

# Фрагментация релятивистских ядер $^{11}\text{B}$ в фотоэмульсии.

## Аннотация

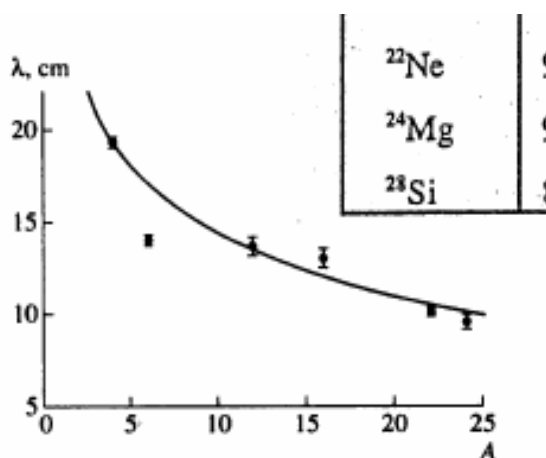
Представлены новые результаты по фрагментации ядер  $^{11}\text{B}$  с импульсом 2,75 AGeV/c в фотоэмульсии.

### 1. Эксперимент

Стопка фотоэмульсионных слоев типа БР-2 размером  $20 \times 10 \text{ см}^2$  и толщиной 500 мкм была облучена пучком ядер  $^{11}\text{B}$  с импульсом 2,75 AGeV/c на нуклотроне ВБЛВЭ ОИЯИ в Дубне. Пучек ядер  $^{11}\text{B}$  направлен параллельно плоскости эмульсии вдоль длинной стороны. Интенсивность облучения составляла .....ядер/см<sup>2</sup>. Эмульсия проявлялась в проявочном центре ВБЛВЭ.

### 2. Пробег.

Для поиска взаимодействий использовался метод просмотра по следу первичного ядра. На суммарной просмотренной длине 7141,3 см было найдено 542 взаимодействия ядер  $^{11}\text{B}$  с ядрами эмульсионного детектора, таким образом, средний свободный пробег составил  $\lambda = (13,2 \pm 0,6) \text{ см}$ . Как видно из рис.1., полученный результат находится в согласии с расчетами, выполненными по геометрической модели [9,10 N Li<sup>7</sup>].



Mean range  $\lambda$  of a projectile with respect to inelastic interactions in the photoemulsion as a function of the projectile mass number. The curve represents a fit obtained within the geometric model.

Рис.1.

### 3. Заряды фрагментов и конус фрагментации.

Определение заряда фрагментов проводилось стандартным методом счета разрывов и/или  $\delta$ -электронов на треке фрагмента. Результаты определения зарядов  $Z_{fr} = 3 - 5$  методом счета числа  $\delta$ -электронов приведены на рис.2, который иллюстрирует высокую надежность этого метода.

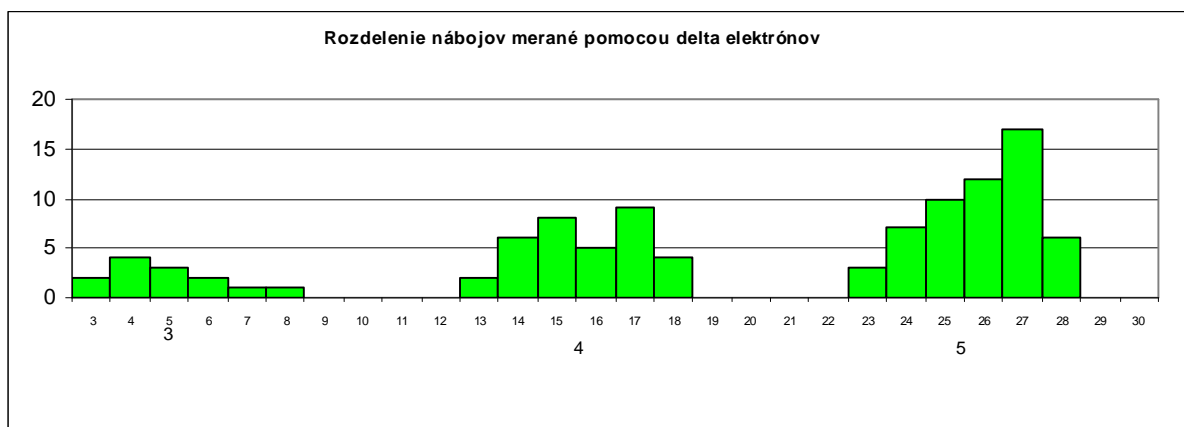


Рис.2. Распределение по числу  $\delta$  - электронов на фрагментах с зарядами 3, 4 и 5.

Угловые распределения фрагментов ядра  $^{11}\text{B}$  представлены на рис.3 отдельно для многозарядных  $Z_F \geq 3$  (рис.3а), двухзарядных (рис.3б) и однозарядных (рис.3в) фрагментов. Углы эмиссии фрагментов с  $Z_F \geq 3$  ограничены интервалом  $\vartheta \leq 3^\circ$ . Углы эмиссии двухзарядных фрагментов ограничены интервалом  $\vartheta \leq 5^\circ$ . Углы для однозарядных частиц были измерены в интервале  $\vartheta \leq 15^\circ$ . Из рис .3в видно, что угловое распределение изменяет свой вид, примерно, при  $\vartheta = 6^\circ$ . Такая форма углового распределения может быть объяснена тем, что однозарядные частицы являются смесью частиц двух типов: однозарядные фрагменты и вновь рожденные частицы (в основном, это  $\pi^\pm$  мезоны) угловые распределения которых смещены относительно друг друга. Распределения для однозарядных фрагментов, как показывают импульсные измерения, занимают область  $\vartheta \leq 6-8^\circ$ . На основе импульсных измерений, вида углового распределения и оценки угла фрагментации ядра-снаряда по формуле:

$$\sin \vartheta_{\text{fr}} = 0.2 / p_0 = 0,073 \rightarrow \vartheta_{\text{fr}} = 4,16^\circ,$$

границный угол для однозарядных фрагментов был выбран равным  $\leq 6^\circ$ .

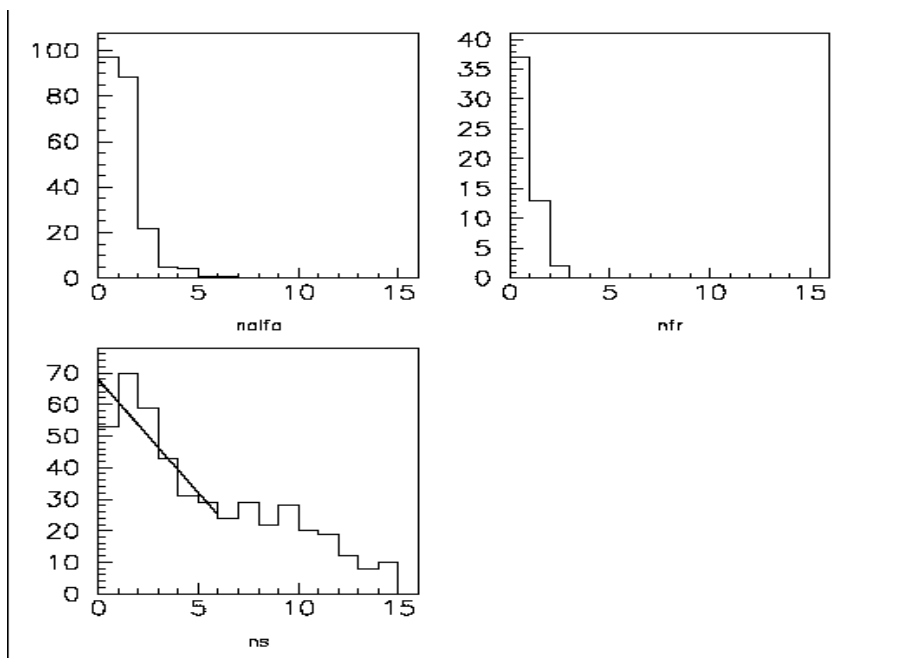


Рис.3. Угловые распределения фрагментов с разными зарядами.

#### 4. Кластеризации ядра $B^{11}$

Для изучения кластеризации ядра  $B^{11}$  использовались события, в которых суммарный заряд частиц, вылетающих в пределах фрагментационного конуса равен заряду налетающего ядра -  $Q = \sum Z_{fr} = Z_0$ .

Такие события были разделены на два класса:

**Класс А**, это распад ядра-снаряда не сопровождающийся рождением новых частиц -  $N_s=0$ . В свою очередь события класса А могут быть подразделены на две группы: взаимодействия без развала ядра-мишени -  $N_h=N_b+N_g=0$  (условно называемые, «белые» звезды) и взаимодействия с развалом ядра-мишени -  $N_b \leq 7, N_g=0$ , в которых допускается наличие нескольких малоэнергичных фрагментов мишени. Эти группы, имеющие близкие характеристики, объединены в один класс с целью увеличения статистики. События класса А отличаются небольшой передачей энергии налетающему ядру, за счет чего в нем, в основном, нарушаются внутренние межкластерные связи, поэтому они наиболее интересны для изучения кластеризации ядер.

**Класс Б**, это периферические сильные взаимодействия ядер. В событиях этого класса допускается существование вновьрожденных частиц с углами вылета  $\geq 15^\circ$ , а также любого количества фрагментов мишени -  $N_b \geq 0, N_g \geq 0$ .

Каналы фрагментации для событий класса А и Б приведены в таблице 1

Таб.1.

5	4	3	2	1	А	%	В	%
1					1	4,6	1	1,7
	1			1	2	9,4	9	15
		1	1		0	0	3	5
		1		2	0	0	5	8,3
			1	3	5	24	12	20
			2	1	13	62	30	50
				5	0	0	0	0

Сумма

21

60

Можно отметить основные различия данных, приведенных таблице 1, для событий классов А и В.

1. В обеих группах основной канал фрагментации это распад ( $2 \cdot Z_{fr}=2 + Z_{fr}=1$ ): 62% и 50%, соответственно. Для сравнения, этот канал фрагментации для  $B^{10}$  составляет 65%.
2. В событиях развала ядра-снаряда только 14% имеют фрагменты с зарядами  $Z_{fr} \geq 3$ , в то время как в периферических взаимодействиях таких событий 30%.
3. В событиях развала ядра-снаряда не наблюдалось фрагментов с зарядом  $Z_{fr}=3$  (Li), в то время как в периферических взаимодействиях таких событий 13%. Этот результат может объясняться увеличением вероятности разрушения межкластерных связей при переходе от событий с развалом ядра к сильным взаимодействиям, в результате чего чаще появляются фрагменты, которые не существовали в виде кластеров в первичном ядре.

## 5. Протоны, дейтроны, тритоны.

Для детального изучения основного канала фрагментации  $B^{11}$  - ( $2 \cdot Z_{fr}=2 + Z_{fr}=1$ ) были проведены измерения импульсов однозарядных фрагментов методом многократного кулоновского рассеяния. Импульсные измерения позволили разделить однозарядные фрагменты на протоны, дейтроны и тритоны, используя тот факт, что спекторные фрагменты сохраняют импульс на нуклон равный первичному:  $A_{fr} = p\beta_{изм} / p_0$ . Результаты импульсных измерений приведены на рис.4, как видно из рисунка данный метод позволяет надежно разделять однозарядные фрагменты по их массе.

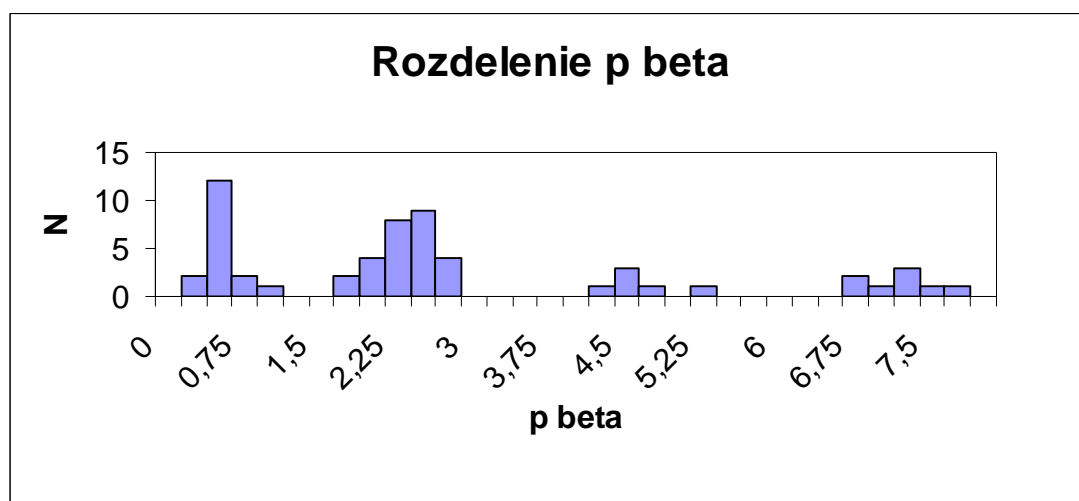


Рис.4. – Импульсное распределение для однозарядных фрагментов.

В результате для этого канала было определено соотношение между протонами, дейтронами и тритонами:  $N_p:N_d:N_t = 4:4:4$  для событий развала ядра  $B^{11}$  и  $N_p:N_d:N_t = 17:5:1$  для периферических взаимодействий ядра  $B^{11}$  (Таб.2).

Таб.2.

Канал ( $2 \cdot Z_{fr}=2 + Z_{fr}=1$ ) – массы однозарядных фрагментов							
		p	d	t	$\pi$	не измерено	$\Sigma$
КЛАСС А	N	4	4	4	0	1	13
	%	31	31	31	0	7	
КЛАСС В	N	17	5	1	7	0	30
	%	57	17	3	23	0	

То есть, можно отметить существенное уменьшение доли дейтронов и практическое исчезновение тритонов при переходе от распадов к взаимодействиям. Большая доля фрагментов-тритонов ( $\approx 1/3$ ) в распадах  $B^{11}$  говорит в пользу его существования в качестве кластера со слабыми внутренними связями в  $B^{11}$ , которые легко разрушаются, особенно в процессе сильного взаимодействия. Кроме того, в семи периферических взаимодействиях (23%) однозарядные фрагменты имели импульс меньше 1 ГэВ/с, т.е. это могут быть либо вновьрожденные частицы, либо рассеявшиеся протоны.

Перечисленные в пунктах 1 и 2 результаты говорят в пользу того, что  $B^{11}$  состоит либо из  $(Be^8 + t)$ , либо из  $(2He^4 + t)$ . Для выбора между этими двумя возможностями необходимо изучение угловых корреляций  $\alpha$ -частиц. Подтверждается так же утверждение о большей эффективности распадов ядер для изучения их кластерной структуры по сравнению с взаимодействиями ядер.

## 6. Перезарядка $B^{11}$ в $C^{11}$

Еще одной интересной особенностью, которая наблюдалась в данном эксперименте, было обнаружение 6 событий неупругой перезарядки  $B^{11}$  в  $C^{11}$ . Для избежания ошибки заряды в этих событиях измерялись несколько раз. Во всех этих событиях первичное ядро  $B^{11}$  распадается на два фрагмента с зарядами 4 и 2. Все 6 событий относятся к классу А и в 5 из них нет никаких частиц кроме двух указанных фрагментов. Во взаимодействиях  $B^{11}$  (класс В) таких событий не наблюдалось. Доля таких событий составляет  $\sim 1\%$  от всех найденных при первичном просмотре взаимодействий. Распад ядра  $C^{11}$  на две частицы с зарядами 4 и 2 может проходить только по каналу  ${}^6C^{11} \rightarrow {}^4Be^7 + {}^2He^4$ . Отсутствие среди наблюдаемых событий перезарядки  $B^{11}$  в  $C^{11}$  других каналов распада указывает на то, что данная конфигурация отражает структуру ядра  $C^{11}$ .