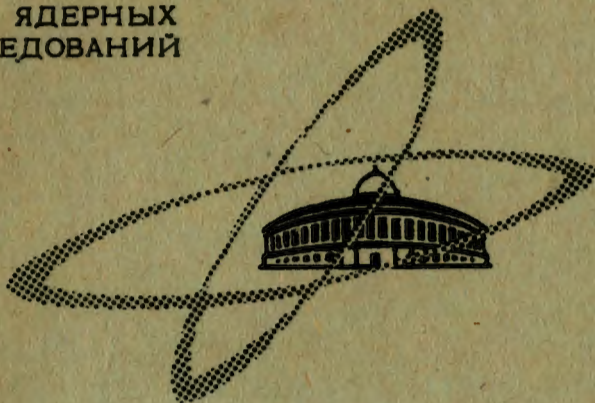


Б-903

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P15 - 3964



Ю.Г.Будяшов, П.Ф.Ермолов, В.Г.Зинов,  
А.Д.Конин, А.И.Мухин, К.О.Оганесян

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
 $pp\mu$ -МОЛЕКУЛЫ В ГАЗООБРАЗНОМ ВОДОРОДЕ

1968

P15 - 3964

Ю.Г.Будяшов, П.Ф.Ермолов, В.Г.Зинов,  
А.Д.Конин, А.И.Мухин, К.О.Оганесян

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ppμ-МОЛЕКУЛЫ В ГАЗООБРАЗНОМ ВДОРОДЕ

Объединенный институт  
спиртных исследований  
БИБЛИОТЕКА

7339/3 49

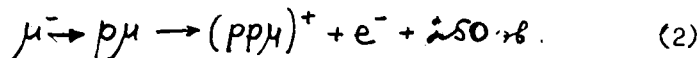
## ВВЕДЕНИЕ

Среди наиболее характерных мезомолекулярных процессов, вызываемых остановившимися отрицательными мюонами в водороде, является процесс образования мезомолекул<sup>I/</sup>. Основным интерес к образованию  $pp\mu$  - молекулы связан с тем обстоятельством, что вероятность фундаментальной реакции ядерного захвата мюонов протонами



существенно зависит от того, происходит ли захват из состояния свободного  $p\mu$  - атома или  $pp\mu$  - молекулы.

Процесс образования  $pp\mu$  - молекул происходит при столкновениях  $p\mu$  - атома с молекулами /атомами/ водорода в результате электрического дипольного перехода с передачей энергии связи мезомолекулы (250 эв) внешнему электрону:



Проведенные к настоящему времени опыты относятся к определению скорости образования  $pp\mu$  - молекулы или непосредственно

в жидком водороде, или требуют для интерпретации использования данных, полученных в опытах с жидким водородом.<sup>ж)</sup>

В работе<sup>/2,3/</sup> метод определения  $\Lambda_{ppH}$  был основан на измерении скорости перехода мюона от  $pH$ -атома к дейтерию ( $\lambda_e$ ) в газе малой плотности, где образованием  $ppH$ -молекулы можно было пренебречь. Тогда значение  $\Lambda_{ppH}$  можно определить из соотношения  $\lambda_e / (\lambda_0 + \Lambda_{ppH})$  ( $\lambda_0$  - скорость распада свободного мюона), полученного из измерения выхода реакций катализа в  $pdH$ -молекуле.

В работе колумбийской группы<sup>/4/</sup> для определения  $\Lambda_{ppH}$  использовался метод совместного измерения временного распределения гамма-квантов от реакции катализа в  $pdH$ -молекуле и абсолютного выхода этой реакции в зависимости от концентрации дейтерия в жидком водороде.

Оба упомянутых выше метода являются до некоторой степени косвенными, поскольку определенные с их помощью  $\Lambda_{ppH}$  зависят от других мезомолекулярных констант.

В принципе более прямой метод определения скорости образования  $ppH$ -молекулы был предложен одним из нас и применялся в работе группы ЦЕРН<sup>'а</sup><sup>/5/</sup>. Этот метод описывается в следующем разделе работы.

Все имеющиеся к настоящему времени результаты сведены в таблицу I.

---

<sup>ж)</sup> В настоящей работе скорость образования мезомолекул в жидком водороде (при плотности  $\rho = 0,070 \text{ г/см}^3$ ) обозначается  $\Lambda_{ppH}$ , а в газе -  $\lambda_{ppH}$ .

Таблица I

РАБОТА	ЭКСПЕРИМЕНТ			ТЕОРИЯ	
	/3/	/4/	/5/	/6/	/7/
$\Lambda_{ppm}$ $(10^6 \text{сек}^{-1})$ $\rho = 0,070 \text{г/см}^3$	1,570,6	1,8970,20	2,6370,15	1,5	3,7

В настоящей работе измерялась скорость образования  $ppm$ -молекулы в газообразном водороде при давлении водорода около 60 атм.

Как видно из таблицы I, между экспериментами, выполненными с хорошей точностью (работы /4 и 5/), имеется расхождение, лежащее за пределами трех стандартных отклонений. Одной из причин этого могло бы, например, являться то обстоятельство, что в постановке работы /5/, где использовалось растворение неона в жидком водороде, неравномерность распределения неона по объёму мишени могла приводить к завышению результата. В газе подобная неравномерность смеси исключается, и это делает опыт более чистым.

Для образования некоторых мюонных молекул играет существенную роль энергия мезоатомов. Так, например, сечение образования  $ddm$ -молекул в газе при условиях, близких к нормальным, примерно на порядок превышает это сечение в жидкости /1/. При образовании  $ppm$ -молекулы подобного эффекта не должно наблюдаться ввиду отсутствия в этой системе возбужденных уровней с малой энергией связи с полным моментом  $K=1$ , в котором  $ppm$ -молекула

первоначально образуется. Это утверждение интересно проверить, и поэтому измерения в газе существенны также для понимания механизма образования  $pp\mu$ -молекул.

Кроме того, аккуратное определение  $\lambda_{pp\mu}$  необходимо для интерпретации опытов по исследованию реакции (I) в газообразном водороде.

### МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ

Остановка отрицательно заряженного мюона в изотопически чистом водороде сопровождается образованием нейтрального  $p\mu$ -атома. Столкновения  $p\mu$ -атома с молекулами водорода приводят к образованию  $(pp\mu)^+$ -молекулярного иона, который в водородной среде может быстро образовать большую нейтральную мезомолекулу. Добавление в водород небольшого количества другого газа с зарядом  $Z > 2$  вызывает перехват мюона от  $p\mu$ -атома на атомы примеси, в то время как от заряженного мезомолекулярного иона или мезомолекулы такого перехвата не происходит<sup>12/</sup>.

Таким образом, в изотопически чистом водороде с небольшой примесью тяжелого газа общая скорость исчезновения  $p\mu$ -системы  $\lambda$  определяется процессами образования мезомолекулы и перехвата мюона к атомам примеси  $\lambda_{Z\mu}$ , а также распадом мюона

$$\lambda = \lambda_0 + \lambda_{pp\mu} + \lambda_{Z\mu} \quad (3)$$

Формирование  $Z\mu$ -атома сопровождается мезорентгеновским излучением, интенсивность которого в любой момент времени

определяется вероятностью существования в этот момент времени  $\mu$ - атома. Следовательно, значение  $\lambda$  можно определить, регистрируя временную зависимость характерного для  $Z\mu$  - атома мезорентгеновского излучения.

Вторую неизвестную константу опыта  $\lambda_{Z\mu}$  - легко определить, зная скорость поглощения мюона ядром  $Z$  и скорость распада мюона в связанном состоянии на основной орбите  $Z\mu$  - атома. Экспериментально нужно определить вероятность перехвата мюона атомом пробного газа

$$W_{Z\mu} = \frac{\lambda_{Z\mu}}{\lambda} \quad (4)$$

для чего необходимо сравнить нормированные на число остановок мюонов количества электронов от  $\mu \rightarrow e + \nu + \bar{\nu}$  - распада, зарегистрированные в опытах с чистым водородом (где практически все мюоны распадаются) и со смесью водорода с пробным тяжелым газом.

В ядрах с большим  $Z$  мюоны практически полностью поглощаются и поэтому в качестве пробного газа, как будет видно ниже из формулы (6), желательно брать вещество с большим зарядом. Кроме того, в этом случае нет необходимости тщательно разделять мезорентген и гамма - кванты, возникающие при поглощении мюона тяжелым ядром, т.к. скорость исчезновения  $\mu$ - атома в газе при проведении опыта можно сделать значительно меньше скорости поглощения мюона тяжелым ядром. Поэтому в качестве пробного газа удобно взять ксенон.

Прямой посадкой мюонов на атомы пробного газа можно пренебречь, т.к. его концентрации в условиях опыта чрезвычайно малы

определяется вероятностью существования в этот момент времени  $\mu$ - атома. Следовательно, значение  $\lambda$  можно определить, регистрируя временную зависимость характерного для  $Z\mu$  - атома мезорентгеновского излучения.

Вторую неизвестную константу опыта  $\lambda_{Z\mu}$  - легко определить, зная скорость поглощения мюона ядром  $Z$  и скорость распада мюона в связанном состоянии на основной орбите  $Z\mu$  - атома. Экспериментально нужно определить вероятность перехвата мюона атомом пробного газа

$$W_{Z\mu} = \frac{\lambda_{Z\mu}}{\lambda} \quad (4)$$

для чего необходимо сравнить нормированные на число остановок мюонов количества электронов от  $\mu \rightarrow e + \nu + \bar{\nu}$  - распада, зарегистрированные в опытах с чистым водородом (где практически все мюоны распадаются) и со смесью водорода с пробным тяжелым газом.

В ядрах с большим  $Z$  мюоны практически полностью поглощаются и поэтому в качестве пробного газа, как будет видно ниже из формулы (6), желательно брать вещество с большим зарядом. Кроме того, в этом случае нет необходимости тщательно разделять мезорентген и гамма - кванты, возникающие при поглощении мюона тяжелым ядром, т.к. скорость исчезновения  $\mu$ - атома в газе при проведении опыта можно сделать значительно меньше скорости поглощения мюона тяжелым ядром. Поэтому в качестве пробного газа удобно взять ксенон.

Прямой посадкой мюонов на атомы пробного газа можно пренебречь, т.к. его концентрации в условиях опыта чрезвычайно малы



(при концентрации пробного газа  $\sim 10^{-5}$  прямой захват мюонов составляет  $< 10^{-3}$  от числа остановок в водороде<sup>/8/</sup>).

Если обозначить через  $n_e/H_2$  и  $n_e/H_2 + He$  нормированные на число остановок количества электронов, зарегистрированные в одних и тех же условиях в опытах с чистым водородом и в смеси водорода с пробным газом, соответственно, то отношение выходов электронов равно

$$\alpha = \frac{n_e(H_2 + Z)}{n_e(H_2)} = 1 - W_{\mu Z} \cdot (1 - \beta), \quad (5)$$

откуда 
$$W_{Z\mu} = \frac{1 - \alpha}{1 - \beta}.$$

Здесь  $\beta$  - вероятность  $\mu \rightarrow e$  распада с K-орбиты  $Z\mu$ -атома.

Из (3), (4) и (5) следует, что

$$\lambda_{pp\mu} = \lambda (1 - W_{Z\mu}) - \lambda_0.$$

или 
$$R_{pp\mu} = \frac{\lambda_{pp\mu}}{\lambda_0} = \frac{\lambda}{\lambda_0} \left( \frac{\alpha - \beta}{1 - \beta} \right) - 1. \quad (6)$$

Последнее выражение показывает, что предпочтительнее иметь величину  $\beta$  малой.

### ПОСТАНОВКА ОПЫТА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

#### I. Схема опыта.

Схема эксперимента приведена на рис. I. Пучок отрицательных мюонов проходил через сцинтилляционные счетчики I и 2 и расположенный между ними полиэтиленовый фильтр. Замедленные мюоны попадали в объём мишени<sup>/9/</sup>, где они окончательно тормозились алюминиевым фильтром и останавливались в газе мишени.

Выделение остановок мюонов в рабочем объеме мишени, ограниченном пластическими сцинтилляторами 3 и 4, производилось счетчиками 3 и 4. Сцинтиллятор 3 для уменьшения в нем остановок мюонов выполнен в виде тонкого диска толщиной 0,25 мм и имеет диаметр 95 мм. Сцинтиллятор 4 представляет собой стакан диаметром 100 мм и длиной 150 мм с толщиной стенок 5 мм.

Рентгеновские и гамма-кванты регистрировались счетчиком 5 в кристалле  $NaJ(Tl)$ . Диаметр и высота кристалла равны 127 мм. Электроны от распада мюонов в газе выделялись счетчиками 4 и 5.

Мишень и детектор  $NaJ$  были окружены со всех сторон свинцовой защитой толщиной 20 см.

## 2. Электронная аппаратура .

Блок-схема электронной аппаратуры представлена на рис.2. В качестве мониторингового использовался счет совпадений сигналов от счетчиков 1,2 и 3. Остановки мюонов в газе регистрировались схемой совпадений  $C_2 / 1,2,3,4$ . Сигналы остановки мюонов от схемы  $C_2$  запускали временные ворота длительностью 10 мксек /одновибратор  $O_1$ /. В течение этого промежутка времени регистрировались кванты мю-рентгеновского и  $\gamma$ -излучения от захвата мюонов ксеноном, а также электроны от распада остановившихся в мишени мюонов. Временные спектры мю-рентгеновских квантов и электронов снимались с помощью время-амплитудного преобразователя  $IO/$ . В качестве сигнала "старт" использовался импульс остановки мюона, в качестве сигнала "стоп" - импульс со спект-

рометра  $NaJ$ , прошедший через систему отбора.

Разделение событий, зарегистрированных счетчиком 5 /электроны или рентгеновские кванты/, производилось с помощью амплитудных дискриминаторов. Так, дискриминатор  $D_H$  фиксировал нижний порог мю-рентгеновского излучения /2,5 Мэв/, а дискриминатор  $D_B$  - верхний порог /5 Мэв/. Дискриминатор  $D_T$  /порог 0,5 Мэв/ задавал во всех случаях время прихода импульсов со счетчика  $NaJ$ .

При регистрации временного спектра мю-рентгеновского излучения вводилось ограничение, требовавшее отсутствия пролетающих заряженных частиц через счетчик 4 в течение всей длительности временных ворот. Это осуществлялось с помощью одновибратора  $O_2$ , который срабатывает при наличии импульса от счетчика 4 и блокирует внешнее управление анализатора.

Сигнал с выхода время-амплитудного преобразователя задержан относительно сигнала остановки мюона на время длительности ворот, т.е. на 10 мксек. Кроме того, запаздывание этого сигнала относительно остановки мюона также может достигать до 10 мксек. Поэтому минимальная длительность импульса  $O_2$  должна быть 20 мксек, чтобы, например, электрон от распавшегося сразу же после остановки мюона мог выключить фоновый гамма-квант, появившийся в конце интервала ворот. Реально длительность импульса одновибратора  $O_2$  выбрана равной 25 мксек.

Линии задержки в 2 мксек после схем  $C_4$  и  $C_5$  сдвигали начало отсчета событий по временной шкале и позволяли определить уровень фонового излучения, определяемый загрузкой счетчика 5. Эти линии задержки совместно с линиями задержки на 8 мксек после Т-А-конвертора и перед схемами  $C_9$  и  $C_{10}$  обеспечивали сум-

марное время выдержки, равное 10 мксек, в течение которого определялось отсутствие помех при регистрации мю-рентгеновских квантов.

При детектировании электронов требовалось наличие совпадений по времени импульсов от счетчиков 4 и 5, а также выделение энергии в кристалле  $NaJ$  свыше 5 Мэв. Нижний порог регистрации электронов по энергии в счетчике 5 задавался поэтому также дискриминатором  $D_B$  /дискриминатором верхнего порога для мю-рентгена/. Физический порог регистрации электронов был значительно выше и находился на уровне около 15 Мэв, т.к. электроны проходили ещё стальную стенку мишени толщиной около  $7 \text{ г/см}^2$ .

В случае регистрации электрона /наличие сигнала от схемы совпадений  $C_7$  / блокировка управления анализатором предотвращалась с помощью схемы совпадений  $C_3$ .

Временные спектры электронов и мю-рентгеновских квантов в каждом сеансе измерений записывались параллельно в две группы памяти анализатора. Номер группы памяти определялся внешним управлением, а именно: при регистрации электронов с выхода схемы  $C_9$  есть сигнал, а с выхода  $C_{10}$  сигнала нет; при регистрации мю-рентгеновских и гамма квантов есть сигналы одновременно с выхода схем  $C_9$  и  $C_{10}$ .

Калибровка временной шкалы проводилась с помощью кварцевого генератора /II/.

### 3. Водород .

В опытах использовался водород, специально очищенный от дейтерия. Примесь дейтерия была меньше  $10^{-6}$  атомных долей, так что переходом мюонов к дейтерию и всеми последующими процессами с участием  $\alpha\mu$ -атома можно было пренебречь  $^{1/}$ .

Для очистки водорода от примеси других элементов /C, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>/ водород перед заполнением мишени пропусклся через систему ловушек, основными из которых были ловушка с активированным углем, охлаждаемая жидким азотом, и ловушка с палладиевым фильтром. Однако, ввиду того, что в объеме мишени расположены органические сцинтилляторы и плексигласовые световоды, при длительных экспозициях при комнатной температуре могло происходить загрязнение водорода выделяющимися из них веществами. Было найдено, что газовыделение существенно снижается при охлаждении мишени до температуры минус 10 - минус 20°С. Анализ водорода, предварительно очищенного и выдержанного при этих условиях в мишени в течение одних суток ( продолжительность эксперимента с водородом) показал, что сумма примесей в водороде была меньше  $10^{-6}$  атомных долей. Поэтому в рабочих условиях мишень постоянно охлаждалась путем циркуляции хладагента по трубкам, припаянным к корпусу мишени. В качестве хладагента использовался бензин, предварительно охлаждавшийся в теплообменнике смесью твердой углекислоты с этиловым спиртом. При этом средняя температура газа в объеме мишени была постоянной и составляла минус 50°С.

Перед заполнением мишень продолжительное время очищалась от газов при вакууме  $10^{-3}$  мм Hg .

Примесь пробного газа - ксенона - задавалась в экспериментах следующим образом. Предварительно подготовленная смесь водорода с ксеноном /концентрация ксенона в этой смеси составляла  $\sim 0,1\%$ , содержалась в сосуде, давление в котором превышало рабочее давление в мишени. Затем подготовленная смесь вводилась в мишень, так что давление в ней повышалось примерно на одну атмосферу. Поскольку добавление примеси в мишень и общее давление газа в ней контролировалось только по одному образцовому манометру класса 0,35, установленному на мишени, то окончательная концентрация ксенона была известна лишь приблизительно.

#### ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Опыт выполнялся на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Использовался чистый мюонный пучок с импульсом около 130 Мэв/с, получаемый с помощью мезонного тракта. Средняя скорость счёта регистрируемого схемой совпадений  $S_I$  потока мюонов составляла /за время эксперимента/ примерно 850 в сек. Около 10 процентов от этого числа останавливалось в газе мишени и в сцинтиляторе счетчика 3, причем соотношение остановок мюонов в газе и сцинтиляторе было примерно 2:1.

Применение разработанного в Лаборатории ядерных проблем метода растяжки пучка <sup>12</sup>/ дало возможность работать с пучком мюонов, не имеющим высокочастотной структуры <sup>13</sup>/ со скважностью около 25 процентов.

Было сделано две серии опытов /обозначены далее через А и Б/ при одинаковом давлении водорода в мишени, но отличающиеся концентрацией ксенона примерно в два раза, с целью контроля чистоты экспериментальных условий. Давления водорода и концентрации примеси ксенона приводятся в таблице 2.

Каждая серия состояла из трех опытов, которые позволяли получить необходимые данные для определения скорости образования м $\mu$ -молекулы водорода. В первом опыте (а) в качестве мишени использовался чистый водород, во втором (б) - водород с добавкой ксенона, в третьем (в) - газ откачивался до форвакуума.

Последний опыт служил для определения числа остановок м $\mu$ онов в пустой мишени, а также связанных с ними фоновых отсчетов электронов и гамма-квантов.

В каждом из опытов, как уже упоминалось раньше, параллельно измерялись временная зависимость сумм м $\mu$ -рентгена и гамма-квантов, временная зависимость электронов, а также регистрировалось число электронов от распада м $\mu$ онов.

Условия проведения опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наполнение мшени	Давление водорода в мшени при $T = +20^{\circ}\text{C}$ /атм/	Концентрация ксенона (атомн. долей)	N 123 (монитор)	Число остановок мшонов	
				Полное число остановок в мшени	Число остановок в газе мшени
"а" H <sub>2</sub>	60,1	-	СЕРИЯ А 19,82.10 <sup>6</sup> 37,11.10 <sup>6</sup> 11,00.10 <sup>6</sup>	1 757 117	1 006.10 <sup>3</sup>
"б" H <sub>2</sub> +Xe	61,0	~1.10 <sup>-5</sup>		3 280 866	1 875.10 <sup>3</sup>
"в" Пусто	-	-		416 777	-
"а" H <sub>2</sub>	60,7	-	СЕРИЯ Б 19,22.10 <sup>6</sup> 25,65.10 <sup>6</sup> 12,30.10 <sup>6</sup>	1 876 463	1 222.10 <sup>3</sup>
"б" H <sub>2</sub> +Xe	62,4	~2.10 <sup>-5</sup>		2 421 743	1 548.10 <sup>3</sup>
"в" Пусто	-	-		419 221	-



## ОБРАБОТКА ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ

Полученные временные зависимости числа отсчетов мю-рентгена и гамма-квантов для каждой серии обрабатывались независимо.

Определение вклада излучения от перехвата мюонов к ксенону производилось путем поканального вычитания отсчетов в опытах "б" и "а", нормированных на число остановок мюонов. При этом учитывалось разное соотношение числа остановок в газе и окружающих его сцинтилляторах, для чего привлекались данные из опыта "в". На рисунках 3 и 4 представлены временные спектры зарегистрированного излучения от ксенона, полученные в сериях А и Б. На этих же рисунках приводятся соответствующие временные спектры фонового излучения из опытов "а"\*

Полученная временная зависимость излучения от ксенона анализировалась затем методом наименьших квадратов на ЭВМ М-20 по формуле

$$N_i = A \cdot e^{-t_i/\tau} + C.$$

Здесь  $\tau$  - время жизни рм-атома,  $N_i$  - число отсчетов в канале анализатора при времени  $t_i$ ,  $t_i = \sum_{k=1}^{k=i} \Delta t_k$ , а  $k$  и  $\Delta t_k$  - номер и временная ширина канала анализатора. Результаты расчетов даны в табл. 3.

---

\* Проверка показала идентичность спектров фонового излучения в опытах "а" и "в" в пределах статистической точности.

Оценка возможного влияния перехода мюона к окружающему объём газа сцинтиллятору из-за диффузии нейтрального  $p\mu$ -атома на измеряемое значение времени жизни  $p\mu$ -атома  $\tau$  производилась в крайнем предположении, что такой перехват отсутствует. Для этого при анализе на вычислительной машине за вклад излучения от ксенона были приняты величины, полученные путем поканального вычитания соответствующим образом пронормированных отсчетов в опытах "б" и "в". Полученные таким способом значения времен жизни  $p\mu$ -атома в обеих сериях опытов в пределах статистических ошибок не отличались от приведенных значений в таблице 3.

В таблице 3 даются числа зарегистрированных электронов от распада остановившихся в газе мишени мюонов в опытах с чистым водородом и с примесью ксенона. В качестве иллюстрации на рис. 5 изображены временные спектры электронов, полученные в серии А в опыте с чистым водородом. На рис. 5а представлен суммарный эффект от водорода и расположенных внутри мишени сцинтилляторов, а на рис. 5б-эффект только от водорода /разность чисел отсчетов в опытах "а" и "в", нормированных на мониторный счет  $N_{123}$  /.

В следующем столбце таблицы 3 приводятся вычисленные по формуле (6) относительные значения скорости образования  $p\mu$ -молекулы  $R_{p\mu}$  в условиях проведения опытов. При вычислениях вероятность распада мюона, связанного в  $He\mu$ -атоме, была принята равной  $\beta = 0.03^{14}$  /с оцененной неопределенностью ~20%. В числа электронов внесены небольшие поправки, обусловленные ограниченным интервалом времени регистрации, равные 2,5 % для опытов "а" и 1,7% для опытов "б".

Таблица 3

Опыт	Зарегистрировано электронов от распада мюонов в газе мишени	Время жизни $\mu$ -атома $\tau = 1/\lambda$ ( $10^{-6}$ сек)	$R_{\text{гр}} = \frac{\lambda_{\text{гр}}}{T^0 - 50^{\circ}\text{C}}$	Значения $R_{\text{гр}}$ (р.о.гр.) приведенные к плотности жидкого водорода
"а" /H <sub>2</sub> /	34 182±256			
"б" /H <sub>2</sub> +Xe/	43 991±353		0,397±0,067	5,60±0,94
<u>СЕРИЯ "А"</u>				
"а" /H <sub>2</sub> /	35 187±232			
"б" /H <sub>2</sub> +Xe/	17 510±262		0,451±0,049	6,23±0,68
<u>СЕРИЯ "Б"</u>				

В столбце 5 таблицы даны значения  $R_{ppm}(f=0,07)$ , приведенные к одинаковым условиям - к плотности водорода

$\rho = 0,070 \text{ г/см}^3$ , т.е. к плотности жидкого водорода. Как видно, результаты обеих серий опытов, проведенных с разными концентрациями пробного газа, хорошо совпадают. Это говорит о том, что в опытах отсутствуют серьезные систематические ошибки как в определении времени жизни  $pH$ -атома, так и в определении вероятности перехвата мюонов к атомам примеси ксенона.

Среднее из обеих серий измерений значение скорости образования  $ppm$ -молекулы в газообразном водороде (приведенное к плотности жидкого водорода)  $\lambda_{ppm}(\rho=0,07) = 1,74 \pm 0,25 \cdot 10^6 \text{ сек}^{-1}$ .

Это значение в пределах ошибок совпадает со скоростью образования  $m\mu$ -молекулы водорода, измерявшейся аналогичным методом в жидком водороде<sup>/5/</sup>, как это видно из табл. I.

В заключение авторам приятно выразить благодарность Н.В.Богомолову, Д.И.Ильичеву, М.И.Кузнецову, М.М.Петровскому и Ш.Г.Шамсутдинову за помощь в проведении эксперимента, а также З.Ф.Апраксиной и А.В.Ракитскому за помощь при выполнении расчетов. Авторы благодарны С.Г.Басиладзе за участие на ранней стадии подготовки к эксперименту.

Рукопись поступила в издательский отдел

5 июля 1968 года.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Я.Б.Зельдович, С.С.Герштейн, УЖН, 71, 581 (1960)  
П.Ф.Ермолов, Диссертация, ОИЯИ, 1966 .
2. В.П.Джелепов, П.Ф.Ермолов, Е.А.Кумкаренко, В.И.Москалев,  
С.С.Герштейн, ЖЭТФ, 42, 439, 1962.
3. В.П.Джелепов, П.Ф.Ермолов, В.И.Москалев, В.В.Фильченков,  
М.Фримл. Труды XII Международной конференции по физике  
высоких энергий, Дубна т.1, 878, 1964 г.
4. E. J. Bleser, E. W. Anderson, L. M. Lederman, S. L. Meyer,  
J. L. Rosen, J. E. Rothberg and I. J. Wang, *Phys. Rev.*,  
132, 2679, 1963.
5. G. Conforto, C. Rubbia, E. Zavattini, S. Focardi,  
*Nuovo Cim.* 33, 1001, 1964.
6. Я.Б.Зельдович, С.С.Герштейн ЖЭТФ, 35, 639, 1958 г.
7. S. Cohen, D. Judd, R. Riddell, *Phys. Rev* 119, 397, 1963.
8. В.Г.Будяшов, В.Г.Зинов, А.Д.Конин, А.И.Мухин ЯФ 5, 830, 1967  
С.Г.Басиладзе, П.Ф.Ермолов, К.О.Оганесян ЖЭТФ 49, 1042, 1965
9. П.Ф.Ермолов, В.И.Лепилов, А.И.Мухин ПТЭ № 3, 41, 1967 г.
10. В.Г.Будяшов, В.Г.Зинов. Препринт ОИЯИ I3-3700, Дубна, 1968г.
11. В.Г.Зинов. ПТЭ № 1, 165 (1963).
12. В.И.Данилов, И.Б.Енчевич, Б.И.Замолодчиков, Э.А.Полферов,  
Е.И.Розанов, В.И.Смирнов, В.Г.Тестов АЭ 19, 289 (1965)
13. В.Г.Зинов, С.В.Медведь, Е.Б.Озеров АЭ 21, 445 (1966)
14. R. W. Huff, *Ann. of Phys.*, 16, 288 (1961).

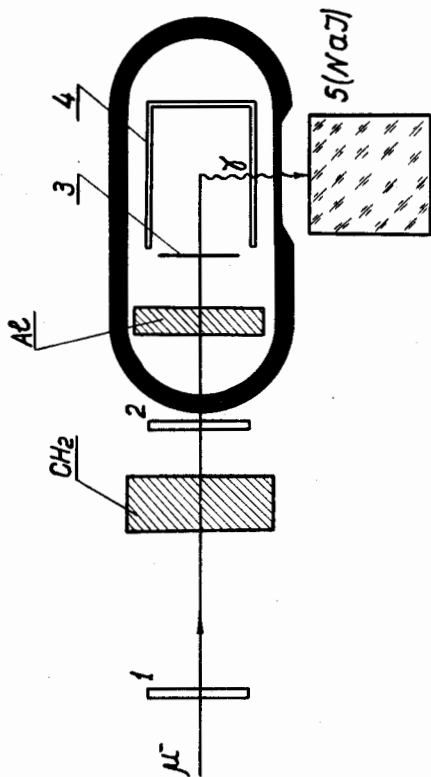


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

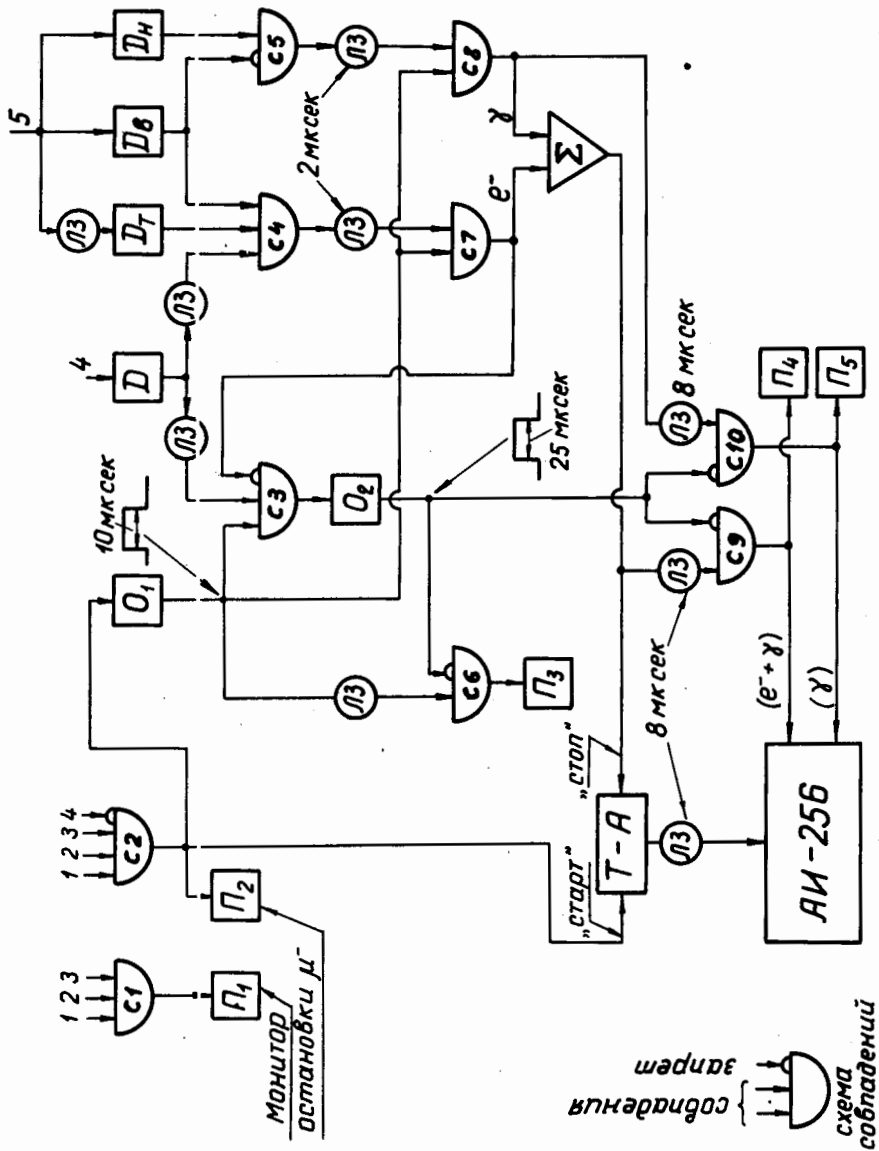


Рис. 2. Блок-схема электронной аппаратуры.

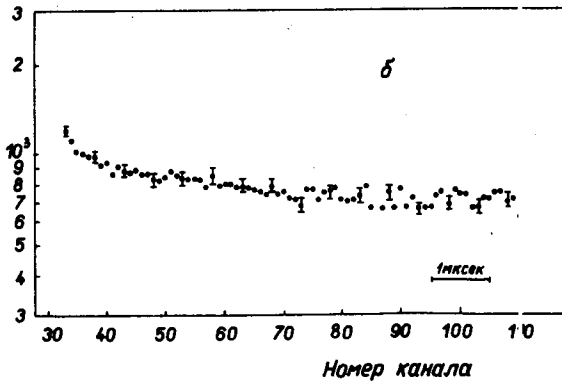
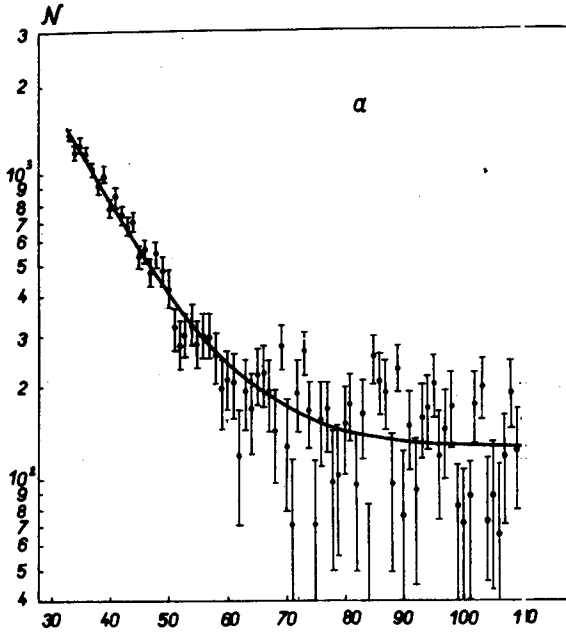


Рис. 3. Временной спектр мю-рентгена и гамма-излучения, полученный в измерениях серии "А"

а - вклад излучения, связанный с перехватом мюнов ксеёном. Сплошная линия - расчетная кривая с  $\tau = (1.102 \pm 0,048)$  мксек.

б - нормированный на монитор вклад фонового гамма-излучения.



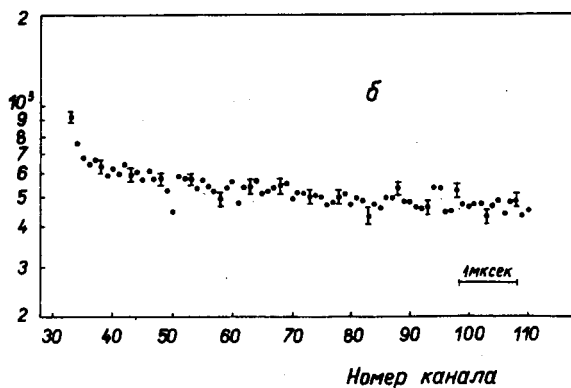
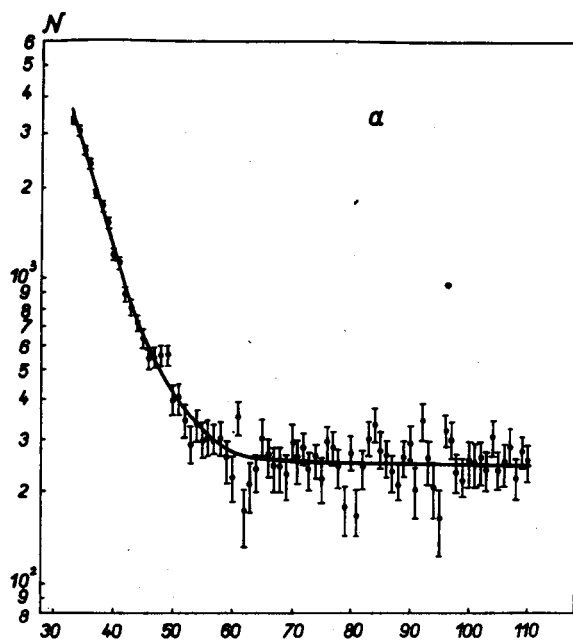


Рис.4. Временной спектр мю-рентгена и гамма-излучения, полученный в измерениях серии "Б"

а - вклад излучения, связанный с перехватом мюонов ксененом. Сплошная линия - расчетная кривая с  $\tau = (0,5702 \pm 0,0105)$  мксек;

б - нормированный на монитор вклад фонового гамма-излучения.

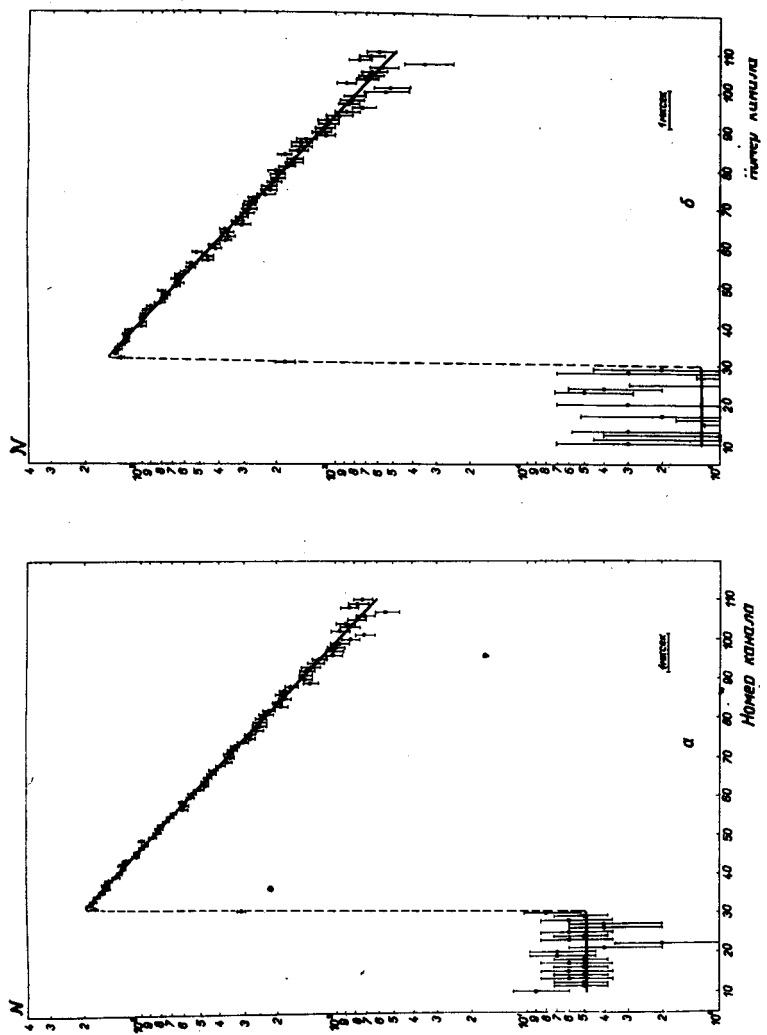


Рис. 5. Временные спектры электронов, полученные в измерениях

серии А.

а - суммарный счет от водорода и расположенных внутри мишени сцинтилляторов;

б - счет только от чистого водорода в мишени. Сплошная линия - расчетная кривая с  $\tau = (2,25 \pm 0,04) \cdot 10^{-6}$  сек.