

В статье представлен оригинальный метод теоретического определения прецизионных значений фундаментальных физических констант. В их числе постоянная тонкой структуры, аномалия магнитного момента электрона, отношение масс электрон-протон и нейтрон-протон, длина волны Комптона, постоянная Ридберга, масса электрона, длина Планка, масса Планка, скорость света в вакууме, постоянная Планка, гравитационная постоянная, время жизни нейтрона. Приведены аналитические выводы, конечные расчётные формулы и результаты теоретических расчётов прецизионных значений указанных констант.

Запишем выражение

$$k_{\pi 0}^{n-1} \cdot \lambda_{\pi} \cdot (1 \pm \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^n = (\sqrt{2} \cdot \pi)^n \cdot \lambda_{\pi 0}^n, \quad (1)$$

в котором

$$k_{\pi 0} = \alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi} \cdot \lambda_{\pi}; \quad \lambda_{\pi 0}^n = \pi^{n-1} \cdot k_{\pi 0}^n; \quad (2)$$

α_{π} , β_{π} , Δy_{π} – числовые параметры; λ_{π} , $k_{\pi 0}$, $\lambda_{\pi 0}$ – параметры с размерностью длины; $n = 1, 2, 3, \dots$ – числа натурального ряда.

Известно [1, с. 37] алгебраическое уравнение с неизвестным x степени n вида:

$$f(x) \equiv a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n = 0 \quad (a_0 \neq 0). \quad (3)$$

Здесь n – целое неотрицательное число, a_0, a_1, \dots, a_n – действительные числа, $f(x)$ – многочлен [2, с. 7] степени n от одного переменного x вида:

$$f(x) = (1+x)^n = 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2!} x^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} x^3 + \dots + \frac{n!}{(n-r)!r!} x^r + \dots \quad (4)$$

$$f(x) = (1-x)^n = 1 - nx + \frac{n(n-1)}{2!} x^2 - \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} x^3 + \dots + (-1)^r \frac{n!}{(n-r)!r!} x^r + \dots \quad (5)$$

Если n – целое положительное число, то выражения (4) и (5) состоят из *конечного* числа членов.

Алгебраическое уравнение вида (3) называется *действительным*, если все его коэффициенты a_i – *действительные числа*. Известно [1, с. 39] что соответствующий уравнению (3) действительный многочлен $f(x)$ вида (4) и (5) при всех действительных значениях x принимает действительные значения. В статье используются только действительные алгебраические уравнения вида (3).

Известно [1, с. 38], что общие формулы выражающие корни алгебраических уравнений через их коэффициенты и содержащие только *конечное число* операций сложений, вычитаний, умножений, делений и извлечений корня существуют только для уравнений степени $n \leq 4$. Имея это в виду, запишем уравнение (1) для случая $n = 3$ в виде:

$$k_{\pi 0}^2 \cdot \lambda_{\pi} \cdot (1 \pm \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3 = (\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \lambda_{\pi 0}^3, \quad (6)$$

тогда $\lambda_{\pi 0}^3$ из (2) запишется как

$$\lambda_{\pi 0}^3 = \pi^2 \cdot k_{\pi 0}^3. \quad (7)$$

Запишем (6) в виде

$$\frac{(1 \pm \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}{(\sqrt{2} \cdot \pi)^3} \cdot k_{\pi 0}^2 \cdot \lambda_{\pi} = \lambda_{\pi 0}^3. \quad (8)$$

Обозначив площадь s_{π} как

$$s_{\pi} = \frac{(1 \pm \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}{(\sqrt{2} \cdot \pi)^3} \cdot k_{\pi 0}^2, \quad (9)$$

запишем (8), с учётом (9), как

$$s_{\pi} \cdot \lambda_{\pi} = \lambda_{\pi 0}^3. \quad (10)$$

С учётом (2), площадь (9) запишется как

$$s_{\pi} = \frac{(1 \pm \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3 \cdot (\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi})^2}{(\sqrt{2} \cdot \pi)^3} \cdot \lambda_{\pi}^2. \quad (11)$$

В то же время, учитывая (2), (7) и (10), площадь s_{π} можно записать как

$$s_{\pi} = \pi^2 \cdot (\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi})^3 \cdot \lambda_{\pi}^2, \quad (12)$$

а объём v_{π} , с учётом (10), записать как

$$v_{\pi} = \pi^2 \cdot (\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi})^3 \cdot \lambda_{\pi}^3. \quad (13)$$

Приравняв (11) и (12), получим:

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_\pi \cdot \beta_\pi = (1 \pm \Delta y_\pi \cdot \alpha_\pi)^3. \quad (14)$$

Обозначив площадь $s_{\pi F}$ как

$$s_{\pi F} = 4 \cdot \pi^2 \cdot (\alpha_\pi \cdot \beta_\pi)^2 \cdot u_{\pi l}^2, \quad (15)$$

где $u_{\pi l} = 1, 0$ см – единичное значение длины, найдём площадь s_π в виде

$$s_\pi = \psi_\pi \cdot s_{\pi F} \cdot u_{\pi l}^2, \quad (16)$$

где ψ_π – постоянная масштабной инвариантности:

$$\psi_\pi = \alpha_\pi^9 \cdot \beta_\pi^3 \cdot \frac{8\pi^6}{\sqrt{\pi}}. \quad (17)$$

Исходя из равенства (12) и (16) определим длину λ_π как

$$\lambda_\pi = 2 \cdot \sqrt{\frac{\psi_\pi}{\alpha_\pi \cdot \beta_\pi}} \cdot u_{\pi l}, \quad (18)$$

В (18) α_π – электромагнитная постоянная, β_π – константа параметрической связи.

Для определения s_π и λ_π необходимо определить α_π , β_π и ψ_π .

Для определения α_π и β_π запишем выражение:

$$\frac{\alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_\pi}{\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e}} = \frac{(\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e})^n}{(\alpha_\pi \cdot \beta_\pi)^n}. \quad (19)$$

Для $n = 3$ (19) запишется как

$$\frac{\alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_\pi}{\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e}} = \frac{(\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e})^3}{(\alpha_\pi \cdot \beta_\pi)^3} \quad (20)$$

Запишем (20) в виде

$$(\alpha_\pi \cdot \beta_\pi)^3 = \frac{\alpha_{\pi e}^4 \cdot \beta_{\pi e}^4}{\alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_\pi}. \quad (21)$$

Тогда, из (21):

$$\alpha_\pi \cdot \beta_\pi = \left[\frac{(\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e})^4}{\alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_\pi} \right]^{1/3}. \quad (22)$$

$$f_{\pi s} = \alpha_\pi \cdot \beta_\pi, \quad (23)$$

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

Для определения α_π запишем выражение:

$$\frac{[\alpha \cdot \beta]_\pi}{\alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_\pi} = \frac{(\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e})^n}{[\alpha \cdot \beta]_\pi^n}. \quad (24)$$

Если $n = 3$, то (24) запишется в виде

$$[\alpha \cdot \beta]_\pi^4 = (\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e})^3 \cdot \alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_\pi. \quad (25)$$

Из (25):

$$[\alpha \cdot \beta]_\pi = \left[(\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e})^3 \cdot \alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_\pi \right]^{1/4}. \quad (26)$$

Обозначим отношение (26) к (22) как:

$$k_\pi^4 = \frac{[\alpha \cdot \beta]_\pi}{\alpha_\pi \cdot \beta_\pi}. \quad (27)$$

Из (27) коэффициент асимметрии k_π :

$$k_\pi = \left(\frac{[\alpha \cdot \beta]_\pi}{\alpha_\pi \cdot \beta_\pi} \right)^{1/4}. \quad (28)$$

Электромагнитная постоянная α_π определяется как $\alpha_\pi = \alpha_{\pi e} / k_\pi$. (29)

Константа параметрической связи β_π определяется как $\beta_\pi = f_{\pi s} / \alpha_\pi$. (30)

Для нахождения значений $f_{\pi s}$ и α_{π} необходимо определить параметры $\alpha_{\pi 0}$ и $\bar{\beta}_{\pi}$, $\alpha_{\pi e}$ и $\beta_{\pi e}$.

Для определения значений параметров $\alpha_{\pi 0}$ и $\bar{\beta}_{\pi}$ запишем уравнение (14) в виде

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi 0} \cdot \bar{\beta}_{\pi} = (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3, \quad (31)$$

в котором:

$$\bar{\beta}_{\pi} = 1 + \bar{\beta}_{\pi 0}; \quad (32)$$

$$\Delta y_{\pi 0} = \sqrt[4]{2 \cdot \pi}; \quad (33)$$

$$\varphi_{\pi 0} = \frac{\alpha_{\pi 0}}{\bar{\beta}_{\pi 0}}, \quad (\varphi_{\pi 0} = \sqrt{2} \cdot \pi). \quad (34)$$

Правая часть (31) представляет собой многочлен (4) для $n = 3$ [2, с. 8]:

$$(1 + x)^3 = 1 + 3x + 3x^2 + x^3. \quad (35)$$

Обозначив $x = \Delta y_{\pi 0} \cdot \alpha_{\pi 0}$, запишем (35) в виде

$$(1 + \Delta y_{\pi 0} \cdot \alpha_{\pi 0})^3 = 1 + 3 \cdot \Delta y_{\pi 0} \cdot \alpha_{\pi 0} + 3 \cdot \Delta y_{\pi 0}^2 \cdot \alpha_{\pi 0}^2 + \Delta y_{\pi 0}^3 \cdot \alpha_{\pi 0}^3. \quad (36)$$

Известно [1, с. 44], что уравнение (35) можно записать в общем виде как:

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0. \quad (37)$$

Используя любой из известных методов решения кубических уравнений, найдем действительный корень уравнения (31) – параметр $\alpha_{\pi 0}$.

Для определения значений параметров $\alpha_{\pi e}$ и $\beta_{\pi e}$ запишем (14) в виде:

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e} = (1 - \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi e})^3, \quad (38)$$

в котором

$$\beta_{\pi e} = 1 + \frac{\bar{\beta}_{\pi 0}}{(1 + \bar{\beta}_{\pi 0})^3}. \quad (39)$$

Правая часть (38) представляет собой многочлен (5) для $n = 3$ [2, с. 8]:

$$(1 - x)^3 = 1 - 3x + 3x^2 - x^3. \quad (40)$$

Обозначив $x = \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi e}$, запишем (40) в виде

$$(1 - \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi e})^3 = 1 - 3 \cdot \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi e} + 3 \cdot \Delta y_{\pi e}^2 \cdot \alpha_{\pi e}^2 - \Delta y_{\pi e}^3 \cdot \alpha_{\pi e}^3. \quad (41)$$

Для нахождения коэффициента $\Delta y_{\pi e}$ в (41) запишем квадратное уравнение

$$\frac{1}{\varphi_{\pi 0}} \cdot \alpha_{\pi x}^2 + \alpha_{\pi x} - \bar{\beta}_{\pi} = 0. \quad (42)$$

Отношение корней уравнения (42) запишем как:

$$\Delta_{\pi x} = \frac{\alpha_{\pi x 2}}{\alpha_{\pi x 1}}. \quad (43)$$

Находим $\Delta y_{\pi e}$ как

$$\Delta y_{\pi e} = \frac{\Delta_{\pi x}}{\Delta y_{\pi 0}^3}. \quad (44)$$

Используя любой из известных методов решения кубических уравнений, найдем действительный корень уравнения (38) – параметр $\alpha_{\pi e}$.

Для определения аномалии $a_{\pi e}$ магнитного момента электрона найдём параметр $a_{\pi ex}$ из уравнения

$$(1 - \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi e})^3 = k_{\pi q}^4 \cdot (1 - \Delta y_{\pi e} \cdot a_{\pi ex})^3, \quad (45)$$

где коэффициент зарядовой асимметрии $k_{\pi q}$: $k_{\pi q} = \alpha_{\pi x} / \alpha_{\pi y}$. (46)

Параметры $\alpha_{\pi x} < 1$ и $\alpha_{\pi y} < 1$ – действительные корни кубических уравнений вида (14):

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi x} \cdot \bar{\beta}_{\pi} = (1 - \Delta y_{\pi 0} \cdot \alpha_{\pi x})^3; \quad (47)$$

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi y} \cdot \beta_{\pi e} = (1 + \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi y})^3. \quad (48)$$

Параметр $a_{\pi ex}$ найдем прямым расчётом из уравнения $(1 - \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi e})^3 = k_{\pi m} \cdot (1 - \Delta y_{\pi e} \cdot a_{\pi ex})^3$. (49)

$$\text{Параметр } a_{\pi e} \text{ найдём прямым расчётом из уравнения } (1 - \Delta y_{\pi e} \cdot \alpha_{\pi})^3 = k_{\pi q} \cdot (1 - \Delta y_{\pi e} \cdot a_{\pi e})^3. \quad (50)$$

Для определения $r_{\pi ep}$ – отношения масс электрон-протон, запишем соотношение:

$$\lambda_{\pi x} \cdot \lambda_{\pi y} \cdot \lambda_{\pi 0} = (\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \lambda_{\pi 0}^3 \cdot \gamma_{\pi}. \quad (51)$$

$$\text{Запишем уравнение (6) в виде } k_{\pi 0}^2 \cdot \lambda_{\pi x} \cdot (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3 = (\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \lambda_{\pi 0}^3. \quad (52)$$

Имея в виду (7), разделим (51) на (52), получим:

$$\frac{\lambda_{\pi y} \cdot \lambda_{\pi 0}}{k_{\pi 0}^2 \cdot (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3} = \gamma_{\pi}. \quad (53)$$

С учётом (2), запишем (53) как:

$$\frac{\lambda_{\pi y}}{\lambda_{\pi x}} = \frac{\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi} \cdot (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}{\sqrt[3]{\pi^2}} \cdot \gamma_{\pi}. \quad (54)$$

Обозначив $\theta_{\pi} = \lambda_{\pi y} / \lambda_{\pi x}$, запишем (54) как

$$\theta_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi} \cdot (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}{\sqrt[3]{\pi^2}} \cdot \gamma_{\pi}. \quad (55)$$

Для двухчастичной системы электрон-протон коэффициент γ_{π} можно записать в виде

$$\gamma_{\pi p} = \left(1 - \frac{\alpha_{\pi}}{\alpha_{\pi s}}\right) \cdot k_{\pi st}, \quad (56)$$

где $\alpha_{\pi s}$ – постоянная сильного взаимодействия, $k_{\pi st}$ – коэффициент стабильности:

$$k_{\pi st} = k_{\pi}^9. \quad (57)$$

Запишем (55), с учётом (56), как $r_{\pi ep}$ – отношение масс электрона и протона:

$$r_{\pi ep} = \frac{\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi} \cdot (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}{\sqrt[3]{\pi^2}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_{\pi}}{\alpha_{\pi s}}\right) \cdot k_{\pi st}. \quad (58)$$

Параметр Δy_{π} находим прямым расчётом из уравнения (14), которое можно записать в виде

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot f_{\pi s} = (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3. \quad (59)$$

Постоянную сильного взаимодействия $\alpha_{\pi s}$ находим из уравнения (14), записанного в виде

$$(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi z} \cdot \beta_{\pi} = (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi z})^3. \quad (60)$$

Решив уравнение (60), найдём три действительных значения корня $\alpha_{\pi z}$: α_{π} , $\alpha_{\pi s}$ и $\alpha_{\pi 3}$.

С учётом (23), уравнение (58) запишется как:

$$r_{\pi ep} = \frac{f_{\pi s} \cdot (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}{\sqrt[3]{\pi^2}} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_{\pi}}{\alpha_{\pi s}}\right) \cdot k_{\pi st}, \quad (61)$$

Отношение масс нейтрон-протон $r_{\pi np}$ запишем в виде

$$r_{\pi np} = \frac{m_{\pi n}}{m_{\pi p}} = \frac{f_{\pi s}}{\alpha_{\pi e} \cdot \beta_{\pi e}} \cdot \sqrt[4]{k_{\pi} \cdot (1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3}. \quad (62)$$

Для определения скорости света в вакууме $c_{\pi 0}$ запишем длину $\lambda_{\pi 0e}$ в виде

$$\lambda_{\pi 0e} = \psi_{\pi} \cdot c_{\pi 0} \cdot \tau_{\pi 0} = \frac{\psi_{\pi}}{\sqrt{\pi \cdot f_{\pi s}}} \cdot c_{\pi 0} \cdot u_{\pi t}, \quad (63)$$

здесь $\tau_{\pi 0}$ – интервал времени в виде

$$\tau_{\pi 0} = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f_{\pi s}}} \cdot u_{\pi t} \quad (u_{\pi t} = 1 \text{ с – единичное значение времени}). \quad (64)$$

Приравняв (18) и (63), найдём $c_{\pi 0}$:

$$c_{\pi 0} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot f_{\pi s}}{\psi_{\pi}}} \cdot \frac{u_{\pi t}}{u_{\pi t}}. \quad (65)$$

С учётом (15) определим массу Планка $m_{\pi 0P}$ как

$$m_{\pi 0P} = s_{\pi F} \cdot u_{\pi sm} = 4 \cdot \pi^2 \cdot f_{\pi s}^2 \cdot u_{\pi m}, \quad (66)$$

где $u_{\pi m} = 1 \Gamma$ – единичное значение массы, $u_{\pi sm} = u_{\pi m} / u_{\pi l}^2$ – единичное значение поверхностной плотности массы.

С учётом (16) определим массу электрона $m_{\pi 0e}$:

$$m_{\pi 0e} = \psi_{\pi} \cdot m_{\pi 0P} = \frac{32 \cdot \pi^8}{\sqrt{\pi}} \cdot \alpha_{\pi}^6 \cdot f_{\pi s}^5 \cdot u_{\pi m}. \quad (67)$$

Длину Планка $l_{\pi 0P}$ определим как

$$l_{\pi 0P} = \psi_{\pi} \cdot \lambda_{\pi 0e}. \quad (68)$$

Постоянную Планка $h_{\pi 0}$ определим из равенства $h_{\pi 0} = m_{\pi 0e} \cdot \lambda_{\pi 0e} \cdot c_{\pi 0}$: (69)

$$h_{\pi 0} = \frac{16 \cdot \pi^3}{\sqrt{\pi}} \cdot \psi_{\pi} \cdot f_{\pi s}^2 \cdot u_{\pi m} \cdot u_{\pi l}^2 \cdot u_{\pi t}^{-1}. \quad (70)$$

Имея в виду известную [3] формулу для массы Планка, запишем гравитационную постоянную $G_{\pi 0}$ в виде

$$G_{\pi 0} = \frac{h_{\pi 0} \cdot c_{\pi 0}}{m_{\pi 0P}^2}. \quad (71)$$

$$G_{\pi 0} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\psi_{\pi}}{\pi^2 \cdot f_{\pi s}^3}} \cdot u_{\pi m}^{-1} \cdot u_{\pi l}^3 \cdot u_{\pi t}^{-2}. \quad (72)$$

Имея в виду известную [3] формулу для постоянной Ридберга R_{∞} и, с учётом того что постоянная тонкой структуры α равна $2 \cdot \pi \cdot \alpha_{\pi}$, запишем постоянную Ридберга $R_{\pi 0\infty}$ в виде

$$R_{\pi 0\infty} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi}^2}{\lambda_{\pi 0e}}. \quad (73)$$

Запишем известное выражение для R_H – постоянной Ридберга для атома протия [4, с. 333], в виде

$$R_{\pi 0H} = \frac{R_{\pi 0\infty}}{1 + r_{\pi ep}}. \quad (74)$$

Определим, с учётом (14), время жизни $\tau_{\pi 0nS}$ нейтрона в виде

$$\tau_{\pi 0nS} = \frac{1}{f_{\pi s}} \cdot u_{\pi t} = \frac{(\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2}{(1 + \Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi})^3} \cdot u_{\pi t}, \quad (75)$$

а время жизни $\tau_{\pi 0nL}$ нейтрона определим из (75), при условии $\Delta y_{\pi} \cdot \alpha_{\pi} = 0$, как

$$\tau_{\pi 0nL} = (\sqrt{2} \cdot \pi)^3 \cdot \pi^2 \cdot u_{\pi t}. \quad (76)$$

В **Таблице 1** представлены результаты теоретических расчётов фундаментальных физических констант.

Таблица 1

Наименование параметра	Символ	Числовое значение параметра и Унитарная система единиц измерения (ULMT): $u_{\pi l}$ – длина L, $u_{\pi m}$ – масса M, $u_{\pi t}$ – время T.
скалярный параметр структуры пространства-времени	$f_{\pi s}$	$1.161\ 712\ 977\ 019\ 596\ 928\ 970 \cdot 10^{-3}$
электромагнитная постоянная	α_{π}	$1.161\ 409\ 733\ 400\ 893\ 939\ 488 \cdot 10^{-3}$
постоянная масштабной инвариантности	ψ_{π}	$1.669\ 642\ 831\ 928\ 813\ 892\ 580 \cdot 10^{-23}$
аномалия магнитного момента электрона	$a_{\pi e}$	$1.159\ 652\ 180\ 787\ 834\ 463\ 056 \cdot 10^{-3}$
отношение масс электрона и протона	$r_{\pi ep}$	$5.446\ 170\ 218\ 699\ 090\ 667\ 403 \cdot 10^{-4}$
отношение масс нейтрона и протона	$r_{\pi np}$	1.001 378 418 821 278 239 951
длина волны Комптона	$\lambda_{\pi 0e}$	$2.397\ 686\ 311\ 973\ 620\ 014\ 644 \cdot 10^{-10} \cdot u_{\pi l}$

постоянная Ридберга	$R_{\pi 0\infty}$	$1.110\ 473\ 757\ 591\ 524\ 062\ 284 \cdot 10^5 \cdot u_{\pi l}^{-1}$
постоянная Ридберга для атома протия	$R_{\pi 0H}$	$1.109\ 869\ 303\ 876\ 581\ 969\ 090 \cdot 10^5 \cdot u_{\pi l}^{-1}$
длина Планка	$l_{\pi 0P}$	$4.003\ 279\ 764\ 000\ 588\ 475\ 179 \cdot 10^{-33} \cdot u_{\pi l}$
масса Планка	$m_{\pi 0P}$	$5.327\ 916\ 601\ 289\ 305\ 325\ 663 \cdot 10^{-5} \cdot u_{\pi m}$
масса электрона	$m_{\pi 0e}$	$8.895\ 717\ 762\ 457\ 216\ 951\ 752 \cdot 10^{-28} \cdot u_{\pi m}$
скорость света в вакууме	$c_{\pi 0}$	$2.956\ 940\ 350\ 460\ 685\ 347\ 708 \cdot 10^{10} \cdot u_{\pi l} \cdot u_{\pi t}^{-1}$
постоянная Планка	$h_{\pi 0}$	$6.306\ 899\ 681\ 854\ 357\ 861\ 857 \cdot 10^{-27} \cdot u_{\pi m} \cdot u_{\pi l}^2 \cdot u_{\pi t}^{-1}$
гравитационная постоянная	$G_{\pi 0}$	$6.569\ 671\ 443\ 515\ 959\ 457\ 337 \cdot 10^{-8} \cdot u_{\pi m}^{-1} \cdot u_{\pi l}^3 \cdot u_{\pi t}^{-2}$
время жизни нейтрона	$\tau_{\pi 0nS}$	$8.607\ 978\ 216\ 491\ 344\ 283\ 499 \cdot 10^2 \cdot u_{\pi t}$
время жизни нейтрона	$\tau_{\pi 0nL}$	$8.655\ 543\ 771\ 529\ 690\ 368\ 410 \cdot 10^2 \cdot u_{\pi t}$

В **Таблице 2** представлены, с учётом точности экспериментальных значений R_{∞} и c , результаты теоретических расчётов размерных фундаментальных физических констант.

Таблица 2

Наименование размерного параметра	Обозначение и расчётная формула	Числовое значение параметра и система единиц измерения (SGS): см., грамм, секунда.
коэффициент асимметрии параметров	$k_{\pi R} = R_{\pi 0\infty} / \bar{R}_{\infty}$	1.011 938 145 7946
длина волны Комптона	$\lambda_{\pi e} = k_{\pi R} \cdot \lambda_{\pi 0e}$	$2.426\ 310\ 240\ 7357 \cdot 10^{-10}$ см
постоянная Ридберга для атома протия	$R_{\pi H} = R_{\pi 0H} / k_{\pi R}$	$1.096\ 775\ 834\ 0655 \cdot 10^5$ см ⁻¹
масса электрона	$m_{\pi e} = k_{\pi R}^2 \cdot m_{\pi 0e}$	$9.109\ 382\ 325\ 3399 \cdot 10^{-28}$ г
длина Планка	$l_{\pi P} = k_{\pi R} \cdot l_{\pi 0P}$	$4.051\ 071\ 501\ 4798 \cdot 10^{-33}$ см
масса Планка	$m_{\pi P} = k_{\pi R}^2 \cdot m_{\pi 0}$	$5.455\ 886\ 822\ 7024 \cdot 10^{-5}$ г
коэффициент асимметрии параметров	$k_{\pi c} = \bar{c} / c_{\pi 0}$	1.013 860 351
постоянная Планка	$h_{\pi} = k_{\pi R}^3 \cdot k_{\pi c} \cdot h_{\pi 0}$	$6.626\ 069\ 158 \cdot 10^{-27}$ Г · см ² · с ⁻¹
гравитационная постоянная	$G_{\pi} = \frac{k_{\pi c}^2}{k_{\pi R}} \cdot G_{\pi 0}$	$6.673\ 381\ 640 \cdot 10^{-8}$ Г ⁻¹ · см ³ · с ⁻²
время жизни нейтрона	$\tau_{\pi nS} = \tau_{\pi 0nS} \cdot k_{\pi R} \cdot k_{\pi c}$	$8.831\ 475\ 450 \cdot 10^2$ с
время жизни нейтрона	$\tau_{\pi nL} = \tau_{\pi 0nL} \cdot k_{\pi R} \cdot k_{\pi c}$	$8.880\ 275\ 996 \cdot 10^2$ с

$R_{\infty} = 1,097\ 373\ 156\ 8539(55) \cdot 10^5$ см⁻¹ [3]; $c = 2,997\ 924\ 583(12) \cdot 10^{10}$ см · с⁻¹ (из доклада на XV Генеральной конференции по мерам и весам (оригинал на фр., с. 68): <http://www.bipm.org/utils/common/pdf/CGPM/CGPM15.pdf>).

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Корн и Т. Корн, *Справочник по математике для научных работников и инженеров*, Наука, Москва (1974). (Granino A. Korn, Ph.D., Theresa M. Korn, M.S. Mathematical handbook for scientists and engineers definitions, theorems and formulas for reference and review. Second, enlargend and revised editon. MsGraw-Hill Book Company New York San Francisco Toronto London Sydney, 1968).
2. Г.Б. Двайт, *Таблицы интегралов и другие математические формулы*, Наука, Москва (1977), издание пятое. (Herbert Bristol Dwight. Tables of integrals and other mathematical data, fourth edition. New York, the Macmillan company, 1961).
3. Peter J. Mohr, Barry N. Taylor, and David B. Newell, Rev. Mod. Phys. **84**, 1527 (2012).
4. Э.В. Шпольский, *Атомная физика*, Наука, Москва (1984), Т. 1, издание седьмое.

Приложение

Определение постоянной масштабной инвариантности

Для определения постоянной масштабной инвариантности ψ_π запишем массу $M_{\pi x}$ как:

$$M_{\pi 0x} = M_{\pi 0} / \psi_\pi. \quad (1.1)$$

$M_{\pi 0x}$ можно также записать в виде

$$M_{\pi 0x} = b \cdot \rho_{\pi 0x} \cdot R_{\pi 0x}^3, \quad (1.2)$$

где плотность $\rho_{\pi 0x}$ запишем как

$$\rho_{\pi 0x} = \psi_\pi^4 \cdot \rho_{\pi 0P}, \quad (1.3)$$

а массу $M_{\pi 0}$ в виде

$$M_{\pi 0} = a \cdot \rho_{\pi 0P} \cdot (\alpha_\pi \cdot \beta_\pi \cdot \lambda_\pi)^3; \quad (1.4)$$

здесь a и b – коэффициенты формы.

Определим длину $R_{\pi 0x}$:

$$R_{\pi 0x} = \sqrt[3]{\frac{M_{\pi 0x}}{b \cdot \rho_{\pi 0x}}} = \sqrt[3]{\frac{\rho_{\pi 0P} \cdot a \cdot (\alpha_\pi \cdot \beta_\pi \cdot \lambda_\pi)^3}{\psi_\pi \cdot b \cdot \psi_\pi^4 \cdot \rho_{\pi 0P}}}, \quad (1.5)$$

или, после преобразования:

$$R_{\pi 0x} = \frac{\lambda_\pi \cdot \alpha_\pi \cdot \beta_\pi}{\psi_\pi \cdot \sqrt[3]{\psi_\pi^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{a}{b}}. \quad (1.6)$$

Найдём отношение $R_{\pi 0x}$ к длине $R_{\pi 0g}$, записанной в виде

$$R_{\pi 0g} = M_{\pi 0} \cdot \frac{G_{\pi 0}}{c_{\pi 0}^2} = a \cdot \rho_{\pi 0P} \cdot (\alpha_\pi \cdot \beta_\pi \cdot \lambda_\pi)^3 \cdot \frac{G_{\pi 0}}{c_{\pi 0}^2}, \quad (1.7)$$

$$\frac{R_{\pi 0x}}{R_{\pi 0g}} = \frac{c_{\pi 0}^4 \cdot m_{\pi 0P}^2 \cdot \psi_\pi}{h_{\pi 0}^2 \cdot \rho_{\pi 0P} \cdot G_{\pi 0} \cdot a \cdot \alpha_\pi^2 \cdot \beta_\pi^2 \cdot \sqrt[3]{\psi_\pi^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{a}{b}} \quad (1.8)$$

В виду того, что:

$$\frac{c_{\pi 0}^4 \cdot m_{\pi 0P}^2}{h_{\pi 0}^2 \cdot \rho_{\pi 0P} \cdot G_{\pi 0}} = 1, \quad (1.9)$$

(1.8) запишется в виде:

$$\frac{R_{\pi 0x}}{R_{\pi 0g}} = \frac{\psi_\pi}{a \cdot \alpha_\pi^2 \cdot \beta_\pi^2 \cdot \sqrt[3]{\psi_\pi^2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{a}{b}} \quad (1.10)$$

Рассмотрим три возможных варианта.

1. Первый вариант:

$$R_{\pi 0x} / R_{\pi 0g} = 1. \quad (1.11)$$

Тогда (1.10), после возведения в куб, запишется как:

$$\frac{\psi_\pi}{a^2 \cdot \alpha_\pi^6 \cdot \beta_\pi^6} \cdot \frac{1}{b} = 1^3. \quad (1.12)$$

$$\psi_{\pi 1} = \alpha_\pi^6 \cdot \beta_\pi^6 \cdot a^2 \cdot b. \quad (1.13)$$

2. Второй вариант:

$$R_{\pi 0x} / R_{\pi 0g} = \alpha_\pi / \beta_\pi. \quad (1.14)$$

Тогда (1.10) после возведения в куб запишется как:

$$\frac{\psi_\pi}{a^2 \cdot \alpha_\pi^6 \cdot \beta_\pi^6} \cdot \frac{1}{b} = \left(\frac{\alpha_\pi}{\beta_\pi} \right)^3. \quad (1.15)$$

$$\psi_{\pi 2} = \alpha_\pi^9 \cdot \beta_\pi^3 \cdot a^2 \cdot b. \quad (1.16)$$

3. Третий вариант:

$$R_{\pi 0x} / R_{\pi 0g} = \alpha_\pi \cdot \beta_\pi. \quad (1.17)$$

Тогда (1.10) после возведения в куб запишется как:

$$\frac{\psi_\pi}{a^2 \cdot \alpha_\pi^6 \cdot \beta_\pi^6} \cdot \frac{1}{b} = (\alpha_\pi \cdot \beta_\pi)^3. \quad (1.18)$$

$$\psi_{\pi 3} = \alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^9 \cdot a^2 \cdot b. \quad (1.19)$$

Из (1.13), (1.16) и (1.19) следует, что определить ψ_{π} невозможно, не зная численного значения $a^2 \cdot b$.

Для определения $a^2 \cdot b$ запишем соотношение:

$$L_{\pi 0x} = L_{\pi 0y} / \psi_{\pi}, \quad (1.20)$$

$L_{\pi 0x}$ и $L_{\pi 0y}$ – параметры с размерностью $[CM^{-1}]$.

Запишем соотношение:

$$l_{\pi 0x}^2 = V_{\pi 0} \cdot L_{\pi 0x}. \quad (1.21)$$

Извлечем квадратный корень из (1.21), получим:

$$l_{\pi 0x} = \sqrt{V_{\pi 0} \cdot \frac{L_{\pi 0y}}{\psi_{\pi}}}. \quad (1.22)$$

Запишем соотношение:

$$\frac{l_{\pi 0x} \cdot L_{\pi 0y}}{\pi} = \sqrt[4]{\pi}. \quad (1.23)$$

Возведем (1.23) в 4-ю степень, получим:

$$\frac{l_{\pi 0x}^4 \cdot L_{\pi 0y}^4}{\pi^4} = \pi. \quad (1.24)$$

С учетом (1.21), (1.24) запишется как:

$$V_{\pi 0}^2 \cdot \frac{L_{\pi 0y}^6}{\psi_{\pi}^2} = \pi^5. \quad (1.25)$$

Из (1.25) найдем $V_{\pi 0}$:

$$V_{\pi 0} = \frac{\sqrt{\pi^5} \cdot \psi_{\pi}}{L_{\pi 0y}^3}. \quad (1.26)$$

Имея в виду (1.16), запишем (1.26) как

$$V_{\pi 0} = \frac{\sqrt{\pi^5} \cdot \alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^3 \cdot a^2 \cdot b}{L_{\pi 0y}^3}. \quad (1.27)$$

Приравняв (13) и (1.27)

$$\pi^2 \cdot (\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi})^3 \cdot \lambda_{\pi}^3 = \frac{\sqrt{\pi^5} \cdot \alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^3 \cdot a^2 \cdot b}{L_{\pi 0y}^3}, \quad (1.28)$$

получим:

$$\lambda_{\pi}^3 \cdot L_{\pi 0y}^3 = \frac{\sqrt{\pi^5} \cdot \alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^3 \cdot a^2 \cdot b}{\pi^2 \cdot (\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi})^3} = \sqrt{\pi} \cdot \alpha_{\pi}^6 \cdot a^2 \cdot b. \quad (1.30)$$

Извлекая кубический корень, получим:

$$\lambda_{\pi} \cdot L_{\pi 0y} = \sqrt[3]{\sqrt{\pi} \cdot \alpha_{\pi}^6 \cdot a^2 \cdot b} = \alpha_{\pi}^2 \cdot \sqrt[3]{\sqrt{\pi} \cdot a^2 \cdot b}. \quad (1.31)$$

В предположении, что выполняется соотношение

$$\lambda_{\pi} \cdot L_{\pi y} = 2 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi}^2, \quad (1.32)$$

приравняв (1.31) и (1.32), получим:

$$\alpha_{\pi}^2 \cdot \sqrt[3]{\sqrt{\pi} \cdot a^2 \cdot b} = 2 \cdot \pi^2 \cdot \alpha_{\pi}^2. \quad (1.33)$$

Равенство (1.33) выполняется при условии, если $\sqrt{\pi} \cdot a^2 \cdot b = 8 \cdot \pi^6$ и тогда

$$a^2 \cdot b = \frac{8 \cdot \pi^6}{\sqrt{\pi}}. \quad (1.34)$$

С учётом (1.16) и (1.34), запишем ψ_{π} в виде

$$\psi_{\pi} = \alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^3 \cdot \frac{8 \cdot \pi^6}{\sqrt{\pi}}. \quad (1.35)$$

Запишем ψ_{π} в виде

$$\psi_{\pi} = \frac{\alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^3 \cdot l_{\pi 0P}}{k_{\pi 0}}. \quad (1.36)$$

$$l_{\pi 0P} = \psi_{\pi} \cdot \lambda_{\pi} \quad (1.37)$$

С учётом (2) и (1.37), запишем:

$$\alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^3 \cdot a^2 \cdot b = \frac{\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi} \cdot l_{\pi 0P}}{k_{\pi 0}}. \quad (1.38)$$

Возведем (1.38) в квадрат и, преобразуя, найдем G_1 :

$$\frac{h_{\pi 0} \cdot G_{\pi 01}}{c_{\pi 0}^3} = \alpha_{\pi}^{16} \cdot \beta_{\pi}^4 \cdot a^4 \cdot b^2 \cdot k_{\pi 0}^2 \cdot \frac{c_{\pi 0}^3}{h_{\pi 0}}. \quad (1.39)$$

и, окончательно:

$$G_{\pi 01} = \alpha_{\pi}^{18} \cdot \beta_{\pi}^6 \cdot a^4 \cdot b^2 \cdot \lambda_{\pi}^2 \cdot \frac{c_{\pi 0}^3}{h_{\pi 0}}. \quad (1.40)$$

Имея в виду (1.14), запишем:

$$R_{\pi 0x} = R_{\pi 0F} \cdot \frac{\alpha_{\pi}}{\beta_{\pi}}. \quad (1.41)$$

$$R_{\pi 0F} = \frac{2 \cdot c_{\pi 0}^2}{G_{\pi 02}} \cdot u_{\pi sm}^{-1}. \quad (1.42)$$

$$M_{\pi 0x} = b \cdot R_{\pi 0x}^3 \cdot \frac{m_{\pi 0e}}{\lambda_{\pi 0e}^3}. \quad (1.42)$$

$$M_{\pi 0x} = \frac{1}{\psi_{\pi}} \cdot \frac{2 \cdot c_{\pi 0}^4}{G_{\pi 02}^2} \cdot u_{\pi sm}^{-1} \quad (1.43)$$

Приравняв (1.42) и (1.43), получим:

$$\frac{2 \cdot \pi^2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{8 \cdot c_{\pi 0}^6}{G_{\pi 02}^3} \cdot \frac{\alpha_{\pi}^3}{\beta_{\pi}^3} \cdot \frac{m_{\pi 0e}}{\lambda_{\pi 0e}^3} \cdot u_{\pi sm}^{-3} = \frac{2 \cdot c_{\pi 0}^4}{G_{\pi 02}^2} \cdot \frac{\lambda_{\pi 0e}}{l_{\pi 0P}} \cdot u_{\pi sm}^{-1}. \quad (1.44)$$

Поделив (1.44) на $\frac{2 \cdot c_{\pi 0}^4}{G_{\pi 02}^2} \cdot \lambda_{\pi 0e}$, получим: (1.45)

$$\frac{8 \cdot \pi^2 \cdot c_{\pi 0}^2}{\sqrt{\pi} \cdot G_{\pi 02}} \cdot \frac{\alpha_{\pi}^3}{\beta_{\pi}^3} \cdot \frac{h_{\pi 0}}{c_{\pi 0} \cdot \lambda_{\pi 0e}^5} \cdot u_{\pi sm}^{-2} = \frac{1}{l_{\pi 0P}}. \quad (1.46)$$

так как:

$$\lambda_e = \frac{k_{\pi 0}}{\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi}}, \quad (1.47)$$

То возведя (1.46) в квадрат, получим:

$$\frac{64 \cdot \pi^4}{\pi} \cdot \frac{\alpha_{\pi}^{16} \cdot \beta_{\pi}^4}{k_{\pi 0}^{10}} \cdot \frac{h_{\pi 0}^2 \cdot c_{\pi 0}^2}{G_{\pi 02}^2} \cdot u_{\pi sm}^{-4} = \frac{c_{\pi 0}^3}{h_{\pi 0} \cdot G_{\pi 02}}. \quad (1.48)$$

Окончательно:

$$G_{\pi 02} = 64 \cdot \pi^3 \cdot \frac{\alpha_{\pi}^{16} \cdot \beta_{\pi}^4}{k_{\pi 0}^{10}} \cdot \frac{h_{\pi 0}^3}{c_{\pi 0}} \cdot u_{\pi sm}^{-4}. \quad (1.49)$$

С учётом (1.47), (1.49) запишется как

$$G_{\pi 02} = 64 \cdot \pi^3 \cdot \left(\frac{\alpha_{\pi}}{\beta_{\pi}} \right)^6 \cdot \frac{1}{\lambda_{\pi 0e}^{10}} \cdot \frac{h_{\pi 0}^3}{c_{\pi 0}} \cdot u_{\pi sm}^{-4} \quad (1.50)$$

так как $64 \cdot \pi^3 = 16 \cdot b^2$, то

$$G_{\pi 02} = 16 \cdot b^2 \cdot \left(\frac{\alpha_{\pi}}{\beta_{\pi}} \right)^6 \cdot \frac{1}{\lambda_{\pi 0e}^{10}} \cdot \frac{h_{\pi 0}^3}{c_{\pi 0}} \cdot u_{\pi sm}^{-4}. \quad (1.51)$$

Поделив (1.40) на (1.51), получим:

$$\frac{G_{\pi 01}}{G_{\pi 02}} = \alpha_{\pi}^{12} \cdot \beta_{\pi}^{12} \cdot \lambda_{\pi 0e}^{12} \cdot \frac{a^4}{16} \cdot \frac{c_{\pi 0}^4}{h_{\pi 0}^4} \cdot u_{\pi sm}^4. \quad (1.52)$$

Если

$$G_{\pi 01} = G_{\pi 02}, \quad (1.53)$$

То (1.52) запишется как

$$\alpha_{\pi}^{12} \cdot \beta_{\pi}^{12} \cdot \lambda_{\pi 0e}^{12} \cdot \frac{a^4}{16} \cdot \frac{c_{\pi 0}^4}{h_{\pi 0}^4} \cdot u_{\pi sm}^4 = 1. \quad (1.54)$$

Тогда

$$a^4 \cdot k_{\pi 0}^{12} = 16 \cdot \frac{h_{\pi 0}^4}{c_{\pi 0}^4} \cdot u_{\pi sm}^{-4} \quad (1.55)$$

и, извлекая корень 4-й степени из (1.55), получим:

$$a \cdot k_{\pi 0}^3 = 2 \cdot \frac{h_{\pi 0}}{c_{\pi 0}} \cdot u_{\pi sm}^{-1}. \quad (1.56)$$

$$2 \cdot \pi^2 \cdot (\alpha_{\pi} \cdot \beta_{\pi} \cdot \lambda_{\pi})^3 = 2 \cdot \frac{h_{\pi 0}}{c_{\pi 0}} \cdot u_{\pi sm}^{-1} \quad (a = 2 \cdot \pi^2). \quad (1.57)$$

$$m_{\pi 0P} \cdot l_{\pi 0P} = m_{\pi 0e} \cdot \lambda_{\pi 0e} = \frac{h_{\pi 0}}{c_{\pi 0}}. \quad (1.58)$$

Таким образом, соотношения (1.32) и (1.58) выполняются при условии (1.14), а это значит, что постоянная масштабной инвариантности ψ_{π} равна $\psi_{\pi 2}$ и записывается в виде

$$\psi_{\pi} = \alpha_{\pi}^9 \cdot \beta_{\pi}^3 \cdot \frac{8 \cdot \pi^6}{\sqrt{\pi}}. \quad (1.59)$$