

НОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПРЕДЕЛ НА РАСПАД $e^- \rightarrow \nu_e + \gamma$

Е. Л. Ковальчук, А. А. Ломанский, А. А. Смольников

Приводятся предварительные результаты эксперимента по исследованию нестабильности электрона. Для распада $e^- \rightarrow \nu_e + \gamma$ получено время жизни электрона $\tau_e > 3,5 \cdot 10^{23}$ лет.

Недавно были сделаны жесткие теоретические ограничения на возможность протекания процессов с несохранением электрического заряда [1, 2]. Это повышает интерес к экспериментам [3, 4], в которых делаются попытки поставить предел на скорость соответствующих реакций. Одним из таких экспериментов является проверка стабильности электрона. Наиболее высокий предел на время жизни электрона независимо от способа его распада ($\tau_e > 5 \cdot 10^{22}$ лет) был установлен в работе [5] из соотношения между числом электронов в земном шаре и величиной электрического тока, текущего через атмосферу.

В данной работе сделана попытка с помощью детектора NaI (Tl) ($l = 400$ мм, $\phi = 70$ мм) повысить существующие нижние пределы, как для процесса $e^- \rightarrow \nu_e + \gamma$ (энерговыведение в детекторе ~ 255 кэВ), так и относительно к типу распада электрона. Во втором случае идея эксперимента заключается в том, что при распаде K-электрона атома иода его энергия связи (33,2 кэВ) должна материализоваться в виде каскада фотоэлектронов и электронов Оже, энерговыведение которых в кристалле NaI (Tl) может быть зарегистрировано.

Эксперимент проводился в подземной низкофоновой камере Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ АН СССР на глубине 660 метров водного эквивалента (МВЭ) [6]. Использование специальных низкорadioактивных материалов позволило снизить радиационный фон детектора более чем в 5000 раз по сравнению с фоном типового NaI (Tl)-детектора в незащищенной горной выработке и довести его до величины 0,35 имп/сек в энергетическом диапазоне 10 — 330 кэВ (масса кристалла NaI (Tl) около 6 кг). Спектр в указанном интервале набирался в течение 515 часов (рис. 1). Дрейф всей аппаратуры за время измерения не выходил за пределы 1%. Энергетическое разрешение (полная ширина на половине высоты максимума) в исследуемых областях спектров (33 и 255 кэВ) составило 48 и 17% соответственно. Статистическая точность для области спектра 255 кэВ равна 2,5% на кэВ, а для области спектра 33 кэВ — 1,5% на кэВ.

Анализ участка спектра вблизи 255 кэВ (рис. 1) с шириной равной энергетическому разрешению детектора (44 кэВ) позволяет, как и в работе [3] принять в качестве верхней границы числа импульсов от гипотетического распада $e^- \rightarrow \nu_e + \gamma$ величину равную одному стандартному отклонению полного числа импульсов в этом диапазоне. Правомерность такой операции вытекает из-за отсутствия какой-либо явно выраженной структуры в интересующей нас области спектра при высокой статистической обеспеченности каждой точки. Основное число

импульсов в рассматриваемом диапазоне связано с радиационным фоном и внутренним β -излучением детектора NaI(Tl). Из соотношения между величиной одного стандартного отклонения числа импульсов в исследуемом интервале, числом электронов в детекторе и временем набора спектра получен предел на время жизни электрона для распада $e^- \rightarrow \nu_e + \gamma$ (с достоверностью одного стандартного отклонения) $\tau_e > 3,5 \cdot 10^{23}$ лет.

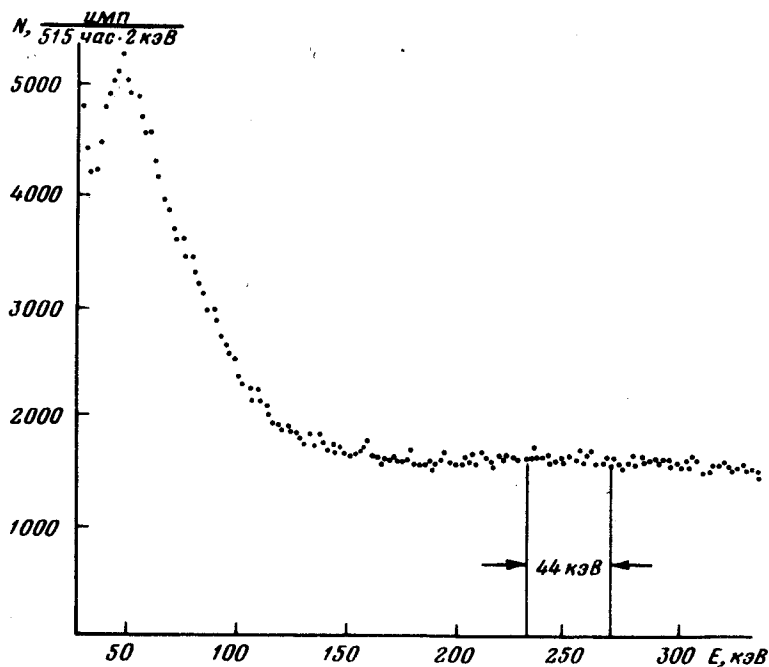


Рис. 1. Спектр импульсов в детекторе NaI(Tl) размером $\phi = 70$ мм, $l = 400$ мм, набранный в течение 515 часов в диапазоне 10–330 кэВ

Была также исследована область спектра фона вблизи 33 кэВ, представленная на рис. 2. Отнесение к гипотетическим распадам электронов всех импульсов внутри интервала с шириной 16 кэВ, соответствующего 48% энергетическому разрешению, безусловно приведет к занижению предела на время жизни электрона, так как характер экспериментального спектра в этой области очень близок к поведению теоретической кривой (рис. 2), рассчитанной на ЭВМ с учетом энергетического разрешения используемого детектора, зависимости сечения взаимодействия γ -излучения с веществом кристалла NaI(Tl) в исследуемом энергетическом интервале и в предположении равномерного распределения γ -фона. Это говорит об определяющем вкладе в экспериментальный спектр фоновых γ -квантов, не имеющих отношения к распаду электронов, так как импульсы, относящиеся к последним, должны иметь вид распределения Гаусса с шириной на полувысоте, равной разрешению детектора. Как видно из рис. 2, расчетная кривая, нормированная на площадь под экспериментальной кривой, совпадает с последней в

пределах статистических ошибок, что указывает на правомерность соотнесения величины одного стандартного отклонения полного числа импульсов в этом диапазоне с максимально возможным вкладом гипотетического распада электронов в наблюдаемый спектр. Отсюда нижний предел на время жизни электрона для всех типов его распадов — $\tau_e > > 2 \cdot 10^{22}$ лет, что несколько ниже значения, полученного в работе [5] косвенным методом, но значительно выше пределов, следующих из выполненных ранее прямых измерений [3, 4].

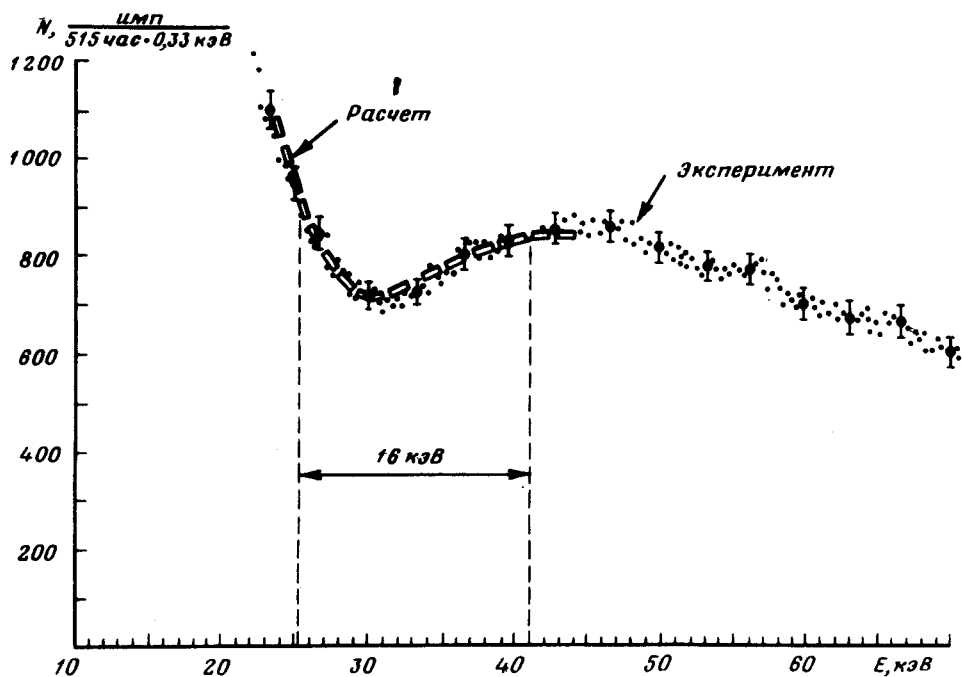


Рис. 2. Спектр импульсов в детекторе NaI (Tl) в диапазоне энергий близких к энергии связи K-электрона атома йода. Пунктирной кривой изображено распределение, рассчитанное с учетом теоретического сечения поглощения γ -квантов и энергетического разрешения детектора

Авторы благодарны Г.Т.Зацепину, Б.М.Понтекорво и А.Е. Чудакову за обсуждение полученных результатов, А.Х.Теммюеву за помощь в проведении измерений и В.И.Гуренцову за выполнение расчетов на ЭВМ.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
8 декабря 1978 г.

Литература

- [1] L.V. Okun, Ya.B. Zeldovich. Preprint ИТЕР, 79, 1978.
- [2] М.Б.Волошин, Л.Б.Окунь. Письма в ЖЭТФ, 28, 156, 1978.
- [3] М.К.Мое, F.Reines. Phys. Rev., B140, 992, 1965.
- [4] R.J.Steinberg et al. Phys. Rev., D12, 2582, 1975.

[5] A. A. Pomansky. In the Proceedings of the International Neutrino Conference. Aachen 1976. Editors: H. Faissner, H. Reithler, P. Zerwas, Vieweg p. 671.

[6] E. L. Kovalchuk et al. In, the Proceedings of the International Low-radioactivity measurements and applications Conference. The High Tatras, CSSR 1975. Bratislava p. 23.
