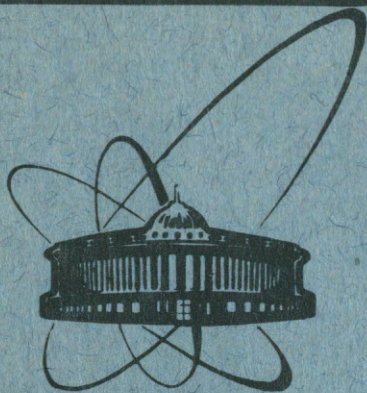


91-244



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P3-91-244

Ю. Анджеевски, Ю. М. Гледенов, Г. В. Замыслов*,
А. И. Кислицкий*, Г. Б. Любанский*,
В. А. Пшеничный*, В. И. Салацкий, Н. П. Федосеев*

ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЯ РЕАКЦИЙ

$^{36}\text{Ar}(n, \alpha)^{33}\text{S}$ И $^{50}\text{V}(n, p)^{50}\text{Ti}$

ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ

*Институт ядерных исследований АН УССР, Киев

1991

Анджеевски Ю. и др.

P3-91-244

Измерение сечения реакций $^{36}\text{Ar}(n, \alpha)^{33}\text{S}$ и $^{50}\text{V}(n, p)^{50}\text{Ti}$
для тепловых нейтронов

Проведено исследование реакций $^{36}\text{Ar}(n, \alpha)^{33}\text{S}$ и $^{50}\text{V}(n, p)^{50}\text{Ti}$ на тепловых нейтронах. Использована методика многомерных измерений с ионизационной камерой с двумя сетками в качестве детектора. Получены сечения для указанных реакций $(6,3 \pm 0,6)$ мб и (277 ± 42) мкб соответственно.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ и Институте ядерных исследований АН УССР.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1991

Перевод авторов

Andrzejewski J. et al.

P3-91-244

Measurement of the Cross Sections of the $^{36}\text{Ar}(n, \alpha)^{33}\text{S}$
and $^{50}\text{V}(n, p)^{50}\text{Ti}$ Reactions Induced by Thermal Neutrons

The $^{36}\text{Ar}(n, \alpha)^{33}\text{S}$ and $^{50}\text{V}(n, p)^{50}\text{Ti}$ reactions induced by thermal neutrons were measured. The method of multiparameter measurements using the two-grid ionization chamber was employed. Values of cross sections for these reactions were obtained to be (6.3 ± 0.6) mb and (277 ± 42) μb , respectively.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR and the INR of the Ukrainian Academy of Sciences.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1991

Работа на фильтрованных пучках нейтронов предоставляет возможность изучения компаунд-состояний ядер, распадающихся с вылетом заряженной частицы. Однако малая вероятность таких процессов при промежуточных энергиях нейтронов сильно ограничивает круг исследуемых ядер. Расширение его идет по пути как создания качественных интенсивных пучков нейтронов, что представляет сложную и дорогостоящую задачу, так и использования высокоэффективных детекторов заряженных частиц. Используемая в настоящей работе ионизационная камера с двумя сетками (ИКДС), обладая примерно в 50 раз большей светосилой, по сравнению с телескопом полупроводниковых ($\Delta E-E$) - детекторов, также позволяет идентифицировать импульсы по типу регистрируемой частицы /1,2/, то есть выделять эффект от одного сорта частиц на фоне частиц другой природы.

В работе с ИКДС обычно используется режим управления, под которым понимается измерение спектра импульсов с коллектора, если им соответствуют импульсы с электрода-мишени в определенном амплитудном интервале или ниже (выше) определенного порога. Таким образом выделяется область спектра совпадений, где наблюдаемый эффект наиболее заметен. Наиболее полная картина по идентификации импульсов с ИКДС получается при регистрации двумерного спектра сигналов с электродов коллектора и мишени. Если назвать одномерным спектром обычный спектр распределения импульсов по амплитудам для одного из электродов камеры, то под двумерным спектром понимается массив чисел-событий, которым соответствуют определенные амплитуды с электродов мишени и коллектора. Если представить такой массив в виде трехмерного изображения, то события от частиц определенного типа распределяются в виде некоторого гребня, либо возвышенности в зависимости от условий их регистрации в ИКДС. При этом значительно облегчается расшифровка принадлежности сигналов тому или иному типу частиц (рис.1), что представляет собой обобщение многих методов амплитудной селекции или коллимации, а также угловой электронной коллимации, предложенных или использованных в ряде работ /3,4/.

Нами разработана автоматизированная система для регистрации двумерных спектров в стандарте КАМАК на базе автономного

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

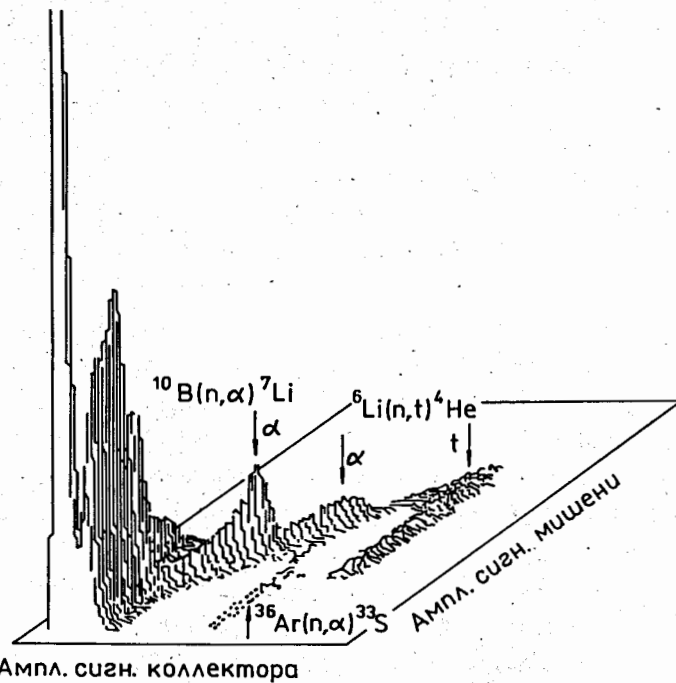


Рис. 1. Двумерный спектр 128x128 каналов для заряженных частиц, зарегистрированных ионизационной камерой ИКДС.

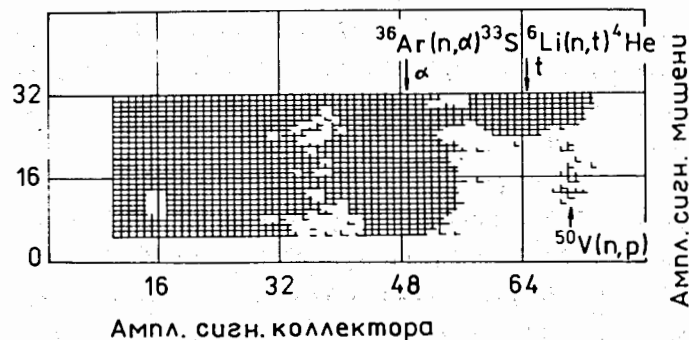


Рис. 2. Двумерный спектр 128x128 каналов для реакции $^{50}\text{V}(n,p)^{50}\text{Ti}$ и сопутствующих реакций в виде сечения в плане. Сечение на уровне 4 отсчета; отбор по сигналам с мишени (0,3 - 1,3) МэВ; экспозиция ≈ 20 часов.

контроллера КА-1 [5]. Измерительный комплекс МЕРА-100-25 выполняет функции накопителя информации в виде кодов, их сортировки, представления данных на экране дисплея и долговременного хранения. Автономный контроллер КА-1 обладает значительными возможностями по созданию различных измерительных систем [6,7] из-за своего быстродействия, наличия оперативной памяти с программами, по которым осуществляется управление блоками КАМАК в автономном режиме и высокой степени надежности при эксплуатации.

Работа автоматизированной системы состоит в следующем. При появлении сигнала с электрода-мишени происходит преобразование величины амплитуды этого сигнала в код. Эти функции выполняет амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП), который открывает вход второго АЦП, где обрабатываются сигналы с коллектора. Коды с обоих преобразователей записываются в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). По записи всего объема ОЗУ автономный контроллер приостанавливает регистрацию сигналов с ионизационной камеры и управляет передачей информации на ЭВМ, где происходит сортировка кодов в двумерный спектр на 128x128 каналов (рис. 1,2) и в одномерные спектры сигналов на 1024 канала с коллектора и мишени, а также запись полученных спектров на магнитный диск. Кроме этого можно накапливать эти спектры в выбранном окне амплитуд сигналов с мишени (рис. 3,4). Затем автономный контроллер передает управление на продолжение измерения амплитуд совпадающих во времени сигналов с коллектора и с мишени до нового заполнения ОЗУ с последующей передачей информации на ЭВМ. При всех операциях контроллер КА-1 управляет таймером и амплитудными преобразователями, блокируя их работу на время преобразования амплитуды в код, при ожидании сигнала готовности ЭВМ к принятию информации и при ее передаче. Таймер регистрирует так называемое "живое" время измерения, что позволяет нормировать по этому времени различные по длительности измерения.

В системе используются стандартные модули памяти на 16К x 18 разр., преобразователи АЦП-712 (Полон), двоичные счетчики 401 (Полон), двоично-десятичные счетчики КС-014 [8]. Для данной системы разработан функциональный блок, который вырабатывает управляющие сигналы для амплитудных преобразователей. В этом блоке

заложена возможность осуществления временной коллимации, предложенной еще в /3/, т.е. определения времени между импульсами, полученными с электродов мишени и коллектора, что в некоторых случаях дает дополнительные условия для выделения событий по времени запаздывания сигналов с коллектора по отношению к сигналу с мишени.

На рис.1 показан двумерный спектр для заряженных частиц с ИКДС при облучении ее тепловыми нейтронами. Он выглядит по-разному для монохроматических частиц - короткопробежных и длиннопробежных. Пробеги короткопробежных частиц укладываются в промежутке мишень - первая сетка, величина сигнала с мишени зависит от угла вылета частицы по отношению к вектору напряженности электрического поля в плоской камере. Чем короче пробег по сравнению с промежутком между электродами, тем более слабая зависимость от угла. Амплитуда сигналов с собирающего электрода - коллектора пропорциональна кинетической энергии частицы. Поэтому на двумерном спектре эти частицы выглядят как вытянутый островок. Длиннопробежные частицы имеют значительное различие между минимальной и максимальной амплитудами сигналов с электрода - мишени. На двумерном спектре такие частицы отображаются в виде вытянутой вдоль оси амплитуды мишени гряды. По минимальной и максимальной энергии можно судить о природе зарегистрированных частиц.

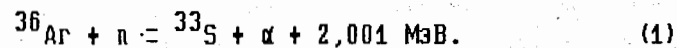
Большое тепловое сечение реакций с вылетом заряженных частиц для бора-10 и лития-6, которые относятся к группе наиболее рассеянных в природе элементов, приводит к наблюдению этих реакций практически на любых мишенях. На рис.1 стрелками указано расположение на спектре различных продуктов реакции. Там же указана и реакция $^{36}\text{Ar}(n, \alpha)^{33}\text{S}$, к которой вернемся ниже.

С использованием описанной выше автоматизированной системы на 9-м горизонтальном канале реактора ВВР-М АН УССР были проведены измерения сечений реакций $^{36}\text{Ar}(n, \alpha)^{33}\text{S}$ и $^{50}\text{V}(n, p)^{50}\text{Ti}$ для тепловых нейтронов, выделенных с помощью монокристаллического кремниевого фильтра. Использовались ИКДС, описанная в /1,2/ (наполнение 1,85 атм $\text{Ar} + 5\% \text{CO}_2$), и кремниевый фильтр длиной 1655 мм с диаметром на выходе 38 мм. Поток тепловых нейтронов в центре камеры (в месте расположения ванадиевой и литиевой мишеней) на расстоянии около 60

см от внешнего края выносного коллиматора составлял $1,3 \times 10^7 \text{ н}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

Поток определялся по активации двух образцов золота, расположенных до и после камеры. Эти измерения позволили определить расходимость нейтронного пучка и уточнить число ядер лития-6 в литиевой мишени, которая в дальнейших экспериментах использовалась для определения числа нейтронов, проходящих через камеру.

Уже в первых измерениях на ионизационной камере наблюдались частицы с энергией 2,0 МэВ, предположительно протоны. Наличие их наблюдалось при различных мишенях, на которых реакции с вылетом протонов и α -частиц имеют малые сечения. Качественно наблюдаемый эффект следовал за изменением давления смеси газов в камере. Кроме этого, на спектре сигналов с мишени невозможно было установить минимальную энергию, соответствующую данному типу заряженных частиц. Все эти факты привели к мысли, что наблюдаемый эффект в области 2,0 МэВ соответствует регистрации продуктов реакции нейтронов с газом ИКДС. Детальный энергетический анализ возможных реакций показал, что мы наблюдаем реакцию на аргоне-36, содержание которого в естественной смеси аргона составляет 0,337%, причем регистрируется как α -частица, так и ядро отдачи серы-33 из реакции:



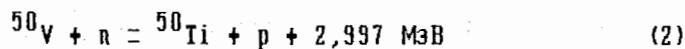
На спектрах импульсов с коллектора (рис.3, 4) видны пики от заряженных частиц из реакций на ^{36}Ar (≈ 2 МэВ), ^6Li ($\approx 2,7$ МэВ) и ^{50}V ($\approx 2,9$ МэВ). На пике от аргона, при суммарной регистрации α -частиц и ядер отдачи серы, наблюдается ступенька при энергии 1,8 МэВ. Поскольку источником заряженных частиц из реакции на аргоне является газ, заполняющий всю камеру, то минимальный сигнал с электрода-мишени при регистрации продуктов реакции (1) в промежутке мишень-первая сетка должен начинаться с нулевой величины, что и видно на спектрах (рис.1,2), где минимальные сигналы от различных реакций ограничены одинаковым порогом регистрации.

Чтобы провести оценку сечения реакции (1), мы провели расчет спектров импульсов с мишени и с коллектора для камеры с указанным наполнением для α -частиц с энергией 1,785 МэВ и ядер отдачи серы-33 с энергией 0,216 МэВ. Эти расчеты подтвердили, что в спектре с коллектора должны наблюдаться основная линия с энергией

2,0 МэВ и линия, соответствующая регистрации только одной α -частицы с энергией 1,8 МэВ. Последней соответствует от 1 до 2 % случаев всех регистраций продуктов реакции. Для определения сечения реакции (1) подсчитывался эффект в области спектра сигналов с мишени от 0,4 МэВ до 0,9 МэВ. Согласно расчетам здесь должно происходить (25,5 \pm 1,3)% случаев. Из двух серий измерений получена оценка сечения реакции (n, α) на аргоне-36 для тепловых нейтронов (6,3 \pm 0,6)мб, что несколько выше измеренного ранее значения (5,5 \pm 0,1) мб /9/.

Для измерения сечения реакции $^{50}\text{V}(n,p)^{50}\text{Ti}$ использовалась мишень V_2O_5 (обогащение по ванадию-50 составляло 17%) толщиной 0,18 мг/см² и площадью 70x80 мм. На рис. 3 и 4 показаны участки спектров с коллектора в различных окнах амплитуд импульсов с мишени. На рис. 3 окно (0,3 - 1,3) МэВ, которое пропускает сигнал от тритонов с энергией 2,73 МэВ из реакции на литии-6, а на рис. 4 окно (0,3 - 0,95) МэВ и тритоны в него не попадают. На этом спектре в районе 560 канала виден пик, соответствующий протонам с энергией 2,92 МэВ из реакции на ванадии-50. На вставке рис. 4 показана часть спектра в увеличенном масштабе. Пунктирными линиями показаны предполагаемые вклады фона в пик протонов и вклад протонов в фон. Эффект от протонов вычислялся суммированием всех отсчетов в 120 каналах, начиная с канала, соответствующего энергии 2,73 МэВ. Проведены две серии измерений длительностью 46 часов и 30 часов. Учет вклада эпитепловых нейтронов определялся в измерениях с фильтром из бора-10 толщиной 1,9x10²¹ ядер/см². Результаты двух серий измерений хорошо совпали друг с другом.

По нашим измерениям реакция



на тепловых нейтронах имеет сечение $\sigma_{n,p} = (277 \pm 42)$ мкб. Реакция (2) изучалась в работе /10/, где в измерениях с помощью полупроводниковых детекторов была получена величина этого сечения (400 \pm 20) мкб. Различие, возможно, объясняется трудностью выделения в работе /10/ пика от протонов из реакции (2) от правого края большого пика тритонов из реакции $^6\text{Li}(n,t)^4\text{He}$, который устранялся в наших измерениях использованием режима отбора (рис. 4).

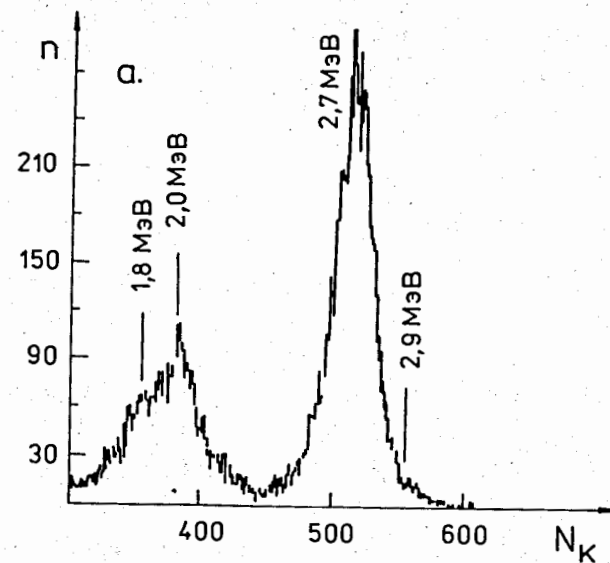


Рис. 3. Спектр заряженных частиц для реакции $^{50}\text{V}(n,p)^{50}\text{Ti}$ при окне отбора импульсов с электрода-мишени, соответствующих частицам с энергией (0,3-1,3) МэВ; экспозиция \approx 5 часов.

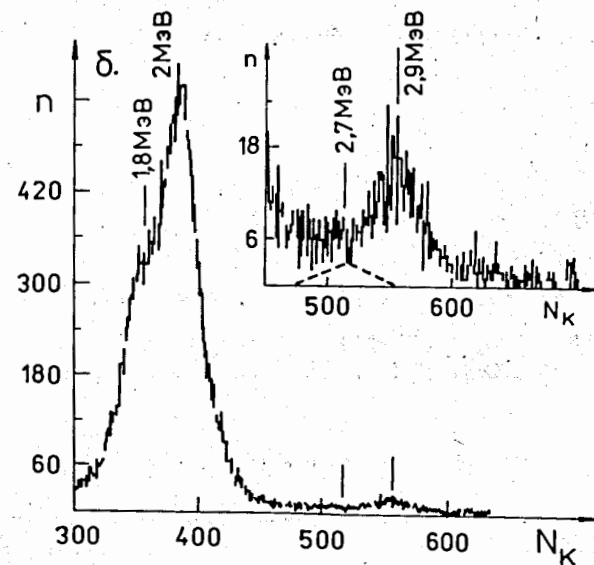


Рис. 4. Спектр заряженных частиц для реакции $^{50}\text{V}(n,p)^{50}\text{Ti}$ при окне отбора импульсов с электрода-мишени, соответствующих частицам с энергией (0,3-0,95) МэВ; экспозиция \approx 15 часов.

В заключение авторы считают своим долгом отметить, что представление массивов данных (рис.1 и рис.2) стало возможным благодаря применению пакетов программ для работы с многомерными данными, разработанными В.В.Зеркиным /11/, за что выражают ему глубокое признание. Авторы благодарят также В.Н.Архипова за монтаж и на-стройку функционального блока для многопараметрической автоматизированной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А. Д. и др. Сообщение ОИЯИ РЗ-86-344, Дубна, 1986.
2. Гледенов Ю. М. и др. ПТЭ, 1988, № 3, с. 55.
3. Кочаров Г. Е., Королев Г. А. Изв. АН СССР, сер. физ., 1961, т. 25, с. 237.
4. Родионов К. Г. и др. Препринт ОИЯИ 13-7769, Дубна, 1974.
5. Оффенгенден Р. Г. и др. В кн.: Автоматизация исследований в ядерной физике и в смежных областях (Материалы III Всесоюзного семинара, Тбилиси; Мецниереба, 1984), с. 126.
6. Оффенгенден Р. Г. и др. Нейтронная физика (Материалы I Международной конференции по нейтронной физике, Киев - 1987), М.: ЦНИИатоминформ, 1988, т. 4, с. 61.
7. Оффенгенден Р. Г. и др. Препринт ИЯИ АН УССР КИЯИ-89-14, Киев, 1989.
8. Журавлев Н. И. и др. Препринт ОИЯИ 10-8754, Дубна, 1975.
9. Mughabghab S. F. et al. Neutron Cross Sections, vol.1, part A, N. Y., Academic Press, 1981, p. 18-1.
10. D'hondt P. et al. Nuclear Data for Science and Technology, Proc. Intern. Conf., Antwerp., 1982, p. 147.
11. Зеркин В. В. Препринт ИЯИ АН УССР КИЯИ-87-35, Киев, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел

31 мая 1991 года.