

Ж 53
А92

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

Атомная энергия

Ежемесячный журнал
год издания двенадцатый

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 24 ■ Июнь ■ Вып. 6

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, Н. А. ВЛАСОВ (зам. главного редактора),
И. Н. ГОЛОВИН, Н. А. ДОЛЖЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ
(зам. главного редактора), А. К. КРАСИН, А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕ-
РЯКОВ, М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ (главный редактор), П. Н. ПАЛЕЙ, Д. Л. СИМОНЕНКО,
В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. В. ШЕВЧЕНКО.

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

Н. В. Губкин, Д. Т. Десятников, И. К. Руднева. Пре- имущество применения метода подземного выще- лачивания урана в условиях обводненных пла- стовых месторождений	511
А. И. Zubov, Г. Н. Котельников. Жильные твердые битумы в урановом месторождении	514
М. Х. Ибрагимов, А. В. Жуков. Метод расчета нерав- номерностей температур в пучках твэлов, охлаж- даемых жидкими металлами	520
М. Н. Ивановский, Ю. В. Милованов, В. И. Субботин. О характере зависимости коэффициента тепло- отдачи при капельной конденсации от темпера- турного напора	523
И. Т. Мишев, М. Г. Христова. Исследование концен- трации радиоактивного газа Ag^{41} в воздухе, выбра- сываемом через трубу реактора ИРТ-1000	530
И. А. Кондуров, А. И. Егоров, Д. М. Каминер, Е. М. Коротких, А. М. Никитин. Измерение сеч- ний захвата нейтронов радиоактивными ядрами Co^{58m} , Cu^{64} и Sc^{46}	533
В. И. Белоглазов, Ю. М. Базаев, А. К. Вальтер, В. А. Вишняков, Ф. С. Гороховатский, И. А. Гри- шаев, Ю. И. Добродобов, Е. В. Еременко, А. И. Зы- ков, В. М. Кобезский, В. В. Кондратенко, Г. Ф. Кузнецов, Н. И. Мочешников, В. Б. Муфель, В. И. Мякота, В. В. Петренко. Линейный ускоре- тель электронов на 2 Гэв. Физико-технического института АН УССР	540
В. Б. Красовицкий, В. И. Курилко, М. А. Стржеме- чный. Нелинейная теория взаимодействия моду- лированного пучка с плазмой	545
Ю. В. Скворцов, Э. И. Юрченко. Движение пролетных частиц в системе с минимумом V	549
Ф. В. Кондратьев, Г. В. Синютин. Исследование рабо- ты цезиевого термоэмиссионного преобразователя с вольфрамовым катодом	553
В. С. Кессельман. Аналитические соотношения для расчета глубины проникновения ионов в вещество	557

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

М. П. Леончук. Расчет переходных режимов парогене- ратора на ЦВМ	364
С. А. Козловский, В. С. Кзыбуров, А. А. Сметанин. Определение потока быстрых нейтронов детекто- ром $ZnS(Ag)$ + плексиглас и детектором Бассона	564
В. А. Брисман, В. П. Савина. Исследование объем- ных полей поглощенных доз нейтронных излу- чений в полиэтиленовом образце	565
В. А. Брисман, В. П. Савина. Экспериментальное исследование объемных полей поглощенных доз реакторного γ -излучения в полиэтиленовом образце	566
В. П. Громов, Ю. Ф. Zubov, Д. Б. Подднеев. Рассеяние быстрых нейтронов железными и алюминиевыми барьерами	567

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Л. Н. Москвин, В. И. Портнягин. Влияние солей Na , K , Mg и Ca на экстракцию Ce и Y ДЭГФК из кислых растворов	568
М. К. Ют. Коррозия сталей и никелевых сплавов в расплавах натрийборсиликатных стекол при тем- пературах 1000 и 1200°С	570
Г. Н. Маслов, Ф. Насыров, Н. Ф. Пашкин. Гамма- излучение при взаимодействии нейтронов с энер- гией 14 Мэв с ядрами атомов B , C , N , O , F , Al	573
Г. И. Михайлов, Л. П. Старчик. Анализ лития по вы- ходу реакции $Li^7(\alpha, \alpha')Li^7*$	575
В. А. Толстиков, В. П. Королева, В. Е. Колесов, А. Г. Довбенко, Ю. Н. Шубин. Радиационный захват быстрых нейтронов ядрами Sn^{122} , Sn^{124} и Sb^{121} , Sb^{123}	576
Р. В. Джагацаниян, Ю. Г. Ляскин, Л. И. Хейфец, В. И. Косоротов, В. И. Мукосей. Расчет коэффи- циента полезного действия шарового источника β -излучения	580
О. В. Федоров. Слодково-молибдатный тип зоны окис- ления	582



п 235609
225473/м

РЕПОЗИТОРИЙ Ф. СКОРИНЫ

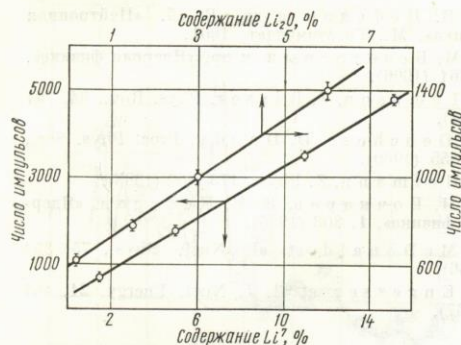


Рис. 2. Градуировочный график для определения содержания Li_2O и изотопа Li^7 .

быть не меньше полного пробега α -частиц в данном веществе. Расстояние от кристалла до пробы и от верхней поверхности пробы до источника было равно 5 и 0,5 мм соответственно. Положение α -источника относительно пробы и всей системы источник — проба относительно кристалла точно фиксировалось. Пробы, которые использовались для определения лития, приготовлялись последовательным разбавлением кварцем сподумена с содержанием окиси лития 6%. Крупность проб 250—300 меш.

Этот метод был опробован и для изотопного анализа лития. В этом случае для приготовления проб применялся хлористый литий, обогащенный Li^6 до 90%, и хлористый литий с естественным соотношением Li^6 и Li^7 .

Спектры γ -излучения, полученные при облучении LiCl естественного состава, обогащенного Li^6 и кварца, показаны на рис. 1. Спектры исследовались при помощи анализатора АИ-100. Во всех трех случаях режимы измерения и фотографирования совершенно аналогичны.

Пик в районе 65-го канала соответствует энергии γ -квантов 478 кэв. В районе 53-го канала имеется небольшой пик (390 кэв), соответствующий разрядке возбужденного состояния V^{10*} , образующегося в результате реакции $\text{Li}^7(\alpha, n)\text{V}^{10}$. Для того чтобы оценить вклад, который вносят в фотопик 478 кэв γ -кванты, излучаемые при захвате или неупругом рассеянии в кристалле NaJ(Tl) нейтронов из реакции (2) с энергией $E_{\text{н.ср}} = 0,4$ Мэв, после пробы перед кристаллом помещались свинцовые пластинки толщиной до 2 см. Пластинки почти прозрачны для нейтронов, но выводят из пучка γ -кванты. Оказалось, что этот вклад незначителен.

Градуировочный график для определения содержания Li_2O показан на рис. 2. На этом же рисунке приведен график для определения изотопа Li^7 .

При анализе содержания указанных продуктов получены следующие результаты:

- 1) относительная погрешность: для $\text{Li}_2\text{O} \leq 15\%$ при концентрации $\text{Li}_2\text{O} < 1\%$; для Li^7 8% при концентрации Li^7 порядка 1%;
- 2) порог чувствительности: для Li_2O 0,11%; для Li^7 0,06%.

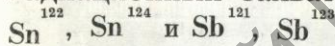
Эти значения погрешности и чувствительности получены при анализе, который проводился в течение 100 сек. Увеличивая время анализа и активность источника, можно получить более высокую точность и лучшую чувствительность.

Поступило в Редакцию 24/XI 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Плаксин, Л. П. Старчик. Ядерно-физические методы контроля вещественного состава. М., Наука, 1966.
2. И. Н. Плаксин, В. Н. Смирнов, Л. П. Старчик. «Атомная энергия», 9, 361 (1960).
3. H. Vichsel, T. Vonner. Phys. Rev., 108, 1025 (1957).
4. Ю. А. Немилов, А. Н. Писаревский. «Тр. Радиового ин-та», 9, 61 (1959).
5. R. Vegen, M. Hert z. Phys. Rev., 98, 599 (1955).

Радиационный захват быстрых нейтронов ядрами



В. А. ТОЛСТИКОВ, В. П. КОРОЛЕВА, В. Е. КОЛЕСОВ,
А. Г. ДОВБЕНКО, Ю. Н. ШУБИН

УДК 539.125.5

Методом активации измерены сечения реакций $\text{Sn}^{122}(n, \gamma)\text{Sn}^{123g}$, $\text{Sn}^{124}(n, \gamma)\text{Sn}^{125g}$, $\text{Sb}^{121}(n, \gamma)\text{Sb}^{122}$, $\text{Sb}^{123}(n, \gamma)\text{Sb}^{124}$ для нейтронов с энергией 0,3—2,7 Мэв. Источником быстрых нейтронов служила реакция $\text{T}(p, n)\text{He}^3$, осуществляемая на ускорителе Ван де Графа. Монитором потока быстрых нейтронов служила камера деления с U^{235} . Наведенная активность измерялась торцовыми β -счетчиками. Более подробно метод измерений описан в работе [1].

Для определения сечений радиационного захвата быстрых нейтронов были использованы следующие сечения захвата тепловых нейтронов: $\text{Sn}^{122}(T_{1/2} = 40 \text{ мин})$ $0,180 \pm 0,040$ барн [2]; $\text{Sn}^{124}(T_{1/2} = 9,4 \text{ мин})$ $0,140 \pm 0,03$ барн [2]; $\text{Sb}^{121}(T_{1/2} =$

$= 2,8$ суток) $6,5 \pm 0,8$ барн [2]; $\text{Sb}^{123}(T_{1/2} = 60,2$ суток) $2,5 \pm 0,5$ барн [2].

Сечение деления U^{235} тепловыми нейтронами было принято равным $577,1 \pm 0,8$ барн [3]. Значения сечений деления U^{235} быстрыми нейтронами были взяты из работы [4].

Результаты измерений приведены на рис. 1—4. Указанные на рисунках ошибки состоят из ошибок эксперимента и погрешностей, с которыми известны опорные сечения. Вертикальными стрелками показаны положения возбужденных уровней ядер-мишеней.

Данных по сечениям реакций $\text{Sb}^{123}(n, \gamma)\text{Sb}^{124}$ и $\text{Sn}^{124}(n, \gamma)\text{Sn}^{125g}$ в диапазоне энергий нейтронов 0,2—3 Мэв в литературе не имеется. Сечение, получен-

Рис. 1. Результаты измерений сечений радиационного захвата быстрых нейтронов изотопом Sb^{121} в сравнении с расчетом и результатами других работ.

Данные работ:
 ● — настоящей;
 ◊ — [5]; ▲ — [6];
 □ — [7]; ◆ — [8];
 △ — [9]; ▽ — [10];
 ◇ — [11].

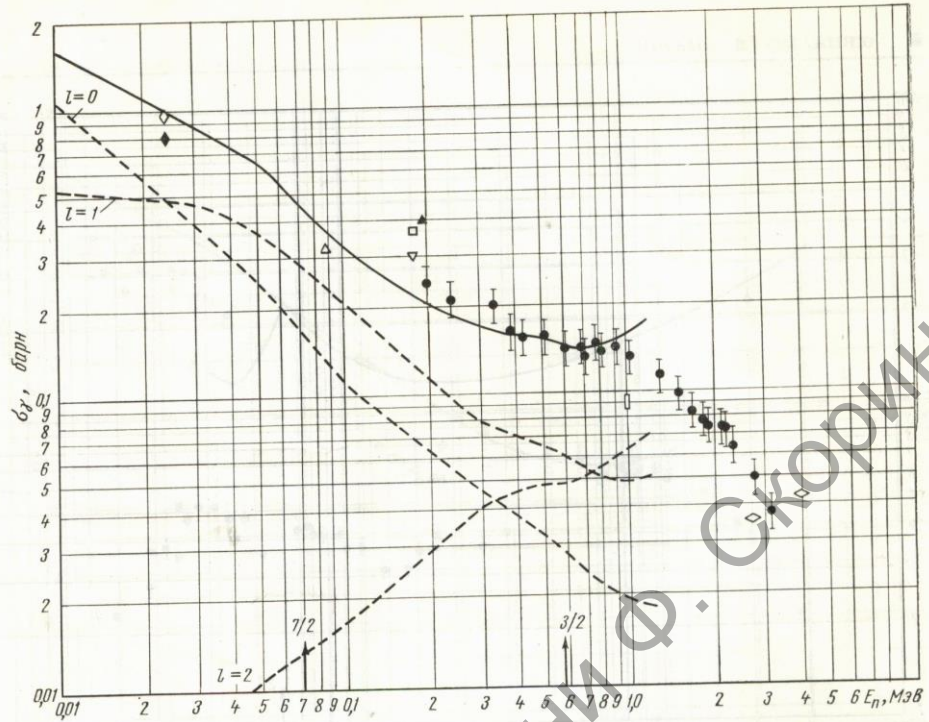
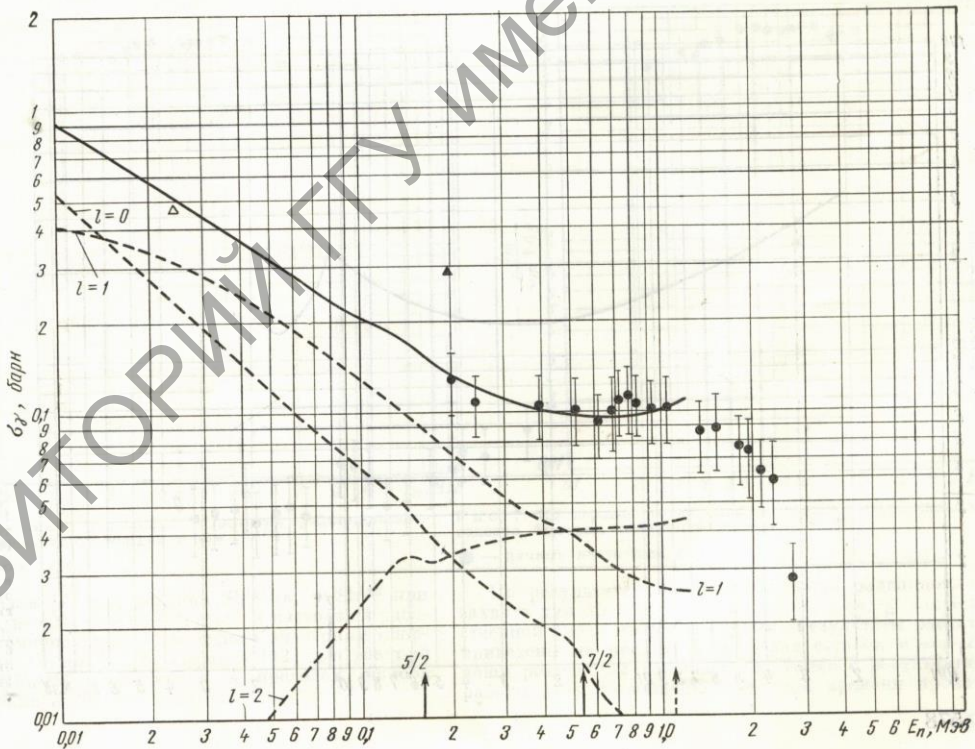
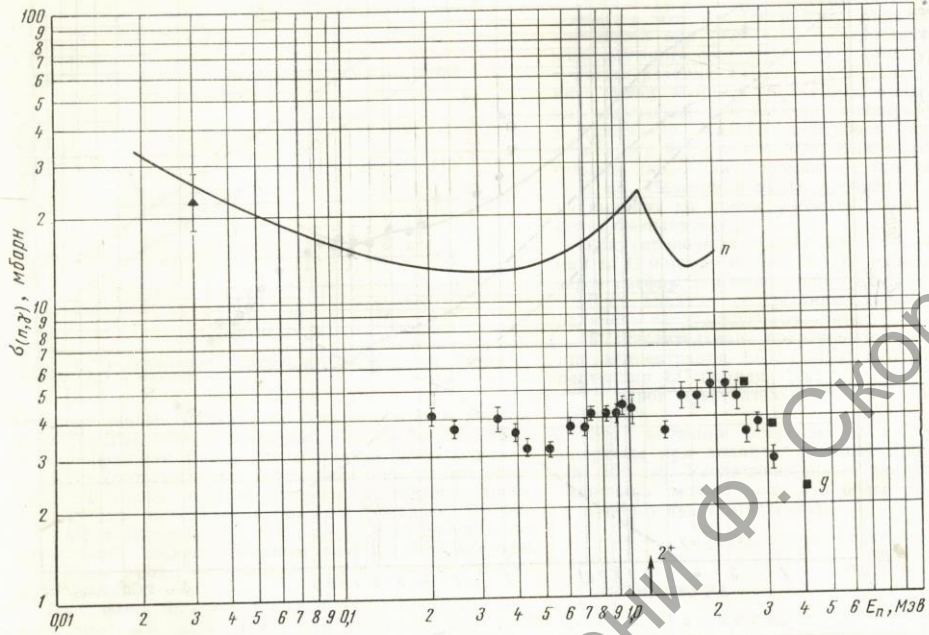


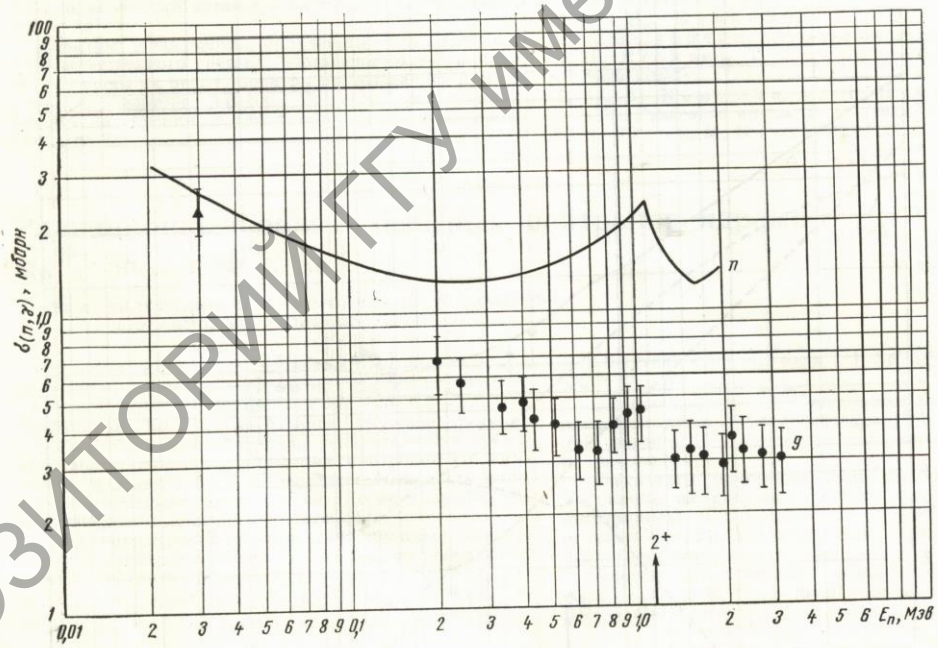
Рис. 2. Результаты измерений сечений радиационного захвата быстрых нейтронов изотопом Sb^{121} в сравнении с расчетом и результатами других работ.

Данные работ:
 ● — настоящей;
 △ — [5]; ▲ — [6].





Р и с. 3. Результаты измерений сечений реакции $Sn^{119}(n, \gamma)Sn^{120}$ в сравнении с результатами других работ. Данные работы: ● — настоящей; ■ — [12]; ▲ — [13].



Р и с. 4. Результаты измерений сечений реакции $Sn^{124}(n, \gamma)Sn^{125}$ в сравнении с результатами других работ. Данные работы: ● — настоящей; ▲ — [13].

П-
ий
ни
эг
е-
у-
а-
а-

Рис. 5. Полные сечения поглощения быстрых нейтронов естественной сурьмой в сравнении с расчетом (сплошная кривая) и результатами других работ.

Данные работы: \blacksquare — настоящей; \square — [15]; \triangle — [14]; \blacktriangle — [5]; \bullet — [16]; \circ — [17].

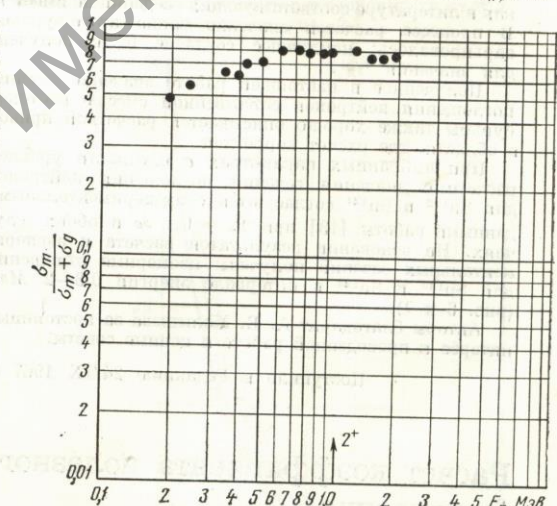
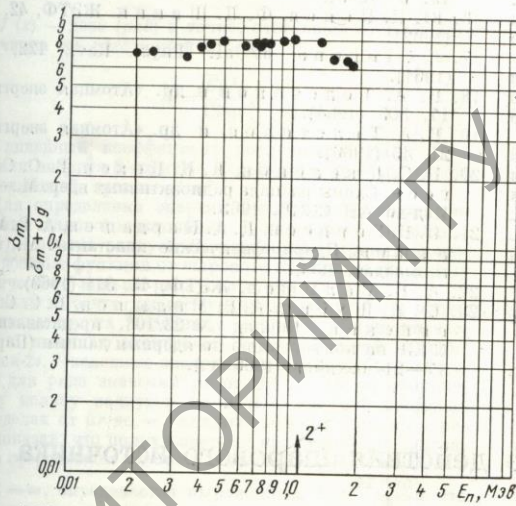
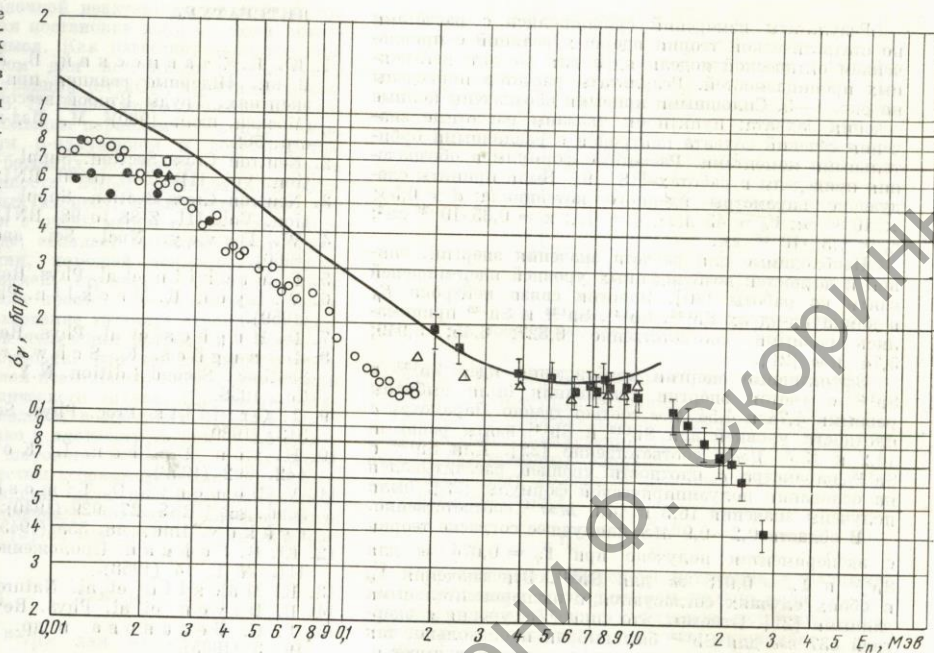


Рис. 6. Изомерные отношения в реакции радиационного захвата быстрых нейтронов изотопом Sn^{122} :

\bullet — настоящая работа.

ное Дж. Юзом [7] для реакции $\text{Sb}^{121}(n, \gamma)\text{Sb}^{122}$ при $E_n = 1 \text{ МэВ}$, на 40% меньше результата настоящей работы. Перенормированные к последним значениям опорных сечений данные Ю. В. Гофмана [12] для реакций $\text{Sn}^{122}(n, \gamma)\text{Sn}^{123g}$ согласуются в пределах ошибок с результатами настоящей работы.

Рис. 7. Изомерные отношения в реакции радиационного захвата быстрых нейтронов изотопом Sn^{124} :

\bullet — данные настоящей работы.

По результатам измерений сечений радиационного захвата для Sb^{121} и Sb^{123} рассчитано $\sigma(n, \gamma)$ для естественной смеси изотопов сурьмы. Результаты расчетов приведены на рис. 5. В пределах ошибок измерений наши результаты хорошо согласуются с результатами работы [14], выполненной методом времени пролета.

Результаты измерений сравнивались с расчетами по статистической теории ядерных реакций с привлечением оптической модели ядра для расчета нейтронных проникаемостей. Результаты расчетов приведены на рис. 1—5. Сплошными кривыми обозначены полные сечения захвата; пунктиром указаны расчетные значения сечений захвата нейтронов с различными орбитальными моментами. Расчетные формулы и обозначения приведены в работах [18, 19]. Были приняты следующие параметры ядерного потенциала: $d = 0,5 \times 10^{-13}$ см; $V_0 = 45$ Мэв; $\xi = 0,1$; $\kappa = 0,35 \cdot 10^{-26}$ см²; $r_0 = 1,31 \cdot 10^{-13}$ см.

Необходимые для расчета значения энергий, спинов и четностей возбужденных уровней ядер-мишеней взяты из работы [20]. Энергии связи нейтрона B_n в компаунд-ядрах Sb^{122} , Sb^{124} , Sn^{123} и Sn^{125} принимались равными соответственно 6,827; 6,45; 5,949; 5,74 Мэв [21].

Эффективные энергии возбуждения ядер Sn^{123} и Sn^{125} с учетом энергии спаривания были выбраны равными 4,74 и 4,54 Мэв соответственно. Параметры a плотности уровней для Sb^{122} и Sb^{124} взяты равными 16,2 и 15,4 Мэв⁻¹ соответственно [22]. Для Sn^{123} и Sn^{125} параметра a плотности уровней рассчитывался на основании полумпирической формулы [23], были получены значения 16,3 и 14,6 Мэв⁻¹ соответственно.

В области 0,2—0,9 Мэв наилучшее согласие теории с экспериментом получено при $\bar{\Gamma}_\gamma = 0,074$ эв для Sb^{123} и $\bar{\Gamma}_\gamma = 0,078$ эв для Sb^{124} . Эти значения $\bar{\Gamma}_\gamma$ в обоих случаях согласуются с экспериментальными данными [21]. Отметим, что спин $7/2^+$ уровня с энергией 537 кэв для Sb^{123} был выбран произвольно, так как в литературе соответствующих сведений не имеется. В процессе расчетов значение спина этого уровня варьировалось; наилучшее согласие было получено для значения $7/2^+$.

Полученное в настоящей работе значение сечения поглощения нейтронов естественной смесью изотопов сурьмы также хорошо описывается расчетной кривой в области, где расчет корректен.

При выбранных параметрах a плотности уровней расчетные значения сечений поглощения нейтронов для Sn^{122} и Sn^{124} согласуются с экспериментальными данными работы [13] при $\bar{\Gamma}_\gamma = 0,1$ эв в обоих случаях. На основании результатов расчета и экспериментальных сечений получены измеренные отношения для Sn^{122} и Sn^{124} в интервале энергий 0,3—2 Мэв (рис. 6 и 7).

Авторы благодарят А. В. Малышева за постоянный интерес к проведенной работе и ценные советы.

Поступило в Редакцию 24/IX 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Я. Стависский, В. А. Толстикова. В кн. «Ядерные реакции при малых и средних энергиях. Труды Второй всесоюзной конференции (Москва, июль 1960)». М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 562.
2. Neutron Cross Section. Suppl. No. 2, Second Edition. Vol. IIB, Z-41 to 60, BNL-325, 1965.
3. Neutron Cross Section. Suppl. No. 2, Second Edition. Vol. III, Z-88 to 98, BNL-325, 1963.
4. W. Davey. Nucl. Sci. and Engng, 26, 149 (1966).
5. R. Macklin et al. Phys. Rev., 107, 504 (1957).
6. W. Lyon, R. Macklin. Phys. Rev., 114, 1619 (1959).
7. D. Hughes et al. Phys. Rev., 91, 1423 (1953).
8. D. Hughes, K. Schwartz. Neutron Cross Sections. Second Edition. N.Y., McGraw Hill Book Co., 1958.
9. J. Griffiths Proc. Phys. Soc. (London), A170, 513 (1939).
10. H. von Halban, L. Kowarski. Nature, 142, 392 (1958).
11. V. Dementi, D. Timoshuk. Compt. rend. acad. sci URSS, 27, 929 (1940); M. G. Mescheryakov. Ibid., 48, 555 (1945).
12. Ю. В. Гофман. Приложение к «Укр. физ. ж.», III, № 1, 14 (1958).
13. R. Macklin et al. Nature, 194, 1272 (1962).
14. B. Diven et al. Phys. Rev., 120, 556 (1960).
15. Т. С. Беланова и др. «Атомная энергия», 19, 3 (1965).
16. Ю. И. Попов, Ф. Л. Шанин. ЖЭТФ, 42, 988 (1962).
17. J. Gibbons et al. Phys. Rev., 122, 182 (1961).
18. В. А. Толстикова и др. «Атомная энергия», 17, 505 (1964).
19. В. А. Толстикова и др. «Атомная энергия», 21, 45 (1966).
20. Б. С. Желепов, Л. К. Пекер, В. О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963.
21. И. В. Гордеев, Д. А. Кардашев, А. В. Малышев. Ядерно-физические константы. М., Госатомиздат, 1963.
22. А. В. Малышев. ЖЭТФ, 45, 311 (1963).
23. Ю. Н. Шубин, А. В. Малышев, В. С. Стависский. Доклад № 23/103, представленный СССР на конференцию по ядерным данным (Париж, 17—21 октября 1966 г.).

Расчет коэффициента полезного действия шарового источника β -излучения

Р. В. ДЖАГАЦПАНЯН, Ю. Г. ЛЯСКИН, Л. И. ХЕЙФЕЦ,
В. И. КОСОРОТОВ, В. И. МУКОСЕЙ

УДК 541.15

В работе [1] был рассмотрен метод расчета производительности радиационно-химического аппарата с плоским β -источником конечной толщины на основе уравнения дозовой функции от бесконечного плоского источника конечной толщины, полученного Сильвер-

маном [2]. Не менее интересно разработать метод расчета такого аппарата с шаровым β -источником.

В настоящей работе сделана попытка рассчитать к. п. д. шарового источника излучения в зависимости от его радиуса и к. п. д. такого источника, окружен-