

В.А. Ямба

1 - 3421

ОБРАЗОВАНИЕ ГЕЛИЯ-8, ЛИТИЯ-8 И БОРА-8
ПРИ ЗАХВАТЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ π -МЕЗОНОВ
ЯДРАМИ УГЛЕРОДА, АЗОТА И КИСЛОРОДА

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
старший научный сотрудник
кандидат физико-математических
наук

В.М. Сидоров

Дубна 1967

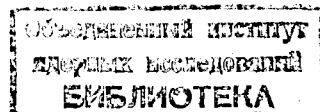
В.А. Ямба

ОБРАЗОВАНИЕ ГЕЛИЯ-8, ЛИТИЯ-8 И БОРА-8
ПРИ ЗАХВАТЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ π -МЕЗОНОВ
ЯДРАМИ УГЛЕРОДА, АЗОТА И КИСЛОРОДА

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук

Научный руководитель
старший научный сотрудник
кандидат физико-математических
наук

В.М. Сидоров



Определение границы устойчивости ядер с большим избытком нейтронов в настоящее время весьма актуально для ядерной физики и астрофизики. Нейтроноизбыточные ядра, по-видимому, играют важную роль в процессах эволюции звезд и ядерно-химических процессах синтеза элементов. Какие ядра имеют связанные состояния при наибольшем отношении числа нейтронов к числу протонов N/Z — в настоящее время не ясно.

Не исключается возможность существования связанной системы четырех нейтронов — тетранейтрона, хотя более вероятным представляется его существование в возбужденном состоянии. Определение энергии возбужденных (виртуальных) состояний неустойчивых ядер представляет интерес для уточнения положения границы устойчивости и для определения изотопических спинов возбужденных состояний изобарных устойчивых ядер, а также в связи с вопросом, поставленным Я.Б. Зельдовичем, о возможности существования нейтронных капель с плотностью, меньшей ядерной.

В выяснении этих вопросов решающее значение принадлежит экспериментам. Применение современных ускорителей для изучения ядерных реакций дает возможность исследовать различные свойства легких ядер. Для этой цели весьма эффективно может быть использован ядерный захват медленных отрицательных π -мезонов. Экспериментальные данные об определенных каналах таких реакций дают информацию о механизме захвата π^- -мезонов и о структуре ядер, а также позволяют исследовать вопрос о существовании неизвестных легких ядер.

Диссертация посвящена экспериментальному исследованию реакций с образованием гелия-8, лития-8 и бора-8 при захвате отрицательных π -мезонов ядрами углерода, азота и кислорода. Работы выполнены с помощью метода ядерных фотоэмulsionей.

В первой главе излагаются некоторые вопросы систематики легчайших ядер, связанные с проблемами существования сверхтяжелого изотопа гелия-8 и системы из четырех нейтронов - тетранейтрона. Обсуждаются также имеющиеся сведения о механизме захвата π^- -мезонов легкими ядрами и некоторые структурные особенности этих ядер.

Во второй главе излагаются методические вопросы, связанные с использованием ядерных фотоэмульсий и выбором ядра-мишени.

В третьей главе описываются эксперименты по непосредственному наблюдению реакций с образованием гелия-8, определению его массы и вероятностей образования на легких ядрах. Дается обзор опубликованных работ по поискам и изучению некоторых свойств этого изотопа.

Четвертая глава посвящена поискам двухчастичных реакций с образованием тетранейтрона при захвате π^- -мезонов ядрами углерода. Проводится сравнение с другими экспериментами.

В пятой главе описаны результаты исследований двухчастичных и трехчастичных реакций с образованием ядер лития-8 и бора-8 при захвате π^- -мезонов ядрами углерода, азота и кислорода. Делаются некоторые заключения о механизме этих реакций.

В заключение приведены основные результаты и выводы, полученные в этих работах.

Диссертация выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Основные результаты опубликованы в работах /1-4/ и докладывались на Международной конференции по ядерной физике /5/ (Гатлинбург, США, сентябрь 1966 г.) и Международном совещании по физике и химии легких мезонов (Дубна, 1966 г.).

Ниже кратко излагается содержание диссертации.

I .

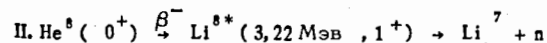
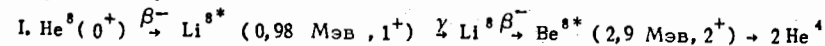
1. Энергия спаривания нейтронов в легких ядрах и гелия-8

В работах /6-8/ использовались полуэмпирические формулы для оценок масс неизвестных ядер. В области большого избытка нейтронов эти формулы, по-видимому, неверны. Для легчайших ядер полуэмпирические формулы масс практически совсем не применимы, так как их массы и энергии связи меняются менее

регулярно; чем у средних и тяжелых ядер. Для предсказания масс неизвестных легчайших ядер используются менее общие эмпирические закономерности. Я.Б. Зельдович /10/, уточняя границы устойчивости легких ядер с учетом эффектов оболочек и спаривания нуклонов, предсказал существование некоторых из них, в том числе He^8 .

В.И. Гольданский /11/ пришел к тому же выводу о существовании He^8 , основываясь на рассмотрении возбужденных уровней ядра Li^7 и энергии спаривания нейтронов у He^8 и Li^9 .

Если He^8 нейтроностабилен, то он должен претерпевать β^- -распад по следующим двум схемам:



Первая из этих схем особенно удобна для обнаружения на опыте.

2. Тетранейтрон

Если ядро n^4 существует, то это означает, что у системы четырех нуклонов есть уровень с изотопическим спином $T=2$ и он должен проявляться в различных ядерных процессах. Например, устойчивость тетранейтрона связана с положением уровня α -частицы с $T=2$. Схема уровней α -частицы приведена в работах /12,13/. Возбужденное состояние He^4 при 24 Мэв, по-видимому, является самым низким состоянием с изоспином $T=1$. В работе /14/ на основании анализа расщепления энергии основных состояний ядер по величине изотопического спина оценена энергия состояния He^4 с изоспином $T=2$ и получено значение $E^*(\text{He}^4) = 34,1$ Мэв. Если эта оценка верна, то основное состояние ядра n^4 лежит приблизительно на 6 Мэв выше границы связанного состояния и оно распадается на свободные нейтроны за время, характерное для ядерных столкновений.

В работе /12/ обращено внимание на то, что из нестабильности ядер H^3 и H^5 следует неустойчивость тетранейтрона, т.е. $M_{n^4} > 4M_n$.

На основании этих соображений можно предположить, что поиски тетранейтрона вдали от места его образования дадут лишь отрицательные результаты

в виде предельных оценок сечения. Однако возможность обнаружить виртуальное состояние тетранейтрона не исключена. Для этого необходимы эксперименты, в которых при известной начальной энергии измеряется энергия всех продуктов кроме тетранейтрона.

3. Расщепление легких ядер медленными π^- -мезонами

При поглощении медленного π^- -мезона ядром один из протонов ядра превращается в нейтрон по схеме $\pi^- p \rightarrow n$. Однако нейтрон не может воспринять всю энергию покоя мезона, поскольку такой процесс противоречил бы закону сохранения импульса. Поэтому необходимо допустить, что в поглощении мезона принимают участие и другие нуклоны ядра, которым передается часть энергии покоя мезона. Определение числа частиц, принимающих участие в первичном распределении энергии покоя мезона, а также изучение кинематических характеристик этих частиц представляет значительный интерес в связи с исследованием механизма захвата π^- -мезонов и структуры ядра.

Имеющиеся экспериментальные данные показывают, что существенную роль играет механизм прямого захвата π^- -мезонов на малонуклонных ассоциациях в ядре, что согласуется с теорией прямых ядерных реакций^{/15,16/}. При этом в виде виртуальных частиц могут проявляться некоторые неизвестные легчайшие ядра.

II

Основная задача данного эксперимента состояла в непосредственной регистрации актов рождения и распада ядер He^8 при захвате π^- -мезонов легкими ядрами, а также измерении его массы и вероятностей образования. Схема 1 распада He^8 (см. таблицу) представляется весьма выгодной для регистрации таких событий с помощью ядерных фотоэмульсий. В этом случае на конце следа He^8 должны наблюдаться два следа электронов и два направленных в противоположные стороны и равных по длине следа α -частиц. Таким образом, в фотоэмульсии должен наблюдаться T-образный след с двумя электронными следами в отличие от T-образных следов Li^8 и B^8 , которые сопро-

вождаются одним следом электрона или позитрона, соответственно. Наблюдать всю картину образования и распада He^8 при захвате π^- -мезонов ядрами можно, по-существу, только в фотоэмульсии, поскольку пробеги ядер достаточно малы, в особенности α -частиц от распада Be^{8*} .

За основу для изучения были приняты реакции, происходящие в результате захвата π^- -мезонов легкими ядрами (C, N, O). Количество этих ядер в стандартной фотоэмульсии типа НИКФИ-БР составляет 53% всех сложных ядер. Возможные каналы реакций двух-, трех- и четырехлучевого типов приведены в таблице 1. Видно, что в большинстве этих случаев можно проводить кинематический анализ реакций с целью определения массы He^8 .

В эксперименте использовались эмульсионные камеры размером 10x5x2,5 см, составленные из слоев эмульсии НИКФИ-БР толщиной 600 мк. Камеры облучались в пучке π^- -мезонов с энергией 80 Мэв. Перед эмульсионной камерой устанавливался фильтр из плексигласа, чтобы мезоны останавливались в середине эмульсионной камеры. Плотность облучения составляла $2 \cdot 10^5$ мез/см².

Зона остановок π^- -мезонов шириной в 1 см просматривалась под микроскопом с увеличением 225 х. Регистрировались σ -звезды с T-образными следами. Просмотрено 3 эмульсионных камер и зарегистрировано 18283 таких случаев. Этот метод поиска событий в значительной степени выделяет захваты π^- -мезонов легкими ядрами, так как T-образные следы в фотоэмульсии могут давать только ядра He^8 , Li^8 и B^8 , а выход таких фрагментов из тяжелых ядер (Ag, Br) в значительной степени подавлен кулоновским барьером.

На основании зарегистрированных событий с T-образными следами можно проводить изучение реакций с образованием He^8 и тетранейтрона, а также исследовать определенные каналы реакций с образованием Li^8 и B^8 .

Для выделения событий, соответствующих определенным каналам реакций, необходимо знать энергии и углы вторичных заряженных частиц. Энергии частиц определялись по пробегам. Для однозарядных частиц использовались таблицы Баркаса^{/17/}, а для многозарядных ($2 \leq Z \leq 5$) — таблицы Папино^{/18/}.

III

Вопрос о возможности существования He^8 был поставлен в 1960 г. Я.Б. Зельдовичем и В.И. Гольданским. Однако строгое экспериментальное доказательство его существования до конца 1965 года отсутствовало.

На синхротронном ускорителе Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ нами были проведены эксперименты по непосредственной регистрации актов рождения и распада ядер He^8 , образованных при захвате остановившихся π^- -мезонов ядрами углерода, азота и кислорода в фотоэмульсии.

С целью поиска событий с двумя электронными следами на концах Т-образных следов повторно было просмотрено 17267 σ^- -звезд при увеличении 1350х. Следы электронов удовлетворяли следующим критериям отбора:

- 1) электроны должны быть релятивистскими;
- 2) расстояние от окончания Т-образного следа до первого зерна электронного следа не должно превышать утроенного среднего расстояния между зернами. Относительное число таких разрывов составляет 5%;
- 3) следы электронов должны продолжаться либо до остановки в камере, либо до выхода за ее пределы.

Всего среди 17267 σ^- -звезд с Т-образными следами было зарегистрировано 16 событий с двумя электронами, принадлежащих ядрам He^8 . Два из них являются звездами трехлучевого типа, 13 случаев четырехлучевого и один случай пятилучевого типа. Микрофотография первого случая представлена на рис. 1.

Для каждого зарегистрированного события проводился кинематический анализ. Восемь случаев удовлетворяют кинематике реакций без испускания нейтрона. В этих случаях измерена масса атома He^8 и избыток массы $M-A$. Среднее значение по этим измерениям $M-A = (31,0 \pm 0,4)$ Мэв. Семь случаев идентифицированы как реакции с испусканием одного дополнительного нейтрона. В каждом из этих случаев определена масса нейтрона, среднее значение которой получено равным $(941,5 \pm 2,2)$ Мэв, при значении массы атома He^8 $M = (7482,5 \pm 0,4)$ Мэв. Это является достаточно хорошим подтверждением достоверности кинематического анализа. В одном случае не удалось провести идентификацию канала реакции, так как одна частица вышла за пределы камеры и пробег ее точно не измерен, а событие не удовлетворяет кинематике реакции без испускания нейтрона.

По результатам кинематического анализа 13 случаев отнесены к реакциям на углероде и по одному случаю - к реакциям на азоте и кислороде. Неидентифицированное событие отнесено к случаям образования He^8 на углероде и учтено в ошибке вероятности. Используя эти данные, мы нашли относительные вероятности различных реакций:

$$W_1 = \frac{\pi^- C^{12} \rightarrow He^8 + \dots}{\pi^- C^{12} \rightarrow \text{все каналы}} = (8,0^{+2,8}_{-2,2}) 10^{-6}$$

$$W_2 = \frac{\pi^- O^{16} \rightarrow He^8 + \dots}{\pi^- O^{16} \rightarrow \text{все каналы}} \approx 0,8 \cdot 10^{-6}$$

$$W_3 = \frac{\pi^- N^{14} \rightarrow He^8 + \dots}{\pi^- N^{14} \rightarrow \text{все каналы}} \approx 2,0 \cdot 10^{-6}$$

$$W_4 = \frac{\pi^- (Ag, Br) \rightarrow He^8 + \dots}{\pi^- (Ag, Br) \rightarrow \text{все каналы}} < 0,4 \cdot 10^{-6}$$

Здесь приводятся вероятности образования He^8 , который распадается по схеме 1. Согласно данным работы /19/, доля распадов по этой схеме составляет 88%. Можно отметить также, что в фотоэмульсии один случай с образованием He^8 происходит в среднем на 10^3 событий с испусканием ядер Li^8 и B^8 .

Из факта существования β -активного ядра He^8 с массой атома $M = (7482,5 \pm 0,4)$ Мэв следует, что энергия связи тетранейтрона (если он существует) не превышает $(3,7 \pm 0,4)$ Мэв. В противном случае He^8 распался бы на $He^4 + p^4$.

В главе III проведено также сравнение с другими экспериментами. Отмечено, что в настоящее время помимо экспериментов, описанных в диссертации, имеется лишь одна работа /20/, в которой измерялась масса атома He^8 . Получено значение избытка массы $M-A = (31,65 \pm 0,12)$ Мэв, что хорошо согласуется с нашими результатами.

IV

Обзор основных работ о возможности существования связанной системы четырех нейтронов дан в главе I. В ряде экспериментов велись поиски реакций с образованием тетранейтрона, но ни в одном из них это ядро не было обнаружено. В главе IV дается обзор этих экспериментов.

Если рассмотреть все возможные реакции на легких ядрах с образованием Li^8 и B^8 , то нетрудно убедиться, что возможна только одна двухчастичная реакция однолучевого типа:



Среди зарегистрированных 18283 σ -звезд с Т-образными следами 63 события имели только Т-образный след и 33 события имели дополнительно ядро отдачи, т.е. след с длиной меньше 5 мк. Из кинематики реакции (1) следует, что пробег ядер B^8 в фотоэмульсии должен равняться 37 мк в предположении, что энергия связи тетранейтрона равна нулю. Из распределения (рис. 2) однолучевых событий по длинам Т-образных следов видно, что мы не можем выделить случаев, относящихся к реакции (1). Из этих результатов получаем, что верхняя граница относительной вероятности двухчастичной реакции с образованием тетранейтрона при захвате π^- -мезонов ядрами углерода с достоверностью 90% не превышает величины

$$R_1 = \frac{\pi^- + \text{C}^{12} \rightarrow \text{B}^8 + \text{n}^4}{\pi^- + \text{C}^{12} \rightarrow \text{все каналы}} < 2,6 \cdot 10^{-6}.$$

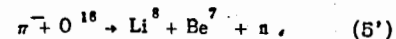
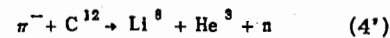
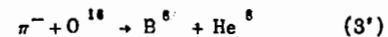
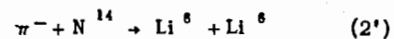
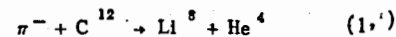
Из сравнения с результатами работы /21/ видно, что полученный нами предел на два порядка меньше, чем для реакции $\pi^- + \text{Li}^7 \rightarrow \text{He}^3 + \text{n}^4$.

В этой главе обсуждается также вопрос о существовании тетранейтрона в возбужденном состоянии, а также вопрос о поисках тетранейтрона в трехчастичных реакциях.

V

С целью изучения реакций с образованием Li^8 и B^8 при захвате π^- -мезонов легкими ядрами (C , N , O) проведен анализ 8233 σ -звезд в фотоэмульсии с Т-образными следами. В диссертации сообщаются результаты ана-

лиза двухлучевых событий. Выделено 631 событие двухлучевого типа без ядер отдачи. В этом случае на легких ядрах возможны только следующие двухчастичные и трехчастичные реакции двухлучевого типа:



Реакции (1'-3') могут быть легко выделены по двум критериям: оба следа должны быть коллинеарны и длины их должны иметь определенные значения. Ни одно из 631 события не удовлетворяет этим двум критериям. Заметим, что по реакции (3') можно было бы зарегистрировать ядра He^6 независимо от моды их распада.

Для выделения реакций (4') и (5') проводился обсчет событий по кинематической программе на электронной вычислительной машине. Вычислялась недостающая масса для каждого случая, средняя ошибка в определении которой равна 5 Мэв. В распределении событий по величине недостающей массы для реакции (4') наблюдается отчетливый пик в интервале (930-945) Мэв около значения массы нейтрона и нет соответствующего пика для реакции (5'). Анализ этих распределений показал, что (175±21) событий принадлежат реакции (4'), а число событий реакции (5') с достоверностью 90% не превышает 10.

Используя эти данные, мы нашли относительные вероятности реакций (1'-5')

$$W'_1 = \frac{\pi^- + \text{C}^{12} \rightarrow \text{Li}^8 + \text{He}^4}{\pi^- + \text{C}^{12} \rightarrow \text{все каналы}} < 3 \cdot 10^{-6}$$

$$W'_2 = \frac{\pi^- + \text{N}^{14} \rightarrow \text{Li}^8 + \text{Li}^6}{\pi^- + \text{N}^{14} \rightarrow \text{все каналы}} < 1 \cdot 10^{-5}$$

$$W'_3 = \frac{\pi^- O^{16} \rightarrow B^8 + He^6}{\pi^- O^{16} \rightarrow \text{все каналы}} < 4 \cdot 10^{-6}$$

$$W'_4 = \frac{\pi^- C^{12} \rightarrow Li^8 + He^3 + n}{\pi^- C^{12} \rightarrow \text{все каналы}} = 2,2 \cdot 10^{-4}$$

$$W'_5 = \frac{\pi^- O^{16} \rightarrow Li^8 + Be^7 + n}{\pi^- O^{16} \rightarrow \text{все каналы}} \leq 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Из полученных результатов видно, что двухчастичные развалы легких ядер (1'-3') сильно подавлены, а реакция (4), по крайней мере, в 10 раз более вероятна, чем реакция (5').

На рис. 3 представлены энергетические спектры вторичных частиц от реакции (4). Из этих распределений видно, что почти всю энергию в этой реакции, выделяющуюся при захвате π^- -мезона, уносит нейтрон. Это указывает на то, что преобладает такой механизм захвата, при котором важную роль играет возбужденное состояние ядра-остатка B^{11} , получающегося после испускания быстрого нейтрона. В спектре нейтронов виден максимум при энергии 80 Мэв, что соответствует энергии возбуждения ядра B^{11} , равной 35 Мэв.

С точки зрения теории прямых ядерных реакций в реакции $\pi^- C^{12} \rightarrow Li^8 + He^3 + n$ виртуальной частицей может быть ядро Li^4 . Квазичастичный характер поглощения π^- -мезона приводит к специфическим угловым корреляциям продуктов развала этой частицы, т.е. нейтрона и He^3 . На рис. 4 представлены распределения по углам между вторичными частицами от этой реакции. В отличие от случая расщепления свободного ядра Li^4 , когда угол разлета нейтрона и He^3 в системе его центра масс был бы 180° , в данном случае угол разлета оказывается равным 150° (см. рис. 4).

В диссертации на основании полученных экспериментальных данных о вероятностях различных реакций с образованием He^8 , и B^8 от захвата π^- -мезонов легкими ядрами приводятся также и другие аргументы в пользу теории прямых ядерных реакций.

VI

Основные результаты, полученные в работах, включенных в диссертацию, можно сформулировать следующим образом:

1. Зарегистрировано 16 случаев образования и распада сверхтяжелого изотопа гелия - He^8 при захвате π^- -мезонов ядрами углерода, азота и кислорода и 18000 случаев с образованием ядер Li^8 и B^8 .

2. Измерена масса атома He^8 . Соответствующее значение избытка массы $M-A = (31,0 \pm 0,4)$ Мэв. Это значение хорошо согласуется с теоретическими предсказаниями /10,11/ и результатами работы /20/. Из полученного значения массы He^8 следует, что энергия связи тетранейтрона (если он существует) не превышает $(3,7 \pm 0,4)$ Мэв.

3. Определены относительные вероятности реакций с образованием He^8 на различных ядрах. Выход ядер He^8 составляет 10^{-3} выхода ядер Li^8 и B^8 при захвате π^- -мезонов ядрами в фотоэмульсии.

4. Получено, что относительная вероятность двухчастичной реакции с образованием тетранейтрона при захвате π^- -мезонов ядрами углерода меньше, чем $2,6 \cdot 10^{-6}$.

5. Проанализировано 631 событие двухлучевого типа с образованием ядер Li^8 и B^8 , возникающих при захвате π^- -мезонов ядрами углерода, азота и кислорода. Получено, что:

а) относительные вероятности двухчастичных развалов легких ядер (C, N, O) меньше, чем $(2 \div 10) \cdot 10^{-6}$;

б) трехчастичная реакция на углероде $\pi^- C^{12} \rightarrow Li^8 + He^3 + n$ идет с относительной вероятностью $2,2 \cdot 10^{-4}$, а реакция $\pi^- O^{16} \rightarrow Li^8 + Be^7 + n$ подавлена по сравнению с ней, по крайней мере, в десять раз;

в) измеренные энергетические спектры и угловые корреляции вторичных частиц в реакции $\pi^- C^{12} \rightarrow Li^8 + He^3 + n$ указывают на то, что захват π^- -мезонов происходит на ассоциации из четырех нуклонов (Li^4) в ядре C^{12} .

6. Совокупность полученных экспериментальных данных о реакциях с образованием He^8 , Li^8 и B^8 от захвата π^- -мезонов ядрами углерода, азота и кислорода может быть понята с точки зрения теории прямых ядерных реакций.

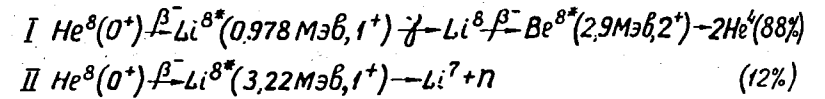
Л и т е р а т у р а

1. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. Nucl. Phys., 22, 487 (1966); Препринт ОИЯИ Е-2774, Дубна 1966.
2. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ, Р-1-3306, Дубна 1967.
3. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ Р1-3305, Дубна 1967.
4. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ, Р1-3372, Дубна 1967.
5. Yu.A. Batusov, S.A. Buniatov, V.M. Sidorov, V.A. Yarba. Gatlinburg, Tennessee. Sept., 12-17, 1966.
6. П.Э. Немировский. ЖЭТФ, 36, 883 (1959).
7. A.G. Cameron. Canad. J. Phys., 37, 322 (1959).
8. P.A. Seeger. Nucl. Phys., 25, 1 (1961).
9. A.G.W. Cameron, R.M. Elkin, Canad. J. Phys., 43, 1283 (1965).
10. Я.Б. Зельдович. ЖЭТФ, 38, 1123 (1960).
11. В.И. Гольданский. ЖЭТФ, 38, 1637 (1960).
12. Н.А. Власов, Л.И. Самойлов. Атомная энергия, 17, 3 (1964).
13. А.И. Базь, В.И. Гольданский, Я.Б. Зельдович. УФН, 85, 445 (1965).
14. P. Franzini, L. Radicati. Phys. Lett., 6, 322 (1963).
15. И.С. Шапиро, В.М. Колыбасов. ЖЭТФ, 44, 270 (1963).
16. Н.С. Зеленская, Ю.Ф. Смирнов, И.Н. Юдин. Изв. АН СССР, 29, 186 (1965).
17. A.H. Barkas et al. Nuovo Cim., 8, 185, 1958. Preprint UCRL - 2426.
18. A. Papineau. C.S. Preprint 543, 1956.
19. A.M. Poskanzer et al. Phys. Rev. Lett., 1030 (1965).
20. J. Cerny et al. Phys. Rev. Lett., 16, 486 (1966).
21. R.C. Cohen et al. Phys. Lett., 16, 292 (1965).

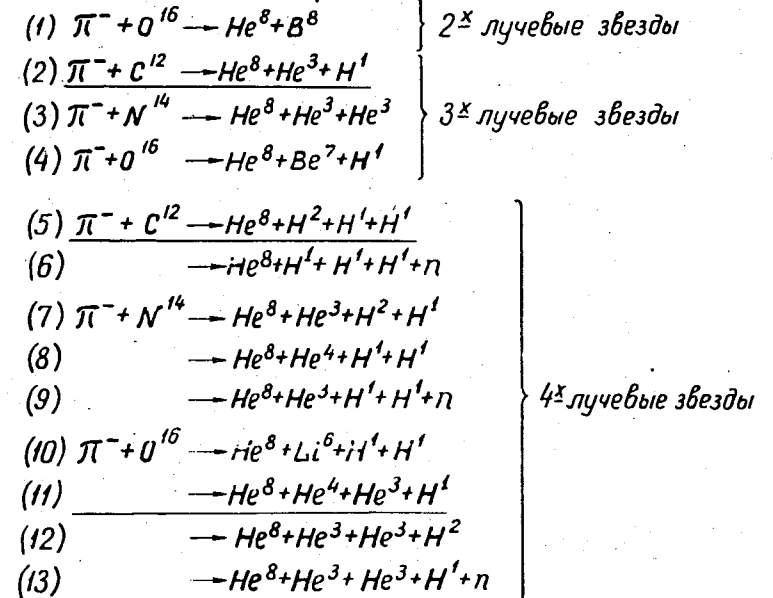
Рукопись поступила в издательский отдел
30 июня 1967 г.

Т А Б Л И Ц А 1

Схемы распада He^8



Возможные каналы реакций :



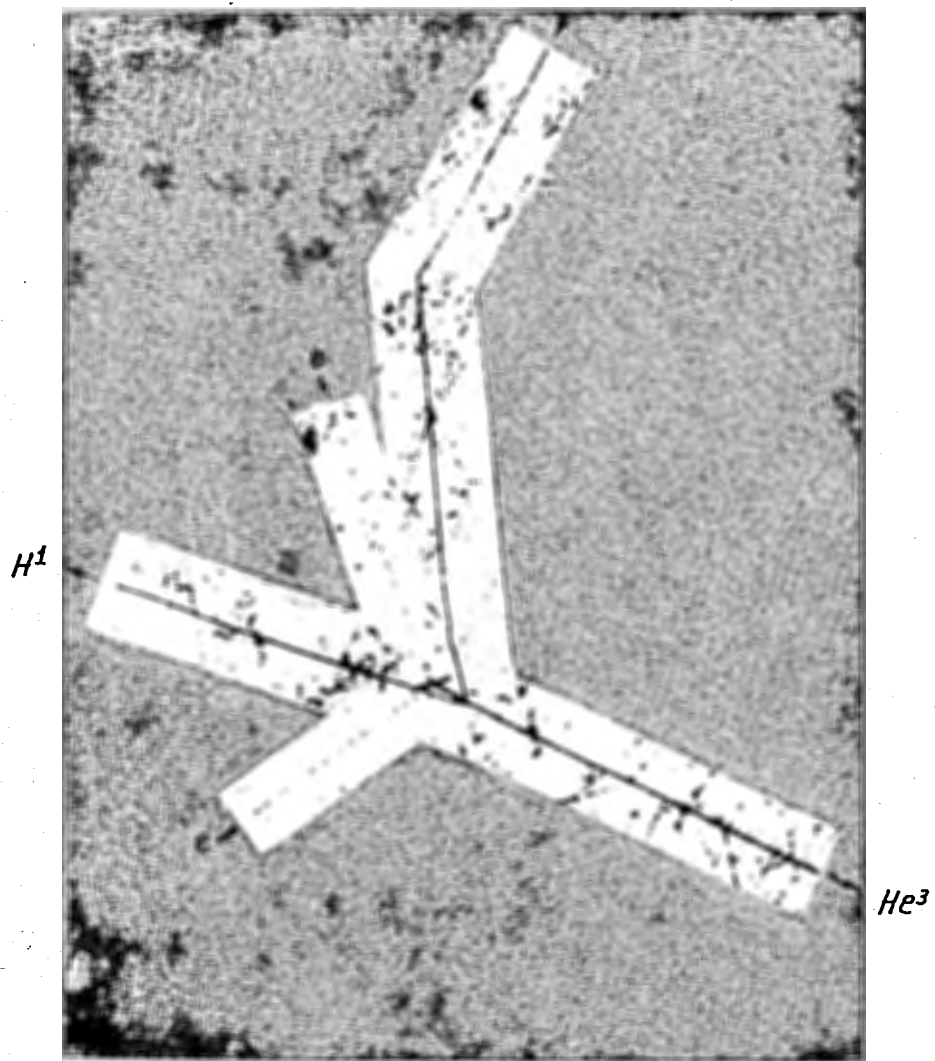
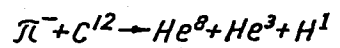


Рис. 1. Микрофотография случая № 1 с образованием гелия-8.

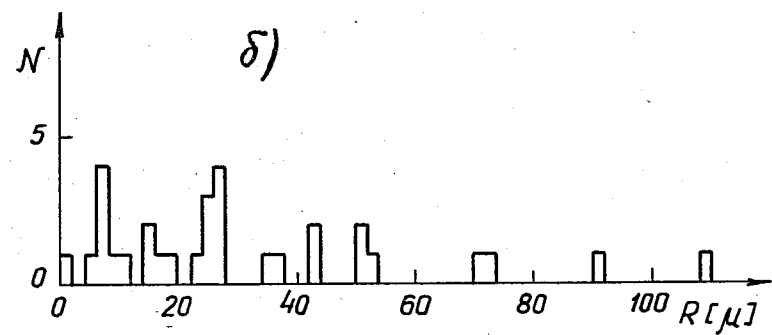
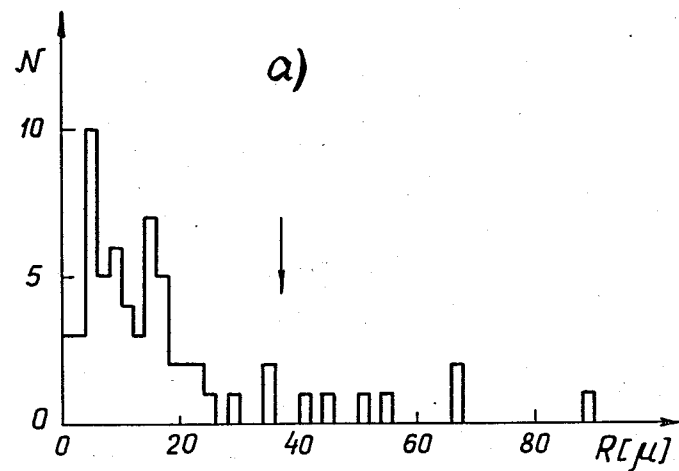


Рис. 2. Распределение однолучевых событий по длинам Т-образных следов, а) без ядер отдачи; б) с ядрами отдачи.

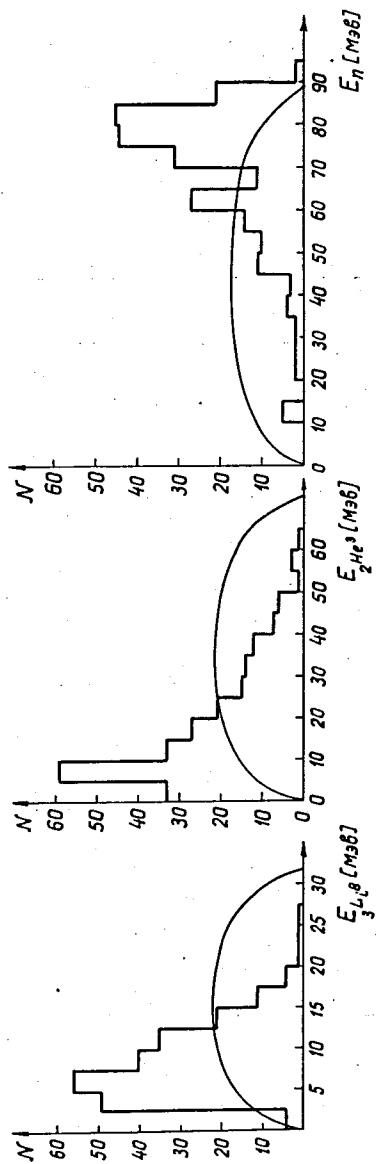


Рис. 3. Энергетические спектры вторичных частиц от реакции $\pi^- + C^{12} \rightarrow Li^8 + He^3 + n$.
Плавные кривые - фазовый объем.

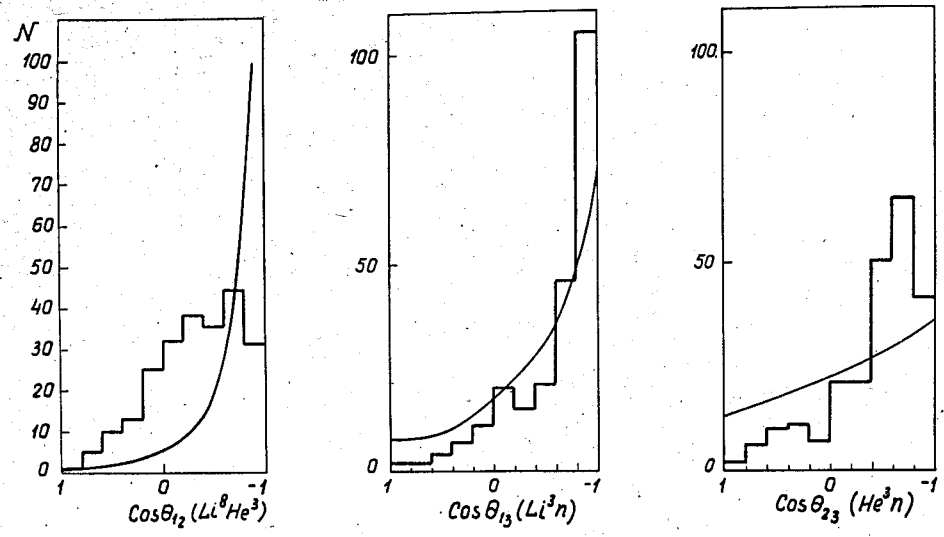


Рис. 4. Распределения по углам между вторичными частицами от реакции $\pi^- + C^{12} \rightarrow Li^8 + He^3 + n$. Плавные кривые соответствуют трехчастичному фазовому объему.