



BECHQUEREL  
PROJECT

Проект  
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)

Clustering

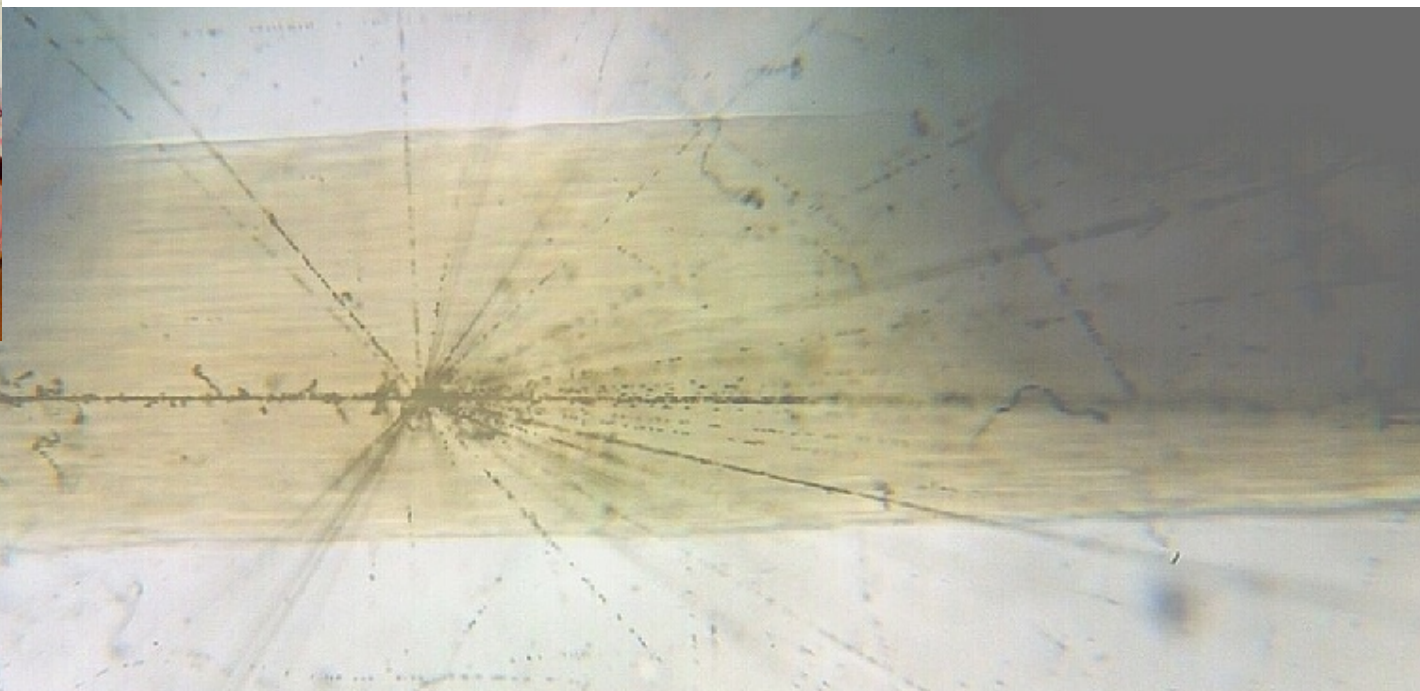
Quest in

Relativistic Multifragmentation

<http://becquerel.jinr.ru>

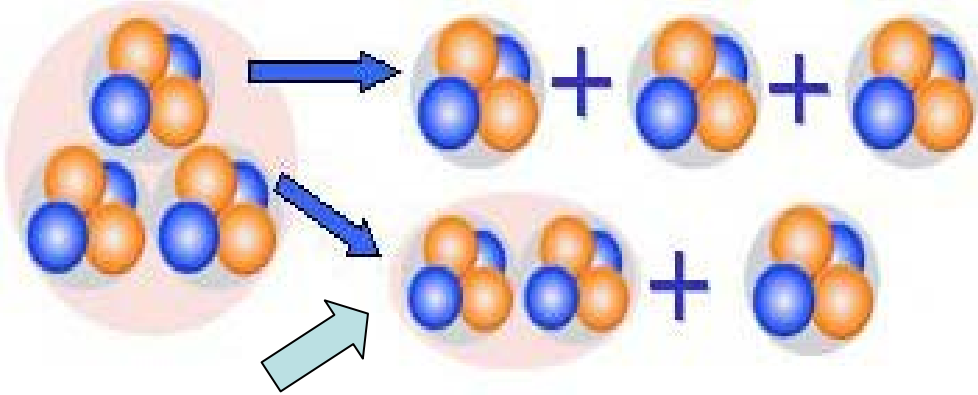
# Некоторые результаты исследования структуры легких ядер методом ядерной эмульсии и перспективные задачи

Зарубин П.И.



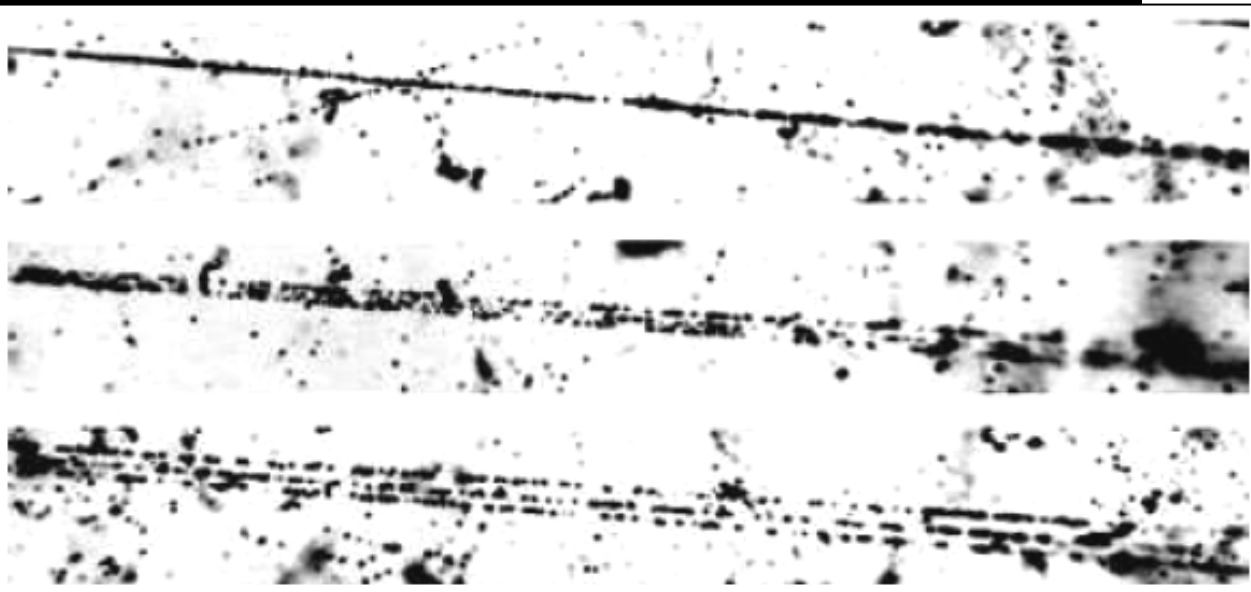
**5-е Совещание потребителей пучков Нуклотрона**

5 – 6 октября 2017 г., Дубна, ОИЯИ, ЛФВЭ



# 4.5A GeV/c $^{12}\text{C}$ Coherent Dissociation

20 %



$$P_x = P_0 \cdot A \cdot \cos \alpha \cdot \cos \varphi$$

$$P_y = P_0 \cdot A \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi$$

$$P_z = P_0 \cdot A \cdot \sin \alpha$$

$$P_{tot} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$$

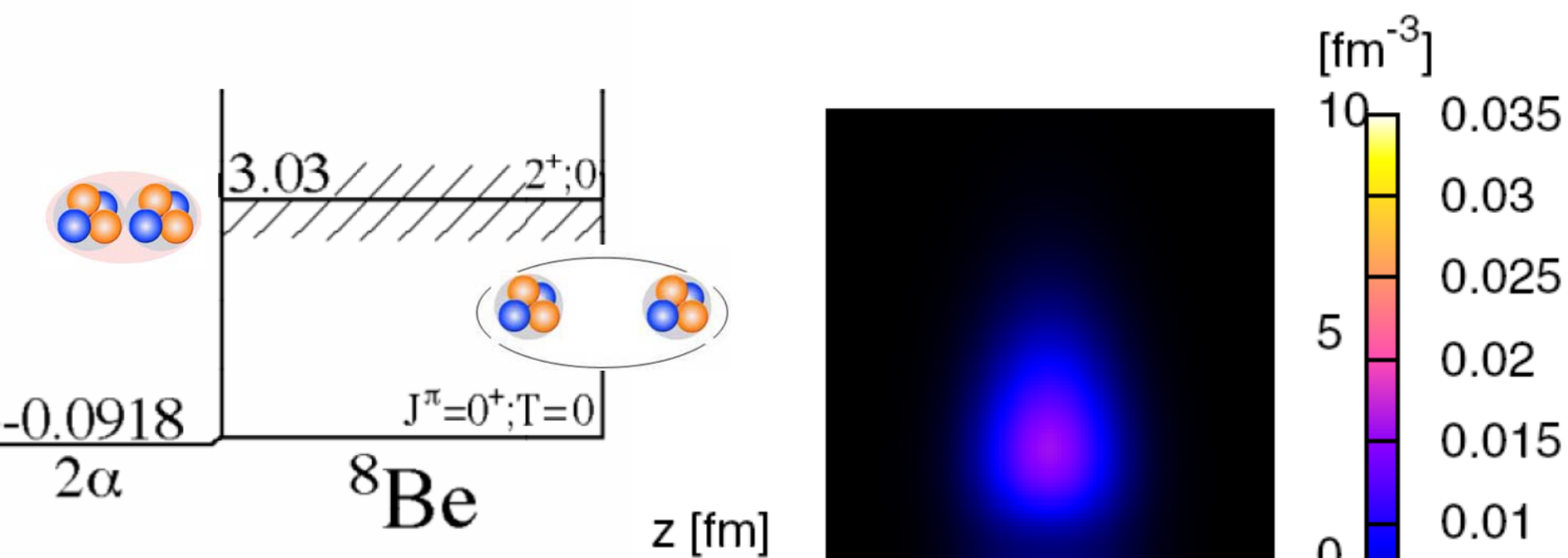
$$E_\alpha = \sqrt{P_0^2 \cdot A^2 + m_\alpha^2}$$

$$\Theta_{2\alpha} = \frac{P_{x1} \cdot P_{x2} + P_{y1} \cdot P_{y2} + P_{z1} \cdot P_{z2}}{P_{tot1} \cdot P_{tot2}}$$

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

$$Q_{2\alpha} = \sqrt{2 \cdot [m_\alpha^2 + E_\alpha^2 - \vec{P}_{\alpha1} \cdot \vec{P}_{\alpha2}]} - 2 \cdot m_\alpha$$

$$Q_{3\alpha} = \sqrt{3 \cdot m_\alpha^2 + 2 \cdot \sum_{i \neq j} (E_{\alpha i} \cdot E_{\alpha j} - \vec{P}_{\alpha i} \cdot \vec{P}_{\alpha j})} - 3 \cdot m_\alpha$$



| $E_x$ (MeV $\pm$ keV) | $J^\pi; T$ | $\Gamma_{\text{cm}}$ (keV)   |
|-----------------------|------------|------------------------------|
| g.s.                  | $0^+; 0$   | $5.57 \pm 0.25 \text{ eV}^i$ |
| $3.03 \pm 10^i$       | $2^+; 0$   | $1513 \pm 15^i$              |
| ij                    | $2^+$      |                              |
| $11.35 \pm 150^i$     | $4^+; 0$   | $\approx 3500^b$             |

# Dubna80s\_12C\_3.6AGeV\_3a\_ws\_2Be8\_ev92

$$E_{12c} \approx 3.6 A \text{ GeV}, \quad P_0 \approx 4.5 A \text{ GeV}/c$$

## Lab. System

Pair solid angles:

$$\theta_{\alpha_1\alpha_2} = 4 \text{ mrad} \quad \theta_{\alpha_1\alpha_3} = 2 \text{ mrad} \quad \theta_{\alpha_2\alpha_3} = 2 \text{ mrad}$$

Transverse momentum:

$$P_{T\alpha_1} = 34 \text{ MeV}/c \quad P_{T\alpha_2} = 89 \text{ MeV}/c \quad P_{T\alpha_3} = 70 \text{ MeV}/c :$$

$$P_{T\text{sum}} = 187 \text{ MeV}/c$$

Excitation energy:

$$Q_{\alpha_1\alpha_2} = 291 \text{ keV} \quad Q_{\alpha_1\alpha_3} = 99 \text{ keV} \quad Q_{\alpha_2\alpha_3} = 94 \text{ keV}$$

$$Q_{3\alpha} = 323 \text{ keV}$$

Azimuthal angle differences:

$$\psi_{\alpha_1\alpha_2} = 38^\circ \quad \psi_{\alpha_1\alpha_3} = 15^\circ \quad \psi_{\alpha_2\alpha_3} = 23^\circ$$

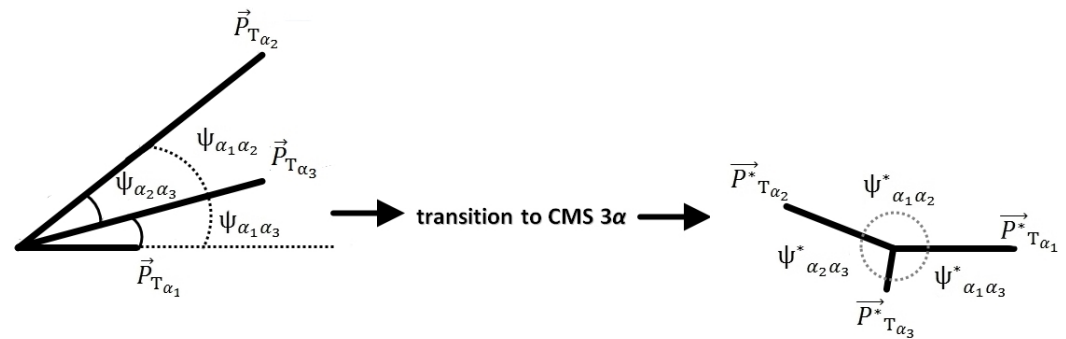
## CMS 3 $\alpha$

Transverse momentum:

$$P_{T\alpha_1}^* = 34 \text{ MeV}/c \quad P_{T\alpha_2}^* = 33 \text{ MeV}/c \quad P_{T\alpha_3}^* = 12 \text{ MeV}/c$$

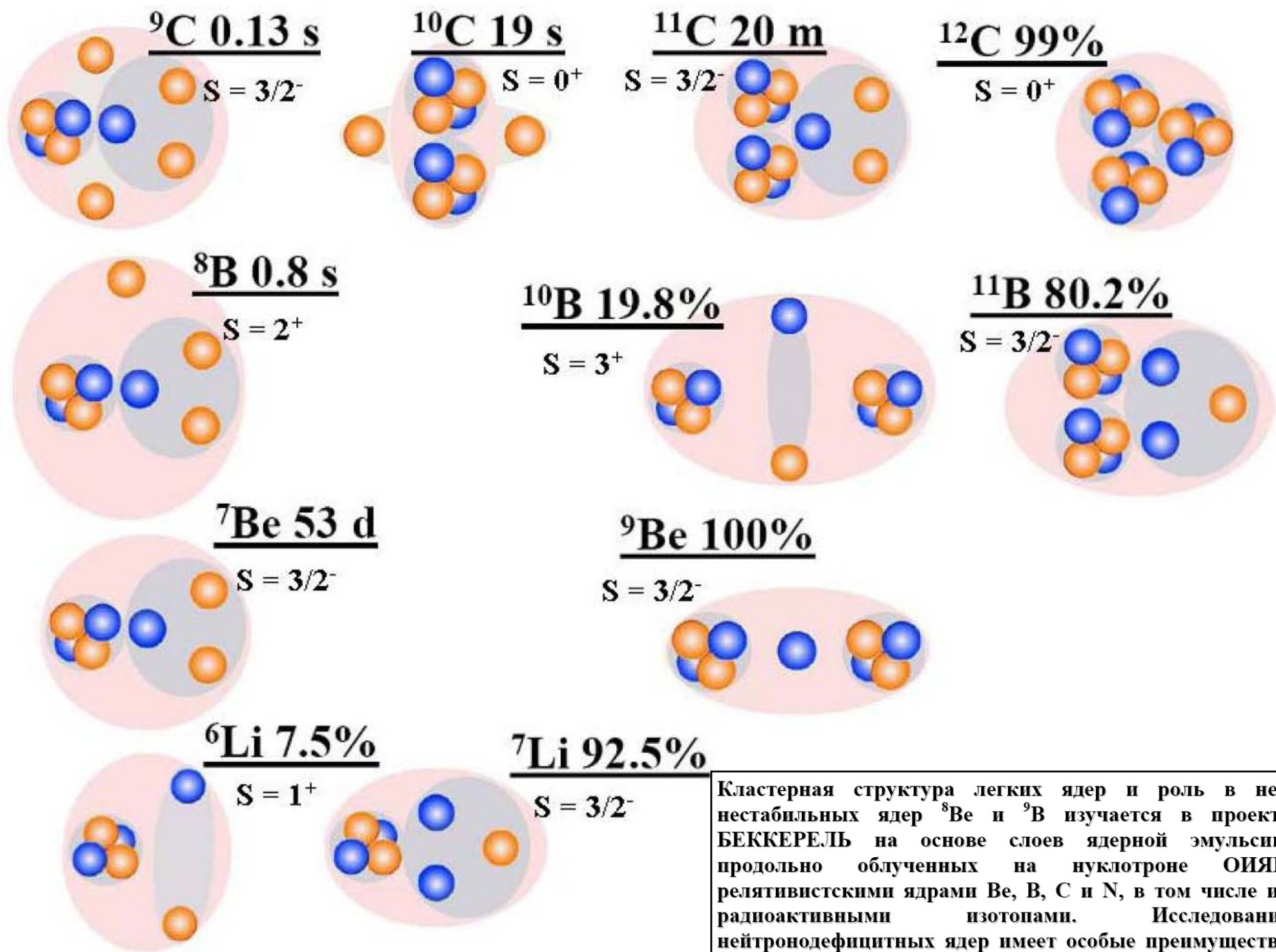
Azimuthal angle differences:

$$\psi_{\alpha_1\alpha_2}^* = 159^\circ \quad \psi_{\alpha_1\alpha_3}^* = 102^\circ \quad \psi_{\alpha_2\alpha_3}^* = 99^\circ$$



$$\mathbf{p}_{Ti}^* \cong \mathbf{p}_{Ti} - \sum_{i=1}^3 \mathbf{p}_{Ti} / 3$$





Кластерная структура легких ядер и роль в ней нестабильных ядер  ${}^8\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$  изучается в проекте БЕККЕРЕЛЬ на основе слоев ядерной эмульсии, продольно облученных на нуклотроне ОИЯИ релятивистскими ядрами Be, B, C и N, в том числе их радиоактивными изотопами. Исследование нейтронодефицитных ядер имеет особые преимущества из-за большей полноты и простоты интерпретации.

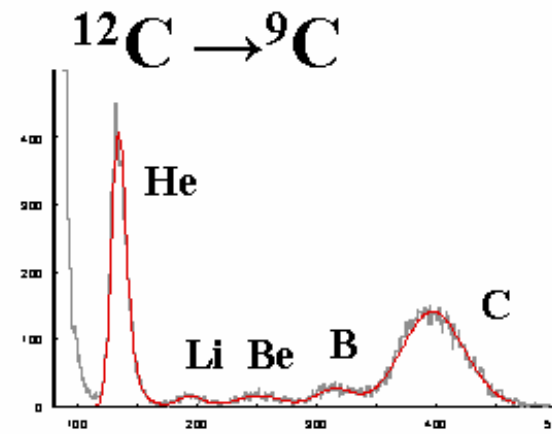
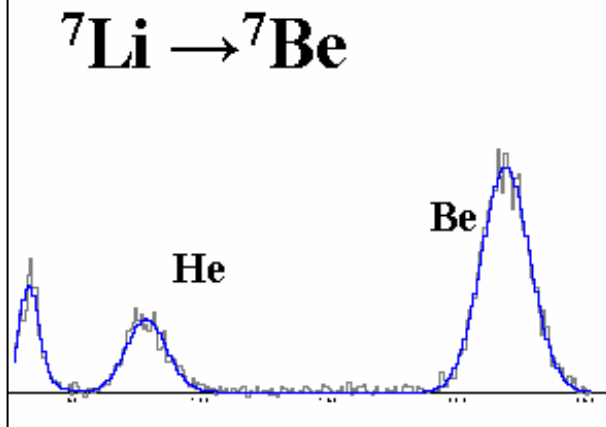
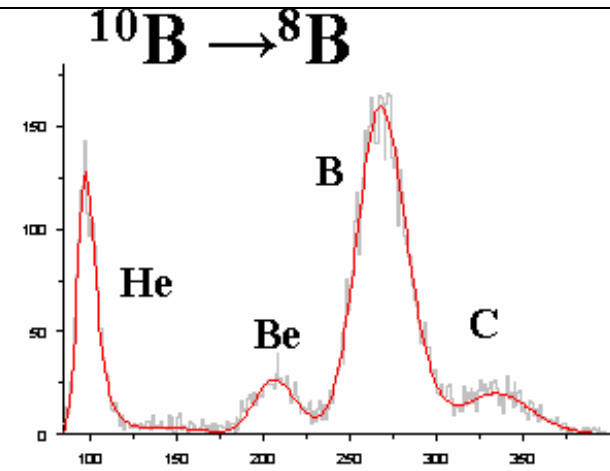
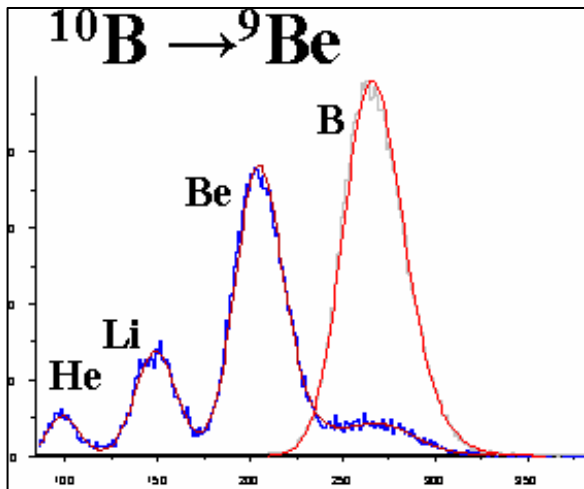
Нуклотрон, 2002 г.

$^{10}\text{B}$  (1 A GeV)  $\rightarrow$  2He + H

$Q_{2\alpha} = 87 \text{ keV}$

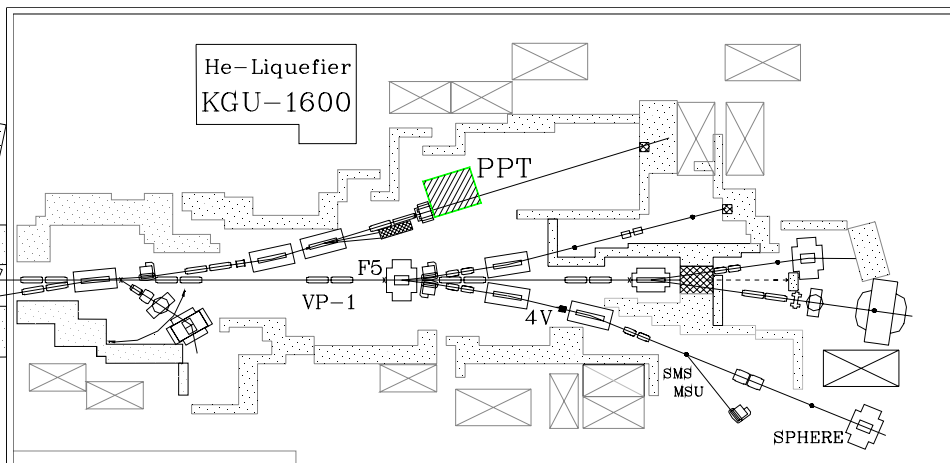
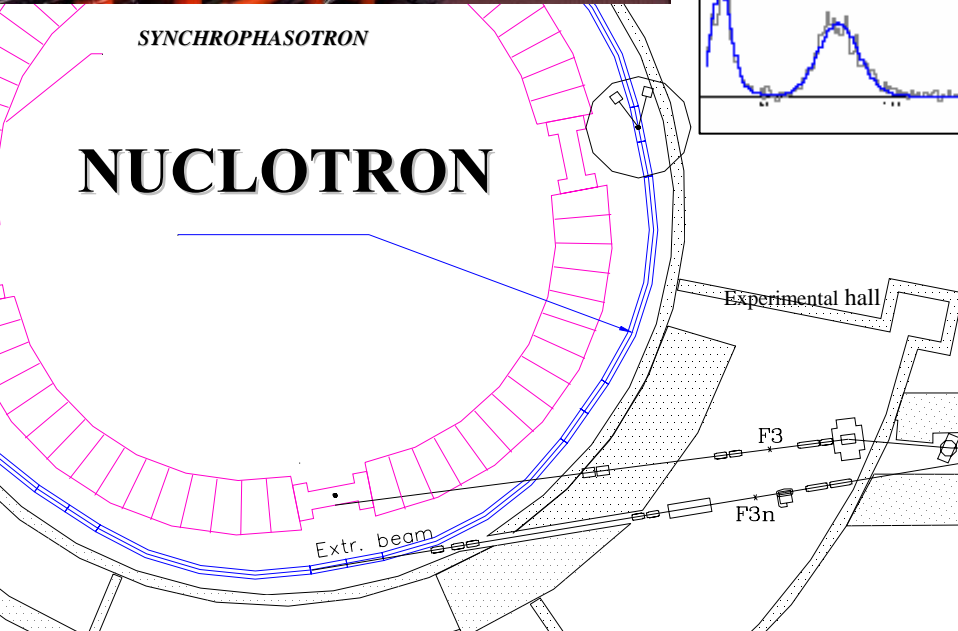
$Q_{2\alpha p} = 352 \text{ keV}$

$\Theta_{2\alpha} = 5.3 \text{ mrad}$



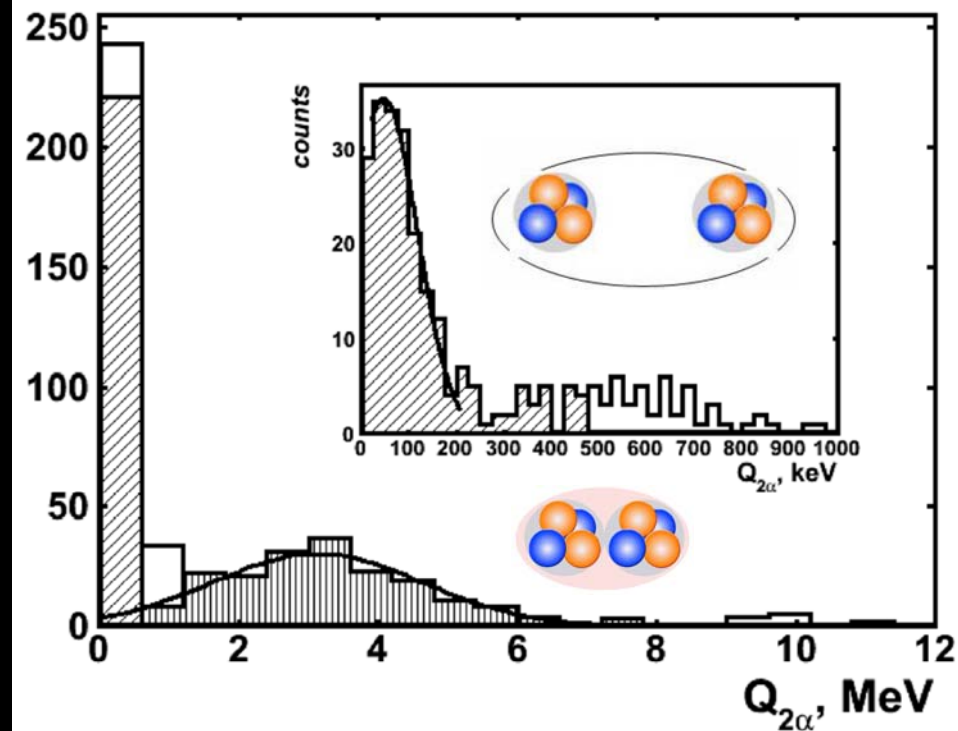
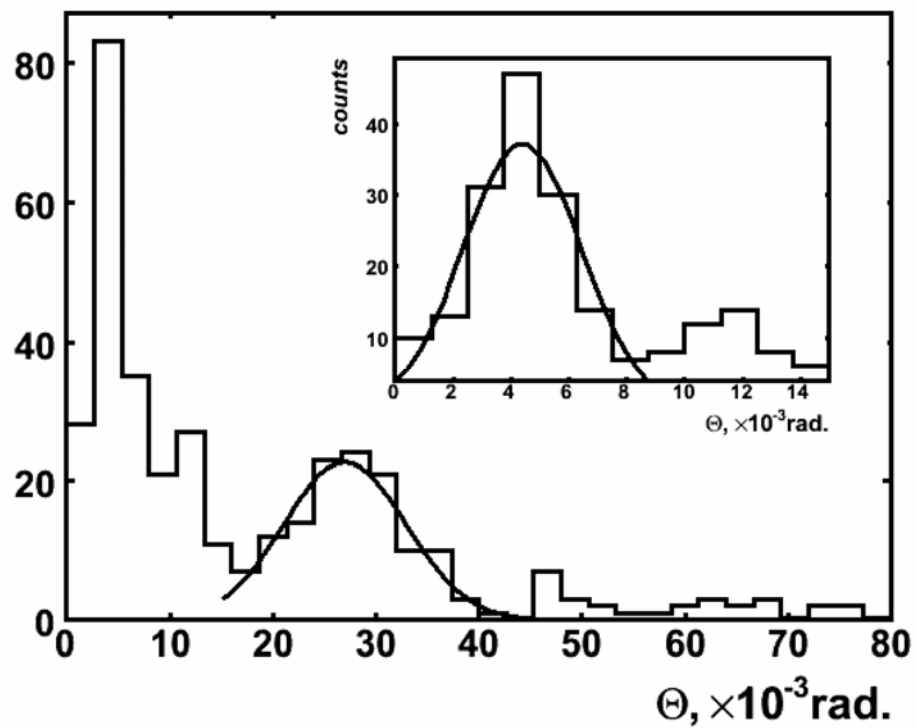
SYNCHROPHASOTRON

NUCLOTRON





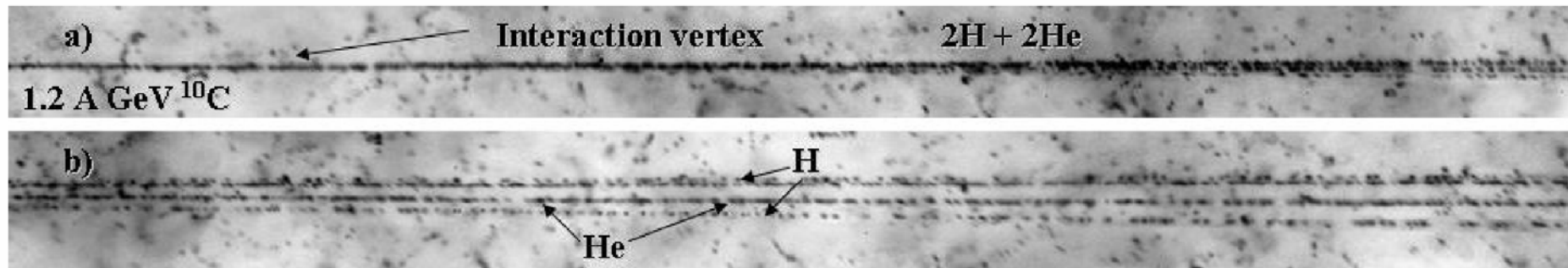
## $2A \text{ GeV}/c \text{ } ^9\text{Be} \rightarrow 2\alpha$ “white” star



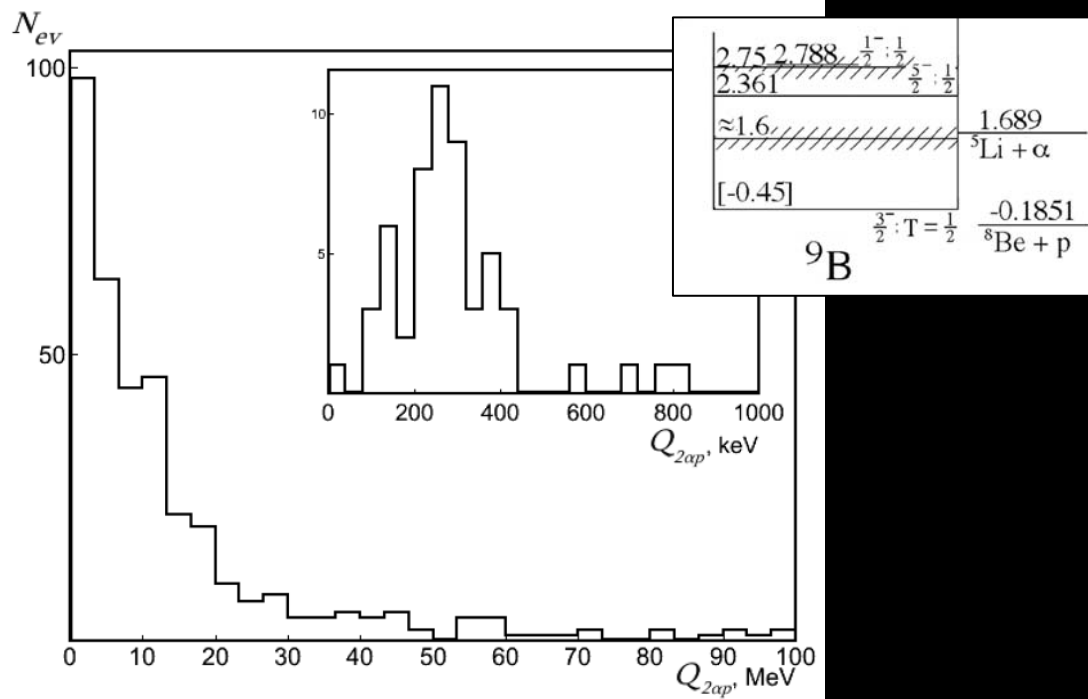
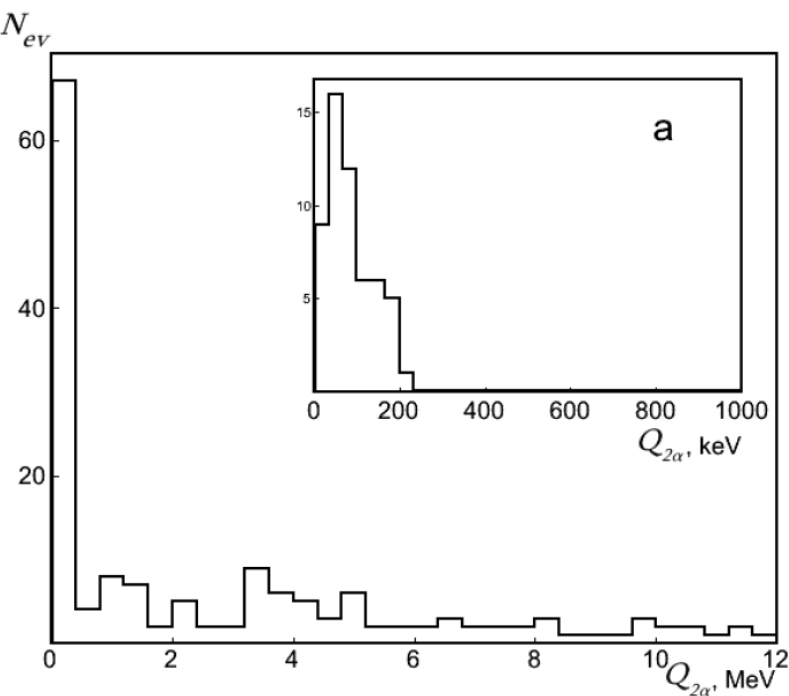
Фрагментация  $^9\text{Be} \rightarrow 2\alpha$  протекает в основном (около 80%) через состояния  $0^+$  и  $2^+$  ядра  $^8\text{Be}$  с близкими вероятностями. Для когерентной диссоциации через эти состояния отсутствует различие распределений по суммарным поперечным импульсам  $\alpha$ -пар. Эти наблюдения подтверждают представления о ядре  $^9\text{Be}$ , предполагающие присутствие суперпозиции состояний  $0^+$  и  $2^+$  ядра  $^8\text{Be}$  с близкими вероятностями в его основном состоянии.

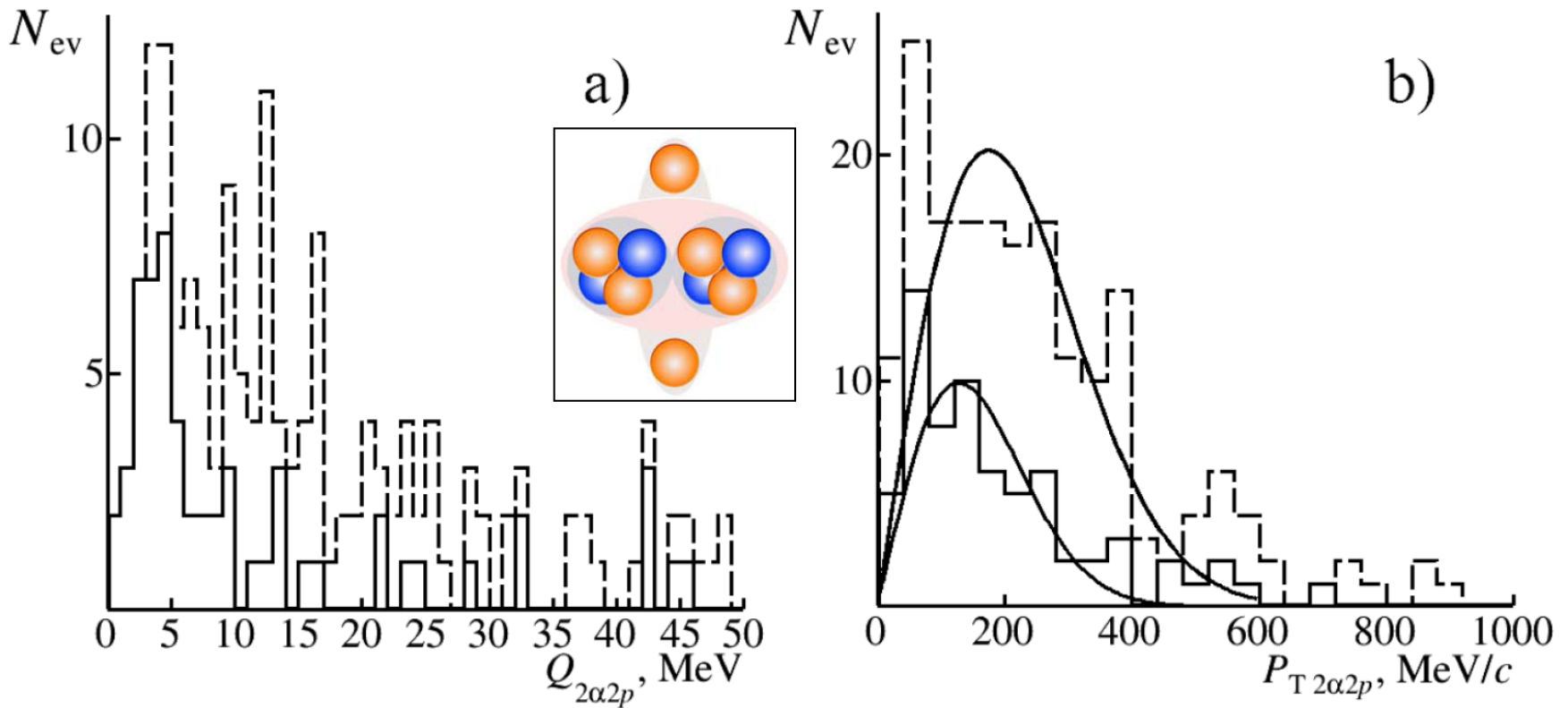


| <b>Channel</b>     | <b><math>^{12}\text{C}</math></b> | <b><math>^{11}\text{C}</math></b> | <b><math>^{10}\text{C}</math></b> | <b><math>^9\text{C}</math></b> |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>B + H</b>       |                                   | <b>6 (5 %)</b>                    | <b>1 (0.4 %)</b>                  | <b>15 (14 %)</b>               |
| <b>Be + He</b>     |                                   | <b>18 (13 %)</b>                  | <b>6 (2.6 %)</b>                  |                                |
| <b>Be + 2H</b>     |                                   |                                   |                                   | <b>16 (15 %)</b>               |
| <b>3He</b>         | <b>100 (100 %)</b>                | <b>25 (17 %)</b>                  | <b>12 (5.3 %)</b>                 | <b>16 (15 %)</b>               |
| <b>2He + 2H</b>    |                                   | <b>72 (50 %)</b>                  | <b>186 (82 %)</b>                 | <b>24 (23 %)</b>               |
| <b>He + 4H</b>     |                                   | <b>15 (11 %)</b>                  | <b>12 (5.3 %)</b>                 | <b>28 (27 %)</b>               |
| <b>Li + He + H</b> |                                   | <b>5 (3 %)</b>                    |                                   |                                |
| <b>Li + 3H</b>     |                                   |                                   | <b>1 (0.4 %)</b>                  | <b>2 (2 %)</b>                 |
| <b>6H</b>          |                                   | <b>3 (2 %)</b>                    | <b>9 (4 %)</b>                    | <b>6 (6 %)</b>                 |



Macrophoto of the coherent dissociation event of 1.2 A GeV  $^{10}\text{C}$  nucleus into pairs of He and H nuclei; a) primary track, approximate position of interaction vertex and appearance of fragment tracks and b) tracks of fragments are resolved; opening angles between tracks are  $\Theta_{2\text{He}} = 5.9$  mrad,  $\Theta_{\text{HeH}} = 8.6, 16.6, 3.0, 17.6$  mrad,  $\Theta_{2\text{p}} = 20.1$  mrad. Both 2HeH triples in the event correspond to  $^9\text{B}$  decays.

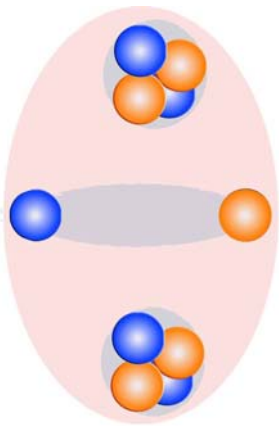




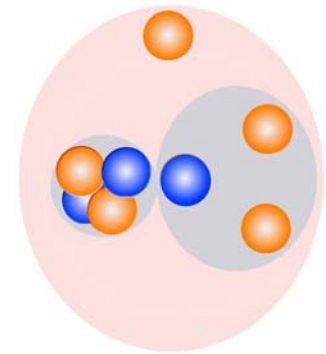
**Distributions of all “white” stars  $^{10}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$  (dashed histogram) and the ones with the presence of  $^8\text{Be}_{g.s.}$  ( $^9\text{B}$ ) (solid histogram) over energy  $Q_{2\alpha 2p}$  (a) and total transverse momentum  $P_{T 2\alpha 2p}$  (b).**

**Selection of the  $^{10}\text{C}$  “white” stars accompanied by  $^8\text{Be}_{g.s.}$  ( $^9\text{B}$ ) leads to appearance in the excitation energy distribution of  $2\alpha 2p$  “quartets” of the distinct peak with a maximum at  $4.1 \pm 0.3$  MeV. Distribution over the total momentum of  $^8\text{Be}_{g.s.} 2p$  ensembles is described by a Rayleigh function with the parameter  $127 \pm 16$  MeV/c. A single  $2\alpha 2p$  “white” star in which both  $2\alpha p$  triples correspond to a  $^9\text{B}$  decay is observed.**

## Distribution $^{10}\text{B}$ and $^8\text{B}$ “white” stars over charge channels.

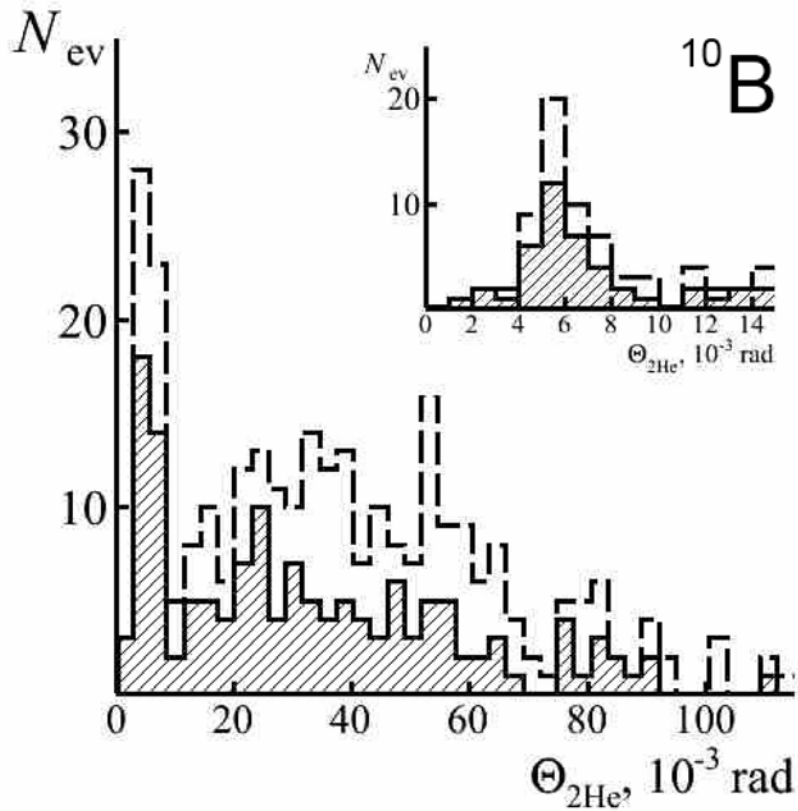


| channel        | $^{10}\text{B}$   | $^8\text{B}$     |
|----------------|-------------------|------------------|
| <b>Be + H</b>  | <b>2 (1.5 %)</b>  | <b>25 (48 %)</b> |
| <b>2He + H</b> | <b>108 (77 %)</b> | <b>14 (27 %)</b> |
| <b>He + 3H</b> | <b>18 (13 %)</b>  | <b>12 (23 %)</b> |
| <b>Li + He</b> | <b>5 (3.5 %)</b>  | -                |
| <b>Li + 2H</b> | <b>5 (3.5 %)</b>  | -                |
| <b>5H</b>      | <b>2 (1.5 %)</b>  | -                |

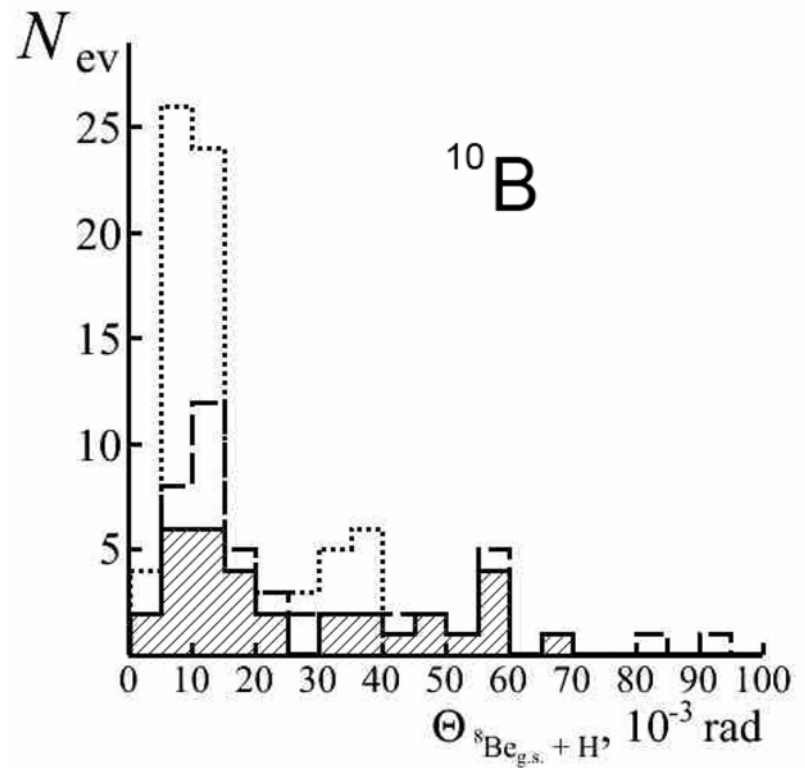


The early analysis of the NTE exposed in 2001 to 1 A GeV  $^{10}\text{B}$  nuclei has pointed out that triples 2He + H constitute about 65% among 50 “white” stars found to that time. However, origin of this effect has not been studied being in a “shadow” of emerging studies with radioactive nuclei. Meanwhile, the the 2He + H triple dominance indicate the possible presence in  $^{10}\text{B}$  of structures  $^9\text{B}_{\text{g.s.}} + n$  side by side with the mirror one  $^9\text{Be} + p$ . It is interesting to verify whether they have equal contributions or not. Another opportunity is that the  $^{10}\text{B}$  nucleus can incorporate the “dilute”  $^9\text{Be}$  cluster in the superpositions  $^8\text{Be}_{\text{g.s.}} + n$  and  $^8\text{Be}_{2+} + n$ . Both them are leading to 3-prong “white” stars out of  $^9\text{B}_{\text{g.s.}}$  decays.





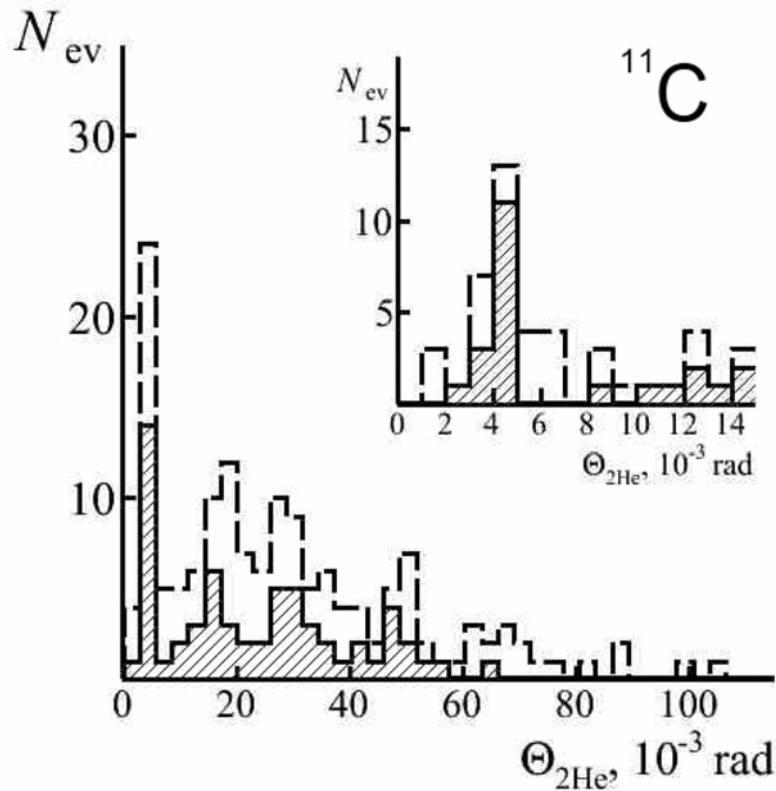
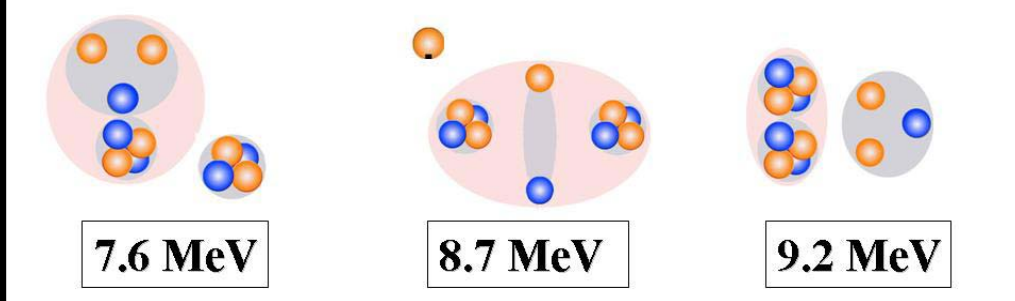
Distributions over opening angle  $\Theta_{He}$  between He fragments in all  $^{10}\text{B}$  stars  $2\text{He} + 2\text{H}$  (dashed), “white”  $^{10}\text{B}$  stars  $2\text{He} + 2\text{H}$  (hatched).



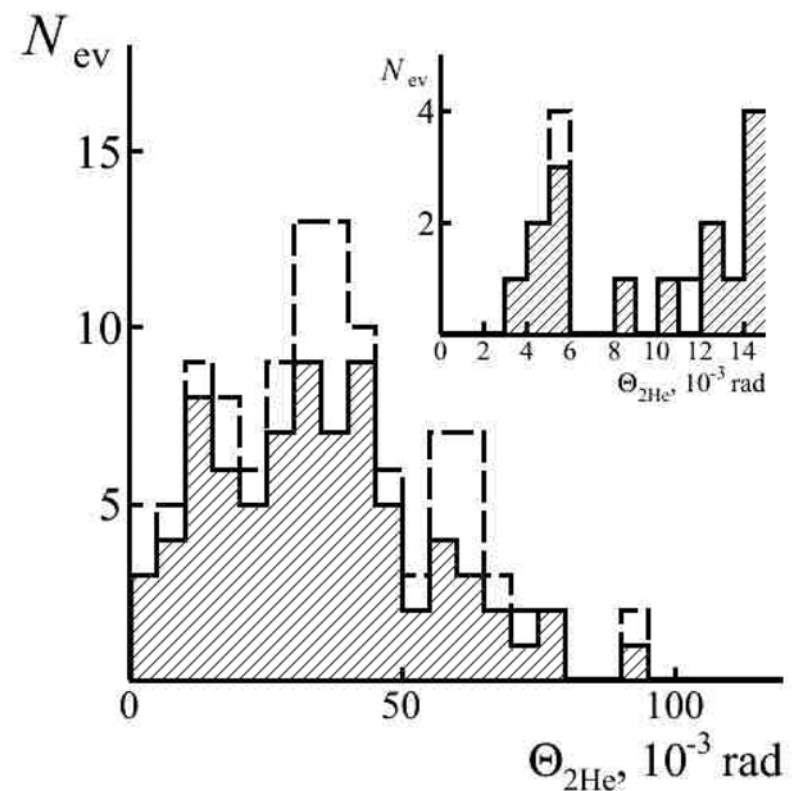
Distributions over opening angle  $\Theta_{8\text{Be}_{g.s.} + \text{H}}$  between fragments  $^8\text{Be}_{g.s.}$  and H fragments in  $^{10}\text{C}$  “white” stars (dotted), all  $^{10}\text{B}$  stars (dashed) and “white”  $^{10}\text{B}$  stars (hatched).

The  $^8\text{Be}$  nucleus is manifested in the coherent dissociation  $^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$  with a probability of  $25 \pm 5\%$  including  $14 \pm 3\%$  via  $^9\text{B}$  decays. A ratio of probability of the mirror channels  $^9\text{B} + n$  and  $^9\text{Be} + p$  is estimated to be  $6 \pm 1$ .

The unstable molecule-like nucleus  $^9\text{B}$  ( $^8\text{Be}_{g.s.} + p$ ) and stable  $^9\text{Be}$  can have roughly equal roles as the core of the  $^{10}\text{B}$  nucleus. At the same time, the  $^9\text{Be}$  nucleus in the  $^{10}\text{B}$  core can be present not only as an integrated formation, but also as a superposition  $^8\text{Be}_{g.s.}/^8\text{Be}_{2+} + n$  analogous to the unbound  $^9\text{B}$  nucleus ( $^8\text{Be}_{g.s.} + n$ ).

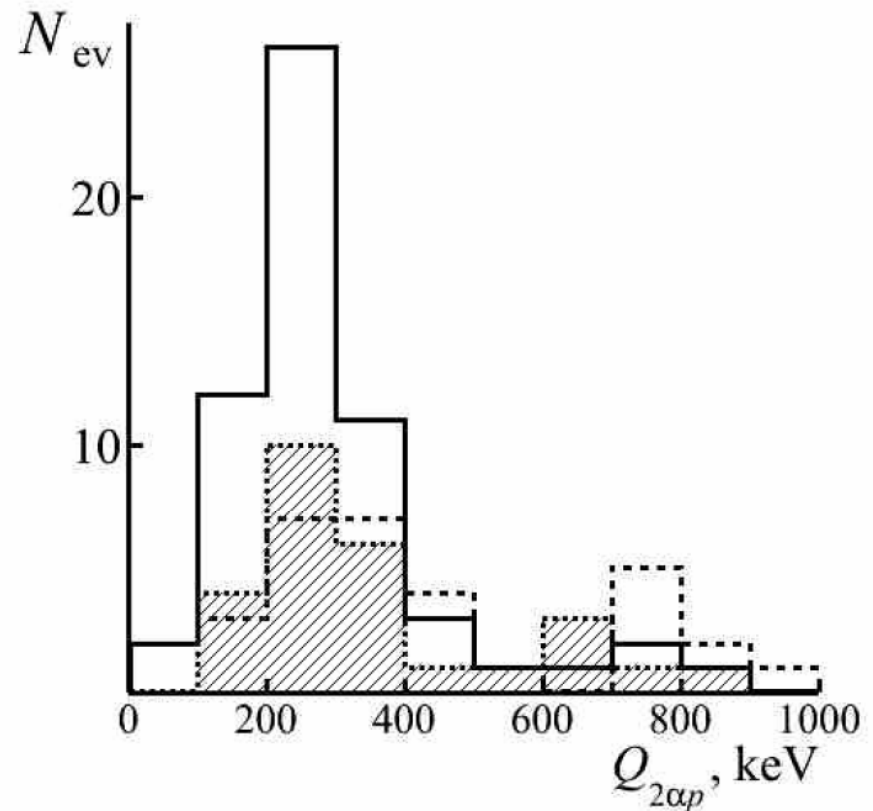
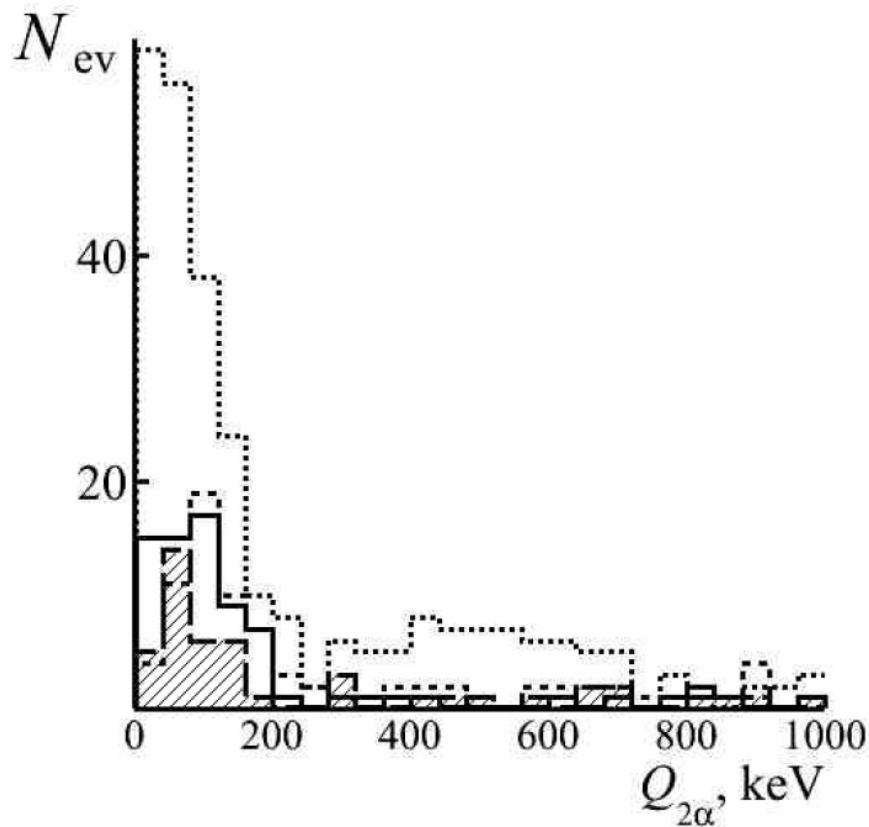


Distributions over opening angle  $\Theta_{\text{He}}$  between He fragments in all  $^{11}\text{C}$  stars 2He + 2H (dashed), “white”  $^{11}\text{C}$  stars 2He + 2H (hatched).



Distributions over opening angle  $\Theta_{\text{He}}$  between He fragments in all  $^{11}\text{C}$  stars 3He (dashed) and “white”  $^{11}\text{C}$  stars 3He (hatched).

**$^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$  decays are presented in  $24 \pm 7 \%$  of 2He + 2H and  $27 \pm 11 \%$  of the 3He of the  $^{11}\text{C}$  “white” stars.**



**Distributions of all found stars  ${}^9\text{Be} \rightarrow 2\text{He}$  (left top, dotted),  ${}^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$ ,  ${}^{11}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$  (hatched) and “white” stars  ${}^{10}\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$  (solid) over energy  $Q_{2\alpha}$  of  $2\alpha$  pairs and energy  $Q_{2\alpha p}$  of  $2\alpha p$  triples.**

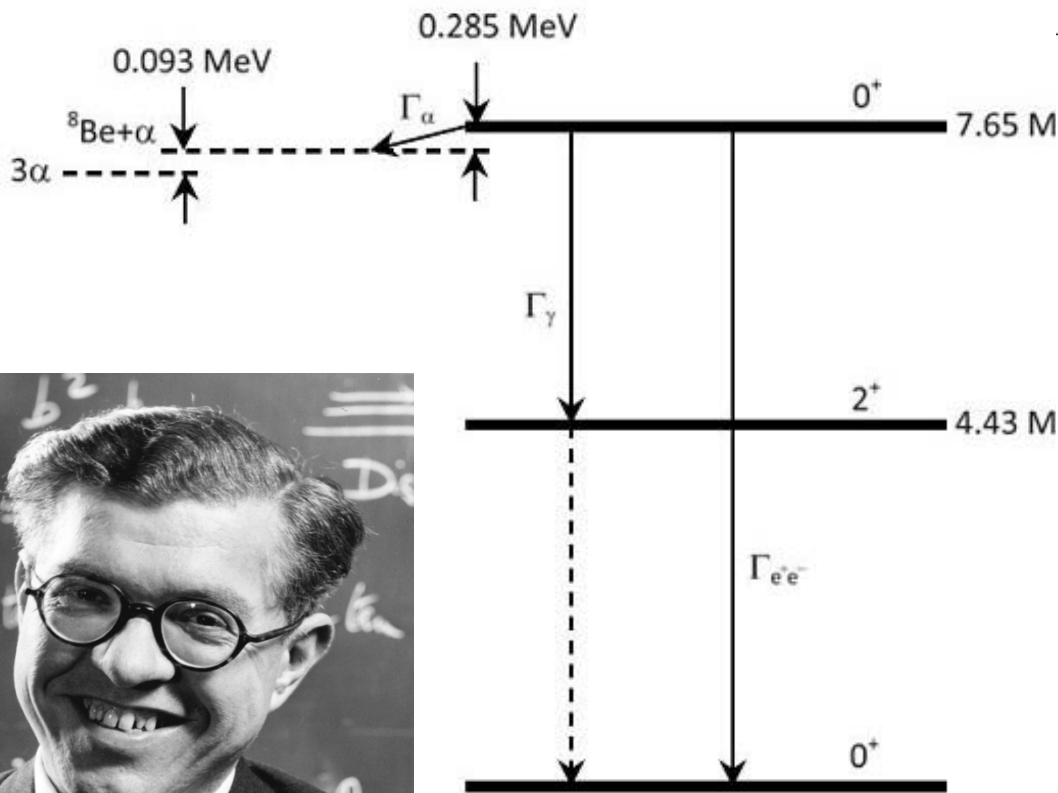
**The absence of the stable of isotopes  ${}^8\text{Be}$  and  ${}^9\text{B}$  nuclei fundamentally determines the course of nucleosynthesis, forcing it to bypass these gaps in the isotope table. At the same time, the absence of stable ground states of these nuclei does not prevent their participation in the structure of heavier nuclei.**

# ON NUCLEAR REACTIONS OCCURRING IN VERY HOT STARS. I. THE SYNTHESIS OF ELEMENTS FROM CARBON TO NICKEL

F. HOYLE\*

MOUNT WILSON AND PALOMAR OBSERVATORIES  
 CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON  
 CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

*Received December 22, 1953*



| $E_x$ in $^{12}\text{C}$<br>(MeV $\pm$ keV) | $J^\pi ; T$ | $\Gamma_{\text{c.m.}}$<br>(keV) | Decay                 |
|---|-------------|---------------------------------|-----------------------|
| g.s   | $0^+ ; 0$   | -                               | stable                |
| $4.43891 \pm 0.31$                          | $2^+ ; 0$   | $(10.8 \pm 0.6) \times 10^{-6}$ | $\gamma$              |
| $7.6542 \pm 0.15$                           | $0^+ ; 0$   | $(8.5 \pm 1.0) \times 10^{-3}$  | $\gamma, \pi, \alpha$ |





ELEMENTARY PARTICLES AND FIELDS  
Experiment

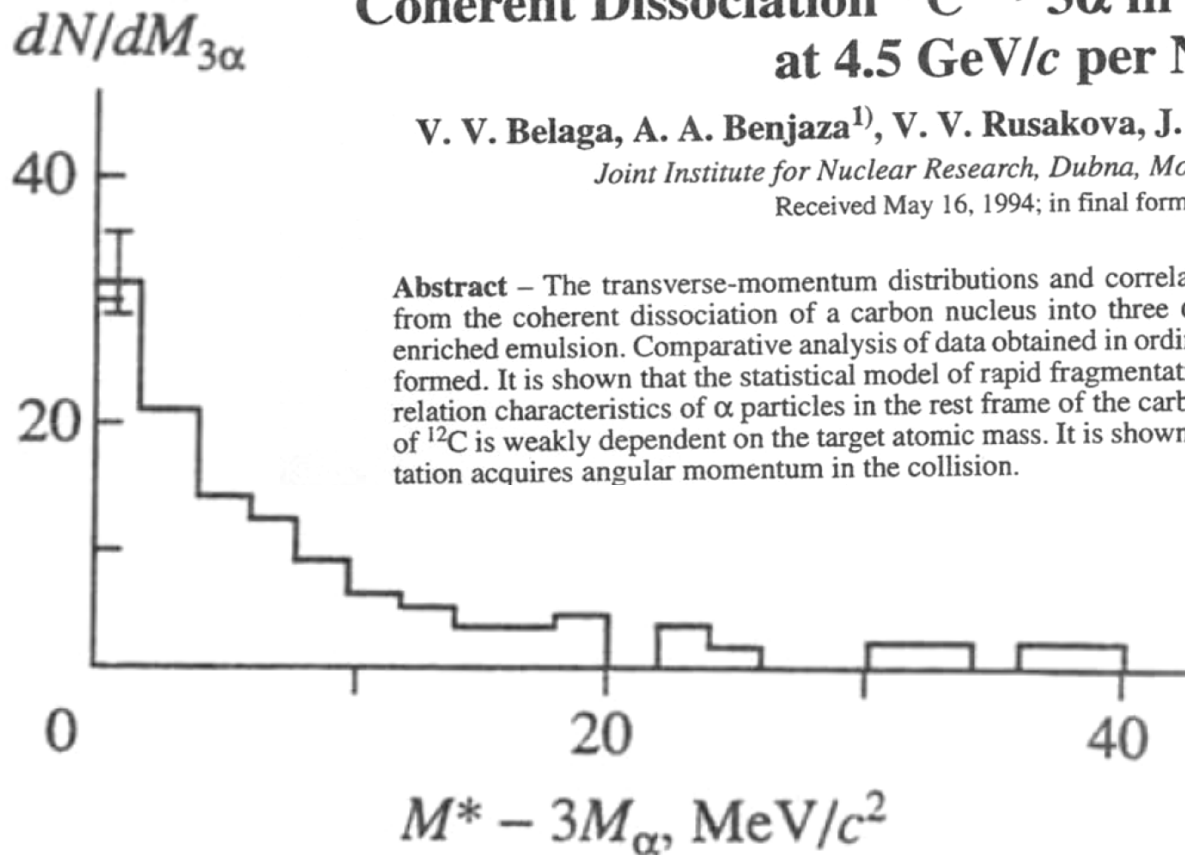
Coherent Dissociation  $^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$  in Lead-Enriched Emulsion  
at 4.5 GeV/c per Nucleon

V. V. Belaga, A. A. Benjaza<sup>1)</sup>, V. V. Rusakova, J. A. Salamov<sup>2)</sup>, and G. M. Chernov

*Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow oblast', 141980 Russia*

Received May 16, 1994; in final form, March 6, 1995

**Abstract** – The transverse-momentum distributions and correlation characteristics of relativistic  $\alpha$  particles from the coherent dissociation of a carbon nucleus into three  $\alpha$  particles at 4.5 GeV/c are studied in lead-enriched emulsion. Comparative analysis of data obtained in ordinary and lead-enriched emulsion stacks is performed. It is shown that the statistical model of rapid fragmentation does not describe the momentum and correlation characteristics of  $\alpha$  particles in the rest frame of the carbon nucleus. The estimated decay temperature of  $^{12}\text{C}$  is weakly dependent on the target atomic mass. It is shown that the carbon nucleus undergoing fragmentation acquires angular momentum in the collision.



**Fig. 5.** Total distribution in the effective mass of three  $\alpha$  particles from the reaction  $^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$ ; the values of  $M_{3\alpha}$  are shifted along the abscissa by the doubled  $\alpha$  particle mass.

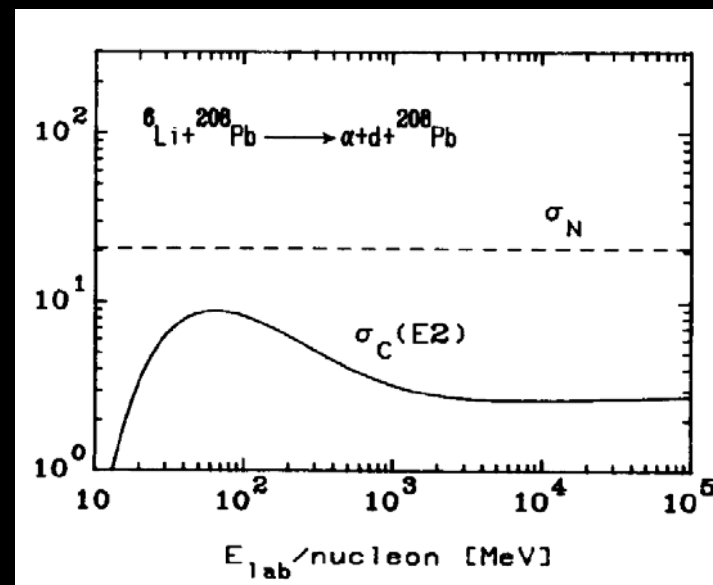
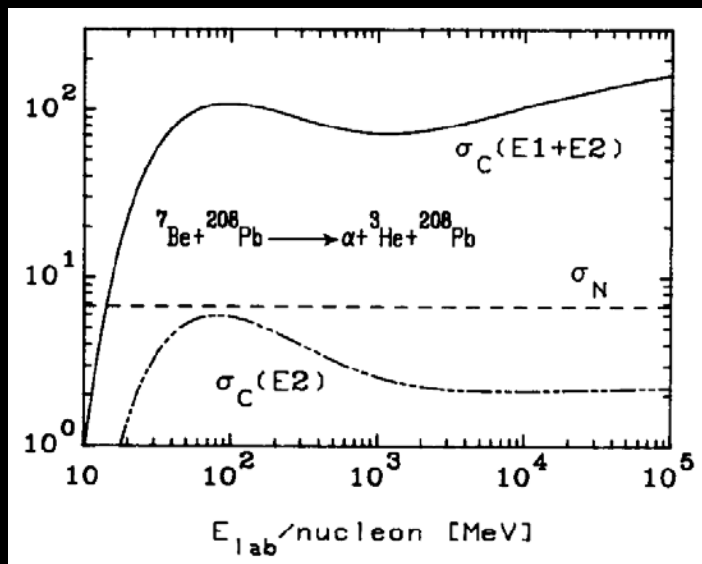
## ELECTROMAGNETIC PROCESSES IN RELATIVISTIC HEAVY ION COLLISIONS

Carlos A. BERTULANI

*Institut für Kernphysik, Kernforschungsanlage Jülich GmbH, D-5170 Jülich, Fed. Rep. Germany  
and Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21944 Rio de Janeiro, Brazil*

and

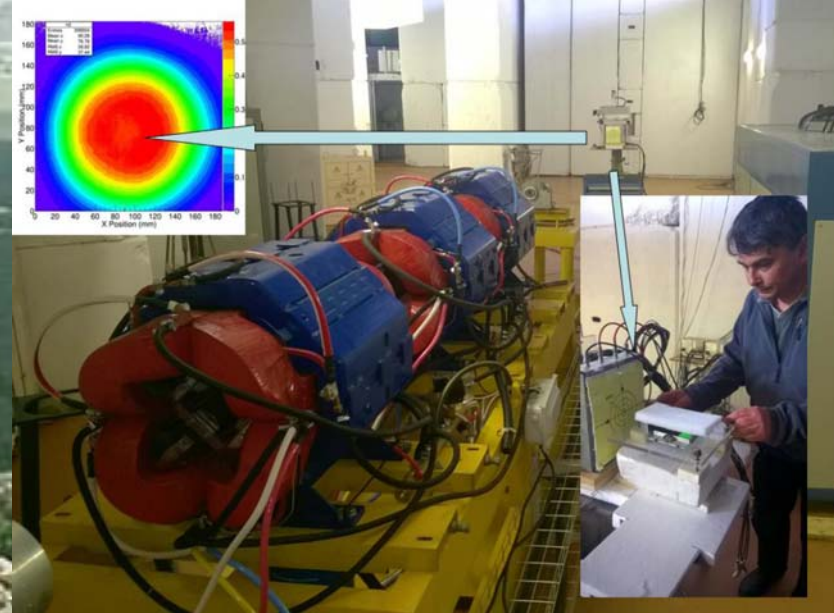
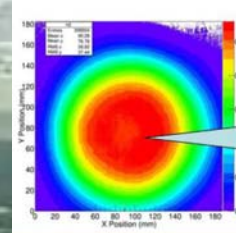
Gerhard BAUR

*Institut für Kernphysik, Kernforschungsanlage Jülich GmbH, D-5170 Jülich, Fed. Rep. Germany*

Важно расширить охват по энергии ядер  ${}^{12}\text{C}$ , поскольку теоретические расчеты сечений электромагнитной диссоциации легких ядер указывают на широкий максимум в области несколько сот МэВ на нуклон. При снижении энергии ядер возникает и ряд практических удобств. Во-первых, возрастает визуальный контраст между фрагментными  $\alpha$ -парами и узкими парами от распадов  ${}^8\text{Be}_{gs}$ . Во-вторых, снижается доля фоновых событий с рождением заряженных мезонов. В-третьих, упрощается разравнивание профиля пучка на входе в стопку ЯЭ. Эффект торможения первичного ядра в среде ЯЭ может быть компенсирован инвариантным представлением энергии  $\alpha$ -пары, а также сужением по направлению пучка области просмотра ЯЭ.

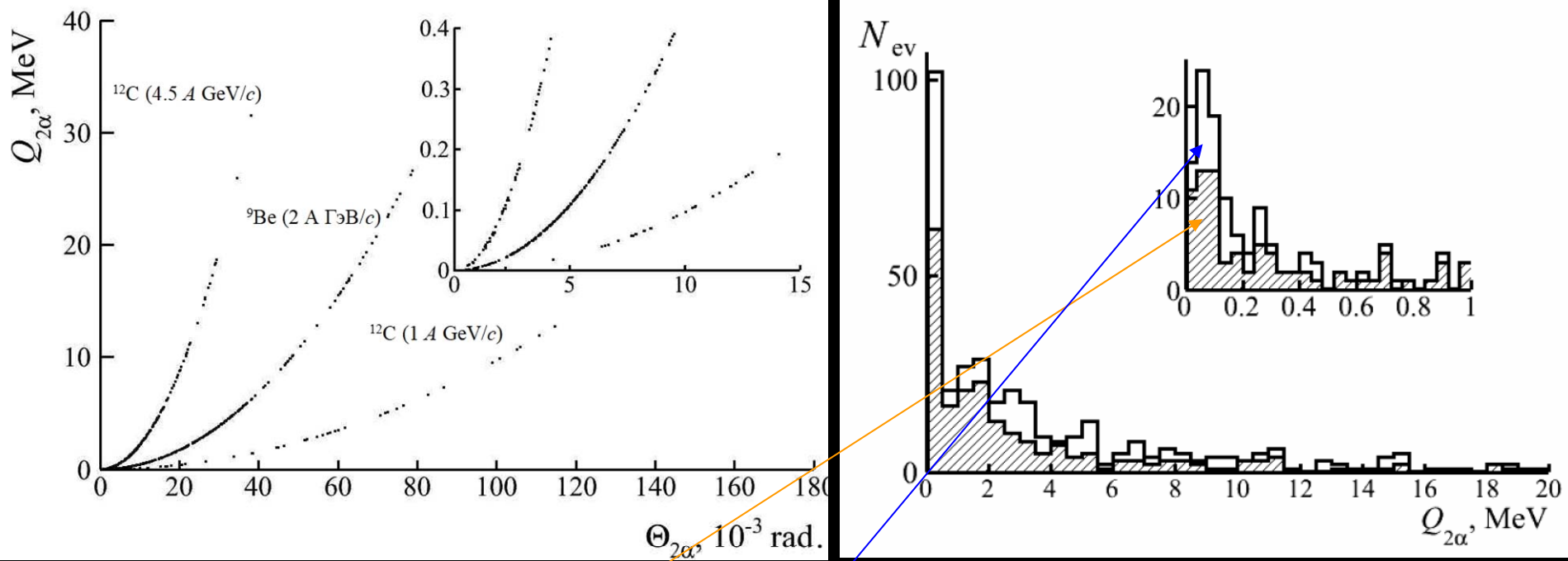
# ИФВЭ, Протвино

## $^{12}\text{C}$ 450 А МэВ – 35 А ГэВ



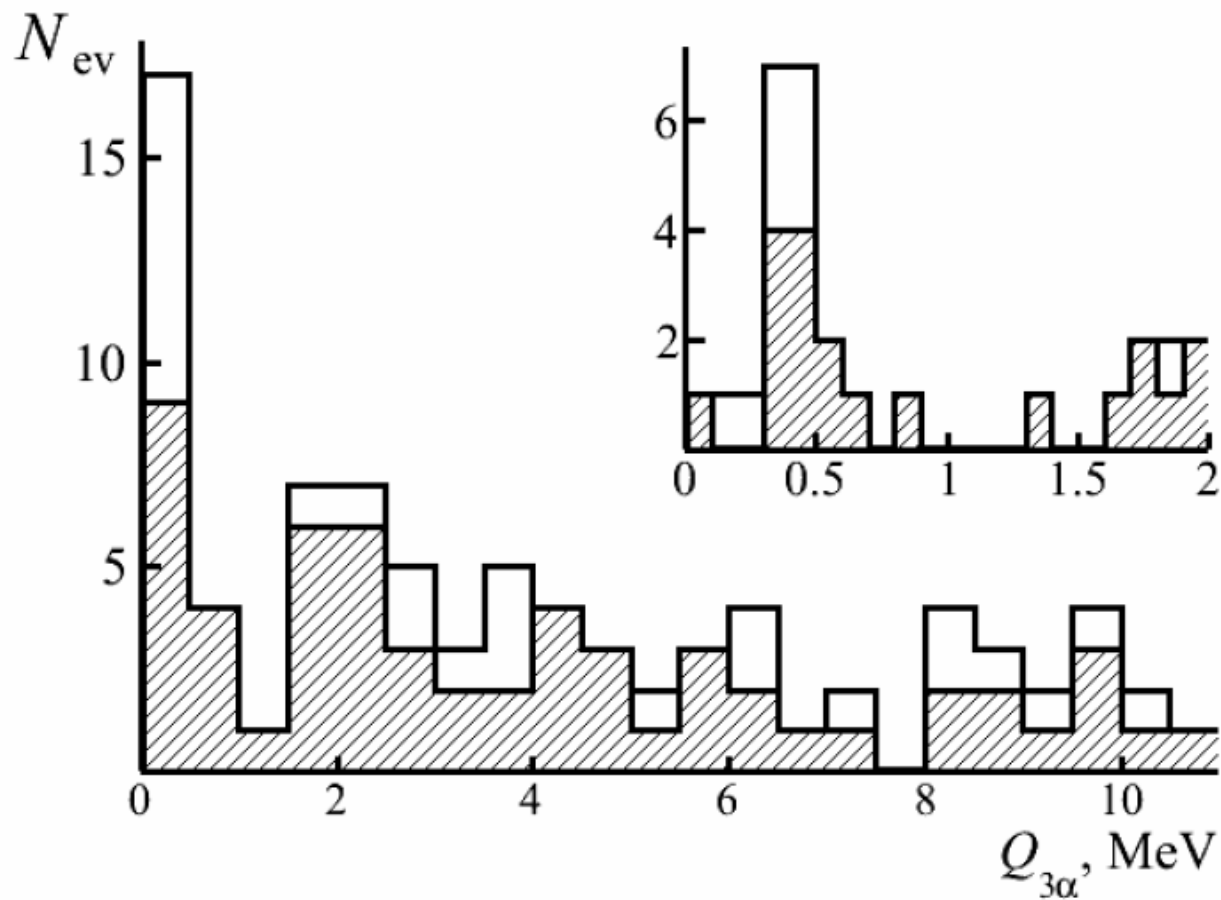
Мероприятия, осуществленные сотрудниками ИФВЭ в декабре 2016 г. и апреле 2017 г., позволили контролируемым образом облучить стопки слоев ЯЭ. Для обеспечения плотности частиц в месте облучения 2000-4500 ядер/см<sup>2</sup> был изменен режим медленного вывода, снижена эффективность вывода, удалена дополнительно точка облучения ЯЭ, сокращена длительность вывода. К июню 2017 г. в слоях ЯЭ, облученных в ИФВЭ, обнаружено и измерено 54 события  $^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$  при 1 А ГэВ/с, в том числе 23 «белых» звезды.



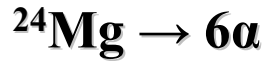


| Projectile<br>( $P_0, A$ GeV/c) | $\langle\Theta_{2\alpha'}\rangle$ (RMS), $10^{-3}$ rad<br>( $Q_{2\alpha'} < 300$ keV) | $\langle Q_{2\alpha'}\rangle$ (RMS),<br>keV |
|---------------------------------|---|---|
| $^{12}\text{C}$ (4.5)           | $2.1 \pm 0.1$ (0.8)   | $109 \pm 11$ (83)                           |
| $^{14}\text{N}$ (2.9)           | $2.9 \pm 0.2$ (1.9)   | $119.6 \pm 9.5$ (72)                        |
| $^9\text{Be}$ (2.0)             | $4.4 \pm 0.2$ (2.1)   | $86 \pm 4$ (48)                             |
| $^{10}\text{C}$ (2.0)           | $4.6 \pm 0.2$ (1.9)   | $63 \pm 7$ (83)                             |
| $^{11}\text{C}$ (2.0)           | $4.7 \pm 0.3$ (1.9)   | $77 \pm 7$ (40)                             |
| $^{10}\text{B}$ (1.6)           | $5.9 \pm 0.2$ (1.6)   | $101 \pm 6$ (46)                            |
| $^{12}\text{C}$ (1.0)           | $10.5 \pm 0.6$ (3.6)  | $118 \pm 13$ (75)                           |





| Number of ${}^8\text{Be}$ in Hoyle state (HS) | 4.5 $A$ GeV/ $c$ in 13 HS | 1 $A$ GeV/ $c$ in 8 HS (including in 4 "white" stars) |
|---|---------------------------|---|
| 1   | 1                         | 0 (0)   |
| 2   | 9                         | 3 (0)   |
| 3   | 3                         | 5 (4)   |

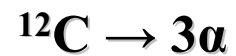
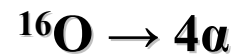
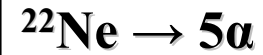


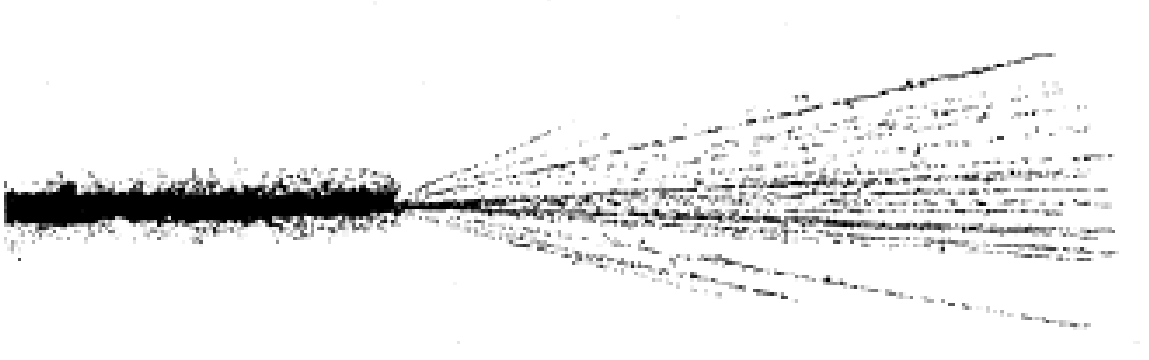
**In the last decade, the concepts of ultracold dilute nuclear matter based on the condensation of nucleons in the lightest nuclei have been developed.**

**In particular, an  $\alpha$ -particle Bose–Einstein Condensate is suggested as an analogue of atomic quantum gases.**

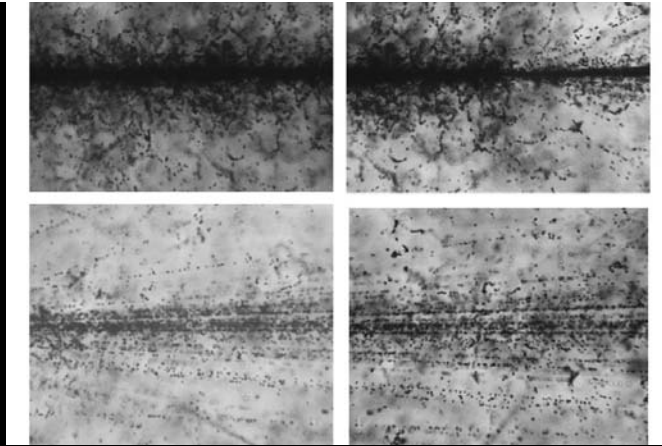
**These developments put forward the problem of studying a variety of cluster ensembles and unbound nuclei as fundamental components of novel quantum matter.**

**In a macroscopic scale, coherent ensembles of clusters may play an intermediate role in nucleosynthesis which makes the study of nuclear clustering going beyond the scope of the problems of nuclear structure.**





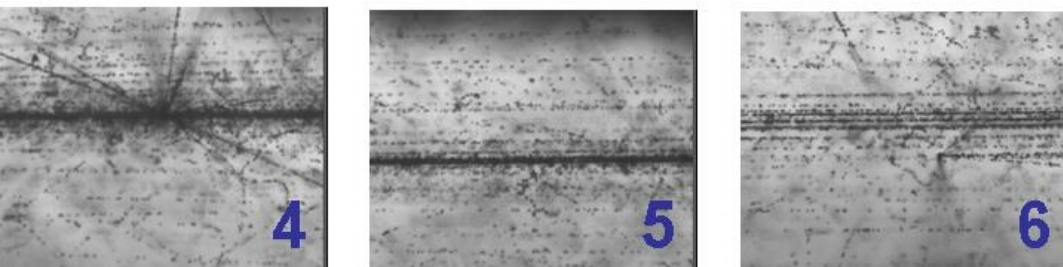
1A GeV U

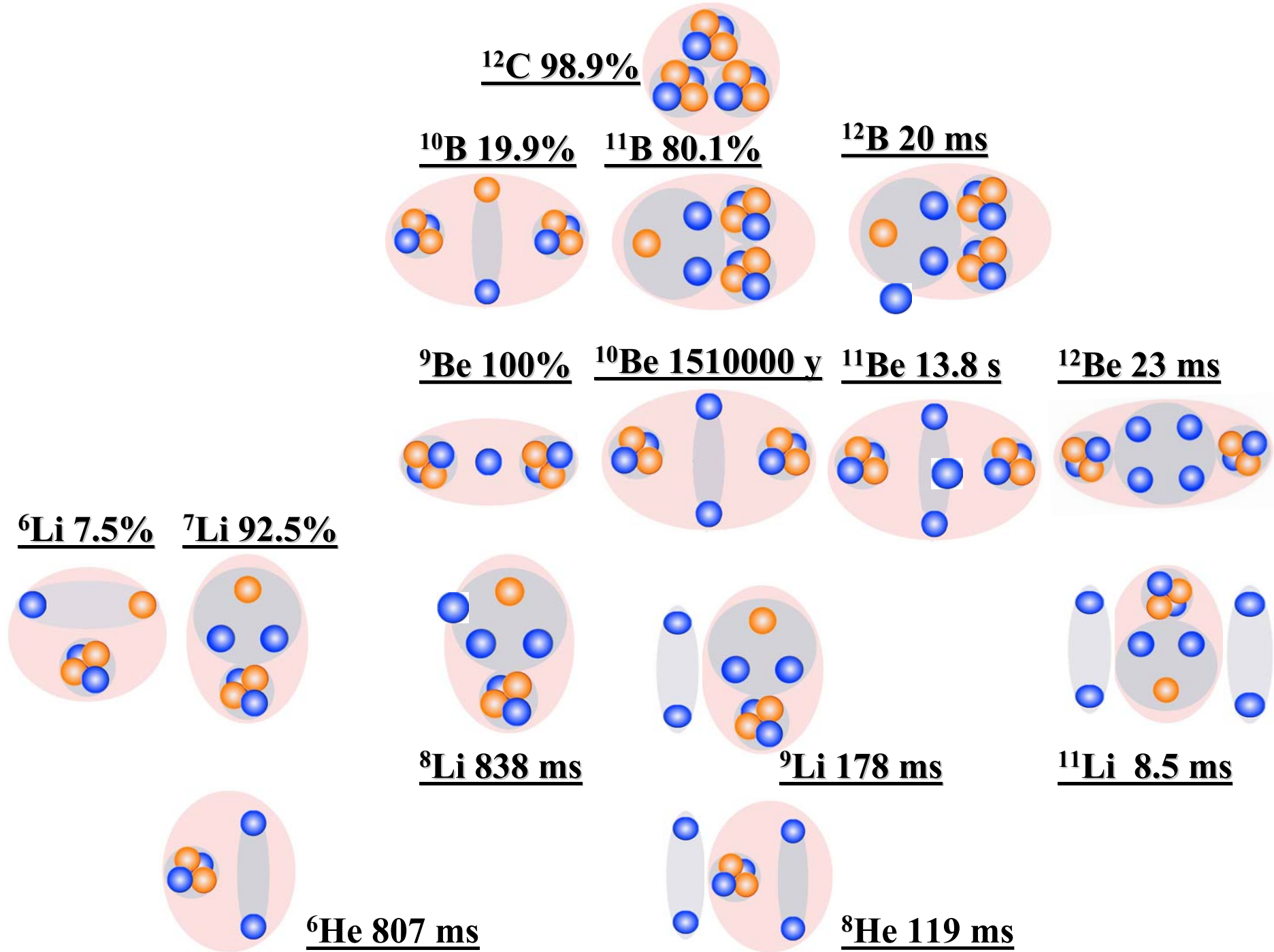


10A GeV Au



160A GeV Pb







|  |  |   |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|
| Установка<br>(название)  | Канал в<br>корпусе 205;<br>если нет<br>вывода -<br>станция<br>внутр.<br>мишеней.                           | Дата след.<br>освидет.<br>установки                                       | Номер темы   | Проект ИЛИ<br>пункт темы (если<br>«активность»);<br>Ф.И.О.<br>руководителя<br>темы | Ф.И.О.<br>руководителя<br>работ/зам.;<br>Ф.И.О. ответ-<br>ственного за<br>РБ |
| Стопки<br>ядерной<br>эмульсии  | Канал ЗВ   | 2017  | 1087<br>(Малахов<br>А. И.)   | Проект<br>БЕККЕРЕЛЬ<br>(Зарубин П. И.)   | Рукояткин<br>П. А.   |
| <b>Запрашиваемое календарное время</b>                                     |  |   |  |  |  |
| (часы)   | Работа с пучком (часы)   |   |  | Выключение пучка (часы)  |  |
| Полное<br>время<br>работы  | Время на<br>измерения  | Время на<br>запуск<br>и/или<br>подготовк<br>у                             | Настройка пучка<br>и режимов   | План: остановки<br>установки   | План:<br>технолог.<br>остановки<br>(ускоритель)                              |
| 24 часа  | 2 часf   | 4 часа  | 18 часов   | нет  | нет  |
| <b>Характеристики пучка (по сортам частиц)</b>                             |  |   |  |  |  |
| Частицы,<br>приоритет<br>(1-й потр., 2-<br>й потр.,<br>паразитн.<br>режим) | Кин. энергии<br>в ускорителе<br>(ГэВ/нукл.);<br>магнитная<br>жесткость<br>(p/Z) в канале.                  | Интенсивн<br>.<br>(внутренн.<br>или на<br>медл.<br>выводе),<br>частиц/сек | Интенсивн.<br>( на мишени),<br>частиц/сек  | Растяжка (мин. –<br>макс.), сек; X и Y<br>размер пучка на<br>мишени (мм)           | Время работы<br>с данным<br>сортом частиц<br>(полное, часы)                  |
| C-12 (1)   | 1.2 А ГэВ;<br>4 ГэВ/с ( <sup>12</sup> C)<br>и<br>5 ГэВ/с ( <sup>10</sup> Be)<br>8 ГэВ/с ( <sup>8</sup> He) | 10 <sup>7-8</sup><br>частиц/сек   | 10 <sup>3</sup> частиц/сек<br><br>10 <sup>2</sup> частиц/сек<br><br>10 <sup>2</sup> частиц/сек | 0.2-1 сек  | 4 часа<br><br>10 часов<br>10 часов   |

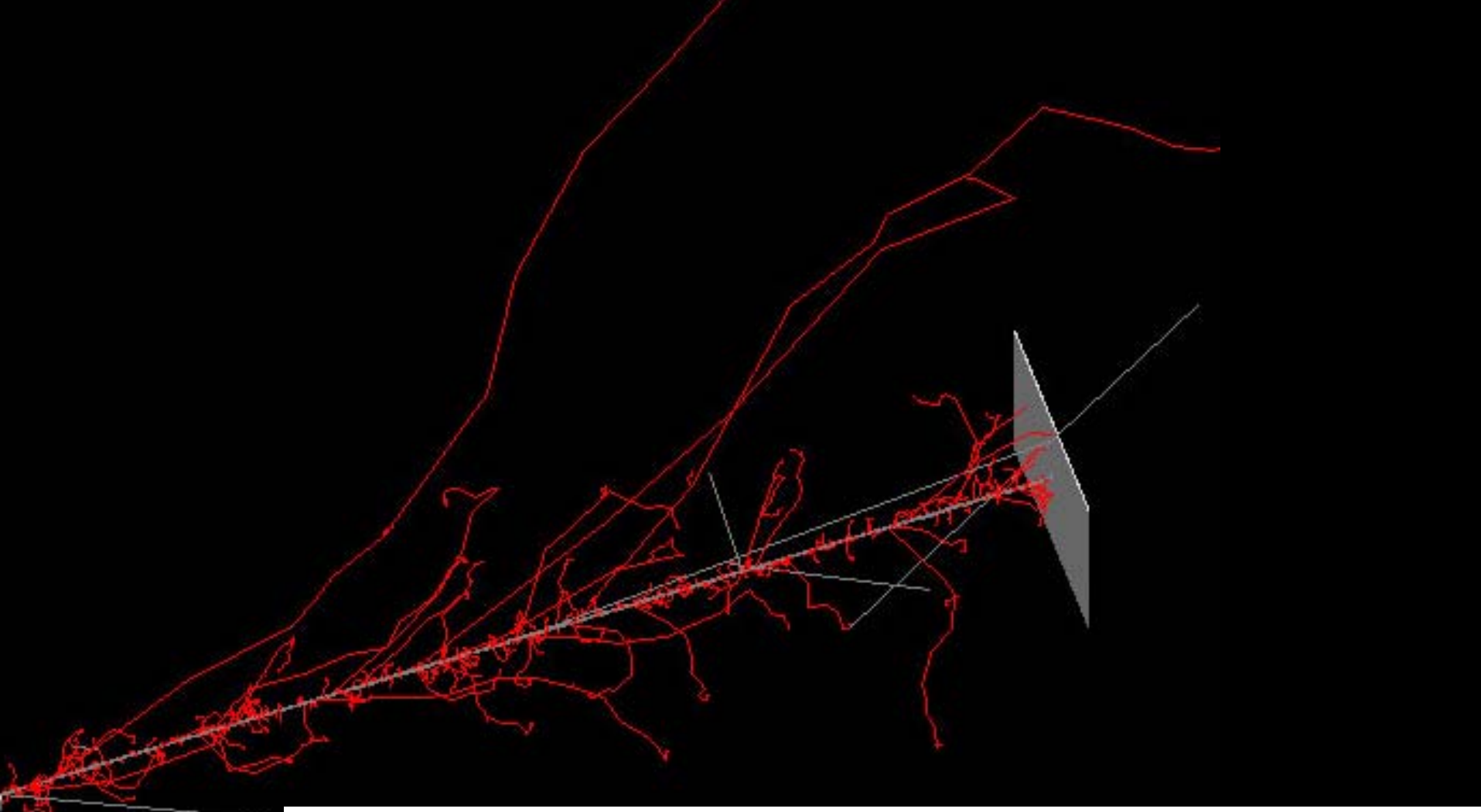
#### Поясняющая записка.

Задачи облучения эмульсии по приоритету:

1. Контролируемое облучение стопки ядерной эмульсии потоком 10<sup>5</sup> ядер <sup>12</sup>C. Необходимо по возможности более равномерное распределение потока по входной площади стопки диаметром 10 см («распушенный» первичный пучок низкой интенсивности).
2. Опытное облучение ЯЭ при настройке канала ЗВ на сепарацию изотопа <sup>10</sup>Be при фрагментации <sup>12</sup>C на полиэтиленовой мишени в фокусе ФЗ.
3. Опытное облучение ЯЭ при настройке канала ЗВ на сепарацию изотопа <sup>8</sup>He при фрагментации <sup>12</sup>C на полиэтиленовой мишени в фокусе ФЗ..

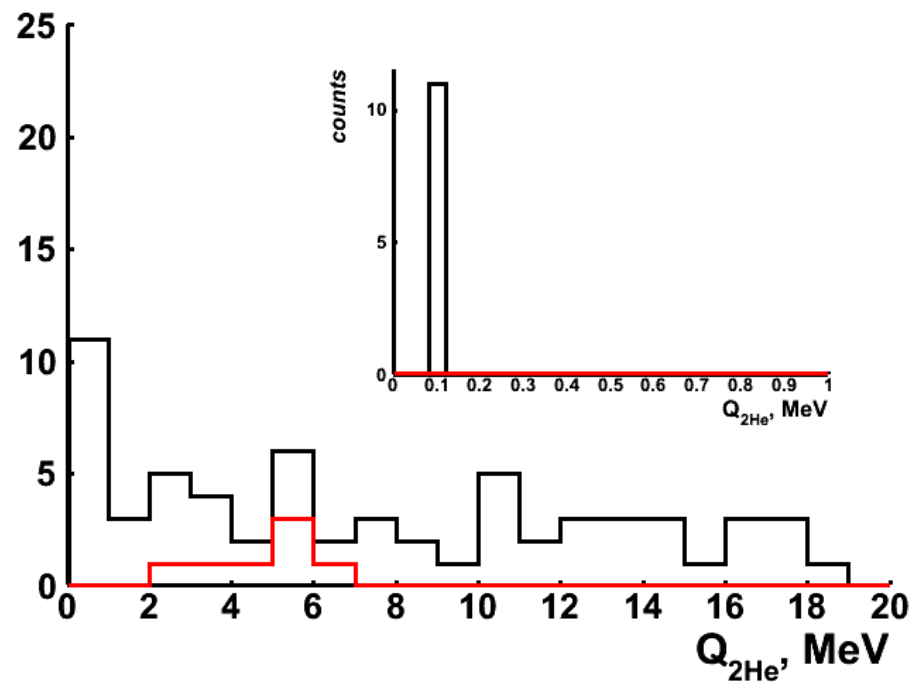
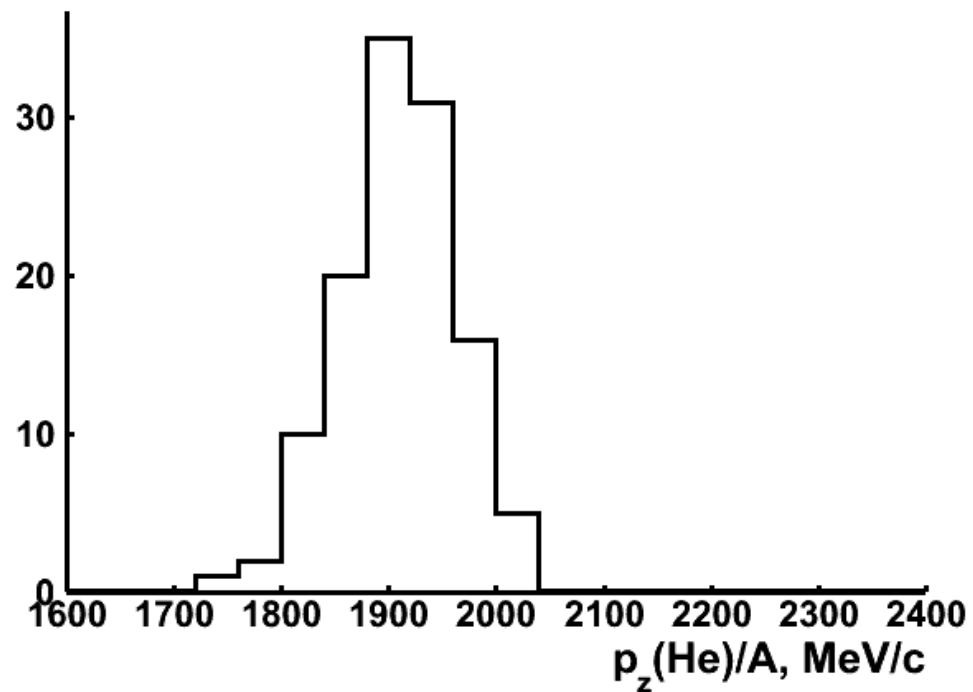
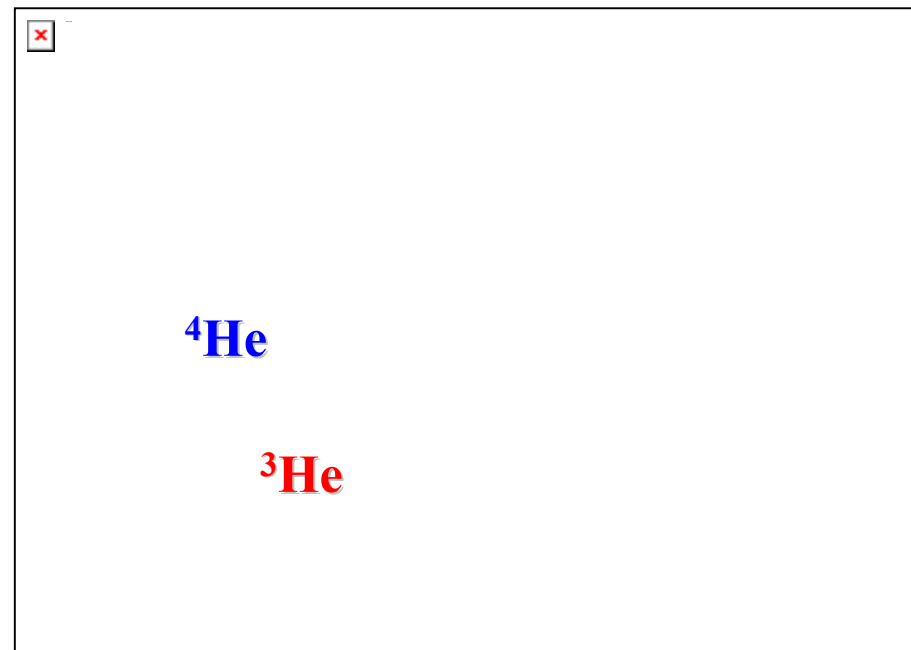
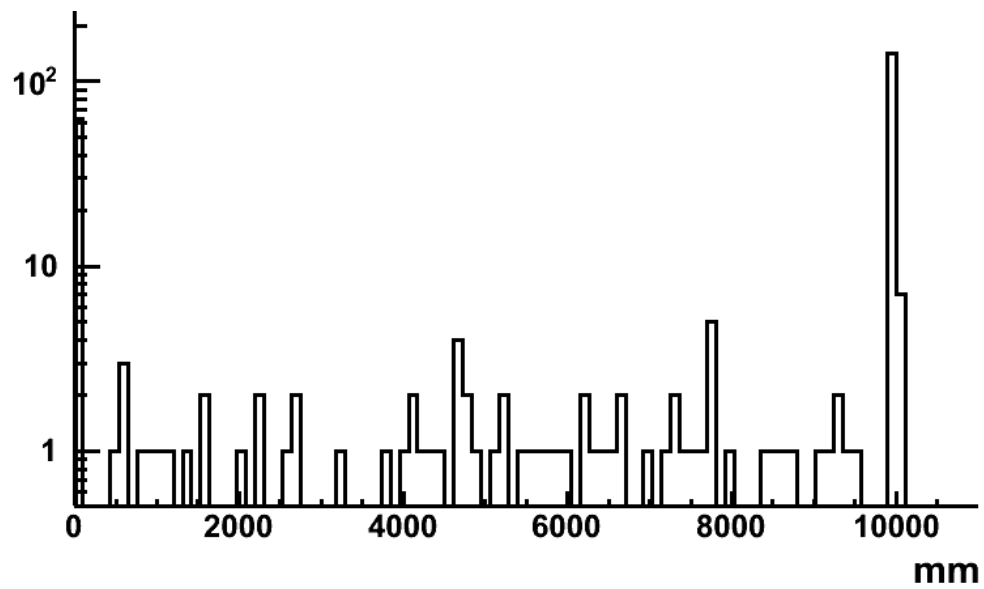
Примечания. Опыт облучения при p/Z=8.01 ГэВ/с получен при работке на СФТ в 1999 г. (Опубликовано [http://becquerel.jinr.ru/text/Papers/04\\_adam.pdf](http://becquerel.jinr.ru/text/Papers/04_adam.pdf))

Возможность работы с другими потребителями отсутствует.

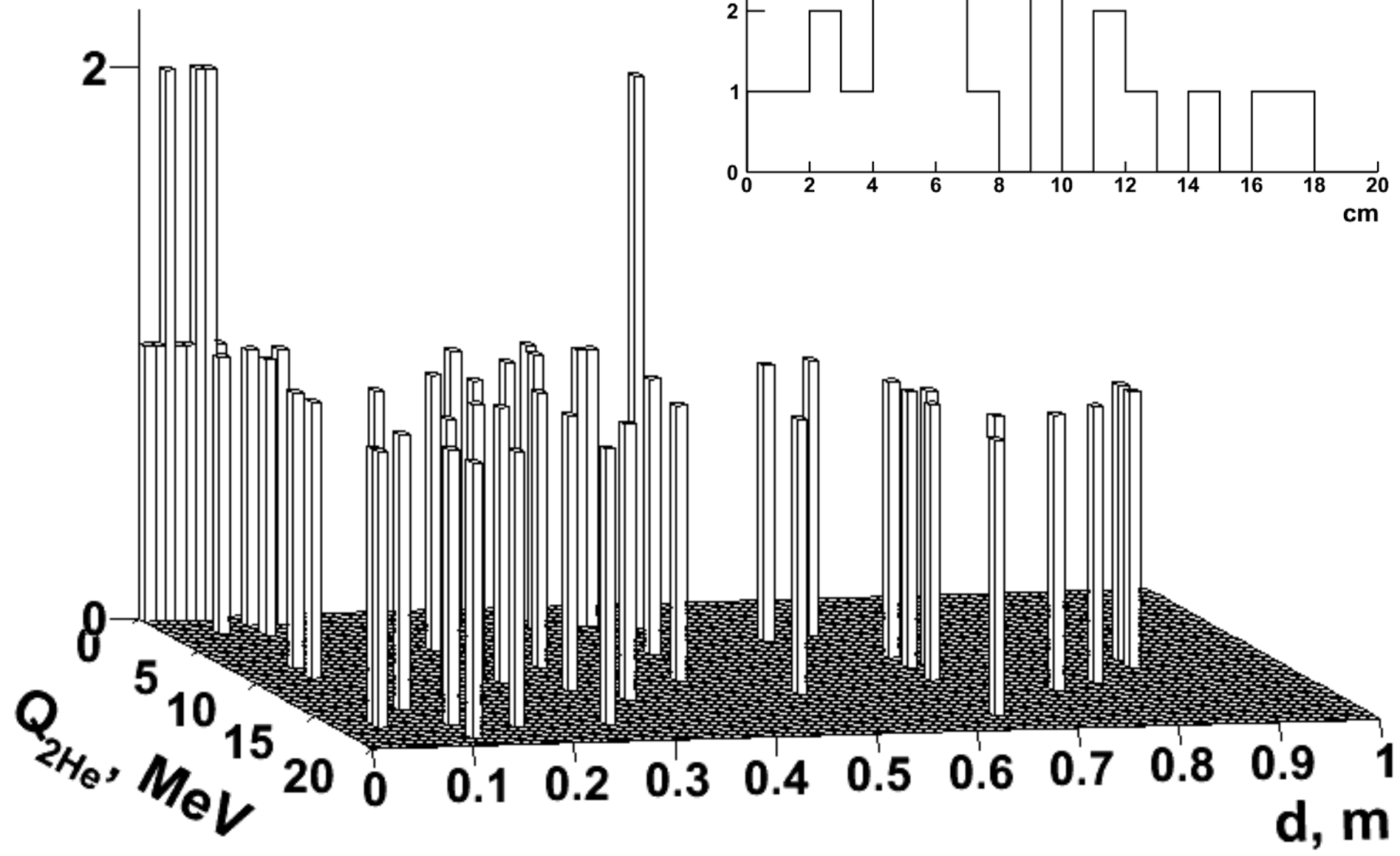
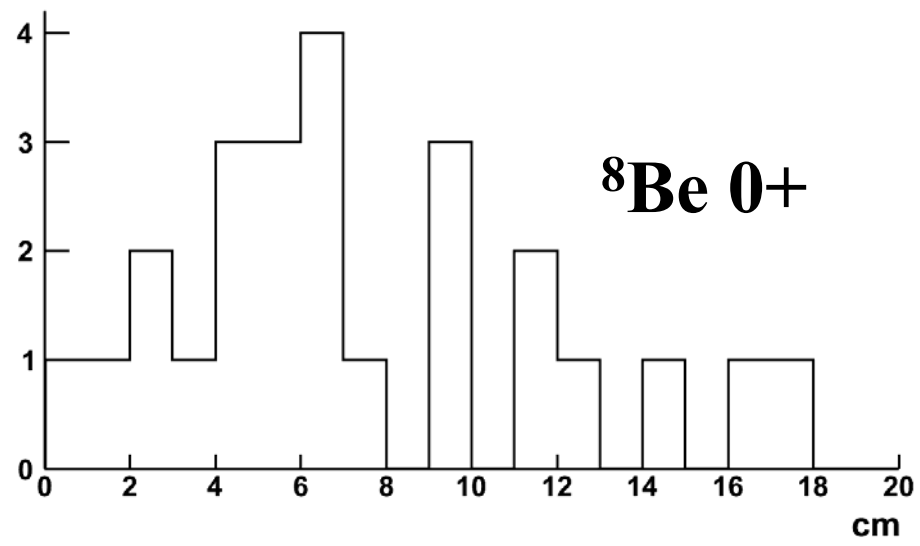


Для моделирования выбрана следующая конфигурация. Мишень толщиной 1 см из полиэтилена помещалась в 1 см от выхода пучка ядер  ${}^9\text{Be}$  с энергией 1.2 А ГэВ ( $E_{\text{tot}} = 10.8$  ГэВ,  $\sigma = 10$  МэВ). На расстоянии 10 м от мишени помещалась плоскость кремниевых детекторов размерами  $200 \times 200 \times 2$  см<sup>3</sup>. Пространство заполнено воздухом.

Число проходов  ${}^9\text{Be}$  через данную установку –  $10^4$ . В качестве модели, описывающей неупругие ядро-ядерные взаимодействия  ${}^9\text{Be}$  с ядрами мишени и среды, использовалась модель QM1, рекомендованная разработчиками Geant4. В результате получено 282 события  ${}^9\text{Be} \rightarrow 2\text{He} + n$  из них, том числе 18 –  ${}^3\text{He} + {}^4\text{He} + n$ , 2 –  $2{}^3\text{He} + n$ , остальные  $2{}^4\text{He} + n$ . В полиэтилене – 63 события, в воздухе – 65, в кремниевом детекторе – 154.



# *Double hit separation*





# Clusters in Nuclei, Volume 3



ABOUT THIS PAGE

GET REPORT

SUBSCRIBE

← SHARE

**AUTHORS** P. I. Zarubin

**DOI** 10.1007/978-3-319-01077-9\_3 [↗](#)

SHOW ACTIVITY FOR:

**SUMMARY**

Combined activity for all chapters

39 0 21 3.18K 0

**CHAPTER 1**

Faddeev Equation Approach for Three-Cluster Nuclear Reactions

1 0 2 530

**CHAPTER 2**

Electromagnetic Transitions as a Probe of Nuclear Clustering

3 0 2 516

**CHAPTER 3**

"Tomography" of the Cluster Structure of Light Nuclei via Relativistic Dissociation

12 0 1 525

**CHAPTER 4**

From Light to Hyper-heavy Molecules and Neutron-Star Crusts in a Dynamical Mean-Field Approach

5 0 8 559

**CHAPTER 5**

Covalent Binding on the Femtometer Scale: Nuclear Molecules

4 0 2 513

**CHAPTER 6**

11 0 0 535

CITATIONS

12

MENTIONS

0

READERS

1

DOWNLOADS

525

## SPRINGERLINK DOWNLOAD SUMMARY

This chapter has been downloaded a total of 525 times.

