

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 539.163.1; 539.172

**О ВЛИЯНИИ РЕЗОНАНСНОГО МЁССБАУЭРОВСКОГО ФИЛЬТРА
НА РАСПАД ИЗОМЕРА ^{125m}Te** **А. А. Опаленко, В. И. Высоцкий, А. А. Корнилова***(кафедра оптики и спектроскопии, кафедра физики твердого тела)*

E-mail: tellur125@mail.ru

Измерена кривая радиоактивного (р/а) распада ядра ^{125m}Te в окружении стабильных ядер ^{125}Te , представляющих собой резонансный мёссбауэровский экран. Тщательное исследование показало, что распад ядра ^{125m}Te следует обычному экспоненциальному закону с периодом полураспада $T_{1/2} = 58$ дней, без осцилляций. Наблюдение осцилляций на кривых р/а распада долгоживущего изомера ^{125m}Te , обладающего мёссбауэровским уровнем, является следствием методических ошибок измерения.

Проблема управления спонтанным распадом возбужденных и радиоактивных ядер является актуальной в фундаментальной и прикладной ядерной физике. Одним из самых перспективных методов решения этой задачи является использование системы идентичных резонансных ядер (резонансного экрана), находящихся в основном состоянии.

Впервые вопрос о прямом влиянии резонансного экрана на скорость спонтанного распада гамма-радиоактивных ядер и качественная теория такого влияния (за счет изменения спектра мод электромагнитного вакуума, окружающего возбужденные ядра) был рассмотрен в 1984 г. в работе [1]. В этой работе был проведен анализ возможности управления временем жизни ядер ^{119m}Sn с помощью резонансного экрана из невозбужденного изотопа ^{119}Sn . В работе [2] была опубликована общая квантово-электродинамическая теория влияния произвольной системы невозбужденных ядер на характеристики спонтанного гамма-распада. Из последовательной квантово-электродинамической теории, а также из всех без исключения экспериментов следовало, что учет влияния резонансных невозбужденных ядер приводит к изменению параметров спонтанного распада возбужденных ядер, но не изменяет монотонного экспоненциального характера такого распада.

В связи с этим интересны результаты недавно опубликованных работ [3, 4], в которых утверждается, что присутствие большого количества невозбужденных ядер вблизи каждого из возбужденных (или радиоактивных) приводит к немонотонному («осциллирующему») характеру их спонтанного распада. В частности, при исследовании спонтанного распада источника $\text{Ba}^{119m}\text{SnO}_3$ автор наблюдал три характерных осцилляции интенсивности спонтанного распада за время $t = 1080 - 1100$ дней. Более того, в работе [4], где спонтанный распад ядра ^{125}Sb ис-

следовался в течение 600 дней, утверждается, что в определенные интервалы времени (до 30 дней) автор наблюдал процессы «ускорения распада, торможения распада, остановку распада и генерацию излучения». Мы решили провести контрольные измерения спонтанного распада изомера ^{125m}Te в условиях, близких к тем, в которых проводились измерения [4].

С учетом того, что в работе [4] процесс аномального спонтанного распада исследовался на мёссбауэровском переходе ядра ^{125m}Te с энергией $E_\gamma = 35.6$ кэВ, являющимся дочерним для ядра ^{125}Sb , целесообразно было исследовать не полный распад материнского ядра $^{125}\text{Sb} \rightarrow ^{125m}\text{Te} \rightarrow ^{125}\text{Te}$ (имеющий период полураспада $T_{1/2} = 2.7$ года), а только переход $^{125m}\text{Te} \rightarrow ^{125}\text{Te}$, для которого $T_{1/2} = 58$ дней.

Исследуемый источник представлял собой порошок теллулата магния и был изготовлен из теллура, обогащенного до 85% стабильным изотопом ^{124}Te . Активация источника до 10 мКи (что соответствует наличию 10^{15} ядер ^{125m}Te) производилась в реакторе тепловыми нейтронами. После процесса обогащения сырья изотопом ^{124}Te в источнике было около 9% изотопа ^{125}Te , что соответствовало количеству 10^{20} ядер ^{125}Te в форме теллулата магния. Из этих оценок следует, что на каждое ядро ^{125m}Te приходилось около 10^5 ядер ^{125}Te . Это соотношение удовлетворяет условию внутреннего «активного экрана» [4].

Спектр излучения изотопа ^{125m}Te , полученный на сцинтилляционном детекторе с тонким кристаллом $\text{NaJ}(\text{Tl})$, представлен на рис. 1, а. Большой пик соответствует наложению нескольких линий излучения теллура: рентгеновского излучения (линия K_α с энергией 27.4 кэВ, линия K_β с энергией 31.2 кэВ) и гамма-излучения мёссбауэровского перехода с энергией $E_\gamma = 35.6$ кэВ. Малый пик с энергией 7 кэВ

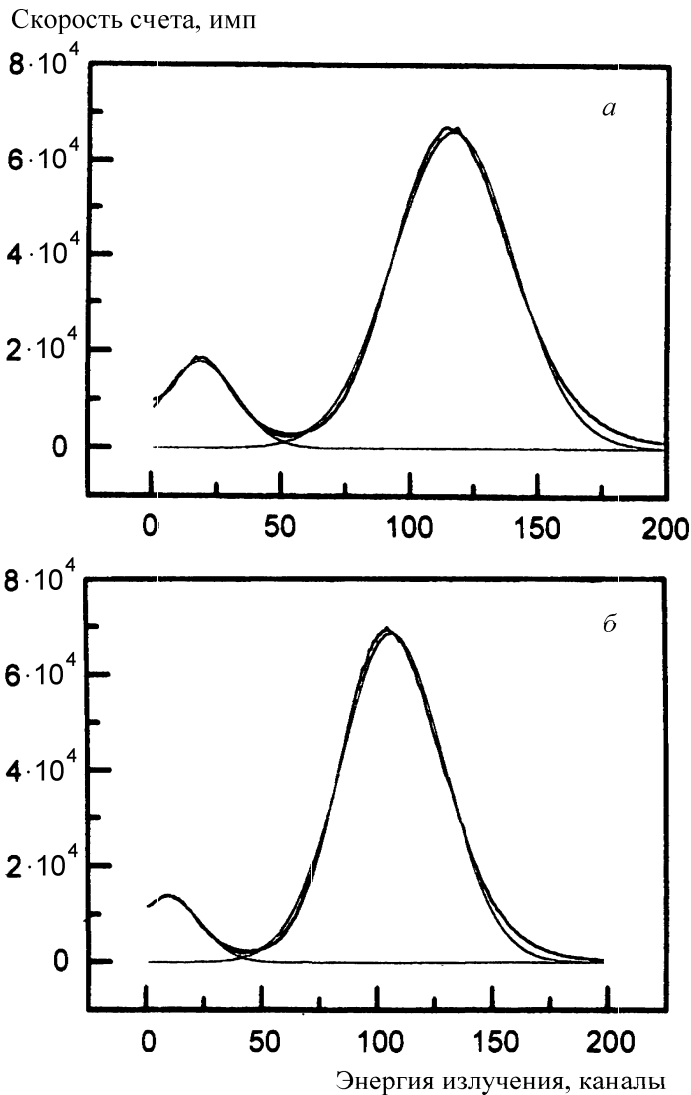


Рис. 1. Спектр излучения р/а изотопа ^{125m}Te : а — при стабильной работе регистрирующей аппаратуры, б — в условиях нестабильности

является характерным «пиком вылета» (escape peak) для гамма-излучения с энергией 35.6 кэВ, регистрируемым при вылете характеристического излучения K_{α} йода за пределы сцинтиллятора при поглощении гамма-квантов ($E_{esc} = E_{\gamma} - E_{K\alpha} = 7$ кэВ). Отношение интенсивностей этих двух пиков обусловлено высоким значением коэффициента внутренней конверсии ($N_e/N_{\gamma} = 300$) для изомерного уровня ^{125m}Te .

Было проведено разложение полного спектра на два гауссовых пика: N_x и N_{γ} . Временная зависимость интенсивности (площади) пика N_x представлена на рис. 2. На этом рисунке верхняя кривая соответствует предельно простой схеме эксперимента: источник-детектор. Нижняя кривая характеризует изменение интенсивности N_x при наличии на поверхности источника дополнительного резонансного поглотителя из теллулата магния, т. е. соответствует видоизмененной схеме эксперимента: источник — резонансный поглотитель — детектор. Присутствие дополнительно резонансного поглотителя делает

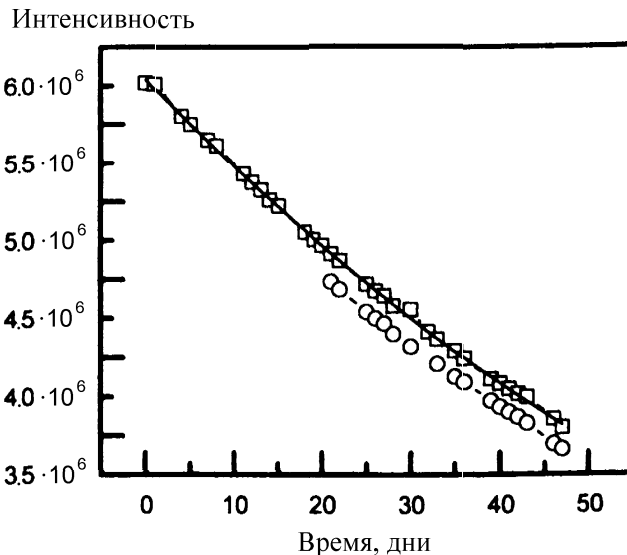


Рис. 2. Кривая распада р/а изотопа ^{125m}Te , регистрация рентгеновского излучения

схему более идеальной — поглотитель компенсирует недостаточность «внутреннего экрана» для ядер, лежащих на поверхности источника.

Из приведенных данных следует, что обе кривые изменяются одинаково и соответствуют экспоненциальному распаду с характерным для изотопа ^{125m}Te периодом полураспада ≈ 58 дней. Видно, что наличие дополнительного резонансного экрана для поверхностных ядер не влияет (в пределах точности эксперимента) на характер распада. В обоих случаях распад строго монотонный и без осцилляций.

Зависимость интенсивности пика N_{γ} представлена на рис. 3. Здесь в течение первых 40 дней характер зависимости был аналогичен кривым на рис. 2, а затем на обеих кривых появились загадочные «осцилляции». Ситуация выглядела точно так, как в работе [4]. Объяснение этой «осцилляции» оказалось предельно простым: оба пика во время регистрации произвольно смещались относительно

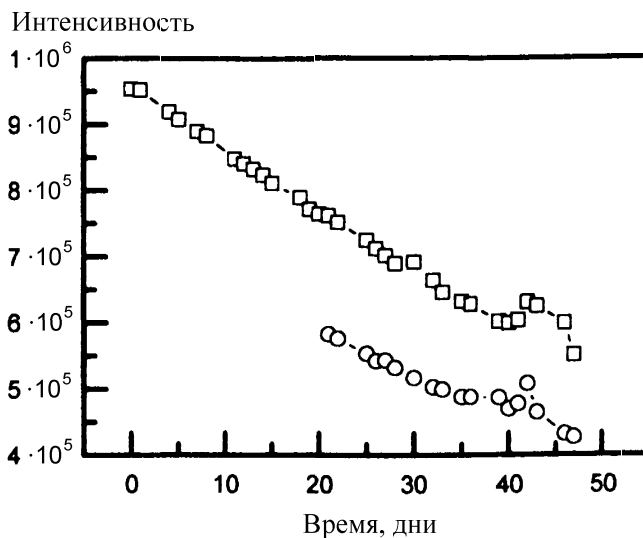


Рис. 3. Кривая распада р/а изотопа ^{125m}Te , регистрация мёссбауэровского излучения

своего первоначального положения (рис. 1, б). Эти смещения были вызваны нестабильностью тракта регистрации, что является следствием изменения температуры окружающей среды, флуктуациями питающего напряжения, старением электроники в системе регистрации и т. д. Эти факторы не влияли на результаты измерений правого пика, поскольку при любых изменениях его положения площадь гауссова пика сохраняется, так как он остается в пределах окна дискриминатора. В то же время левый пик, который непосредственно примыкает к левой границе регистрации, оказывается очень чувствительным к флуктуациям: небольшие изменения его положения ведут к значительным изменениям площади пика (при смещении влево он выходит за пределы окна дискриминатора, что приводит к уменьшению интенсивности, а при смещении вправо начинает регистрироваться та часть пика, которая соответствовала области шумов, что приводит к увеличению интенсивности). В итоге эти изменения могут восприниматься как изменения скорости спонтанного распада.

Отсюда следует однозначный вывод о том, что все наблюдаемые «осцилляции» на кривой спонтанного

распада ядра ^{125m}Te являются просто ошибками методики измерений.

В работе [4] использовалась мёссбауэровская методика измерения: узкое окно дискриминатора и развертка по каналам анализатора. Эта методика вполне подходит для получения мёссбауэровских спектров, где абсолютная интенсивность не играет существенной роли. Для измерения динамики спонтанного распада необходимо измерять абсолютную интенсивность и поэтому следует использовать либо спектрометрический тракт со стабилизацией положения пика, либо регистрировать весь спектр и обрабатывать только хорошо разрешенные пики.

Литература

1. *Высоцкий В.И., Воронцов В.И., Кузьмин Р.Н.* // Письма в ЖТФ. 1984. **10**. С. 300.
2. *Vysotskii V.I.* // Phys. Rev. C. 1998. **58**. С. 337.
3. *Годовиков С.К.* // Письма в ЖЭТФ. 1998. **68**. С. 599.
4. *Годовиков С.К.* // Письма в ЖЭТФ. 2002. **75**. С. 595.

Поступила в редакцию
04.06.03