

ПОИСК ДВОЙНОГО БЕТА-РАСПАДА ^{136}Xe

*A. С. Барабаш¹⁾, В. М. Лобашев, В. В. Кузьминов,
В. М. Новиков, Б. М. Овчинников, А. А. Поманский*

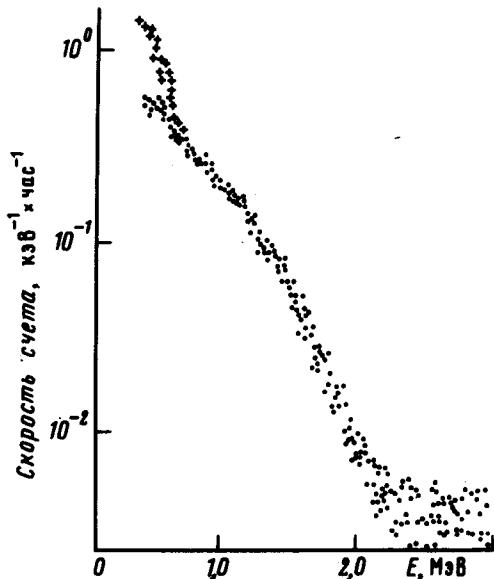
С помощью газовой ионизационной камеры высокого давления установлены пределы на периоды полураспада ядер ^{136}Xe по отношению к двойному бета-распаду по различным каналам: $T_{1/2}(0\nu; 0^+ - 0^+) > 1,2 \cdot 10^{21}$ лет, $T_{1/2}(0\nu; 0^+ - 2^+) > 4,9 \cdot 10^{20}$ лет, $T_{1/2}(2\nu; 0^+ - 0^+) > 2,1 \cdot 10^{22}$ лет.

В работе Барабанова и др. был получен предел на период полураспада $^{136}\text{Xe} - T_{1/2}(0\nu; 0^+ - 0^+) > 2,36 \cdot 10^{21}$ лет¹⁾. Однако в настоящее время большой интерес представляет и поиск $2\beta(2\nu)$ -распада ввиду существующих расхождений теоретических расчетов с экспериментальными данными²⁻⁴. В данной работе установлены пределы на существование 2β -распада ^{136}Xe относительно $0\nu(0^+ - 0^+)$ -моды ($E_{2\beta} = 2481$ кэВ), $0\nu(0^+ - 2^+)$ -моды ($E_{2\beta} = 1662$ кэВ) и $2\nu(0^+ - 0^+)$ -моды. Из ограничения на период полураспада $T_{1/2}(2\nu; 0^+ - 0^+)$ получена оценка на значение гамов-теллеровского матричного элемента $|M_{GT}|$.

Для поиска 2β -распада ^{136}Xe использовалась ионизационная камера высокого давления, заполняемая поочередно естественным (8,87% ^{136}Xe) и обогащенным (93% ^{136}Xe) ксеноном. Полезный объем камеры – 3,14 литра. Использовалась рабочая смесь $\text{Xe} + 0,8\%\text{H}_2$ при давлении 25 кгс/см², при этом масса газа в полезном объеме камеры составила 550 г. Энергетическое разрешение равнялось 3,8% (FWHM) при энергии 2,5 МэВ. Для снижения γ -фона применялась пассивная защита из 15 см свинца и 10 см бескислородной меди. Подавление фона α -частиц от ^{222}Rn и продуктов его распада осуществлялось дискриминацией по форме ионизационных сигналов. Вся установка расположена в подземной лаборатории Баксансской нейтринной обсерватории ИЯИ АН СССР на глубине 850 метров водного эквивалента. Более подробно установка описана в работе⁵.

¹⁾ Институт теоретической и экспериментальной физики.

На рисунке приведены спектры, полученные в измерениях с обогащенным и естественным Xe. Время измерения 243 и 120 часов, соответственно. В области энергий до 0,7 МэВ существенное превышение фона естественного Xe по сравнению с ^{136}Xe объясняется присутствием ^{85}Kr ($E_{\beta} = 0,672$ МэВ) в естественном ксеноне. В области больших энергий спектры практически совпадают, а какие-либо особенности в областях 2,481 и 1,662 МэВ отсутствуют. Поэтому можно определить лишь верхние пределы для различных мод 2β -распада ^{136}Xe .



Спектры фона для ^{85}Kr (X) и ^{136}Xe (●), полученные на ионизационной камере в низкофоновой защите. В области энергий выше 0,7 МэВ спектры практически совпадают, поэтому спектр для ^{85}Kr не приведен полностью.

$\beta\beta(0\nu)$ -распад, $0^+ - 0^+$ -переход. Скорость счета в интервале $2,481 \pm 0,094$ МэВ составила $0,4$ событий/час. Предел на период полураспада вычислялся по формуле

$$\lim T_{1/2} = \frac{\ln 2 \epsilon N_0 t}{\sqrt{N_\Phi}} , \quad (1)$$

где ϵ – эффективность регистрации, N_0 – число атомов ^{136}Xe , N_Φ – число отсчетов в исследуемом энергетическом интервале, t – время измерения. Подставляя $\epsilon = 0,27$, $N_0 = 2,2 \cdot 10^{24}$, $t = 243$ часа, получаем, для периода полураспада ^{136}Xe :

$$T_{1/2}(0\nu; 0^+ - 0^+) > 1,2 \cdot 10^{21} \text{ лет},$$

с доверительной вероятностью 68 %.

$\beta\beta(0\nu)$ -распад, $0^+ - 2^+$ -переход. Скорость счета в интервале $1,662 \pm 0,063$ МэВ составила $4,8$ событий/час. Предел на период полураспада вычислялся по формуле (1). В данном случае $\epsilon = 0,4$, $N_0 = 2,2 \cdot 10^{24}$, $t = 243$ часа. В результате получаем для периода полураспада ^{136}Xe :

$$T_{1/2}(0\nu; 0^+ - 2^+) > 4,9 \cdot 10^{20} \text{ лет},$$

с доверительной вероятностью 68 %.

$\beta\beta(2\nu)$ -распад, $0^+ - 0^+$ -переход. Скорость счета в интервале 0,7 – 2,0 МэВ для ^{136}Xe и ^{85}Kr составила: $^{136}\text{R} = 159,12 \pm 0,79$ событий/час, $^{85}\text{R} = 159,84 \pm 1,15$ событий/час. Предел на период полураспада вычислялся по формуле:

$$\lim T_{1/2} = \frac{\ln 2 \epsilon N_0 t}{\Delta N} , \quad (2)$$

где $\Delta N = (\sqrt{^{136}\Delta R^2 + ^{85}\Delta R^2 + \text{сист}\Delta R})t$, $\text{сист}\Delta R = 1,62$ событий/час, – возможная систематическая ошибка, обусловленная неточностью в определении количества газа в камере и фона от α -частиц в интервале 0,7 – 2,0 МэВ. В данном случае $\epsilon = 0,42$, $N_0 = 1,9 \cdot 10^{24}$, $t = 243$ часа.

В результате получаем для периода полураспада ^{136}Xe :

$$T_{1/2}(2\nu; 0^+ - 0^+) > 2,1 \cdot 10^{19} \text{ лет},$$

с доверительной вероятностью 68 %, что не противоречит теоретическим расчетам Фогеля и др.^{2, 3}. Используя это ограничение и результаты теоретических расчетов работы⁶, получаем ограничение на значение матричного элемента $|M_{GT}| < 1,3$.

Литература

1. Барабанов И., Гаврин В., Гирин С. и др. Письма в ЖЭТФ, 1986, **43**, 166.
2. Vogel P., Fisher P. Phys. Rev. C, 1985, **32**, 1362.
3. Vogel P., Zirnbauer M. Preprint MAP-78, 1986.
4. Pomansky A. Proc. 6-th Moriond Workshop, 1986, 639.
5. Barabash A., Golubev A., Kazachenko O. et al. Nucl. Instr. Meth., 1986, **B17**, 450.
6. Haxton W., Stephenson G. Preprint LA-UR-84-396, Los Alamos, 1984.

Институт ядерных исследований

Академии наук СССР

Институт теоретической
и экспериментальной физики

Поступила в редакцию
4 января 1987 г.