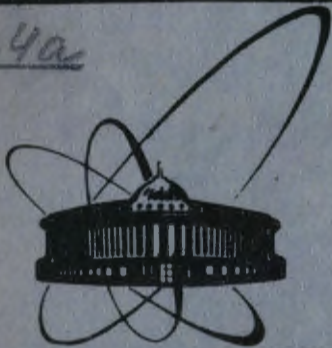


Вити. Д -

СЗ44.4а



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

6312/83

415157

13-83-636

В.М.Быстрицкий, Я.Возняк, А.Гула,
В.П.Джелепов, В.К.Капышев, М.П.Малек,
С.Ш.Мухамет-Галеева, Л.А.Ривкис, В.А.Столупин,
В.А.Уткин, Ш.Г.Шамсутдинов

СИСТЕМА ГАЗОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЖИДКОТРИТИЕВОЙ МИШЕНИ
С РАБОЧИМ ОБЪЕМОМ 35 см³

415153 + Введен ж-и и соед.

Направлено в журнал "ПТЭ"

Д -

1983

Для проведения экспериментов по исследованию мезоатомных и мезомолекулярных процессов, происходящих в тритии^{/1/}, в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ разработана и изготовлена жидкотритиевая мишень^{/2/}, установленная на мюонном канале синхротрона. В экспериментах предполагается использование большого количества радиоактивного изотопа водорода-трития, активность которого может достигать величины $8,5 \cdot 10^4$ Ки. Использование трития в таких количествах предусматривает повышенные требования к системе газообеспечения мишени. Кроме высокой герметичности и надежности всех ее узлов, должны быть предусмотрены дополнительные специальные устройства, гарантирующие безопасность при работе персонала на установке.

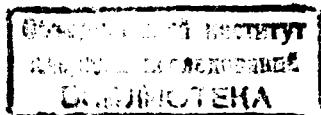
В настоящей работе описывается система газообеспечения жидкотритиевой мишени и меры безопасности при ее эксплуатации.

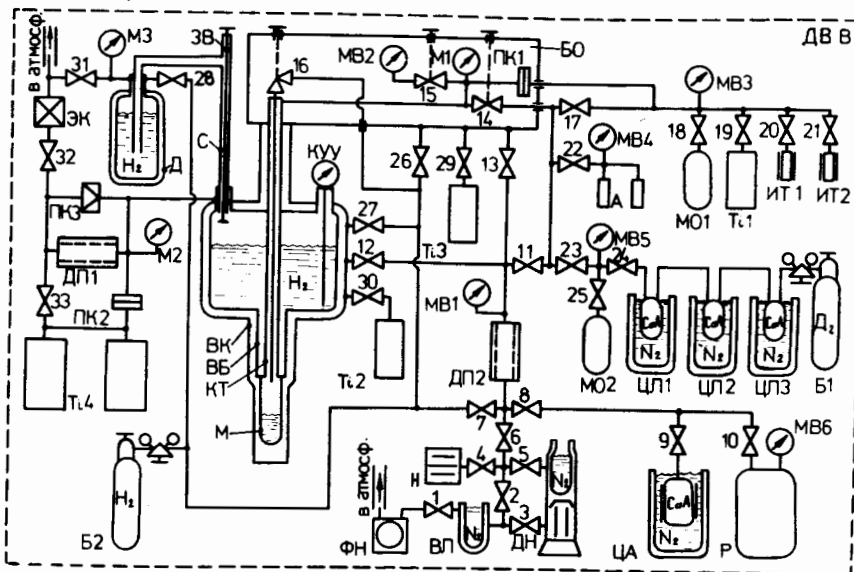
Система газообеспечения, принципиальная схема которой приведена на рисунке, состоит из следующих узлов:

1. Система высоковакуумной откачки.
2. Жидкотритиевая мишень.
3. Система заполнения мишени тритием.
4. Система очистки дейтерия.
5. Аппаратура дозиметрического контроля.
6. Система устройств, обеспечивающая безопасность работы персонала в аварийных ситуациях.

СИСТЕМА ВЫСОКОВАКУУМНОЙ ОТКАЧКИ

Система высоковакуумной откачки предназначена для вакуумирования газовых коммуникаций и мишени /М/ до давления меньше 10^{-6} мм рт.ст., вакуумного объема, ограниченного кожухом ВК, - до давления 10^{-3} мм рт.ст. /при $T = 300^\circ \text{K}$ / и буферного объема /Б0/- до 10^{-2} мм рт.ст. Для откачки системы используются два комплекта вакуумных насосов. Каждый комплект состоит из форвакуумного насоса /ФН/, диффузионного насоса /ДН/ и высоковакуумного магниторазрядного диодного насоса /Н/. Для предотвращения попадания паров масла, воды и углекислого газа в систему установлены вымораживающие азотные ловушки. Измерение вакуума производится ионизационными манометрами, имеющими металлический корпус. Все коммуникации системы выполнены трубками $\varnothing 14 \times 1,5$ мм из нержавеющей стали. В системе газообеспечения используются высоковакуумные сильфонные вентили Ду 12, рас-





Принципиальная схема системы газообеспечения жидкотритиевой мишени. М - мишень, КТ - конденсационная трубка, ВБ - водородный бачок, ВК - вакуумный кожух, Б0 - буферный объем, КУУ - конденсационный указатель уровня, ФН - форвакуумный насос, ДН - диффузионный насос, Н - магниторазрядный насос, ВЛ - вымораживающая азотная ловушка, М1 - образцовый манометр, МВ - образцовый мановакуумметр, ПК - предохранительный клапан, С - переливной сифон, ЗВ - запорный вентиль, Д - дьюар с жидким водородом, Б - баллон, ДП1 - дозиметрический прибор, ЭК - электромеханический клапан, ИТ - источник трития, МО - мерный объем, А - ампулы для отбора проб газа, ЦЛ - цеолитовая ловушка, Тi - абсорбер с титановым газопоглотителем, ЦА - цеолитовый адсорбер, Р - ресивер, ДВВ - домик с вытяжной вентиляцией, 1 ÷ 33 - вакуумные сильфонные вентили Ду 12.

считанные на рабочее давление газа до 40 атм. В качестве материала для уплотняющих прокладок используется фторопласт марки Ф-4. Герметичность всех узлов системы проверяется гелиевым течеискателем ПТИ-7А^{3/8}. Перед началом процесса заполнения мишени изотопами водорода мишень М и связанные с ней газовые коммуникации подвергаются вакуумной тренировке для понижения газыделения с внутренних поверхностей до уровня 10^{-4} мм рт.ст./ч.

ЖИДКОТРИТИЕВАЯ МИШЕНЬ

Мишень^{2/} /М/ /см. рис./ представляет собой цилиндрический сосуд из нержавеющей стали объемом 34 см^3 /высота - 76 мм, диаметр - 24 мм, толщина стенки - 0,3 мм/. В верхней части мишень соединена с конденсационной трубкой /КТ/ из нержавеющей стали /общая длина - 730 мм, диаметр - 16 мм, толщина стенок - 1 мм/, которая проходит через водородный бачок /ВБ/, заполненный жидким водородом /объем - 8,5 л, диаметр - 220 мм, высота - 300 мм/. Мишень /М/ и водородный бачок /ВБ/ окружены вакуумным кожухом /ВК/. Заполнение мишени тритием /дейтерием/ осуществляется через сильфонный вентиль 14. Давление паров трития /дейтерия/ в мишени измеряется с помощью манометра М1 и мановакуумметра МВ2, подсоединенного к объему мишени через вентиль 15. Температура мишени определяется по показаниям МВ2 и с помощью термпар /медь-константан/, укрепленных на мишени. Манометр М1, мановакуумметр МВ2, вентили 14, 15 и 16 и предохранительный клапан ПК1 установлены внутри вакуумного буферного объема /Б0/. Штоки вентиля 14, 15 и 16 выведены наружу буферного объема через сальниковые уплотнения. Для наблюдения за показаниями приборов М1 и МВ2 в корпусе буферного объема предусмотрены смотровые окна из стекла.

Заполнение ВБ жидким водородом осуществляется с помощью гибкого металлического переливного сифона /С/ из 50-литрового водородного дьюара /Д/. Избыточное давление в дьюаре создается сжатым водородом из баллона Б2. Количество жидкого водорода в ВБ определяется по конденсационному указателю уровня /КУУ/. После заполнения ВБ жидким водородом переливная трубка сифона герметично перекрывается специальным запорным вентиляем /ЗВ/.

Газосброс испарившегося из ВБ водорода в атмосферу осуществляется через дозиметрический прибор ДП1, вентиль 32 и электромеханический клапан /ЭК/. В случае интенсивного испарения водорода из ВБ в системе предусмотрена дополнительная линия газосброса /через предохранительный клапан ПК3/, обладающая небольшим гидравлическим сопротивлением. Длина магистрали газосброса от горловины водородного бачка до электромеханического клапана составляет 2 м. Магистраль выполнена в виде труб из нержавеющей стали с внутренним диаметром 25 мм, общая длина линии газосброса водорода в атмосферу равна 30 м.

СИСТЕМА ЗАПОЛНЕНИЯ МИШЕНИ ТРИТИЕМ

В системе газообеспечения в качестве источника трития используется тритид титана TiT_2 , помещенный в ампулы из нержавеющей стали /ИТ1 либо ИТ2/ объемом 100 см^3 каждая /см. рис./. Условия подготовки и эксплуатации источника трития описаны в работах^{3,4/}. Давление паров над насыщенным титаном при комнатной

температуре не превышает 10^{-3} мм рт.ст. Выделение трития осуществляется нагревом ИТ до температуры $750-800^{\circ}\text{C}$. Давление газа при диссоциации тритида титана может достигать нескольких атмосфер. Содержание примесей /кроме инертных газов/ при этом не превышает требуемой по условиям эксперимента величины. Для определения количества трития, сконденсированного в мишени, используется мерный объем /M01/. Вначале производится выделение трития из ИТ в объем M01, а затем его ожижение в мишени М. Такая процедура повторяется несколько раз до ожижения в мишени необходимого количества трития. После заполнения мишени весь оставшийся в соединительных коммуникациях тритий сорбируется в ИТ, охлажденном до комнатной температуры.

По окончании экспозиции мишени на пучке мюонов, тритий из мишени собирается в ИТ. Остаточное давление трития в мишени не превышает 10^{-3} мм рт.ст.

Ампулы /А/ предназначены для отбора проб газа из мишени с целью последующего анализа его чистоты /по сумме примесей N_2 , O_2 , CO_2 / и определения концентрации изотопов водорода в мишени при проведении экспериментов с дейтерий-тритиевой смесью.

СИСТЕМА ОЧИСТКИ ДЕЙТЕРИЯ

По условиям эксперимента суммарное содержание примесей / N_2 , O_2 , CO_2 и т.д. / в дейтерии не должно превышать уровня $2 \cdot 10^{-7}$ об. долей. Для получения требуемой чистоты газ из баллона Б1 пропускается через три последовательно соединенные цеолитовые (СаА) ловушки ЦЛ1, ЦЛ2 и ЦЛ3, погруженные в жидкий азот^{/3/}. Заполнение мишени дейтерием производится с помощью мерного объема M02. Количество дейтерия, сконденсированного в мишени /М/, определяется по разности показаний мановакуумметра МВ5.

По окончании экспозиции мишени на пучке мюонов, дейтерий-тритиевая смесь поглощается абсорбером Ti1. Абсорбер Ti1 выполнен в виде цилиндрического сосуда из нержавеющей стали, заполненного 1 кг титанового газопоглотителя марки ТНТ-10 или КНТ-12. Сорбционная емкость абсорбера составляет 450 л водорода при нормальных условиях^{/5/} /максимальное количество газа, сконденсированного в мишени, равно 34 л/.

АППАРАТУРА ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Дозиметрические приборы ДП1 и ДП2 предназначены для контроля за содержанием трития в газе, выбрасываемом в атмосферу из системы газообеспечения. Датчиками радиоактивности являются специально изготовленные ионизационные камеры, широко используемые в дозиметрии газов^{/6/}. Камеры имеют герметичный корпус в виде цилиндрического сосуда, выполненного из нержавеющей

стали /диаметр - 200 мм, длина - 500 мм/. Ионизационный ток измеряется с помощью электрометрических усилителей. Датчик прибора ДП1 установлен в линии газосброса водорода из ВБ, а датчик прибора ДП2 - в линии вакуумной откачки системы. Для повышения чувствительности прибора ДП2 предусмотрено заполнение ионизационной камеры водородом из баллона Б2.

Изготовленные нами датчики позволяют обнаружить содержание трития в газе, выбрасываемом в атмосферу, при концентрациях, превышающих 10^{-7} Ки/л.

СИСТЕМА УСТРОЙСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ ПЕРСОНАЛА В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

При создании этой системы приняты меры по предотвращению последствий следующих аварийных ситуаций:

- а/ нарушение герметичности вакуумного кожуха /ВК/;
- б/ разрыв стенок мишени М;
- в/ разрушение конденсационной трубки /КТ/;
- г/ разгерметизация мест уплотнения коммутационных и измерительных элементов, соединенных с внутренним объемом мишени М;
- д/ натекание воздуха в тритиевые магистрали;
- е/ появление трития в атмосфере.

а/ Нарушение герметичности вакуумного кожуха /ВК/

В случае нарушения герметичности вакуумного кожуха /ВК/ происходит разрушение вакуумной изоляции и увеличение теплопритока к водородному бачку /ВБ/ и мишени М. Это, в свою очередь, приводит к бурному вскипанию водорода в ВБ и трития /дейтерия/ в мишени. Давление водорода в ВБ повышается, срабатывает предохранительный клапан ПК3 и происходит эвакуация водорода в атмосферу через магистраль с малым гидравлическим сопротивлением. Если давление трития /дейтерия/ в мишени достигает 5 атм, произойдет разрыв мембраны предохранительного клапана ПК1 и содержимое мишени будет сорбировано абсорбером Ti1 /в процессе работы вентиль 19 открыт, а вентили 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21 закрыты/. Критерием окончания процесса поглощения является давление газа в мишени, которое не должно превышать величину, равную 10^{-3} мм рт.ст. /при температуре мишени $\approx 25^{\circ}\text{C}$ /.

б/ Разрыв стенок мишени М

В результате разрыва стенок мишени тритий из мишени попадает в вакуумный объем, ограниченный кожухом ВК. Это приводит к увеличению давления в вакуумном объеме и более интенсивному испарению водорода из ВБ. Последствия такой ситуации отражены в

предыдущем разделе. Поглощение трития осуществляется с помощью абсорбера Ti1. После окончания процесса поглощения газа абсорбером Ti1, мишень М и вакуумный объем промываются чистым водородом из баллона Б2 с последующим сбросом газа на абсорбер Ti2, конструкция которого аналогична Ti1.

в/ Разрушение конденсационной трубки /КТ/

Вследствие разрушения конденсационной трубки /КТ/, тритий из мишени М попадает в водородный бачок ВБ. Появление трития в линии газосброса водорода будет зарегистрировано дизиметрическим прибором ДП1. При концентрации трития в водороде больше, чем $2 \cdot 10^{-6}$ Ки/л, электромеханический клапан ЭК, управляемый прибором ДП1, перекрывает линию выброса водорода в атмосферу. При достижении давления водорода в ВБ, равного 4 атмосферам, произойдет разрыв мембраны предохранительного клапана ПК2, и смесь водорода с тритием /8,5 л жидкого водорода/ будет поглощена титановым абсорбером Ti4. Последовательно с ЭК установлен вентиль 32, позволяющий перекрыть линию газосброса в отсутствие управляющего сигнала с ДП1.

Титановый абсорбер Ti4 изготовлен в виде двух цилиндрических сосудов из нержавеющей стали, соединенных между собой трубкой. Объем каждого сосуда 15 л. Сорбционная емкость титанового газопоглотителя в Ti4 достаточна для поглощения 9 л жидкого водорода. Остаточное давление водорода после окончания процесса поглощения не превышает 10^{-3} мм рт.ст.

г/ Разгерметизация мест уплотнения коммутационных и измерительных элементов, соединенных с внутренним объемом мишени

Все коммутационные и измерительные элементы, сообщаемые с внутренним объемом мишени М посредством разборных соединений, помещены в герметичный буферный объем /Б0/. Перед заполнением мишени тритием буферный объем вакуумируется до давления 10^{-2} мм рт.ст. Емкость Б0 составляет 30 л, так что при случайной разгерметизации мест уплотнений разборных соединений давление в буферном объеме всегда будет меньше атмосферного. Для удаления трития или дейтерий-тритиевой смеси из Б0 используется абсорбер Ti3 /конструкция которого аналогична Ti1/. После окончания процесса сорбции буферный объем промывается чистым водородом из баллона Б2 с последующим сбросом газа в Ti3.

д/ Натекание воздуха в тритиевые магистрали

Натекание воздуха в тритиевые магистрали крайне маловероятно и может возникнуть только при случайной их разгерметизации, когда давление трития в магистрали меньше атмосферного. Исполь-

зование титановых абсорберов в этой ситуации малоэффективно, т.к. применяемый газопоглотитель хорошо сорбирует при комнатной температуре лишь изотопы водорода. Для удаления из коммуникаций смеси воздуха с тритием применяется цеолитовый (СаА) адсорбер /ЦА/, погруженный в жидкий азот, и ресивер /Р/. Объем ресивера 100 л. Цеолитовый адсорбер используется в качестве компримирующего элемента.

е/ Появление трития в атмосфере

Жидкотритиевая мишень и система ее газообеспечения расположены внутри домика ДВВ с мощной вытяжной вентиляцией, что обеспечивает безопасность работы персонала на экспериментальной установке в случае появления трития в атмосфере. Объем ДВВ составляет 33 м^3 . Производительность вытяжной вентиляции $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$. Во время заполнения мишени тритием и ее экспозиции на пучке мюонов персонал находится вне домика ДВВ. Все манипуляции на системе газообеспечения в процессе работы производятся с помощью резиновых перчаток, укрепленных на стенках домика. Домик ДВВ имеет смотровые окна и аппаратуру дозиметрического контроля.

Домик ДВВ установлен в экспериментальном зале на мюонном канале. Объем зала 2500 м^3 . В зале имеется приточная и естественная вентиляция.

Проведенные испытания системы устройств, обеспечивающих безопасность работы персонала на установке в аварийных ситуациях, показали их высокую надежность, удовлетворяющую требованиям техники безопасности при проведении экспериментов с жидкотритиевой мишенью.

Авторы выражают благодарность В.Г.Зинову, А.Т.Василенко, Л.Б.Голованову и А.И.Филиппову за полезные обсуждения и замечания; А.Е.Новикову, Б.М.Кулагину, М.М.Петровскому, И.С.Соковину, Л.Н.Старшиной за сборку и участие в наладке системы газообеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gerstein S.S., Ponomarev L.I. Mesomolecular Processes Induced by μ^- and π^- Mesons. In: Muon Physics (eds. V.Hughes and C.S.Wu). Academic Press, New York, 1975; Быстрицкий В.М. и др. ЖЭТФ, 1981, 80, с. 1700.
2. Быстрицкий В.М. и др. ОИЯИ, 13-82-378, Дубна, 1982.
3. Быстрицкий В.М. и др. ОИЯИ, 13-80-325, Дубна, 1980.
4. Борисова А.А. и др. ОИЯИ, 13-80-324, Дубна, 1980.
5. Глебов Г.Д. Поглощение газов активными металлами. Госэнергоиздат, М.-Л., 1961.
6. Туркин А.Д. Дозиметрия радиоактивных газов. Атомиздат, М., 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 сентября 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Быстрицкий В.М. и др. 13-83-636
Система газообеспечения жидкотритиевой мишени с рабочим объемом 35 см³

Для проведения экспериментов по исследованию мезоатомных и мезомолекулярных процессов в тритии, разработана и изготовлена система газообеспечения жидкотритиевой мишени, позволяющая производить очистку, наполнение и удаление из мишени изотопов водорода /третий, дейтерий/. Ожижение изотопов водорода в мишени осуществляется с помощью конденсационной трубки, проходящей через сосуд с жидким водородом. Источником трития является тритид титана. Тритий выделяется при диссоциации тритида титана, нагреваемого до температуры 800°C. Дейтерий очищается при пропускании через три последовательно соединенных цеолитовых (CaA) адсорбера. Количество примесей в дейтерии после очистки не превышает $2 \cdot 10^{-7}$ об.ч. Удаление изотопов водорода из мишени производится с помощью абсорберов, заполненных титановым газопоглотителем. Остаточное давление газа в мишени после окончания процесса поглощения не превышает 10^{-3} мм рт.ст. Система газообеспечения имеет устройства, гарантирующие безопасность работы персонала в аварийных ситуациях.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Bystritskij V.M. et al. 13-83-636
Gas Filling System of the Liquid Tritium Target with 35 cm³ Active Volume

A gas filling system of the liquid tritium/deuterium target for the experimental investigation of mesoatomic and mesomolecular processes is described. The system provides purification, filling and removing of hydrogen isotopes from the target. Liquid deuterium and tritium filling of the target are obtained in a condensation pipe placed in a container with liquid hydrogen. Tritium gas is released from a TiT₂ source heated up to 800°C. Deuterium gas is purified by passing it through three successive zeolite (CaA) adsorbers. Contaminations after the purification process do not exceed $2 \cdot 10^{-7}$ volume parts. The target is evacuated using titanium gas absorbers. The residual pressure in the target after evacuation does not exceed 10^{-3} mm Hg. The system is equipped with special devices providing the safety of the personnel in emergency situations which may arise during the course of experiment.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.