



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3764/2-80

11/8-80
13-80-325

В.М.Быстрицкий, В.К.Капышев, С.Ш.Мухамет-Галеева,
Л.А.Ривкис, В.И.Сатаров, В.А.Столупин

СИСТЕМА ГАЗОБЕСПЕЧЕНИЯ МИШЕНИ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ
МЮОННОГО КАТАЛИЗА
ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА (d + t)

Направлено в ПТЭ

1980

Для исследования мезоатомных и мезомолекулярных процессов, происходящих в смесях изотопов водорода, требуются изотопы водорода со степенью чистоты по суммарным примесям CO_2 , N_2 , O_2 на уровне 10^{-7} объемных долей^{1/}. Столь высокое требование к чистоте водорода обусловлено существованием конкурирующих фоновых каналов, таких, как: перехват мюонов от изотопов водорода к ядрам примеси; захват мюона сложными ядрами.

В настоящей работе представлена газовая система заполнения мишени дейтерием и тритием, разработанная и использованная в эксперименте по исследованию явления мю-катализа реакций ядерного синтеза дейтерия и трития^{2/}.

К данной системе по условиям эксперимента предъявлялись следующие основные требования:

1/ в течение длительных экспозиций на пучке мюонов /200 ч/ суммарное содержание примеси (N_2 , O_2 , CO_2) в дейтериево-тритиевой смеси, находящейся в мишени, не должно превышать уровень $5 \cdot 10^{-7}$ объемных долей;

2/ при работе с радиоактивным тритием должна быть обеспечена безопасность персонала.

На рис.1 приведена принципиальная схема газовой системы. Она включает в себя следующие узлы:

а/ систему высоковакуумной откачки;

б/ газовую мишень и балластный объем /Б0/;

в/ систему очистки дейтерия;

г/ источник трития;

д/ систему эвакуации ($\text{D}_2 + \text{T}_2$) смеси из мишени и балластного объема.

Система высоковакуумной откачки

Откачка всей газовой системы производилась с использованием двух паромасляных диффузионных агрегатов ДН1 и ДН2. Между диффузионными насосами и системой располагались вымораживающие азотные ловушки /ВЛ2 и ВЛ3/, предотвращающие попадание паров масла, воды, углекислого газа в систему. Увеличение скорости откачки системы осуществлялось путем одновременной работы двух диффузионных агрегатов.

Все соединительные коммуникации системы представляли собой трубки из нержавеющей стали, внутренние поверхности которых

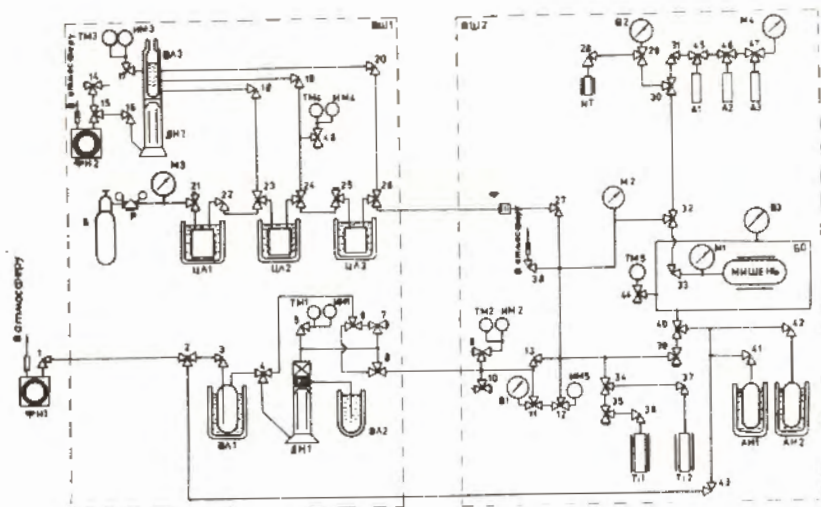


Рис.1. Схема вакуумирования и заполнения мишени газообразным дейтерием и тритием. Условные обозначения: ВШ - вытяжной шкаф; Б0 - балластный объем; ФН - форвакуумный насос; ДН - диффузионный насос; ВЛ - вымораживающая ловушка; Б - баллон с дейтерием; ТМ - термометрический манометр; ИМ - ионизационный манометр; ЦЛ - цеолитовая ловушка; АН - адсорбционный насос; Тi - титановый адсорбер; Р - редуктор; ИТ - источник трития; А - ампула для анализа газа; Ф - пылеулавливающий фильтр; М - манометр; В - вакуумметр.

предварительно были отполированы. В системе использовались только сильфонные вентили, рассчитанные на рабочее давление 50 атм. Герметичность всех узлов системы проверялась гелиевым течеискателем ПТИ-7.

Газовая мишень и балластный объем

Газовая мишень представляет собой сосуд из нержавеющей стали диаметром 130 мм, длиной 250 мм, толщиной стенки 3 мм, объемом 3,25 л. Мишень рассчитана на рабочее давление до 55 атм и температурный диапазон от 78 до 670 К. Нагрев мишени осуществлялся электрической спиралью, а охлаждение - парами азота. Элементы нагрева и охлаждения располагались на внешней

поверхности мишени. Контроль и измерение давления газа в мишени производились с помощью установленного на ней манометра М1.

В течение 7-10 суток перед заполнением мишени тритием или дейтерием производилась вакуум-термическая дегазация самой мишени и соединительных коммуникаций, подходящих к ней. По условиям эксперимента критерием окончания термической тренировки явилось достижение скорости газовой выделенности в мишени на уровне 10^{-4} мм рт.ст./ч. Газовая мишень располагалась внутри вакуумированного до давления 10^{-2} мм рт.ст. балластного объема $V_{об.} = 130$ л/. В случае полной разгерметизации газовой мишени во время экспозиции с (D_2+T_2) смесью величина давления внутри балластного объема была бы меньше, чем 450 мм рт.ст.

К балластному объему были подсоединены два цеолитовых адсорбера /АН1 и АН2/. Это было сделано для поддержания необходимого разрежения в нем на протяжении длительных экспозиций с газовой смесью, а также с целью уменьшения потерь тепла мишенью.

Система очистки дейтерия

Дейтерий, находящийся в баллоне /Б/, проходит через систему последовательно соединенных цеолитовых адсорберов /ЦЛ1, ЦЛ2, ЦЛ3/, помещенных в жидкий азот, и поступает в газовую мишень. Давление дейтерия на входе адсорбера ЦЛ1 регулируется с помощью редуктора /Р/ и контролируется манометром М3. Перед очисткой дейтерия производится вакуум-термическая тренировка всех трех адсорберов в течение двух суток при температуре 350°C до давления $6 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст. Степень очистки дейтерия определялась с помощью периодического анализатора адсорбционного типа МКЗ³ с чувствительностью до 10^{-9} объемных долей.

Многочисленные анализы свидетельствовали о том, что сумма примесей в дейтерии после очистки не превышала $2 \cdot 10^{-7}$ объемных долей. Ошибка в определении этой величины составляла 20%.

Источник трития

В качестве источника трития использовался тритид титана, помещенный внутри ампулы из нержавеющей стали объемом 100 см³ /ИТ/. Диссоциация тритида титана /выделение газообразного трития/ эффективно происходит при температуре $750-800^{\circ}\text{C}$. Применение титана марки ТНТ-4 с пористостью 30% как адсорбента трития имеет то существенное преимущество по сравнению с другими поглотителями трития, что уже при комнатной температуре он способен адсорбировать гораздо большее количество водорода

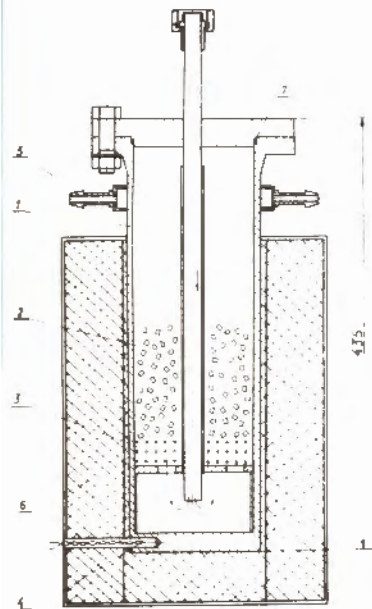


Рис. 2. Титановый адсорбер. 1 - корпус адсорбера, 2 - газопоглотитель /титан ТНТ-4/, 3 - металлическая сетка, 4 - термopара, 5 - водяное охлаждение, 6 - нагреватель, 7 - медная прокладка.

/дейтерия, трития/, чем такие широко применяемые поглотители, как ниобий, тантал, цирконий, уран. Следует отметить, что титан при температуре $T = 750-800^\circ\text{C}$ весьма эффективно сорбирует различные химически активные газы /кислород, азот, воздух, окислы углерода и водяной пар/, причем остаточное содержание их не превышает уровень 10^{-5-4} . С учетом вышесказанного, использование титана для дополнительной очистки трития позволяло нам получать требуемую по условиям эксперимента чистоту газа на

уровне 10^{-7} объемных долей /содержание трития в $(D_2 + T_2)$ -смеси в рабочих экспозициях на пучке мюонов не превышало 10%/. Максимальное давление трития в мишени при температуре тритида титана 800°C составляло 480 мм рт.ст.

Система эвакуации $(D_2 + T_2)$ -смеси из мишени

Система поглощения газовой смеси, находящейся в мишени, состояла из двух адсорберов Ti1 и Ti2, заполненных титаном марки ТНТ-4. Сорбционная емкость каждого адсорбера при нормальных условиях составляла 360 л $(D_2 + T_2)$ -смеси. Величина остаточного давления газа в мишени и коммуникациях после процесса поглощения не превышала 10^{-3} мм рт.ст. Адсорбер Ti2 являлся резервным и мог быть использован в аварийном случае при разгерметизации мишени и утечке газовой смеси в балластный объем.

На рис. 2 изображена конструкция Ti адсорбера. В каждый адсорбер засыпалось 800 г титанового газопоглотителя. До начала эксперимента проводилась специальная вакуум-термическая тренировка адсорберов. В рабочих условиях поглощение $(D_2 + T_2)$ -смеси происходило при 25°C .

Ампулы (A_1, A_2, A_3), установленные в системе, предназначались для отбора проб содержимого мишени с целью определения радиометрическим методом атомарной концентрации трития в газовой смеси.

Заполнение мишени $(D_2 + T_2)$ -смесью производилось в два этапа. Сначала предварительно вакуумированная мишень заполнялась тритием до давления $240-480$ мм рт.ст. в зависимости от условий опытов /источник ИТ/, а затем в мишень добавляли чистый дейтерий до необходимой величины давления смеси.

Результаты многократно проведенных анализов с различным временем экспонирования смеси в мишени показали, что сумма примесей в ней не превышает уровень $2 \cdot 10^{-7}$ объемных долей.

В заключение авторы выражают благодарность В.П.Джелепову, В.Г.Зинову, А.Д.Конину за полезные обсуждения и ценные советы; В.М.Романову за разработку узлов установки; Г.Ф.Исаеву, М.М.Петровскому, Ш.Г.Шансутдинову - за сборку и наладку всей системы.

Литература

1. Gershtein S.S., Ponomarev L.I. Mesomolecular Processes Induced by μ^- and π^- Mesons. Muon Physics. Ed. by V.Hughes and C.S.Wu. Academic Press, New York, 1975.
2. Быстрицкий В.М. и др. ОИЯИ, Д1-12696, Дубна, 1979.
3. Зиновьева К.Н. "Заводская лаборатория", 1955, т.21, №1, с.30.
4. Мухамет-Галеева С.Ш. и др. Методы концентрирования изотопов водорода. Изд. ВНИИИМ, М., 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 апреля 1980 года.