

СЗ935
Б-823

24/11-7

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



4670/2-73

8 - 7413

Ю.Т.Борзунов, Л.Б.Голованов, А.П.Цвинев

ГЕЛИЕВАЯ МИШЕНЬ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

8 - 7413

Ю.Т.Борзунов, Л.Б.Голованов, А.П.Цвинев

ГЕЛИЕВАЯ МИШЕНЬ

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Введение

Гелиевая мишень является криогенной частью установки для изучения, в частности, упругого рассеяния пионов на ядрах гелия ^{1/}. По количеству света, возникшего в результате прохождения альфа-частиц отдачи в жидком гелии, может быть определена их кинетическая энергия. При этом образовавшиеся фотоны длиной волны 1500 Å трансформируются с помощью нанесенной на внутреннюю поверхность мишени пленки из дифенилстильбена в видимый свет, регистрируемый фотоумножителями ^{2, 3/}. Для подавления событий, связанных с образованием заряженных частиц, вылетающих из мишени, вокруг гелиевого объема расположены пластиковые сцинтилляторы, вспышки в которых регистрируются другой парой фотоумножителей, включенных в антисовпадение с остальными элементами схемы запуска ^{4/}.

Для заполнения мишени жидким гелием и поддержания ее в рабочем состоянии необходимы: подпитывающий /промежуточный/ сосуд, газовый пульт, сифон и сосуд Дьюара. Жидкий гелий из сосуда Дьюара емкостью 100 л по сифону поступает в промежуточный сосуд, расположенный над мишенью, а оттуда самотеком пополняет мишень. Испарившийся гелий из мишени и промежуточного сосуда поступает в линию газообразного гелия.

Конструкция мишени

Основными элементами мишени /рис. 1/ являются: внутренний сосуд /1/ с двумя световодами /5/, сцинтилляционный пластик /4/ с двумя световодами /6/, экран, охлаждаемый жидким азотом /2/, многослойная изоляция /7/ и вакуумный кожух /3/. Внутренний сосуд мишени имеет форму цилиндра диаметром и длиной 120 мм. Он подвешен на горловине - тонкостенной нержавеющей трубе /10/. Цилиндр изготовлен из нержавеющей стали толщиной 0,8 мм. На его торцах с помощью фланцев закреплены двойные лавсановые окна из пленки; наружное - толщиной 80 мкм, воспринимающее перепад давления, равный 1 атм, и внутреннее, толщиной 12 мкм, с помощью которого жидкий гелий ограничен по торцам плоскими стенками /5,6/. Пузыри, образовавшиеся в нижней части рабочего сосуда, проходят через жидкий гелий, препятствуют сбору света. Для того чтобы рабочий объем мишени не пересекался пузырями, внутрь мишени вставлена "ложная" обечайка ϕ 80 мм /7/. С этой же целью к лавсановым пленкам приклеены отбойники. Внутренняя поверхность "ложной" обечайки полирована и покрыта светотрансформирующим составом. Для вывода света из рабочего гелиевого объема установлены световоды /5/. Цилиндрическая поверхность внутреннего сосуда окружена сцинтилляционным пластиком /4/, состоящим из двух половин, свет из которого выводится по двум горизонтально расположенным световодам /6/. Световоды изготовлены из алюминиевых труб с полированной внутренней поверхностью.

Уменьшение теплопритока к внутреннему гелиевому сосуду осуществляется с помощью высоковакуумной изоляции с экраном, охлаждаемым жидким азотом. Экран припаян к четырем сосудам, заполняемым жидким азотом. Сосуды имеют диаметр 96 мм, высоту 220 мм и симметрично расположены относительно центра мишени. Для ввода пучка частиц в мишень на азотном экране имеются окна /8/, закрытые алюминированным лавсаном толщиной 12 мкм. С целью уменьшения теплопритока радиацией по световодам в них установлены тепловые

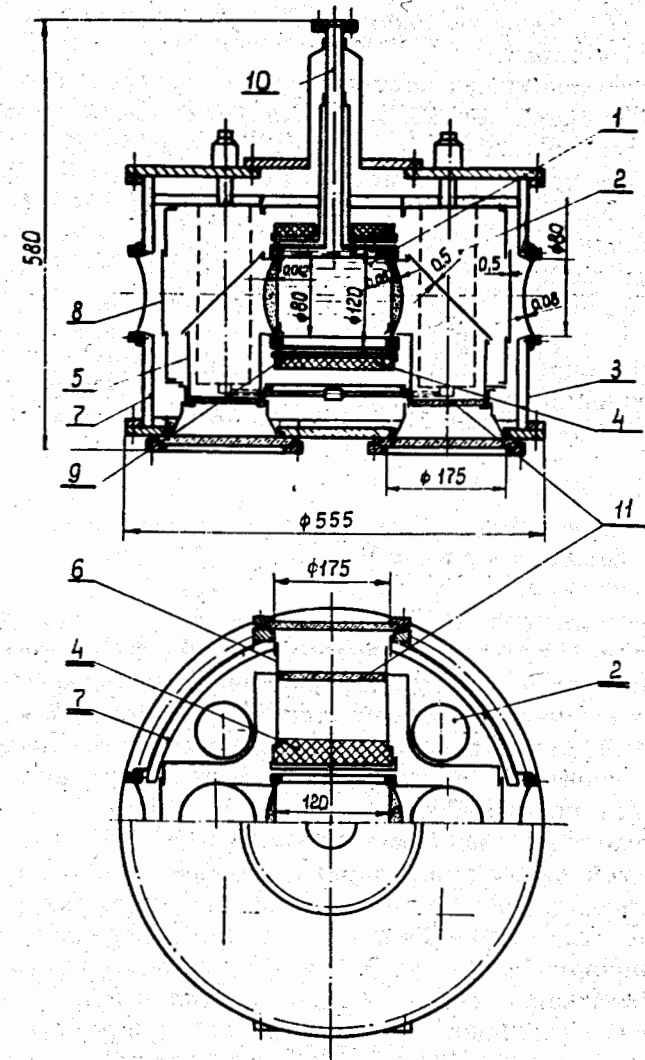


Рис. 1. Схема гелиевой мишени. 1 - внутренний сосуд; 2 - экран, охлаждаемый жидким азотом; 3 - вакуумный кожух; 4 - сцинтилляционный пластик; 5,6 - световоды; 7 - многослойная изоляция; 8 - окно; 9 - экран; 10 - горловина; 11 - тепловые экраны.

экраны /II/ из перексового стекла, законтактированные на азотный экран.

Вакуумный кожух состоит из цилиндрической обечайки и двух фланцев, верхнего и нижнего. К верхнему фланцу крепятся гелиевый сосуд и азотные сосуды с экраном. Для вывода света из гелиевого объема на нижнем фланце имеется два окна из перексовых стекол. На боковой поверхности вакуумного кожуха находятся четыре симметрично расположенных окна. Два окна из лавсановой пленки толщиной 190 мкм служат для ввода и вывода частиц, а два других, из стекла, - для вывода света из пластика, окружающего гелиевый сосуд. Кроме окон, на цилиндрической обечайке расположены штуцер вакуумной откачки и вакуумметрический блок.

Получение изоляционного вакуума и подготовка мишени к работе

Перед каждой заливкой мишени жидким гелием вакуумное пространство мишени откачивается форвакуумным насосом РВН-20 и диффузионным насосом НВО-40. При достижении вакуума порядка $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст. вентиль вакуумной откачки закрывается, насосы отключаются. Гелиевые объемы и коммуникации вакуумируются и заполняются газообразным гелием. Установка с мишенью подключается к системе газообразного гелия. Затем начинается охлаждение экрана жидким азотом, которое проводится медленно в течение четырех-пяти часов. Быстрое охлаждение может привести к разрушению сцинтилляционного пластика от температурных напряжений. При достижении температуры экрана порядка 100°K начинается заливка жидкого гелия в промежуточный сосуд и мишень. Вакуум в мишени, при охлаждении экрана жидким азотом, поддерживается за счет адсорбента /активированного угля/, расположенного на донышках азотных бачков. При заполнении мишени жидким гелием начинает работать адсорбент, расположенный на наружной поверхности внутреннего сосуда. С помощью адсорбента изоляционный вакуум во время всего периода

работы мишени поддерживается в пределах $1 \cdot 10^{-6}$ - $7 \cdot 10^{-7}$ мм рт.ст. Измерение вакуума производится вакуумметром ВИТ-3.

Экспериментально найденный теплоприток к внутреннему сосуду мишени, заполненному жидким гелием, составляет 0,615 вт.

С целью определения главных путей теплоподвода были проведены измерения температур элементов мишени, окружающих внутренний сосуд. Измерения показали, что температура части экрана, максимально удаленной от азотных бачков, составляет 100°K , температура теплового экрана /II/, находящегося внутри световода, - 150°K . Измерения производились с помощью медно-константановых термопар, через 5 часов после заливки мишени гелием.

Измерения температуры и давления в изоляционном пространстве позволили уточнить величины теплопритока к жидкому гелию различными видами теплопередачи. Теплопритоки составляют: радиацией к цилиндрической обечайке внутреннего сосуда $59,6 \cdot 10^{-2}$ вт., остаточными газами $0,09 \cdot 10^{-2}$ вт. Суммарный расчетный теплоприток составляет 0,667 вт. Таким образом видно, что основным вкладом в общий теплоприток к жидкому гелию составляет излучение через световоды.

Особенности работы мишени с промежуточным сосудом

При испытании установки с гелиевой мишенью была определена испаряемость - отдельно мишени и отдельно промежуточного сосуда, которая составляла 530 и 980 л. газа в час соответственно, первоначальные испытания мишени совместно с промежуточным сосудом показали, что испаряемость составляет 15000 л. газа в час, она в 10 раз превосходит суммарную испаряемость из элементов установки, замеренную отдельно. Тщательный анализ такого несоответствия показал, что в данной системе мишень - промежуточный сосуд возникают термоакустические колебания, значительно повышающие испаряемость жидкого гелия.

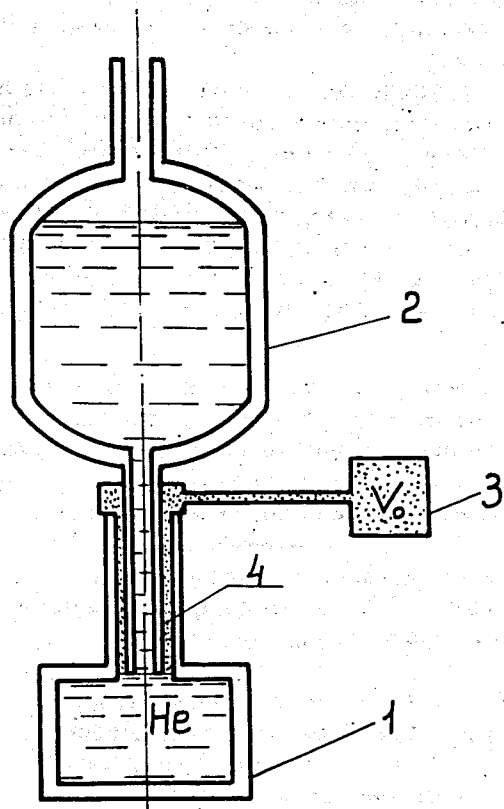


Рис. 2. Схема расположения мишени и промежуточного сосуда. 1 - гелиевая мишень; 2 - промежуточный сосуд; 3 - емкость; 4 - кольцевой зазор /в этом зазоре возникли термоакустические колебания/.

Термоакустические колебания достаточно подробно описаны в технической литературе /8/. Они возникают в трубке в том случае, если один ее конец опущен в жидкий гелий, а другой закрыт и имеет комнатную температуру. Испарение жидкого гелия от термоакустических колебаний может быть в 1000 раз больше, чем испарение от теплопритока, идущего по этой трубке. В нашем случае роль такой трубки играет горловина мишени /см. рис. 2/, которая в нижней части касается жидкого гелия, а верхняя ее часть замкнута и имеет комнатную температуру. Для гашения термоакустических колебаний к верхней части горловины был подсоединен замкнутый объем V_0 . Для выбора его величины экспериментально была найдена зависимость /рис. 3/ испаряемости гелия, частоты колебаний от величины объема V .

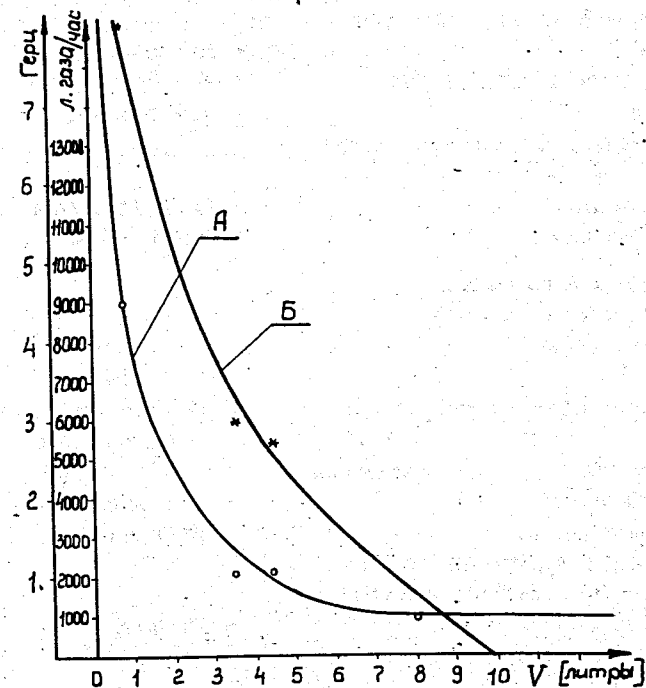


Рис. 3. Зависимость испаряемости A и частоты колебаний B от величины объема V в установке с гелиевой мишенью.

Из графика видно, что при увеличении объема V_0 частота колебаний и испаряемость уменьшаются. Нами был использован объем емкостью $V_0 \approx 8$ л., который практически погасил возникающие колебания.

В настоящее время, когда широко используется жидкий гелий, например, при создании сверхпроводящих устройств, необходимо обращать особое внимание на возможность возникновения термоакустических колебаний, приводящих к повышенной испаряемости гелия.

Технические данные

Длина рабочего объема мишени /при $T=300^\circ\text{K}$ /	- $120 \pm 0,1$ мм.
Диаметр окон внутреннего сосуда	- 80 мм.
Количество гелия по оси мишени	- $1,5$ г/см ² .
Количество вещества стенок по оси мишени:	
лавсана	- $0,0415$ г/см ² .
алюминия	- $0,65$ г/см ^{2*} .
Испаряемость гелия из установки /мишени и промсосуда/	- $1,4$ л. жидк./час. /1,14 вт/
Испаряемость гелия из мишени	- $0,75$ л. жидк./час /0,615 вт/
Габаритные размеры мишени:	
диаметр	- 555 мм.
высота	- 580 мм.
Время непрерывной работы совместно с 50-литровым промсосудом	- 36 час.
Объем азотной ванны	- 5,5 л.

* Количество вещества стенки световода и теплового экрана по оси мишени может быть уменьшено более чем в 10 раз.

Литература

1. Г.Г.Воробьев, А.А.Номофилов, Н.Н.Пискунов, И.М.Ситник, Л.А.Слепец, Е.А.Страковский, Л.Н.Струнов, В.И.Шаров. Депонированное сообщение ОИЯИ Б1-1-5489, Дубна, 1971.
2. В.Ф.Герасимов, В.С.Зенкевич. Газовые сцинтилляторы. Сцинтилляторы и сцинтилляционные материалы. Материалы III координационного совещания по сцинтилляторам. Изд. Харьковского университета, Харьков /1963/.
3. J.E.Simmons, R.V.Perkins. Rev.Sci.Instr., v. 32, No.11, p.1173, 1961.
4. Дж.Биркс. Сцинтилляционные счетчики. И.Л., 1955.
5. Ю.Т.Борзунов, Л.В.Голованов, В.Л.Мазарский, А.П.Цвинев. Сообщение ОИЯИ, Р8-5212, Дубна, 1970.
6. Ю.Т.Борзунов, Л.В.Голованов, В.Л.Мазарский, А.П.Цвинев. Препринт ОИЯИ 8-5418, Дубна, 1970.
7. Л.В.Голованов. Водородные мишени в физике частиц высоких энергий. Проблемы физики элементарных частиц и атомного ядра. т. 2, вып. 3, 1972.
8. Gaffney and S.Clement. Rev. Sci., v. 25, No. 6, p. 620, 1965

Рукопись поступила в издательский отдел
21 августа 1973 года.