

3155/2-79



Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна

Г-577

13/8-79

13 - 12341

В.В.Говоров, Ю.П.Добрецов, Б.Ж.Залиханов,
А.М.Рогожин

ГАЗОВАЯ МИШЕНЬ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
МЮ-НУКЛОННЫХ АТОМОВ

1979

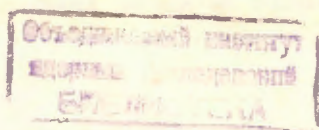
13 - 12341

В.В.Говоров,* Ю.П.Добрецов,* Б.Ж.Залиханов,
А.М.Рогожин *

ГАЗОВАЯ МИШЕНЬ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
МЮ-НУКЛОННЫХ АТОМОВ

Направлено в ПТЭ

* Московский инженерно-физический институт.



Говоров В.В. и др.

13 - 12341

Газовая мишень для исследования образования
мю-нуклонных атомов

Описана газовая мишень, которая использовалась одновременно как сцинтилляционный детектор для регистрации остановок мюонов в ее рабочем объеме. Объем мишени - 1,8 литра, рабочее давление - до 50 атмосфер.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Govorov V.V. et al.

13 - 12341

Gas Target for the Investigation of
 μ -Nucleonic Atom Formation

The gas target which has been used simultaneously as a scintillation detector for registering muon stops in its working volume is described. The targeted volume is equal to 1.8 l, the working pressure is up to 50 atm.

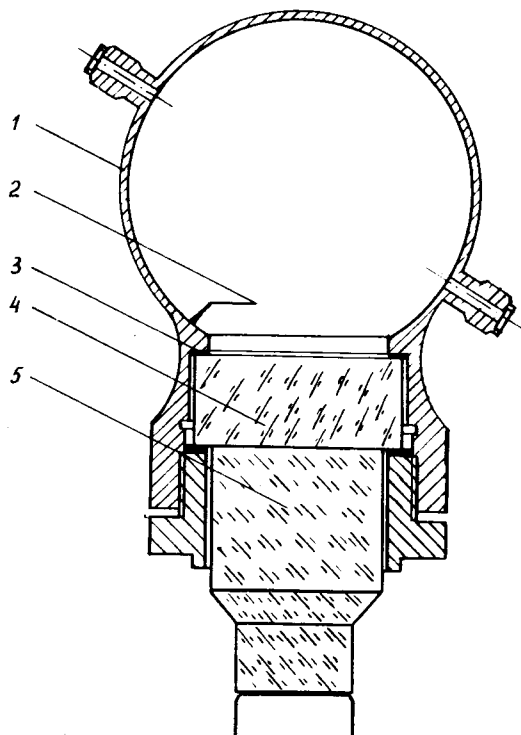
The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

К настоящему времени накоплен богатый опыт создания газовых мишеней с учетом разнообразных требований, предъявляемых к их свойствам. Обычно масса корпуса мишени намного превосходит массу газа, поэтому главной проблемой является выделение остановок частиц в газе на большом фоне, связанном с остановками в корпусе мишени. Если характер взаимодействия частиц различен для газа и для вещества корпуса мишени, возможно выделение остановок в газе по вторичным продуктам реакции ^{1,2}/. Обычно внутрь корпуса мишени помещаются сцинтилляционные счетчики, которые в совокупности с мониторными счетчиками выделяют остановки в газе мишени ³⁻⁵/. Интересны газовые мишени, в которых слой газа около стенок мишени используется в качестве "антисовпадательного" счетчика, т.к. он блокирует регистрацию событий, вызванных частицами, попавшими в этот слой или прошедшими через него ^{6,7}/. В работе ⁸/ предложена газовая мишень с относительно низким рабочим давлением, в которой необходимая интенсивность остановок достигается за счет удлинения траектории частиц в газе с помощью магнитного поля. При работе с благородными газами часто используются их сцинтилляционные свойства ⁹⁻¹⁰/.

В данной статье приводится описание мишени, которая была использована в исследованиях по наблюдению образования мю-нуклонных атомов в благородных газах. Газовая мишень одновременно использовалась как сцинтилляционный детектор для регистрации остановок мюонов в рабочем объеме. Сферический корпус мишени /рис. 1/ изготовлен из нержавеющей стали, внутренний диаметр - 150 мм, толщина стенок - 3 мм, рабочее давление газа - 50 атм. Объем газовой мишени просматривался ФЭУ-110 через окно, закрытое кварцевым стеклом толщиной 40 мм. Для лучшего светосбора внутренняя поверхность мишени была отполирована электрохимическим методом с последующим напылением слоя алюминия толщиной 1 мкм. Для смещения спектра сцинтилляций газа $\lambda_{\text{ср}} = 1800 \text{ \AA}$ в область максимальной чувствительности фотокатода ФЭУ-110 на поверхность кварцевого стекла нанесен слой светопреобразователя из кватерфенила толщиной 0,250 мкм. Очистка газа от примесей осуществлялась путем его непрерывной циркуляции через печь с металлической

Рис.1. Газовая мишень. 1 - корпус, 2 - источник, 3 - тефлоновое уплотнение, 4 - кварцевое стекло, 5 - световод.



стружкой кальция и титана при температуре 650°C . С помощью α -источника $/E_{\alpha} = 5,12 \text{ МэВ}/$, установленного внутри газовой мишени, контролировалась сцинтилляционная эффективность газа. Для газовых смесей $\text{Ar}(39 \text{ атм}) + \text{Xe}(7 \text{ атм})$, $\text{Ar}(39 \text{ атм}) + \text{Xe}(7 \text{ атм})$ были получены энергетические разрешения $\Delta A/A = 22\%$ и 23% соответственно, где A - средняя амплитуда сигнала, ΔA - ширина на полувысоте амплитудного распределения сигналов от α -источника. Ксенон, имея низкий потенциал ионизации $/12,08 \text{ эВ}/$, являлся донором электронов для формирования полной электронной оболочки мю-нуклонных атомов $/12/$, а также увеличивал амплитуду сцинтилляционной вспышки в рабочей смеси $/11/$.

Для выделения остановок в газе использовался метод дискриминации сигнала с газовой мишени, основанный на резкой зависимости ионизационных потерь от энергии частиц, попадающих в газ $/\text{рис. 2}/$. Устанавливая порог D регистрации сигнала в газовой мишени пропорционально энерговыделению в объеме газа, можно избавиться от значительной части запусков, вызванных проходящими газ частицами. На рис. 3 представлено амплитудное распределение сигналов, вызванных мюонами, останавливающимися в газе и стенках мишени

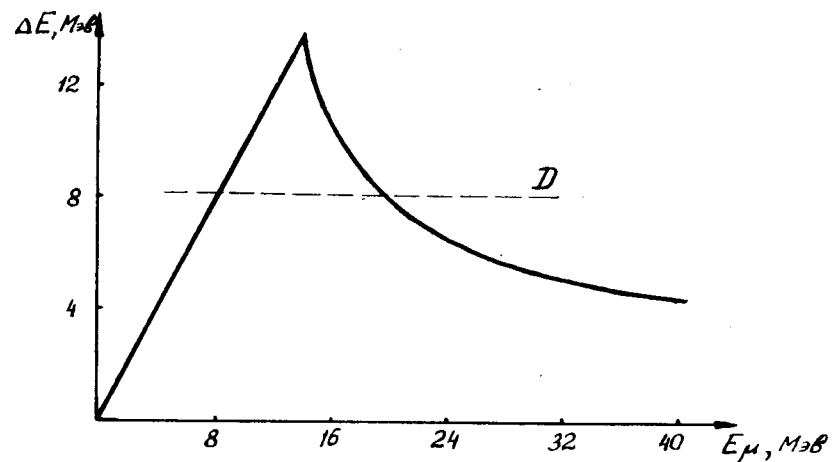


Рис.2. Зависимость ионизационных потерь ΔE от энергии мюонов, попадающих в газовую мишень. Наполнение - $\text{Ar}(39 \text{ атм}) + \text{Xe}(7 \text{ атм})$. D - порог регистрации сигналов.

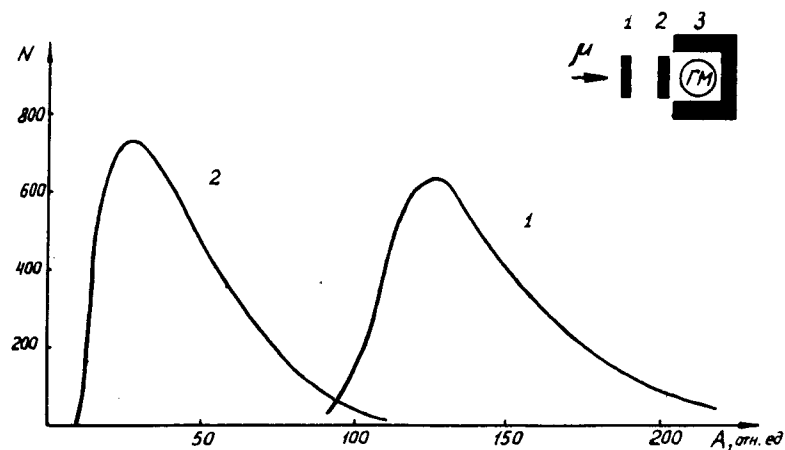


Рис.3. Амплитудное распределение сигналов с газовой мишени ГМ $/\text{наполнение} - \text{Ar}(39 \text{ атм}) + \text{Xe}(7 \text{ атм})/$. Кривая 1 - мюоны, останавливающиеся в газе и стенках мишени, 12 ГМЗ . Кривая 2 - мюоны, проходящие через мишень, $1 \div 3$ - сцинтилляционные счетчики. Монитор $M = N_{12} = 3 \cdot 10^5$.

/сигнал управления на анализатор - 12ГМЗ/ и проходящими через мишень /сигнал управления на анализатор - 123/. Видно, что энергетическое разрешение газовой мишени позволяет успешно дискриминировать сигнал от проходящих газ частиц.

Для улучшения временного разрешения газовой мишени, необходимого для работы в режиме совпадений с пучковыми счетчиками 1 и 2, использовался дискриминатор с точной временной привязкой /13/.

Часть событий 12ГМЗ соответствует мюонам, которые останавливаются в стенках мишени и являются фоновыми. Поэтому окончательный выбор уровня дискриминации D сигнала с газовой мишени проводился следующим образом. Временное распределение электронов распада отрицательных мюонов, которое регистрировалось в эксперименте, имеет вид:

$$N(t_i) = N_{01} \exp(-t_i/\tau_1) + N_{02} \exp(-t_i/\tau_2) + C,$$

где $N(t_i)$ - число отсчетов в i -том канале анализатора; t_i - время, соответствующее середине i -го канала; N_{01} и N_{02} - число электронов распада в первом канале, отвечающее остановкам мюонов в газе мишени и в корпусе; τ_1 и τ_2 - времена жизни мюонов в газе и в корпусе мишени соответственно; C - постоянный во времени фон.

Различные времена жизни мюонов в железе / $\tau_{Fe} \approx 200$ нс/ и в газе мишени / $\tau_{Ne} \approx 1400$ нс, $\tau_{Ar} \approx 570$ нс/ позволяют выделить с помощью метода наименьших квадратов две экспоненты в спектре и определить отношение $N_{Fe}/N_{Газ}$, где N_{Fe} и $N_{Газ}$ - полное число электронов распада, отвечающее остановкам мюонов в корпусе мишени и в газе соответственно. Начало обработки временного распределения сдвигалось на несколько каналов, что позволяло избавиться от вклада третьей экспоненты, отвечающей распаду мюонов, захваченных атомами ксенона / $\tau_{Xe} \approx 80$ нс/. На рис. 4 представлена зависимость отношения $N_{Fe}/N_{Газ}$ от уровня дискриминации сигнала с газовой мишени. В эксперименте выбирался оптимальный уровень дискриминации, обеспечивающий высокую скорость набора полезной статистики и малую долю остановок частиц в стенках мишени в общем числе запусков /при $D_{раб.} n_{Ne} = 25$ соб/с, $n_{Ar} = 9$ соб/с, $N_{Fe}/N_{Газ} = 0,08$ /. Скорость набора статистики при наполнении мишени неонам в несколько раз превышает скорость набора, полученную для мишени, описанной в работе /7/, при том же наполнении. При работе с этой мишенью участок временного спектра электронов

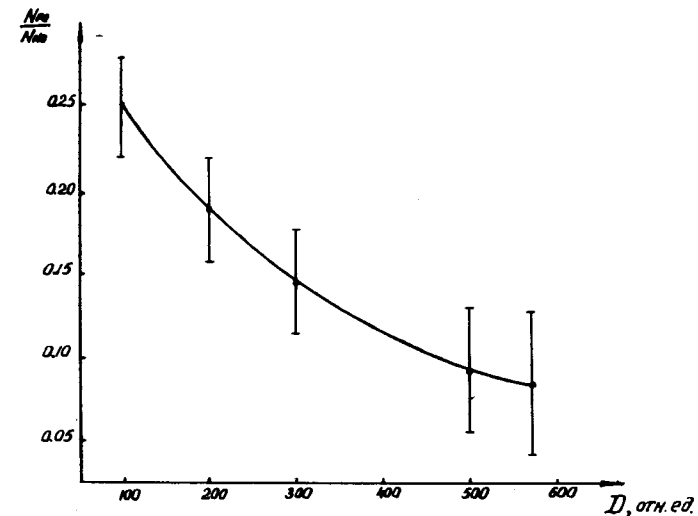


Рис. 4. Зависимость отношения N_{Fe}/N_{Ne} от уровня дискриминации D сигнала с газовой мишени. Наполнение - Ne (39) атм+ Xe (7 атм).

μ -е распада $0 \div 1$ мкс не анализировался, что было обусловлено логикой выделения остановок в мишени. Поэтому затруднялось изучение образования мю-нуклонных атомов в аргоне /83% полезной информации о мюоне находится во временном интервале $0 \div 1$ мкс/.

Следует заметить, что измерения проводились на мягком пучке мюонов мезонного канала синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ / $P_{\mu} = 110$ МэВ/с, полуширина на полувысоте кривой пробега $\Delta L = 2,1$ г/см² углерода/, который имеет определенные преимущества при работе с тонкими мишенями /в нашем случае $\langle d \rangle = 1,2$ г/см²/. Он обеспечивает наибольшее отношение плотности остановок в мишени к интенсивности частиц, проходящих через нее /14/.

Предлагаемая мишень проста в изготовлении и надежна в эксплуатации. Отсутствие газовыделяющих элементов в объеме мишени позволяет получить газовую смесь с относительной концентрацией примеси не более 10^{-6} объемных долей при давлении до 50 атмосфер. В течение нескольких суток чистота газовой смеси сохраняется на этом уровне без дополнительной очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрухин В.И., Прокошкин Ю.Д., Суворов В.М. ЖЭТФ, 1968, 55, с. 2173.
2. Петрухин В.И., Прокошкин Ю.Д., Филиппов А.И. ЯФ, 1967, 5, с. 327.
3. Souder P.A. et al. Phys.Rev.Lett., 1975, 34, p. 1417.
4. Ермолов П.Ф., Лепилов В.И., Мухин А.И. ПТЭ, 1967, 3, с. 41.
5. Быстрицкий В.М. и др. ОИЯИ, 13-7246, Дубна, 1973.
6. Alberigi Quaranta A. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1967, 55, p. 273.
7. Варламов В.Г. и др. В кн.: Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий. Дубна, 1970, ОИЯИ, Д-5805, с. 800.
8. Anderhyb H. et al. Phys.Lett., 1976, B60, p. 273.
9. Henck R.P., Cogle A. IEEE Trans. Nucl. Sci., 1967, v. NS-14, p. 478.
10. Savres A., Wu C.S. Rev.Sci.Instrum., 1957, v. 28, p.758.
11. Northrop J.A., Gursky Judith C. Nucl.Instr. and Meth., 1958, 3, p. 207.
12. Варламов В.Г. и др. ЯФ, 1975, 21, с. 120.
13. Балдин Б.Ю., Крумштейн З.В., Ронжин А.И. ОИЯИ, 13-9850, Дубна, 1976; ПТЭ, 1977, 5, с. 91.
14. Демьянов А.В., Роганов В.С. ОИЯИ, 1-4026, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 апреля 1979 года.