



BECQUEREL  
PROJECT

Проект  
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)  
Clustering  
Quest in  
Relativistic Multifragmentation

<http://becquerel.jinr.ru>

# Исследование кластерной структуры ядер $^{10}\text{B}$ и $^{11}\text{C}$ в процессах релятивистской диссоциации

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**Физический  
институт  
имени  
П.Н.Лебедева**

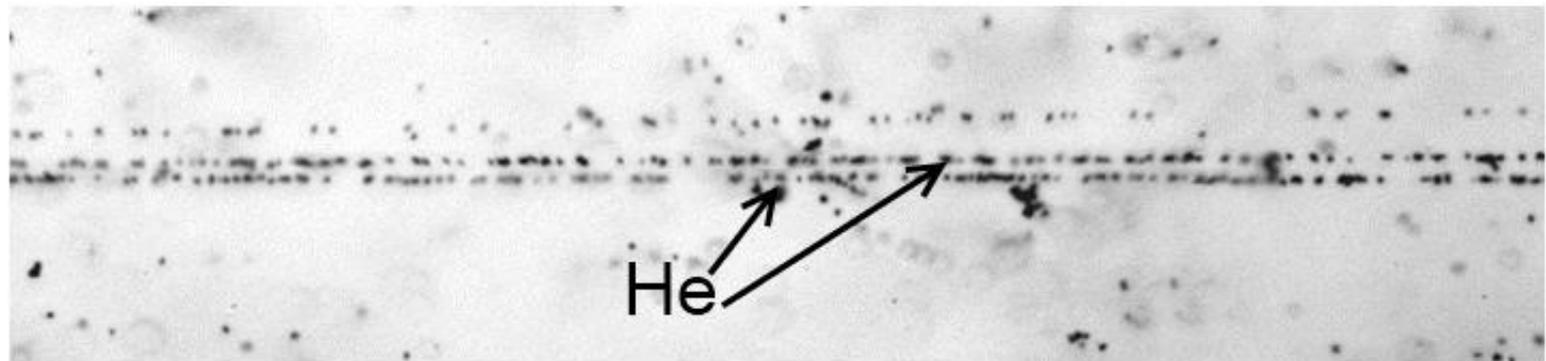
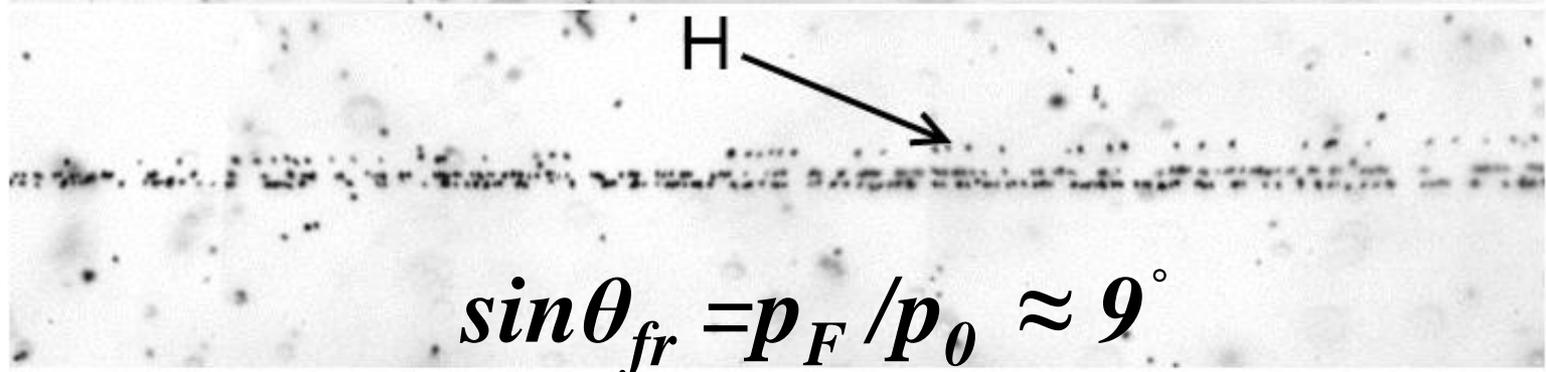
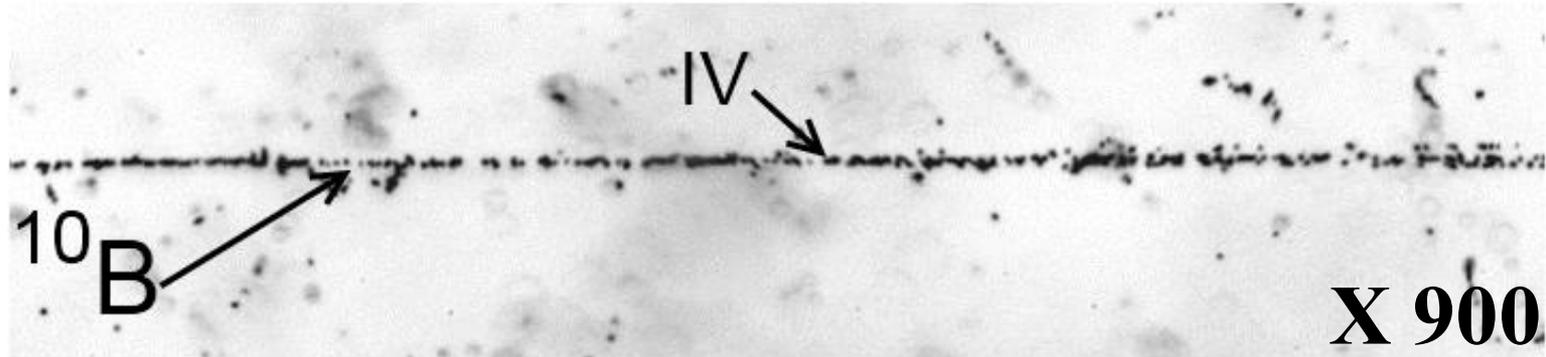


Ф И А Н

А.А. Зайцев  
ФИАН, ОИЯИ  
19.04.2016



# Когерентная диссоциация ядер



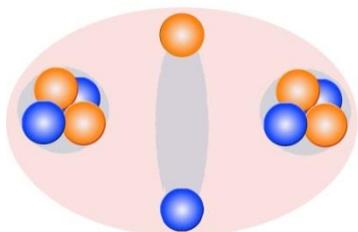
Пример когерентной диссоциации ядра  $^{10}\text{B}$  в канале:



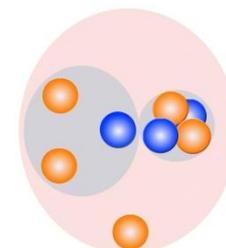
# Зарядовая топология каналов когерентной диссоциации ядер $^{10}\text{B}$

Канал	$^{10}\text{B}$	$^8\text{B}$ [1]
$\text{Be} + \text{H}$	1 (0.9 %)	25 (48 %)
$2\text{He} + \text{H}$	<b>89 (80 %)</b>	14 (27 %)
$\text{He} + 3\text{H}$	12 (10 %)	12 (23 %)
$\text{Li} + \text{He}$	5 (4.5 %)	-
$\text{Li} + 2\text{H}$	4 (3.6%)	-
$5\text{H}$	1 (0.9%)	-

$^{10}\text{B}$   
 $J^P = 3^+$ , стабилен

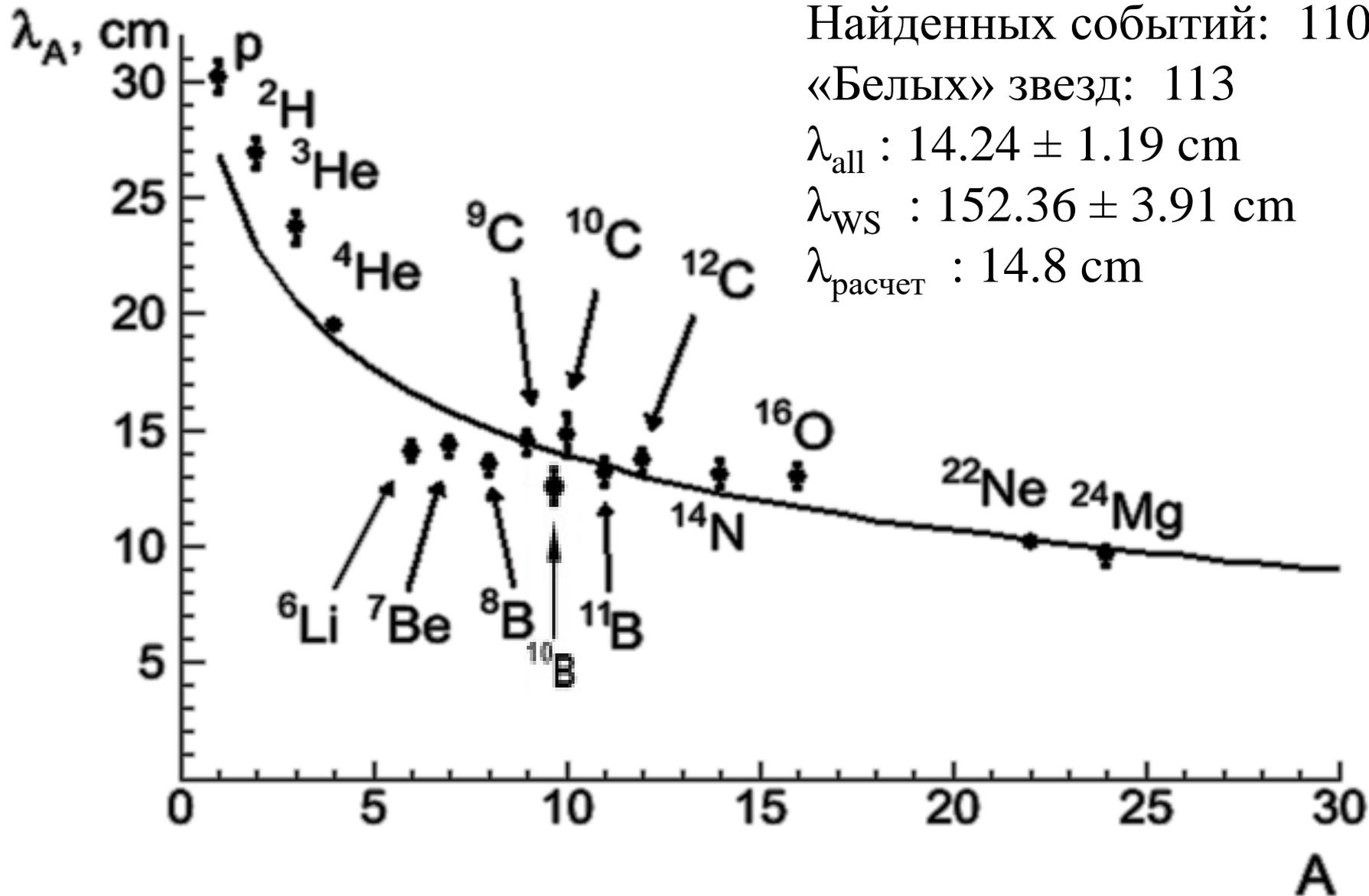


$^8\text{B}$   
 $J^P = 2^+$ , 770 мс

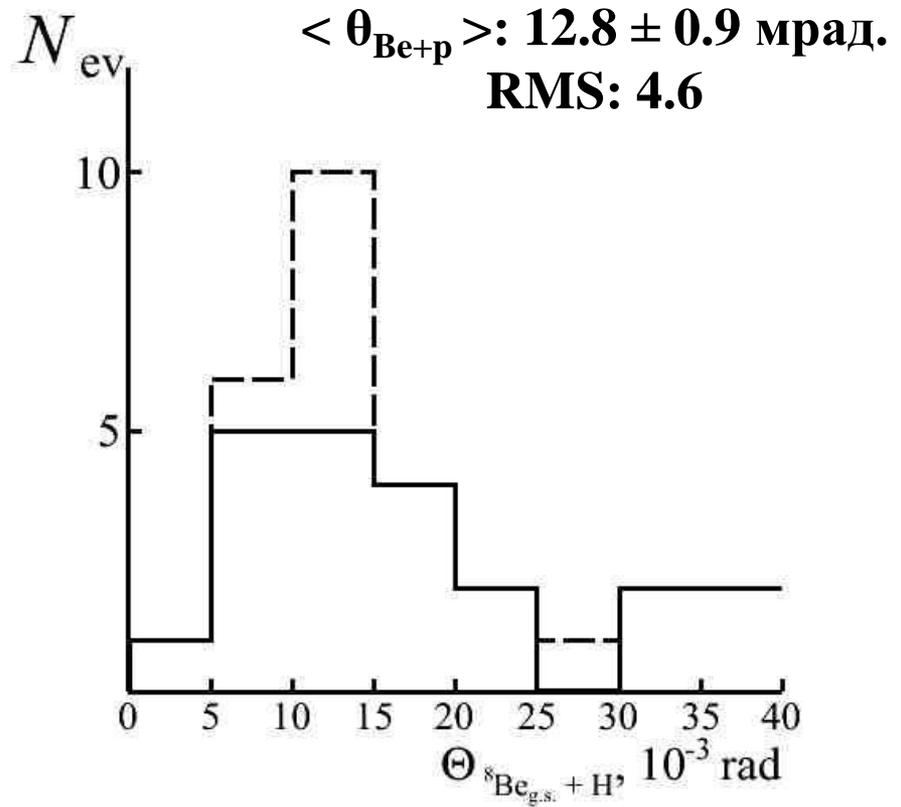
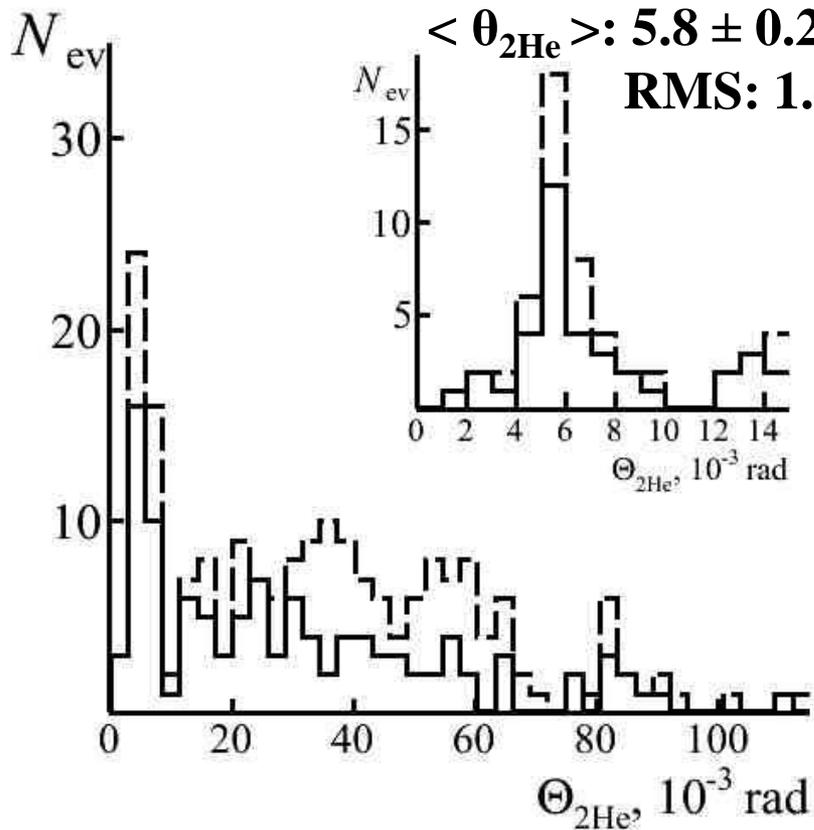


# Пробег ядер $^{10}\text{B}$ в ядерной эмульсии

Суммарная длина: 200 м  
Найденных событий: 1100  
«Белых» звезд: 113  
 $\lambda_{\text{all}}$  :  $14.24 \pm 1.19$  см  
 $\lambda_{\text{WS}}$  :  $152.36 \pm 3.91$  см  
 $\lambda_{\text{расчет}}$  : 14.8 см



# Угловые корреляции фрагментов



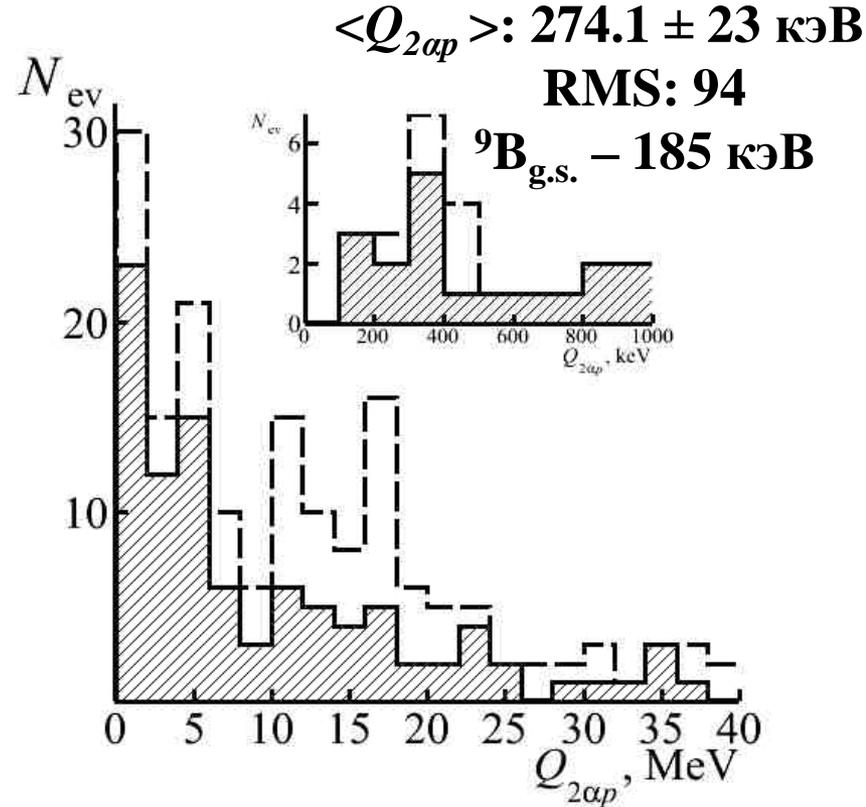
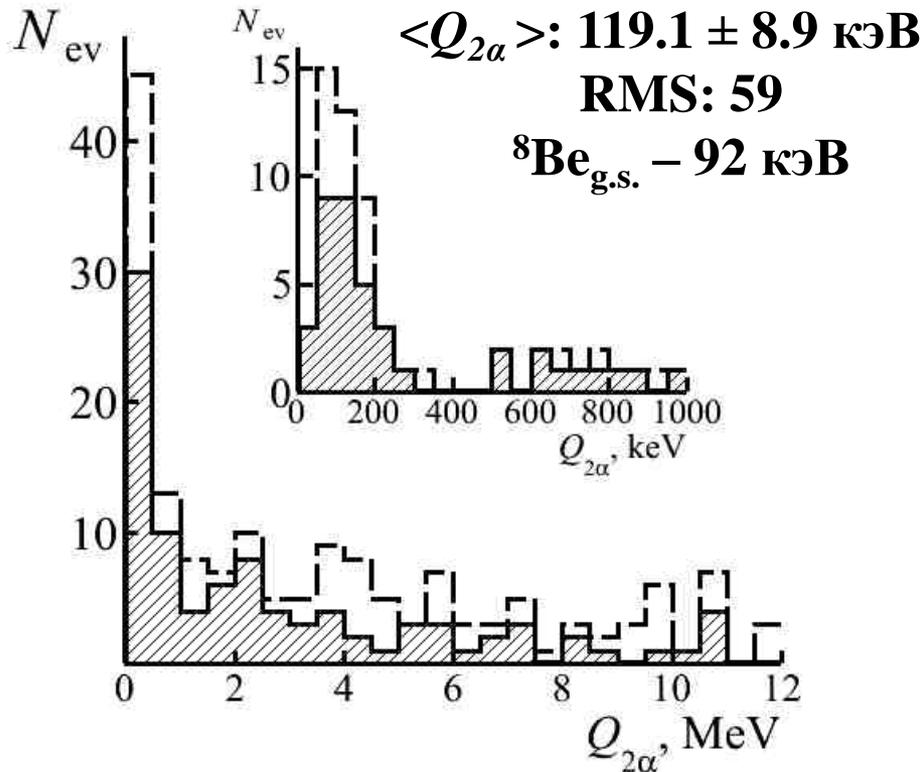
**33** распада  ${}^8\text{Be}_{g.s.}$

Всего событий – 245  
«Белые» звезды – 139

**18** распадов  ${}^9\text{B}$

Распределения событий по пространственному углу  $\theta_{2He}$  и  $\theta_{Be+p}$  в канале  ${}^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$ . Сплошная линия – «белые» звезды, пунктирная – все найденные.

# Вклад нестабильных ядер $^8\text{Be}$ и $^9\text{B}$

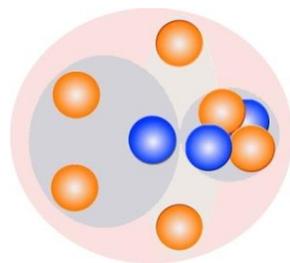


$$M_{2\alpha} = \left[ 2 \left( m_\alpha^2 + E_{\alpha 1} E_{\alpha 2} - p_{\alpha 1} p_{\alpha 2} \cos(\Theta_{12}) \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

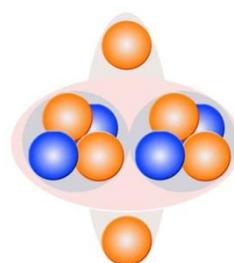
$$Q_{2\alpha} = M_{2\alpha} - 2 \cdot m_\alpha \quad Q_{2\alpha p} = M_{2\alpha p} - 2 \cdot m_\alpha - m_p$$

# Топология каналов диссоциации ядра $^{11}\text{C}$

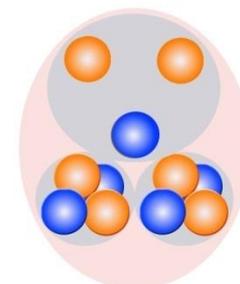
Канал	$^9\text{C}[2]$	$^{10}\text{C}[3]$	$^{11}\text{C}$
<b>B + H</b>	<b>15 (14 %)</b>	<b>1 (0.4 %)</b>	<b>6 (4%)</b>
<b>Be + He</b>	-	<b>6 (2.6 %)</b>	<b>18 (12%)</b>
<b>Be + 2H</b>	<b>16 (15 %)</b>	-	-
<b>3He</b>	<b>16 (15 %)</b>	<b>12 (5.3 %)</b>	<b>25 (18%)</b>
<b>2He + 2H</b>	<b>24 (23 %)</b>	<b>186 (82 %)</b>	<b>72 (50%)</b>
<b>He + 4H</b>	<b>28 (27 %)</b>	<b>12 (5.3 %)</b>	<b>15 (11%)</b>
<b>Li + He + H</b>	-	-	<b>5 (3%)</b>
<b>Li + 3H</b>	<b>2 (2 %)</b>	<b>1 (0.4 %)</b>	-
<b>6H</b>	<b>6 (6 %)</b>	<b>9 (4 %)</b>	<b>3 (2%)</b>



t = 0.1 c.

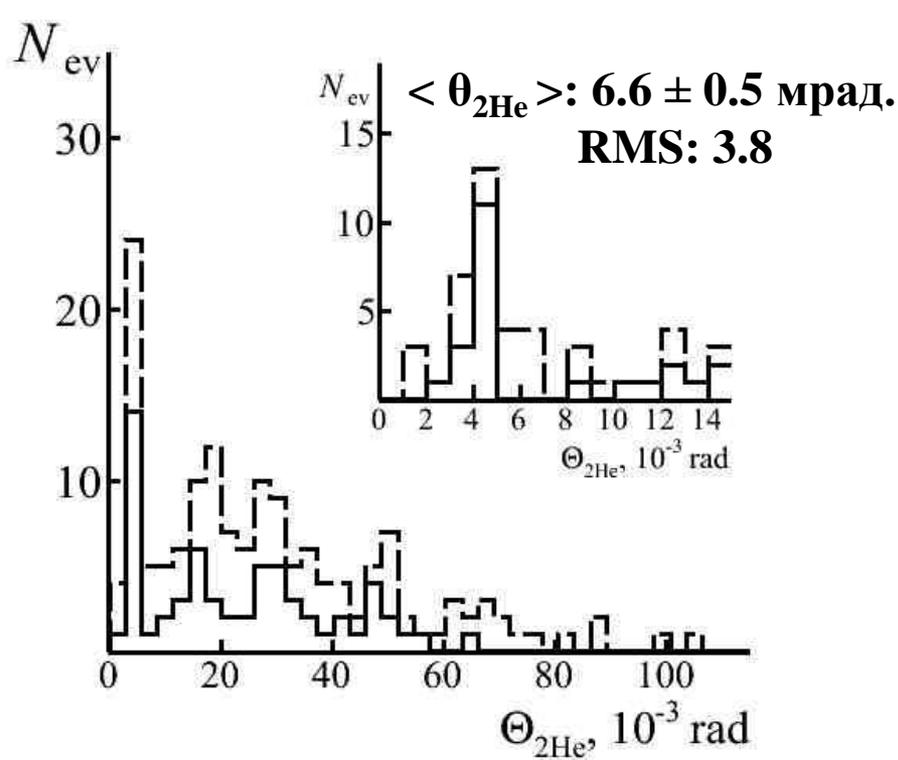


t = 19 c.

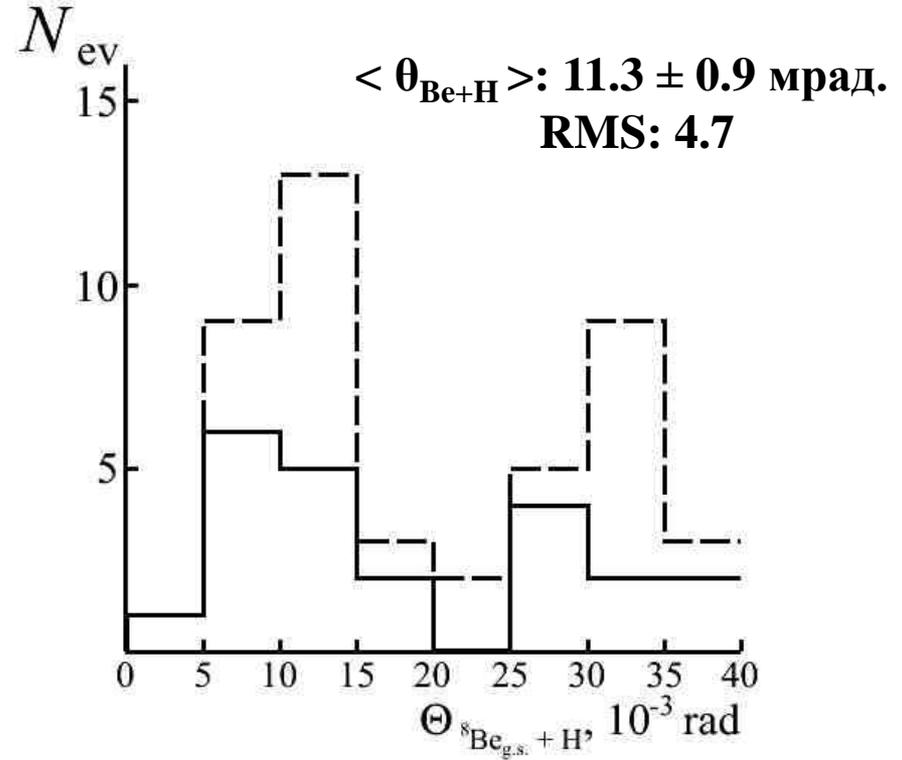


t = 20 m.

# Угловые корреляции фрагментов в канале $^{11}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$



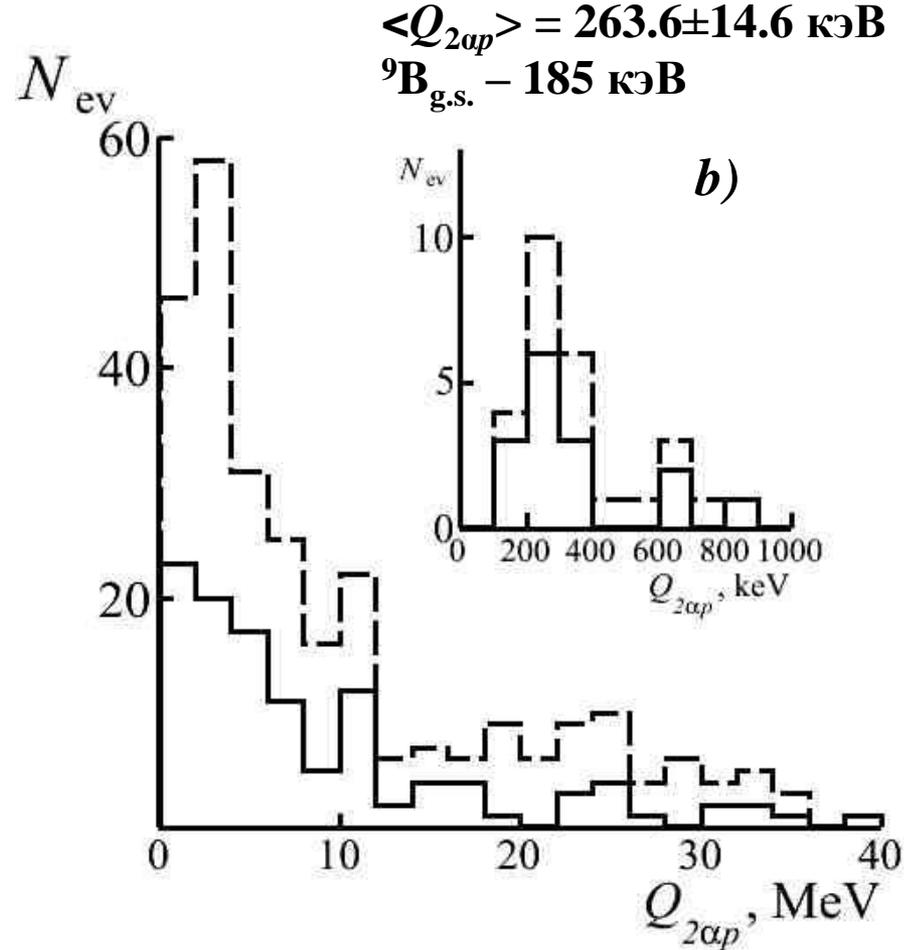
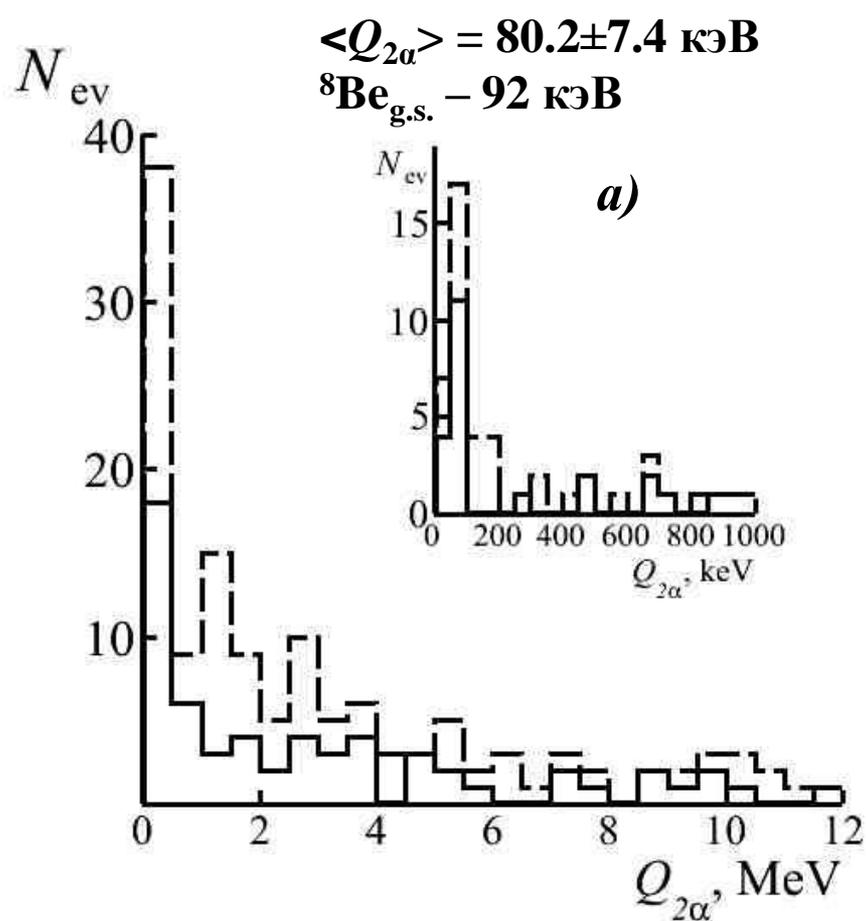
**16 распадов  $^8\text{Be}_{g.s.}$  В «белых» звездах  $^{11}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$**



**14 распадов  $^9\text{B}_{g.s.}$  «белых» звездах  $^{11}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$**

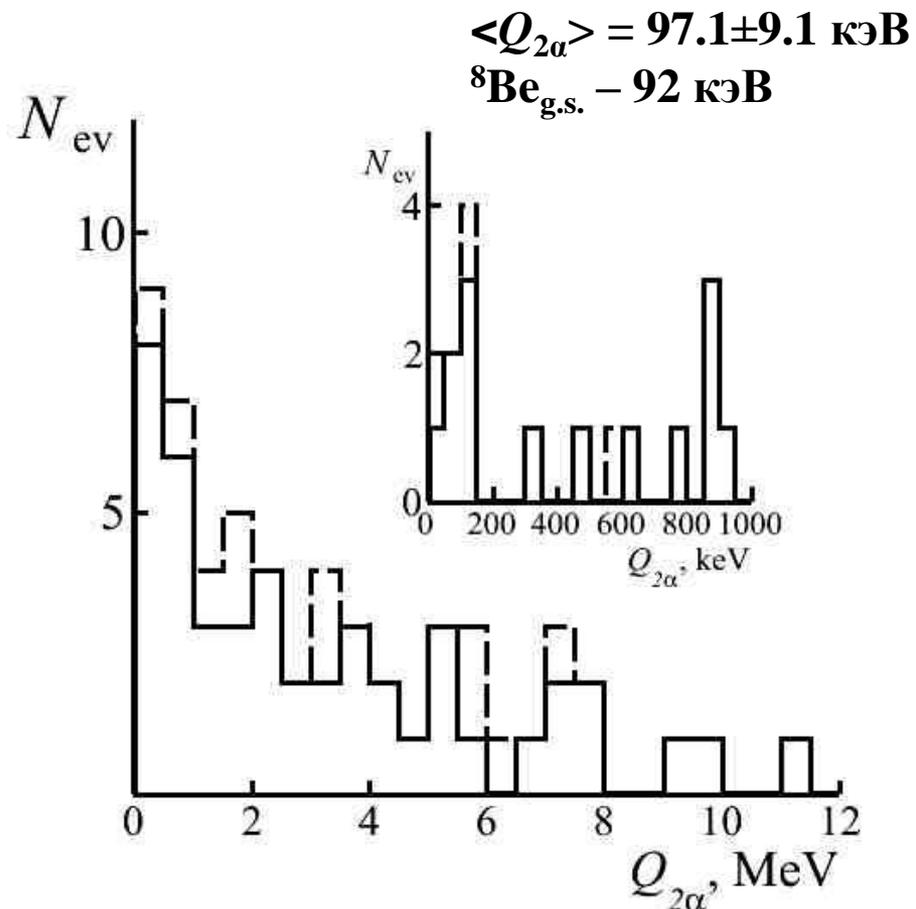
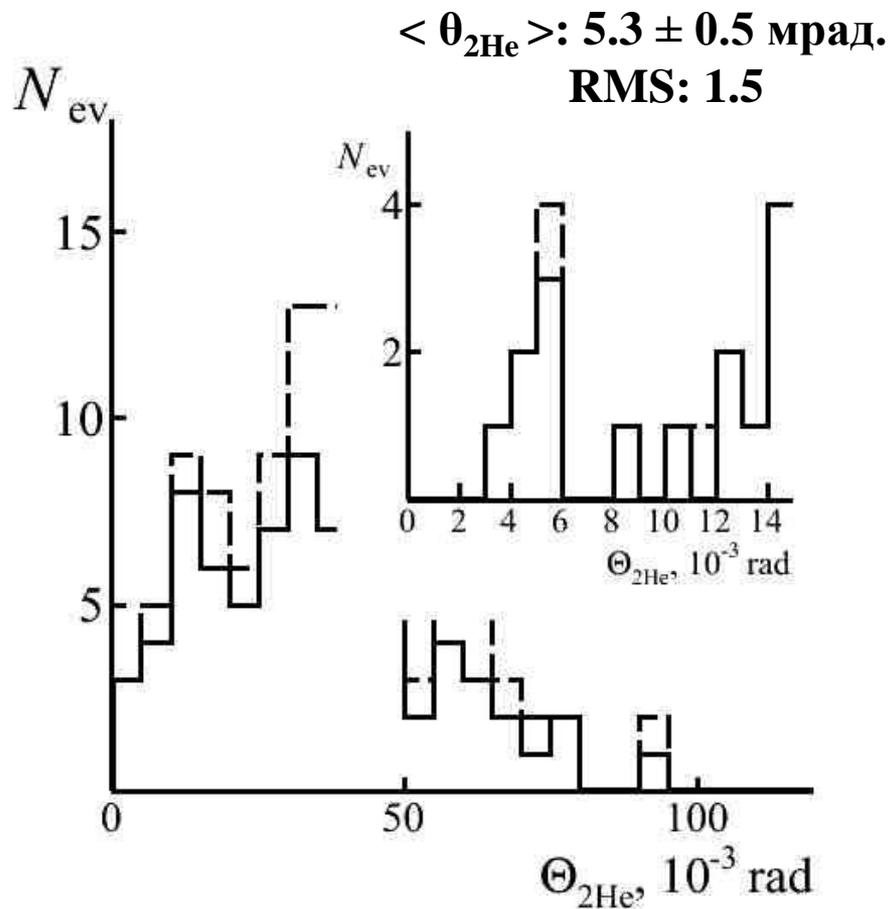
Распределения событий по пространственному углу  $\theta_{2\text{He}}$  и  $\theta_{\text{Be}+\text{p}}$  в канале  $^{11}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$ . Сплошная линия – «белые» звезды, пунктирная – все найденные.

# Образование ядер ${}^8\text{Be}$ и ${}^9\text{B}$ в диссоциации ${}^{11}\text{C}$



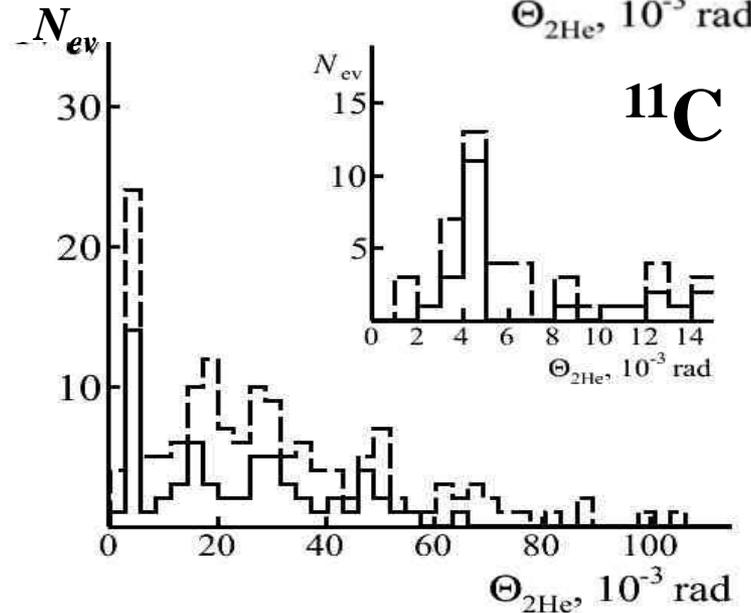
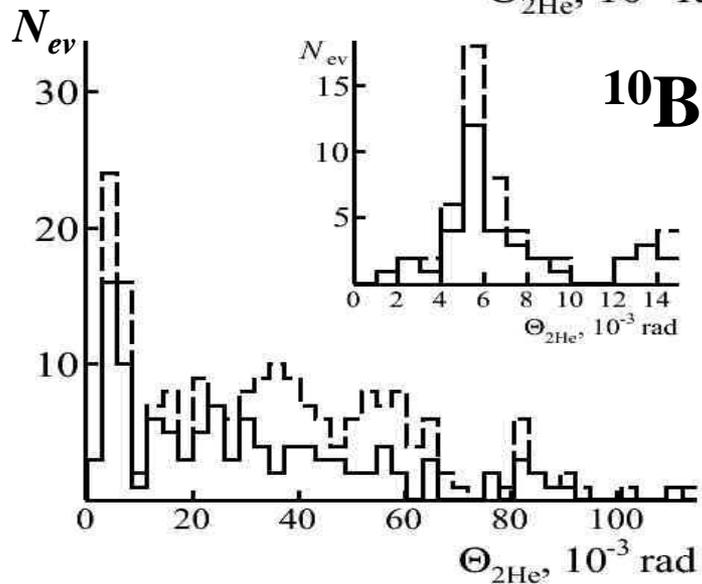
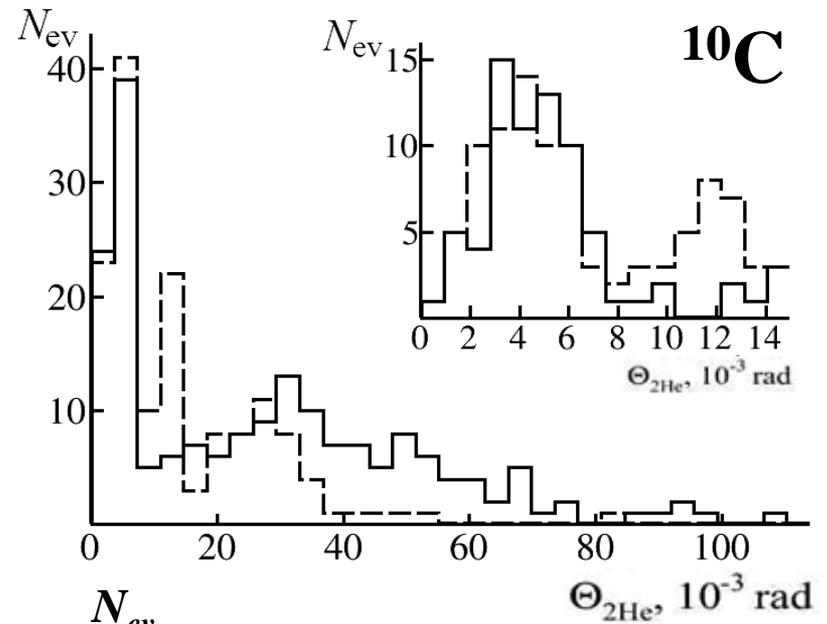
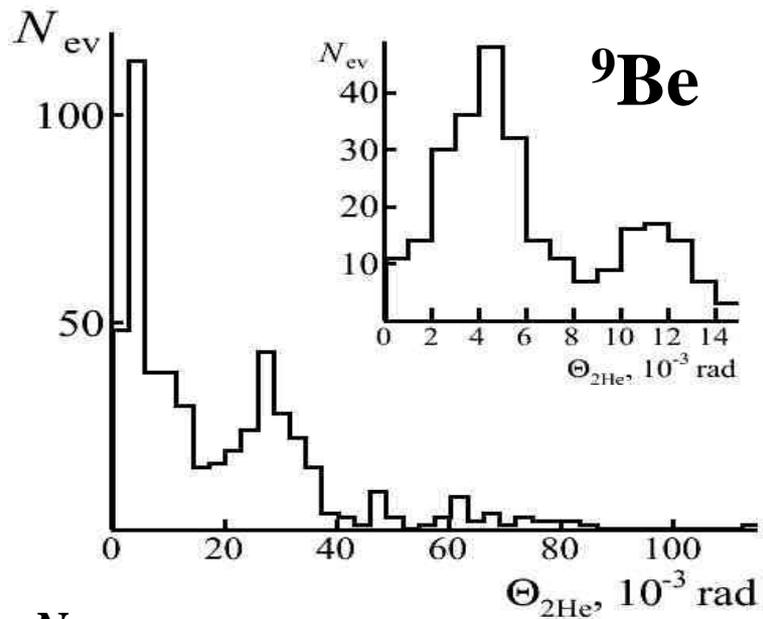
Распределение событий  ${}^{11}\text{C} \rightarrow 2\alpha + 2p$  по энергии возбуждения  $Q_{2\alpha}$  пар  $\alpha$ -частиц; на вставке – увеличенное распределение  $Q_{2\alpha}$  (а); распределение событий  $Q_{2\alpha p}$  троек  $2\alpha + p$ ; на вставке – увеличенное распределение  $Q_{2\alpha p}$  (б).

# Угловые корреляции фрагментов в канале $^{11}\text{C} \rightarrow 3\text{He}$



Распределения событий по пространственному углу  $\theta_{2\text{He}}$  и энергии возбуждения пары  $2\alpha$  в канале  $^{11}\text{C} \rightarrow 3\text{He}$ . Сплошная линия – «белые» звезды, пунктирная – все найденные.

# Угловые корреляции фрагментов диссоциации ${}^9\text{Be}$ , ${}^{10,11}\text{C}$ и ${}^{10}\text{B}$



# Заключение

- Впервые была исследована фрагментация ядер  $^{11}\text{C}$  с энергией 1.2 А ГэВ в ядерной эмульсии. Также была изучена структура ядра  $^{10}\text{B}$  в ЯЭ;
- Получена топология каналов диссоциации ядер  $^{11}\text{C}$  и  $^{10}\text{B}$ . Доминирующие каналы:  $^{11}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$  (53%),  $^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$  (80%);
- Исследована роль нестабильных ядер  $^8\text{Be}$  и  $^9\text{B}$ . В канале диссоциации ядер  $^{11}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$  они проявляются в 23% и 18% событий соответственно, а в случае  $^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$  в 20% и 10% событий соответственно (отношение числа распадов  $^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$  к  $^9\text{B}$  равно 2). В канале  $^{11}\text{C} \rightarrow 3\text{He}$  наблюдается 27% событий с распадом  $^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$ ;
- На общей длине 200 м было найдено 1100 взаимодействий ядер  $^{10}\text{B}$  с эмульсией, включая 113 «белых» звезд. Средняя длина пробега составила  $\lambda_{\text{B}} = 14.24 \pm 1.19$  см;

Спасибо за  
внимание!

# Литература

- 1. Исследование релятивистской фрагментации ядер  ${}^8\text{В}$  методом ядерной фотографической эмульсии. По материалам диссертации Станоевой Р.;
- 2. Исследование когерентной диссоциации релятивистских ядер  ${}^9\text{С}$ . По материалам диссертации Кривенкова Д.;
- 3. Исследование когерентной диссоциации ядра  ${}^{10}\text{С}$  при энергии 1.2 А ГэВ. По материалам диссертации Маматкулова К.