

По поводу работы С. К. Годовикова “Неэкспоненциальный радиоактивный распад ^{125m}Te ”

Г. А. Скоробогатов, В. В. Еремин

Санкт-Петербургский государственный университет, 199034 Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 31 октября 2005 г.

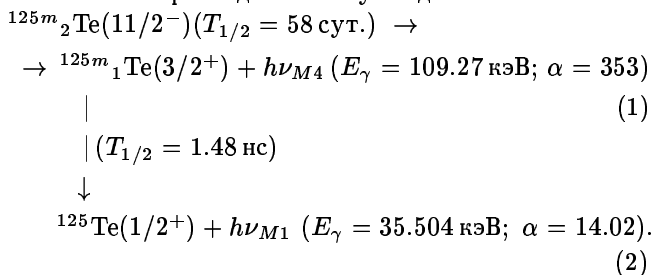
Обнаружена ошибка в технике экспериментов С. К. Годовикова, сообщившего недавно о регистрации задержанного на 22% γ -распада ядерного изомера $^{125m}_2\text{Te}$ вследствие окружения указанных ядер множеством стабильных ядер ^{125}Te .

PACS: 21.10.Tg, 23.10.Lv, 76.80.+y

Попытки повлиять на скорость радиоактивного распада различными физико-химическими факторами предпринимались с самого момента открытия радиоактивности, но ни разу не увенчались успехом. Это привело Ф. Содди к формулировке закона независимости скорости радиоактивного распада от физико-химического состояния радиоактивного элемента [1].

Тем не менее, во второй половине 20-го века возросшая точность экспериментальной техники позволила зарегистрировать для многих радиоактивных элементов небольшие вариации ($\Delta\lambda$) их постоянных распада (λ) от их химического состояния [2, 3]. Измеренные значения $|\Delta\lambda/\lambda|$ для β -распада не превышали 10^{-4} , для электронного захвата варьировали от 10^{-4} до $2 \cdot 10^{-3}$, а в случае конвертированных изомерных переходов – от $3 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-3}$. Для γ -переходов $m_2 \rightarrow m_1$ ядерных изомеров $^{123m}_2\text{Te}$ и $^{125m}_2\text{Te}$ удалось достигнуть низкотемпературного увеличения постоянной распада на величину, не превышающую 0.05–0.4% (см. обзор [4]). И только для очень мягких γ -излучателей ^{90m}Nb ($E_\gamma = 2.38$ кэВ) и ^{235m}U ($E_\gamma = 0.073$ кэВ) были получены гораздо более высокие значения $|\Delta\lambda/\lambda| = 0.039$ и $|\Delta\lambda/\lambda| = 0.13$, соответственно [3].

На этом фоне выглядит сенсационным сообщение Годовикова [5–7] об экспериментально реализованном уменьшении на $(22 \pm 1)\%$ постоянной распада ядерного изомера $^{125m}_2\text{Te}$ в результате включения последнего в твердую матрицу Mg_3TeO_6 , содержащую 200000-кратный избыток стабильных ядер ^{125}Te . Схема распада этого нуклида такова:



Здесь $T_{1/2}$ – период полураспада нуклида, E_γ – энергия γ -квантов, α – коэффициент внутренней конверсии (по данным [8]).

В указанных работах [5–7] выглядят странно следующие три обстоятельства.

Во-первых, их автор не доводит до конца аккуратные вычисления в рамках своей же теоретической модели. По концепции автора [5–7], задержка переходов $m_2 \rightarrow m_1$ в схеме (1) происходит из-за того, что промежуточный уровень $^{125m}_1\text{Te}(3/2^+)$ оказывается в значительной степени занятым в силу резонансного переизлучения фотона $h\nu_{M1}$ огромным избытком ядер $^{125}\text{Te}(1/2^+)$. Для обеспечения 22%-ного уменьшения скорости распада $m_2 \rightarrow m_1$ необходима концентрация ядер $^{125m}_1\text{Te}(3/2^+)$, равная 22% от концентрации ядер $^{125m}_2\text{Te}(11/2^-)$. Для этого при периоде полураспада $^{125m}_1\text{Te}$, равном $T_{1/2} = 1.48$ нс, каждый фотон $h\nu_{M1}$ должен без потерь резонансно поглотиться – переизлучиться 10^{15} раз системой ядер $^{125m}_1\text{Te}(3/2^+) + ^{125}\text{Te}(1/2^+)$. Но фактор Дебая–Валлера [9] для фотонов $h\nu_{M1}$ в матрице Mg_3TeO_6 при комнатной температуре не превышает $f_M = 0.28$, а коэффициент линейных потерь [10], напротив, не ниже $\mu = 50 \text{ см}^{-1}$. Таким образом, резонансный фотон не может переизлучиться более 2–3 раз. В результате концентрация ядер $^{125m}_1\text{Te}(3/2^+)$ никогда не превышает $10^{-14}\%$ от концентрации ядер $^{125m}_2\text{Te}(11/2^-)$, так что механизм возникновения “задержанных ядер” [5–7] совершенно не выдерживает элементарно строгой математической проверки. А без минимально логичного теоретического объяснения неясно, имел ли место экспериментальный факт.

Во-вторых, очень странно выглядит сам экспериментальный факт [5–7] неэкспоненциального радиоактивного распада $^{125m}_2\text{Te}$. И на рис.3 работы [6], и на рисунке тезисов [5] отчетливо видно (см. также таблицу в [6]), что автор [5–7] регистрировал пониженную скорость распада ($T_{1/2} = (74 \pm 1) \text{ сут.}$) толь-

ко в первые 80 суток эксперимента. А в последние 104 суток период полураспада ($T_{1/2} = (58 \pm 1)$ сут.), измеренный на той же установке и на том же образце, в точности совпадал с литературными данными [8]. Автор [5–7] никак не объясняет этот феномен, да и не может объяснить, поскольку спустя 80 суток ядра $^{125}\text{Te}(1/2^+)$ из образца никуда не делись и должны были, по концепции автора, не менее интенсивно переизлучать фотоны $h\nu_{M1}$ и тормозить распад $^{125m}_2\text{Te}(11/2^-)$.

И, наконец, в-третьих, за 5–10 лет до работ Годовикова мы неоднократно синтезировали образцы $\text{Be}^{125m}_2\text{Te}$, $\text{Mg}_3^{125m}_2\text{TeO}_6$ и т.п. [4, 11–14] с высокой удельной активностью с целью низкотемпературного ускорения γ -распада ядерных изомеров теллура, а также $^{119m}_2\text{Sn}$. К примеру, в образцах $\text{Be}^{125m}_2\text{Te}$ [11, 12] нуклид $^{125m}_2\text{Te}(11/2^-)$ содержался в концентрации $(4.9 \pm 1.5) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ в присутствии (130 ± 30) -кратного избытка невозбужденных ядер $^{125}\text{Te}(1/2^+)$. Матрица BeTe обеспечивает для фотонов $h\nu_{M1}$ фактор Дебая–Валлера, равный 0.27 при температуре 300 К и 0.73 при 78 К. То есть наш радиоактивный образец $\text{Be}^{125m}_2\text{Te}$ удовлетворял всем требованиям теоретической концепции [5–7] при 300 К и, тем более, при 78 К. Тем не менее, мы никогда не наблюдали при 300 К ни одного факта увеличения периода полураспада $^{125m}_2\text{Te}$ по сравнению с литературным значением 58 суток [8], а при температуре 78 К (где модель [5–7] должна была бы работать еще лучше) мы обнаружили лишь укорочение $T_{1/2}(^{125m}_2\text{Te})$ на (0.05–0.4)% [11, 12].

Итак, феномен 22%-го уменьшения скорости распада $^{125m}_2\text{Te}$, описываемый в [5–7], не подтверждается прямыми экспериментами в другой лаборатории [11–13] и не объяснен теоретической моделью, предложенной самим автором [5–7]. Более того, этот феномен противоречит сам себе, поскольку спустя 80 суток после начала измерения он исчез, хотя образец $\text{Mg}_3^{125m}_2\text{TeO}_6$ не мог потерять тех свойств, которые по модели [5–7] обеспечивали образование “задержанных ядер” в первые 80 суток измерений. Так существует ли сам феномен? Оказывается – нет, ибо весь феномен – следствие некорректно выполненных измерений.

Действительно, для регистрации излучения $h\nu_{M1}$ ($E_\gamma = 35.504$ кэВ) автор [5–7] использовал сцинтилляционный детектор на основе кристалла $\text{NaI}(\text{Tl})$ с фотоэлектронным умножителем 150 AVP(SF) фирмы Philips. Согласно паспортным данным, такой регистрирующий узел имеет “мертвое время” порядка 0.25 мкс. Далее, в работах [5–7] в первые 80 суток эксперимента нагрузка на детектор составляла

от $5 \cdot 10^5$ до $1.5 \cdot 10^6$ имп/с. Нетрудно подсчитать, что при такой нагрузке указанный детектор должен был недосчитывать от 15 до 30% регистрируемых квантов $h\nu_{M1}$. Однако спустя 2–3 периода $T_{1/2}(^{125m}_2\text{Te})$ нагрузка на детектор понижалась в несколько раз, так что доля “просчетов” снижалась до 2–3%, а автор [5–7] получал уже известное из литературы значение $T_{1/2}(^{125m}_2\text{Te}) = (58 \pm 1)$ суток.

Кстати, второй источник сравнения в работах [5–7] отличался от первого рабочего не только тем, что не содержал 200000-кратного избытка ядер $^{125}\text{Te}(1/2^+)$, но и тем, что имел в 2 раза более низкую активность. В результате, уровень “просчетов” при регистрации квантов $h\nu_{M1}$ от второго источника был значительно ниже, чем в измерениях первого источника, что автор [5–7] трактовал как доказательство отсутствия генерации “заторможенных ядер” во втором источнике, якобы полностью идентичном первому источнику, если не считать отсутствия избытка ядер $^{125}\text{Te}(1/2^+)$. Но и при работе со вторым источником в первые 50 суток уровень “просчетов” был отнюдь не нулевым, что доказывается данными таблицы в [6], из которой видно, что измерения на втором источнике тоже дали завышенные значения $T_{1/2}(^{125m}_2\text{Te}) = (62 \pm 1)$ суток.

Итак, погрешности в методике проведения экспериментов в работах [5–7] привели к неэкспоненциальному ходу изменения регистрируемой активности образца $\text{Mg}_3^{125m}_2\text{TeO}_6$, который автор [5–7] принимает за неэкспоненциальный ход радиоактивного распада изомера $^{125m}_2\text{Te}$. Теоретическая модель наработки “задержанных ядер”, предложенная в [5–7], также оказывается несостоятельной, если математические выкладки довести до конца.

Таким образом, неэкспоненциального радиоактивного распада $^{125m}_2\text{Te}$ нет.

В заключение отметим, что недавно Годовиков [15] заявил об обнаружении осцилляций с периодом около 380 суток в скорости радиоактивного распада ядерного изомера олова в матрице $\text{Ba}^{119m}_2\text{SnO}_3$. Но экспериментальные доказательства отсутствия осцилляций такого рода были представлены авторами [16], а потому мы в настоящей статье не будем касаться работы [15]. Ясно только, что и здесь имели место дефекты в методике проведения эксперимента, Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований # 05-02-16567.

1. В. Д. Нефедов, Е. Н. Текстер, М. А. Торопова, *Радиохимия*, М.: Высшая школа, 1987.

2. К. В. Макарюнас, Изв. АН СССР, сер. физ. **43**, 96 (1979).
3. К. В. Макарюнас, Изв. АН СССР, сер. физ. **47**, 18 (1983).
4. G. A. Skorobogatov, *The Intern. Conf. on LASERS' 96*, dec. 2-4, 1996, Portland, OR, USA, Proc. of SPIE, STS Press, McLean, VA, 1997, p. 255.
5. С. К. Годовиков, С. М. Никитин, *53-е Международное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра*, 7–10 окт. 2003 г., Москва, Тезисы докладов, Из-во СПбГУ, 2003, с. 242.
6. С. К. Годовиков, Письма в ЖЭТФ **79**, 249 (2004).
7. S. K. Godovikov, *The LV National Conf. "Frontiers in the Physics of Nucleus"*, June 28 – July 1 2005, SPb, Russia, Book of abstracts, SPb, 2005, p. 300.
8. T. Tamura, Z. Matumoto, and M. Ohshima, Nuclear Data Sheets **32**, 497 (1981).
9. Г. Вертгейм, *Эффект Мессбауэра*, пер. с англ. под ред. В. В. Скляревского, М.: Мир, 1966.
10. E. Storm and H. I. Israel, Nuclear Data Tables A **7**, 565 (1970).
11. G. A. Skorobogatov and B. E. Dzevitskii, Laser Physics **5**, 258 (1995).
12. G. A. Skorobogatov and B. E. Dzevitskii, Hyperfine Interactions **107**, 401 (1997).
13. S. I. Bondarevskii, B. E. Dzevitskii, and V. V. Yerjomin, *The Intern. Conf. on LASERS' 96*, dec. 2–4, 1996, Portland, OR, USA, Proc. of SPIE, STS Press, McLean, VA, 1997, p. 261.
14. С. И. Бондаревский, В. В. Еремин, Г. А. Скоробогатов, Радиохимия **44**, 49 (2002).
15. С. К. Годовиков, Письма в ЖЭТФ **75**, 595 (2002).
16. А. А. Опаленко, В. И. Высоцкий, А. А. Корнилов, Письма в ЖЭТФ **79**, 254 (2004).