

УДК 539.1: 537.63

Магнитно-стимулированный скачок активности β -распада Co^{57}

Н. Г. Ивойлов, М. М. Бикчантаев, О. А. Стребков
Казанский государственный университет, г. Казань, Россия

Экспериментально показано, что "странное" излучение электроразряда в жидкости влияет на измеряемую величину активности источника $\text{Co}^{57}(\text{Cr})$, приводя к скачкообразному изменению естественного экспоненциального распада на $1 \pm 0,1$ %. Рассмотрены возможные механизмы такого отклонения. В качестве метода регистрации использовался метод мессбауэровской спектроскопии.

PACS: 03.70.+k

Введение

В работах [1—4] теоретически показано, что при наложении на атом сверхсильного магнитного поля более 10^9 Э происходит существенная перестройка электронных оболочек атома. Из всех изменений в электронной оболочке атома наиболее существенным является обеднение внутренних электронных оболочек, что может вызвать увеличение вероятности β -распада за счет распада в связанное состояние и уменьшение вероятности К-захвата. Однако создание постоянных магнитных полей такой напряженности в лабораторных условиях не представляется возможным.

В настоящее время кандидатом на роль источника сверхсильного поля может выступить "странное" излучение электровзрыва и электроразряда в жидкости, фиксируемое некоторыми типами фотоэмульсии [5, 6]. Это излучение, являясь неионизирующим, явно проявляет взаимодействие с внешним магнитным полем, магнитными и диамагнитными материалами и может участвовать в процессе трансформации химических элементов во время электровзрыва [5, 7]. В связи с тем, что "странное" излучение носит магнитный характер [5], в дальнейшем мы будем называть его магнитным излучением.

Цель данной работы — попытка экспериментального обнаружения влияния магнитного излучения электроразряда в жидкости на активность источника Co^{57} в матрице хрома.

Постановка эксперимента

Как известно, β -распад ядер Co^{57} происходит через электронный захват (ЭЗ) (рис. 1). При этом ядра Co^{57} переходят в мессбауэровский изотоп Fe^{57} . Данное обстоятельство является благоприятным как для регистрации интенсивности распада источника Co^{57} по линии излучения 14,4 кэВ, так и

для наблюдения за состоянием изотопа Fe^{57} по параметрам мессбауэровской линии поглощения стандартного образца.

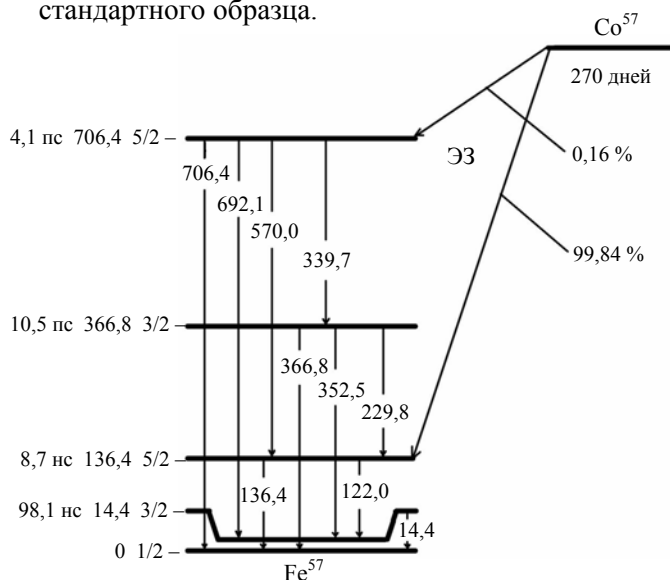


Рис. 1. Энергетическая схема распада Co^{57}

Для генерации магнитного излучения использовался метод низкоэнергетической генерации, описанный в работе [6]. Схема экспериментальной установки показана на рис. 2. Для сепарации магнитного излучения использовались катушки Гельмгольца (КГ). Максимальное поле в центре катушек не превышало 15 мТл. Направление магнитного поля КГ совпадало с направлением магнитного поля Земли. Внутренний диаметр катушек соответствовал диаметру источника Co^{57} .

Мессбауэровские измерения проводились в геометрии поглощения при жесткой фиксации положений источника $\text{Co}^{57}(\text{Cr})$ (2 мКи, окно-Ве), поглотителя и детектора γ -квантов. В качестве поглотителя использовался $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — стандартный мессбауэровский поглотитель, дающий в спектре одиночную линию. Для регистра-

ции γ -квантов использовался газонаполненный детектор СРМ-19. В экспериментах одновременно регистрировались низкоэнергетическая часть спек-

тра излучения источника Co^{57} (14,4 кэВ), прошедшего через поглотитель (рис. 3, а), и мессбауэровский спектр этого же поглотителя (рис. 3, б).

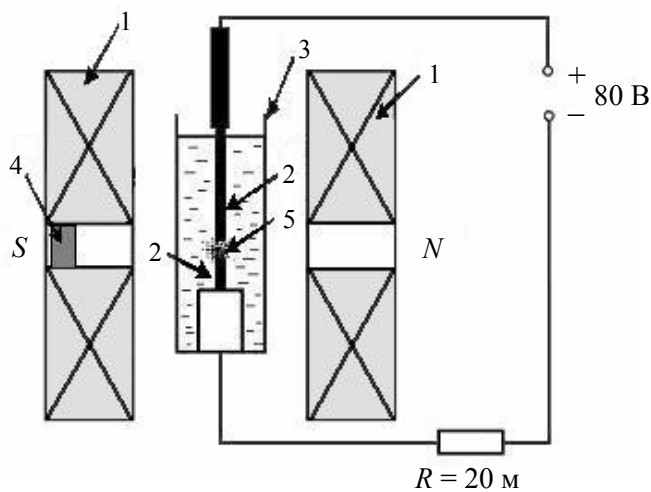


Рис. 2. Схема установки для низкоэнергетической генерации магнитного излучения:

- 1 — катушки Гельмгольца; 2 — угольные электроды;
- 3 — пластиковый стакан; 4 — источник Co^{57} ;
- 5 — область реализации электроразряда

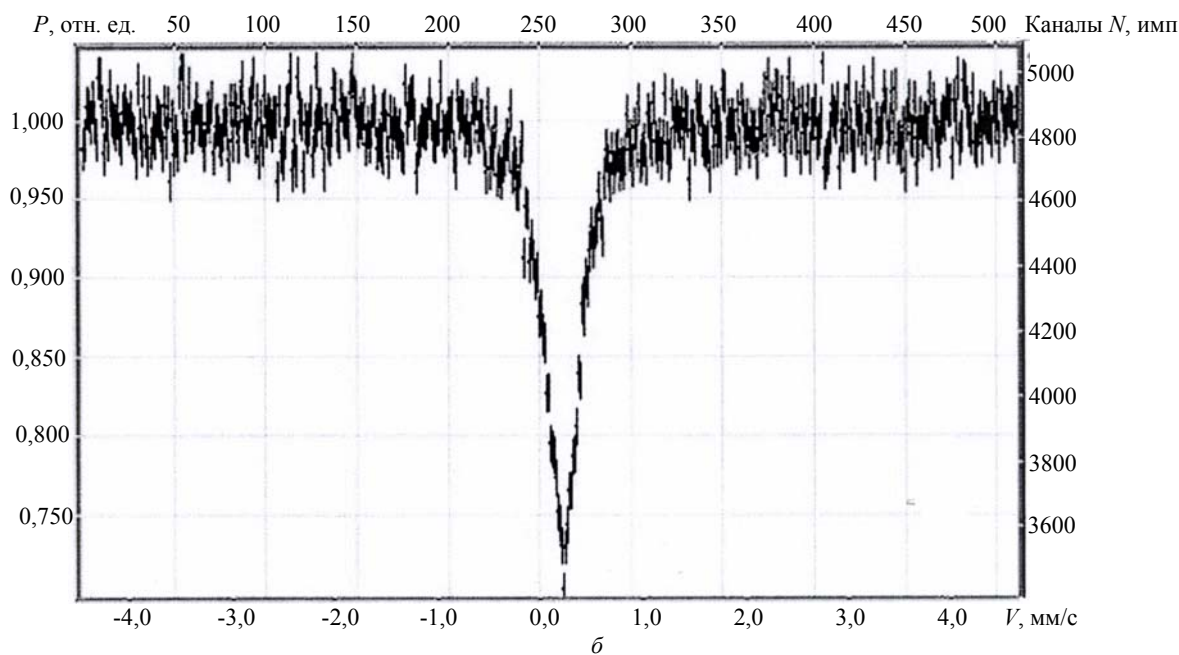
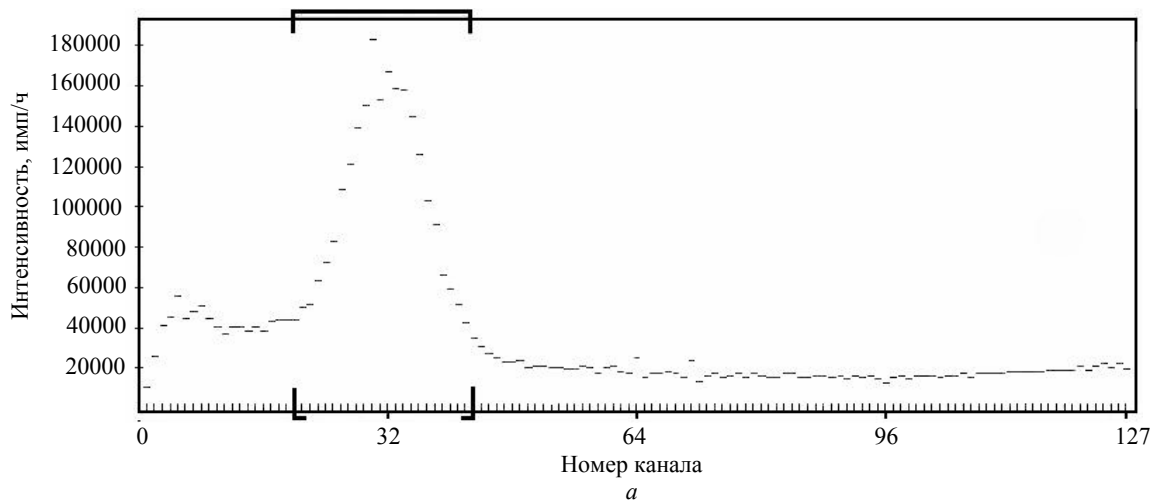


Рис. 3. Мессбауэровские измерения:

а — спектр источника Co^{57} в низкоэнергетической области; б — мессбауэровский спектр образца $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Методика таких экспериментов описана в работе [8]. Интегральная интенсивность перехода 14,4 кэВ (рис. 4) измерялась для выделенной энергетической области (см. рис. 3, а), соответствующей этой линии излучения. Полученные экспериментальные спектры (см. рис. 3, а) аппроксимировались функцией A_{Σ} :

$$A_{\Sigma} = A_e \cdot \exp\left\{-\frac{x}{x_{dec}}\right\} + \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot S_{gaus} \cdot \exp\left\{-\frac{x-x_{gaus}}{2\sigma^2}\right\}.$$

Данная функция состоит из двух слагаемых: первое описывает комptonовский вклад и вклад от рентгеновского излучения Fe; вторая — форму линии 14,4 кэВ. Первое слагаемое было введено эмпирически, второе — представляет собой распределение Гаусса. Аппроксимация проводится по методу наименьших квадратов для каналов, начиная с 10 по 80 включительно, так как именно для этих каналов возможна аппроксимация экспериментальных данных функцией A_{Σ} .

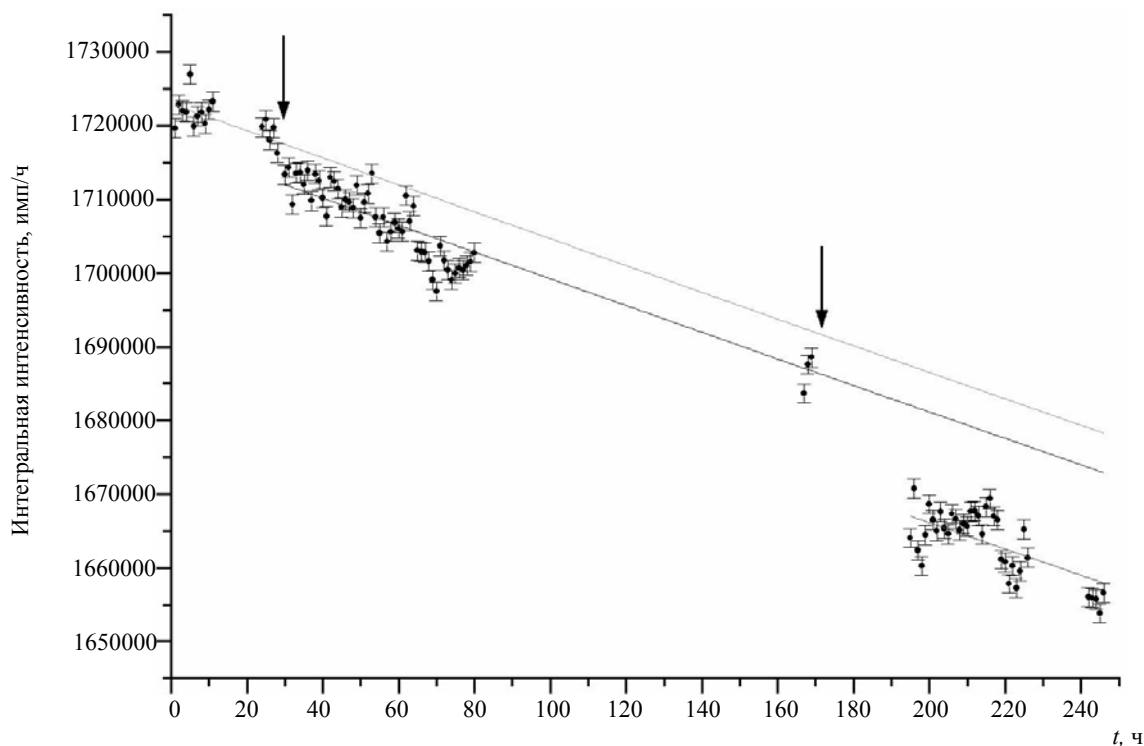


Рис. 4. Временная зависимость интегральной интенсивности линии 14,4 кэВ

Спектры регистрировались до и после облучения источника $Co^{57}(Cr)$ магнитным излучением. Облучение производилось в течение 10—15 мин как на южном, так и на северном полюсе КГ. Источник на время облучения заземлялся во избежание накопления электрического заряда.

Результаты экспериментов и обсуждение

В результате проведенных нами экспериментов было обнаружено, что облучение источника

$Co^{57}(Cr)$ магнитным излучением на южном - направлении КГ может привести к изменению естественного экспоненциального распада. Данное изменение носит скачкообразный характер и происходит в сторону уменьшения интегральной интенсивности линии 14,4 кэВ. Величина данного эффекта в различных экспериментах менялась от 0 до 1 % при статистической точности измерения менее 0,1 %. При облучении источника Co^{57} на северном направлении КГ изменений интенсивности линии 14,4 кэВ не наблюдалось.

При отсутствии облучения распад описывается экспоненциальной кривой с периодом полураспада $T_{1/2} = 270$ дней. Обнаружено, что после облучения источника на южном полюсе КГ (после скачка) экспериментальные точки описываются экспоненциальной зависимостью с тем же периодом полураспада.

В качестве примера приводится результат эксперимента № 11, который длился более 10 сут, и при котором облучение проводилось дважды.

На рис. 4 представлена временная зависимость интегральной интенсивности линии 14,4 кэВ. Непрерывные линии, изображенные на рисунке, описываются экспоненциальными зависимостями с одним периодом полураспада $T_{1/2} = 270$ дней. Моменты облучения показаны стрелками. Во временных интервалах, в которых отсутствуют экспериментальные точки, измерения не проводились, и источник снимался с установки для использования на других мессбауэровских спектрометрах.

На рис. 5 представлены временные зависимости мессбауэровских параметров.

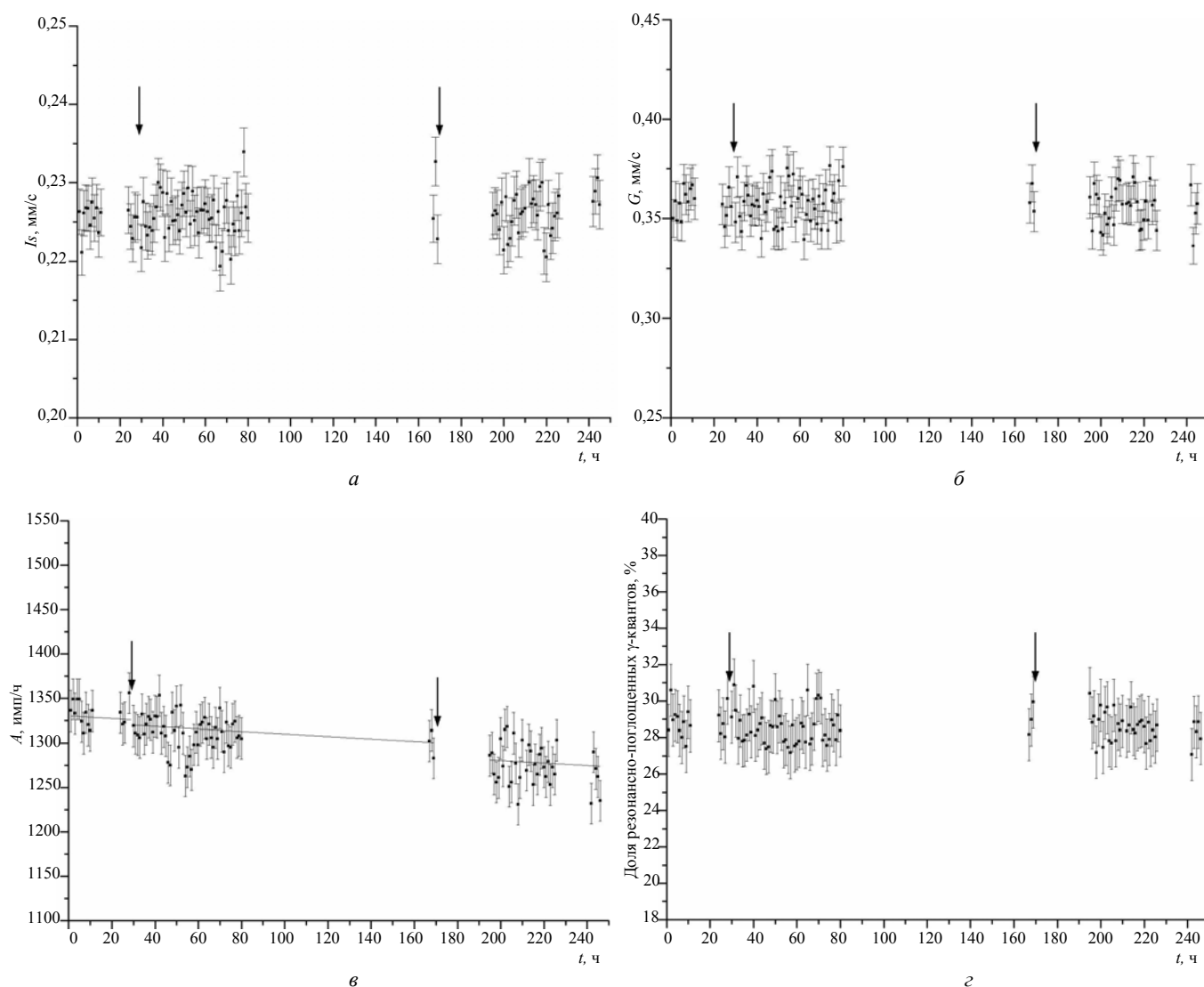


Рис. 5. Временные зависимости мессбауэровских параметров:
a — изомерный сдвиг; *б* — ширина линии; *в* — амплитуда линии; *г* — величина резонансного эффекта

Полученные временные зависимости мессбауэровских параметров свидетельствуют о том, что величины изомерного сдвига I_s (см. рис. 5, *a*) и ширины линии G (см. рис. 5, *б*) до и после облучения источника магнитным излучением в пределах ошибки измерения не изменяются. Величина резонансного эффекта ϵ на протяжении эксперимента также остается постоянной (см. рис. 5, *г*).

Величина изомерного сдвига E определяется электростатической энергией связи ядра с электронной плотностью на ядре.

$$\delta E = -\frac{2\pi}{5} \cdot Z e p R^2 = \frac{2\pi}{5} \cdot Z e^2 |\psi(0)|^2 R^2.$$

Регистрируемый в эксперименте I_s будет содержать разность электростатических энергий ядер в источнике и поглотителе, и его величина в таком случае будет определяться следующим выражением:

$$I_s = \frac{2\pi}{5} \cdot Z e^2 (R_{exc}^2 - R_{prin}^2) \cdot (|\psi_a(0)|^2 - |\psi_s(0)|^2),$$

где $e|\psi_a(0)|^2$, $e|\psi_s(0)|^2$ — плотность электронов на ядрах Fe^{57} в поглотителе и источнике, соответственно.

Так как в эксперименте магнитным излучением облучается только источник, поэтому величина I_s будет зависеть от плотности электронов на ядрах Fe^{57} в источнике ($e|\psi_s(0)|^2$). Следует отметить, что если с магнитным излучением взаимодействует Co^{57} , а дочернее ядро Fe^{57} не "наследует" последствия этого взаимодействия, появление дополнительной линии с измененной величиной изомерного сдвига I_s не будет наблюдаться. Такая же ситуация ожидает нас при наличии "наследия", но при очень малом количестве таких ядер.

Ширина линии G связана с временем жизни ядер Fe^{57} в возбужденном состоянии τ соотношением Гейзенберга:

$$\Gamma \cdot \tau = \hbar.$$

Возможное изменение величины времени τ по тем же причинам также будет лежать в пределах ошибки измерения.

Полученная временная зависимость амплитуды линии поглощения (см. рис. 5, в) практически повторяет временную зависимость наблюдаемого хода интегральной интенсивности линии 14,4 кэВ (см. рис. 4). Скачкообразное изменение активности при β -распаде (отклонение от экспоненциального распада) может быть вызвано уменьшением вероятности К-захвата за счет обеднения внутренних оболочек атомов Co, подвергнувшихся действию магнитного поля излучения электроразряда. Теоретическое обоснование такого эффекта можно найти в работах [3, 4, 9]. Наблюдаемое воздействие излучения электроразряда на ядра Co^{57} только на южном полюсе, по всей видимости, связано с взаимодействием знака магнитного момента ядра Co^{57} или знака его спина и каким-то, пока не определенным, знаком параметра магнитно-сепарированного излучения электроразряда. Но столь длительное (несколько суток) последствие магнитного излучения электроразряда на твердофазное вещество ранее не наблюдалось. Однако накопление магнитного излучения в парамагнитной матрице источника, содержащей ядра Co^{57} , может привести к длительной релаксации.

Заключение

Облучение Co^{57} магнитным излучением в южном направлении приводит к изменению интегральной интенсивности линии 14,4 кэВ. Данное

изменение носит скачкообразный характер и происходит в сторону уменьшения интенсивности перехода 14,4 кэВ. Механизм взаимодействия магнитного излучения с ядрами Co^{57} пока не ясен и требует дальнейших исследований.

Авторы выражают особую признательность Л. И. Уруцкоеву и Д. В. Филиппову за плодотворные обсуждения данной работы, а также благодарят Е. Н. Дулова, Д. М. Хрипунова и А. Д. Зарипова за помощь в организации и проведении мессбауэровских экспериментов.

Литература

1. Кадомцев Б. Б. // ЖЭТФ. 1970. Т. 58. С. 1765.
2. Кадомцев Б. Б., Кудрявцев В. С. // Там же. 1972. Т. 62. С. 144.
3. Рухадзе А. А., Уруцкоев Л. И., Филиппов Д. В. // ЯФ. 2006. Т. 69. № 5. С. 820.
4. Филиппов Д. В. // Там же. 2007. Т. 70. № 2. С. 280.
5. Уруцкоев Л. И., Ликсонов В. И., Циноев В. Г. // Прикладная физика. 2000. № 4. С. 83.
6. Ивойлов Н. Г. // Георесурсы. 2005. №2(17). С. 38. // Ann. Fond. L. de Broglie. 2006. V. 31. № 1. P. 115.
7. Ивойлов Н. Г., Уруцкоев Л. И. // Прикладная физика. 2004. № 5. С. 20.
8. Ивойлов Н. Г., Дулов Е. Н., Хрипунов Д. М., Чистяков В. А. // Известия РАН. Сер. Физическая. 2001. Т. 65. № 7. С. 1068.
9. Рухадзе А. А., Уруцкоев Л. И., Филиппов Д. В. // Прикладная физика. 2006. № 5. С. 8.

Статья поступила в редакцию 8 сентября 2008 г.

Magnetically-stimulated jump of activity of Co^{57} β -decay

N. G. Ivoilov, M. M. Bikchantaev, O. A. Strebkov
Kazan State University, Kazan, Russia

It has been shown experimentally that the "strange" radiation evoked by electro-discharge in a liquid have an influence on a measured activity of the source $Co^{57}(Cr)$, which leads to a jump-like changing on 1 ± 0.1 % of the natural exponential decay law. The possible mechanism of this deviation is discussed. The messbauer spectroscopy was used as the method of registration.

PACS: 03.70.+k