

Фрагментация релятивистских ядер ^{11}B в фотоэмульсии.

Аннотация

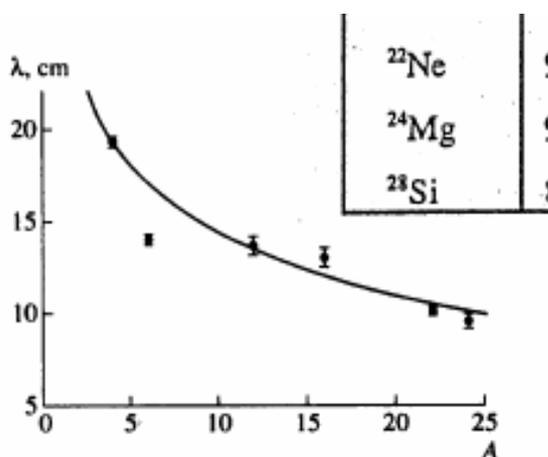
Представлены новые результаты по фрагментации ядер ^{11}B с импульсом $2,75 \text{ AGeV/c}$ в фотоэмульсии.

1. Эксперимент

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

2. Пробег.

Для поиска взаимодействий использовался метод просмотра по следу первичного ядра. На суммарной просмотренной длине $7141,3 \text{ см}$ было найдено 542 взаимодействия ядер ^{11}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 Li⁷].



Mean range λ 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 δ -электронов на треке фрагмента. Результаты определения зарядов $Z_{fr} = 3 - 5$ методом счета числа δ -электронов приведены на рис.2, который иллюстрирует высокую надежность этого метода.

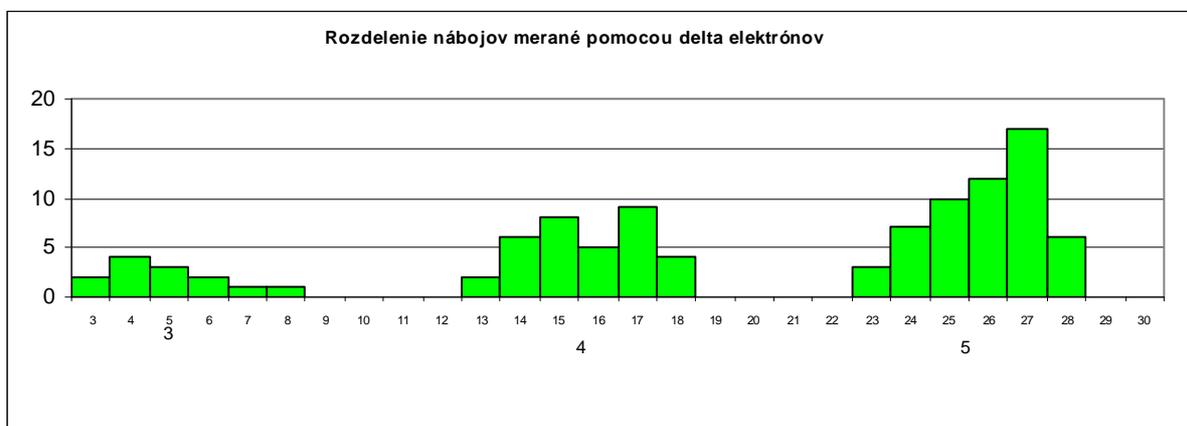


Рис.2. Распределение по числу δ - электронов на фрагментах с зарядами 3, 4 и 5.

Угловые распределения фрагментов ядра ^{11}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 π^\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:

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

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

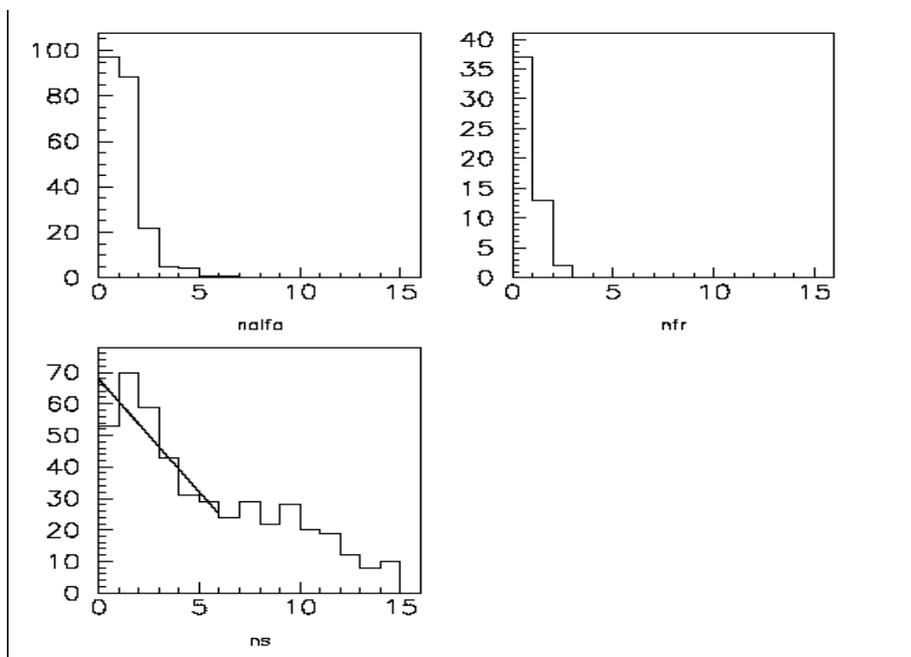


Рис.3. Угловые распределения фрагментов с разными зарядами.

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.

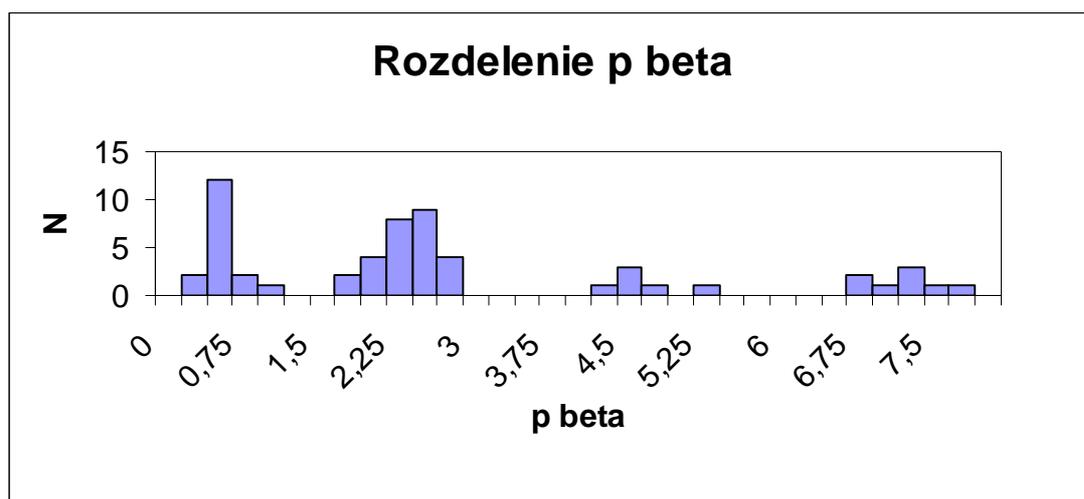


Рис.4. – Импульсное распределение для однозарядных фрагментов.

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	π	не измерено	Σ
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 α -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} .