

С 346.36

Б-903

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

ЯФ, 1967, т. 5, в. 3

С. 599-602

16/111

P-2807



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

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ К-СЕРИИ АРГОНА  
ПРИ АТОМНОМ ЗАХВАТЕ  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ  
В ЧИСТОМ ГАЗЕ И В СМЕСИ С ВОДОРОДОМ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1966

4380/1 чр.

Ю.Г. Будяшов, П.Ф. Ермолов, В.Г. Зянов,  
А.Д. Коня, А.И. Мухин

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ К-СЕРИИ АРГОНА  
ПРИ АТОМНОМ ЗАХВАТЕ  
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МЮОНОВ  
В ЧИСТОМ ГАЗЕ И В СМЕСИ С ВОДОРОДОМ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

Объективный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Нами уже обсуждался вопрос о перераспределении линий К рентгеновской серии при атомном захвате отрицательных мюонов в чистых веществах и их окислах /1/. Из работы следовало, что при теоретических расчетах интенсивностей различных переходов мюонов в атомах в конденсированной среде нельзя пренебрегать взаимодействием мюонов с электронной оболочкой. Фактически расчеты каскадных переходов надо начинать не с орбит с главным квантовым числом  $n = 14$ , как это сделано в работе /2/, а "с самого верха" - с области внешних валентных электронов. В этом случае наиболее простой, а потому и интересной системой, будут одноатомные инертные газы. Нами для первоначальных исследований выбран аргон. Кроме того, изучение структуры К-серии аргона как в чистом газе, так и в смеси с водородом интересно с точки зрения дальнейшего изучения механизма перехвата отрицательного мюона от  $\mu$ -атома к ядру с зарядом  $Z$  /3-8/.

#### Методика эксперимента

Работа выполнялась на синхротронном циклотроне ОИЯИ. Геометрия опыта и блок-схема электроники показаны на рис. 1. Пучок мюонов на выходе мю-тракта /10/ выделялся счетчиками 1,2. Газовая мишень /11/ представляет собой сосуд из нержавеющей стали, внутри которого установлены два пластмассовых сцинтиллятора, схематично показанных на рис. 1. Заторможенные мюоны проходят через тонкий сцинтиллятор счетчика 3 размером  $\phi 85 \times 2$  мм и останавливаются в объеме газа, ограниченном сцинтиллятором счетчика антисовпадений 4, который выполнен в виде стакана  $\phi 100 \times 150$  мм. Остановки мюонов выделяются совпадениями счетчиков 1234. Рентгеновские кванты регистрировались счетчиком 5 с кристаллом NaJ размером  $\phi 76 \times 76$  мм. Совпадения импульсов от счетчиков 12345 запускали внешнее управление 256-канального анализатора, на котором записывался спектр импульсов с последнего диода фотоумножителя счетчика 5. Время разрешения схемы совпадений с участием счетчика 5 состав-

ляло 30 нсек. При анализе полученных рентгеновских спектров аргона во всех случаях считалось, что они являются суммой трех переходов:  $(2p-1s)-K_{\alpha}$  - линия,  $(3p-1s)-K_{\beta}$  - линия и сумма всех остальных переходов  $(np-1s)-K_{\nu}$  - линия, где  $n \geq 4$ .

Вклад каждого перехода в суммарный спектр вычислялся по методу наименьших квадратов на вычислительной машине М-20. При анализе форма спектра от каждой линии определялась на основе спектра гамма-источника  $Cs^{137}$ . Кроме того, в качестве свободных параметров брались значения энергий линий  $K_{\alpha}$ ,  $K_{\nu}-E_{\alpha}$ ,  $E_{\nu}$  соответственно.

### Результаты опыта и их обсуждение

Структура К-серии в чистом аргоне изучалась при двух давлениях газа: 80 ат и 10 ат. Это было сделано для того, чтобы посмотреть, не сказывается ли взаимное влияние атомов на "малых" расстояниях.

Структура К-серии аргона при перехвате отрицательного мюона от  $(p\mu)$  - атома изучалась в смеси 50 ат водорода с 0,5 ат аргона.

Полученные рентгеновские спектры аргона после вычитания фона показаны на рис. 2. Слева - спектр чистого аргона, справа - спектр аргона, когда он находится в смеси с водородом. Внизу указан спектр фонового излучения, который вычтен из измеренных. Отношения интенсивностей линий  $K_{\beta}$ ,  $K_{\nu}$  и их суммы к интенсивности  $K_{\alpha}$ -линии собраны в таблице 1. В отношении интенсивностей линий аргона, когда он находится в смеси с водородом, введена поправка, учитывающая прямые посадки мюонов на аргон. В последнем столбце записана разница энергий  $K_{\beta}$  - и  $K_{\alpha}$  -линий.

Из таблицы следует, что зависимости выхода различных линий К-серии аргона от давления в пределах ошибок эксперимента не наблюдается.

Интенсивность  $K_{\beta}$ -и  $K_{\nu}$  -линий для газообразного аргона мала и близка к той, которую можно ожидать из теоретических расчетов в изолированных атомах<sup>/2/</sup> и экспериментальных данных в случае конденсированных сред<sup>/12/</sup>.

Из рис. 2 и из таблицы видно, что интенсивность  $K_{\nu}$ -линий аргона, когда он находится в смеси с водородом, во много раз больше, чем в чистом газе.

В чем особенность взятой смеси газов? Вначале подавляющая часть мюонов захватывается на водород и быстро достигает  $1s$  уровня мезоатома с энергией связи 2,7 кэв. Далее практически все мюоны от протона перехватываются на аргон. При выбранных давлениях время перехвата составляет 30 нсек<sup>/9/</sup>. Возможно, при перехвате на какое-то время образу-

ется жестковязанная мезомолекула ( $p-\mu - Ar$ ), а мюон сидит на общем уровне этой молекулы. За счет отсутствия центральной симметрии поля, т.е. снятия запретов по изменению орбитального момента, значительная доля мюонов имеет возможность упасть сразу на  $1s$  уровень аргона без обычных промежуточных каскадных переходов. В спектре это находит свое выражение в резком увеличении выхода  $K_{\nu}$ -линии.

Естественно, что прямые переходы мюонов с высоких уровней сразу на основной будут конкурировать с адиабатической посадкой на них <sup>/13/</sup> с последующими обычными каскадными переходами.

Для лучшего понимания механизма перехвата мюонов от ( $p\mu$ ) - атома к ядрам с зарядом  $Z$  желательно повторить опыты в других инертных газах.

В заключение нам хотелось бы выразить искреннюю благодарность С.С. Герштейну и Л.И. Покомареву за очень полезные обсуждения результатов работы, Р.В. Поляковой за помощь в проведении расчетов на вычислительной машине.

Т а б л и ц а № 1

Г а з	$J_{\beta}/J_{\alpha}$	$J_{\nu}/J_{\alpha}$	$J_{\beta+J_{\nu}}/J_{\alpha}$	$E_{\nu}-E_{\alpha}$ (кэВ)
Ar (10 ат)	$0,09 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,016$	
Ar (80 ат)	$0,07 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,016$	$203 \pm 4$
Ar (0,5 ат) + $H_2$ (80 ат)	$0,21 \pm 0,07$	$1,19 \pm 0,07$	$1,40 \pm 0,07$	

Л и т е р а т у р а

1. В.Г. Зкиов, А.Д. Конин, А.И. Мухин. Препринт ОИЯИ Р-2039, Дубна 1965.
2. Y. Eisenberg and D. Kessler, Nuovo Cim., 19, 1195 (1961).
3. M. Schiff, Nuovo Cim. 22, 66 (1961).
4. В.П. Джелепов, П.Ф. Ермолов, Е.А. Кушниренко, В.И. Москалев, С.С. Герштейн. ЖЭТФ, 42, 439 (1962).
5. О.А. Займидорога, М.М. Кулюкян, Р.М. Суляев, А.И. Филиппов, В.М. Цупко-Ситников, Ю.А. Шербаков. ЖЭТФ, 44, 1852 (1963).
6. В.П. Джелепов, П.Ф. Ермолов, В.И. Москалев, В.В. Фильченков, М. Фримл. ЖЭТФ, 47, 1243 (1964).
7. В.П. Джелепов, П.Ф. Ермолов, В.В. Фильченков. ЖЭТФ, 49, 393 (1965).

8. G. Conforto, C. Rubbia, E. Zavattini, S. Focardi. *Nuovo Cim.*, 33, 1001(1964).
9. С.Г. Басяладзе, П.Ф. Ермолов, К.О. Оганесян. *ЖЭТФ*, 49, 1042 (1965).
10. Ю.М. Грашин, Б.А. Долгошеин, В.Г. Кириллов-Угрюмов, А.А. Крохин, В.С. Рогов, А.В. Самойлов, С.В. Сомов. *Атомная энергия*, 18, 384 (1965).
11. П.Ф. Ермолов, В.И. Лепилов, А.И. Мухин. Препринт ОИЯИ Р-2711, Дубна 1965.
12. D. Quitmann, R. Engfer, U. Hegel, P. Brix, G. Backenstoss, K. Goebel and B. Stadler. *Nucl. Phys.*, 51, 609 (1964).
13. С.С. Герштейн. *ЖЭТФ* 43, 706 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 июля 1966 г.

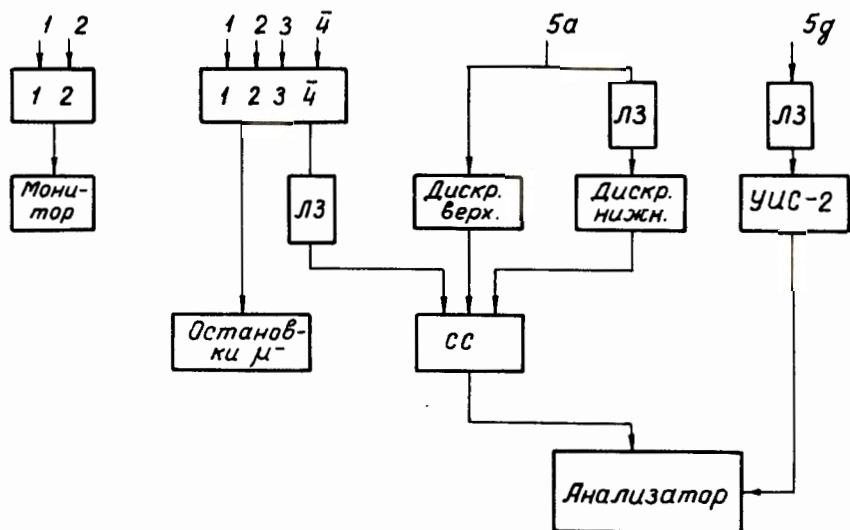
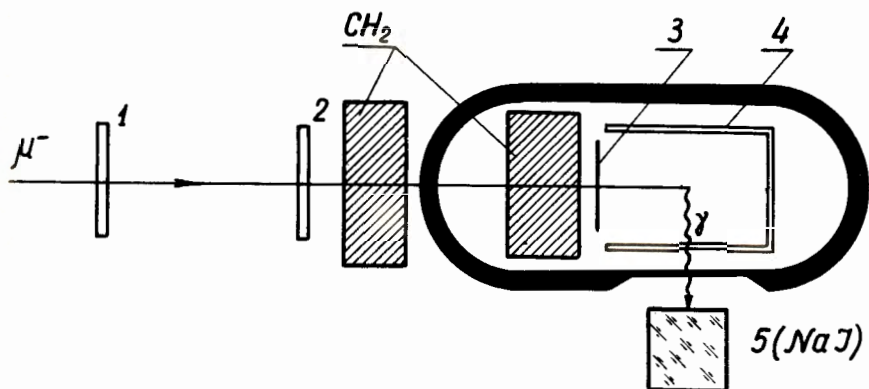


Рис. 1. Геометрия опыта и блок-схема электроники. ЛЗ - линия задержки, Диск. - дискриминатор, УИС - усилитель.

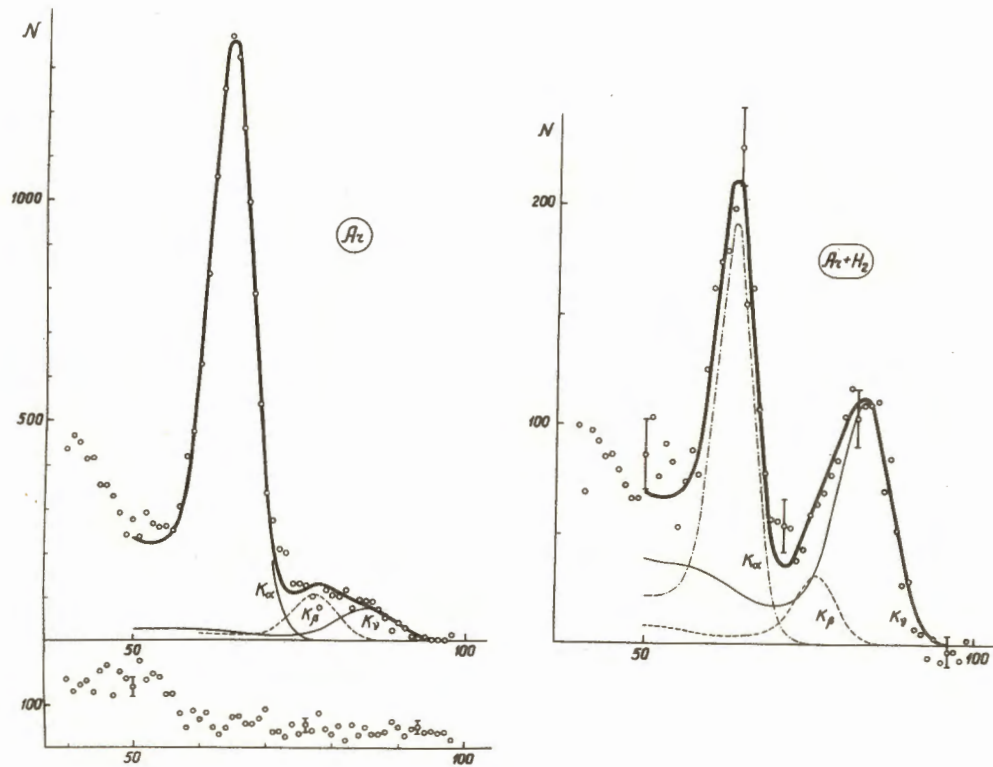


Рис. 2. Спектр К-серии аргона в чистом газе в смеси с водородом.