

Анализ облучения на ядрах  ${}^7\text{Be}_4$   
при энергии 1,23 ГэВ/Н в ядерной фотоэмульсии.

В.Г. Ларионова, Н.Г. Пересадько, С.П. Харламов

Просмотр пластинок.

Облучение –  ${}^7\text{Be}$ ,  $E_{\text{кин.}} = 1,23$  ГэВ,  $p = 1,9546$  ГэВ/с,  $p_{\text{вс}} = 1,75$  ГэВ/с

Пучок – смешанный, примесь –  ${}^7\text{Li}$

Облучение – параллельно плоскости пластинки.

Стопок – 3

Кол- во пластинок в стопках – 21

Просмотр:

1 стопка – ОФВЭ ФИАН

2 стопка – ЛВЭ ОИЯИ + ОФВЭ ФИАН

3 стопка - ЛВЭ ОИЯИ + ОФВЭ ФИАН

Результаты просмотра по 1 стопке (ОФВЭ):

Всего найдено звезд: 617

Общая длина протянутых следов: 8737 см

Определение  $\lambda_{\text{Be}}$ .

Для определения  $\lambda_{\text{Be}}$  просмотрено  $L = 41,223$  м,  $N_{\text{зв.}} = 294$

Измерение  $Z_{\text{перв.}}$  следов подряд (ст. 1, пл. 18, 6)

№ пласт.	Измерено треков	$Z = 4$	$Z = 3$
18	87	70	17
7	54	47	7
Всего:	141	117	24

Таблица 1. Измерение зарядов частиц первичного пучка.

Примесь следов с  $Z = 3$  в первичном пучке – 17 %

$$\lambda_{\text{Li-7}} = (14.3 \pm 0.4) \text{ см}$$

$$\lambda_{\text{Be-7}} = (14.0 \pm 0.8) \text{ см}$$

Измерение событий, статистика.

При просмотре фиксировались все события неупругого взаимодействия.

Для измерений отбирались события по критерию:

$$S Z_{\text{ff}} = 4$$

1.  $\text{Be}^7 \text{ ® He} + \text{He}$
2.  $\text{Be}^7 \text{ ® He} + 2 \text{H}$
3.  $\text{Be}^7 \text{ ® Li}^6 + \text{p}$
4.  $\text{Be}^7 \text{ ® } 4\text{H}$

- 1)  $N_h + N_s = 0$ ,
- 2)  $N_h \approx 5$  (короткие черные следы)
- 3)  $N_h + N_s = \text{любое}$

Для всех событий 3. класса измеряли заряды первичного следа и серого фрагмента для отсеивания событий  $\text{Li} \text{ ® He} + \text{H}$ .  
(всего - 32 события, из них ( $\text{Li} \text{ ® He} + \text{H}$ ) - 20 соб.)

#### Формат измерений.

В событиях указанного типа измерялись углы всех частиц и импульсы фрагментов для восстановления масс фрагментов.

Конус фрагментации  $\approx 15^\circ$ . При импульсе 1.7 ГэВ/с угол испускания  $15^\circ$  соответствует поперечному импульсу нуклона 450 МэВ/с. Далее среди найденных отбирались события, в которых полный заряд вторичных частиц в этом растворе углов равняется четырем.

Измерены угловые характеристики, всего – 256 событий  
Из них отобрано для измерения рbc 208 соб.  
Измерено рbc – 592 следа

Рис. 1 Распределение по углу theta однозарядных фрагментов (268 част.)

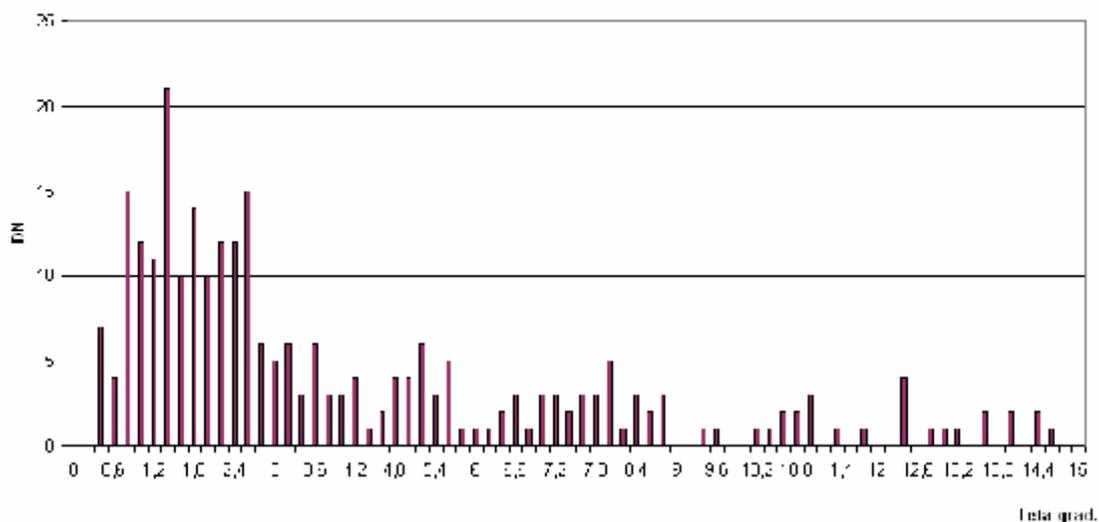
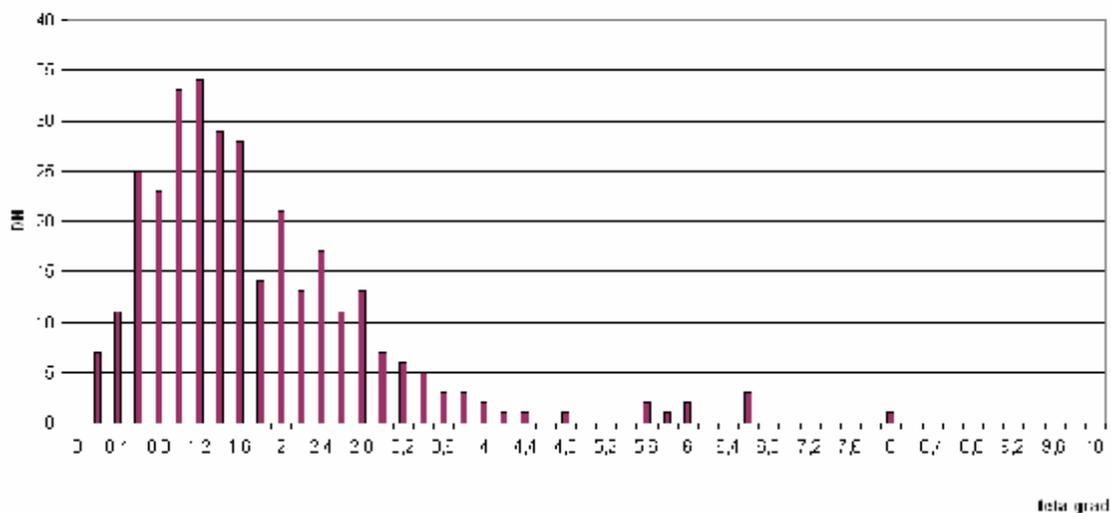


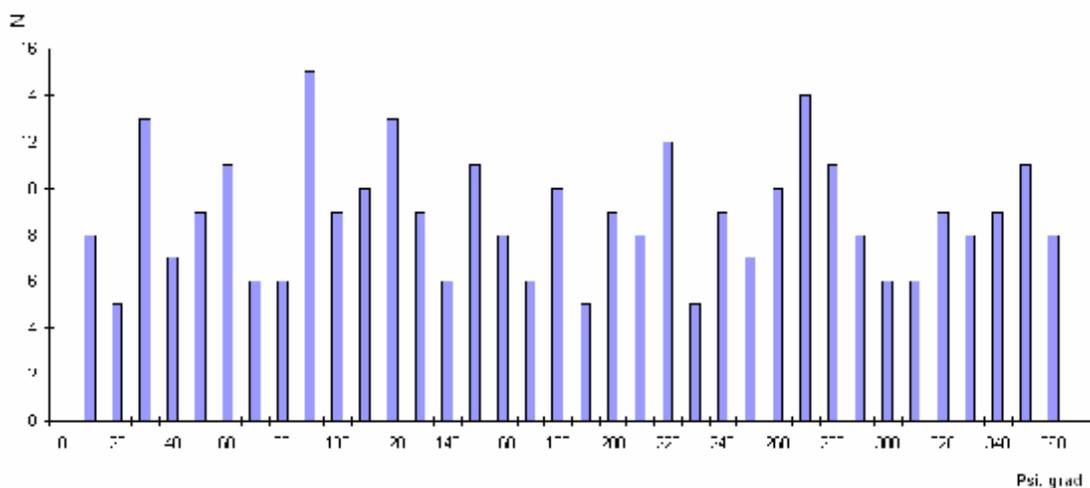
Рис. 2 Распределение по углам  $\theta$  двухзарядных фрагментов  
Be-7 - Em



На рис. 1 и 2 приведены распределения по углам  $\theta$  однозарядных и двухзарядных фрагментов.

Для иллюстрации качества измерений углов (по глубине) на рис. 3 приводится распределение по углам  $\psi$  He-фрагментов.

Рис. 3 Распределение по углам  $\psi$  He-фрагментов  
Be-7 - Em



Однородность распределения по углам  $\psi$  и отсутствие выделенных направлений указывает на то, что измерения углов проведены с хорошей точностью. Определение масс фрагментов

Для оценки масс распадных частиц проводится измерение многократного кулоновского рассеяния частиц в эмульсии.

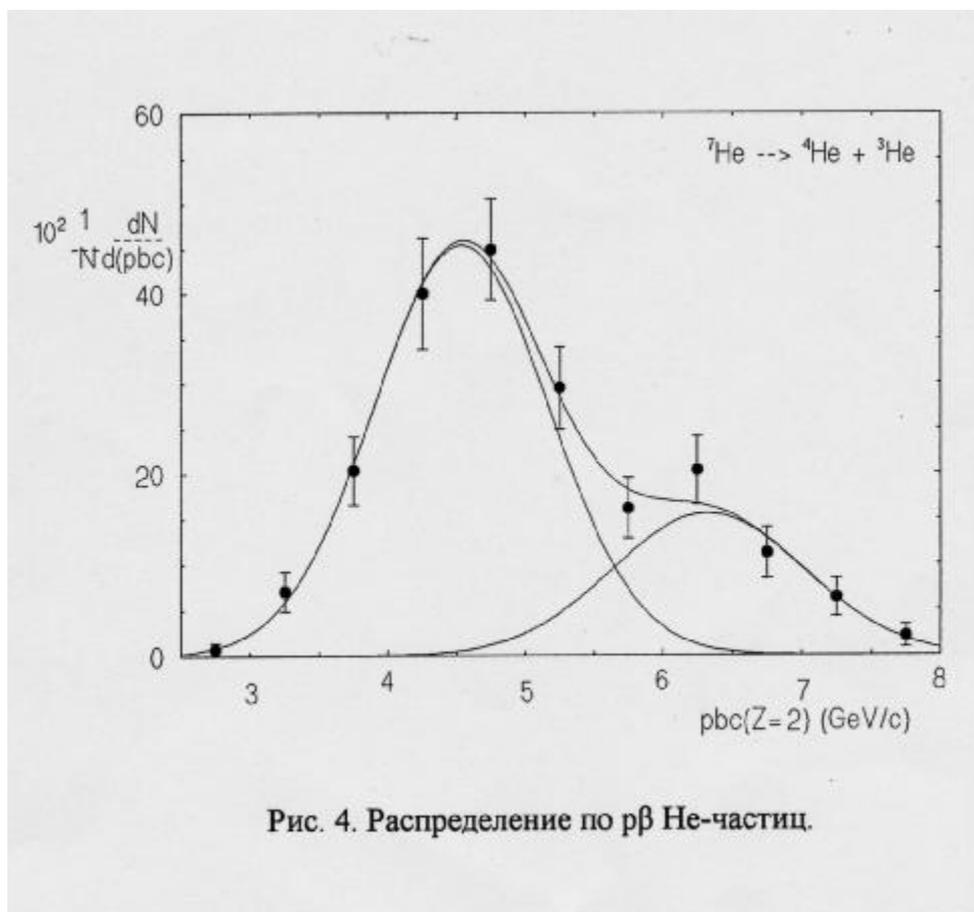


Рис. 4. Распределение по  $p\beta$  He-частиц.

На рис. 4 приведено распределение двухзарядных частиц по величине  $p\beta$ , где  $p$  – импульс, а  $\beta$  – скорость частицы. В этом распределении трехнуклонные фрагменты должны распределяться вокруг значения  $p\beta = 4,6$  Гэв/с, четырехнуклонные – вокруг значения  $6,3$  Гэв/с, граница между ними должна располагаться примерно при  $5,6$  Гэв/с.

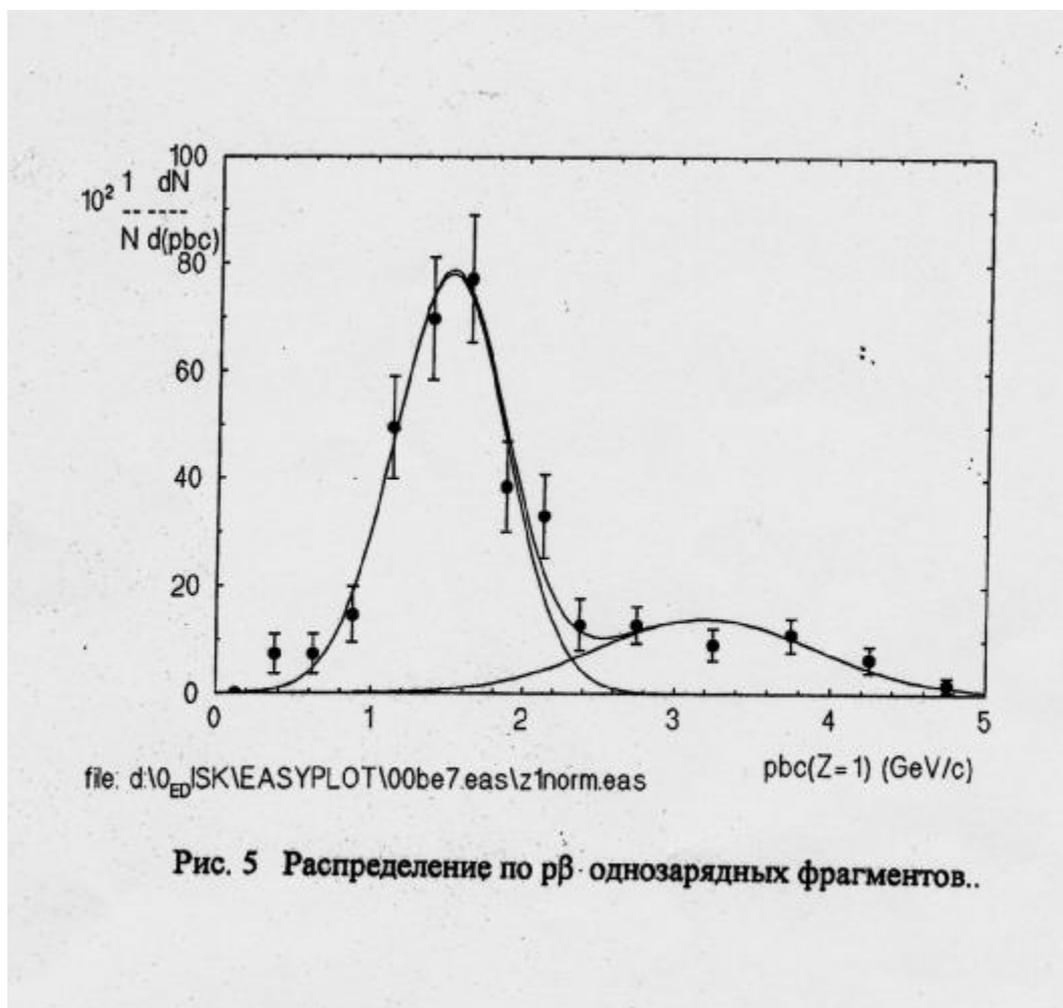
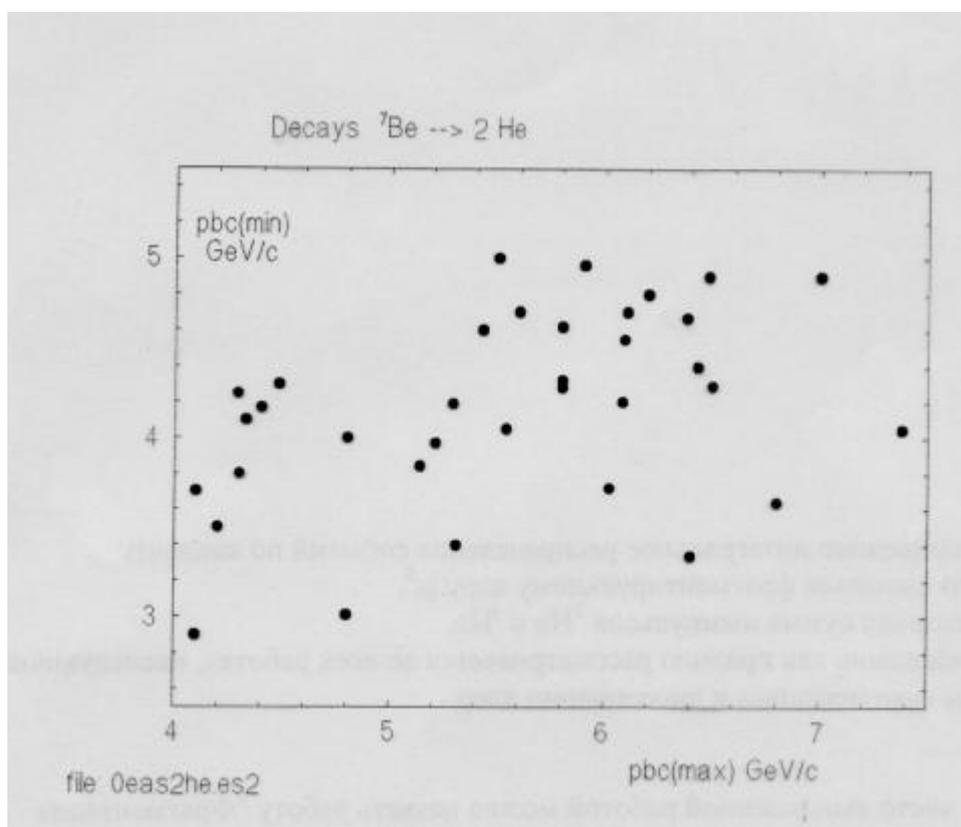


Рис. 5 Распределение по  $p\beta$  однозарядных фрагментов..

На рис. 5 в виде гистограммы приведено распределение однозарядных частиц по величине  $p\beta$ . В этом распределении однонуклонные фрагменты должны распределяться вокруг значения  $p\beta = 1,5$  Гэв/с, двухнуклонные – вокруг значения 3,2 Гэв/с, за границу между ними принимается значение при 2,2 Гэв/с.



На рис. 6 двухчастичные события представлены точками, координатами которых служат измеренные значения  $p_b$  - гелиевых фрагментов. Максимальное значение  $p_b$  в событии служит координатой по оси  $P_1$ , а минимальное значение  $p_b$  служит координатой по вертикальной оси  $P_2$ . Всего указано 35 событий, среди них – 11 событий можно отнести к каналу когерентной диссоциации ( ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} + n$ ) а 24 события – к каналу без испускания нейтрона ( ${}^4\text{He} + {}^3\text{He}$ ).

В таблице 2 приведена общая статистика измеренных событий.

Фрагменты (fb+Fg+fs)	Широкий конус	Число событий
0+2+0	0+0+0	41
	1+0+0	10
	$n_b+0+0$	8
	$n_b+n_g+n_s$	33
<b>Всего:</b>		<b>92</b>
0+1+2	0+0+0	42
	1+0+0	17
	$n_b+0+0$	16
	$n_b+n_g+n_s$	49 (измеряются)
<b>Всего:</b>		<b>124</b>
0+0+4	0+0+0	2
	1+0+0	1
<b>Всего:</b>		<b>3</b>
Li + H	0+0+0	9
	$n_b+0+0$	3
<b>Всего:</b>		<b>12</b>
<b>Всего измерено:</b>		<b>182+49=231</b>

Таблица 2. Общая статистика измеренных событий с  $Q = 4$ .

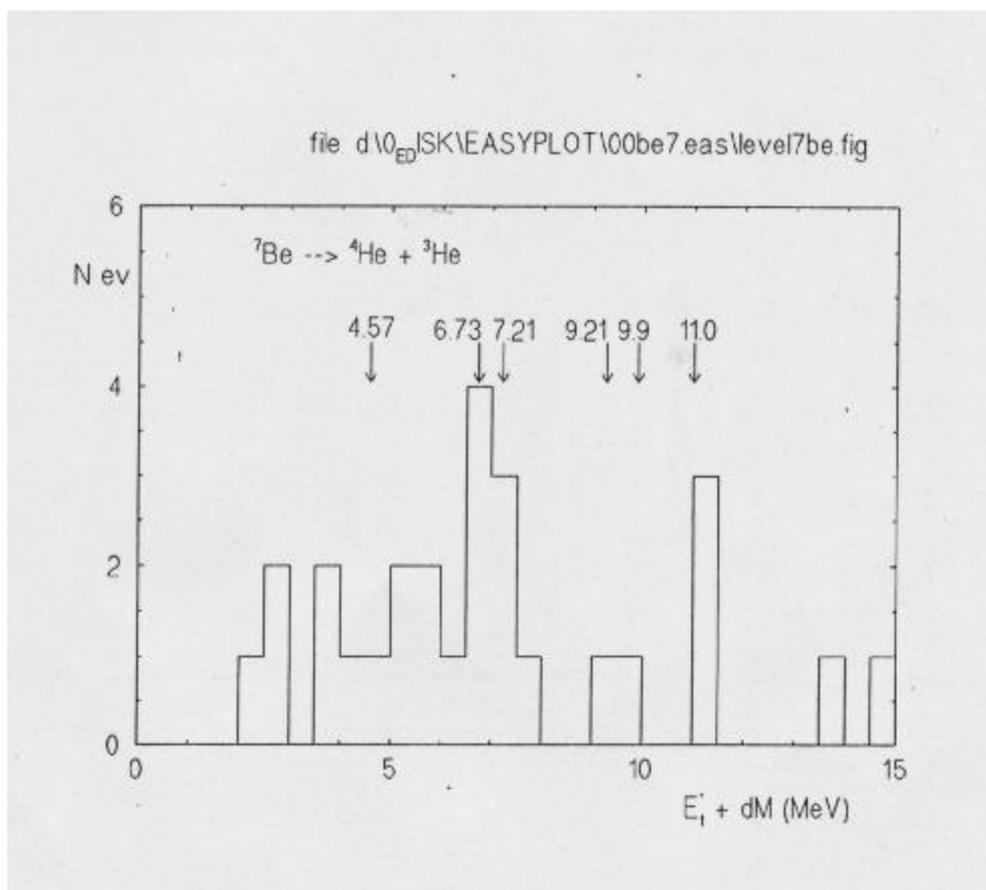
В таблице 3 приведены зарегистрированные каналы распада и число событий в них.

Каналы фрагментации	0 + 2 + 0			0 + 1 + 2		0 + 0 + 4		0 + 1 + 1		Сумма:
	0+0+0	1+0+0	b+0+0	0+0+0	b+0+0	0+0+0	1+0+0	0+0+0	b+0+0	
${}^4\text{He} + {}^3\text{He}$	30	13	14							57
${}^3\text{He} + {}^3\text{He}$	11	5	19							35
${}^4\text{He} + p + p$				13	9					22
${}^4\text{He} + d + p$				10	5					15
${}^3\text{He} + p + p$				9	9					18
${}^3\text{He} + d + p$				8	10					18
${}^3\text{He} + d + d,$ ${}^3\text{He} + t + p$				2						2
$p + p + p + d$						2				2
$p + p + d + d$							1			1
${}^6\text{Li} + p$								9	3	12
										182

Таблица 3. Каналы фрагментации ядер  ${}^7\text{Be}_4$ 

Следует отметить, что впервые среди двухзарядных фрагментов наблюдается преобладание доли  ${}^3\text{He}$  над  ${}^4\text{He}$ , которая составляет 64 % для данной выборки событий.

Итак, можно констатировать, что в распадах ядра  ${}^7\text{Be}$  наблюдается проявление второго заряженного трехнуклонного кластера  ${}^3\text{He}$ .

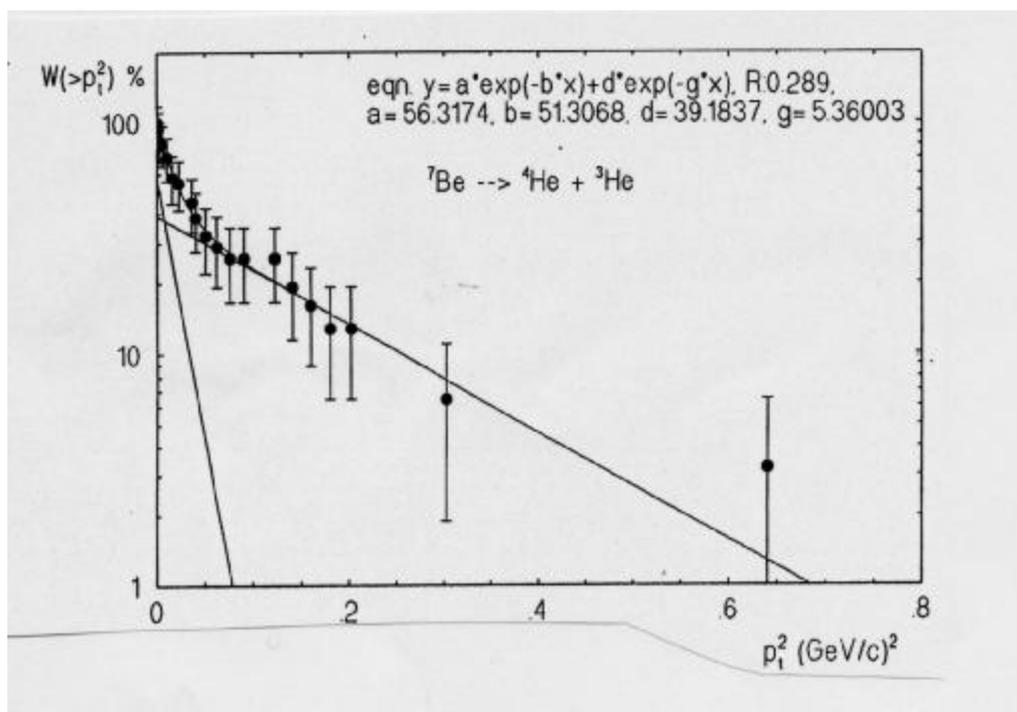


На рис. 7 представлено распределение событий по  $E_i^*$ , где  $E_i^*$  - это оценка энергии возбуждения ядра  ${}^7\text{Be}$  в канале диссоциации на  ${}^4\text{He} + {}^3\text{He}$ .

$E_i^*$  это сумма кинетических поперечных энергий He-частиц в их собственной системе + дефект масс  ${}^7\text{Be}$  и  $({}^4\text{He} + {}^3\text{He})$ .

Для сравнения на графике стрелками указаны известные уровни возбуждения ядра  ${}^7\text{Be}$ . Экспериментальные значения находятся в области этих уровней.

Четкой структуры мы не видим. Увеличение статистики поможет определить, есть ли корреляция между уровнями возбуждения ядра и такими оценками энергии возбуждения ядра  ${}^7\text{Be}$ .



На рис.8 приведено интегральное распределение событий по квадрату переданого импульса фрагментирующему ядру  $p_t^2$ .

$P_t$  есть векторная сумма импульсов  ${}^3\text{He}$  и  ${}^4\text{He}$ .

Это распределение как правило рассматривается во всех работах, исследующих механизмы фрагментации и диссоциации ядер.

Наиболее чисто выполненной работой можно назвать работу "Фрагментация ядра углерода на три  $\alpha$ -частицы в пропановой пузырьковой камере при импульсе 4.2 Гэв/с на нуклон", В.В. Белага, Е.Н. Кладницкая, и др., получившие экспериментальные данные по диссоциации релятивистских ядер углерода на углеродной мишени.

Рассматриваемое распределение событий по  $p_t^2$  в случае дифракционной диссоциации должно описываться экспонентой по  $p_t^2$ . В приведенной выше работе экспериментальное распределение хорошо описывается одной экспонентой со значением коэффициента  $B = 9$ .

Мы не имеем аналогичных данных этого эксперимента для диссоциации углерода на протонной мишени.

Эти данные авторы сравнивали с эмульсионными данными.  $^{16}\text{O}$  —  $\alpha$  альфа. Это распределение описывается двумя экспонентами, с коэффициентами 19 и 4.2. В этой работе авторы интерпретировали эти компоненты как дифракцию на ядрах, как целом, и на нуклоне (свободном и квазисвободном).

Работа с эмульсией + свинец (Белаго, Русакова, Чернов). К сожалению, в этой работе не анализируется подобное распределение.

Но указывается, что в эмульсиях, наполненных свинцом, среднее значение переданного импульса снижается с 380 до 290 Мэв, что объясняется вкладом кулоновского взаимодействия в процесс диссоциации.

На аналогичном графике для диссоциации  $^7\text{Be}$  экспериментальные данные аппроксимируются двумя компонентами со значениями порядка 50 и 5-7. Экспонента с коэффициентом 5 достаточно близко коррелирует со значением, полученным Кладницкой для диссоциации углерода на углеродной мишени, что предполагает, что эта компонента описывает дифракционный процесс на легких ядрах.

Что касается компоненты с большим значением коэффициента, то ясно, что он обязан вкладу тяжелых ядер.

Значение 20 - 50 связаны с радиусами взаимодействующих ядер.