

**НЕТРИВИАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ КОНСТАНТАМИ
И ФИЗИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ В ПРОСТРАНСТВЕ ИХ
РАЗМЕРНОСТЕЙ**

В данной статье, являющейся развитием нашей работы [1], установлено что в 3-х мерном декартовом пространстве показателей размерностей в единицах массы M , длины L и времени T для точек, соответствующих фундаментальным физическим константам (ФФК) и физическим величинам (ФВ), имеет место ряд неожиданных и нетривиальных геометрическо-физических соотношений. В частности, установлено, что точки ФФК и ФВ располагаются кластерами в различных плоскостях, при этом координаты точек ФФК определяются как среднее геометрическое координат симметричных точек, что позволило ввести матрицы как новых размерных констант комбинационных взаимодействий, так и новых безразмерных физических констант, в частности, подобных эмпирической константе Зоммерфельда - постоянной тонкой структуры, уже 100 лет не поддающейся теоретическому обоснованию. Для безразмерных констант, величины которых определяются известными к настоящему времени экспериментальными значениями ФФК, получены предельно возможные аппроксимации через изящные симметричные комбинации двух констант золотого сечения $\phi = (-1 + \sqrt{5}) / 2$ и $\Phi = (1 + \sqrt{5}) / 2$.

Наконец, хотя смысл расстояния между точками во введённом пространстве размерностей пока не определён, следует отметить обнаружение множества интересных геометрических соотношений, также выражающихся через симметричные комбинации ϕ, Φ . Напр., установлен следующий неожиданный результат - объём пирамиды с вершиной в начале координат и

основанием, образованным сторонами, соединяющими точки ФФК, точно равен $1 = \phi \cdot \Phi$!

Укажем, прежде всего то, что к настоящему времени экспериментально установлены и теоретически описаны 4 фундаментальных взаимодействия: электромагнитное (теория этого взаимодействия создана Д. Максвеллом в 1863 г.), гравитационное (общая теория относительности (ОТО) создана А. Эйнштейном в 1915 г.) слабое (первый вклад в теорию слабого взаимодействия внесён В. Паули и Э. Ферми в 1934 г., затем в 1967 г. А. Саламом, С. Вайнбергом и С. Глэшоу была создана объединённая теория электромагнитного и слабого взаимодействия), сильное (вначале важный вклад в теорию сильного взаимодействия был внесён Х. Юкавой в 1949 г., затем к началу 21 века усилиями многих теоретиков была создана общая теория электромагнитного, сильного и слабого взаимодействий в виде Стандартной Модели [2-5]. После объявленного в 2012 г. открытия на Большом адронном коллайдере бозона Хиггса [3-4] некоторые физики считают Хиггсово взаимодействие 5-м фундаментальным.

Отметим также, что хотя Стандартная модель и очень точна в ряде своих предсказаний о субатомном мире, она имеет весьма существенные недостатки, которые нельзя игнорировать: напр., она не учитывает существования **тёмной материи** и тёмной энергии, не согласуется с теорией относительности и даже не объясняет гравитации.

Разрабатываемая сейчас теория суперсимметрии, должна разрешить эти проблемы за счёт использования преобразований, связывающих бозонные и фермионные квантовые поля. Существенным допущением теории суперсимметрии является предположение о наличии у каждой частицы более массивного суперпартнёра (в некотором смысле как бы согласно библейскому принципу: каждой твари по паре). Однако экспериментальных доказательств в пользу теории суперсимметрии пока нет.

К числу ФФК относятся следующие константы [2-12]: скорость света

$c \approx 299\,792\,458$ м/с ($[c] = M^0 L^1 T^{-1}$), заряд электрона $e \approx 1,602\,176\,462$ Кл
 $([e] = M^{1/2} L^{3/2} T^{-1})$, постоянная Планка $h \approx 6,626\,068\,76(52) \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 $([h] = M^1 L^2 T^{-1})$, гравитационная постоянная $G \approx 6,673\,10 \cdot 10^{-11}$ кг⁻¹ м³ с⁻²
 $([G] = M^{-1} L^3 T^{-2})$, постоянная Ферми для слабого взаимодействия,
 введённая для описания процесса β распада нейтрона
 $G_F \approx 1,435\,867 \cdot 10^{-62}$ Дж·м³ ($[G_F] = M^1 L^5 T^{-2}$), космологическая постоянная
 $\Lambda \approx 3,507\,074\,7 \cdot 10^{-52}$ м⁻² ($[\Lambda] = M^0 L^{-2} T^0$), используемая сейчас в уравнениях
 ОТО [10] и описывающая гравитационный «заряд» вакуума, примерно равный
 одной массе протона в кубическом метре вакуума.

Для сильного нуклон-пионного взаимодействия, имеющего место при
 $r > r_p$ ($r_p \sim 10^{-15}$ м - радиус нуклона), можно ввести (см. ниже) следующую
 постоянную $g_S \approx 2,41 \cdot 10^{-12}$ кг^{1/2} м^{3/2} с⁻¹, имеющую размерность
 электрического заряда $[g_S] = M^{1/2} L^{3/2} T^{-1}$. Для сильного кварк-глюонного
 взаимодействия, имеющего место при $r < r_p$, в настоящее время в квантовой
 хромодинамике [2-4] используется константа $A \sim 100 \div 300$ Мев / с, имеющая
 размерность импульса $[A] = M^1 L^1 T^{-1}$.

Для сравнения основных 4-х видов фундаментальных взаимодействий:
 гравитационного, электромагнитного, слабого (weak) и сильного (strong)
)используются определённые ниже *безразмерные* константы $\alpha_G, \alpha_E, \alpha_W, \alpha_S$.

Безразмерные константы $\alpha_G, \alpha_E, \alpha_W, \alpha_S$ можно получить используя
 следующие потенциалы фундаментальных взаимодействий V_G, V_E, V_W, V_S :

$$V_G = -G m_p / r, \quad V_E = e / 4\pi\epsilon_0 r \quad (1),$$

$$V_W = g_w \exp(-m_w cr / \hbar) / 4\pi r, \quad V_S = -g_s \exp(-m_s cr / \hbar) / 4\pi r \quad \text{при } r > r_p \quad (2),$$

где r - расстояние между центрами частиц, $\hbar = h / 2\pi$, g_w, g_s - эффективные
 заряды слабого и сильного взаимодействий, m_p - масса протона, m_w - масса

переносчиков слабого взаимодействия - бозонов Z^0, W^+, W^- , m_s - массы переносчиков сильного взаимодействия в адронах и ядрах при $r > r_p \sim 10^{-15}$ м (мезоны π, ρ, ω, \dots). На меньших расстояниях $r < r_p$ переносчиками сильного взаимодействия, имеющего место между кварками, считаются глюоны.

В отличие от «дальнодействующих» ньютоновских и кулоновских потенциалов (1), «короткодействующие» потенциалы слабого и сильного взаимодействия записаны в (2) в виде потенциалов Юкавы $V(r, t) = \exp(-mcr / \hbar) / 4\pi r$, описывающих взаимодействия в ядрах, быстро убывающие на расстояниях $r \geq R = \hbar / mc$. Отметим также, что потенциал Юкавы похож на экранированный кулоновский потенциал, получаемый из обобщённого уравнения Пуассона.

Исходя из вида потенциалов (1), (2) получим следующие оценки для безразмерных констант $\alpha_G, \alpha_E, \alpha_W, \alpha_S$.

Для гравитационного и электромагнитного взаимодействий

$$\alpha_G = G m_p^2 / \hbar c \approx 5,3 \cdot 10^{-39} \quad (3),$$

$$\alpha_E = e^2 / 2\epsilon_0 \hbar c \approx 7,297\,352\,566\,338 \cdot 10^{-3} \approx 1/137,035\,999\,139 \quad (4),$$

где $\epsilon_0 = 1 / \mu_0 c^2 \approx 8,854187 \cdot 10^{-12}$ Ф / м - диэлектрическая постоянная вакуума,

Отметим, что безразмерная константа, равная α_E , была введена в 1916 г. Зоммерфельдом и определена им вначале как отношение скорости электрона на первой круговой орбите в боровской модели атома к скорости света. Затем α_E была переопределена как постоянная тонкой структуры в спектрах излучения атомов.

Первая теория слабых взаимодействий, наблюдавшихся в ядрах при β^- распаде нейтрона $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ и β^+ распаде протона была создана в 1934 г. Ферми в терминах 4-х фермионного контактного взаимодействия с учётом аналогии испускания электрона или позитрона с испусканием фотона в

электромагнитных процессах. Однако введённая Ферми постоянная, G_F , определяющая «заряд» слабого взаимодействия, не имеет размерности заряда и растёт с ростом энергии $G_F = 1,02 \cdot 10^{-5} \hbar c (\hbar / m_p c)^2 = 1,4 \cdot 10^{-62} \text{ Дж} \cdot \text{м}^3$. При этом из G_F нельзя получить безразмерную постоянную при делении G_F на $\hbar c$ в любых степенях. Поэтому безразмерная константа слабого взаимодействия α_W определяется соотношением, непохожим на соотношение (4) для α_E :

$$\alpha_W = G_F / [\hbar c \cdot (\hbar / m_p c)^2] \approx 1,02 \cdot 10^{-5} \quad (5),$$

где $\hbar / m_p c$ - комптоновская длина волны протона.

В 1983 г. на коллайдере в ЦЕРНЕ было установлено, что при очень высоких энергиях вместо фермиевского контактного взаимодействия слабое взаимодействие становится обменным, причём обменными частицами являются либо заряженные W^\pm бозоны с массой $\approx 80 \text{ ГэВ} / c^2$ либо нейтральный бозон Z^0 с массой $\approx 90 \text{ ГэВ} / c^2$.

После экспериментального открытия в 1968 г. первых кварков, теоретически предсказанных в 1964 г. Гелл-Манном и Цвейгом, были установлены новые закономерности в слабых взаимодействиях.

Кварки, как и лептоны (их 6: 3 заряженных частицы e, μ, τ и 3 типа нейтральных нейтрино ν_e, ν_μ, ν_τ), сейчас считаются фундаментальными, т.е. не имеющими внутренней структуры частицами. Кварков же всего 18, они подразделяются на 3 поколения (аромата): I (down - $d(-1/3)$, up - $u(2/3)$). II (strange - $s(-1/3)$, charm - $c(2/3)$), III (beauty или bottom - $b(1/3)$, truth или top - $t(2/3)$), в скобках указаны дробные электрические заряды кварков. Кроме того, каждый кварк может иметь 3 цвета. Лептоны и нварки – фермионы со спином $1/2$. Обнаружено также 18 антикварков, имеющих заряд, противоположный заряду «обычных» кварков. Считается, что в окружающем нас веществе присутствуют кварки I-го поколения, кварки II-го и III-го поколений существовали в ранней Вселенной.

С учётом написанного выше свободный β^- распад нейтрона, состоящего из 1-го u кварка и 2-х d кварков в настоящее время представляется как следующий процесс: $n(u,d,d) \rightarrow p(u,d,u) + W^- \rightarrow p(u,d,u) + e^- + \bar{\nu}_e$

Укажем также, что слабое взаимодействие является короткодействующим ($r \leq 10^{-17}$ м) и, как правило, реализуется в процессах с участием нейтрино или антинейтрино, хотя бывают исключения, как, напр., при распаде гиперона $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$

В отличие от других взаимодействий слабое взаимодействие может смешивать фермионы из разных поколений, что приводит к нестабильности всех частиц, за исключением легчайших, и к таким явлениям, как нейтринные осцилляции и **нарушение чётности (CP-инвариантности)**, вследствие которого в слабых взаимодействиях участвуют только «левые» частицы, спин которых направлен противоположно их импульсу.

Интенсивность слабого взаимодействия падает с уменьшением энергии, в итоге, напр., β^- распад свободного нейтрона при $E \sim 1$ МэВ происходит за длительные времена $\tau \sim 10^3$ с !

В отличие от лептонов, которые наблюдаются в свободном состоянии, кварки существуют только в связанном состоянии в составных частицах адронах, подразделяющихся на мезоны состоящие из кварка и антикварка ($q\bar{q}$) и барионов, состоящих из 3-х кварков ($q_1q_2q_3$). Следует, однако, указать, что в 2015 г. были обнаружены и новые образования из кварков – пентакварки P_C , состоящие из 5-ти кварков (u,d,d,s,\bar{c}) [5].

Это явление в физике сильных взаимодействий, состоящее в невозможности вылета кварков из адронов и невозможности существования кварков в свободном состоянии, получило название confinement (конфайнмент). В адронах кварки притягиваются друг к другу тем сильнее, чем больше расстояние между ними. Явление конфайнмента подтверждено расчётами в

рамках квантовой хромодинамики, но не доказано математически путём строгого решения нелинейных тензорных уравнений в частных производных Янга-Милса, полученных в 1954 г. и описывающих калибровочную теорию поля с неабелевой калибровочной группой, т. е. с наличием самовоздействия и невыполнением принципа суперпозиции. Лагранжиан поля Янга Милса имеет вид:

$$L_{gf} = -\text{Tr}(F^2) / 4 = -F^{\mu\nu\alpha} F_{\mu\nu}^{\alpha} \quad (6)$$

За решение указанной проблемы, объявленной Институтом Клэя (The Clay Mathematics Institute) одной из 7 главных математических проблем тысячелетия, этим институтом установлен приз - Millenium Prize, составляющий в настоящее время 1 млн. \$.

В связи с отмеченной выше качественно различной зависимостью сильного взаимодействия от расстояния между элементарными частицами в настоящее время рассматриваются две области взаимодействия: $r > r_p$ и $r < r_p$.

Безразмерную константу сильного взаимодействия α_S при $r > r_p$ ($r_p \sim 10^{-15}$ м - радиус нуклона) с учётом (2) и того, что для скалярного нуклон-пионного взаимодействия $g_S \approx 2,41 \cdot 10^{-12} \text{ кг}^{1/2} \text{ м}^{3/2} \text{ с}^{-1}$, можно записать в виде:

$$\alpha_S = g_S^2 / \hbar c \approx 14,6 \quad (7)$$

Для сильного кварк-глюонного взаимодействия, имеющего место при $r < r_p$, сейчас в квантовой хромодинамике вводится следующая размерная константа $A \sim 100 \text{ МэВ/с}$. При этом безразмерная константа α_S сильно зависит от импульса кварка в адроне q , зависящего от r :

$$\alpha_S(q^2) \approx [\ln(q^2 / A^2)]^{-1} < 1 \quad (8).$$

Согласно Стандартной модели фундаментальных взаимодействий все константы связи в планковском пределе сходятся к одному значению, и в

итоге должно иметь место «**Великое объединение**» всех фундаментальных взаимодействий,

В **Стандартной модели** константы взаимодействия пересекаются попарно при следующих энергиях:

$$\alpha_E = \alpha_W \text{ при } E \simeq 0,1 \text{ ТэВ}, \quad \alpha_E = \alpha_W = \alpha_S \text{ при } E \simeq 10^{13} \text{ ТэВ},$$

$$\alpha_E = \alpha_W = \alpha_S = \alpha_G \text{ при } E \simeq 10^{16} \text{ ТэВ} \quad (9)$$

В теориях же суперсимметрии, пересечение должно происходить в одной точке сразу для нескольких констант.

Перейдём теперь к изложению результатов наших исследований на основе анализа расположения ФФК и ФВ в пространстве их размерностей.

Так как число ФФК и ФВ больше трёх – минимального числа основных измеряемых величин – М, L, T (массы, длины, времени), то размерности ФФК и ФВ взаимозависимы. Любые ФФК и ФВ представимы в виде $A = A_0 M^{x_a} L^{y_a} T^{z_a}$, где A_0 - безразмерная величина, а показатели степени (x_a, y_a, z_a) в общем случае дробных размерностей не являются целыми числами. Таким образом, каждой размерной величине A можно сопоставить в соответствие точку $A(x_a, y_a, z_a)$ и вектор \vec{A} в 3-х мерном пространстве.

Основными свойствами размерностей являются следующие: 1) при перемножении двух размерных величин $A(x_a, y_a, z_a)$ и $B(x_b, y_b, z_b)$ их размерности складываются $[A \cdot B] = M^{x_a+x_b} L^{y_a+y_b} T^{z_a+z_b}$, 2) при делении двух размерных величин их размерности вычитаются $[A / B] = M^{x_a-x_b} L^{y_a-y_b} T^{z_a-z_b}$, 3) при возведении размерной величины A в степень n величина размерности умножается на n: $[A^n] = M^{x_a \cdot n} L^{y_a \cdot n} T^{z_a \cdot n}$, 4) при извлечении корня n-ой степени из размерной величины [A] величина размерности делится на n: $[A^{1/n}] = M^{x_a/n} L^{y_a/n} T^{z_a/n}$.

Первым неожиданным результатом явилось то, что основные ФФК, а также квадрат массы $[m^2]=M^2L^0T^0$ лежат в пространстве размерностей в одной плоскости, названной плоскостью фундаментальных констант (ПФК):

$$1 \cdot x - 1 \cdot y - 3 \cdot z - 2 = 0 \quad (10)$$

В (10) величина x равна показателю степени массы, y – длины, z – времени. При этом скорость света определяется точкой $c(0, 1, -1)$, заряд электрона – точкой $e(1/2, 3/2, -1)$, постоянная Планка точкой $h(1, 2, -1)$, гравитационная постоянная – точкой $G(-1, 3, -2)$, постоянная Ферми – точкой $G_F(1, 5, -2)$, космологическая постоянная – точкой $\Lambda(0, -2, 0) = L^{-2}$.

Общий вид расположения точек c, e, h, G, G_F, Λ в пространстве размерностей показан на рис. 1. Точка $O(0,0,0)$ обозначает начало координат, точка $P(11/2, -11/2, -6/11)$ – проекция точки O на плоскость ФФК. Цифры указывают расстояния между точками в пространстве размерностей.

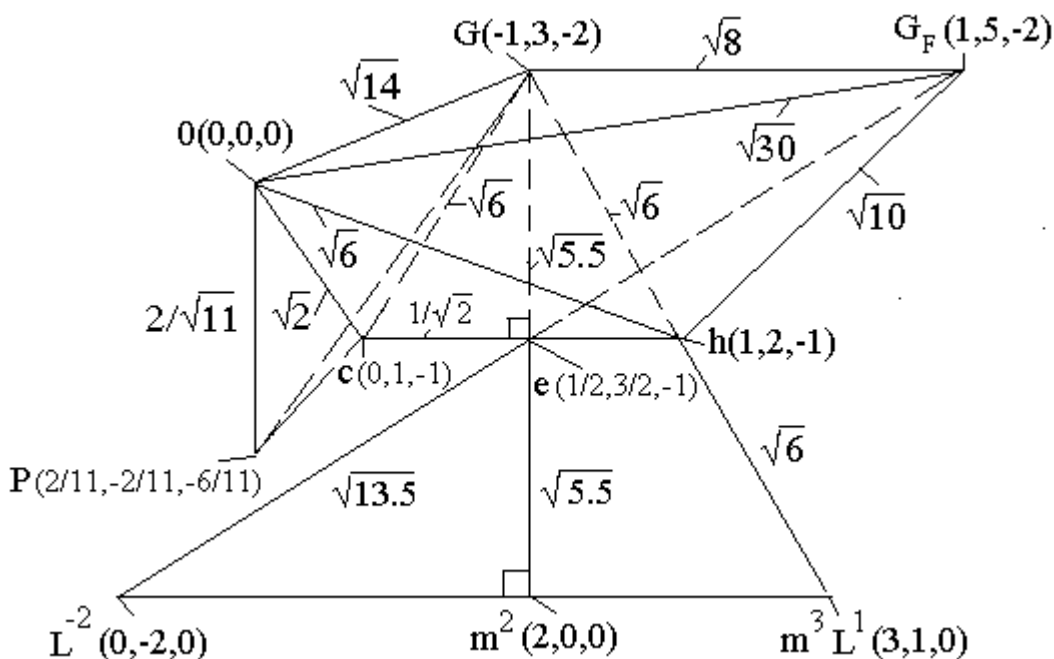


Рис. 1

Точки G, G_F лежат на прямой $(x = 2t - 1, y = 2t + 3, z = -2, t - \text{параметр})$. точки c, e, h на прямой $(x = 2t, y = 2t + 1, z = -1)$, точки Λ, m^2, m^3L^1 на прямой

$(x = 2t, y = 2t - 2, z = 0)$, причём эти прямые параллельны.

Существенно, что в плоскости ФФК лежит точка квадрата массы $m^2(2,0,0)$, которая может характеризовать нелинейные эффекты по массе при сильных взаимодействиях. Кроме того, посередине между точками G и G_F лежит точка, одинаковая по размерности с квадратом коэффициента диффузии $D^2(0,4,-2) = \sqrt{G \cdot G_F}$. В этой связи отметим, что в некоторых теориях в уравнениях ОТО Эйнштейна используется коэффициент диффузии D , определяющий вязкость некоторой среды, называемой квинтэссенцией, в свою очередь определяющей свойства тёмной энергии, ответственной, как сейчас предполагается, за наблюдаемое ускоренное расширение Вселенной.

В то же время существенно то, что точки, определяющие массу $m(1,0,0)$, импульс $p(1,1,-1)$ и энергию $E(1,2,-2)$, лежат на одной прямой $\Pi (x = 1, y = t, z = -y = -t)$, не принадлежащей плоскости ФФК. Расстояния между точками $mp = pE = \sqrt{2}$. При повороте плоскости, проходящей через прямую Π , найдём различные плоскости, содержащие точки m, p, E и некоторые точки из плоскости ФФК. Напр.,:

$$\text{Точки } m, p, E, G \text{ лежат в плоскости } x + 2y + 2z = 1 \quad (11),$$

$$\text{Точки } m, p, E, h, G_F \text{ лежат в плоскости } 1x + 0y + 0z = 0. \quad (12),$$

$$\text{Точки } m, p, E, c, m^2 \text{ лежат в плоскости } 0x + 1y + 1z = 0 \quad (13),$$

$$\text{Точки } m, p, E, e \text{ лежат в плоскости } 1x + 1y + 1z = 1 \quad (14),$$

$$\text{Точки } m, p, E, \Lambda \text{ лежат в плоскости } 2x - t - z = 2 \quad (15)$$

В процессе дальнейшего геометрического анализа было установлено множество других замечательных геометрических соотношений между ФФК. В своей совокупности эти интересные соотношения не могут быть случайными, и, следовательно, выражают важные, но пока скрытые (нерасшифрованные) закономерности. Отметим лишь некоторые из этих соотношений.

Так, объём пирамиды $OchG_F G$ (см.рис. 1, равен $1 = \phi\Phi$ (высота пирамиды $OP = 2/\sqrt{11}$). Вектор нормали к плоскости $\Phi\Phi K$ равен $\vec{n} = (1, -4, 1)$. Размерности вектора нормали соответствует объёмная плотность мощности.

Основанием этой пирамиды является трапеция $chG_F G$, $GG_F \parallel ch$. Точка e делит отрезок ch пополам: $ce = eh = 1/\sqrt{2}$. Отрезок $Ge = \sqrt{11/2}$ расположен перпендикулярно отрезку $ch = \sqrt{2}$. Параллельным отрезкам ch , GG_F параллелен также отрезок, образованный точками L^{-2} , m^2 и mL^3 , лежащими на одной прямой.

Точки G, e, m^2 лежат на одной прямой, перпендикулярной отрезку ch , $Ge = em^2 = \sqrt{11/2}$. Аналогично отрезок eL^{-2} равен отрезку $G_F e = \sqrt{27/2}$ и лежит на его продолжении.

Первым признаком наличия гармонии в расположении точек $\Phi\Phi K$ явилось установление того, что ΔGch оказался равнобедренным ($\angle c = \angle h \approx 73,221^\circ$, $\angle G \approx 33,557^\circ$) и близким к «золотому» треугольнику Евклида ($\angle A = \angle B = 72^\circ$, $\angle C = 36^\circ$), в котором биссектрисы углов A, B делят стороны CB и AC в отношении золотого сечения.

Далее было обнаружено, что множество геометрических соотношений в расположении $\Phi\Phi K$ точно выражается через первые простые симметричные комбинации констант золотого сечения ϕ, Φ из следующей последовательности:

$$\begin{aligned} \phi \cdot \Phi = 1, \quad \phi\Phi + \Phi\phi = 2, \quad \phi^2 + \Phi^2 = 3, \quad (\phi + \Phi)^2 = 5, \quad \phi^4 + \Phi^4 = 7, \quad \phi^6 + \Phi^6 = 18, \\ \phi^8 + \Phi^8 = 47, \quad \phi^{10} + \Phi^{10} = 123, \quad \phi^{12} + \Phi^{12} = 322, \quad \phi^{14} + \Phi^{14} = 843, \end{aligned} \quad (16)$$

Асимметричные комбинации ϕ, Φ дают, напр., следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \Phi - \phi = 1, \quad \Phi^3 - \phi^3 = 4, \quad \Phi^5 - \phi^5 = 11, \quad \Phi^7 - \phi^7 = 29, \quad \Phi^9 - \phi^9 = 76, \\ \Phi^{11} - \phi^{11} = 199, \quad \Phi^{13} - \phi^{13} = 521, \quad \Phi^{15} - \phi^{15} = 1364, \dots \end{aligned} \quad (17)$$

Исходя из того, что точка W , сумма квадратов расстояний от которой до вершин 4-х угольника $chG_F G$ минимальна, лежит на пересечении отрезков,

соединяющих середины противоположных сторон этого 4-х угольника, найдём её координаты: $W(1/4, 11/4, -3/2)$. Далее получим, что:

$$cW^2 = 27/8 = 3 + 3/(3+5), \quad hW^2 = 11/8 = 1 + 3/(3+5) \quad (18),$$

$$G_F W^2 = 47/8 = 5 + 7/(3+5), \quad GW^2 = eW^2 = 15/8 = 3 \cdot 5/(3+5) = H(3,5)/2 \quad (19),$$

$$\sigma = \sqrt{cW^2 + hW^2 + G_F W^2 + GW^2} = \sigma_{\min} = 5/\sqrt{2} = (\phi + \Phi)^2 / 2 \quad (20),$$

где в (19) $H(a,b) = 2/(1/a + 1/b)$ - среднее гармоническое чисел a, b .

Подчеркнём, что из (20) следует, что величина σ , характеризующая геометрию ФФК в целом, имеет минимум и этот минимум выражается красивой симметричной комбинацией констант ϕ, Φ .

Аналогично (18)-(20), также выражаются через простые комбинации ϕ, Φ и расстояния между точками ФФК. Напр., диагонали 4-х угольника $chG_F G$ и их отношения равны:

$$cG_F / hG = 3\sqrt{2} / \sqrt{6} = \sqrt{3} = \sqrt{\phi^2 + \Phi^2} \quad (21),$$

$$eG_F / cG_F = 3\sqrt{3/2} / 3\sqrt{2} = \sqrt{3}/2 = \sqrt{\phi^2 + \Phi^2} / 2 \quad (22)$$

Существенно, что через простые комбинации ϕ, Φ выражаются не только отрезки, но и площади, и их отношения. Так, напр.,

$$S_{cGG_F h} / S_{cGh} = (3\sqrt{11}/2) / (\sqrt{11}/2) = 3 = \phi^2 + \Phi^2 \quad (23),$$

$$S_{eOG_F} = \sqrt{5}/2 = (\phi + \Phi)/2, \quad S_{cOG} = S_{cOh} = \sqrt{3}/2 = \sqrt{\phi^2 + \Phi^2} / 2 \quad (24),$$

$$S_{cGh} / S_{hOG_F} = (\sqrt{11}/2) / (\sqrt{11}/2) = 1 = \phi\Phi, \quad S_{eOG_F} = \sqrt{5}/2 = (\phi + \Phi)/2 \quad (25)$$

Дополнительные соотношения гармонии установлены при учёте того, что 4-х угольник $chG_F G$ является трапецией. Из этого следует и ряд инвариантных соотношений. Напр., площади треугольников, одна сторона которых лежит на основаниях трапеции ch или GG_F , а противоположная вершина на другой стороне основания, равны константе при движении вершины от точки c к точке h или от точки G к точке G_F .

Точка D, лежащая на пересечении диагоналей трапеции $cG_F = 3\sqrt{2}$ и $hG = \sqrt{6}$, имеет координаты $D(1/3, 7/3, -4/3)$. При этом имеют место следующие соотношения между отрезками и площадями треугольников:

$$cG_F / cD = 3\sqrt{2} / \sqrt{2} = 3 = \phi^2 + \Phi^2, \quad hG / hD = 3\sqrt{2/3} / \sqrt{2/3} = 3 = \phi^2 + \Phi^2 \quad (26),$$

$$S_{cDG} = S_{hDG_F} = \sqrt{11}/3 = \sqrt{S_{cDh} \cdot S_{GDG_F}} = \sqrt{(\sqrt{11}/6) \cdot (2\sqrt{11}/3)} \quad (27),$$

$$S_{cGG_Fh} / S_{cDh} = (3\sqrt{11}/2) / (\sqrt{11}/6) = 9 = (\phi^2 + \Phi^2)^2 \quad (28)$$

Точка K, лежащая на пересечении отрезков eG_F и hG имеет координаты $K(3/5, 11/5, -6/5)$. Используя эти координаты, получаем следующие соотношения между отрезками и площадями:

$$eG_F / eK = \sqrt{27/2} / (\sqrt{27}/5\sqrt{2}) = hG / hK = \sqrt{6} / (\sqrt{6}/5) = 5 = (\phi + \Phi)^2 \quad (29),$$

$$S_{eGG_Fh} / S_{eKh} = (5\sqrt{11}/4) / (\sqrt{11}/20) = 5^2 = (\phi + \Phi)^4 \quad (30)$$

Рассмотрим далее результаты исследований расположения ФВ в пространстве их размерностей.

Установлено, что более 15 точек, соответствующих ФВ (см. рис. 2) лежат в плоскости, проходящей через точки $O(0,0,0)$, $e(1/2, 3/2, -1)$, $G_F(1,5,-2)$:

$$2 \cdot x + 0 \cdot y + 1 \cdot z = 0 \quad (31)$$

$P(1,-1,-2)$	$\sigma(1,0,-2)$	$F(1,1,-2)$	$E(1,2,-2)$	$e^2(1,3,-2)$	$e \cdot \mu(1,4,-2)$	$G_F(1,5,-2)$
E	Φ	e	μ	Q		
$(1/2, -1/2, -1)$	$(1/2, 1/2, -1)$	$(1/2, 3/2, -1)$	$(1/2, 5/2, -1)$	$(1/2, 7/2, -1)$		
$K(0,-1,0)$	$O(0,0,0)$	$L(0,1,0)$	$S(0,2,0)$	$V(0,3,0)$		

Рис. 2

Точки ФВ лежат на 3-х параллельных прямых, расстояние между

которыми равно $\sqrt{5}/2 = (\phi + \Phi)/2$!

На прямой, определяемой уравнениями $(x=0, y=t, z=0)$, находятся точки, соответствующие волновому числу $\kappa = e/\sqrt{G_F}(0, -1, 0)$, началу системы координат $O(0, 0, 0)$, длине $L(0, 1, 0)$, площади $S = G_F/e^2(0, 2, 0)$, объёму $V = G_F^{3/2}/e^3(0, 3, 0)$.

На прямой $(x=1/2, y=t+3/2, z=-1)$, находятся точки, соответствующие напряжённости электрического поля $E = e^3/G_F(1/2, -1/2, -1)$, потенциалу $\varphi = e^2/\sqrt{G_F}(1/2, 1/2, -1)$, электрическому заряду $e(1/2, 3/2, -1)$, магнитному моменту $\mu = \sqrt{G_F}(1/2, 5/2, -1)$ и, наконец, квадрупольному моменту $Q = G_F/e(1/2, 7/2, -1)$.

На прямой $(x=1, y=t+3, z=-2)$, находятся точки, соответствующие давлению $P = e^6/G_F^2(1, -1, -2)$, коэффициенту поверхностного натяжения $\sigma = e^5/G_F^{1/2}(1, 0, -2)$, силе $F = e^4/G_F(1, 1, -2)$, энергии (или моменту сил) $E = e^3/\sqrt{G_F}(1, 2, -2)$, квадрату электрического заряда $e^2(1, 3, -2)$, произведению $e \cdot \mu = e \cdot \sqrt{G_F}(1, 4, -2)$, постоянной Ферми $G_F(1, 5, -2)$. Отметим, что за пределами рисунка находится точка, соответствующая градиенту давления $\Delta P / \Delta L = e^7/G_F^{5/2}(1, -2, -2)$

Таким образом, несмотря на то, что постоянная Ферми в последнее время редко используется для анализа слабого взаимодействия, её роль весьма существенна в формировании системы ФФК.

Далее было проведено рассмотрение расположения ФФК не только в 3-х мерном базисе (MLT), но и в других 3-х мерных базисах (см. рис.3-14), в т. ч. в базисе Планковской системы единиц c, \hbar, G

$m_p = \sqrt{\hbar c / G} \simeq 2,2 \cdot 10^{-8}$ кг, $\ell_p = \sqrt{\hbar G / c^3} \simeq 1,6 \cdot 10^{-35}$ м, $t_p = \sqrt{\hbar G / c^5} \simeq 5,4 \cdot 10^{-44}$ с, а также в 4-х мерном базисе системы СИ (кг, м, с, А).

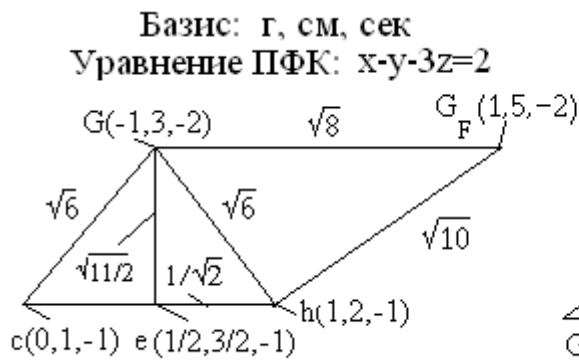


Рис. 3

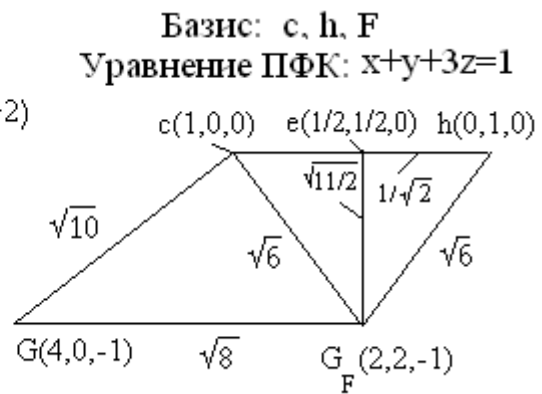


Рис. 4

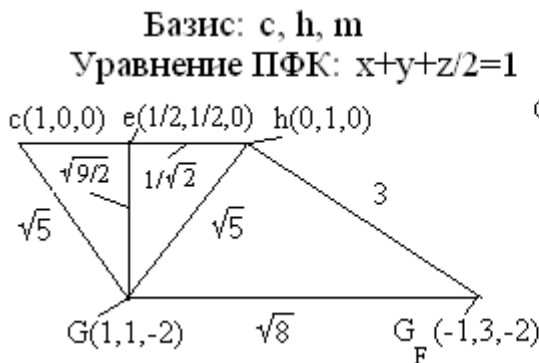


Рис. 5

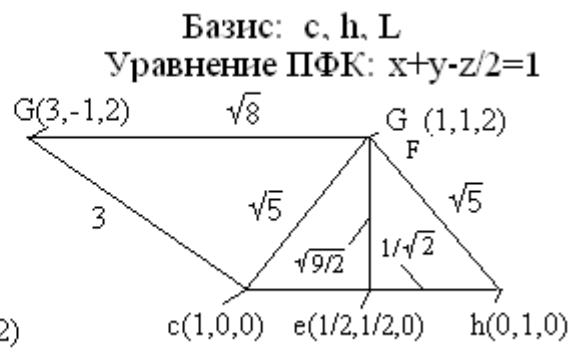


Рис. 6

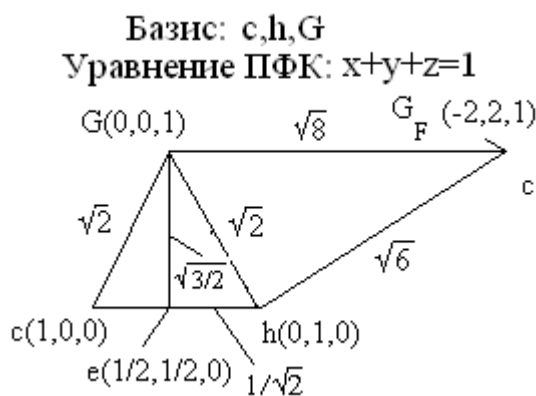


Рис. 7

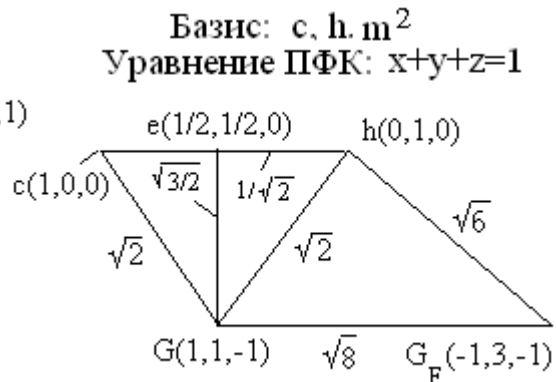


Рис. 8

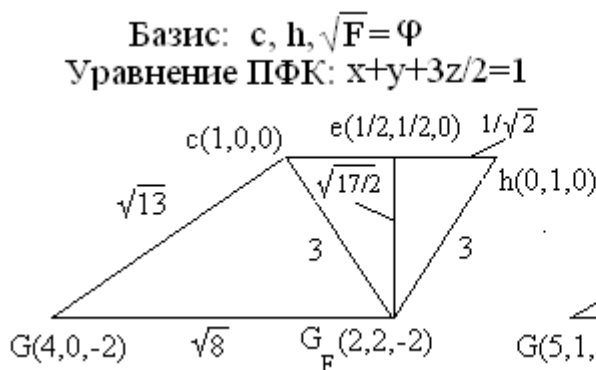


Рис. 9



Рис. 10

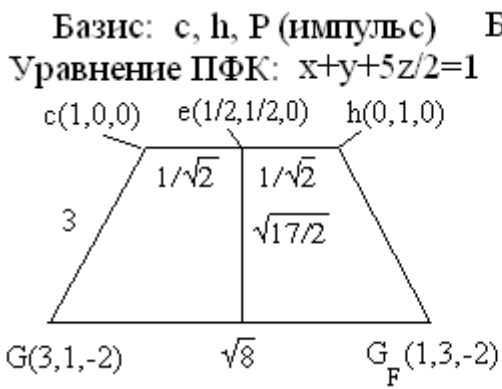


Рис. 11

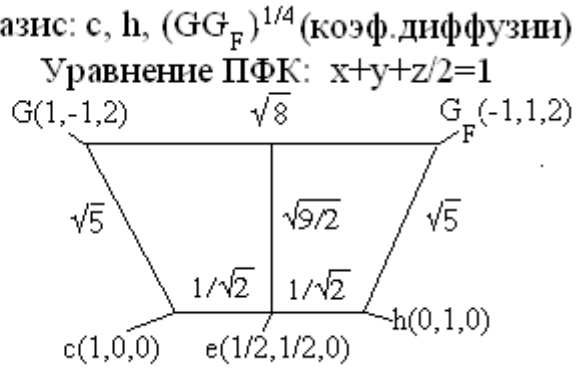


Рис. 12



Рис. 13



Рис. 14

Рис. 3-14 сгруппированы в пары в соответствии со схожестью расположения точек и равенством расстояний между ними. Так, напр., в базисах (M, L, T) (рис. 3) и (c, h, F) (рис. 4) основное отличие состоит в том, что точки G и G_F поменялись местами.

Смена точек G и G_F имеет место и в базисах (c, h, m) (рис. 5) и (c, h, L) (рис. 6). В то же время в базисах (c, h, L) (рис. 6) и $(c, h, \mu = \sqrt{G_F})$ точки расположены одинаково, поэтому и приведён только рис. 6.

Установлено также, что квадраты расстояний между точками c, e, h, G, G_F в ряде базисов соответствуют признаку последовательности Фибоначчи:

$$N_{n+1} = N_n + N_{n-1} \quad (32)$$

Так, напр., в базисе $(c, h, U = \sqrt{F})$ (рис. 9) $ch^2 = 2, cG_F^2 = 3, GG_F^2 = 8,$

$cG^2 = 13$. И из части последовательности Фибоначчи 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ... между числами 2, ..., 13 отсутствует лишь число 5.

В базисе (c, h, t) $ch^2 = 2$, $cG_F^2 = 3$, $GG_F^2 = 8$, $hG_F^2 = 13$, $cG^2 = 21$ в части ряда Фибоначчи между числами 2, ..., 21 также отсутствует лишь число 5.

В базисах (c, h, G) , (c, h, G_F) , (c, h, m^2) , (c, h, L^2) треугольники chG (или chG_F) равнобедренные с квадратом стороны $ch^2 = 2$, $cG^2(hG_F^2) = 6$, $GG_F^2 = 8$, $cG_F^2(hG^2) = 14$. При этом числа 2, 6, 8, 14 – члены другой последовательности Фибоначчи с начальными числами 2, 6 без пропущенных (!) чисел.

Следует отметить также, что в базисах (c, h, m) , (c, h, L) , $(c, h, \mu = \sqrt{G_F})$ равнобедренные треугольники chG (или chG_F) наиболее близки к «золотому» треугольнику Евклида ($\angle c = \angle h \approx 71,565^\circ \approx 72^\circ$).

Использование 4-х мерной системы СИ (кг, м, сек, А) показало, что все пять ФФК $e(0,0,1,1)$, $c(0,1,-1,0)$, $h(1,2,-1,0)$, $G(-1,3,-2,0)$, $G_F(1,5,-2,0)$ лежат в одной гиперплоскости, определяемой уравнением:

$$1 \cdot x - 1 \cdot y - 3 \cdot z + 5 \cdot v - 2 = 0 \quad (33)$$

Уравнение (34) отличается от уравнения (1) наличием слагаемого $5 \cdot v$. Но ситуация с расположением ФК, естественно, сложнее. Так, в гиперплоскости (34), в отличие от «обычной» плоскости ФФК (1), вектора \vec{eG} , \vec{ch} не перпендикулярны.

Наконец, из анализа расположения точек в различных базисах найдена связь между любыми 3-мя симметрично расположенными точками. Напр., для 3-х пар точек (c, h) , (G_F, L^{-2}) и (G, m^2) расположенных симметрично относительно точки e (соответственно по горизонтали, диагонали и вертикали), размерность точки e определяется как среднее геометрическое размерностей точек c и h , G_F и L^{-2} , G и m^2 :

$$e = \sqrt{c \cdot h} , \quad e = \sqrt{G_F \cdot L^{-2}} , \quad e = \sqrt{G \cdot m^2} \quad (34)$$

Первое соотношение в (45) соответствует введённому выражению (4) для постоянной тонкой структуры ($\alpha = \alpha_E$), из которого следует, что

$$e = \sqrt{2\varepsilon_0 \alpha \cdot c \cdot h} \quad (35)$$

Аналогично, как среднее геометрическое можно найти размерность других ФФК, напр., $h = \sqrt{G \cdot (m^3 L)}$. Более того, исходя из установленной средне геометрической связи симметричных ФФК, можно утверждать, что на прямой $L^{-2}, m^3 L$ должна находиться точка c^2 / G (-1, - точка пересечения этой прямой с прямой Gc . Отметим, что выражение $c^2 / G \approx 1,346 833 \text{ кг м}^{-1}$ есть гравитационное сопротивление вакуума.

Следует подчеркнуть, что установленная средне геометрическая связь между размерностями 3-х симметричных точек для ФФК работает также и для размерностей любых ФВ, что легко проверяется по данным рис. 2.

Исходя из установленного факта расположения точек, определяющих размерности ФФК, в одной плоскости, а также из найденной связи между симметричными точками, естественно, можно построить новые точки и получить в итоге матрицы, дающие в принципе бесконечно большое число как размерных, так и безразмерных констант для бесконечного числа комбинационных фундаментальных взаимодействий.

Общий вывод, который можно сделать из возможности получения различных матриц для констант взаимодействий, состоит в том, что известные фундаментальные взаимодействия могут и не сводиться к одному единственному взаимодействию (единой суперсиле) даже при больших энергиях взаимодействия, а могут давать множество связанных комбинационных взаимодействий.

В заключение приведём ряд численных аппроксимаций полученных для безразмерных констант взаимодействий на примере постоянной тонкой структуры

структуры $\alpha = \alpha_E$, определяемой соотношением (4).

Постоянная α вот уже 100 лет является камнем преткновения для физиков.

Р. Фейнман, один из создателей квантовой электродинамики, назвал её магическим числом и одной из величайших тайн физики. Было предпринято большое количество попыток выразить эту постоянную через чисто математические величины или вычислить на основе каких-либо физических соображений.

Как уже было сказано, Зоммерфельд ввёл эту постоянную как отношение скорости электрона на первой круговой орбите в **боровской модели атома** к **скорости света** при расчёте тонкого расщепления спектральных линий водородоподобных атомов.

Физический смысл постоянной тонкой структуры был радикально уточнён после создания квантовой электродинамики. В этой теории электрически заряженные частицы взаимодействуют благодаря обмену виртуальными фотонами. Постоянная α возникает при этом как безразмерный параметр, характеризующий интенсивность этого взаимодействия. Однако величину α пока не удаётся получить теоретически, и она вводится на основе экспериментальных данных.

Первые аппроксимации постоянной α были очень грубыми. Так, А.Эддингтон аппроксимировал её целым числом: $1/\alpha = 16 + 16(16-1)/2 = 136$ на основе неубедительных предположений [11]. С.П. Капица предложил без всяких объяснений ещё более грубую аппроксимацию: $1/\alpha \approx (4\pi)^2 \approx 157,9$ [12].

В дальнейшем точность аппроксимаций улучшалась, но предлагаемые оценки были и бездоказательными, и не достигали принятого сейчас значения $1/\alpha \approx 137,035\,999\,319$ (31) получаемого из экспериментальных данных c, e, h :

$$2^4 3^3 / \pi \approx 137,509, \quad \pi^6 / 7 \approx 137,341, \quad 5^3 \pi^2 / 3^2 \approx 137,038 \text{ и т. д..}$$

В этой связи удивительно, что никто до сих пор не догадался использовать для аппроксимации α константы золотого сечения ϕ, Φ , с помощью которых, как выяснилось, можно получать предельно возможные на данное время аппроксимации. При этом интересно то, что такие аппроксимации можно осуществлять многими красивыми симметричными комбинациями ϕ, Φ .

Так, напр., целую часть $1/\alpha$ в соответствии с соотношениями (16),(17) можно записать в виде:

$$137 = \phi^{10} + \Phi^{10} + (\phi\Phi + \Phi\phi)(\phi^4 + \Phi^4) = \phi^8 + \Phi^8 + (\phi + \Phi)^2(\phi^6 + \Phi^6) \quad (36)$$

В связи с тем, что в последние годы в получаемых из эксперимента значениях $1/\alpha$ не менялись только первые 6 цифр после запятой достоверным значением $1/\alpha$ можно считать лишь $1/\alpha \approx 137,035\,999 \approx 137,036$. Для этого значения $1/\alpha$ с учётом (36) подойдёт следующая аппроксимация:

$$1/\alpha = 137 + 9/250 = 137 + (\phi^2 + \Phi^2)^2 / (\phi\Phi + \Phi\phi)(\phi + \Phi)^6 \quad (37)$$

Полагая верными все цифры в дробной части $1/\alpha$ получим предельную возможную на данный момент аппроксимацию через цепную дробь:

$$0,035\,999\,139\,31 = \cfrac{1}{27 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{3 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{18 + \cfrac{1}{29 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{3 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{22}}}}}}}}}}}}}}}} \quad (38)$$

Подчеркнём, что в полученной цепной дроби (39), к сожалению, нет периодичности.

Учитывая все 14 цифр в $1/\alpha$ и то, что $0,035\,999\,139\,31 \approx 9871/274\,201$, далее представим целые числа 137, 9871 и 274 201 в виде сумм и произведений чисел из перечня (17), точно выражающихся через константы ϕ, Φ . В итоге получим максимально возможную на данное время аппроксимацию постоянной тонкой структуры α :

$$1/\alpha = 137 + 9871/274201 \quad (39),$$

где

$$137 = \phi^{10} + \Phi^{10} + (\phi\Phi + \Phi\phi)(\phi^4 + \Phi^4),$$

$$9871 = \phi^{18} + \Phi^{18} + \phi^{16} + \Phi^{16} + (\phi\Phi + \Phi\phi)(\phi^{14} + \Phi^{14}) + (\phi^4 + \Phi^4 + 1)(\phi + \Phi)^4,$$

$$274201 = \phi^{26} + \Phi^{26} + \phi^{16} + \Phi^{16} + \phi^{12} + \Phi^{12} + \phi^{10} + \Phi^{10} + (\phi^2 + \Phi^2)(\phi + \Phi)(\phi^4 + \Phi^4) + 1$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *А.Н. Шелаев, А.Ф. Тальдрик.* Матрица размерностей фундаментальных физических констант. Естественные и технические науки, 2008, № 5, С.150-156.
2. *Л.Б. Окунь.* Физика элементарных частиц. 2-е изд. 1988, 272 С.
3. *А.Э. Босс.* Стандартная модель и предсказания для бозона Хиггса, УФН, 2014, т.184, в. 9, С.985-995.
4. *Д.И. Казаков .* Хиггсовский бозон открыт, что дальше ? УФН, 2014, т.184, в. 9, С. 1004-1016.
5. *G. Admit.* Pentaquark discovery at LHC shows long-sought new form of matter. New Scientist, 14, July, 2015.
6. *К.А. Томилин.* Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. М., Физматлит, 2006, 368 С.
7. *Л.Б. Окунь.* Фундаментальные константы физики. УФН, 1991, т.161, в. 9, С.177- 194.
8. *Х.Фритциш.* Фундаментальные физические постоянные. УФН, 2009, т. 179, в. 4, С.984-392.

9. *С.Г. Коршенбойм*. Прогресс в уточнении фундаментальных физических констант. УФН, 2013, т. 183, в. 9, С.935-962.

10. *С.Вайнберг*. Проблема космологической постоянной. УФН, 1989, т. 158, в. 4, С.639-678.

11. *М. Борн*. Тайнственное число 137. УФН. 1936, т. 16, в.6, С.697-729.

12. *С.П. Капица*. Естественная система единиц в классической электродинамике. УФН, 1966, т. 88, в. 1, С.191-194.

13. *И. Седов*. Методы подобия и размерности в механике. Издание 8-е. М., Наука, 1977, 440 С.

