

7  
3-17



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
Лаборатория ядерных проблем

---

О.А.Займидорога, М.М.Кулюкин, Р.М.Суляев,  
А.И.Филлипов, В.М.Щупко-Ситников, Ю.А.Шербаков

Р - 1168

ОБРАЗОВАНИЕ МЕЗОАТОМОВ ГЕЛИЯ  
В ГАЗОВОЙ СМЕСИ ВОДОРОДА С ГЕЛИЕМ  
*Же ЭТФ, 1963, т44, в 6, с1852-1858.*

Дубна 1963 г.

О.А.Займидорога, М.М.Кулюкин, Р.М.Суляев,  
А.И.Филиппов, В.М.Цупко-Сятников, Ю.А.Щербаков

Р - 1168

**ОБРАЗОВАНИЕ МЕЗОАТОМОВ ГЕЛИЯ  
В ГАЗОВОЙ СМЕСИ ВОДОРОДА С ГЕЛИЕМ**

Дубна 1963 г.

СОВЕДСКИЙ ИНСТИТУТ  
АВЕРЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БИБЛИОТЕКА

82  
1/3871

## А н н о т а ц и я

Изучался процесс образования мезоатомов гелия в смеси водорода с гелием в диффузионной камере при давлении 19 атмосфер. Показано, что вероятность перехвата  $\mu$ -мезонов на гелий от мезоатома водорода в основном состоянии ниже, по меньшей мере, на три порядка вероятности перехвата на ядра углерода и кислорода и не может существенно превышать  $10^6$  сек<sup>-1</sup>, что согласуется с теоретическими оценками<sup>/9/</sup>. В работе получены указания на согласие с "Z-законом" при прямой посадке мезонов на ядра газовой смеси.

O.A. Zaimidzoga, M.M. Kulyukin,  
R.M. Sulyaev, A.I. Filippov,  
V.M. Tsupko-Sitnikov, Yu.A. Scherbakov

### HELIUM MESIC ATOM PRODUCTION IN GASEOUS MIXTURE OF HYDROGEN WITH HELIUM

#### Abstract

In order to clarify the possibility of carrying out an experiment on  $\mu^-$  capture in  $He^3$  using small amounts of helium mixed with hydrogen the process of helium mesic atom production in such a mixture has been investigated. Use was made of a diffusion chamber filled with mixtures of hydrogen and  $He^4$  and hydrogen and  $He^3$  with methyl alcohol as operating liquid; the nuclear concentrations of  $He^4$  and  $He^3$  being 4.9% and 14.3%, respectively.

It is shown that the determination of the number of stars due to  $\mu^-$  capture by C, O and He at two different concentrations of the latter together with the use of data on  $\pi^-$  capture in the same mixture make it possible to determine the probability  $\lambda_{He}$  of  $\mu^-$  transfer to He from the ground state of the hydrogen mesic atom. Data on  $\pi^-$  capture, the transfer of which from mesic hydrogen is possible only from high levels, allow one to find, with the accuracy of this transfer the probability of direct hydrogen mesic atom production in the mixture. Besides, in the experiment with  $He^3$  it was possible to evaluate directly the total probability of He mesic atom production through the yield of the reaction  $\mu^- + He^3 \rightarrow He^3 + \nu$  and the reaction rate expected on the basis of the universal weak interaction theory. The value  $\lambda_{He}$  turned out to be  $-(1.4 \pm 3.8) \cdot 10^6$  sec<sup>-1</sup>, i.e. it cannot be considerably larger than  $10^6$  sec<sup>-1</sup> in agreement with the theoretical value<sup>/9/</sup>. This value is at least  $10^3$  times smaller than the transfer rate to C and O nuclei which may be found if one knows  $\lambda_{He}$ . Our experimental data are consistent with the 'Z-law' for the atomic capture probability of the mesons in gaseous mixtures H-He and H-CH<sub>3</sub>OH.

Отрицательные мезоны, тормозящиеся в веществе, сравнительно быстро, за время  $\approx 10^{-12}$  сек<sup>/1/</sup>, образуют с ядрами вещества связанные мезоатомные системы. В дальнейшем мезоны или распадаются, или захватываются ядром, причем относительные вероятности этих конкурирующих каналов определяются временем жизни мезонов, интенсивностью их взаимодействия с ядром и скоростью перехода мезоатомов в основное состояние. Вероятность прямой посадки мезонов на различные ядра, входящие в состав тормозящего вещества, вычислялась теоретически<sup>/2/</sup> и оказалась пропорциональной  $Z$  /закон Ферми-Теллера/. Всеобщего экспериментального подтверждения этот закон не нашел. По крайней мере, для некоторых твердых тел имеются заметные отступления, так что вероятность прямой посадки оказывается в ряде случаев пропорциональной просто концентрации ядер<sup>/3/</sup>.

В присутствии изотопов водорода может реализоваться другой - вторичный механизм образования мезоатомов, обусловленный способностью мезоводорода, в силу его электронейтральности, легко передавать мезоны другим ядрам. Такое явление отчетливо наблюдалось как с  $\mu^-$ -мезонами в смесях  $H_2 - D_2$ <sup>/4/</sup>,  $H_2 - CH_3 OH$ <sup>/5/</sup>, так и с  $\pi^-$ -мезонами в  $LiH$ <sup>/6/</sup>,  $C_2H_4$ <sup>/7/</sup> и др. Вероятность образования мезоатомов за счет перехвата  $\mu^-$ -мезонов оказывается весьма значительной и составляет, например, для ядер С и О при плотности жидкого водорода  $\sim 10^{10}$  сек<sup>-1/5/</sup>. В отличие от  $\mu^-$ -мезоатомов водорода, время жизни которых определяется временем жизни мюонов,  $\pi^-$ -мезоатомы водорода быстро погибают из-за сильного взаимодействия  $\pi^-$ -мезонов с протоном. Поэтому перехват  $\pi^-$ -мезонов может осуществляться только с высоких орбит ( $n > 4$ ) и его вероятность в газах должна быть значительно меньше вероятности перехвата  $\mu^-$ -мезонов.

Ввиду большого интереса к изучению реакции  $\mu^- + He^3 \rightarrow H^3 + \nu$  и привлекательности перспективы использования для этой цели относительно малых количеств  $He^3$  нами был выполнен опыт, имевший целью выяснить роль обоих механизмов образования мезоатомов гелия в смеси  $H - He$ . В процессе выполнения опыта /1960 г./ С.С.Герштейном было указано на возможную малость сечения перехода  $\mu^-$ -мезонов к ядрам гелия.

#### Постановка опыта

В опыте применялась диффузионная камера диаметром 300 мм в магнитном поле 6000 э, наполнявшаяся смесью естественного водорода с гелием при давлении 19 атм с метиловым спиртом в качестве рабочей жидкости.

Из экспериментальных результатов /8/, /5/ следует, что в диффузионной камере, наполненной при давлении 20 атм водородом, около 10% всех  $\mu^-$ -мезонов при остановке не испускают электрона распада, давая звезды или безлучевые остановки / "мюонные звезды"/, что свидетельствует о ядерном захвате остановившегося мезона. При малой концентрации паров метилового спирта /  $\sim 0,1\%$ / такое количество "мюонных звезд" может, вероятно, иметь место только в том случае, когда эффективно реализуется вторичный механизм образования мезоатомов углерода и кислорода. При этом скорость перехвата мюонов ядрами O и C оказывается  $\sim 10^9$  сек<sup>-1</sup>/5/. Когда к водороду добавляется гелий, то должен открываться новый канал, конкурирующий с перехватом мюонов ядрами O и C. В этом случае доля "мюонных звезд" будет зависеть от вероятности перехвата мюонов на гелий  $\lambda_{He}$  и от концентрации гелия  $\epsilon_{He}$ .

Обозначим через  $K_Z$  вероятность образования мезоатомов  $\mu Z$  ( $\mu He, \mu O, \mu C$ ) в результате перехвата  $\mu^-$ -мезонов от мезоатома водорода. Тогда:

$$K_Z = \frac{\lambda_Z \epsilon_Z}{\lambda_e + \sum \lambda_Z \epsilon_Z}, \quad /1/x/$$

где  $\lambda_Z$  - вероятность перехвата  $\mu^-$ -мезонов от мезоатома водорода на ядро Z и  $\lambda_e$  - вероятность распада  $\mu^-$ -мезона. Относительная вероятность образования "мюонных звезд" в данной смеси X - будет иметь вид:

$$X = P_{He} \gamma_{He} + P_C \gamma_C + P_O \gamma_O + P_H (1 - \sum K_Z) \gamma_H + P_H K_{He} \gamma_{He} + P_H (K_C \gamma_C + K_O \gamma_O), \quad /2/$$

где  $\gamma_Z = \frac{\lambda_Z}{\lambda_e + \lambda_Z}$  - относительная вероятность захвата  $\mu^-$ -мезона,  $P_Z$  - вероятность прямой посадки и  $\lambda_Z$  - скорость захвата  $\mu^-$ -мезона. Индекс Z означает соответствующее ядро, к которому относится величина. Первыми пятью слагаемыми в выражении /2/ можно пренебречь из-за малой величины  $\gamma_H, \gamma_{He}, \epsilon_O$  и  $\epsilon_C$ . Подставляя затем  $K_Z$  из /1/, получим:

$$X = P_H \frac{(\lambda_C \gamma_C + \lambda_O \gamma_O) \epsilon}{\lambda_e + (\lambda_C + \lambda_O) \epsilon + \lambda_{He} \epsilon_{He}}. \quad /3/$$

Кроме искомой величины  $\lambda_{He}$  в уравнении плохо известны величины  $\lambda_O, \lambda_C$  и  $\epsilon = \epsilon_O = \epsilon_C$ . Из теоретических оценок следует, что по порядку величины  $\lambda_C$  равно  $\lambda_O$  /9/. Тогда, если воспользоваться данными двух опытов с разной концентрацией гелия  $\epsilon'_{He}$  и  $\epsilon''_{He}$ , можно получить из /3/ и аналогичного ему выражения для другой концентрации гелия следующую формулу для  $\lambda_{He}$ :

x/ В выражении /1/ и в дальнейшем мы не учитываем процессы образования мезоатомов дейтерия и мезомолекул водорода, так как в наших условиях они несущественны.



$$\lambda_{He} = \frac{\lambda_0 (\gamma_0 + \gamma_C) \left[ \frac{X''}{P_N''} - \frac{X'}{P_N'} \right]}{(\gamma_0 + \gamma_C) \left[ \frac{X'}{P_N'} \epsilon'_{He} - \frac{X''}{P_N''} \epsilon''_{He} \right] + 2 \frac{X'}{P_N'} \frac{X''}{P_N''} (\epsilon''_{He} - \epsilon'_{He})} \quad /4/$$

где  $X'$ ,  $P_N'$  и  $X''$ ,  $P_N''$  — значения  $X$  и  $P_N$  при двух концентрациях гелия:  $\epsilon'_{He}$  и  $\epsilon''_{He}$ . При этом исключается произведение неизвестных нам величин  $\lambda_0$ ,  $\lambda_C$  и  $\epsilon$ . Вероятности  $P_N'$  и  $P_N''$  строго говоря, нам также неизвестны. Однако, если пренебречь вкладом в  $\lambda_{He}$  перехвата, идущего с высоких орбит, то  $P_N'$  и  $P_N''$  можно определить путем наблюдения "пионных звезд" при торможении  $\pi^-$ -мезонов в этих же смесях. Таким образом, измеряя число "мюонных" и "пионных звезд" при двух концентрациях He, можно определить вероятность перехвата  $\lambda_{He}$ .

Диффузионная камера экспонировалась в пучке отрицательных мезонов с начальным импульсом 170 Мэв/с от синхроциклотрона ОИЯИ. Для торможения мезонов перед камерой помещался медный фильтр. Были проведены две серии измерений с ядерными концентрациями гелия  $\epsilon'_{He} = 4,9\%$  и  $\epsilon''_{He} = 14,3\%$ . В первом случае брался изотоп  $He^4$ , во втором —  $He^3$ . В каждой серии камера экспонировалась при двух значениях толщины фильтра, которые обеспечивали максимальное число остановок в камере мюонов /опыты I и II/ и пюонов /опыты III и IV/.

### Экспериментальные результаты

#### А. Результаты опытов I и II

В этих опытах определялись относительные вероятности захвата мюонов ядрами  $X'$  и  $X''$ . Полный объем полученного экспериментального материала и результаты идентификации событий, зарегистрированных при просмотре фотографий, приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Экспериментальные данные опытов I и II

Опыт	$\epsilon_{He}$	Число фотогра- фий	Полное число ос- тановок мезонов	Число остановок по группам			
				$\mu e$	Звезд- ды	Безлу- чевые останов- ки	Безлучевые остановки или $\mu e$
I	0,049	6950	1075	639	24	104	254
II	0,143	30600	5045	3521	82	194	1248

События захвата мюонов ядрами не всегда сопровождаются вылетом видимых в камере заряженных частиц. Поэтому для выделения "мюонных звезд" необходимо наряду

со звездами анализировать и безлучевые остановки. Анализ заключался, во-первых, в разделении остановок  $\mu$ -мезонов и  $\pi$ -мезонов по массам и, во-вторых, в отсеве случаев  $\mu e$ -распада, которые выглядели как безлучевые остановки, но вместе с тем, по условиям наблюдения нельзя было исключить возможность вылета электрона. Такие имитированные безлучевые остановки сосредоточены, в основном, в районе границ чувствительного слоя камеры. В целях снижения фона имитированных безлучевых остановок и обеспечения возможности измерения масс были введены следующие критерии отбора:

1. Точка остановки мезона должна попадать внутрь зоны чувствительного слоя с радиусом 100 мм, высотой 30 мм, отстоящей на 20 мм от дна камеры и дополнительно ограниченной в районе ввода пучка частиц в камеру.

2. Видимая длина следа остановившейся частицы должна быть не менее 50 мм. Кроме того, в опыте II рассматривалось только около половины полученного материала.

Измерение массы производилось на репроекторе по импульсу и остаточному пробегу. Радиус кривизны следа определялся при помощи шаблона переменной кривизны. Удобной для этой цели кривой оказалась эвольвента с параметром  $a = 42,5$  мм. Результаты измерения масс представлены на рис. 1. Плавными линиями нанесены функции разрешения, которые были получены путем независимых измерений масс достоверных мюонов и пионов. Знание функций разрешения позволило провести разделение остановок пионов и мюонов по измеренным массам. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты разделения остановок мезонов по массам

Опыт	$\mu e$	Число мюонных остановок			Число пионных остановок	
		Звезды	Безлучевые остановки	Безлучевые остановки или $\mu e$	Звезды	Безлучевые остановки
I	319	6	27	8	2	12
II	512	6	45	6	10	20

Оставшаяся небольшая доля событий типа "безлучевые остановки или  $\mu e$ ", отнесенная к мюонным остановкам, обязана наличию вблизи точки остановки локальных провалов чувствительности. Для разделения этих событий на истинные безлучевые остановки и  $\mu e$ -распады определялся телесный угол, в котором испущенный электрон не мог быть виден, а затем учитывалась относительная вероятность  $\mu e$ -распадов в данном опыте.

Экспериментальные значения относительных вероятностей образования "мюонных звезд" оказались равными:

$$x' = 0,110 \pm 0,018; \quad x'' = 0,098 \pm 0,018$$

### Б. Результаты опытов III и IV.

В этих опытах измерялись относительные вероятности образования  $\pi$ -мезоатомов водорода  $P'_H$  и  $P''_H$  по соотношению между зарегистрированными безлучевыми останковками и однолучевыми звездами. При этом мы исходили из того, что случаи захвата пионов гелием всегда сопровождаются вылетом видимой в камере заряженной частицы. Как и раньше, для снижения фона имитированных безлучевых останков все зарегистрированные события отбирались по критерию 1. Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные опытов  
III и IV

Опыт	$\epsilon_{He}$	Полное число зарегистрированных останков	Остановки, удовлетворяющие критерию отбора			
			$\mu e$	Звезды	Безлучевые останковки	Безлучевые останковки или $\mu e$
III	0,049	101	15	5	32	4
IV	0,143	432	52	29	71	11

При вычислении  $P_H$  эти результаты были объединены с данными о пионных останковках, полученных в опытах I и II / см. таблицу 2 / , а также была внесена поправка на безлучевые мюонные останковки. В итоге величины  $P_H$  получены следующими:

$$P'_H = 0,87 \pm 0,05 \quad \text{и} \quad P''_H = 0,71 \pm 0,04.$$

Вероятности образования  $\pi$ -мезоатомов гелия будут соответственно равны:

$$P'_{He} = 0,13 \pm 0,05 \quad \text{и} \quad P''_{He} = 0,29 \pm 0,04.$$

### В. Выход реакции $\mu^- + He^3 \rightarrow H^3 + \nu$ .

В опыте II, в котором камера наполнялась смесью водорода с легким изотопом гелия  $-He^3$ , имелась возможность непосредственно оценить полную вероятность образования  $\mu$ -мезоатомов гелия  $(P''_{He} + P''_{H^3})$  по выходу реакции  $\mu^- + He^3 \rightarrow H^3 + \nu$  и ожидаемой на основании универсальной теории слабого взаимодействия скорости этой реакции  $\sim 10^3$ . События захвата мюонов в  $He^3$  с  $H^3$  в конечном состоянии могут быть идентифицированы по вполне определенному пробегу трития. Измеренный спектр пробегов вторичных частиц представлен на рис. 2, из которого следует, что к искомой реакции должны



быть отнесены ~ 4 случая на  $5 \cdot 10^3$  остановок мюонов. Величина  $(P''_{He} + P''_H K''_{He})$  при этом оказывается равной  $0,28 \pm 0,14$ .

### Обсуждение результатов

Рассмотрим сначала экспериментальные значения отношений  $\frac{X'}{P_H} = 0,13 \pm 0,02$  и  $\frac{X''}{P_H} = 0,14 \pm 0,02$ . Напомним, что отношение  $\frac{X}{P_H}$  приближенно представляет относительную вероятность захвата мюонов ядрами С и О, приведенную к одинаковому числу мезоатомов водорода в основном состоянии. Тот факт, что экспериментальные значения  $\frac{X}{P_H}$  при двух концентрациях гелия не отличаются друг от друга, свидетельствует о незначительной роли механизма образования мезоатомов гелия за счет перехвата мюонов из состояния мезоатомов водорода. Этому выводу не противоречат также прямые данные о вероятности образования  $\mu$ -мезоатомов гелия, если сравнить экспериментальные значения  $P''_{He} = 0,29 \pm 0,04$  и  $(P''_{He} + P''_H K''_{He}) = 0,28 \pm 0,14$ . Оценка абсолютной скорости перехвата мюонов на гелий из основного состояния мезоводорода получается путем подстановки найденных значений  $\frac{X'}{P_H}$  и  $\frac{X''}{P_H}$  в формулу /4/:

$$\lambda_{He} = -(1,4 \pm 3,8) 10^6 \text{ сек}^{-1},$$

т.е. скорость перехвата на гелий при давлении 19 атм не может существенно превышать  $10^6 \text{ сек}^{-1}$ .

Эту величину полезно сравнить со скоростью перехвата мюонов на углерод и кислород. Полагая  $\lambda_O = \lambda_C$ ,  $\lambda_{He} = 0$  и принимая концентрацию кислорода и углерода  $\epsilon_O = \epsilon_C = 0,0006 \pm 0,0002$ , на основании наших экспериментальных данных и выражения /3/ получим:

$$\lambda_C = \lambda_O = (0,9 \pm 0,4) 10^9 \text{ сек}^{-1}$$

или

$$\lambda_C = \lambda_O = (2,6 \pm 1,2) 10^9 \text{ сек}^{-1}$$

в пересчете к плотности жидкого водорода ( $N = 3,5 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$ ). Из сравнения видно, что скорости перехвата отличаются по меньшей мере на три порядка. Указание на значительно меньшую по сравнению с другими ядрами скорость перехвата мюонов гелием в жидком водороде было получено также в работе Шиффа /11/.

Этот, на первый взгляд, не очевидный результат был предсказан С.С.Герштейном. Объяснение малой скорости перехвата мюонов на гелий заключается в том, что мезоатом гелия является, по-видимому, единственным мезоатомом, у которого отсутствуют пересечения нижних молекулярных термов  $\mu He$  и  $\mu H$ . Поэтому перехват может носить характер только туннельного перехода и должен быть сильно подавлен. Теоретические оценки скорости перехвата мюонов на гелий  $\lambda_{He} \approx 10^5 \text{ сек}^{-1}$  для плотности жидкого водорода /8/ согласуются с нашим результатом.

Отметим также, что экспериментальные данные об относительных вероятностях об-

разования  $\pi^-$ -мезоатомов водорода и гелия, как это видно из таблицы 4, лучше согласуются с "Z - законом".

Таблица 4

Вероятности образования мезоатомов гелия

$\epsilon_{He}$	$P_{He}$	Ожидаемое значение	
		$P_{He} \sim \epsilon_{He} Z$	$P_{He} \sim \epsilon_{He}$
0,049	$0,13 \pm 0,05$	0,10	0,05
0,143	$0,29 \pm 0,04$	0,26	0,14

Это обстоятельство можно толковать как указание на справедливость "Z -закона" при прямой посадке мезонов и несущественную роль перехвата мезонов на гелий с высоких орбит. Другое возможное объяснение состоит в том, что вероятность прямой посадки не зависит от Z, а наблюдаемое отступление обязано перехвату. Первое объяснение нам кажется более реальным, так как экспериментальные результаты по образованию мезоатомов в газовой смеси без водорода, а именно в смеси гелия и паров метилового спирта, полученные нами при исследовании захвата  $\pi^-$ -мезонов в  $He^{3/12/}$ , также свидетельствуют в пользу "Z -закона". Экспериментальное значение вероятности образования мезоатомов углерода и кислорода составляет  $0,011 \pm 0,002$ , ожидаемая вероятность по "Z -закону" -  $0,009 \pm 0,003$ .

Авторы выражают глубокую благодарность С.С.Герштейну, П.Ф.Ермолову и Б.М.Помторво за многочисленные полезные обсуждения, а также А.И.Токарской и Е.А.Шваневой за помощь в проведении измерений.

## Л и т е р а т у р а

1. A.S.Wightman. Phys. Rev. 77, 521 (1950).
2. E.Fermi and E.Teller. Phys. Rev. 72, 399 (1947).
3. J.C.Sens, R.A.Swanson, V.L.Telegdi, D.D.Yovanovitch. Nuovo Cim. 7, 536 (1958).
4. L.W.Alvarez, H.Brandner, F.S.Crawford, Jr., J.A.Crawford, P.Falk-Vairant, M.L.Good, J.D.Gow, A.H.Rosenfeld, F.Solmitz, M.L.Stevenson, H.K.Ticho, R.D.Tripp. Phys. Rev. 105, 1127 (1957).
5. В.П.Джелепов, П.Ф.Ермолов, Е.А.Кушниренко, В.И.Москалев, С.С.Герштейн. ЖЭТФ 42, 439 /1962/.
6. W.K.H.Panofsky, R.L.Aamodt, J.Hadley. Phys. Rev. 81, 565 (1951).
7. P.Ammiraju and L.M.Lederman. Nuovo Cim. 4, 283 (1956).
8. C.P.Sargent, R.Comelius, M.Rinehart, L.M.Lederman, K.Rogers. Phys. Rev. 98, 1349 (1955).
9. С.С.Герштейн. ЖЭТФ 43, 706 /1962/.
10. L.Wolfenstein. Proc. of the 1960 Ann. Intern. Conf. on High-Energy Physics at Rochester, p. 529, 1960, Geneva; Bull. Am. Phys. Soc. 6, 33 (1961).
11. M.Schiff. Nuovo Cim. 22, 66 (1961), 23, 661 (1962).
12. I.V.Falomkin, A.I.Filippov, M.M.Kulyukin, B.Pontecorvo, Yu.A.Scherbakov, R.M.Sulyaev, V.M.Tsupko-Sitnikov, O.A.Zaimidoroga. Proc. of the 1962 Ann. Intern. Conf. on High-Energy Physics at CERN, p. 14, 1962, Geneva.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 января 1963 года.

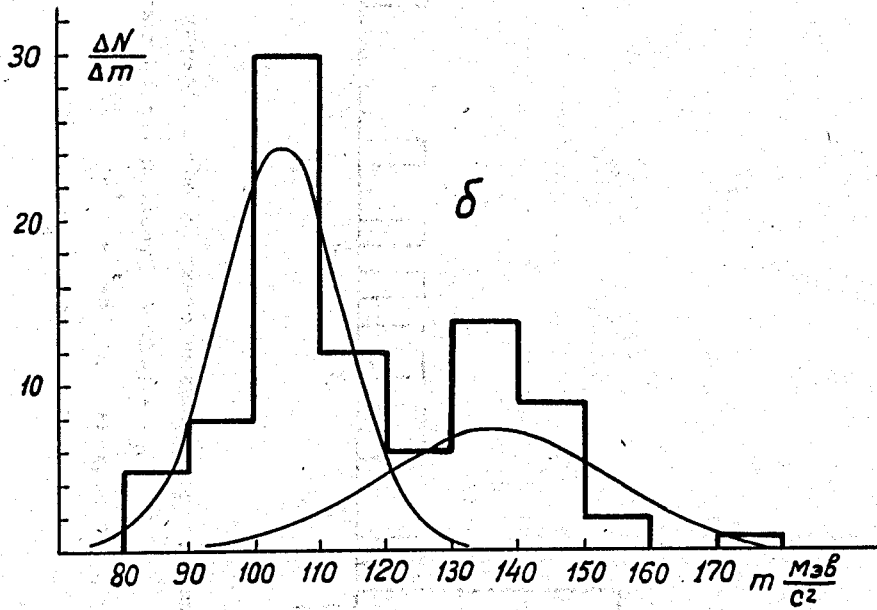
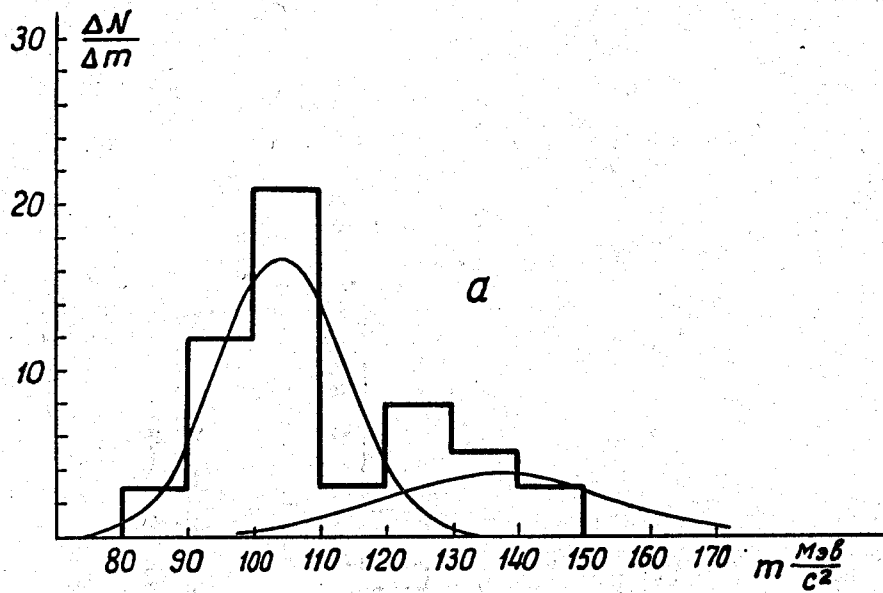


Рис.1. Спектры масс остановившихся мезонов.

а/ Опыт I /  $\epsilon_{\text{He}^4} = 4,9\%$

б/ Опыт II /  $\epsilon_{\text{He}^3} = 14,3\%$

Плавные линии - кривые разрешения.

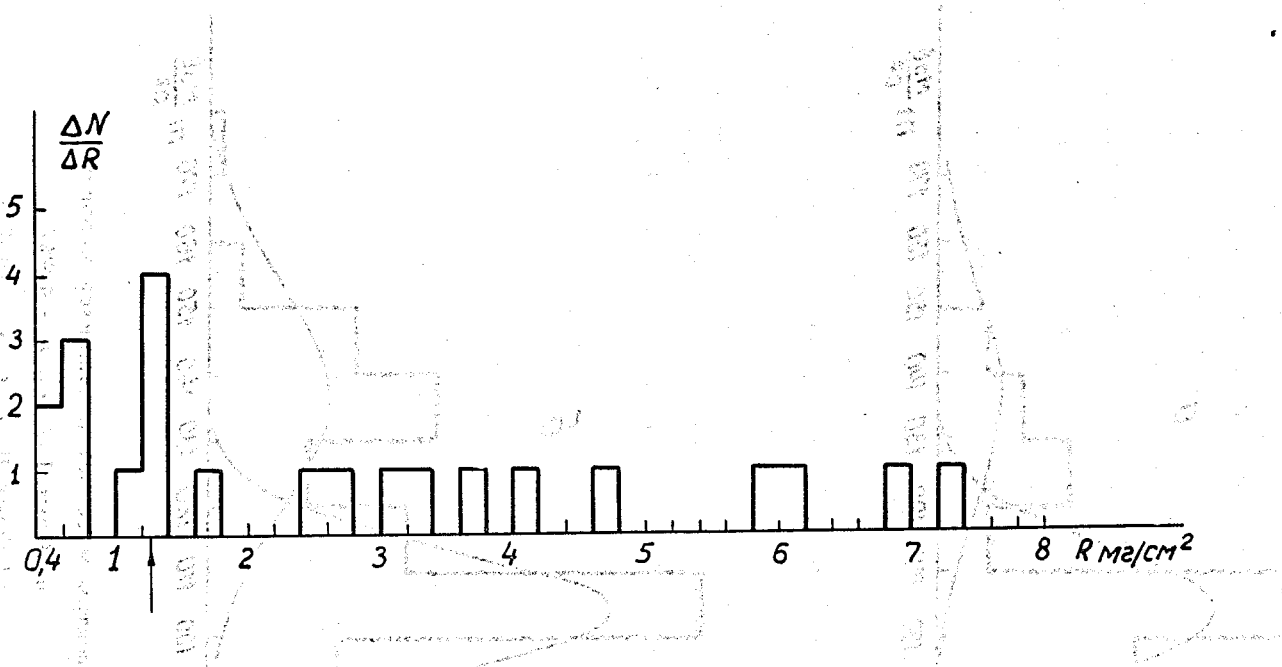


Рис. 2. Измеренный спектр пробегов вторичных частиц в опыте П.  
 /  $\epsilon_{\text{He}^3} = 14,3\%$ . Стрелкой указан ожидаемый пробег трития  
 в реакции  $\mu^- + \text{He}^3 \rightarrow \text{H}^3 + \nu$