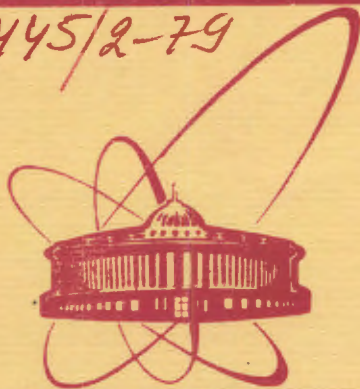


3/1x-79

3445/2-79



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

С3436 + С3439  
А-79

1 - 12347

С. Г. Аракелян, Б. А. Шахбазян

ОЦЕНКА ВЫХОДОВ ОДНОЗАРЯДНЫХ ФРАГМЕНТОВ  
ПО ОТНОШЕНИЮ К ВЫХОДУ ПРОТОНОВ  
В РЕАКЦИЯХ  $p^{12}\text{C}$ ,  $d^{12}\text{C}$  И  $\alpha^{12}\text{C}$

1979

1 - 12347

С. Г. Аракелян, Б. А. Шахбазян

ОЦЕНКА ВЫХОДОВ ОДНОЗАРЯДНЫХ ФРАГМЕНТОВ  
ПО ОТНОШЕНИЮ К ВЫХОДУ ПРОТОНОВ  
В РЕАКЦИЯХ  $p^{12}C$ ,  $d^{12}C$  И  $\alpha^{12}C$

Степановский институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Аракелян С.Г., Шахбазян Б.А.

I - 12347

Оценка выходов однозарядных фрагментов по отношению к выходу протонов в реакциях  $p^{12}\text{C}$ ,  $d^{12}\text{C}$  и  $\alpha^{12}\text{C}$

Рассматривается фрагментация ядер углерода при облучении пропановой пузырьковой камеры релятивистскими протонами, дейтронами и  $\alpha$ -частицами. На основе имеющихся экспериментальных данных сделаны оценки выходов вторичных дейтронов, ядер трития и других фрагментов по отношению к выходу протонов в реакциях  $p^{12}\text{C}$ ,  $d^{12}\text{C}$  и  $\alpha^{12}\text{C}$ . Как показали оценки, выходы вторичных дейтронов и тритонов по отношению к выходу протонов различны для треков разных длин.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Arakelian S.G., Shahbazian B.A.

I - 12347

An Estimate of Yields of Singly Charged Fragments with Respect to Yields of Protons in the  $p^{12}\text{C}$ ,  $d^{12}\text{C}$ , and  $\alpha^{12}\text{C}$  Reactions

The fragmentation of carbon nuclei at the irradiation of the propane chamber with relativistic protons, deuterons and  $\alpha$ -particles is considered. On the basis of experimental data yields of secondary deuterons, tritons and other fragments were estimated with respect to secondary proton production in  $p^{12}\text{C}$ ,  $d^{12}\text{C}$ ,  $\alpha^{12}\text{C}$  reactions. These ratios depend on track length.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Двухметровая пропановая пузырьковая камера ЛВЭ ОИЯИ облучалась пучками релятивистских протонов, дейтронов, альфа-частиц и ядер углерода различных импульсов. При столкновении частиц высоких энергий и ядер с ядрами происходит сильная фрагментация. Фрагменты мишени в основном медленные и поэтому будут останавливаться в камере. Для широкого круга задач релятивистской ядерной физики из всего многообразия излучений звезды необходимо идентифицировать протоны. Однако есть опасность, что при идентификации за протоны могут быть приняты и другие фрагменты, в особенности однозарядные - дейтроны и ядра трития. Необходимо оценить вклад этих ошибок. Критерием такой оценки принято отношение дифференциального сечения рождения дейтронов, ядер трития и более тяжелых фрагментов к дифференциальному сечению рождения протонов,

т.е. величина  $\beta_{d,t} = \frac{(d^2\sigma/dPd\Omega)_{d,t}}{(d^2\sigma/dPd\Omega)_p}$  в процентах. Изучение ли-

тературы по фрагментации ядер показало, что в работах, как правило, приводится зависимость дифференциального сечения от импульса вторичной частицы. Поскольку при обработке фотографий пузырьковой камеры импульсы останавливающихся в камере частиц вычисляются по длине их пробега, то нагляднее всего иметь отношение выходов протонов и более тяжелых фрагментов ( $\beta$ ) с одинаковыми пробегами, но различными импульсами. Для перевода значений импульсов в величины пробегов воспользуемся зависимостью пробега частицы от ее кинетической энергии  $^{1/}$ . Для протона эта формула имеет следующий вид:

$$S_p = \rho^{-1} \{ R(2 \text{ МэВ}, J) + \frac{A}{2Z} \Phi_{A1}(T_p) \cdot G \}, \quad /1/$$

где  $S_p$  - пробег протона в см;  $T_p$  - его кинетическая энергия в МэВ;  $\rho$  - плотность рабочей жидкости камеры в г/см<sup>3</sup>;  $A$  - атомный вес наполнения камеры;  $Z$  - атомный номер рабочего вещества камеры,  $J$  - потенциал ионизации жидкости камеры в эВ;  $R/2$  МэВ,  $J/$  - пробег протона с  $T_p = 2$  МэВ в камере в г/см<sup>2</sup>;

$$G = 1 + G_1 \chi + G_2 \chi^2 + G_3 \chi^3; \chi = \lg(J/J_{A1}); J_{A1} = 166 \text{ эВ.}$$

$G_1, G_2, G_3, \Phi_{A1}$  даны в работе /1/ в виде таблицы, как функции кинетической энергии протона. Для произвольной частицы  $x$  формула зависимости пробега от кинетической энергии имеет вид:

$$S_x(T_x) = (m_x/m_p) \cdot S_p(T_x \cdot m_p/m_x), \quad /2/$$

где  $S_x$  - пробег частицы  $x$  в см,  $T_x$  - ее кинетическая энергия в МэВ,  $m_x$  - ее масса,  $m_p$  - масса протона,  $S_p$  вычисляется по формуле /1/.

В работе /2/ рассматриваются реакции взаимодействия протона с импульсом  $P_p = 808$  МэВ/с с углеродом. В таблице 1 приведены дифференциальные сечения  $d\sigma/d\Omega$  вторичных протонов, имеющих кинетические энергии  $T_p \geq 36$  МэВ, что соответствует /согласно формулам /1/ и /2// пробегам в пропане  $S_p \geq 2,5$  см; вторичных дейтронов с  $T_d \geq 48$  МэВ, что соответствует  $S_d \geq 2,3$  см; вторичных тритиевых ядер с  $T_t \geq 58$  МэВ,

Таблица 1

Дифференциальные сечения рождения вторичных протонов с  $T_p \geq 36$  МэВ, дейтронов с  $T_d \geq 48$  МэВ и вторичных ядер трития с  $T_t \geq 58$  МэВ под углами  $\theta_{\text{лаб}} = 26$  и  $40^\circ$  в реакции  $p + {}^{12}\text{C}$  при импульсе протона 808 МэВ/с

$\frac{d\sigma_p}{d\Omega}$ (мб/ср.)	$\frac{d\sigma_d}{d\Omega}$ (мб/ср.)	$\frac{d\sigma_t}{d\Omega}$ (мб/ср.)	$\theta_{\text{лаб}}$
70,0 $\pm$ 4,0	1,72 $\pm$ 0,41	0,120 $\pm$ 0,068	26°
52,3 $\pm$ 4,0	1,90 $\pm$ 0,35	0,148 $\pm$ 0,069	40°

что соответствует  $S_t \approx 2,2$  см, рождающихся под углами  $26^\circ$  и  $40^\circ$  в лабораторной системе. Из этих данных следует, что среди вторичных треков, имеющих пробеги в пропане  $\geq 2,5$  см, выход дейтронов по отношению к протонам  $\beta_d$  равен 2,46% при  $\theta_{\text{лаб}} = 26^\circ$  и 3,63% при  $\theta_{\text{лаб}} = 40^\circ$ . Выход же ядер трития по отношению к протонам равен 0,17% при  $\theta_{\text{лаб}} = 26^\circ$  и 0,28% при  $\theta_{\text{лаб}} = 40^\circ$ .

В работе /3/ изучались взаимодействия  $p + {}^{12}\text{C}$  при импульсе налетающего протона 6,57 ГэВ/с. Измерялись спектры вторичных протонов, дейтронов и ядер трития, вылетающих под углом  $137^\circ$  в лабораторной системе. Значения дифференциальных сечений вторичных протонов и дейтронов для различных импульсов и пробегов в пропане приведены в таблицах 2 и 3. Значения

Таблица 2

Дифференциальные сечения образования протонов под углом  $\theta_{\text{лаб}} = 137^\circ$

$S_p$ (см)	$P_p$ (МэВ/с)	$d^2\sigma/dP d\Omega$ (см <sup>2</sup> /ср/МэВ/с)
4,0	300	$2,5 \times 10^{-29}$
10,5	400	$2 \times 10^{-29}$
23,5	500	$1 \times 10^{-29}$
43,0	600	$5 \times 10^{-30}$
67,5	700	$2 \times 10^{-30}$

для  $\beta_d$  и  $\beta_t$ , вычисляемые из данных этой и последующих работ, приведены в табл. 8. На рис. 1 в полулогарифмическом масштабе приведена зависимость дифференциального сечения вторичных протонов и дейтронов от их пробегов в пропане. На рис. 2 приведена зависимость дифференциальных сечений вторичных протонов и дейтронов от их импульсов, при этом импульс дейтронов вычислялся по пробегу в предположении, что это протон, т.е. имитировался тот случай, когда протоны и дейтроны неразличимы. Легко посчитать, что среди треков, имеющих импульсы в 300 МэВ/с, выход дейтронов по отноше-

Таблица 3

Дифференциальные сечения образования дейтронов под углом  $\theta_{\text{лаб}} = 137^\circ$

$S_d$ (см)	$P_d$ (МэВ/с)	$d^2\sigma/dPd\Omega$ (см <sup>2</sup> /ср/МэВ/с)
4,0	500	$1 \times 10^{-30}$
13,0	700	$4 \times 10^{-31}$
21,0	800	$1,6 \times 10^{-31}$
32,0	900	$5 \times 10^{-32}$
46,5	1000	$6,3 \times 10^{-33}$

нию к протонам равняется 4%. С увеличением импульса это отношение уменьшается, как видно из графика.

В работе <sup>4/</sup> рассматривается взаимодействие протонов энергии 2,9 ГэВ ядрами бериллия. Здесь приводятся импульсные спектры ( $d^2N/dP \cdot d\Omega = f(P)$ ) вторичных протонов, дейтронов и ядер трития, рождающихся под углами  $\theta = 13, 30, 60$  и  $93^\circ$  в лабораторной системе.  $d^2N/dPd\Omega$  - число вторичных частиц данного сорта на ГэВ/с на стерадиан. Можно допустить, что при взаимодействии протона с ядром углерода импульсные спектры вторичных частиц близки к соответствующим спектрам при  $p + {}^9\text{Be}$  - взаимодействии. Пользуясь зависимостью пробег-импульс для вторичных протонов, дейтронов и ядер трития в пропане, мы получили их распределения по пробегам для углов 13, 30, 60 и  $93^\circ$  в лабораторной системе /рис. 3, 4, 5 и 6 соответственно/.

В работе <sup>5/</sup> приведены экспериментальные данные энергетической зависимости инвариантных сечений для вторичных протонов, дейтронов и ядер трития, рождающихся под углом  $180^\circ$  в лабораторной системе, в реакции  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  при импульсе первичного протона 8,6 ГэВ/с. Соответствующие данные представлены в виде зависимости дифференциального сечения от импульса /пробега в пропане/ вторичных протонов, дейтронов и ядер трития и приведены в табл. 4.

В работе <sup>6/</sup> представлены экспериментальные результаты по фрагментации ядер углерода релятивистскими дейтронами

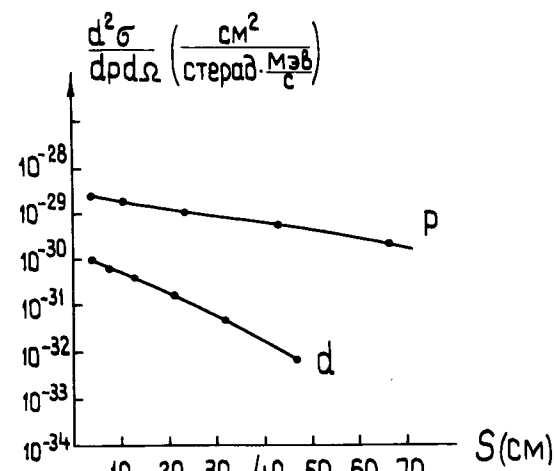


Рис. 1. Зависимость дифференциального сечения вторичных протонов и дейтронов от пробега в пропане для реакции  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  под углом  $137^\circ$  в лаб. системе при  $P_p = 6,57$  ГэВ/с.

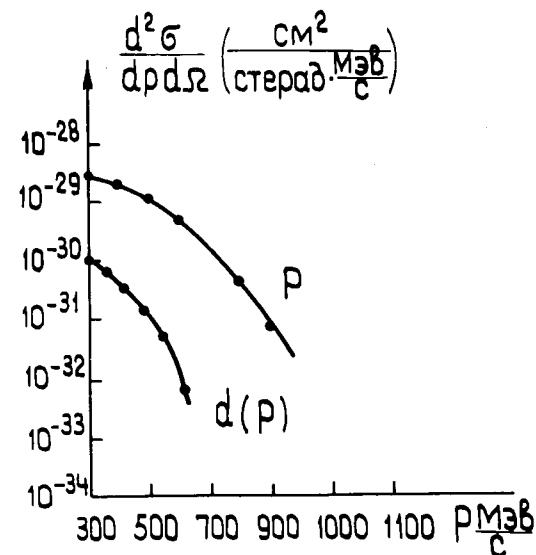


Рис. 2. Зависимость дифференциального сечения вторичных протонов и дейтронов от их импульсов /импульс дейтрона рассчитывается по пробегу в предположении, что это протон/ для реакции  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  под углом  $137^\circ$  в лаб. системе, при  $P_p = 6,5$  ГэВ/с.

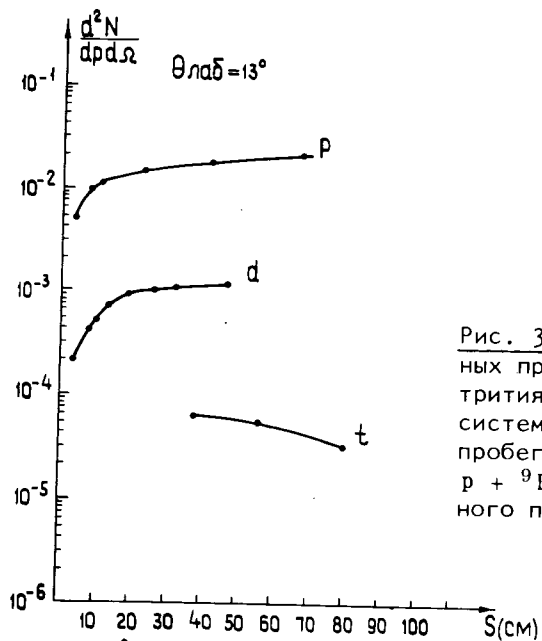


Рис. 3. Распределения вторичных протонов, дейтронов и ядер трития под углом  $13^\circ$  в лаб. системе в зависимости от их пробега в пропане, в реакции  $p + {}^9\text{Be} \rightarrow$  при энергии первичного протона 2,9 ГэВ.

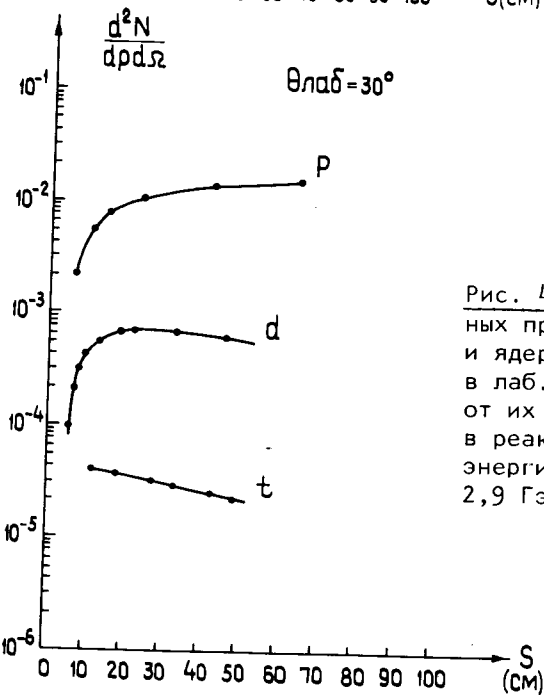


Рис. 4. Распределения вторичных протонов, дейтронов и ядер трития под углом  $30^\circ$  в лаб. системе в зависимости от их пробега в пропане, в реакции  $p + {}^9\text{Be} \rightarrow$  при энергии первичного протона 2,9 ГэВ.

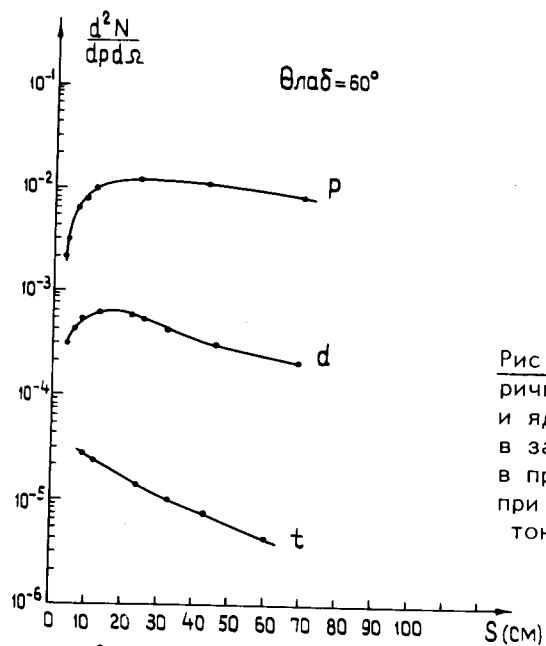


Рис. 5. Распределения вторичных протонов, дейтронов и ядер трития под углом  $60^\circ$  в зависимости от их пробега в пропане в реакции  $p + {}^9\text{Be} \rightarrow$  при энергии первичного протона 2,9 ГэВ.

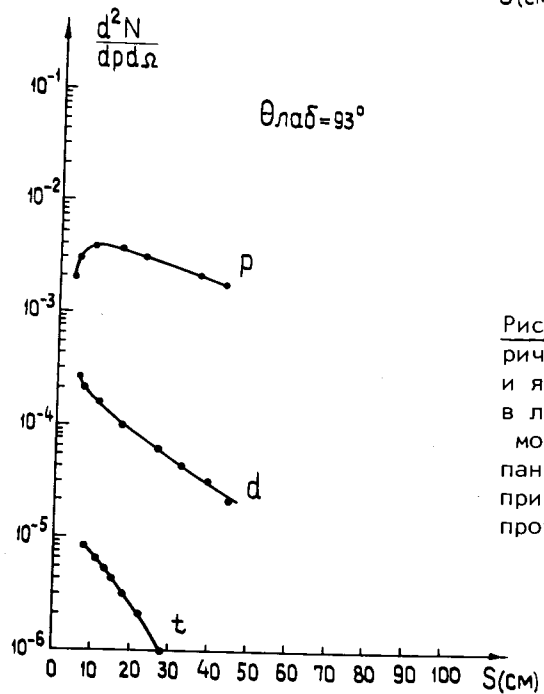


Рис. 6. Распределения вторичных протонов, дейтронов и ядер трития под углом  $93^\circ$  в лаб. системе, в зависимости от их пробега в пропане, в реакции  $p + {}^9\text{Be} \rightarrow$  при энергии первичного протона 2,9 ГэВ.

Таблица 4

Дифференциальные сечения образования вторичных протонов, дейтронов и тритонов под углом  $180^\circ$  в лабораторной системе при импульсе первичного протона  $8,6 \text{ ГэВ/с}$

$S_p$ (см)	$P_p$ (ГэВ/с)	$d^2\sigma/dP d\Omega$ мб/ГэВ/с/ср.	$S_d$ (см)	$P_d$ (ГэВ/с)	$d^2\sigma/dP d\Omega$ мб/ГэВ/с/ср.	$S_t$ (см)	$P_t$ (ГэВ/с)	$d^2\sigma/dP d\Omega$ мб/ГэВ/с/ср.
			4,0	0,498	$0,244 \pm 0,027$	5,1	0,700	$0,008 \pm 0,001$
			7,9	0,602	$0,200 \pm 0,044$	12,0	0,901	$0,001 \pm 0,000$
			13,0	0,699	$0,060 \pm 0,004$			
23,2	0,500	$2,221 \pm 0,136$	21,5	0,799	$0,021 \pm 0,005$			
42,5	0,599	$0,980 \pm 0,064$	33,1	0,901	$0,007 \pm 0,000$			
67,8	0,699	$0,277 \pm 0,014$	46,9	1,000	$0,003 \pm 0,001$			

и  $\alpha$ -частицами. Здесь получены дифференциальные сечения образования изотопов H, He, Li и Be в реакции  $d + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  при энергии дейтрона  $3,1 \text{ ГэВ/нукл.}$  и в реакции  $\alpha + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  при энергии  $\alpha$ -частицы  $2,5 \text{ ГэВ/нукл.}$  под углом  $\theta_{\text{лаб}} = 90^\circ$ . Точность разделения фрагментов по массе и заряду для изотопов водорода и гелия оценивается в 1%.

Максимальная систематическая ошибка в определении абсолютных дифференциальных сечений фрагментации оценивается в 10%. Отношение фоновых событий к полезным не превышает 3%.

Дифференциальные сечения изотопов H, He, Li и Be измерялись в интервале энергий от 5 до 70 МэВ. В работе графически и в виде таблицы дана зависимость инвариантного дифференциального сечения фрагмента  $2E_n d^3\sigma/dP^3$  от его кинетической энергии. С помощью формулы пробег-импульс вычислена зависимость дифференциального сечения фрагмента  $d^2\sigma/dP d\Omega$  от его пробега в пропане. В табл. 5 и 6 приводятся дифференциальные сечения фрагментов, в зависимости от из пробегов в пропане для реакций  $\alpha + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  и  $d + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  соответственно.

Из табл. 5 следует, что относительный выход  ${}^2\text{H}$  к  ${}^1\text{H}$  для треков, имеющих длину 0,2 см, составляет 27,00%;  ${}^3\text{H}$  к  ${}^1\text{H}$  - 10,05%;  ${}^3\text{He}$  к  ${}^1\text{H}$  - 9,78%;  ${}^4\text{He}$  к  ${}^1\text{H}$  - 16,63% и  ${}^6\text{He}$  к  ${}^1\text{H}$  - 0,056%. Из табл. 6 следует, что для треков с  $S = 0,2 \text{ см}$  относительный выход  ${}^2\text{H}$  к  ${}^1\text{H}$  составляет 27,06%;  ${}^3\text{H}$  к  ${}^1\text{H}$  - 10,80%;  ${}^3\text{He}$  к  ${}^1\text{H}$  - 9,90%;  ${}^4\text{He}$  к  ${}^1\text{H}$  - 18,06%. Выходы же остальных фрагментов по отношению к  ${}^1\text{H}$  равны сотым долям процента.

В работе [7] рассматривается взаимодействие  $p + {}^{12}\text{C} \rightarrow$  при импульсе налетающего протона  $2,3 \text{ ГэВ/с}$ . В табл. 7 приведены дифференциальные сечения образования низкоэнергетичных изотопов H, рождающихся под углом  $90^\circ$  в лабораторной системе, для небольшого интервала энергий, которому соответствуют пробеги в пропане не более чем 0,3 см. Для таких треков, как следует из таблицы, выход дейтронов по отношению к выходу протонов равен 25,00%, выход же ядер трития по отношению к выходу протонов составляет 11,88%.

Значения отношений выходов вторичных дейтронов и ядер трития к выходам вторичных протонов, имеющих одинаковые

Таблица 5

Дифференциальные сечения рождения фрагментов Н и Не в реакции  $\alpha + {}^{12}\text{C}$  под углом  $\theta_{\text{лаб}} = 90^\circ$  при энергии альфа-частицы 2,5 ГэВ/нукл.

S (см)	$d^2\sigma/dPd\Omega$ ( $\frac{\text{мб}}{\text{ср} \cdot \text{МэВ/с}}$ )						Р протона (МэВ/с)
	${}^1\text{H}$	${}^2\text{H}$	${}^3\text{H}$	${}^3\text{He}$	${}^4\text{He}$	${}^6\text{He}$	
0,2	0,2248	0,0607	0,0226	0,0220	0,0374	$0,128 \cdot 10^{-3}$	130,0
0,3	-	0,0553	0,0191	0,0192	0,0246	$0,796 \cdot 10^{-4}$	150,5

Таблица 6

Дифференциальные сечения рождения фрагментов Н, Не, Li и Be в реакции  $d + {}^{12}\text{C}$  под углом  $\theta_{\text{лаб}} = 90^\circ$  при энергии дейтрона 3,1 ГэВ/нукл.

S (см)	$d^2\sigma/dPd\Omega$ ( $\frac{\text{мбарн}}{\text{стерад} \cdot \text{МэВ/с}}$ )										Р протона (МэВ/с)
0,2	0,1726	0,0467	0,0187	0,0171	0,0312	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$0,6 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$	130
0,3	0,1551	0,0429	0,0161	0,0148	0,0202	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	150,5
0,5	0,1350	0,0357	0,0114	0,0106	0,0091	$0,7 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	-	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	168,4
0,7	0,1217	0,0300	0,0084	0,0083	-	-	-	$0,7 \cdot 10^{-4}$	$0,1 \cdot 10^{-4}$	$0,6 \cdot 10^{-4}$	179,4
0,8	-	-	-	0,0073	-	$0,4 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$0,1 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	189,7
1,0	-	-	-	-	-	$0,3 \cdot 10^{-4}$	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	$0,1 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	200,1
1,3	-	-	-	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	$0,2 \cdot 10^{-4}$	-	$0,3 \cdot 10^{-4}$	218,0
1,5	-	-	-	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-4}$	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,1 \cdot 10^{-4}$	-	-	226,7
2,0	-	-	-	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	243,2



Таблица 7

Дифференциальные сечения образования изотопов Н под углом  $\theta_{\text{лаб}} = 90^\circ$

Изотоп	Интервал энергий (МэВ)	$d\sigma/d\Omega$ (мб/ср)
$^1\text{H}$	3-11	$16,4 \pm 0,5$
$^2\text{H}$	5-14	$4,1 \pm 0,3$
$^3\text{H}$	6-17	$1,9 \pm 0,2$

пробеги в пропане, т.е. значения  $\beta_{d,t} = \frac{(d^2\sigma/dP d\Omega)_{d,t}}{(d^2\sigma/dP d\Omega)_p}$  в %,

которые можно получить из данных вышеизложенных работ, приведены в табл. 8. Содержимое таблицы может служить для оценок вклада однозарядных ионов, ошибочно идентифицированных как протоны.

В заключение авторы благодарят П.П.Темникова за обсуждение.

Таблица 8

Значения отношений выходов вторичных дейтронов и ядер трития к выходам вторичных протонов  $\beta_d$  и  $\beta_t$  в % при различных условиях и для вторичных треков разных длин

№	Реакция	Импульс снаряда (ГэВ/с)	Угол эмиссии (град)	Длина трека в (см)	Импульс соответ. протону (ГэВ/с)	Относит. выход $\beta_d$ (%)	Относит. выход $\beta_t$ (%)	Ссылка
1	$p + ^{12}\text{C} \rightarrow$	3,70	I3	4	0,300	4,0	-	4
2	— " —	3,70	I3	23	0,505	6,2	-	4
3	— " —	3,70	I5	43	0,610	6,1	-	4
4	— " —	3,70	50	6,5	0,350	10,0	-	4
5	— " —	3,70	50	22	0,500	6,3	0,30	4
6	— " —	3,70	30	42	0,600	4,0	0,13	4
7	— " —	3,70	60	4	0,300	10,0	-	4
8	— " —	3,70	60	23	0,500	3,3	0,10	4
9	— " —	3,70	60	43	0,610	3,10	0,06	4
10	— " —	3,70	93	5	0,320	10,0	-	4
11	— " —	3,70	93	22	0,500	2,7	0,07	4
12	— " —	3,70	93	43	0,610	1,2	-	4
13	— " —	6,57	I37	4	0,300	4,0	-	3
14	— " —	6,57	I37	22	0,500	1,6	-	3
15	— " —	8,60	I80	22	0,500	0,9	-	5
16	$d + ^{12}\text{C} \rightarrow$	3,90	90	0,2	0,130	27,1	10,1	6
17	— " —	3,90	90	0,5	0,135	23,4	3,4	6
18	— " —	3,90	90	0,7	0,180	24,6	6,9	6
19	$d + ^{12}\text{C} \rightarrow$	5,30	90	0,2	0,130	27,0	1,0	6

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Strenheimer R.M. Phys. Rev., 1960, 118, p.1045.*
2. *Брилль и др. В сб.: Ядерные взаимодействия в защите космических кораблей. "Наука", М., 1968.*
3. *Баяков Ю.Д. и др. ЯФ, 1967, т.5, 2, с.337.*
4. *Pirone P.A., Smith A.J. Phys. Rev., 1966, 148, 4, p.1315.*
5. *Балдин А.М. ОИЯИ, P1-11302, Дубна, 1978.*
6. *Безногих Г.Г. и др. ОИЯИ, P1-10944, Дубна, 1977.*
7. *Авдейчиков В.В. и др. ЯФ, 1977, т.25, 1, с.3.*

*Рукопись поступила в издательский отдел  
28 марта 1979 года.*