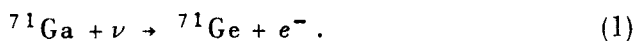


ПРОВЕРКА ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА

*И.Р.Барабанов, Е.П.Веретенкин, В.Н.Гаврин,
Ю.И.Захаров, Г.Т.Зацепин, Г.Я.Новикова,
И.В.Орехов, М.И.Чурмаева*

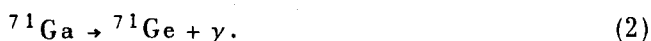
Выполнен поиск распада ${}^{71}\text{Ga} \rightarrow {}^{71}\text{Ge} + \gamma$ с целью исследования закона сохранения электрического заряда. Для времени жизни Ga получен верхний предел $T \geq 2,3 \cdot 10^{23}$ лет.

В настоящее время в нескольких лабораториях ведутся работы по подготовке галлий-германиевого радиохимического эксперимента для детектирования солнечных нейтрино. Использование галлия для этой цели было впервые предложено Кузьминым [1] в связи с тем, что ${}^{71}\text{Ga}$ имеет низкий порог регистрации нейтрино в процессе:



Низкий порог регистрации нейтрино обусловлен тем, что масса ядра ${}^{71}\text{Ga}$ больше, чем масса ядра ${}^{71}\text{Ge}$, однако β -распад ${}^{71}\text{Ga}$ в ${}^{71}\text{Ge}$ невозможен из-за того, что разность масс ядер ${}^{71}\text{Ga}$ и ${}^{71}\text{Ge}$ меньше, чем масса электрона.

Еще в 1959 году Гольдхабером и Фейнбергом [2] было отмечено, что пара ядер такого типа может быть использована для проверки закона сохранения электрического заряда. Например в процессе:



Вместо γ -кванта в процессе (2) может быть пара $\nu\bar{\nu}$ псевдоскалярная частица, и т. д.

В 1960 году Гольдхабером и Суньяром был выполнен эксперимент по поиску подобного распада ${}^{87}\text{Rb}$ в ${}^{87}\text{Sr}^*$ и был найден верхний предел времени жизни ${}^{87}\text{Rb}$ относительно такого процесса $T \geq 1,8 \cdot 10^{16}$ лет [3]. Недавно этот эксперимент был выполнен с более высокой точностью [4] и для времени жизни ${}^{87}\text{Rb}$ получен более высокий предел $T \geq 1,9 \cdot 10^{18}$ лет.

В этой статье мы приводим предварительные результаты по исследованию возможности перехода (2) на детекторе, содержащем 300 кг Ga. Этот детектор предназначен для отработки метода извлечения микроколичеств Ge из Ga для проектируемой в настоящее время многотонной галлий-германиевой установки для регистрации солнечных нейтрино.

Эксперимент состоит в следующем: 300 кг Ga экспонируется в подземном помещении на глубине 20 м.в.э. для устранения эффекта образования ${}^{71}\text{Ge}$ из ${}^{71}\text{Ga}$ под действием ядерноактивной компоненты космических лучей. Экспонирование проводится в течение примерно трех периодов полураспада ${}^{71}\text{Ge}$ ($T_{1/2} = 11,3$ дня), когда количество образовавшегося ${}^{71}\text{Ge}$ достигает насыщения. После этого образовавшийся ${}^{71}\text{Ge}$ извле-

кался из Ga методом, аналогичным описанному в работе [5]. Подробно метод извлечения будет описан в следующей статье, а здесь мы только приводим схему.

Жидкий Ga интенсивно перемешивался с кислотно-перекисным раствором, в результате чего Ge переходит из Ga в кислотно-перекисный раствор в виде соединения GeCl_4 . Затем раствор насыщается током сухого HCl до кислотности $\approx 9N$. После этого GeCl_4 выдувается из раствора током He и улавливается в ловушке. Извлеченный GeCl_4 переводится в газообразное соединение GeH_4 , которое, как было ранее показано [6], является достаточно хорошим рабочим газом для пропорционального счетчика. Полученная порция GeH_4 закачивается в пропорциональный счетчик диаметром 5 мм, с помощью которого измеряется активность извлеченного ^{71}Ge . Коэффициент извлечения Ge составлял по всему циклу 80% и определялся по известной порции Ge-носителя, предварительно растворенного в Ga. Измерение активности ^{71}Ge производилось в течение времени, равного трем периодам полураспада.

Зарегистрированная радиоактивность в области энерговыделений ^{71}Ge с поправкой на эффективность регистрации (40%) после вычитания фона оказалась равной:

$$N = (18 \pm 18) \text{ распадов за период } \cdot T_{1/2}. \quad (3)$$

Отметим, что по нашим оценкам в детекторе при взаимодействии мюонов с Ga должно образоваться количество атомов ^{71}Ge , соответствующее значению $N \approx 16$ распадов.

После введения всех поправок, учитывающих коэффициент извлечения, время прошедшее между моментом извлечения и началом счета и т. д., для верхнего предела на время жизни ^{71}Ga относительно распада с несохранением заряда получаем:

$$T \geq 2,3 \cdot 10^{23} \text{ лет}$$

с 90%-ным доверительным интервалом.

Этот результат можно также физически интерпретировать следующим образом. Согласно Бакаллу [7], если предположить, что слабое взаимодействие содержит малую компоненту, в которой электрон в лептонном токе заменен нейтрино, то в этом случае могут происходить распады с несохранением заряда например:

$$n \rightarrow p + \nu_e + \bar{\nu}_e.$$

Тогда для отношения вероятности такого канала к обычному распаду согласно [7] имеем:

$$\frac{\Gamma(n \rightarrow p + \nu_e + \bar{\nu}_e)}{\Gamma(n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu})} = \frac{\tau(n)}{\tau(\text{Ga})} \left[\frac{W(n)}{W(\text{Ge})} \right]^5 \frac{ft(^{71}\text{Ge})}{ft(n)},$$

где $\tau(n)$ — время жизни нейтрона, $\tau(\text{Ga})$ — время жизни Ga относительно исследуемого распада с несохранением заряда, $W(n)$ — разность масс нейтрона и протона, $W(^{71}\text{Ge})$ — разность масс ^{71}Ga и ^{71}Ge .

Используя полученный нами предел получаем:

$$\frac{\Gamma(n \rightarrow p + \nu_e + \bar{\nu}_e)}{\Gamma(n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e)} \leq 9 \cdot 10^{-24},$$

что в $3 \cdot 10^4$ раз лучше, чем в [4].

Физические следствия, связанные с получением экспериментального предела для этого процесса также обсуждались в [8].

В использованном счетчике распадов атомов ^{71}Ge наблюдался сравнительно большой фон, который по-видимому, связан с недостаточно хорошей очисткой GeH_4 от ^{222}Rn , а также с возможной активностью изотопа ^{68}Ga , который мог попасть в детектор в период проведения калибровочных измерений. После устранения этих источников фона мы в дальнейшем надеемся уточнить сообщенный предел.

В заключение авторы выражают благодарность М.А.Маркову, А.Н.Тавхелидзе, А.Е.Чудакову за стимулирующий интерес к работе, Г.Б.Христиансену, Б.А.Хренову, С.А.Рождественскому за содействие оказанное при проведении эксперимента, а также Г.В.Домогацкому и В.А.Кузьмину за обсуждение полученных результатов.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
22 июня 1980 г.

Литература

- [1] V.A.Kuzmin. Lebedev Physical Inst. Preprint A-62, 1964, Sov. Phys. JETP, 49, 1532, 1965.
- [2] G.Feinberg, M.Goldhaber. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 45, 1301, 1959.
- [3] A.W.Sunyar. M.Goldhaber. Phys. Rev., 120, 871, 1960.
- [4] E.B.Norman, A.G.Seamster. Phys. Rev. Lett., 43, 1226, 1979.
- [5] I.N.Bahcall, B.T.Cleveland, R.Davis Jr., I.Dostrovsky, I.C.Evans Jr., W.Frati, G.Friedlander, K.Lande, I.K.Rowley, R.W.Stoenner, I.Weneser. Phys. Rev. Lett., 40, 1351, 1978.
- [6] I.R.Barabanov, V.N.Gavrin, Yu.I.Zakcarov, G.T.Zatsepin. Neutrino-75, 385, 1975.
- [7] I.N.Bahcall. Rev. Mod. Phys., 50, 881, 1978.
- [8] A.Yu.Ignatiev, V.A.Kuzmin, A.N.Tavkhelidze. Talk at the International Seminar on Gauge Field Theories, Moscow, May 23 — 25, 1978.