



BECQUEREL  
PROJECT

Проект  
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)

Clustering

Quest in

Relativistic Multifragmentation

<http://becquerel.jinr.ru>

# Нестабильные ядра в когерентной диссоциации легких ядер

Д. А. Артеменков, А. А. Зайцев, П. И. Зарубин

Лаборатория физики высоких энергий имени  
В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ

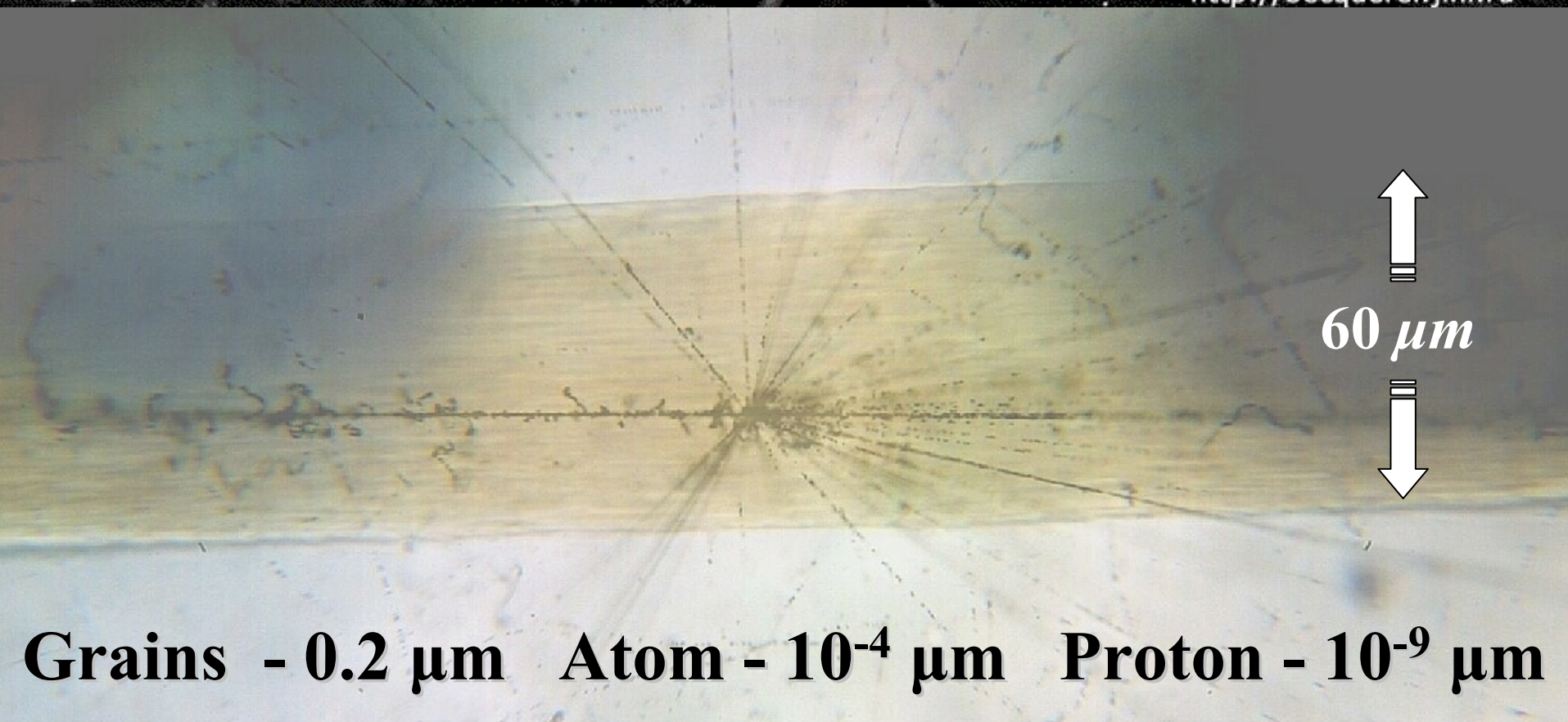


BECQUEREL  
PROJECT

Проект  
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)  
Clustering  
Quest in  
Relativistic Multifragmentation

<http://becquerel.jinr.ru>



Проект опирается на метод ядерной эмульсии обеспечивающий непревзойденное пространственное разрешение ( $0.5 \text{ мкм}$ ) и диапазон чувствительности при измерении следов заряженных частиц, начиная с сильноионизирующих короткопробежных ионов и вплоть до однозарядных релятивистских частиц. Применение ЯЭ на вновь создаваемых пучках ускорителей релятивистских ядер позволяет вести анализ, недоступный электронным методам детектирования. Точность и полнота измерения углов испускания фрагментов, рожденных в периферических взаимодействиях релятивистских ядер, дает уникальные возможности изучения нуклонной кластеризации легких ядер.

## Владимир Иосифович Векслер (1907-1966)



4 марта 2007 г. исполнилось **100** лет со дня рождения академика Владимира Иосифовича Векслера, физика с мировым именем, лауреата Ленинской премии, Государственной премии СССР и премии "Атом для мира" (США). Владимир Иосифович Векслер - автор важнейших открытий в области физики и техники ускорителей заряженных частиц, основатель и первый руководитель Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

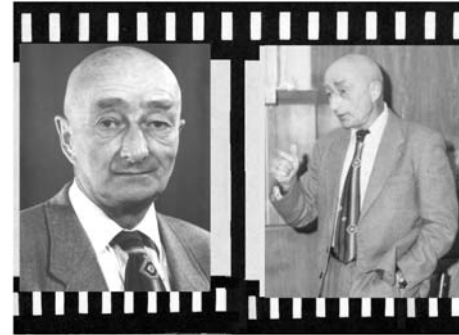


BECQUEREL  
PROJECT

Проект  
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)  
Clustering  
Quest in  
Relativistic Multifragmentation  
<http://becquerel.jinr.ru>

**К 100-летию  
Константина  
Дмитриевича  
Толстова  
(21.07.1915 - 03.09.1993)**



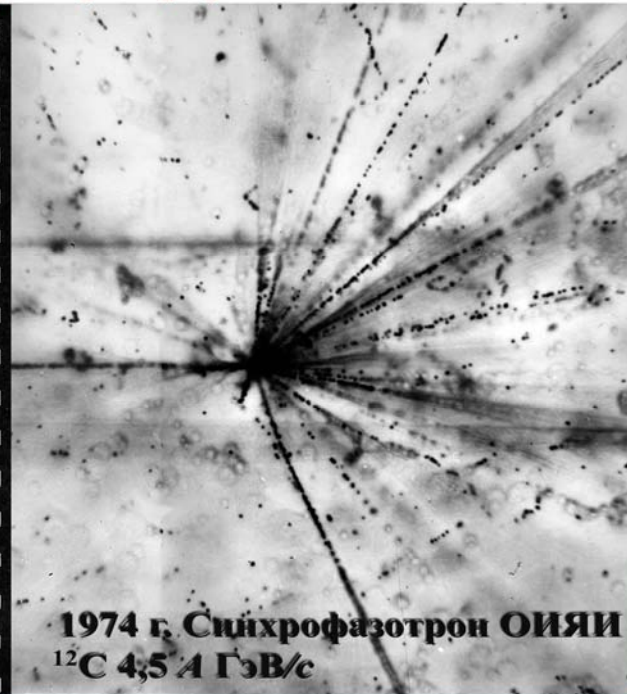
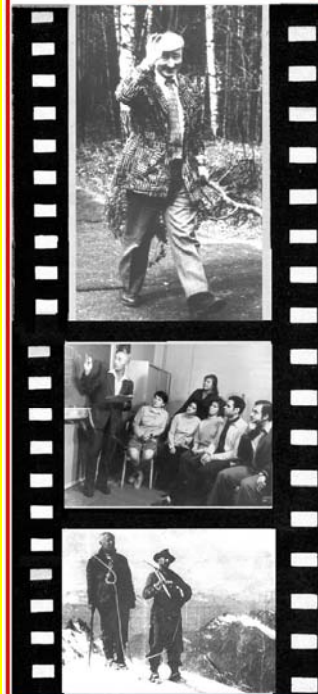
**Семинар ЛФВЭ**

(рук. В. А. Никитин)

19 июня 2015 г. 11-30 Большой конференц-зал ЛФВЭ

**В. А. Никитин, В. В. Глаголев Вступительные замечания**

**П. И. Зарубин «Ядерная фотография: из века XX-го в XXI-й»**



1974 г. Синхрофазотрон ОИЯИ  
 $^{12}\text{C}$  4,5 А ГэВ/с

1  
АКАДЕМИЯ НАУК СОВЕТА СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК  
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П. Н. ЛЕВЦЕВА

Диссертация  
по Акустике  
11.4.852

Диссертация  
№ А-74 от 28/12/1964  
13

К. Д. ТОЛСТОВ

ЗАМЕДЛЕНИЕ, ДИФФУЗИЯ И ЭНЕРГИЯ МЕДЛЕННЫХ  
НЕЙТРОНОВ ВЕТРИ в на ГРАНИЦЕ РАЗЛИЧНЫХ СРЕД.

Диссертация, представленная на  
соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук

Исп. № 11.4.852/1

13  
95 12/15.53  
г. Москва, 1962 год.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

К. Д. Толстов

РЕЗУЛЬТАТЫ И НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ  
ФОТОЭМУЛЬСИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ЧАСТИЦ И АТОМНЫХ ЯДЕР

Диссертация  
на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук

Д у б н а  
1966г.

## *Александр Михайлович Балдин (1926-2001)*

Академик Александр Михайлович Балдин, выдающийся ученый в области физики элементарных частиц и атомного ядра, родился 26 февраля 1926 года в Москве на Красной Пресне. В годы Гражданской войны его отец был командиром и комиссаром в знаменитой азинской Железной дивизии. Юность и студенчество Александра Михайловича пришлось на суровые, голодные годы войны и послевоенного восстановления. Он закончил паровозный техникум, стал студентом Московского института инженеров транспорта. Уже в эти годы он осознал свое призвание к научному творчеству. В 1946 г. среди других студентов-отличников он был приглашен продолжить образование во вновь созданном Московском механическом институте боеприпасов, впоследствии Московском инженерно-физическом институте. В 1949 году после окончания Московского инженерно-физического института он был направлен в Физический институт имени П.Н. Лебедева АН СССР, где прошел путь от младшего научного сотрудника до руководителя сектора теоретиков, стал доктором наук и профессором.

Он сформировался как ученый под влиянием блестящей плеяды



## **Семинар ЛФВЭ** (рук. В. А. Никитин)

26 февраля 2016 г. в 11:30. Большой конференц-зал ЛФВЭ

**К 90-летию со Дня рождения академика  
Александра Михайловича Балдина  
(26.02.1926 – 29.04.2001)**



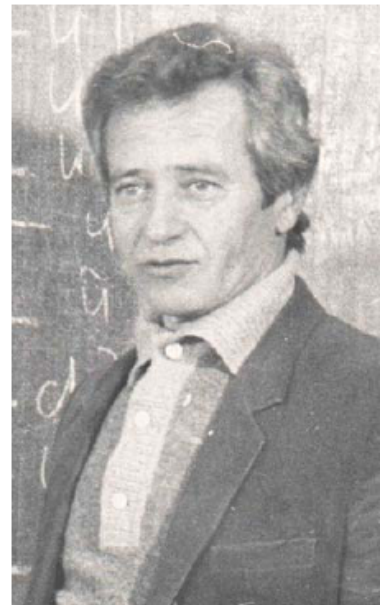
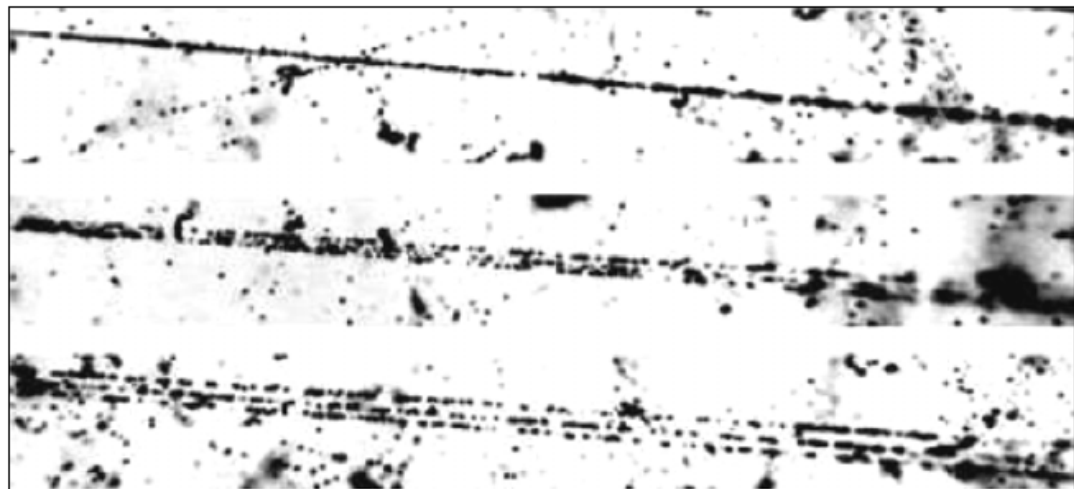
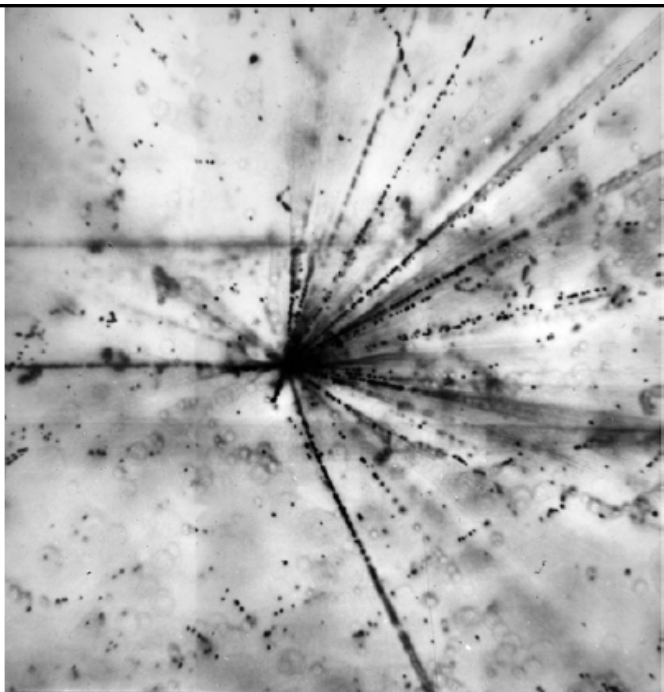
**А. И. Малахов** Вступительные замечания

**П. И. Зарубин** «Исследования с релятивистскими ядрами на нуклотроне ОИЯИ: истоки, достижения, возможности»

A black and white close-up portrait of a man with a serious expression, looking slightly to the right. He has short, dark hair and is wearing a suit jacket and a tie. The background is blurred, showing other people in a crowd.

*“Творческая атмосфера ФИАН и мои учителя постоянно давали понять: не количественные результаты и формулы являются конечными продуктами, а созданные на их основе образы, картины процессов.”*

*А. М. Балдин “Сочинение на заданную тему” (1996 г.)*





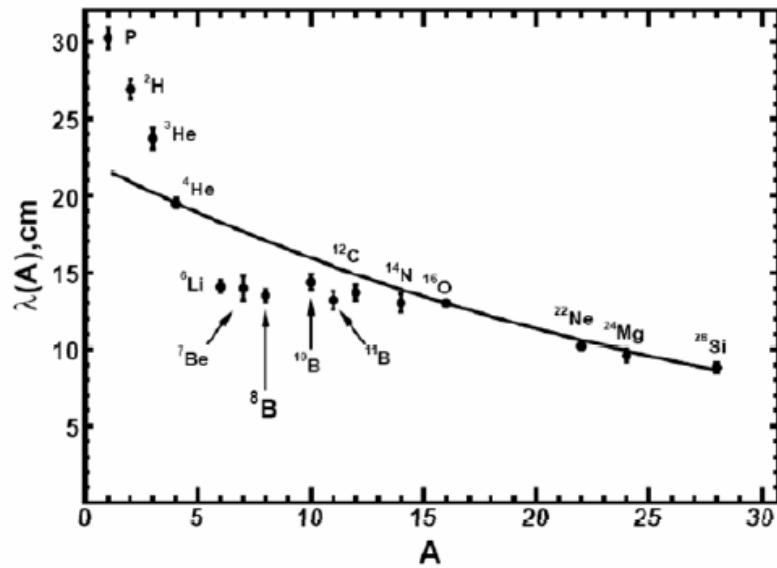


Рис. II.11 Данные по пробегам легких ядер в эмульсии, включая измерения настоящей работы ( ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^8\text{B}$ ,  ${}^{10,11}\text{B}$ ,  ${}^{14}\text{N}$ )

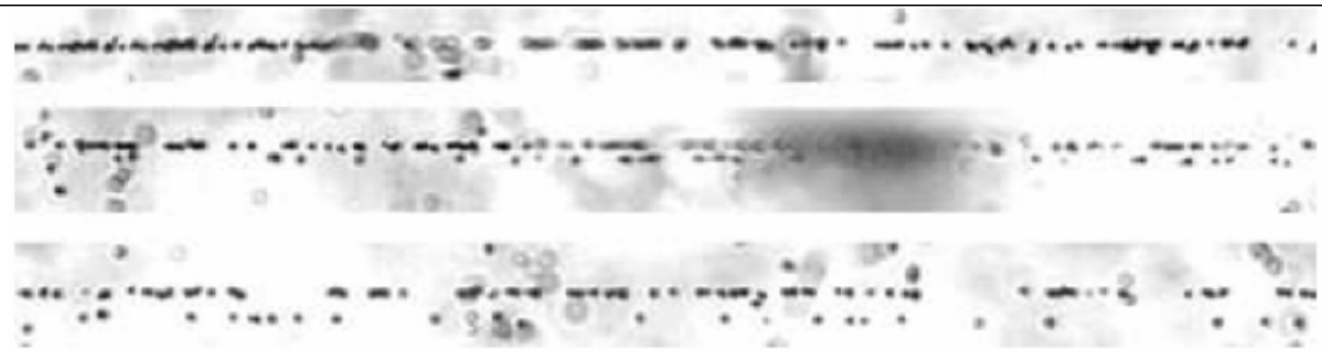
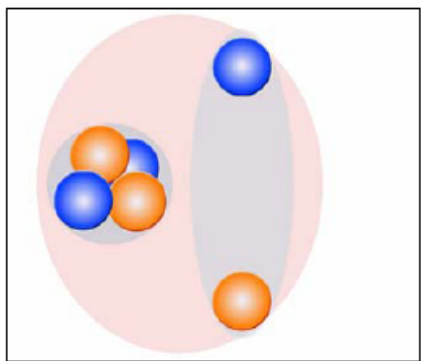
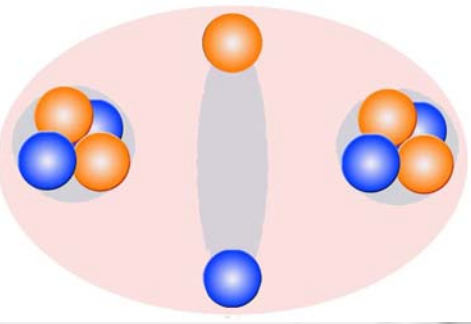
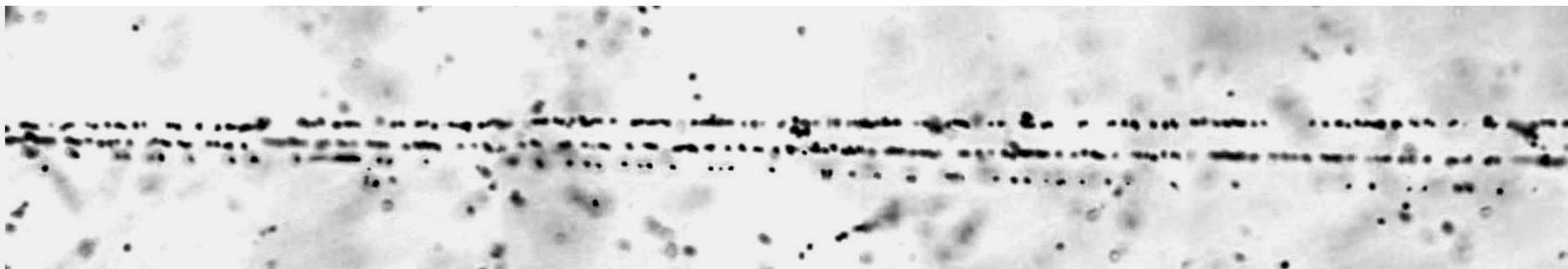


Рис II.12. Фрагментация релятивистского ядра  ${}^6\text{Li}$  на одно- и двухзарядный фрагмент в эмульсии; на верхней фотографии видна вершина взаимодействия и узкая струя их двух фрагментов; при смещении вдоль струи фрагментов (нижние фотографии) отчетливо разделяются один однозарядный и один двухзарядный фрагменты



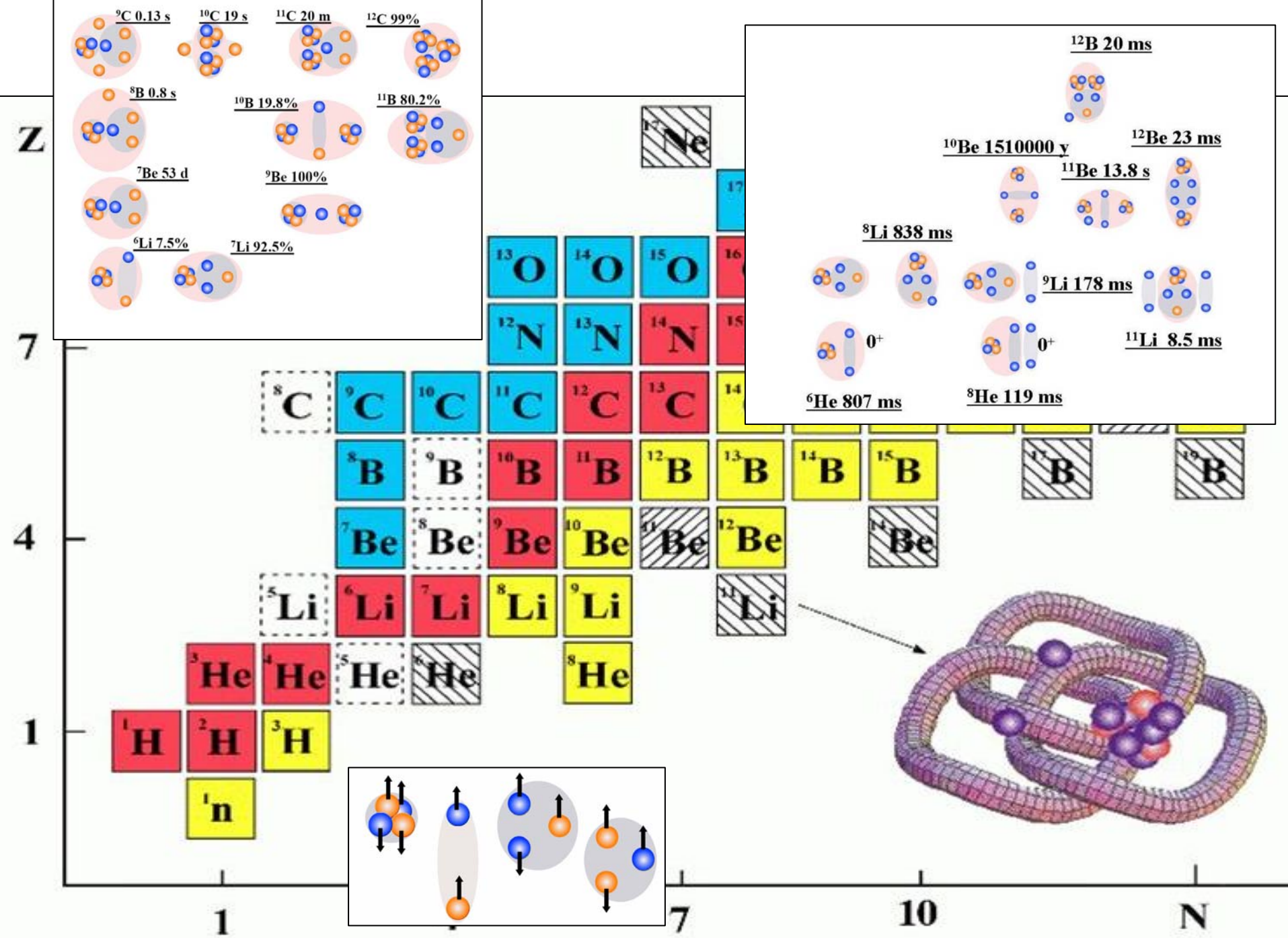
**1.0 А ГэВ  $^{10}\text{B}$**

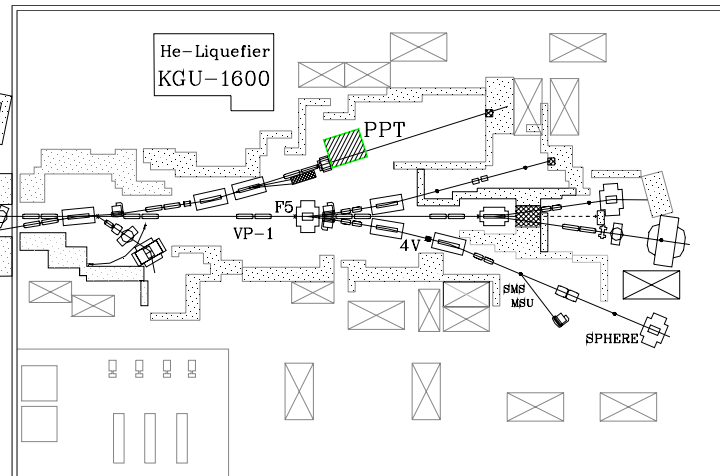
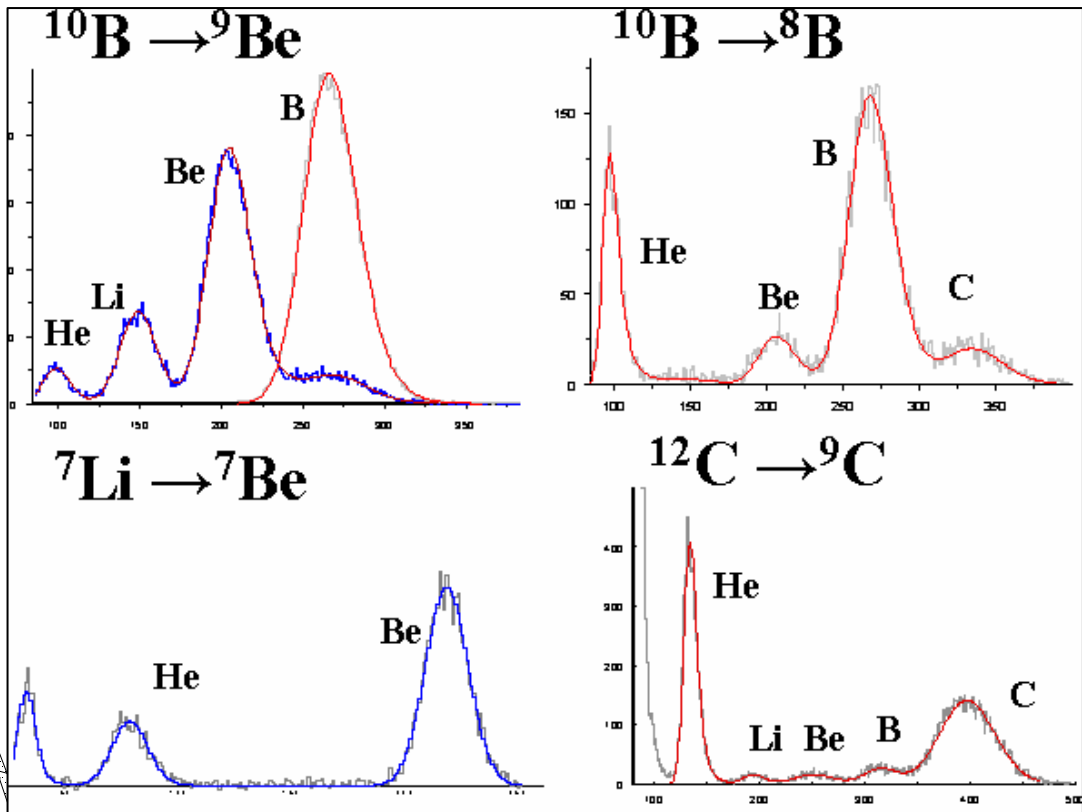
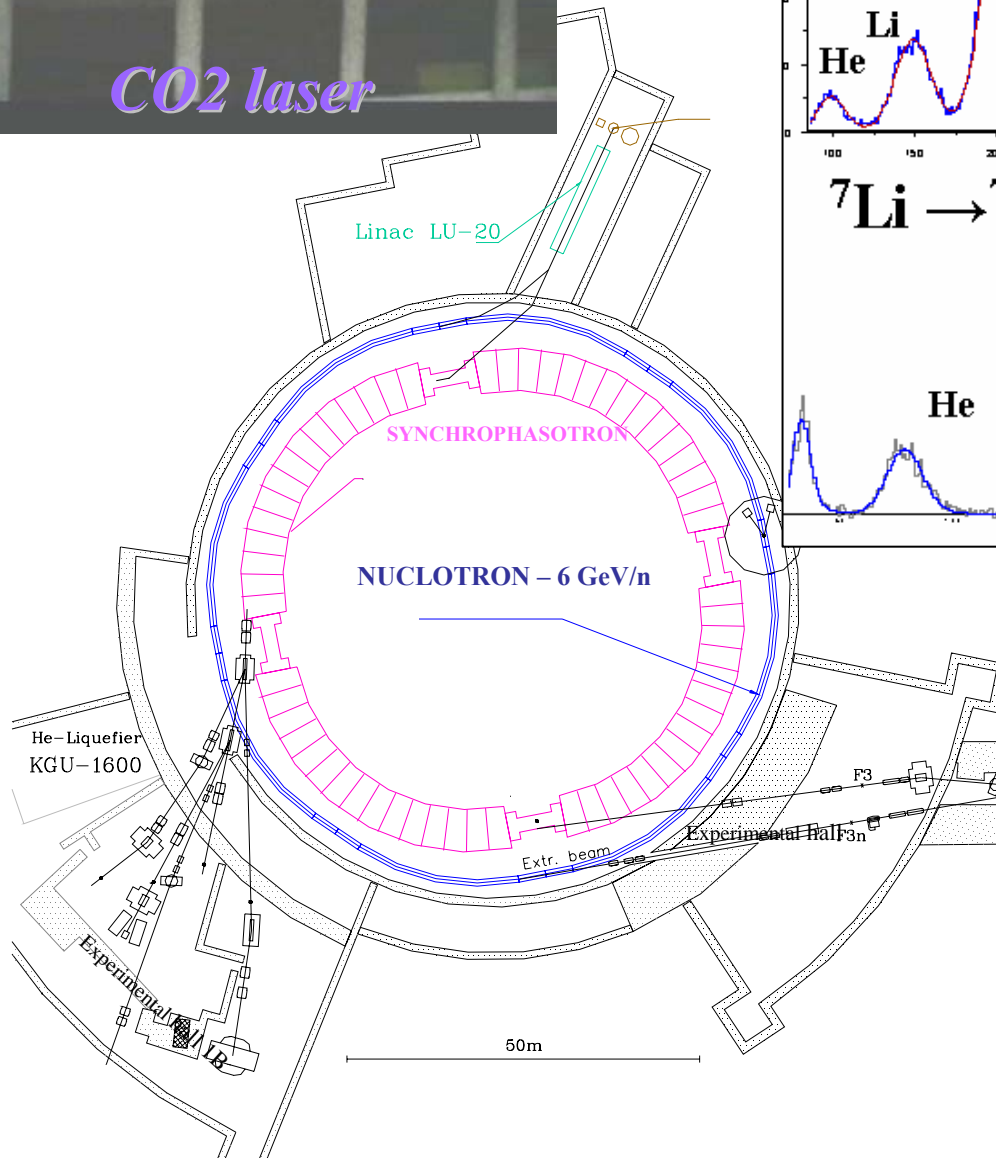


**$^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$  в 70% «белых» звезд.**

**H – дейтрон в 40% из них**

**(как и в  $^6\text{Li}$ ).  $^{10}\text{B} \rightarrow ^9\text{Be} + p$  – 3%**





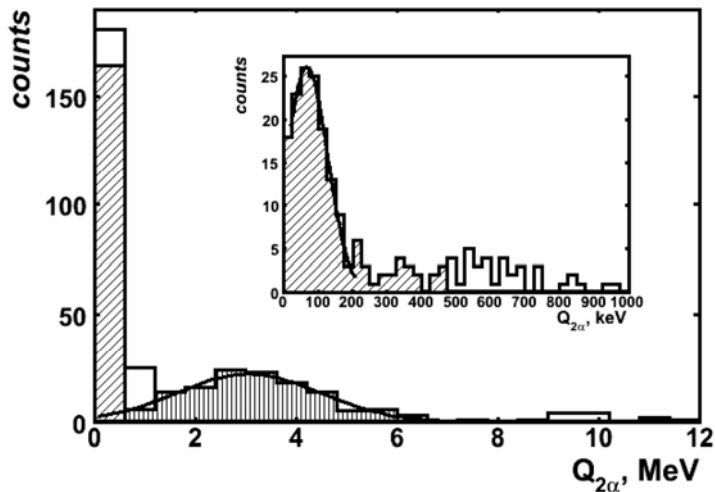
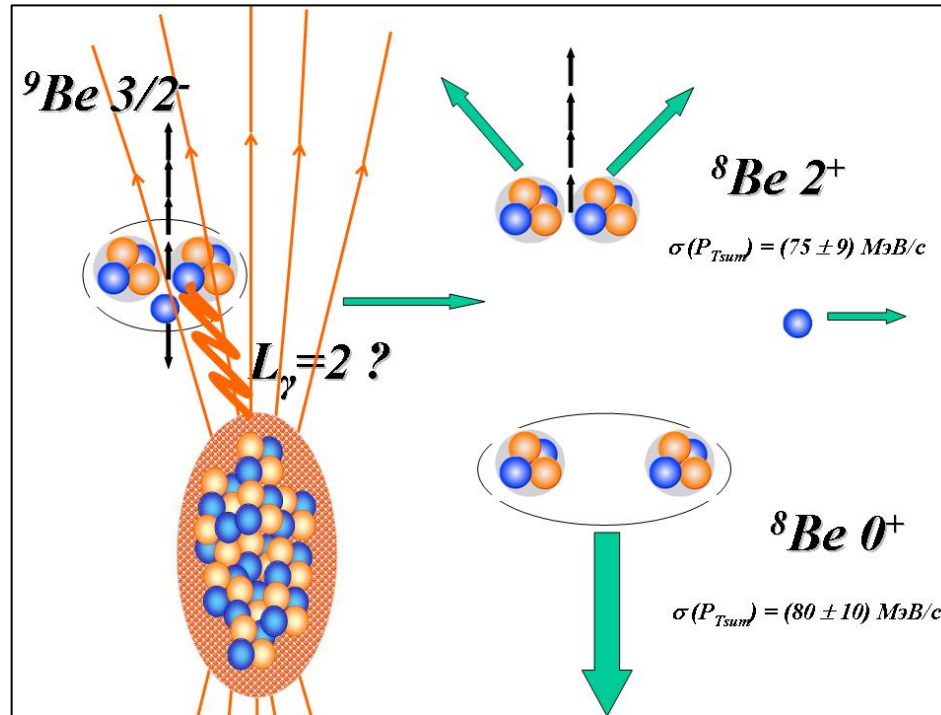


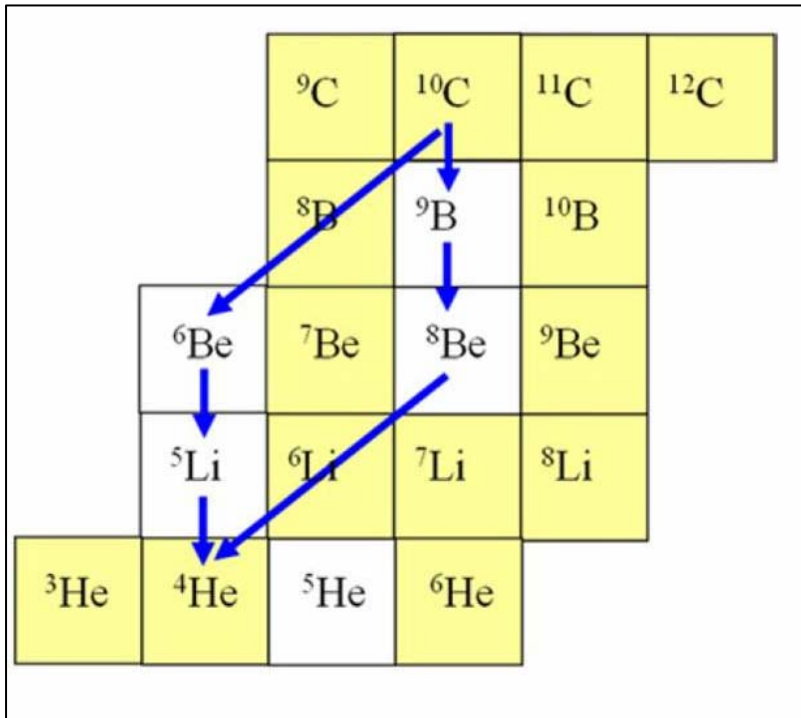
Рис. 7. Распределение событий фрагментации  ${}^9\text{Be} \rightarrow 2\alpha$  по величине энергии  $Q_{2\alpha}$  пары  $\alpha$ -частиц; наклонно заштрихованная гистограмма - события с углами разлета  $\theta_n$ ; вертикально заштрихованная гистограмма - события с углами разлета  $\theta_w$ ; на вставке - увеличенное распределение событий по  $Q_{2\alpha}$  в области углов  $\theta_n$ ; сплошная гистограмма - суммарное распределение



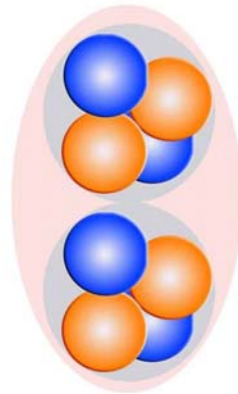
Представленные данные можно рассматривать как доказательство того, что в структуре ядра  ${}^9\text{Be}$  с высокой вероятностью имеется кор в виде двух состояний ядра  ${}^8\text{Be}$  и внешнего нейтрона. Полученные результаты согласуются с теоретическими работами по описанию структуры ядра  ${}^9\text{Be}$ , предполагающими присутствие в его основном состоянии состояния  $0^+$  и  $2^+$  ядра  ${}^8\text{Be}$  приблизительно с одинаковыми весами.

Основной целью исследования ядер с избытком протонов является, изучение структурной связи протонов, изучение влияния заряда на образование кластерных структур и образование протонного гало, а также изучение нестабильных ядер основы.

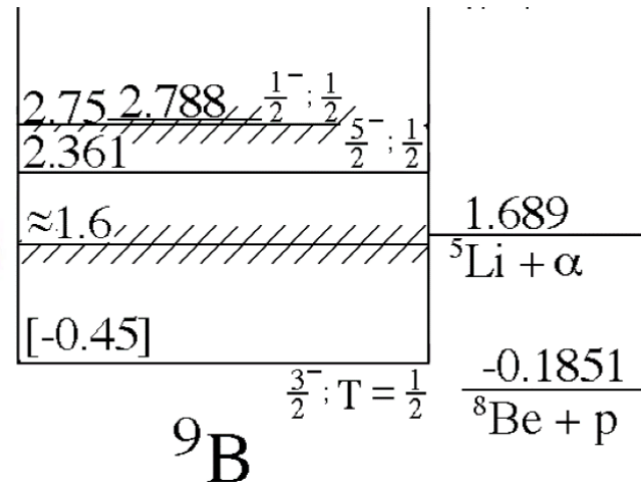
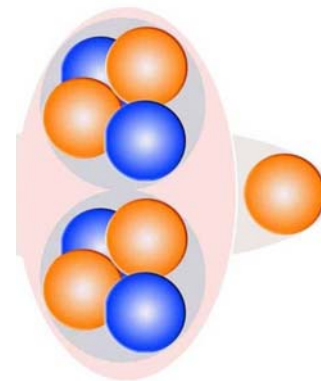
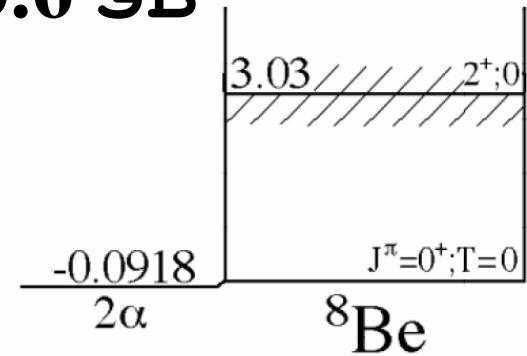
Использование ядерной эмульсии для изучения релятивистской фрагментации радиоактивных ядер с протонным избытком имеет особые преимущества благодаря большой полноте наблюдения конечных состояний.

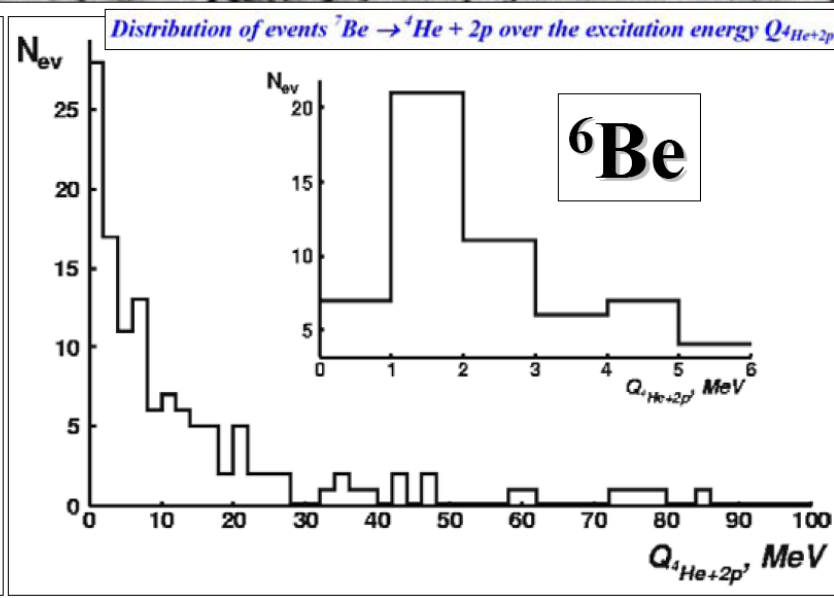
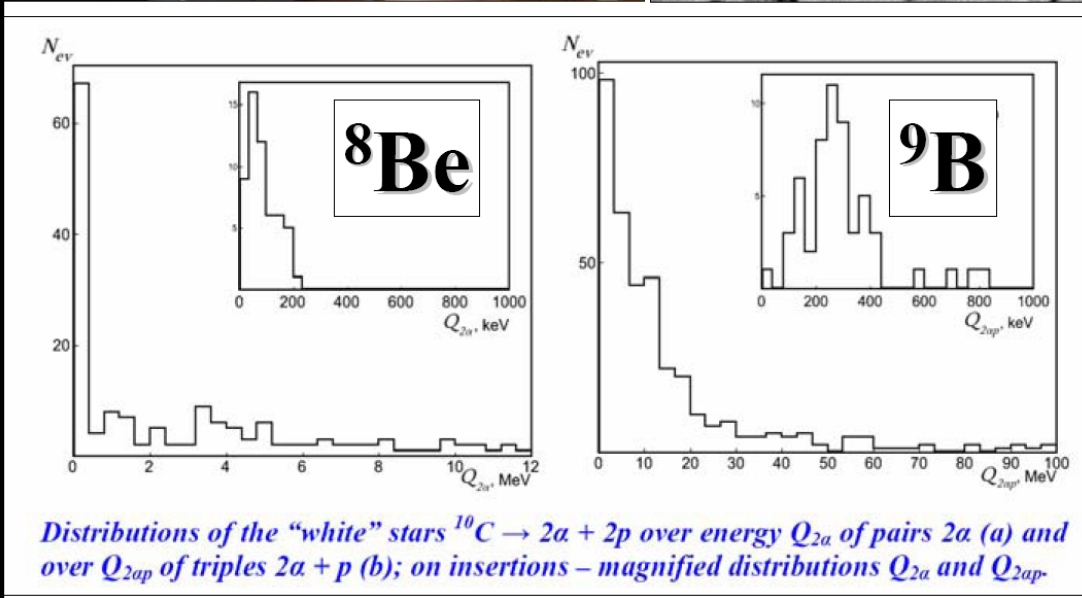
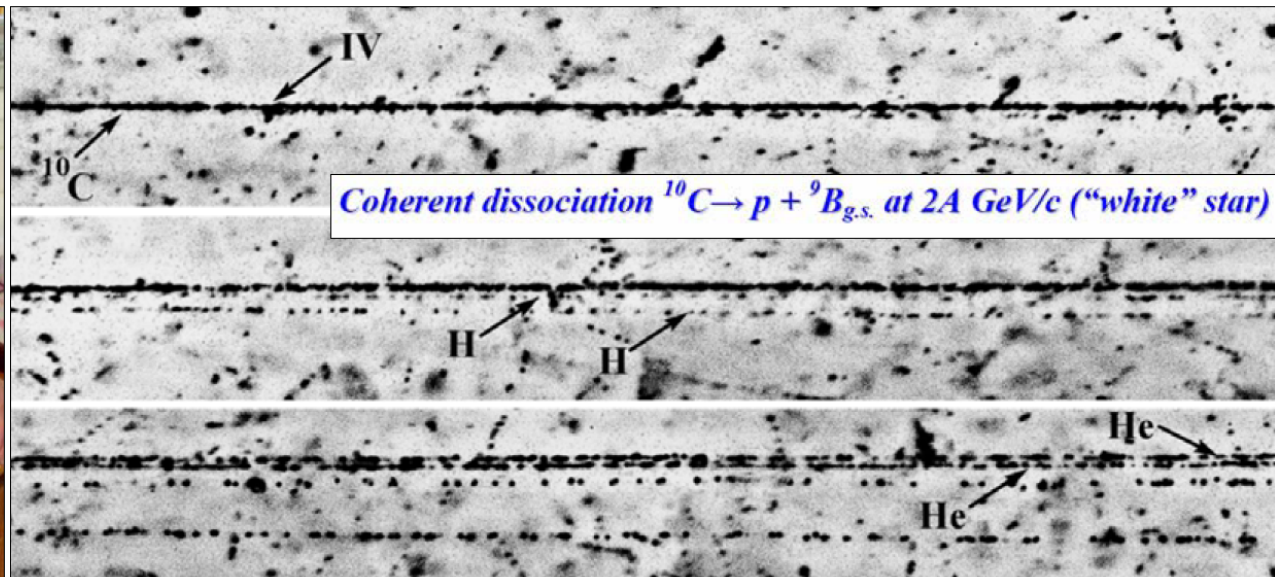
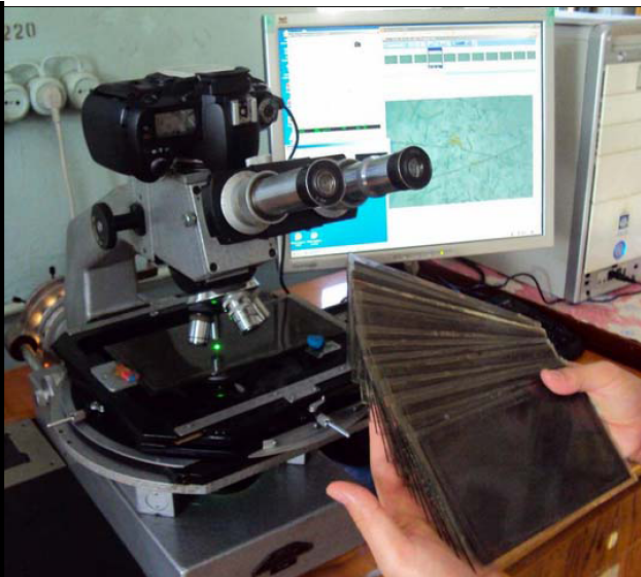


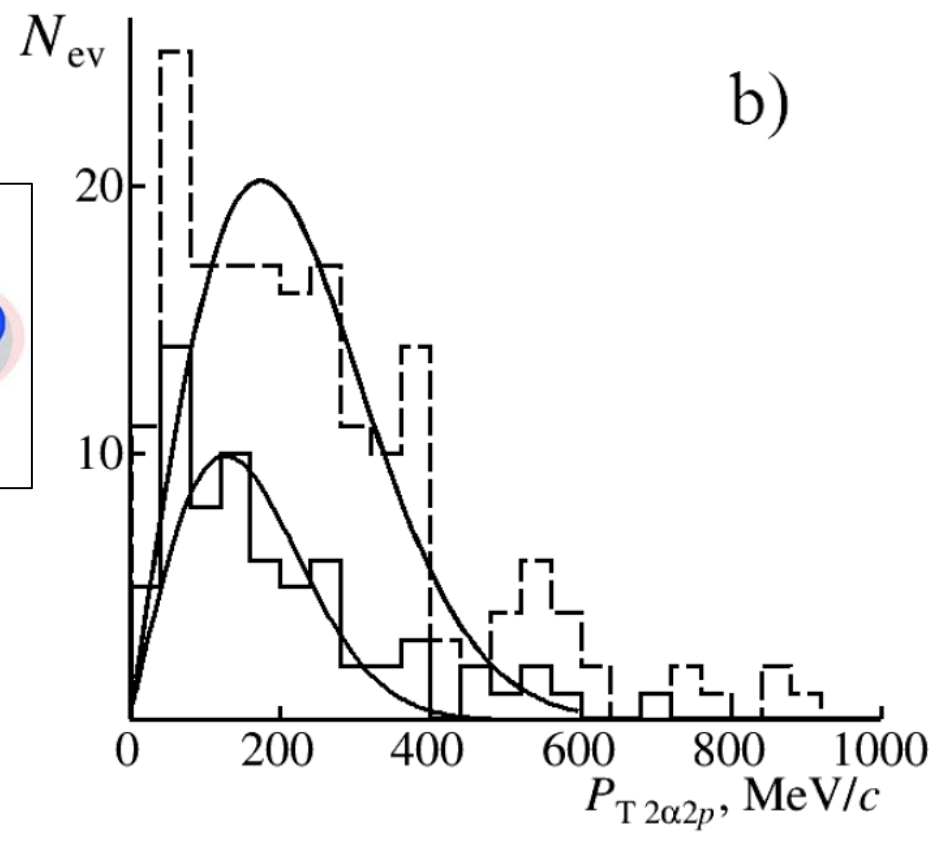
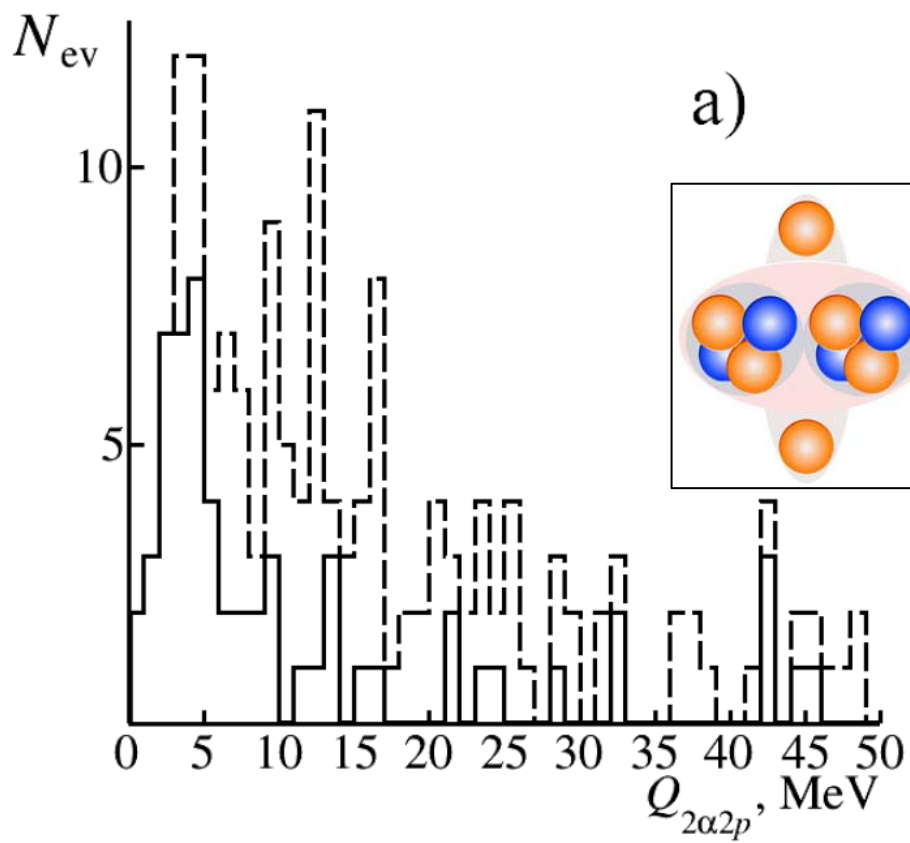
$\Gamma = 0.54$  кэВ



$\Gamma = 5.6$  эВ

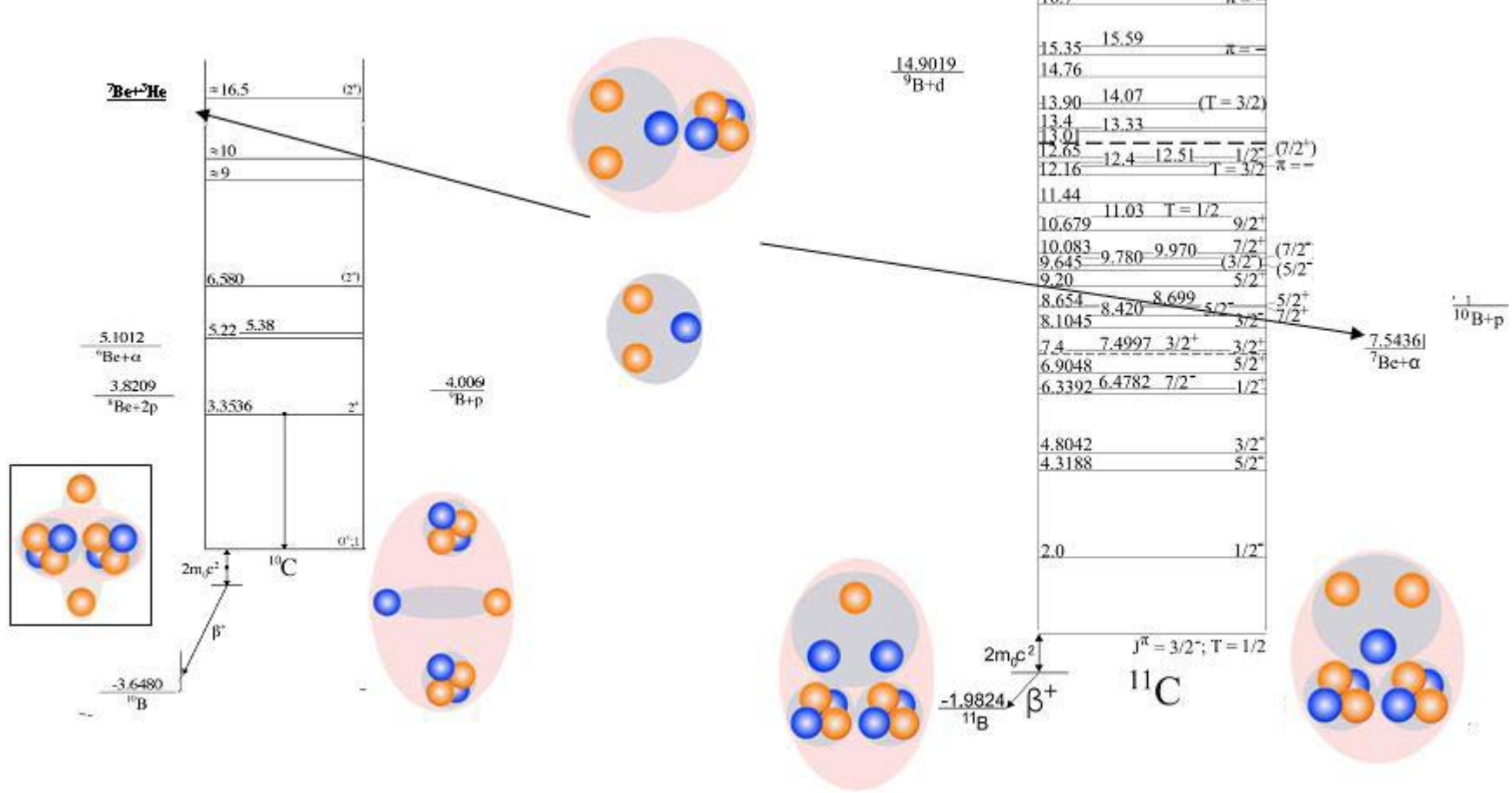






**Распределение  $Q_{2\alpha 2p}$  «белых» звезд  $^{10}\text{C}$ , содержащих  $^9\text{B}$ , отличается четкий пик с максимумом при  $4.1 \pm 0.3$  МэВ и RMS 2,0 МэВ. Статистика пика составляет  $17 \pm 4$  % от общего числа «белых» звезд  $^{10}\text{C}$  или  $65 \pm 14$  % от содержащих  $^9\text{B}$ .**





Рассмотрение нуклеосинтеза <sup>10,11</sup>B, <sup>11,10</sup>C и <sup>12</sup>N через <sup>7</sup>Be (<sup>3</sup>He,γ)<sup>10</sup>C(e<sup>+</sup>, ν)<sup>10</sup>B ("горячий прорыв») указывает на важность в их структуре несвязанных ядер. Синтез <sup>10</sup>C, идущий с нарастанием счет α-кластеризации, имеет «окно» для формирования состояний <sup>9</sup>B + p, <sup>8</sup>Be<sub>2+</sub> + 2p и <sup>6</sup>Be + α. Эти стуктуры сохраняются в <sup>10</sup>C(e<sup>+</sup>,ν)<sup>10</sup>B (p, γ)<sup>11</sup>C(e<sup>+</sup>,ν)<sup>11</sup>B. «Окно» реакции <sup>7</sup>Be(<sup>4</sup>He,γ)<sup>11</sup>C ведет только к ассоциации <sup>7</sup>Be и <sup>4</sup>He, которая также вносит вклад в <sup>11</sup>C и <sup>11</sup>B. В результате электромагнитных переходов в реальных конфигурациях возникает их разнообразие в ядрах <sup>10,11</sup>C и <sup>10,11</sup>B.

**В качестве фундаментальных элементов своей структуры легкие ядра содержат виртуальные ассоциации нуклонов, или кластеры. Их простейшие наблюдаемые проявления – легчайшие ядра  ${}^4_3\text{He}$  и  ${}^3_2\text{H}$ , не имеющие возбужденных состояний. Суперпозиции легчайших кластеров и нуклонов образуют следующие ядра, в том числе нестабильные  ${}^8\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$ , которые, в свою очередь, играют роль составляющих кластеров.**

**Баланс возможных суперпозиций в состояниях с подходящим спином и четностью определяет факт связанности и параметры основного состояния соответствующего ядра. Кластеризация основного состояния легкого ядра определяет структуру его возбуждений и начальные условия реакций с его участием. Дальнейшее присоединение нуклонов и легчайших ядер ведет к оболочечному типу структуры. Переплетение кластерных и оболочечных степеней свободы делает группу легких ядер своего рода «лабораторией» ядерной квантовой механики все еще полной сюрпризов.**

**Кластеризация лежит в основе процессов, сопровождающих явления физики ядерных изобар, гиперядер, кварк-партонных степеней свободы. Представления о кластеризации ядер важны для применений в ядерной астрофизике, физике космических лучей, ядерной медицине и, возможно, даже для ядерной геологии.**

# Book Performance Report

## 2014

June 2015

Dear Christian Beck,

### Chapter 3

**“Tomography” of the Cluster Structure of Light Nuclei via Relativistic Dissociation**

P.I. Zarubin

Year	Chapter Downloads
2014	1,151
2013	565

Lecture Notes in Physics 875

Christian Beck *Editor*

Clusters  
in Nuclei,  
Volume 3

 Springer

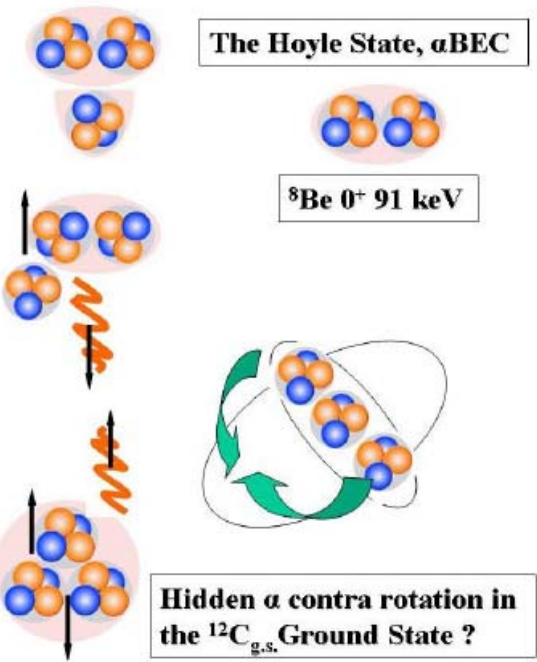
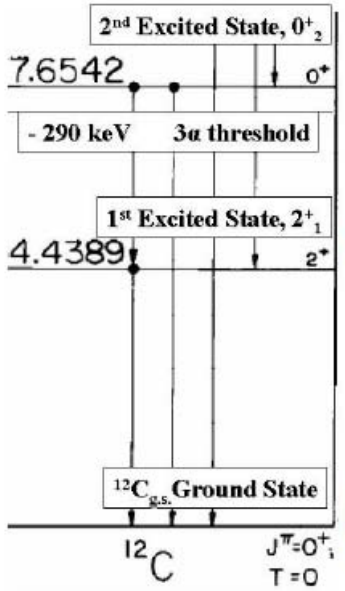
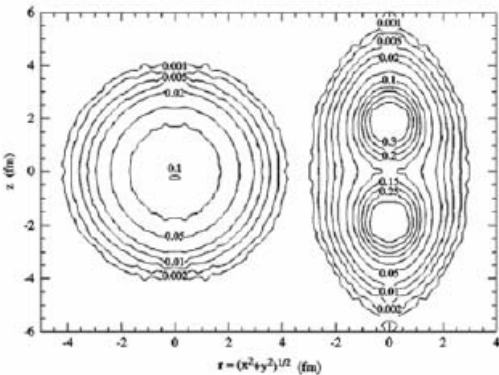
ISBN 978-3-319-01077-9  
(ebook)

ISBN 978-3-319-01076-2  
(print book)

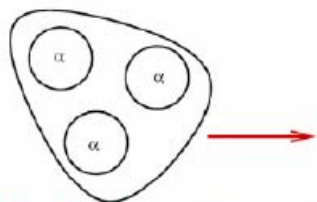
# Alpha-Clusters in Nuclear Systems

P. Schuck

Y. Funaki, H. Horiuchi, G. Röpke,  
A. Tohsaki, W. von Oertzen and T. Yamada

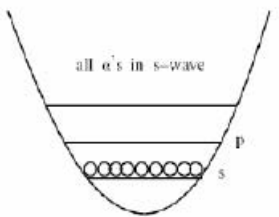
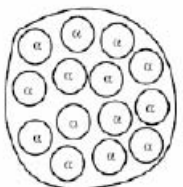


If  $O_2^+$  in  $^{12}C$  dilute  $\alpha$ -state

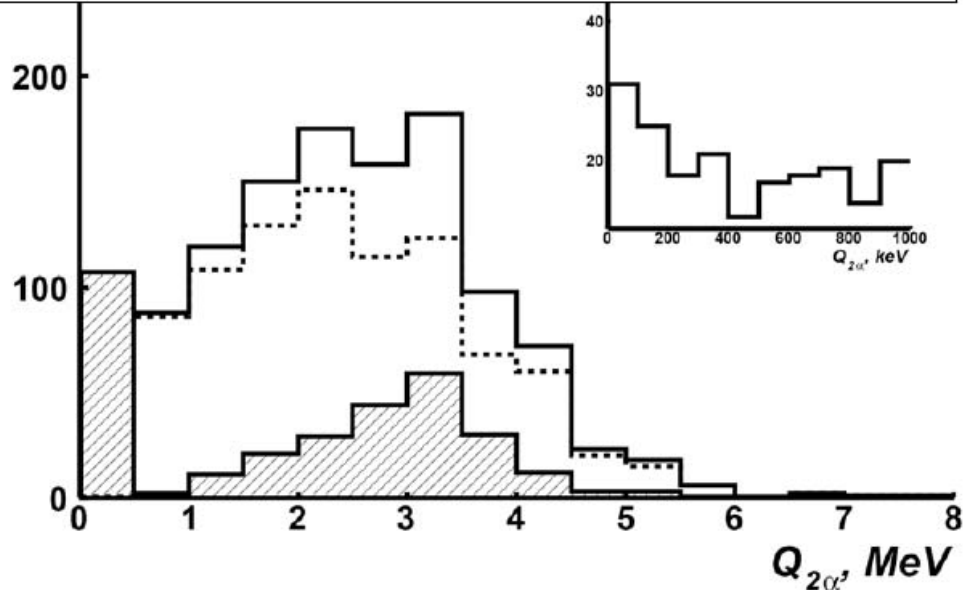


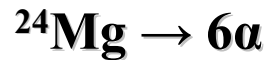
then  $\alpha$ -condensate  
infinite matter  $\rho_{crit} \sim \frac{\rho_0}{3}$

**Conjecture:** all n. $\alpha$  nuclei possess excited  $n\alpha$  condensed state



## КОРРЕЛЯЦИИ $\alpha$ -ЧАСТИЦ В РАСЩЕПЛЕНИЯХ ЯДЕР $^{12}C$ НЕЙТРОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 14.1 МЭВ





## Electromagnetic dissociation of relativistic $^{18}\text{O}$ nuclei

D. L. Olson and B. L. Berman

*Lawrence Livermore Laboratory, University of California, Livermore, California 945*

D. E. Greiner, H. H. Heckman, P. J. Lindstrom, and G. D. Westfall

*Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, California*

H. J. Crawford

*University of California Space Sciences Laboratory, Berkeley, California 94720*

