	I6,23	I,05	0,49
II4,80	0,23	I5,67	0,97	0,46
II6,I6	0,2I	I6,09	I,0I	0,46
II8,33	0,22	II,48	0,80	0,48
I20,40	0,22	I4,82	0,92	0,48
I22,33	0,22	II,27	0,75	0,49
I24,54	0,I9	II,03	0,74	0,47
I27,20	0,25	II,08	0,73	0,46
I29,42	0,20	I0,73	0,7I	0,43
I3I,52	0,I9	8,76	0,6I	0,42
I33,8I	0,I8	I0,57	0,70	0,4I
I36,92	0,2I	9,06	0,6I	0,33
I39,I4	0,I8	8,3I	0,58	0,29
I4I,62	0,I9	6,73	0,5I	0,24
I43,72	0,I7	7,I5	0,55	0,25

Table A1

$\theta = 105°$

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
58,90	0,40	78,25	4,25	2,68
6I,04	0,43	84,52	4,I0	2,99
62,74	0,42	83,62	3,87	2,60
65,79	0,39	72,24	3,56	2,52
68,I7	0,37	70,04	3,45	2,40
70,34	0,35	63,78	3,I7	2,3I
72,77	0,30	55,97	2,77	2,23
76,48	0,34	52,9I	2,77	2,II
78,83	0,30	50,64	2,60	I,92
8I,04	0,27	47,68	2,49	I,88
84,74	0,29	45,70	2,45	I,66
88,07	0,30	44,36	2,36	I,59
90,79	0,28	40,04	2,24	I,40
94,29	0,30	4I,22	2,3I	I,27
96,8I	0,27	35,76	2,I5	I,30
I00,22	0,27	33,06	2,04	I,24
I03,92	0,27	3I,56	I,94	I,00
I06,92	0,24	26,48	I,74	0,87
I09,23	0,22	25,40	I,8I	0,92
I09,30	0,50	29,28	2,49	I,09
I09,88	0,47	28,22	2,29	0,6I
III,07	0,44	25,96	2,06	0,63
II2,25	0,43	25,24	I,90	0,70
II2,50	0,34	22,84	I,64	0,7I
II4,80	0,4I	24,27	I,65	0,57
II5,66	0,3I	23,I8	I,55	0,69
II7,40	0,33	25,I6	I,62	0,63
II9,7I	0,32	23,27	I,53	0,65
I2I,69	0,30	20,40	I,35	0,69
I23,65	0,3I	20,66	I,32	0,65
I25,2I	0,3I	I6,96	I,I4	0,67
I27,32	0,30	I7,3I	I,I7	0,66
I29,94	0,27	I5,35	I,08	0,67
I3I,92	0,27	I7,70	I,I5	0,60
I34,02	0,27	I2,95	0,98	0,60
I36,29	0,26	I4,95	I,02	0,59
I39,I0	0,25	II,38	0,86	0,44
I4I,44	0,25	I2,63	0,85	0,4I
I44,72	0,24	I0,75	0,80	0,26

RMS = σ

Table A2

Differential cross sections for inclusive proton emission measured at an angle of 140° using Be, Al, , Cu and Pb targets. For the notations see table A1.

Pb

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ μb·MeV⁻¹·sr⁻¹	Δ_{st} μb·MeV⁻¹·sr⁻¹	Δ_{sy} μb·MeV⁻¹·sr⁻¹
52,32	0,I6	882,63	45,63	28,39
54,36	0,I4	87I,I7	42,95	26,6I
56,88	0,I5	70I,I2	37,39	26,24
59,25	0,I7	700,96	38,3I	23,8I
6I,68	0,I5	659,37	35,II	22,30
64,50	0,I5	549,02	30,89	2I,49
67,48	0,I4	47I,I8	28,47	I9,2I
70,49	0,I6	479,I2	28,82	I7,82
73,43	0,I6	448,I8	26,88	I6,57
76,42	0,I5	404,84	24,9I	I5,38
78,98	0,I6	374,I0	24,32	I4,32
82,66	0,I7	353,27	22,92	I2,84
86,I2	0,I6	304,82	2I,76	II,57
89,30	0,I7	278,97	20,3I	I0,8I
92,65	0,I6	267,27	20,26	8,90
95,90	0,I6	230,36	I8,24	7,74
99,52	0,I7	206,5I	I6,67	7,47
I03,26	0,I6	223,39	I7,I7	6,60
I05,58	0,I4	I56,45	I5,I9	5,04
I07,56	0,I5	I57,69	I8,8I	5,27
I09,38	0,I7	I7I,25	23,96	3,87
II0,84	0,20	I62,2I	20,60	3,68
II2,3I	0,I5	I54,65	I7,68	3,60
II4,I3	0,22	I34,96	I4,20	3,45
II5,70	0,I5	I32,87	I4,77	3,37
II7,6I	0,20	I35,29	I2,62	3,82
II9,62	0,I8	I06,85	I0,56	3,5I
I2I,68	0,20	I39,63	I2,02	3,67
I24,04	0,20	II0,9I	I0,46	3,72
I26,28	0,I8	99,96	9,52	3,66
I28,33	0,I5	I05,88	9,47	3,76
I30,36	0,I5	84,9I	8,23	3,5I
I33,I7	0,I8	89,I2	8,33	3,42
I35,94	0,I5	72,22	7,06	2,88
I38,58	0,I8	60,30	6,79	2,48
I4I,27	0,I5	63,26	6,5I	I,93
I43,23	0,I4	64,I2	6,70	I,77
I44,84	0,I4	47,62	7,I2	2,4I

Cu

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ μb·MeV⁻¹·sr⁻¹	Δ_{st} μb·MeV⁻¹·sr⁻¹	Δ_{sy} μb·MeV⁻¹·sr⁻¹
53,00	0,I6	3I5,09	I6,96	9,79
55,06	0,I5	239,99	I4,23	9,9I
57,30	0,I6	237,52	I3,60	8,63
59,7I	0,I6	250,29	I4,09	8,08
62,43	0,I6	207,08	II,98	7,68
65,I0	0,I5	I69,94	I0,68	7,07
67,73	0,I4	I72,I5	I0,58	6,77
70,78	0,I6	I70,I2	I0,33	6,I7
73,80	0,I5	I49,86	9,55	5,77
76,65	0,I6	I28,78	8,79	5,2I
79,45	0,I6	I33,48	8,90	4,90
83,02	0,I6	II4,86	7,96	4,44
86,25	0,I7	I06,08	7,75	3,94
89,53	0,I7	92,49	7,24	3,70
92,82	0,I6	9I,4I	7,45	3,I0
96,07	0,I7	9I,4I	6,97	2,70
99,83	0,I6	74,32	6,II	2,42
I03,47	0,I7	60,50	5,54	2,3I
I05,77	0,I4	55,50	5,55	I,56
I07,73	0,I5	56,76	6,75	I,56
II0,87	0,23	44,29	7,29	I,I4
II2,72	0,29	36,28	6,08	I,07
II4,23	0,I7	37,05	5,II	I,II
II6,I7	0,I5	53,05	5,78	I,05
II7,82	0,I4	44,7I	4,73	I,04
II9,98	0,I8	38,09	4,45	I,07
I2I,7I	0,I5	4I,II	4,07	I,08
I24,05	0,I6	29,9I	3,34	I,I3
I25,99	0,I4	34,I7	3,38	I,I5
I28,70	0,20	29,59	3,25	I,I3
I30,88	0,I4	25,I6	2,95	I,09
I33,62	0,I7	22,86	2,68	0,99
I35,64	0,I5	25,59	2,84	0,97
I39,00	0,I6	I9,32	2,39	0,72
I4I,39	0,I6	20,77	2,46	0,64
I43,36	0,I3	20,60	2,5I	0,55

Al

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
53,84	0,17	120,37	6,91	4,12
56,08	0,18	112,15	6,55	3,70
58,30	0,16	92,78	5,67	3,70
60,93	0,17	102,47	6,00	3,35
63,82	0,16	82,66	5,30	3,16
66,76	0,17	77,30	4,91	2,94
69,69	0,17	76,64	4,92	2,72
72,66	0,16	68,98	4,37	2,61
75,65	0,16	71,36	4,48	2,36
78,33	0,17	53,70	3,75	2,28
82,29	0,18	53,86	3,74	1,92
85,28	0,18	47,85	3,67	1,84
88,49	0,17	47,84	3,53	1,71
91,83	0,17	40,95	3,37	1,39
95,10	0,17	41,80	3,31	1,40
98,76	0,18	32,63	2,84	1,16
102,40	0,17	34,49	2,88	1,00
105,04	0,15	29,21	2,74	0,88
106,85	0,15	27,33	3,11	0,81
107,11	0,16	24,02	4,97	0,65
108,36	0,16	27,03	4,72	0,59
110,03	0,15	26,43	3,80	0,64
111,72	0,19	23,60	3,04	0,55
113,37	0,18	21,37	2,84	0,70
115,30	0,23	15,30	2,32	0,54
117,08	0,16	21,33	2,34	0,57
119,39	0,25	17,92	2,08	0,58
120,80	0,18	18,71	1,95	0,59
123,18	0,19	17,61	1,84	0,60
125,56	0,18	14,12	1,66	0,56
127,55	0,16	17,74	1,69	0,60
129,94	0,18	14,01	1,57	0,51
132,33	0,17	11,20	1,35	0,51
135,17	0,16	11,32	1,27	0,43
138,22	0,18	9,38	1,20	0,32
140,43	0,16	9,48	1,19	0,25
142,59	0,14	6,32	1,03	0,33

Be

T MeV	ΔT MeV	$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dT}$ $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{st} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$	Δ_{sy} $\mu b \cdot MeV^{-1} sr^{-1}$
54,38	0,15	25,13	2,19	1,03
57,18	0,16	20,89	1,94	0,91
59,20	0,15	27,20	2,29	0,85
62,10	0,14	23,69	2,05	0,78
65,24	0,15	18,38	1,72	0,73
68,36	0,16	18,99	1,71	0,68
71,00	0,14	16,50	1,46	0,62
74,37	0,16	12,71	1,32	0,56
77,28	0,15	13,70	1,36	0,53
80,68	0,19	14,33	1,33	0,49
84,10	0,18	13,76	1,35	0,42
87,13	0,15	10,01	1,13	0,40
90,61	0,16	10,27	1,16	0,36
94,09	0,16	8,77	1,03	0,31
97,66	0,17	7,77	0,96	0,31
101,26	0,17	7,79	0,93	0,23
103,94	0,15	5,78	0,89	0,20
105,83	0,14	5,36	0,99	0,16
107,68	0,23	5,28	2,00	0,13
108,94	0,15	5,44	1,72	0,12
110,26	0,12	4,29	1,28	0,11
112,38	0,22	3,68	1,10	0,10
114,01	0,14	3,23	0,97	0,10
116,24	0,20	5,41	0,99	0,09
118,40	0,23	4,72	0,82	0,09
119,92	0,13	3,54	0,70	0,09
122,11	0,16	2,53	0,58	0,10
124,47	0,17	2,24	0,52	0,10
126,72	0,17	2,73	0,51	0,10
129,15	0,17	2,51	0,54	0,09
131,63	0,16	2,25	0,50	0,09
134,07	0,15	1,16	0,38	0,08
137,03	0,16	1,81	0,44	0,06
139,80	0,15	1,57	0,39	0,06
141,49	0,14	2,21	0,43	0,07
143,32	0,15	1,03	0,46	0,09
144,96	0,26	1,42	0,66	0,12

REFERENCES

1. Baldin A.M. Proc. of VI Int. Conf. on High Energy Physics and Nucl.Struct. (Santa Fe) N.Y. (1975), p.621; Leksin G.A. Proc. of IV Physics School ITEPh. Atomizdat, M., 1977, v.2, p.5; Proc. of XVIII Int. Conf. on High Energy Physics (Tbilisi), A6-3, Dubna, 1977; Kopeliovich V.B. Jad.Fiz., 1977, 26, p.168; Frankel S. Phys.Rev.Lett., 1977, 38, p.1338; Univ. of Pennsylvania Preprint (1978); Strikman M.I., Frankfurt L.L. Proc. of XIII Winter School of Leningrad Nuclear Physics Institute, 1978, p.139.
2. Komarov V.I. et al. Phys.Lett., 1977, 69B, p.37.
3. Barashenkov V.S., Toneev V.D. Interactions of High Energy Particles and Atomic Nuclei with Nuclei. Atomizdat, M., 1972.
4. Weber H.J., Miller L.D. Phys.Rev., 1977, C16, p.726.
5. Gudima K.K., Mashnik S.G., Toneev V.D. JINR, E2-11307, Dubna, 1978.

Received by Publishing Department
on April 21. 1978.