

## О теоретическом определении угла Вайнберга и отношения масс W и Z бозонов

© В.Б. Смоленский 2017

Целью данного письма является предоставление научному сообществу информации о возможности теоретического определения угла Вайнберга и отношения масс W и Z бозонов с точностью, равной погрешности определения отношения, экспериментальных значений масс нейтрона и протона.

Ключевые слова: синус угла Вайнберга, отношение масс W и Z бозонов, нейтрона и протона

Для определения теоретических значений квадрата синуса и косинуса угла Вайнберга –  $\sin_{th}^2 \theta_W$  и  $\cos_{th} \theta_W$  соответственно, запишем равенство:

$$a \cdot \bar{a} = 1, \quad (1)$$

где  $a = \frac{n}{m}$ ,  $\bar{a} = \frac{m}{n}$ ;  $n$  и  $m$  – целые положительные числа ( $n > m$ ).

Параметр  $a$  в (1) определяется из соотношения

$$a = \frac{n^2}{2 \cdot n + 1} \quad (n - \text{натуральное число}). \quad (2)$$

Запишем известное равенство [1]:

$$\sin^2 A + \cos^2 A = 1. \quad (3)$$

Пусть

$$\cos^2 A = \bar{a}, \quad (4)$$

тогда (3), с учётом (4) запишется как

$$\sin^2 A + \bar{a} = 1. \quad (5)$$

Имея в виду (1) запишем (5) в виде

$$\sin^2 A = \bar{a} \cdot (a - 1). \quad (6)$$

Равенство (6) имеет решения, если  $a \geq 1$ .

Если  $a < 1$  то действительных решений не существует т.к. в этом случае неполное квадратное уравнение (6) в виде  $\sin^2 A = -const$ , как известно [2], не может иметь никакого положительного и никакого отрицательного действительного корня, т.е. действительное число  $\sqrt{-const}$  не существует. Запишем равенство:

$$k_{\sin}^2 \cdot \sin^2 A + k_{\cos}^2 \cdot \cos^2 A = 1, \quad (7)$$

где  $k_{\sin}$  и  $k_{\cos}$  – безразмерные коэффициенты (свободные параметры).

С учётом (4) и (6) запишем (7) в виде

$$k_{\sin}^2 \cdot \bar{a} \cdot (a - 1) + k_{\cos}^2 \cdot \bar{a} = 1. \quad (8)$$

Из (8) определим  $k_{\sin}$  как

$$k_{\sin} = \sqrt{\frac{1 - k_{\cos}^2 \cdot \bar{a}}{\bar{a} \cdot (a - 1)}}, \quad (9)$$

а  $k_{\cos}$  как

$$k_{\cos} = \sqrt{\frac{1 - k_{\sin}^2 \cdot \bar{a} \cdot (a - 1)}{\bar{a}}}. \quad (10)$$

В **Таблице 1** приведены данные, необходимые как для теоретических расчётов – это экспериментальное значение отношения масс нейтрона  $m_n$  и протона  $m_p$ , так и для сравнения результатов расчётов с экспериментальными данными – это значения масс W и Z бозонов и квадрат синуса угла Вайнберга:  $\sin^2 \theta_W$ .

Таблица 1

Наименование параметра	Символ	Численное значение	Отн. станд. отклон, $u_r$	Источник данных <sup>a</sup>
Отношение масс нейтрона и протона	$m_n / m_p$	1,001 378 418 98(51)	$5,1 \times 10^{-10}$	CODATA 2014 г.
Квадрат синуса угла Вайнберга $\theta_w$	$\sin^2 \theta_w$	0,2223(21)	$9,5 \times 10^{-3}$	CODATA 2014 г.
Масса $W$ бозона	$m_w$	80,385(15)	$1,9 \times 10^{-4}$	PDG 2017 г.
Масса $Z$ бозона	$m_z$	91,1876(21)	$2,3 \times 10^{-5}$	PDG 2017 г.
Косинус угла Вайнберга <sup>b</sup> ( $\cos \theta_w = m_w / m_z$ )	$\cos \theta_w$	0,8815	$2,1 \times 10^{-4}$	

<sup>a</sup> – сайт NIST, адрес страницы: <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>; сайт PDG, адрес страницы: <http://pdg.lbl.gov/2017/reviews/rpp2016-rev-phys-constants.pdf>

<sup>b</sup> – имея в виду [3], что «(максимальная) относительная погрешность произведения равна сумме (максимальных) относительных погрешностей сомножителей» и «(максимальная) относительная погрешность частного равна сумме (максимальных) относительных погрешностей делимого и делителя», относительная погрешность  $u_r$  отношения  $m_w / m_z$  определяется как  $u_r = \delta_w + \delta_z$ , где  $\delta_w$  и  $\delta_z$  – относительные погрешности масс  $m_w$  и  $m_z$  соответственно;  $\delta_w = 1,9 \times 10^{-4}$ ,  $\delta_z = 2,3 \times 10^{-5}$ .

В Таблице 2 приведены результаты теоретических расчётов по определению  $\sin_{th}^2 \theta_w$  и  $\cos_{th} \theta_w$  и сравнения полученных данных с данными Таблицы 1. Отметим, что расчёты проделаны в предположении, что  $n$  – число измерений пространства равно трём.

Таблица 2

Наименование параметра	Символ	Расчётная формула	Численное значение
Вещественное число	$a$	$a = \frac{n^2}{2 \cdot n + 1} \quad (n = 3)$	1,285714 285714...285714...
Вещественное число	$\bar{a}$	$\bar{a} = \frac{1}{a}$	0,777...7...
Квадрат синуса угла Вайнберга*	$\sin_{th}^2 \theta_w$	$\sin_{th}^2 \theta_w = k_{sin}^2 \cdot \bar{a} \cdot (a - 1)$	0,222 835 275 11
Косинус угла Вайнберга	$\cos_{th} \theta_w$	$\cos_{th} \theta_w = \sqrt{1 - \sin_{th}^2 \theta_w}$	0,881 569 466 85
Погрешность определения $\sin^2 \theta_w$	$\delta_{\sin^2}$	$\delta_{\sin^2} = \frac{\sin_{th}^2 \theta_w}{\sin^2 \theta_w} - 1$	$2,4 \times 10^{-3}$
Отношение погрешностей	-	$\frac{u_{r \sin^2}}{\delta_{\sin^2}} \quad (u_{r \sin^2} = u_r \text{ из табл.1})$	4,0
Погрешность определения $\cos \theta_w$	$\delta_{\cos}$	$\delta_{\cos} = \frac{\cos_{th} \theta_w}{\cos \theta_w} - 1$	$0,8 \times 10^{-4}$
Отношение погрешностей	-	$\frac{u_{r \cos}}{\delta_{\cos}} \quad (u_{r \cos} = u_r \text{ из табл.1})$	2,6

\* В данном случае  $k_{sin} = m_n / m_p$ . Отношение  $m_n / m_p$  взято из Таблицы 1. Следует отметить, что если  $k_{sin} = 1$ , то  $\sin_{th}^2 \theta_w = \bar{a} \cdot (a - 1) = 0,222...2...$

Отметим, что точность теоретического определения угла Вайнберга и отношения масс  $W$  и  $Z$  бозонов выше точности экспериментального определения указанных параметров в 4 и 2,6 раза соответственно, причём точность теоретических значений ограничена только погрешностью определения отношения масс нейтрона и протона – в настоящее время это десятый знак после запятой.

Для вышеизложенного, представляется уместной цитата из [4]: «Угол Вайнберга и массы  $m_w$ ,  $m_z^0$  измеряются в независимых экспериментах, поэтому справедливость приведённых соотношений с процентной погрешностью служит очень важным аргументом в пользу теории электрослабого взаимодействия».

## Список литературы

1. Двайт Г Б *Таблицы интегралов и другие математические формулы* (М.: Наука, 1977, стр. 70)
2. Выгодский М Я *Справочник по элементарной математике* ( М.: Наука, 1974, стр. 175)
3. Фихтенгольц Г М *Основы математического анализа* (М.: Наука, 1968, Т. 1, стр. 255-256)
4. *Физическая энциклопедия* (М.: Большая Российская энциклопедия, 1994, Т. 4, стр. 145)