



BECQUEREL
PROJECT

Проект
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)

Clustering

Quest in

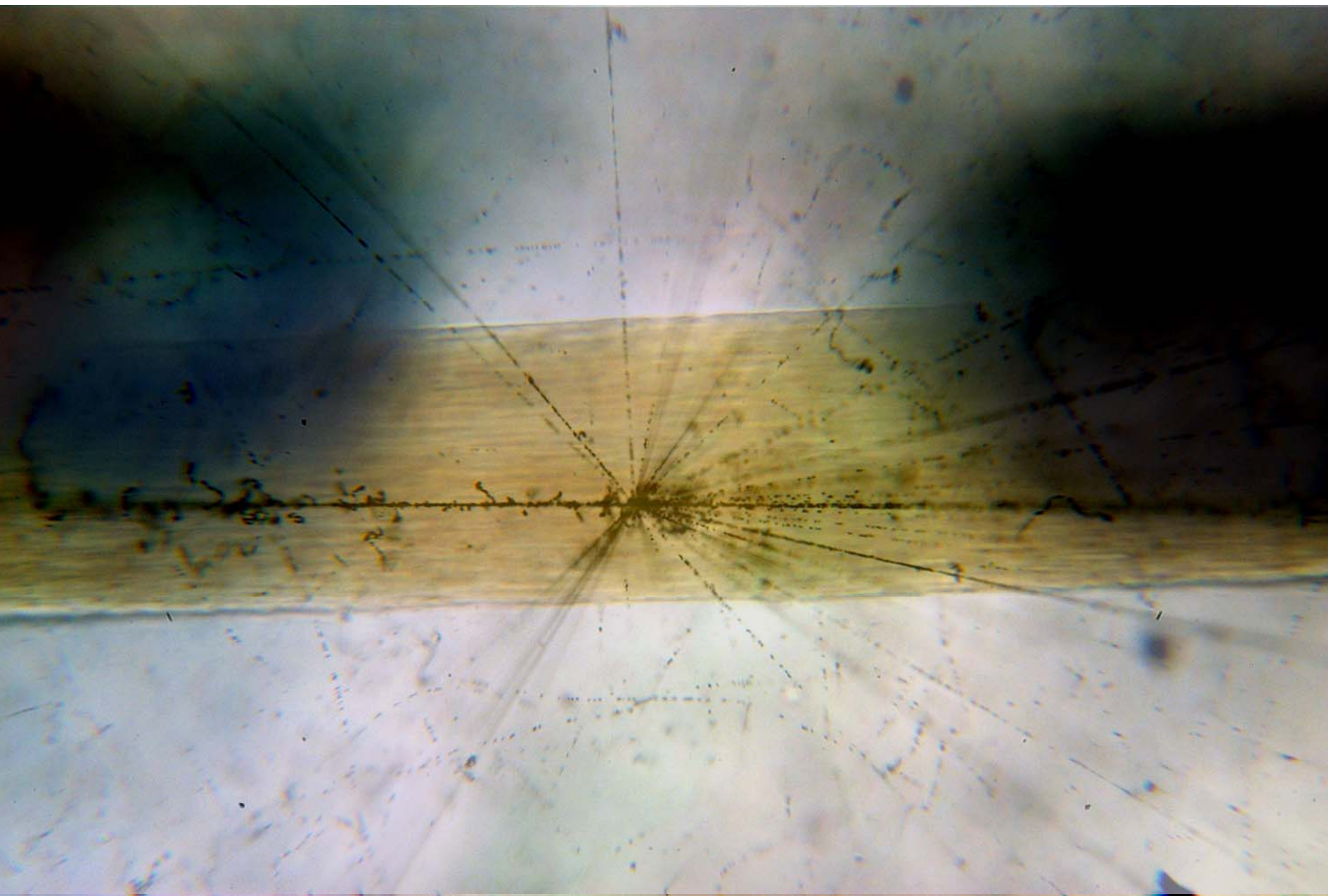
Relativistic Multifragmentation

<http://becquerel.jinr.ru>

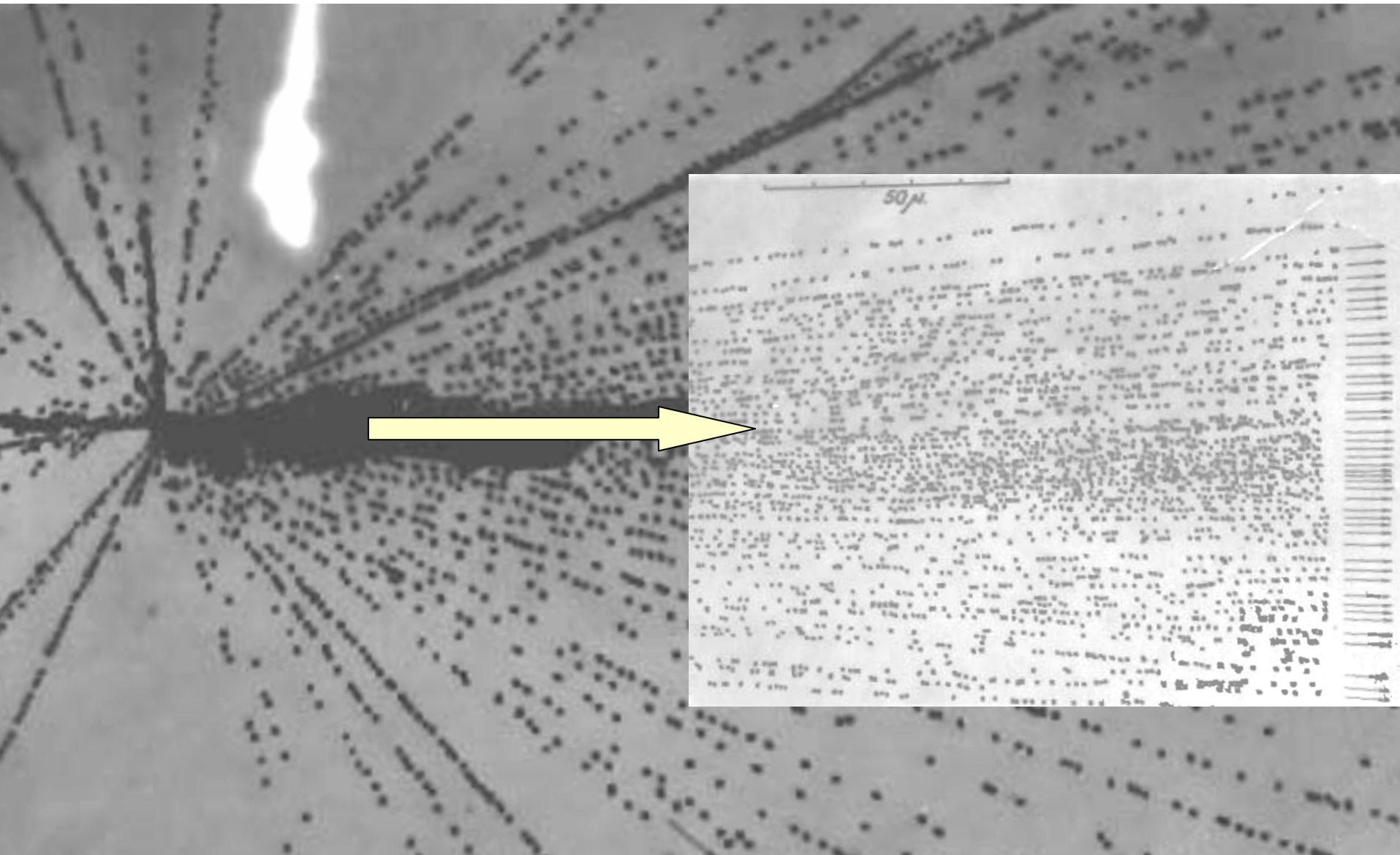
Эмульсионные исследования на ускорительном комплексе ЛВЭ

П. И. Зарубин (ОИЯИ)

<http://becquerel.jinr.ru/>

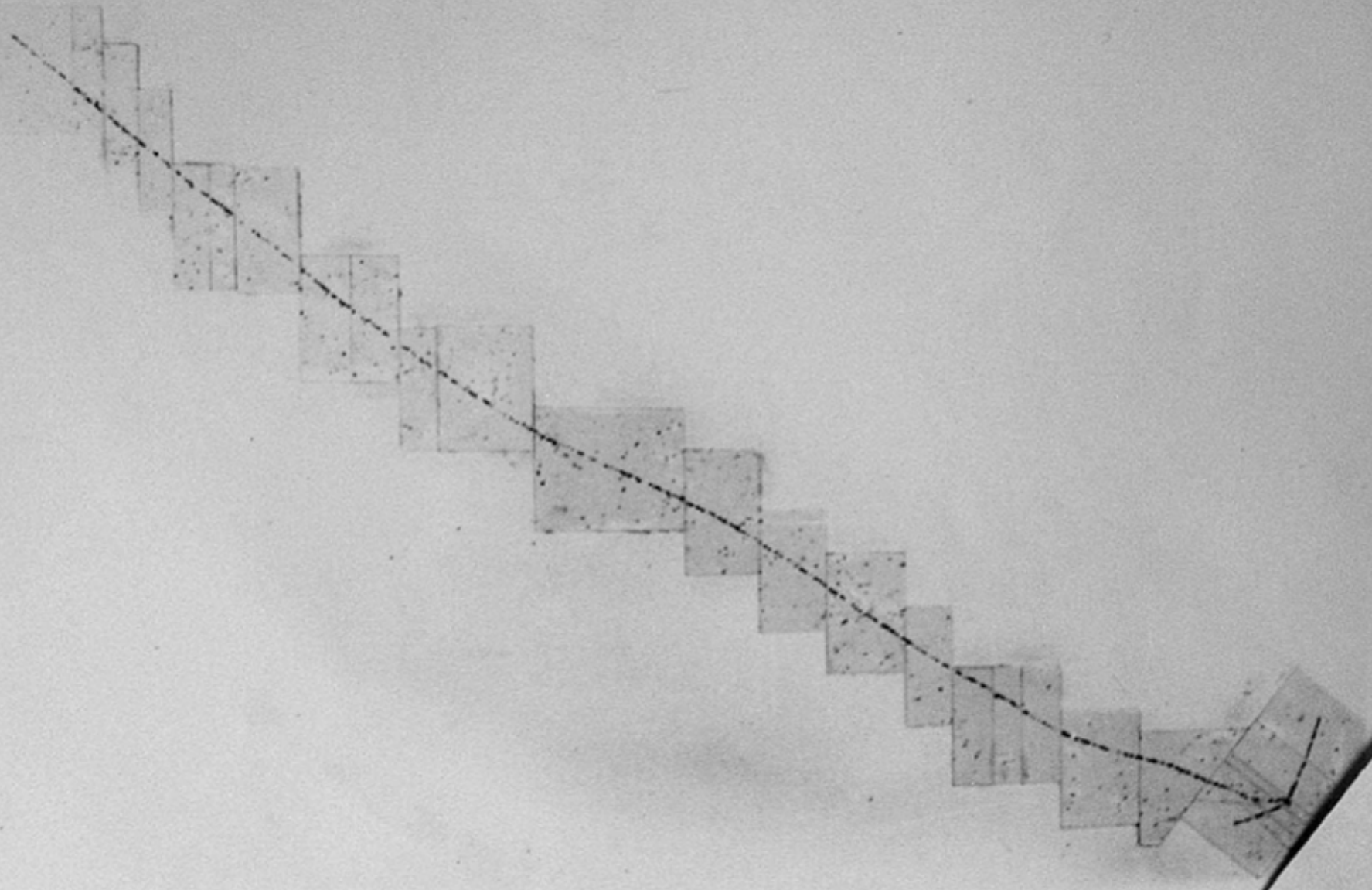


ФИАН, 50-е...



Наконец, В. И. Векслер доложил о применении к изучению космических лучей разработанной им оригинальной методики. Она состоит в использовании для счета частиц газовых пропорциональных усилителей, работающих по схеме совпадений. Это дает возможность определять не только число частиц, прошедших через эти счетчики, но и измерять создаваемую ими ионизацию. В. И. Векслер работал с такой установкой летом этого года во время экспедиции на Эльбрус. При этом оказалось, что на высоте 4200 м над уровнем моря имеются легко поглощаемые и сильно ионизирующие частицы. На уровне же моря число таких частиц значительно меньше, чем на высоте Эльбруса. Число их настолько мало, что эти наблюдения не могут быть согласованы с предположением о наличии в космических лучах интенсивной протонной компоненты. Кроме того, В. И. Векслером были получены и более непосредственные указания на вторичный характер этих частиц. На существование таких частиц в космических лучах ряд авторов указывал и раньше. Но с такой отчетливостью они были обнаружены впервые. Таким образом уже эти первые опыты с пропорциональными газовыми усилителями дали очень ценные результаты. И можно не сомневаться, что дальнейшее применение этой методики позволит достигнуть весьма существенных успехов как при изучении тяжелых частиц, так и при исследовании ливней.

20-я работа советских физиков. Кроме докладов на самой конференции, была организована серия обзорных лекций для более широких кругов научных работников, студентов и передовых рабочих.



ФИАН
И. Ю. Ж.

ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

МАТЕРИАЛЫ СОВЕЩАНИЯ ПО МЕТОДИКЕ
ТОЛСТОСЛОЙНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ

Том I

Пленарные заседания

Материалы, вошедшие в настоящий том,
отредактированы сотрудником Объединённого института
ядерных исследований М. И. ПОДГОРЕЦКИМ.

Март 1957 г.

Н. Стасюк

ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

МАТЕРИАЛЫ СОВЕЩАНИЯ ПО МЕТОДИКЕ
ТОЛСТОСЛОЙНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ

Том II

Заседания секций

Материалы, вошедшие в настоящий том,
отредактированы сотрудником Объединённого института
ядерных исследований В. М. СИДОРОВЫМ.

Март 1957 года

ИССЛЕДОВАНИЕ
СЛОЕВ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РЕГИСТРИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА
ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

И

х

Применение ядерных эмульсий для изучения взаимодействия элементарных частиц с ядрами водорода или дейтерия затруднено малым количеством последних в эмульсии. Кроме того, при больших энергиях взаимодействия кинематика не позволяет отделить акты взаимодействия частиц с водородом от актов взаимодействия с другими ядрами эмульсии. Оба эти недостатка можно устранить, если использовать в качестве мишени водород в контакте с эмульсией, например, в виде слоя твердого водорода на поверхности эмульсии, или при погружении эмульсии в жидкий водород. При этом эмульсия имеет температуру $4^{\circ}\text{K} - 20^{\circ}\text{K}$, в связи с чем в 1956 году было проведено изучение зависимости регистрирующих свойств эмульсии от температуры в интервале $300^{\circ}\text{K} - 4^{\circ}\text{K}$.

Эмульсионные слои аблучались на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем протонами 660 Мэв и 90 Мэв и π -мезонами 307 Мэв и 340 Мэв. Чувствительность изучалась в 5-ти точках температурного интервала: при температурах твердой углекислоты, жидкого азота, жидкого водорода, жидкого гелия и комнатной.

Перед на

к обработке с

мерно 6 литре

и времена об

меру без аппа

аппаратуры не

нужно в возме

следовательно

технологическ

скорости пото

году

т.е. при-

ько ведем

такую ка-

тарной

ки камеры

атуру и,

ходные

объемы,

ГОЛ-

Х.

У

Ль-

-

В.И. ВЕКСЛЕР

НУКЛОН-НУКЛОННОЕ И ПИОН-НУКЛОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

В в е д е н и е

Моей задачей является освещение экспериментальных ре-

Во всей рассматриваемой области энергии и длины волн

де-Бройля во много раз меньше эффективных размеров области взаимодействий. Поэтому упругое рассеяние π -мезонов и нуклонов на нуклонах может дать информацию о структуре этих частиц. частью энергии, заключенной в интервале от $1,5 \text{ -} 2$ до 10 БэВ .

Выбор нижней границы рассматриваемого интервала обусловлен тем, что при больших энергиях существенную роль начинают играть неупругие процессы.

Верхняя граница совпадает с максимальной энергией частиц, которые могут быть получены на ускорителе в Дубне.

Широкое привлечение данных космического эксперимента не казалось мне целесообразным в связи с большой неоднозначностью, с которой обычно связана трактовка этих опытов.

Важные новые данные, касающиеся рассеяния протон-протон ~~ной~~, получены группой физиков /Марков и др./ на синхрофазотроне в Дубне. Исследовалось упругое рассеяние протонов с энергией 8,5 Бэв на свободных протонах фотоэмульсии. В этой работе был использован новый метод, состоящий в облучении пластинок пучком протонов, направленным перпендикулярно плоскости фотоэмульсии. Одним из существенных преимуществ этого метода является возможность значительно увеличить плотность облучения, обеспечив вместе с тем весьма эффективные условия отбора случаев упругих столкновений /эффективность отбора близка к 92%/ . Это позволило продвинуться в область значительно меньших углов, чем предельные углы, для которых до сих пор имелись опубликованные данные (до углов $0,2^\circ$ в лабораторной системе, что соответствует 1° в системе центра инерции). Стопка фотопластинок ~~размещенная~~, состоящая из слоев эмульсий типа НИКОМ-Р, толщиной 400 микрон, облучалась внутренним пучком протонов с энергией 8,5 Бэв на синхрофазотроне Объединенного института.

MULTIPLE PRODUCTION OF PARTICLES IN COLLISIONS BETWEEN 9 GEV PROTONS AND NUCLEONS

**V. S. BARASHENKOV, V. A. BELYAKOV, E. G. BUBELEV, WANG SHOU FENG,
V. M. MALTSEV, TEN GYN and K. D. TOLSTOV**

*Joint Institute of Nuclear Research, Laboratory of Theoretical Physics and High Energy Laboratory,
Dubna, USSR*

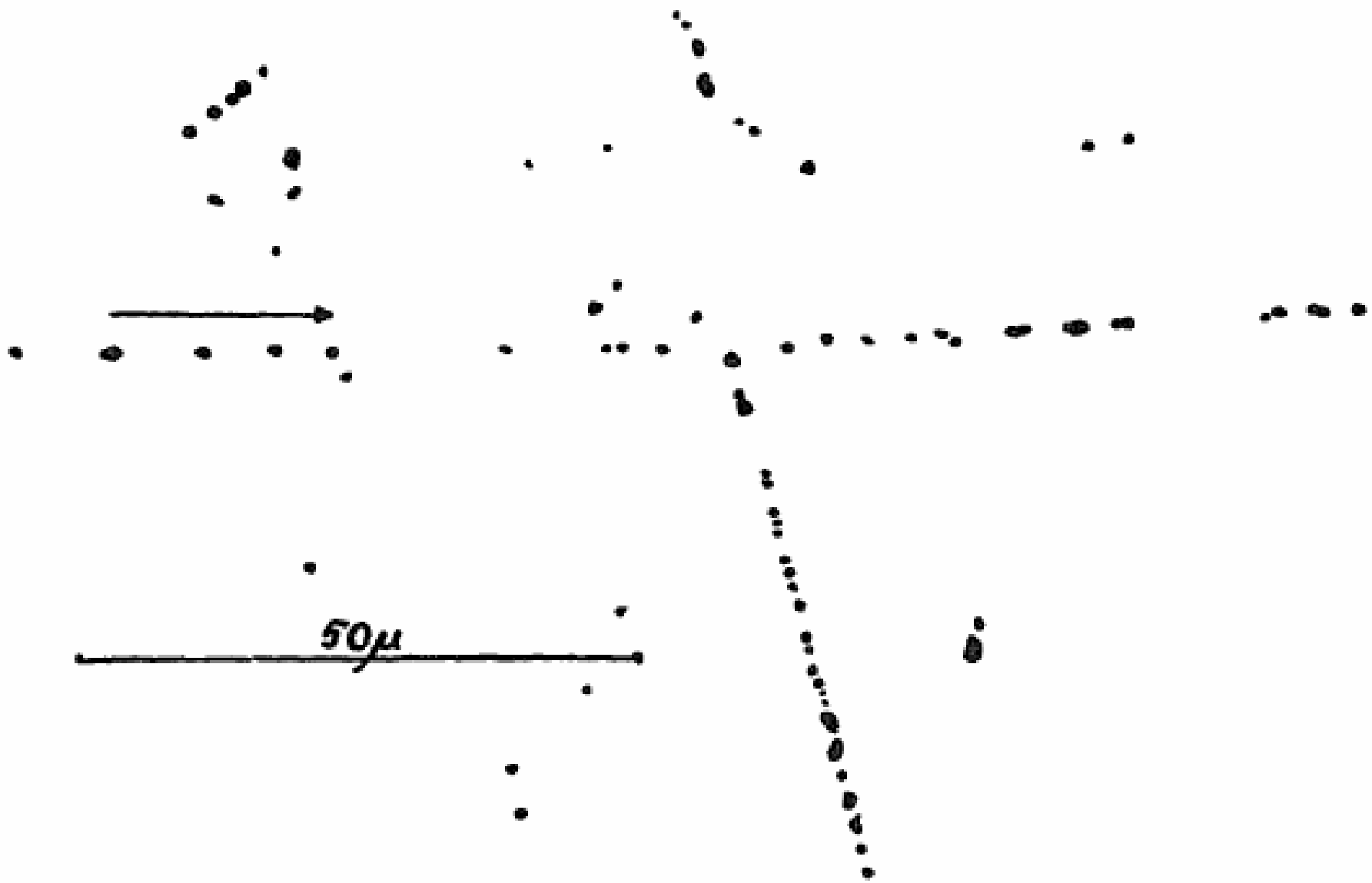


Fig. 1. Example of a star classified as an elastic (pp) collision event.

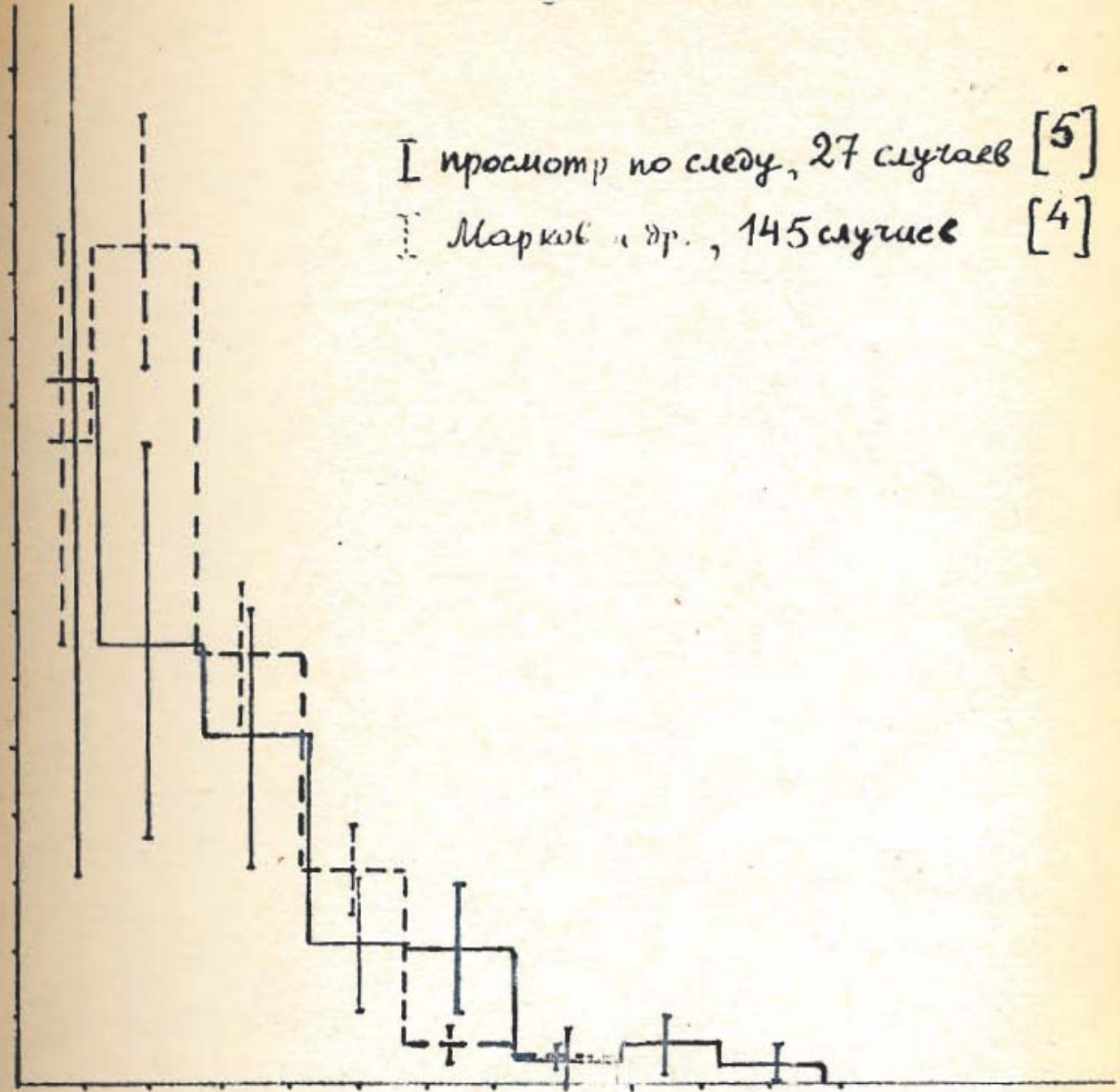
150
 $\frac{dS}{d\Omega}$
мб
стерад

┌ просмотр по следу, 27 случаев [5]
└ Марков и др., 145 случаев [4]

100

50

0



$\theta_{\text{сум}}$ град.

Эмульсионная камера, составленная из слоев эмульсий НИКФИ типа Р, была облучена внутренним пучком протонов на синхрофазотроне Объединенного института. При просмотре слоев вдоль следа первичных протонов регистрировались все звезды и случаи рассеяния на углы больше 5° . На общей длине около 2 км было найдено около 6 тысяч ядерных взаимодействий. Средний свободный пробег для взаимодействия по данным первой работы [12] оказался равным $37,3 \pm 0,3$ см. Для отбора случаев протон-протонных и протон-нейтронных свободных и квазисвободных соударений использовались более жесткие, по сравнению с обычными, критерии отбора. Всего было отобрано 335 случаев, отнесенных к протон-протонным взаимодействиям, и 204 случая, отнесенных к протон-нейтронным соударениям.

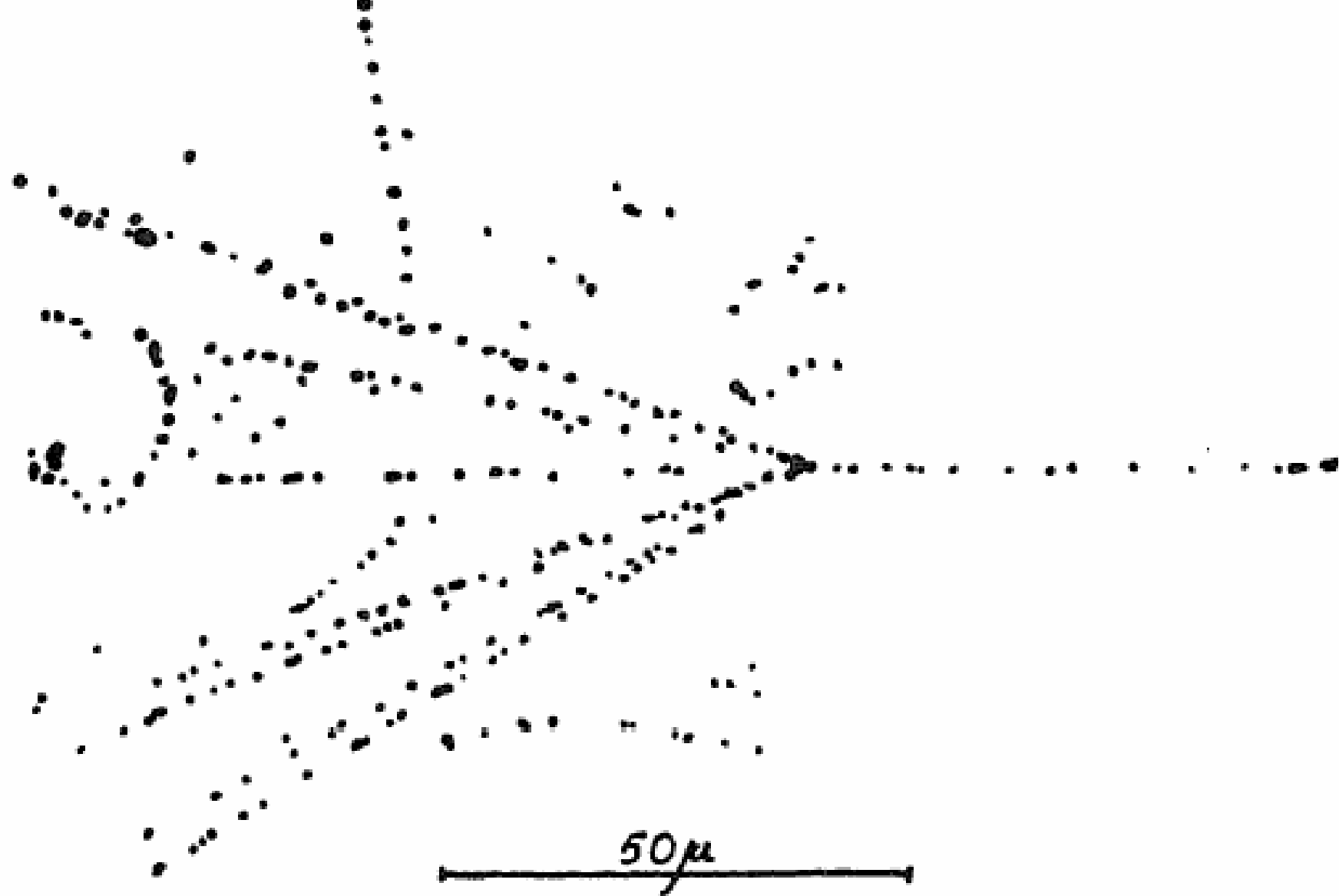


Fig. 2. (pp) collision involving the creation of 8 charged relativistic particles.

1. Угловые распределения нуклонов и π -мезонов оказываются резко различными. Протоны и нейтроны стремятся сохранить направление своего движения в системе центра тяжести. Мезоны же распределены значительно более изотропно. Кажется невозможным согласовать этот факт со статистической теорией. В этой связи следует отметить, что в работе Максименко и др. [19] показано, что в рамках статистической теории вообще нельзя получить сведений о некоторых особенностях угловых распределений.

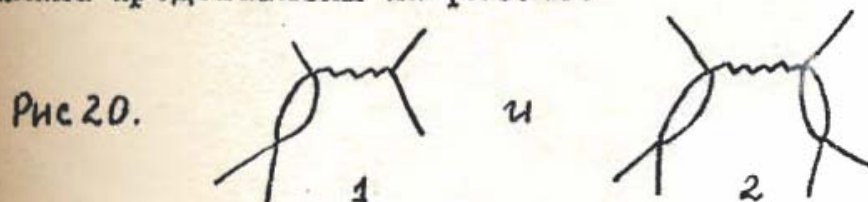
2. Распределения нуклонов и мезонов по импульсам оказываются, как правило, резко отличающимися от распределений,

предсказанных статистической теорией; в частности, статистическая теория предсказывает значительно более жесткий спектр π -мезонов, чем наблюдаемый на опыте. Наоборот, импульсы нуклонов оказываются смещенными в сторону больших значений по сравнению с предсказаниями статистической теории.

Средняя потеря энергии быстрых нуклонов в нуклон-нуклонных соударениях близка к 30-35% и, повидимому, качественно мало зависит от энергии первичной частицы.

Анализ результатов, полученных при исследовании неупругих соударений в рассматриваемой области энергии / 2 Бэв, 6 Бэв, 9 Бэв / приводит к представлению о существовании и значительной роли периферических соударений в неупругих взаимодействиях.

Представляется вполне справедливым считать периферическими такие столкновения, в которых происходит относительно малая передача энергии и, кроме того, нуклоны мало изменяют направление своего движения. Особенно существенным представляется то обстоятельство, что выделяемые в соответствии с этими критериями периферические взаимодействия благодаря идее Тамма удается, по видимому, связать с представлениями об однозонном обмене. Таммом была указана возможность анализа периферических соударений нуклон-нуклонов, основанная на представлении об однозонном обмене нуклонов, в результате которого возникает один или два изобара. Соответствующие диаграммы Феймана представлены на рис.20.



В первом случае образуется одна изобара, а один нуклон остается не возбужденным. Во втором случае одновременно возбуждаются оба нуклона.

Московский
Государственный
университет

Объединенный
институт ядерных
исследований

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

ПОЛНЫЙ РАЗВАЛ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР ФОТОЭМУЛЬСИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 9 Бэв

Руководитель работы кандидат
физико-математических наук



/ТОЛСТОВ К.Д./

Рецензент работы кандидат
физико-математических наук,
доцент

/ПОДГОРЕЦКИЙ И.И./

Исполнитель

/ЯО ЦИИ - се/

Дубна, июль 1958 г.





9.38 GeV/c DEUTERON STRIPPING ON PHOTOEMULSION NUCLEI

N. DALKHAZHAY, G. S. SHABRATOVA and K. D. TOLSTOV

Laboratory of High Energies, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, USSR

and

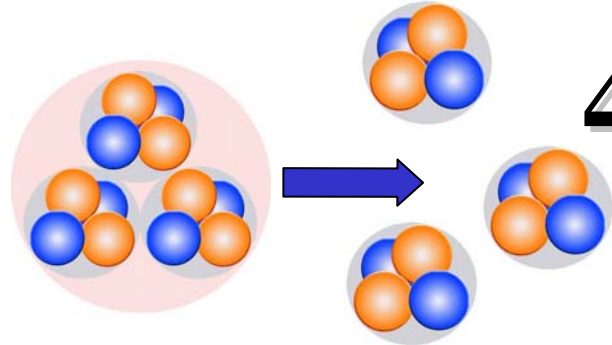
M. I. ADAMOVICH and V. G. LARIONOVA

P. N. Lebedev Physical Institute, Academy of Sciences, USSR

Received 8 February 1973

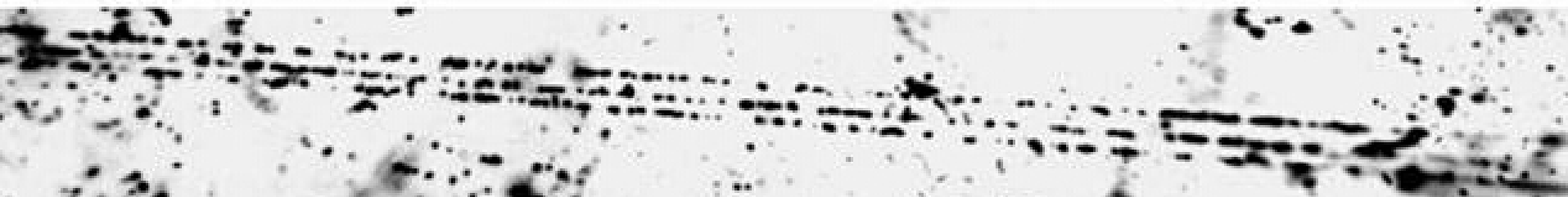
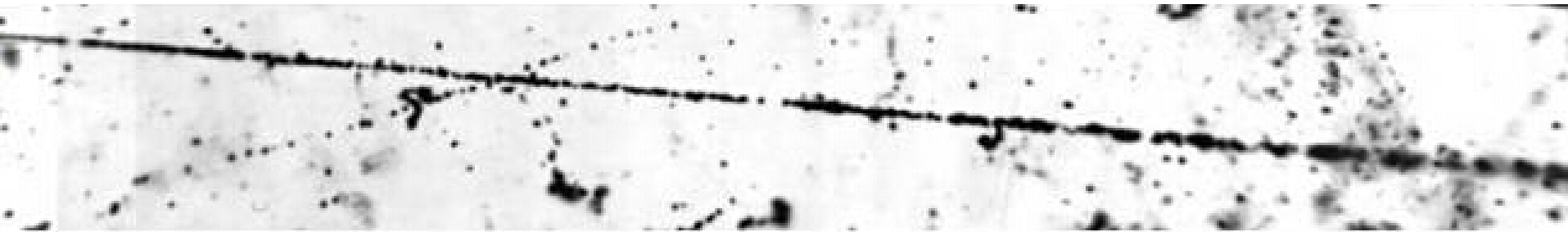
(Revised 10 August 1973)

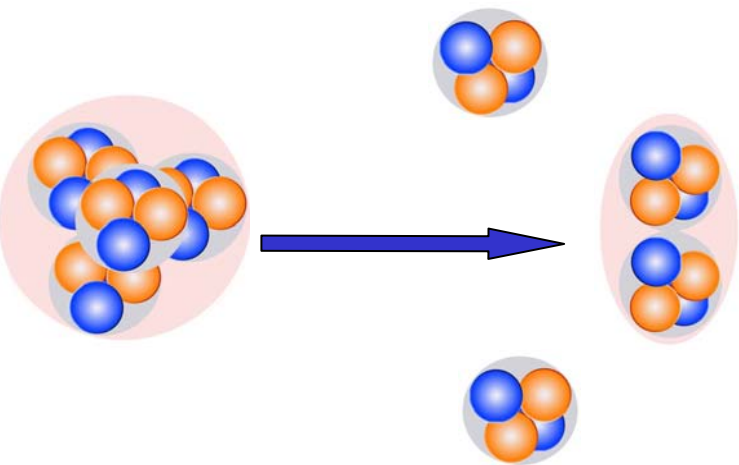
Abstract: The interaction of relativistic deuterons with photoemulsion nuclei has been investigated. The photoemulsion method makes it possible to precisely measure small angles between relativistic particles in reactions and to select unambiguously the events of inelastic deuteron absorption. Proton stripping in the interaction of 9.38 GeV/c deuterons has been investigated.



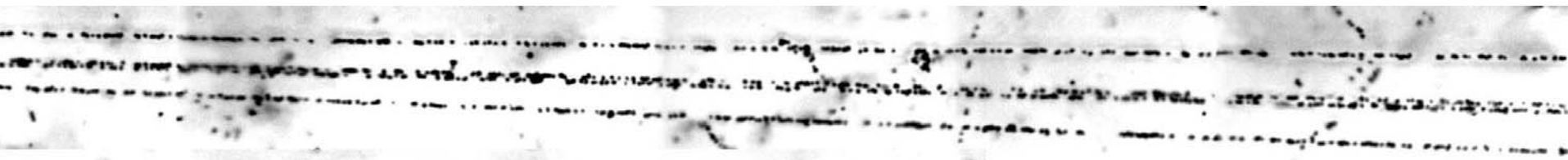
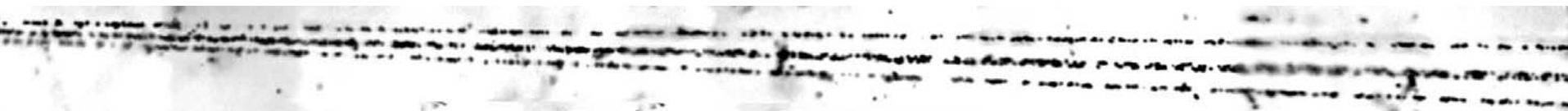
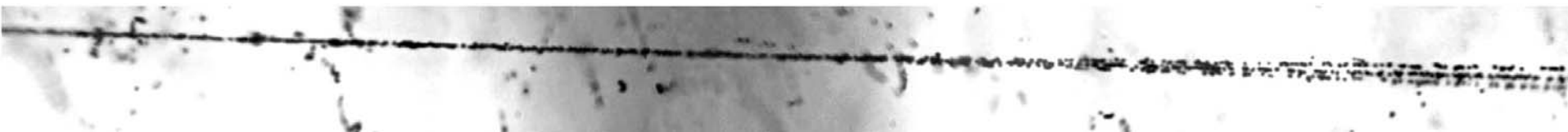
$4.5\text{A } \Gamma \text{эB/c}$

$^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$

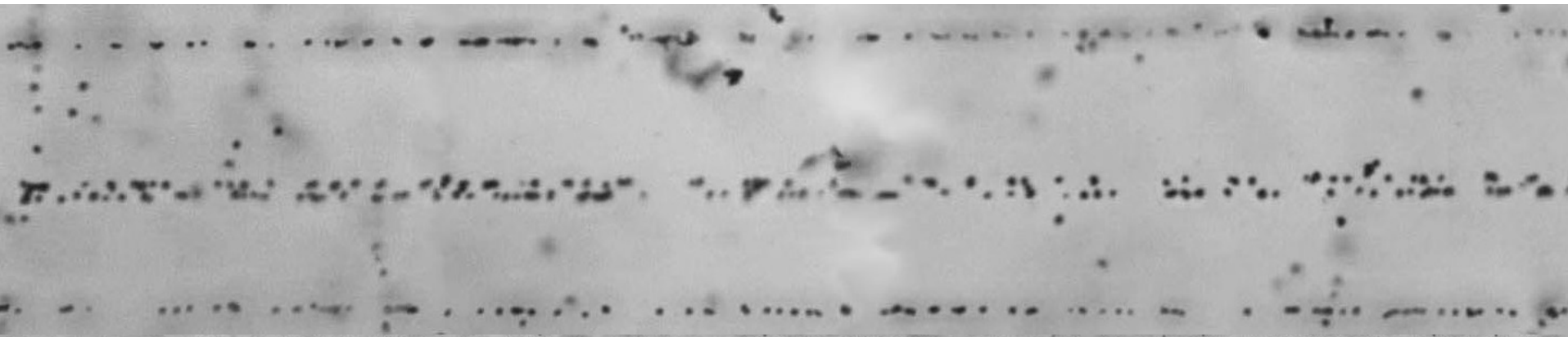
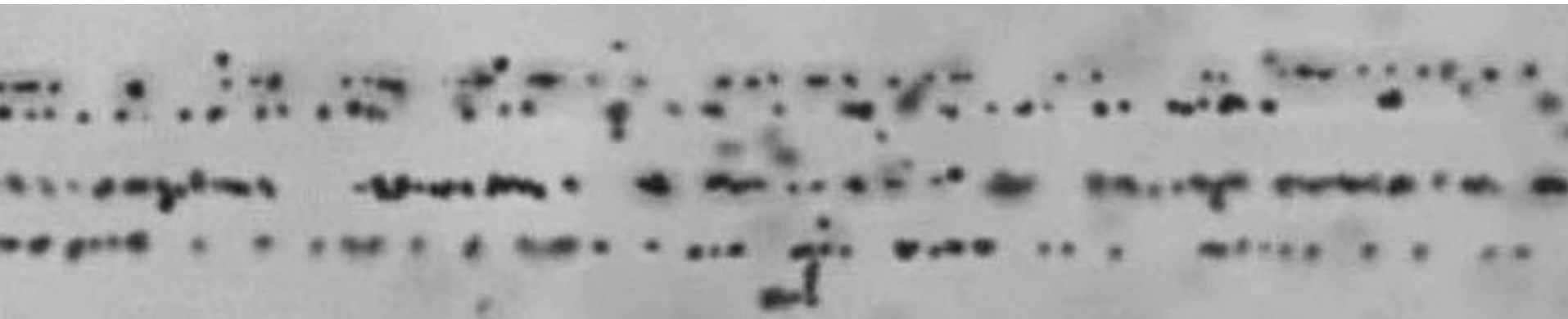
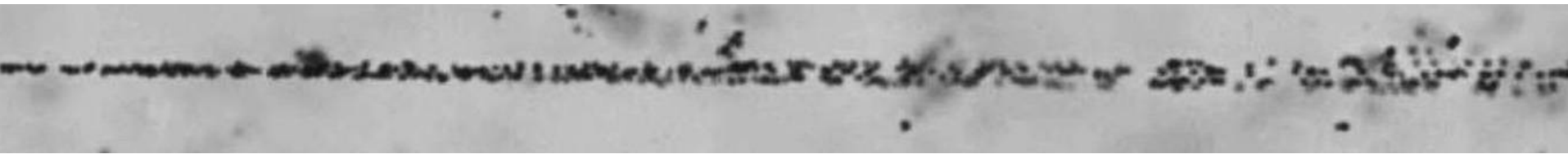




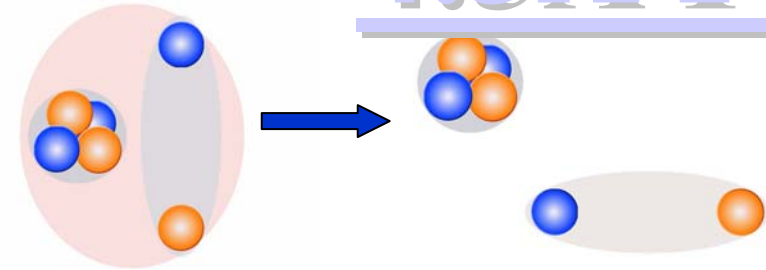
4.5A GeV/c ^{16}O



3.65A GeV ^{20}Ne 2+2+2+2+2

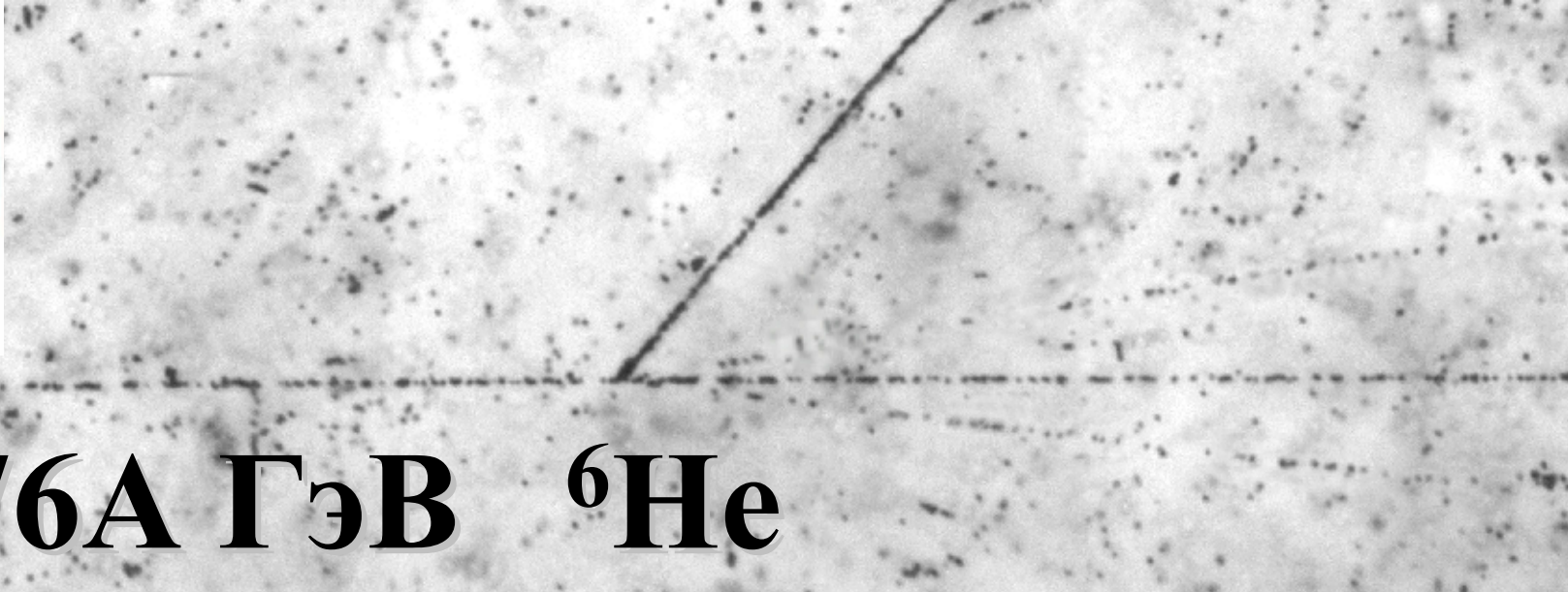
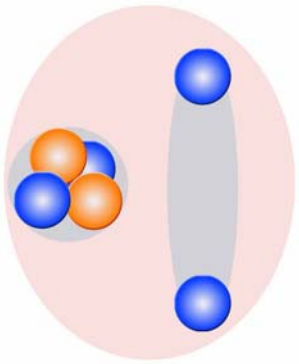


4.5A $\Gamma \approx B/c$ ${}^6\text{Li} \rightarrow \text{He} + \text{H}$

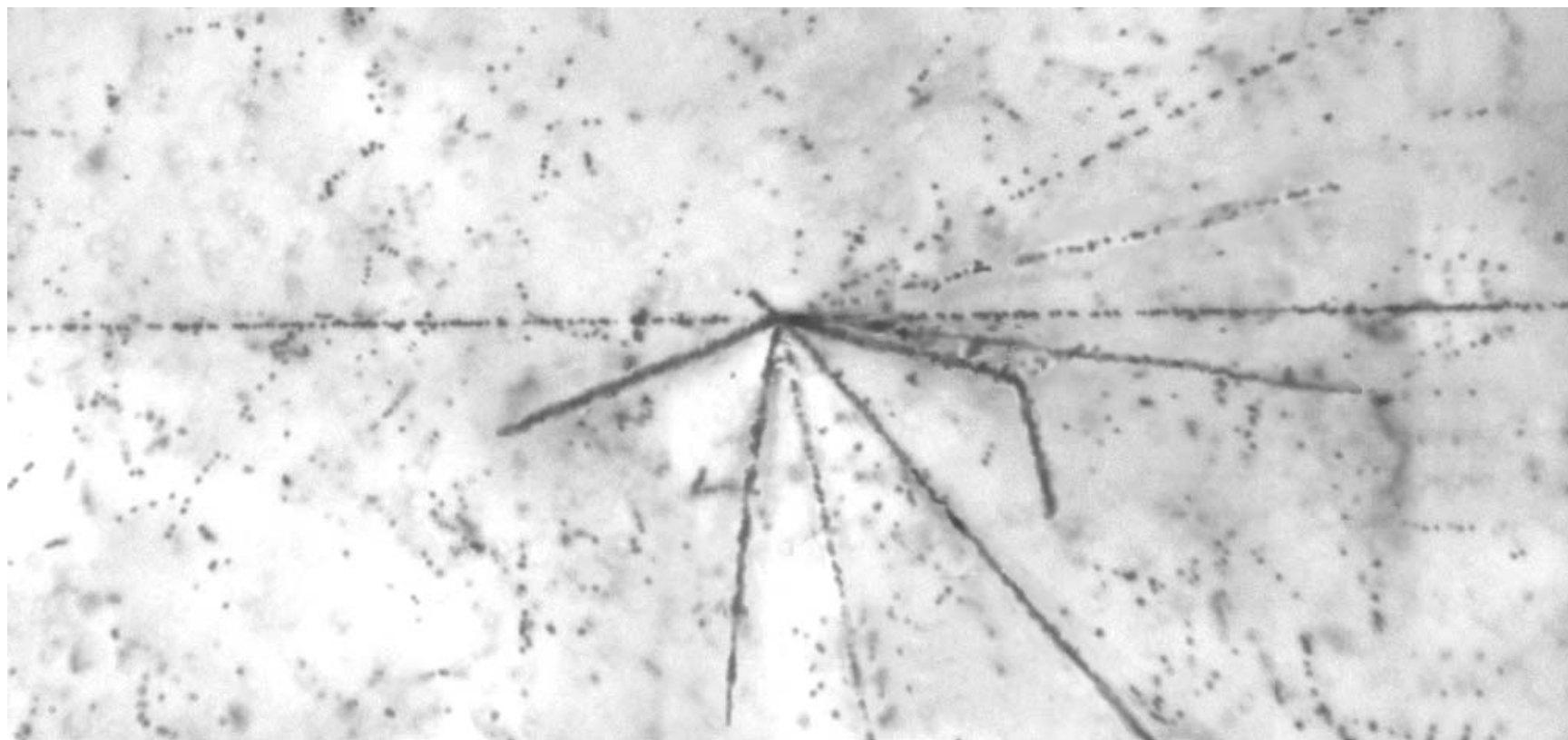


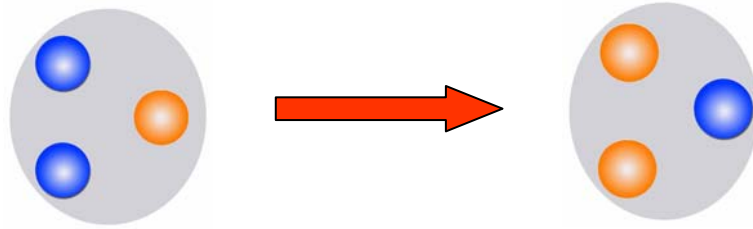
Number of events of ${}^6\text{Li}$ coherent dissociation

Dissociation channel	Number of events	
	without the excitation of the target nucleus ($N_h = 0$)	with the excitation of the target nucleus ($N_h \neq 0$)
${}^4\text{He} + d$	23	24
${}^3\text{He} + t$	4	1
$t + d + p$	4	3
$d + d + d$	0	2

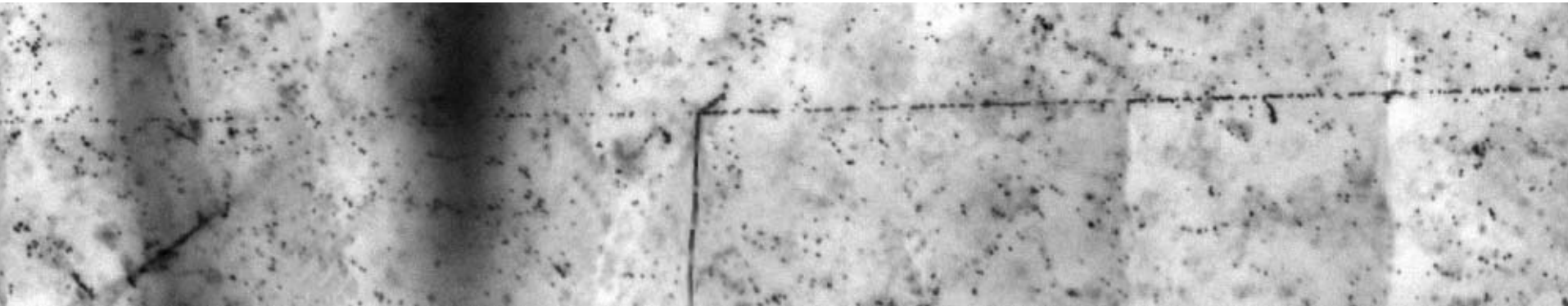
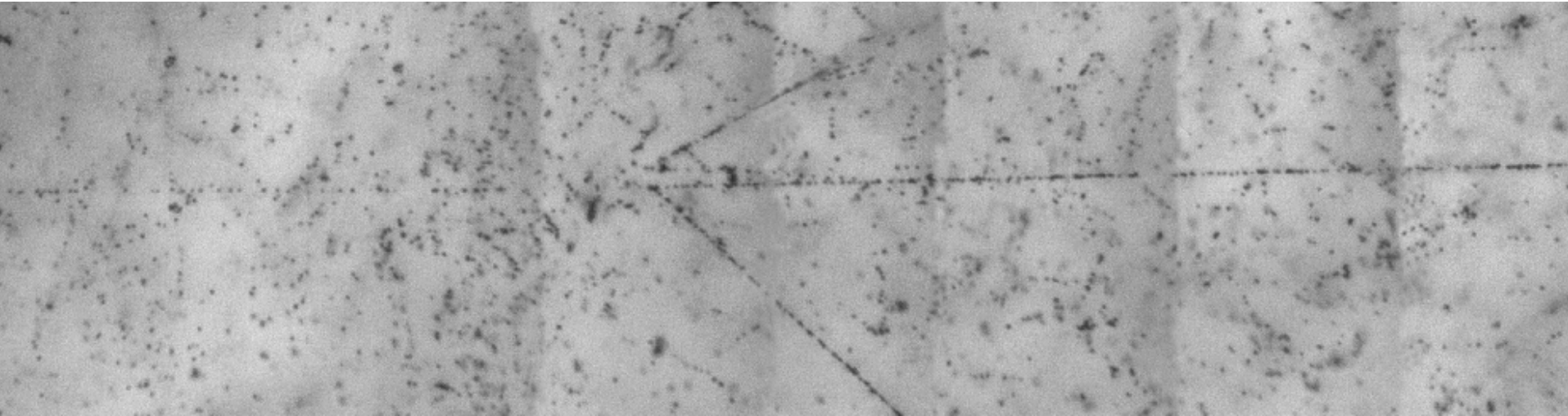


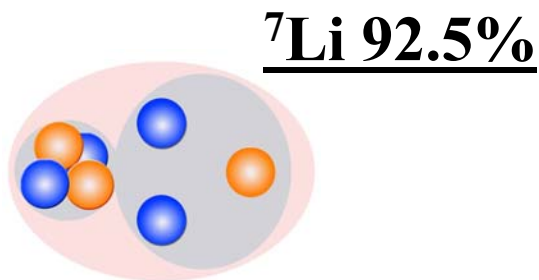
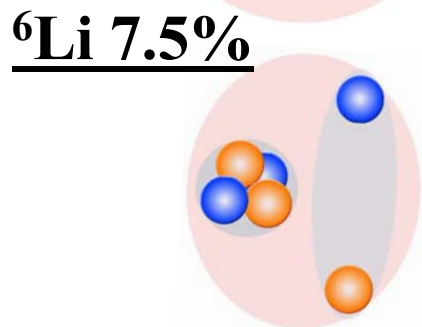
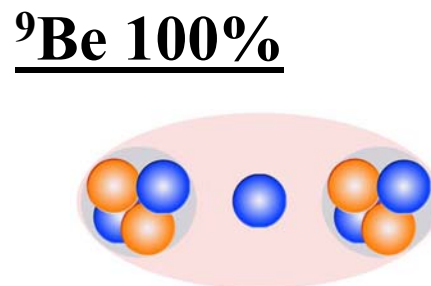
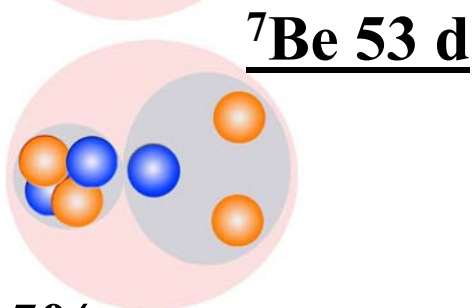
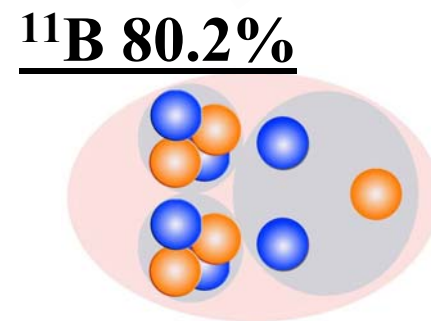
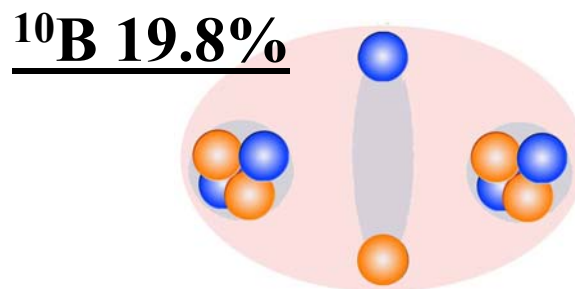
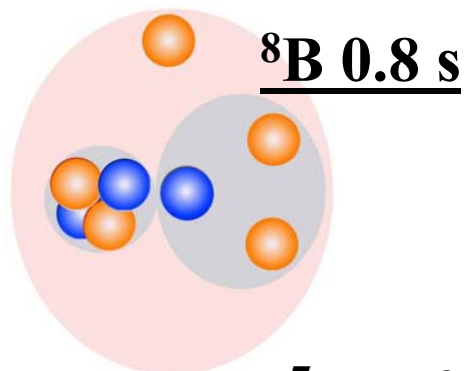
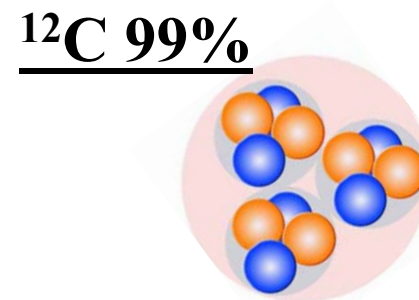
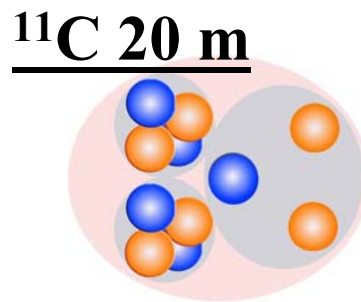
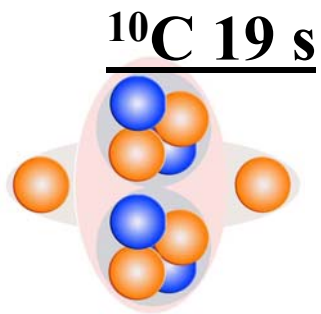
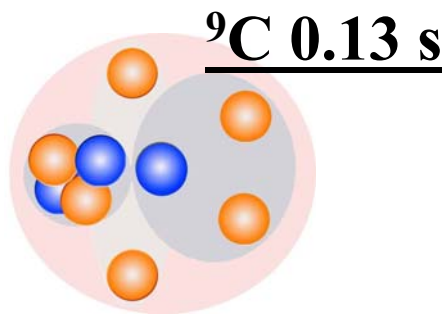
2.76A ГэВ ${}^6\text{He}$





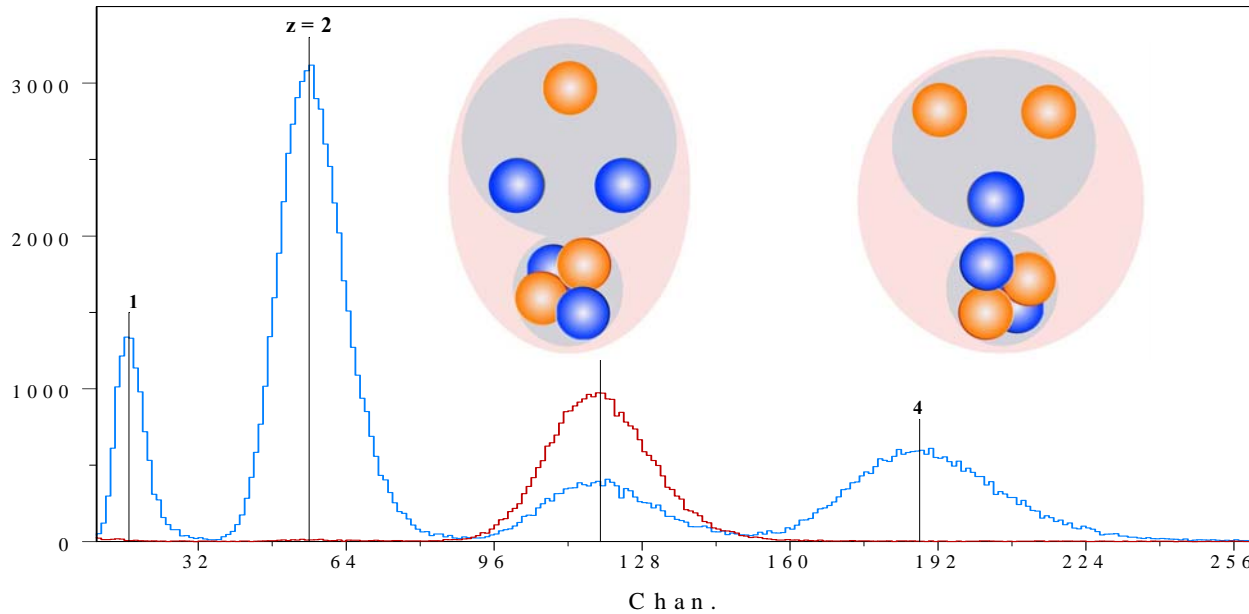
SPT: 2.76A GeV ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$





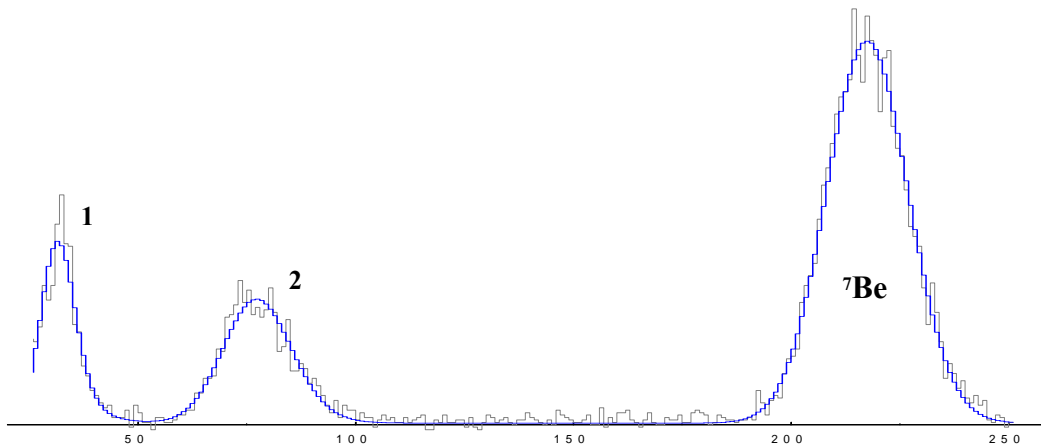
Secondary fragments beam: ${}^7\text{Be}$

Production reaction: ${}^7\text{Li} + \text{A} \rightarrow {}^7\text{Be} + \dots$

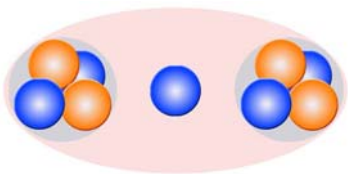


${}^7\text{Be}$ atom – $T_{1/2} \cong 53.4$ d (e-cap.)
 ${}^7\text{Be}$ nucleus – stable

Beam rejection variant 1
 $Y_4 : Y_{1+2+3} \cong 1 : 3.3$



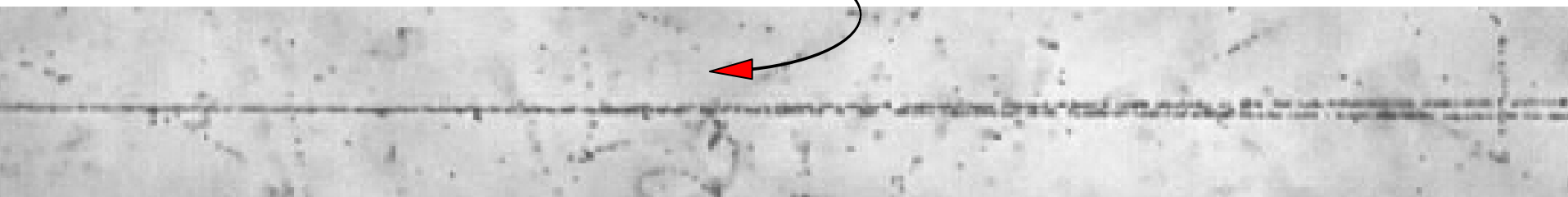
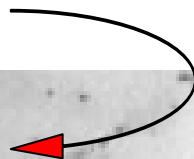
Beam rejection variant 2
 $Y_4 : Y_{1+2+\dots} \cong 1.9 : 1$



370 events 1.2 A GeV ${}^9\text{Be} \rightarrow 2\text{He}$

+1.7 MeV

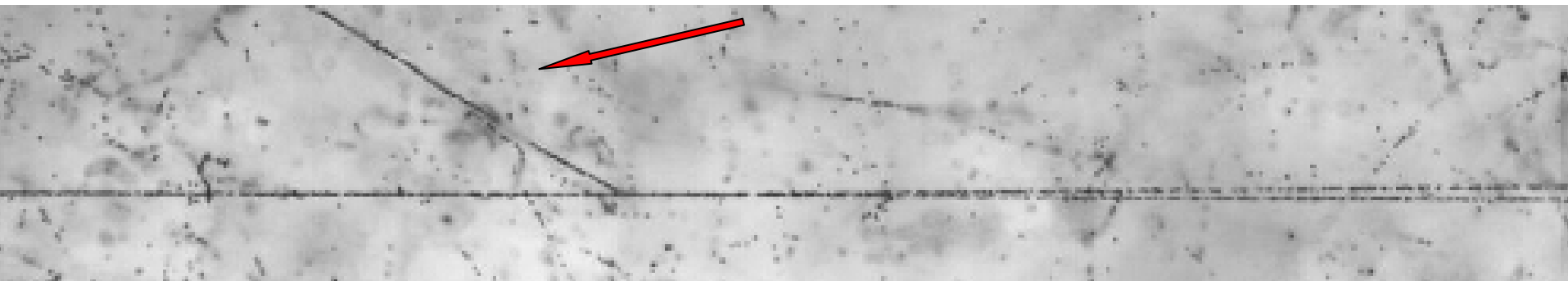
144 “white” stars

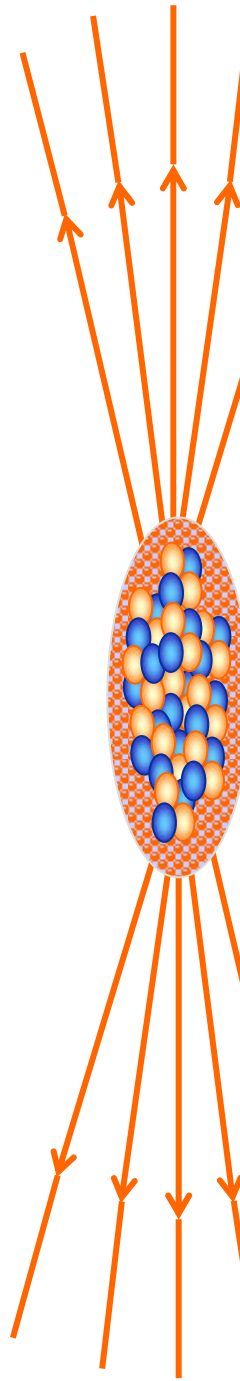
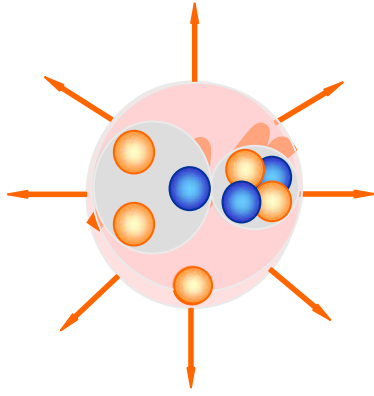


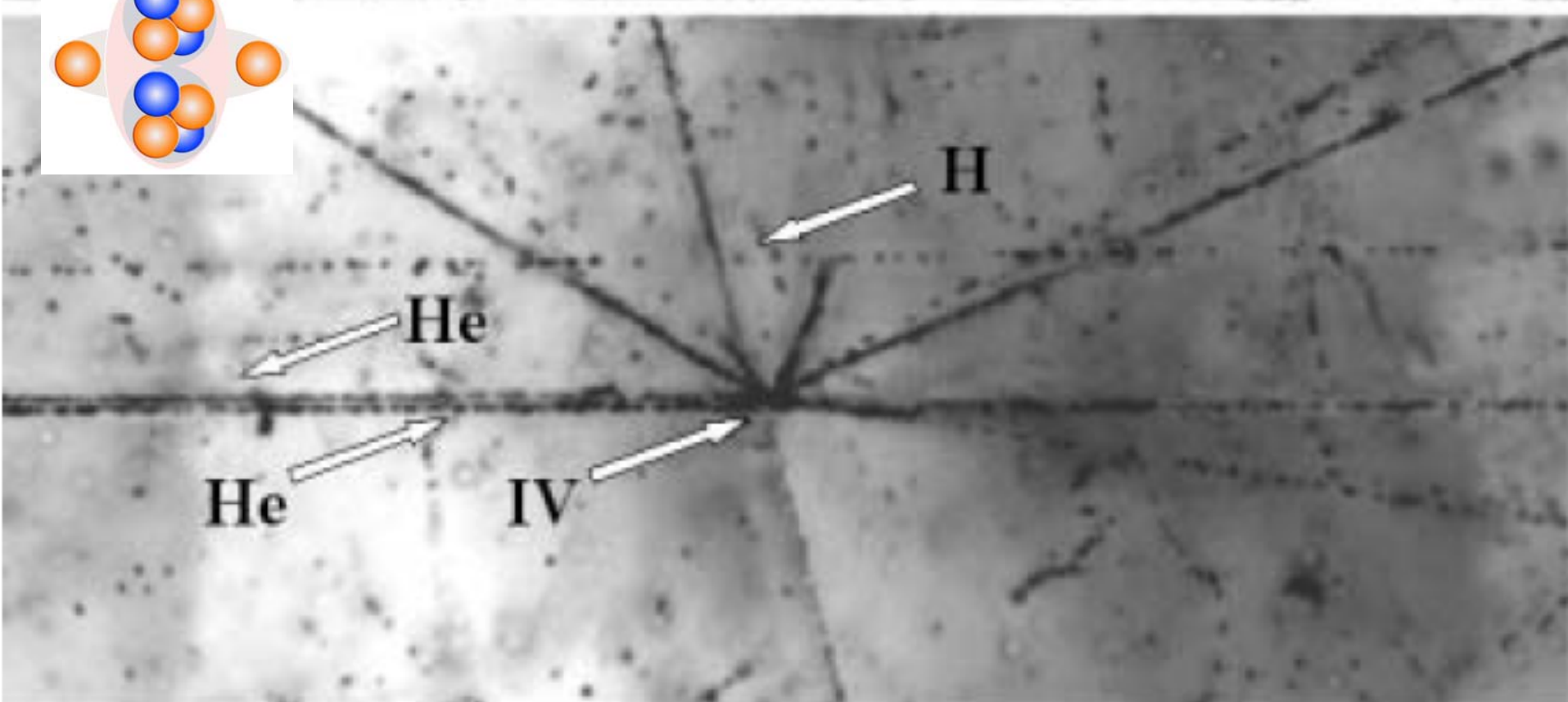
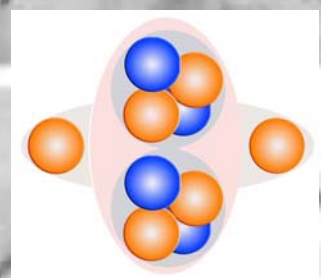
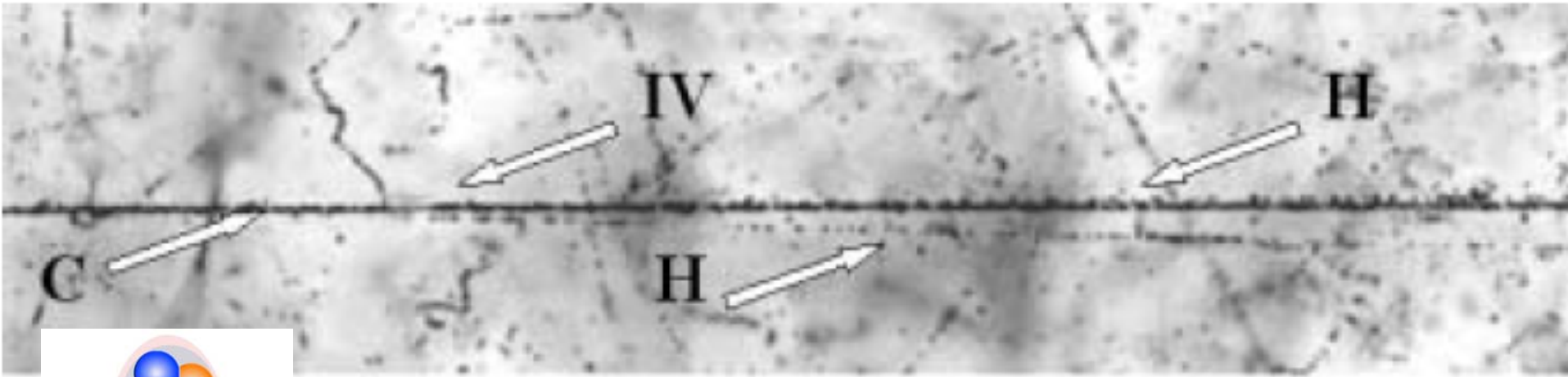
27 stars with target proton recoil (g-particle)



39 stars with heavy fragment of target nucleus (b-particle)

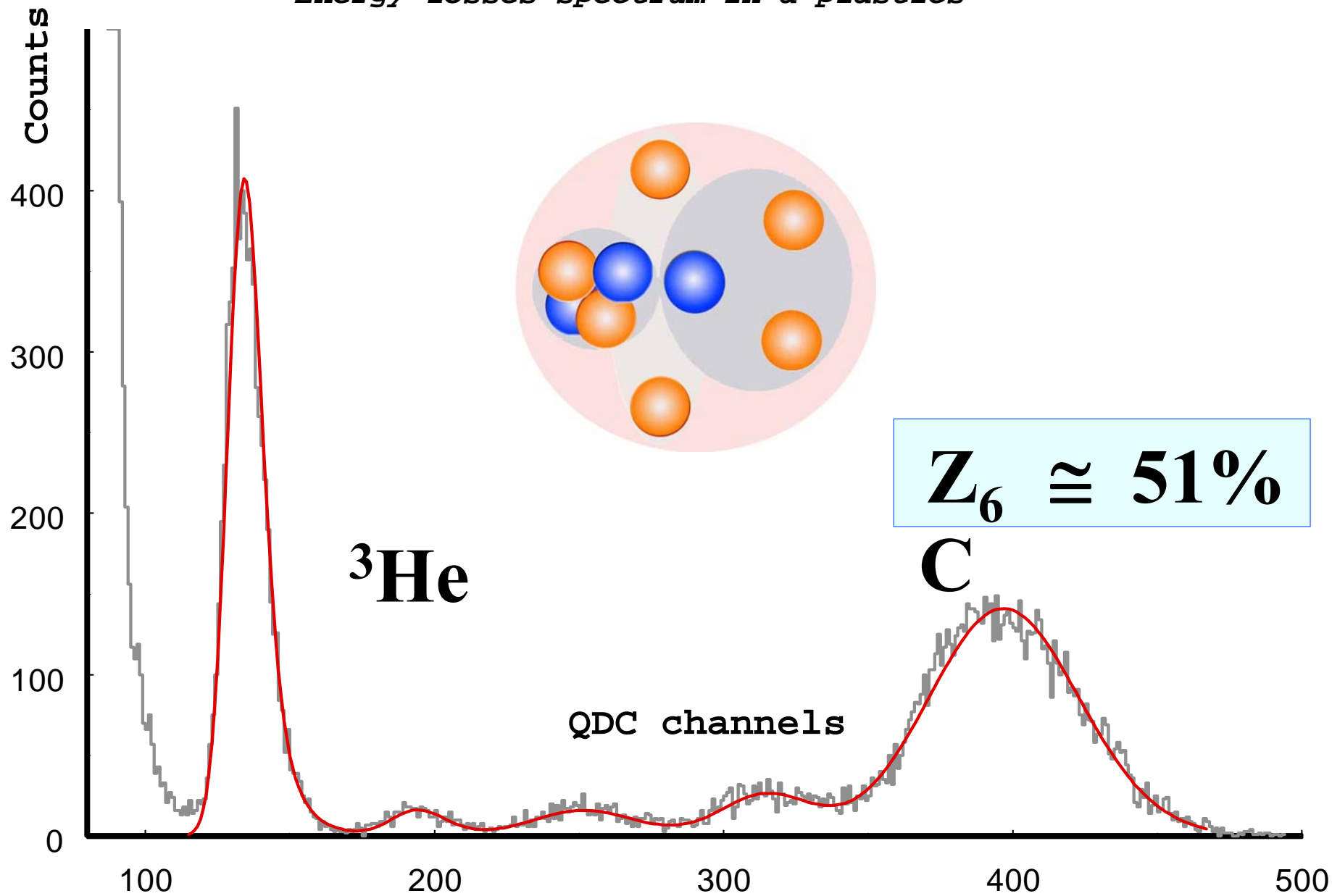


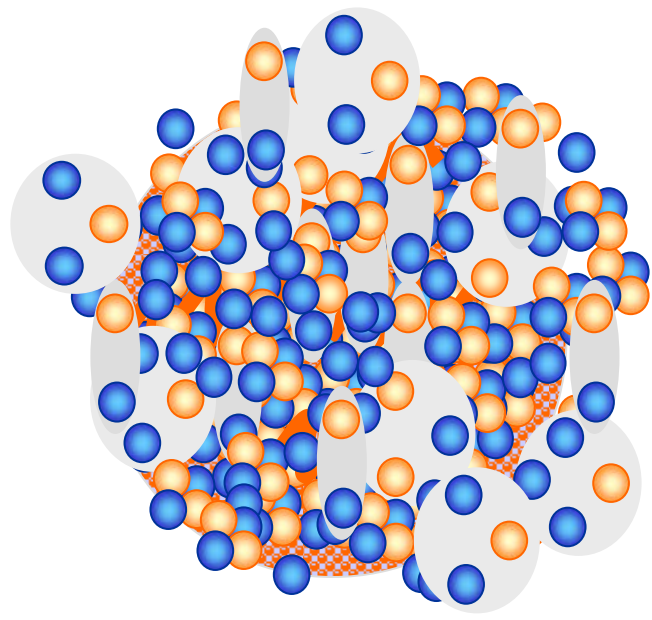




Secondary fragments beam: $^{12}\text{C} + \text{A} \rightarrow ^9\text{C} + \dots$ ($p_0 = 2.0 \text{ GeV}/c/\text{nucl}$)

Energy losses spectrum in a plastics











В ЭТОМ ЗДАНИИ
С 1954 ПО 1966 ГОДЫ
РАБОТАЛ ВЫДАЮЩИЙСЯ
УЧЕНЫЙ - ФИЗИК,
ОСНОВАТЕЛЬ И ПЕРВЫЙ
ДИРЕКТОР ЛАБОРАТОРИИ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИИ
АКАДЕМИК

ВЛАДИМИР
ИОСИФОВИЧ
ВЕКСЛЕР

Central

Binary Fission

Very Peripheral with Multifragmentation

PHYSICAL REVIEW C 72, 048801 (2005)

Multifragmentation reactions and properties of stellar matter at subnuclear densities

A. S. Botvina¹ and I. N. Mishustin^{2,3}

¹*Institute for Nuclear Research, Russian Academy of Sciences, RU-117312 Moscow, Russia*

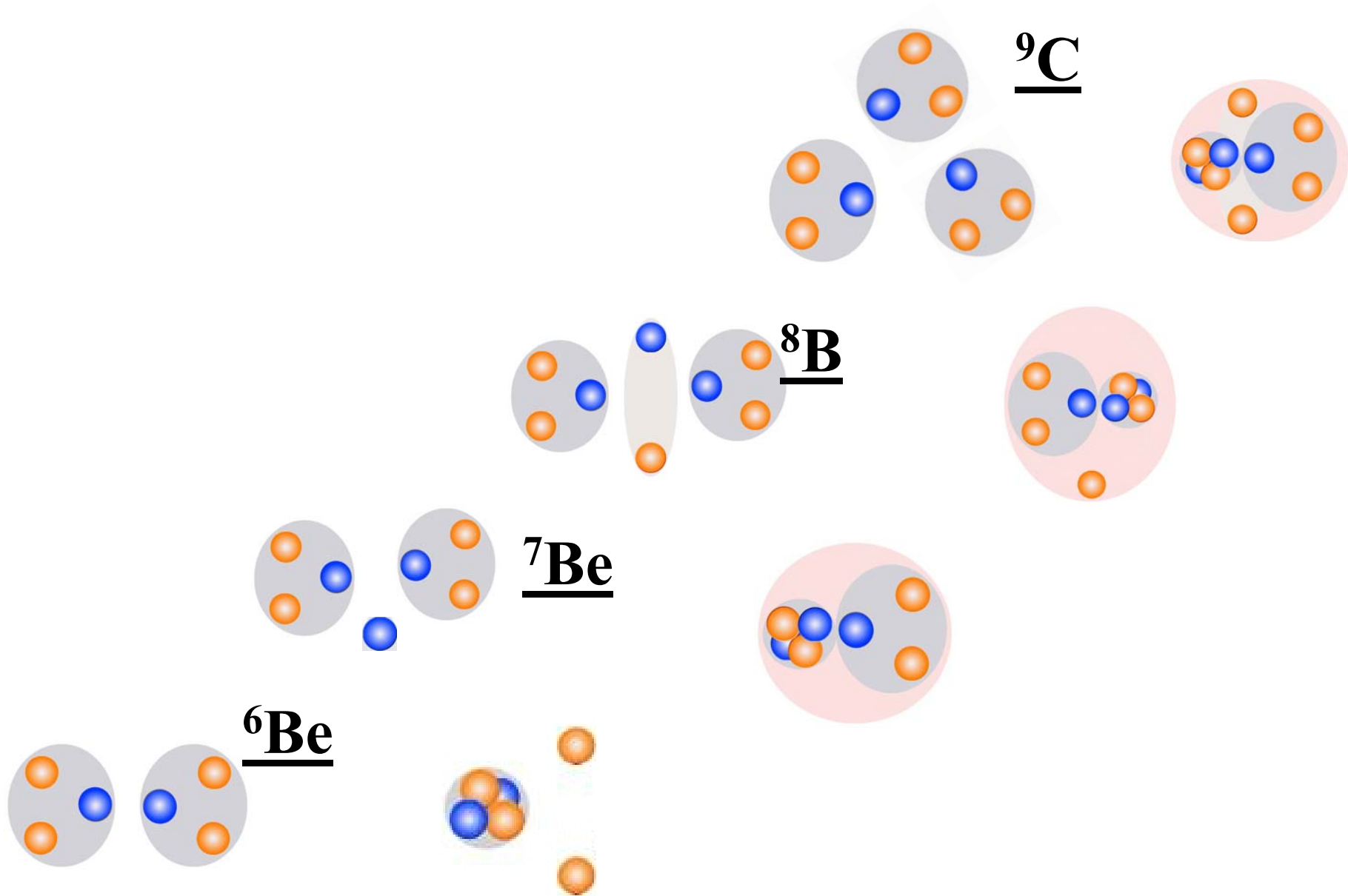
²*Frankfurt Institute for Advanced Studies, J.W. Goethe University, D-60438 Frankfurt am Main, Germany*

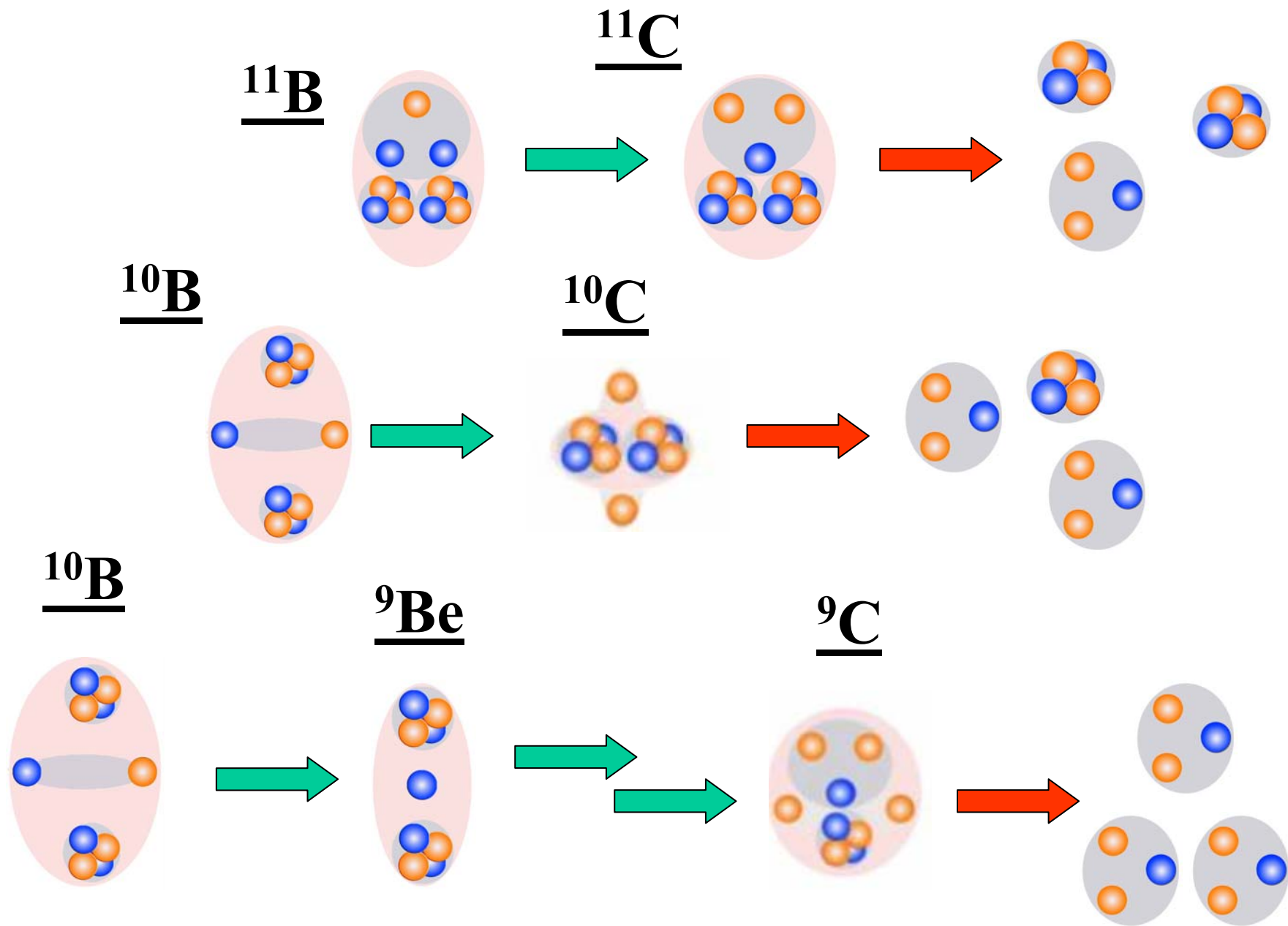
³*Kurchatov Institute, Russian Research Center, RU-123182 Moscow, Russia*

(Received 20 June 2005; published 24 October 2005)

We point out the similarity of thermodynamic conditions reached in nuclear multifragmentation and in supernova explosions. We show that a statistical approach previously applied for nuclear multifragmentation reactions can also be used to describe the electroneutral stellar matter. Then properties of hot unstable nuclei extracted from the analysis of multifragmentation data can be used to determine a realistic nuclear composition of hot supernova matter.

^3He Clustering in Light Nuclei





COHERENT PRODUCTION OF PARTICLES BY 60 GeV/c PIONS
ON EMULSION NUCLEI

E. V. ANZON, I. Ya. CHASNIKOV, C. I. SHAKHOVA, I. S. STRELTSOV, Zh. S. TAKIBAEV,
A. H. VINNITSKY, V. G. VOYNOV,

Nuclear Physics Institute of the Kazakh Academy of Sciences, Alma-Ata, USSR

G. BOZOKI, E. FENYVES, E. GOMBOSI, E. NAGY,

Central Research Institute for Physics, Budapest, Hungary

J. BABECKI, Z. CZACHOWSKA, O. CZYŻEWSKI, B. FURMAŃSKA, J. GIERULA, R. HOŁYŃSKI,
A. JURAK, M. MIĘSOWICZ, G. NOWAK, K. RYBICKI, W. WOLTER,

Institute of Nuclear Physics, Cracow, Poland

N. DALKHAZHAY, R. KHOSH MUKHAMEDOV*, E. S. SHABRATOVA, K. D. TOLSTOV,

High-Energy Laboratory, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, USSR

M. M. CHERNYAVSKY, N. B. MASLENNIKOVA, M. I. TRETAKOVA

Physics Institute of the Soviet Academy of Sciences, Moscow, USSR

K. I. ALEKSEEVA,

Nuclear-Physics-Research Institute of the Moscow State University, Moscow, USSR

Kh. M. CHERNEV, P. T. TODOROV

Physics Institute of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

S. A. AZIMOV, U. G. GULYAMOV, T. V. RECHNITSKY, E. A. TILL

Nuclear-Physics Institute of the Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, USSR

C. BATAAR, B. CHADRAA, D. SHARKHUU and D. TUVDENDORZH

Institute of Mathematics and Physics of the Mongolian Academy of Sciences, Ulan-Bator, Mongolia

Received 3 January 1970

In the study of interactions of 60 GeV/c π^- -mesons in nuclear emulsion some peculiarities of the prong-number distribution and the angular distribution of secondaries have been observed. They are interpreted in terms of the coherent production of three and five pions on emulsion nuclei. The cross section for these reactions increases with the increasing energy.

A hadron-nucleus interaction is called coherent if all the target nucleons participate in the same way and contributions of all of them add coherently. Such an interaction is characterized by a very strong collimation of secondary particles and neither destruction nor excitation nor visible recoil of the target nucleus. The selection criteria valid in this process (for more de-

tails see e.g. Veillet [1]) allow the following coherent reaction for an incident π^- :

$$\pi^- + \text{nucleus} \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^- + \text{nucleus} \quad (1)$$

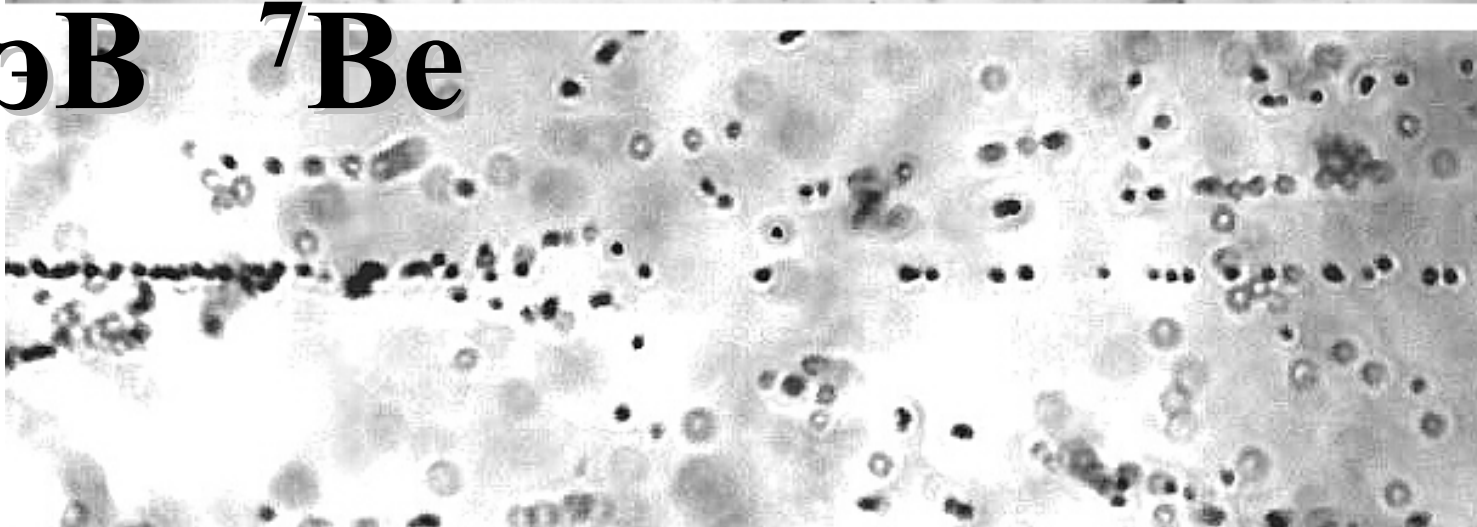
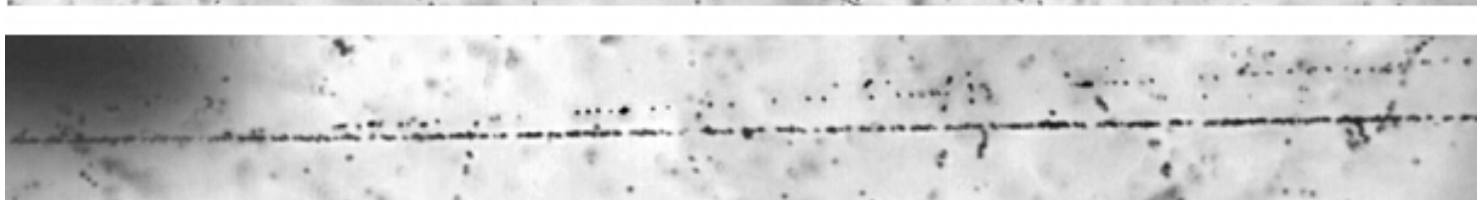
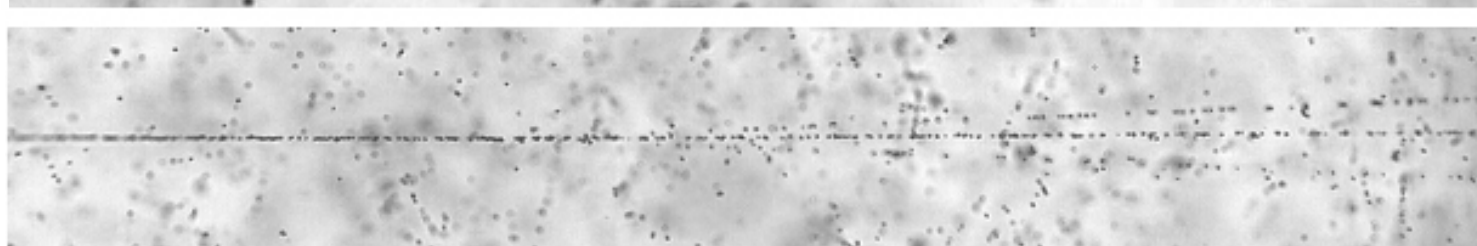
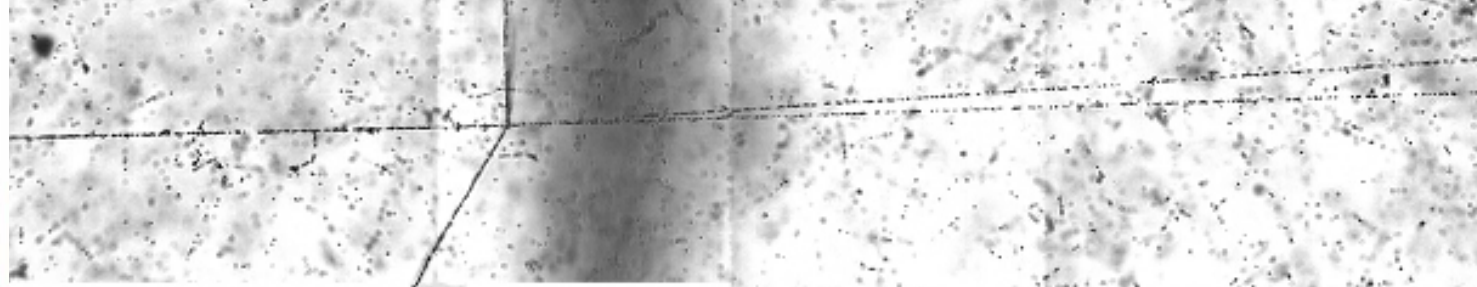
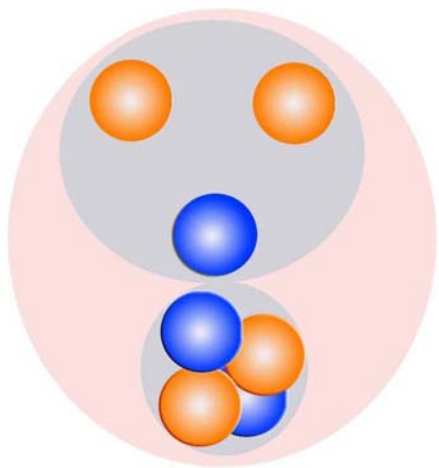
$$\pi^- + \text{nucleus} \rightarrow \pi^-\pi^0\pi^0 + \text{nucleus} \quad (2)$$

$$\pi^- + \text{nucleus} \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^- + \text{nucleus} \quad (3)$$

$$\pi^- + \text{nucleus} \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^-\pi^0\pi^0 + \text{nucleus} \quad (4)$$

etc.

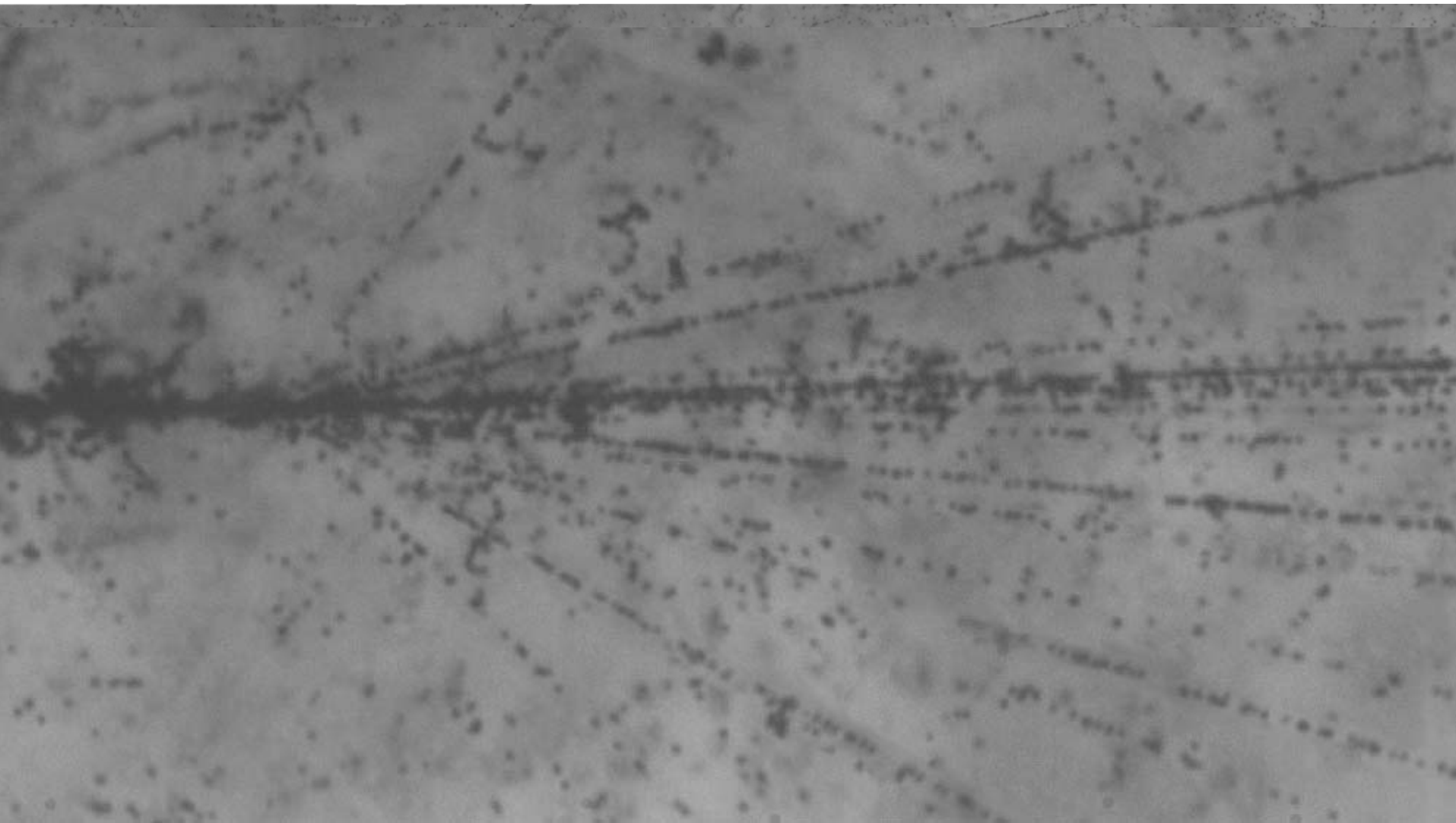
* On leave of absence from the Physical-Technical Institute, Dushambe, USSR.



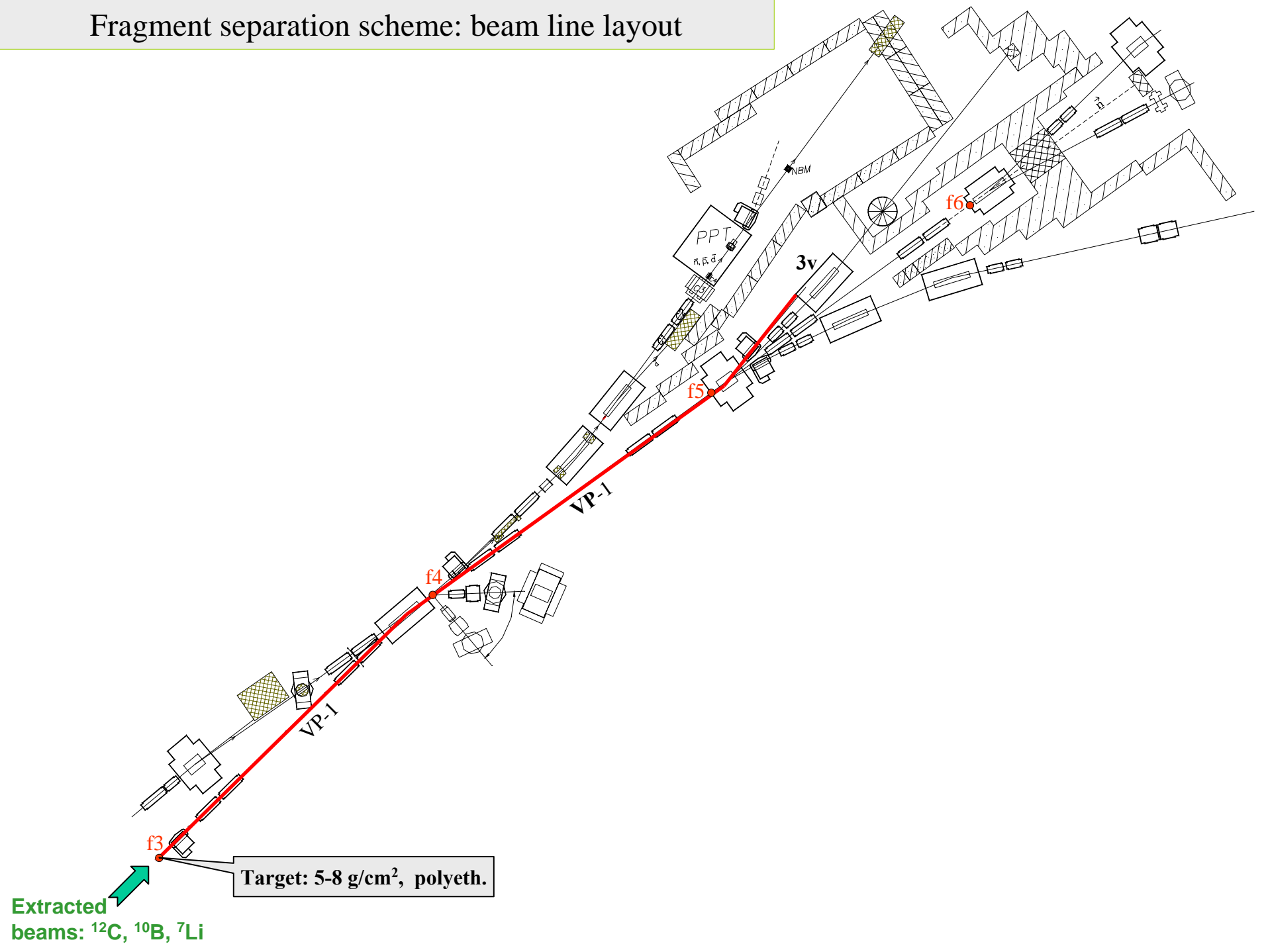
1.2A ГэВ ^7Be

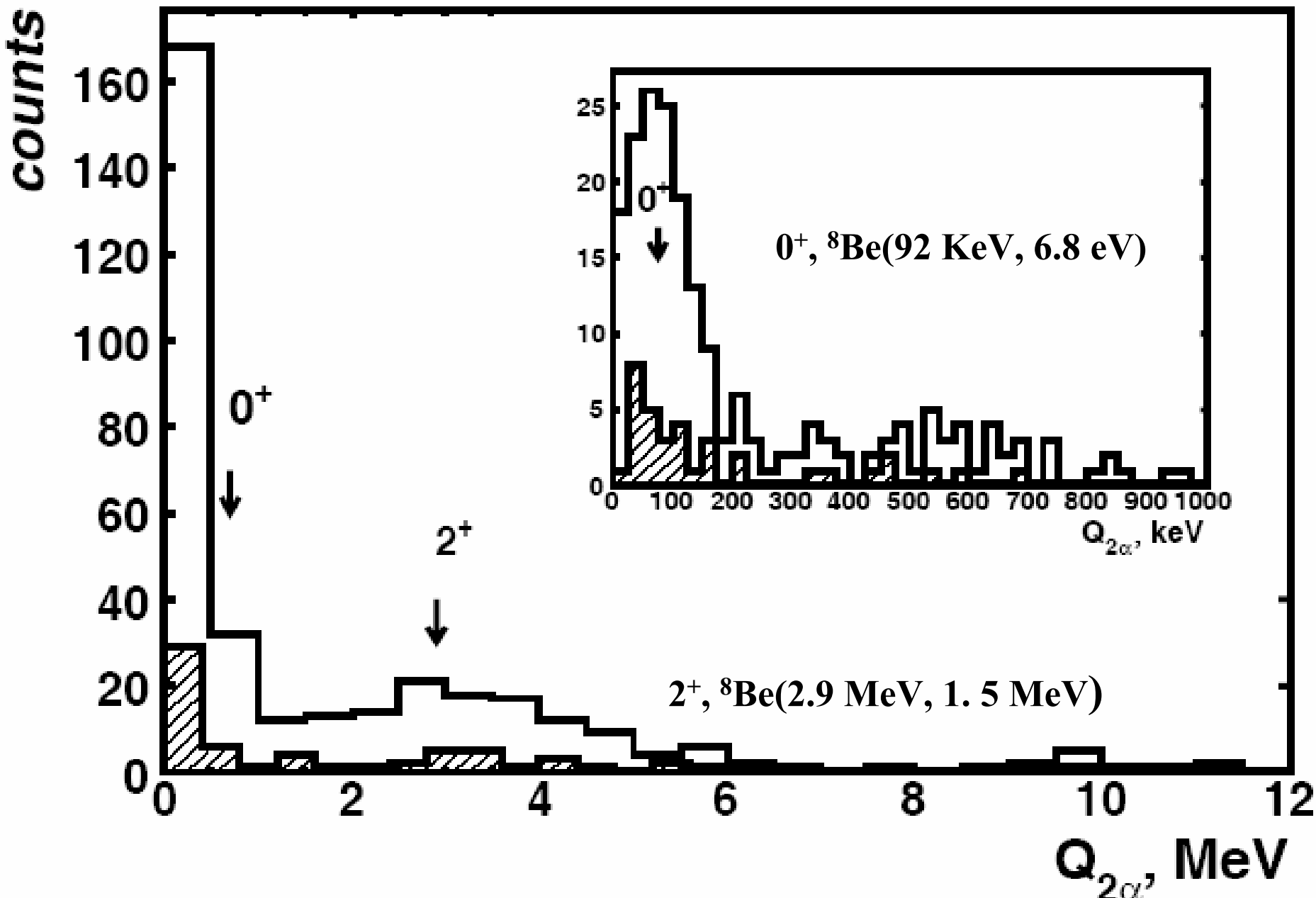


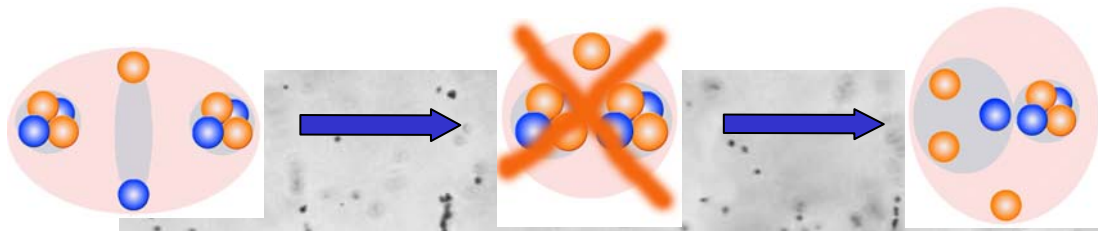
NUCLOTRON: 1A GeV ^{56}Fe



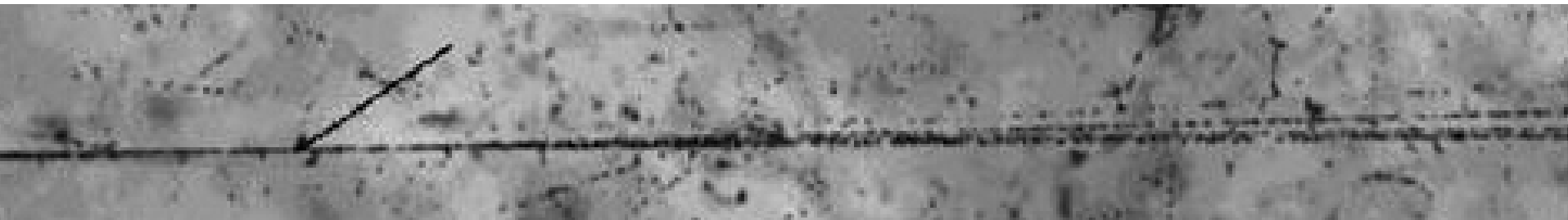
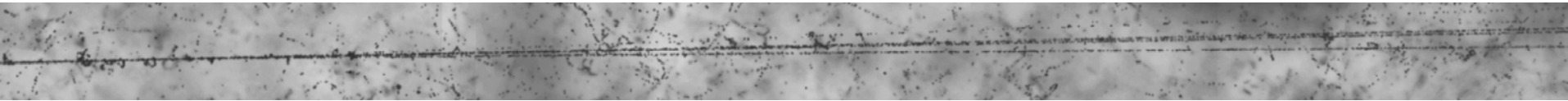
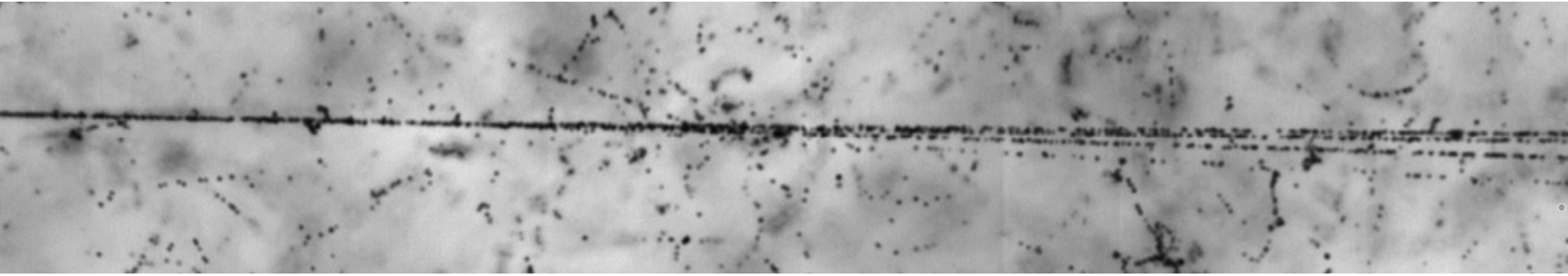
Fragment separation scheme: beam line layout



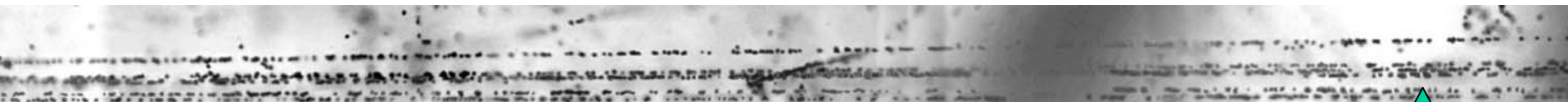




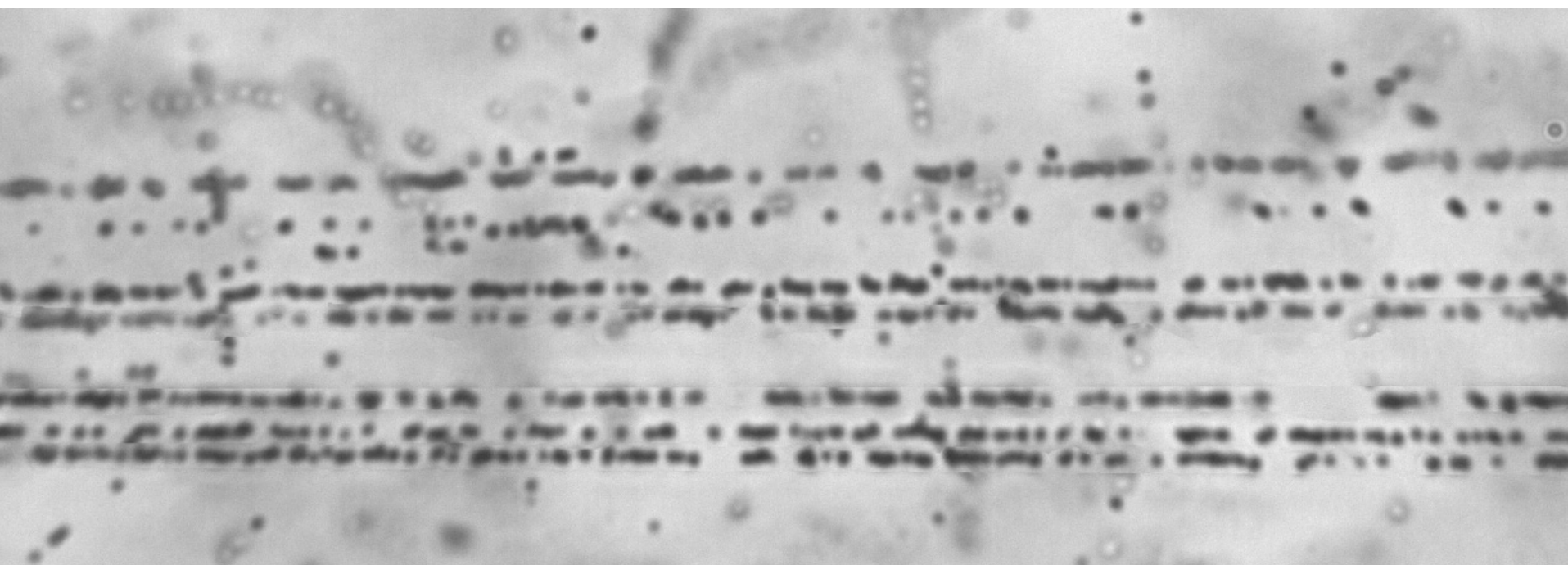
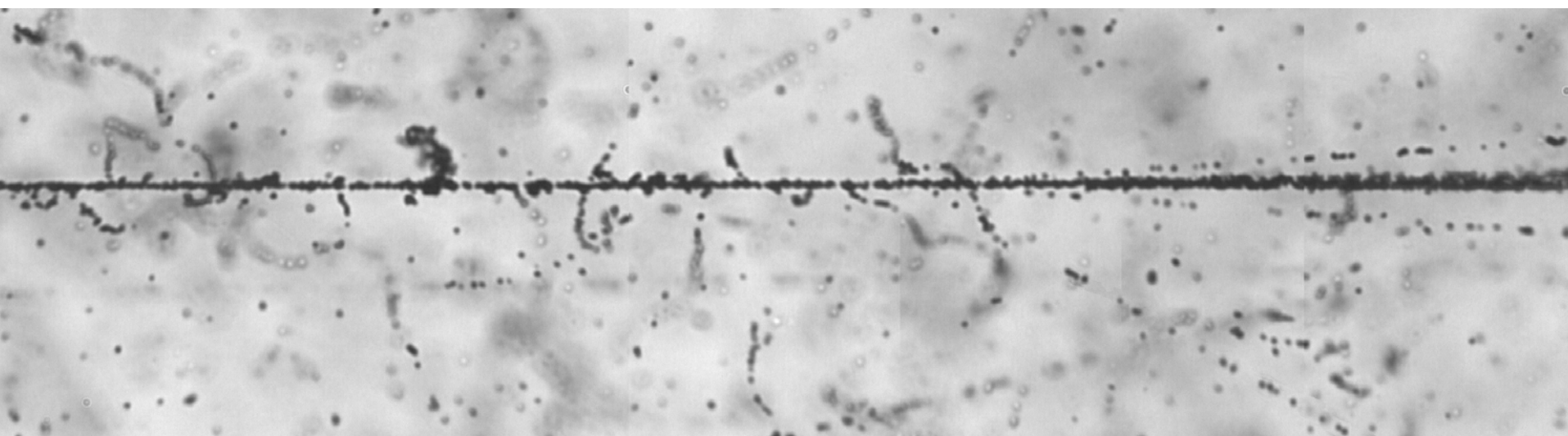
NUCLOTRON: 2.1 A GeV ^{14}N

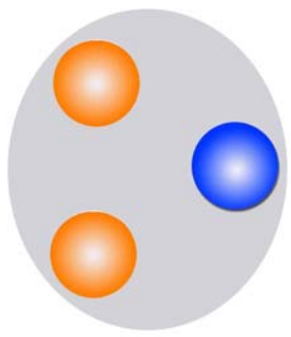


3.65A GeV ^{24}Mg 2+2+2+2+2+2

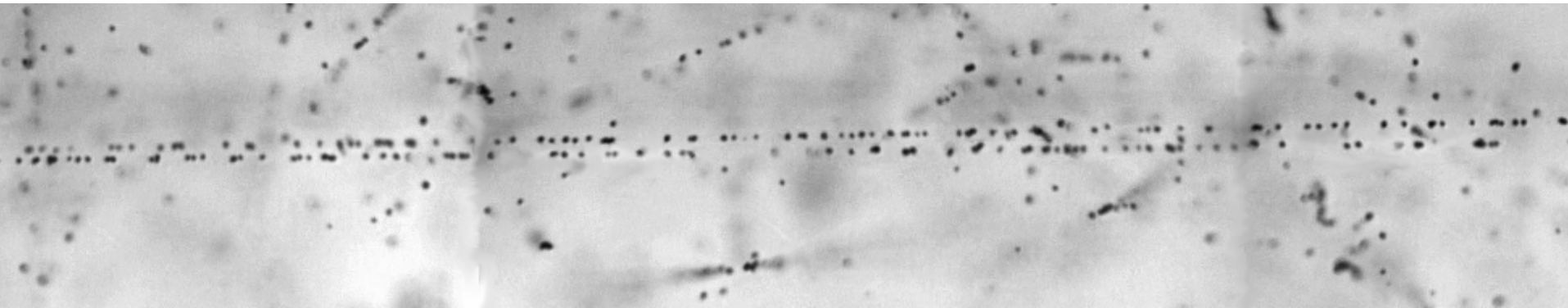
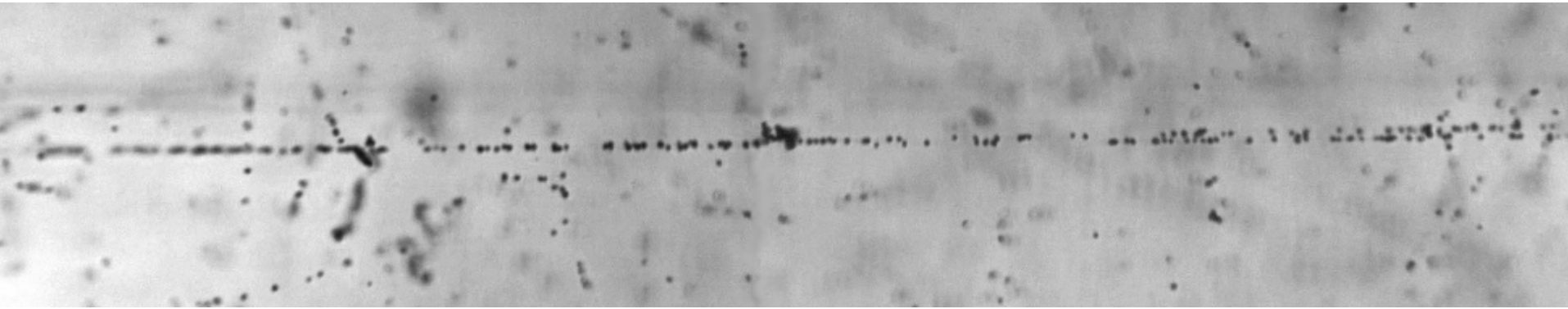


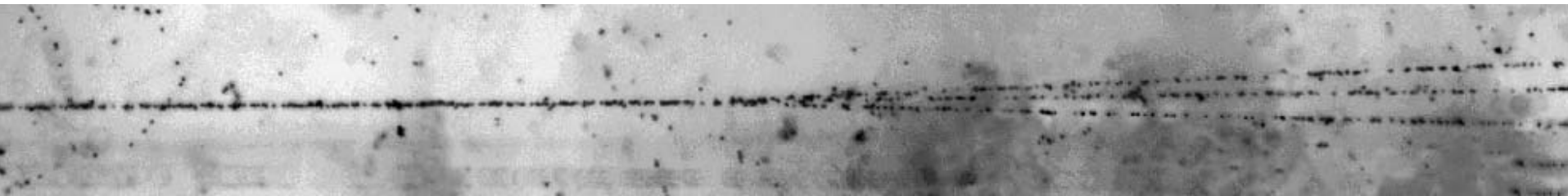
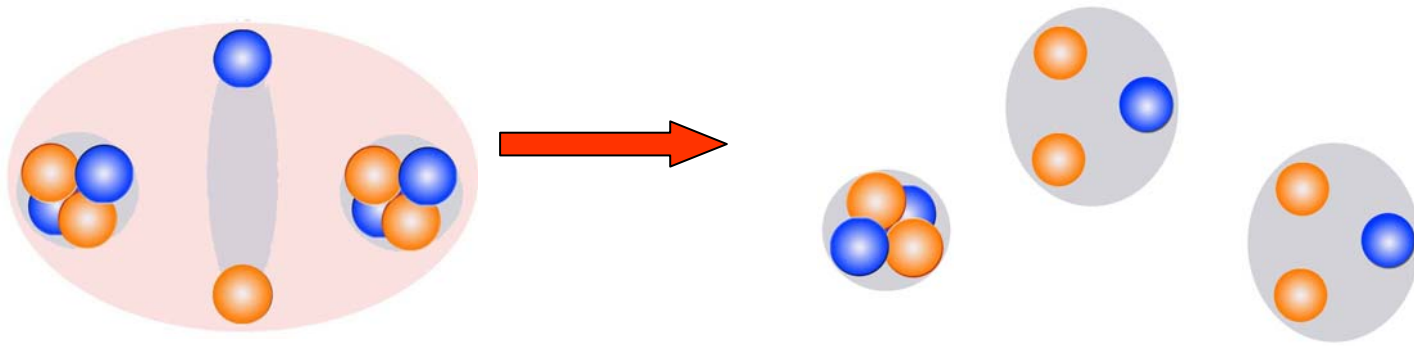
3.65A GeV ^{28}Si 2+2+2+2+2+2+1



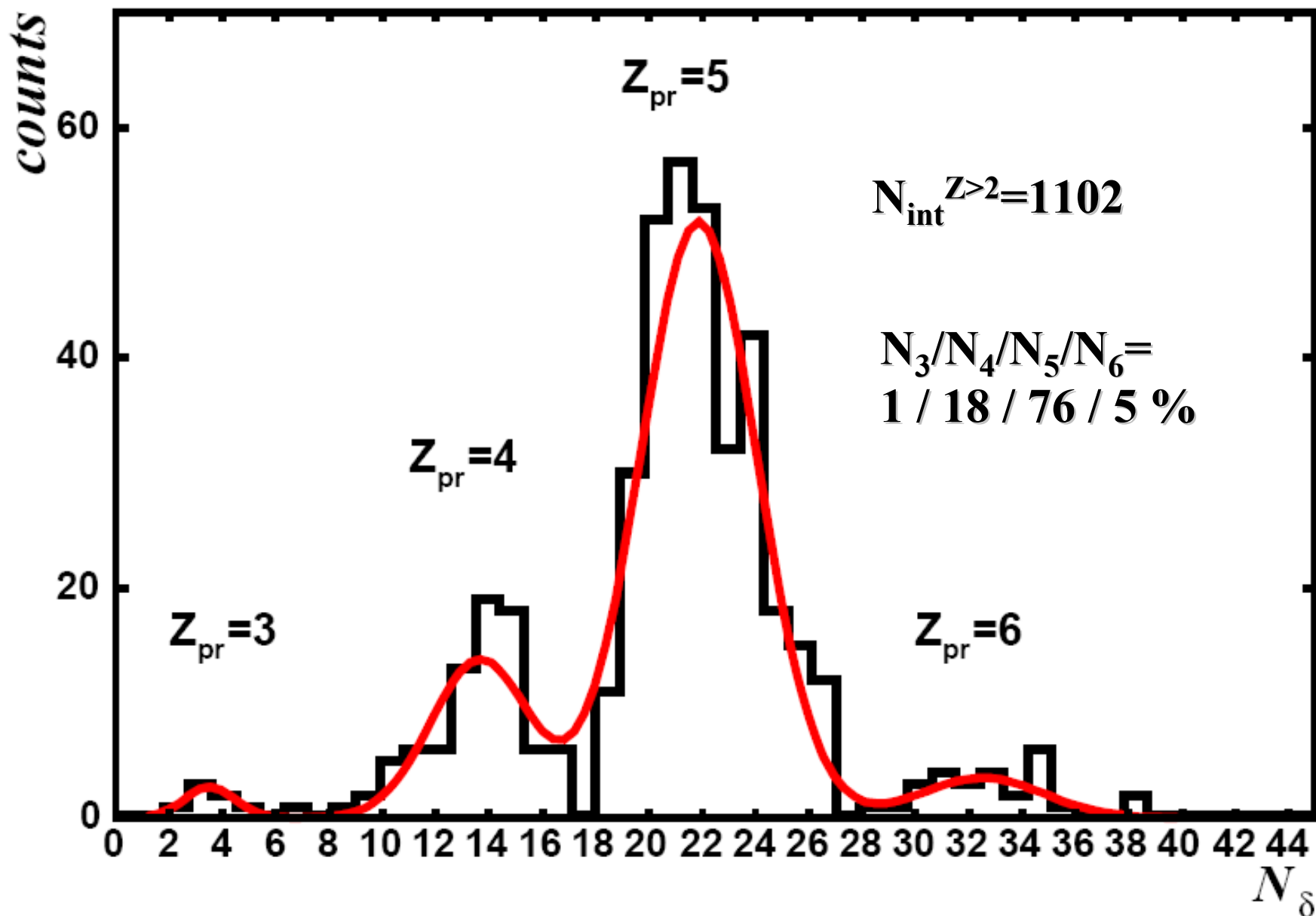


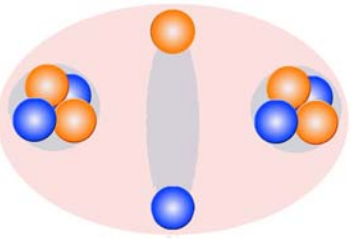
${}^3\text{He}$ dissociation $2=1+1$



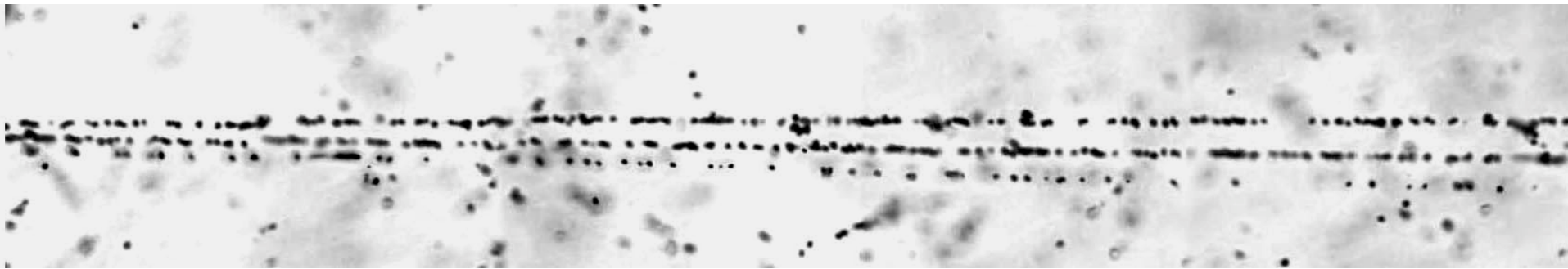


${}^8\text{B}$ 1.2A GeV Nuclotron 2004





NUCLOTRON: 1.0A GeV ^{10}B



$^{10}\text{B} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$ 70% of “white” stars.

H – deuteron in 40%

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