

Время жизни нейтрона

© В.Б. Смоленский 2016

В статье представлены теоретическое обоснование и экспериментальные подтверждения обнаруженного автором свойства нейтрона – наличие у него двух разных времён жизни. Приведено аналитическое выражение для определения времени жизни нейтрона находящегося в долгоживущем n_L и короткоживущем n_S состояниях. Приведено сравнение результатов теоретических расчётов с данными, представленными в открытом доступе во всемирной сети Интернет.

Ключевые слова: время жизни нейтрона

Известны (например, из работ [1] и [2]), принципиально отличающиеся друг от друга методы определения времени жизни нейтрона: пучковый метод и метод хранения ультра холодных нейтронов (УХН). Пучковый метод заключается в определении отношения двух независимых измерений количества нейтронов и количества распадов нейтрона в заданной области пучка в выходящем из реактора пучке нейтронов. Метод хранения УХН заключается в измерении убывания со временем количества хранящихся в замкнутом объёме УХН. В [1] отмечено, что «УХН образуются из тепловых нейтронов не в результате их дополнительного замедления, а в очень редком процессе единственного неупругого соударения, сопровождающегося потерей тепловым нейтроном практически всей его энергии». В [2] отмечено, что «различие между двумя методиками заключается в том, что в пучковом эксперименте измеряется одна мода распада нейтрона с испусканием протона, а при хранении УХН – все возможные каналы, приводящие к исчезновению нейтрона».

В нижеследующей **Таблице 1** приведена информация о данных по определению времени жизни нейтрона в секундах (с), представленная на сайте Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>).

Таблица 1

N	Значение \pm [stat] \pm [syst] (с)	Год	Автор	Метод
1	$887,7 \pm 1,2 \pm 1,9$	2013	YUE	Пучковый
2	$881,6 \pm 0,8 \pm 1,9$	2012	ARZUMANOV	хранение УХН
3	$882,5 \pm 1,4 \pm 1,5$	2012	STEYERL	хранение УХН
4	$880,7 \pm 1,3 \pm 1,2$	2010	PICHLMAIER	хранение УХН
5	$878,5 \pm 0,7 \pm 0,3$	2005	SEREBROV	хранение УХН
6	$886,3 \pm 1,2 \pm 3,2$	2005	NICO	Пучковый
7	$886,8 \pm 1,2 \pm 3,2$	2003	DEWEY	Пучковый
8	$889,2 \pm 3,0 \pm 3,8$	1996	BYRNE	Пучковый

[stat] – статистическая погрешность; [syst] – систематическая погрешность.

Из представленных в Таблице 1 данных следует, что расхождение между измеренными значениями времени жизни нейтрона даже в наиболее точных экспериментах (строки 1 и 2 таблицы) составляет не менее шести секунд. Поэтому повышение точности определения времени жизни нейтрона, с целью прояснения ситуации, не снимет, по мнению автора, известную [2] проблему расхождения результатов экспериментов по определению времени жизни нейтрона с использованием пучкового метода и метода хранения УХН.

Точка зрения автора на сложившуюся ситуацию с определением времени жизни нейтрона следующая: расхождения между данными экспериментов по определению времени жизни нейтрона с использованием пучкового метода и метода хранения УХН неустранимы, т.е. погрешности измерения не являются следствием погрешностей используемых методов. Истинной причиной расхождений в значениях экспериментальных данных является наличие у нейтрона двух разных времён жизни. Просто пучковый метод оказался более чувствительным к определению времени жизни τ_L нейтрона n , находящегося в долгоживущем состоянии n_L , а метод хранения УХН – более

чувствительным к измерению времени жизни τ_s нейтрона n , находящегося в короткоживущем состоянии n_s .

Пояснение: если в тексте обозначение параметра имеет нижний индекс « π », то это означает, что этот теоретический параметр имеет численное значение, которое может использоваться вместо истинного значения параметра; используются единицы измерения длины $u_{\pi l} = 1,0[\text{см}]$ и времени $u_{\pi t} = 1,0[\text{с}]$ Унитарной системы единиц.

Для определения времени жизни нейтрона запишем не размерное выражение:

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot f_{\pi s} = (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3, \quad (1)$$

где:

$f_{\pi s}$ – скалярный параметр структуры пространства времени;

α_{π} – электромагнитная постоянная;

Δy_{π} – параметрическое смещение.

Параметр $f_{\pi s}$ из (1):

$$f_{\pi s} = \frac{(1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}{(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2} \quad (2)$$

Определим, с учётом (2), время жизни $\tau_{\pi nS}$ короткоживущего нейтрона $n_{\pi S}$ в виде

$$\tau_{\pi nS} = \frac{k_{\pi R}^{1/3} \cdot u_{\pi t}}{f_{\pi s}} = \frac{(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot k_{\pi R}^{1/3}}{(1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3} \cdot u_{\pi t}, \quad (3)$$

а время жизни $\tau_{\pi nL}$ долгоживущего нейтрона $n_{\pi L}$ определим из (3), при условии $\Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi} = 0$, в виде

$$\tau_{\pi nL} = (\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot k_{\pi R}^{1/3} \cdot u_{\pi t}, \quad (4)$$

где коэффициент согласования $k_{\pi R}$:

$$k_{\pi R} = \frac{R_{\pi \infty}}{R_{\infty}}. \quad (5)$$

Постоянная Ридберга $R_{\pi \infty}$, определяется по известной формуле, представленной на сайте National Institute of Standards and Technology (NIST) по адресу <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>:

$$\lambda_C / 2\pi = \frac{\alpha^2}{4\pi \cdot R_{\infty}}. \quad (6)$$

Из выражения

$$\frac{\lambda_{\pi}^3}{2 \cdot \pi^2 \cdot f_{\pi s}^3 \cdot \lambda_{\pi}^2} = 2 \cdot \pi \cdot f_{\pi s} \cdot u_{\pi t} \quad (7)$$

найдем длину λ_{π}

$$\lambda_{\pi} = 4 \cdot \pi^3 \cdot f_{\pi s}^4 \cdot u_{\pi t}. \quad (8)$$

С учётом (7) и подстановки в (6) постоянной тонкой структуры α в виде

$$\alpha = 2 \cdot \pi \cdot \alpha_{\pi}, \quad (9)$$

(6) запишется как

$$R_{\pi \infty} = \frac{\alpha_{\pi}^2}{2 \cdot \pi \cdot f_{\pi s}^4} \cdot u_{\pi t}^{-1}. \quad (10)$$

В **Таблице 2** представлены результаты теоретических расчётов по определению численных значений параметров.

Таблица 2

Наименование параметра	Символ	Численное значение (СГС)
------------------------	--------	--------------------------

Наименование параметра	Символ	Численное значение (СГС)
скалярный параметр структуры пространства-времени	$f_{\pi S}$	$1,161\ 712\ 977\ 019\ 596\ 928\ 9703 \cdot 10^{-3}$
электромагнитная постоянная	α_{π}	$1,161\ 409\ 733\ 400\ 893\ 939\ 4882 \cdot 10^{-3}$
постоянная Ридберга	$R_{\pi\infty}$	$1,178\ 679\ 395\ 222\ 205\ 270\ 7871\ \text{см}^{-1}$
коэффициент согласования*	$k_{\pi R}$	1,074 091 696 0293
время жизни короткоживущего нейтрона $n_{\pi S}$	$\tau_{\pi n S}$	881,552 698 044 с
время жизни долгоживущего нейтрона $n_{\pi L}$	$\tau_{\pi n L}$	886,423 939 853 с

* – значение R_{∞} (CODATA 2010) с сайта NIST: $R_{\infty} = 1,097\ 373\ 156\ 8539(55) \cdot 10^5\ \text{см}^{-1}$.

В **Таблице 3** представлены результаты сравнения данных Таблицы 1 с теоретическими расчётами времён жизни нейтрона из Таблицы 2.

Таблица 3

N	Метод	Год	$\tau_{\pi n L} \pm \Delta_{stat} \pm \Delta_{syst},$ (с)	$\tau_{\pi n S} \pm \Delta_{stat} \pm \Delta_{syst},$ (с)	$\delta_{nL} = \frac{\bar{\tau}_{nL}}{\tau_{nL}^{2016}} - 1$	$\delta_{nS} = \frac{\bar{\tau}_{nS}}{\tau_{nS}^{2016}} - 1$
-	аналитический	2016	886,423 939 853		0,0	
-	аналитический	2016		881,552 698 044		0,0
1	пучковый	2013	$887,7 \pm 1,2 \pm 1,9$		$+ 14 \cdot 10^{-4}$	
2	хранение УХН	2012		$881,6 \pm 0,8 \pm 1,9$		$+ 0,5 \cdot 10^{-4}$
3	хранение УХН	2012		$882,5 \pm 1,4 \pm 1,5$		$+ 11 \cdot 10^{-4}$
4	хранение УХН	2010		$880,7 \pm 1,3 \pm 1,2$		$- 9,7 \cdot 10^{-4}$
5	хранение УХН	2005		$878,5 \pm 0,7 \pm 0,3$		$- 35 \cdot 10^{-4}$
6	пучковый	2005	$886,3 \pm 1,2 \pm 3,2$		$- 1,4 \cdot 10^{-4}$	
7	пучковый	2003	$886,8 \pm 1,2 \pm 3,2$		$+ 4,2 \cdot 10^{-4}$	
8	пучковый	1996	$889,2 \pm 3,0 \pm 3,8$		$+ 31 \cdot 10^{-4}$	

Δ_{stat} – статистическая погрешность; Δ_{syst} – систематическая погрешность.

Список литературы

1. Мостовой Ю А, Мухин К Н, Патаракин О О "Нейтрон вчера, сегодня, завтра" *УФН* **166** 987–1022 (1996)
2. Серебров А П "Исследования фундаментальных взаимодействий в ПИЯФ НИЦ КИ с нейтронами и нейтрино на реакторах" *УФН* **185** 1179–1201 (2015)