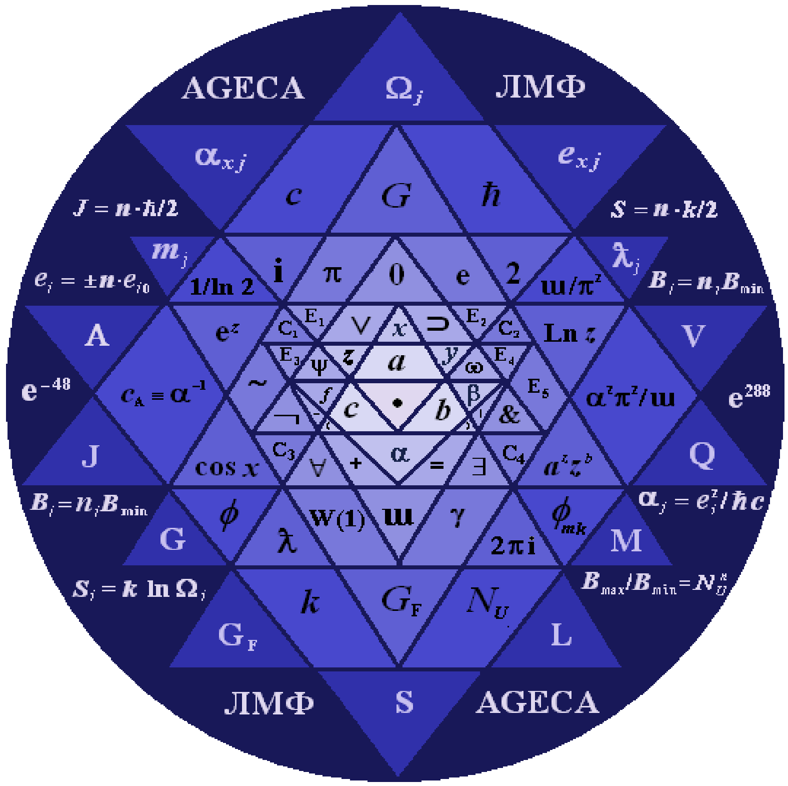
Грант Аракелян

Теория ЛМФ и принцип золотого сечения

К**раеугольным камнем мировой гармонии, без веры в которую естественнонаучное мышление лишилось бы большей части своей привлекательности, является математика. Известно, что путь от общих положений до конкретной их реализации часто долог, извилист и неоднозначен. Потому-то так труден вопрос, каким всё же образом математическая первооснова приобретает характер селективного формообразующего принципа для живой и неживой природы.* ***Принцип золотого сечения *предоставляет, быть может, наилучшую возможность для анализа подобных проблем. В силу его совершенно особого статуса, а главным образом из-за соотнесённости с фундаментальными математическими константами (ФМК), с положениями теории ЛМФ, вкратце представленной во Введении и Части I настоящей работы, подробное обсуждение этого принципа и всего, что с ним связано, представляется существенным и важным.*

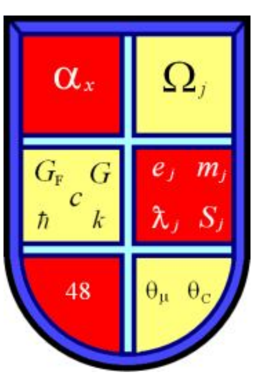
Ф**ундаментальная физическая теория – мечта многих поколений исследователей. ЛМФ – попытка осуществить эту мечту в виде логически строгой, математически завершенной системы, соответствующей имеющимся экспериментальным данным и допускающей (частично уже подтвердившиеся) прогнозы и эмпирическую верификацию. Это базисная теория физического мира, реализующая идею единства математической логики (Л), числовой математики (М) и фундаментальной физики (Ф). Её корневая структура начинается с логических атомов и завершается обобщёнными физическими законами сохранения, изменения и квантования. В рамках теории ЛМФ получен удивительный результат для постоянной Ферми. Решается ряд важнейших задач, в частности определение численного значения постоянной тонкой структуры, времени жизни мюона и других физических констант, выявление границ физического мира с использованием нового космического параметра – безразмерной константы порядка 10^{125}, получение массовой формулы для частиц определённого типа,* ***обобщение принципа золотого сечения*.*

Т**еория ЛМФ по идее не только снабжает необходимым инструментарием для теоретического определения любой известной физической постоянной и не только приписывает с ограниченной или неограниченной точностью истинное числовое значение каждой величине. В свете теории ЛМФ некоторые изученные казалось бы вдоль и поперек математические величины предстают в новом качестве, приобретают дополнительные, ранее не известные характеристики. В этом назначение Части II настоящей работы, где изложение исторических фактов и подробное рассмотрение формальных свойств числа ϕ носит иллюстративный характер и подчинено решению основной задачи: выявлению связей между ϕ и исходными ФМК, анализу принципа золотого сечения с точки зрения общих принципов и идей, изложенных в Части I. По сути ставится задача построения* ***нетрадиционной математической теории золотой пропорции. *Это построение должно быть ответвлением теории ЛМФ и призвано не только подтвердить её возможности, но и осветить некоторые ключевые вопросы, которые в обычной трактовке золотого сечения кажутся загадочными.*



Глава 3. Основания физической теории

Глава 3. Основания физической теории



Согласно предыдущим главам переход от логики к математике осуществляется добавлением к постулатам для логических “величин” – высказываний, предикатов, термов – аксиом для величин математических, в частности для чисел. Реальное же построение числового континуума и множества функций осуществляется посредством выделенных чисел, фундаментальных математических констант, задаваемых выделенными материнскими функциями ψ и α. Функциональные уравнения **E** *это основные уравнения для основных математических величин, своеобразный синтез первичного математического субстрата с задающими его первичными законами. Продолжая построение системы ЛМФ и придерживаясь ранее принятых принципов, схем и определений, мы полагаем, что в субстанциальном плане переход от чистой математики к основаниям физической теории есть прежде всего* ***переход от математических величин к физическим****, а в отношении конкретного субстрата –*

переход между исходными математическими и физическими величинами, то есть ***переход между фундаментальными математическими константами и фундаментальными физическими постоянными****, а также связанными с ними величинами. При таком построении все исходные формальные компоненты физической теории включая функции потенциально уже заданы математически и потому синтез первичных физических величин и законов может быть реализован в виде универсальных* ψ-α-*уравнений и соотношений. Последние аналогичны соотношениям между математическими константами и являются чем-то вроде их "аналитического продолжения в область физической теории". Отсюда физическая теория в целом предстает как "живая", онтологизованная математика, прямое продолжение чистой математики в теоретически осмысляемый мир природных реалий; на данном этапе построения теории уже есть всё необходимое для выявления и представления физического содержания физической математики.*

О*казывается, что основные компоненты физической теории как бы закодированы в достаточно простой системе исходных физических уравнений, названных* ***физическими кодами*** *и обозначаемых символом* **C**. *К числу таких компонентов относятся некоторые* ***переменные физические величины*** *и* ***константы****, а также небольшая группа первичных физических законов трёх взаимодополняющих типов:* ***сохранения****,* ***изменения*** *и* ***квантования****. Венцом, последним звеном, завершающим построение формального базиса теории, является* ***абсолютная система измерения физических величин*** **A**, *призванная определить истинные математические выражения и соответствующие численные значения физических величин, в первую очередь всех фундаментальных постоянных. В* **A**-*системе возможно сравнение по принципу "меньше-больше" любых величин. Своеобразное и поистине замечательное подтверждение справедливости* **A**-*системы, а косвенно и всей теории ЛМФ это автоматически получаемое в ней значение* $G_{\mathrm{FA}} \cong \mathrm{e}^{-48}$ *для константы Ферми. Целочисленная постоянная 48, понимаемая как общее число фундаментальных фермионов и бозонов, независимо появляется и в формуле для энтропии и, что особенно примечательно, оказывается связанной с решением уравнения для постоянной Зоммерфельда (тонкой структуры). На основе* A-*значения константы Ферми было теоретически предсказано, экспериментально подтвердившееся в конце 2010 года, численное значение среднего времени жизни мюона.*

3.1. Система физических кодов

В концепции триединства логики, математики и физики последняя рассматривается как продолжение чистой математики, а не просто как дисциплина, обслуживаемая математическим методом наряду с прочими методами. Поэтому термин *физическая математика*, вместо привычной *математической физики,* отражающий достаточно радикальное изменение в понимании "великого таинства брака" между математикой и физикой, кажется более уместным и отвечающим существу дела. Мы исходим из того, что основные положения, установленные или выявленные для формальной логико-математической системы **AGE**, одновременно служат первоосновой, а также конструктивным началом для физической теории. Фундаментальная физическая теория как теория фундаментальных физических величин должна естественно начинаться там, где окончательно задаётся, оформляется и детализируется понятие фундаментальной математической величины со всеми её необходимыми элементами.

Прибегая снова к образу дерева, поясним, что речь сейчас идёт об отходящих от математического ствола ветвях этого дерева – основаниях физической теории, или продолжении физической математики в область реалий внешнего мира. Фактически уже во второй главе мы с неизбежностью пришли к ψ-α, экспоненциально-логарифмическому представлению как естественному и по сути единственному, с позиций системы **AGE** формально-аналитическому началу физической теории. В общем случае это уравнение типа

$$\mathbf{C} \qquad z = \psi[\alpha(a)\cdot z + b\cdot\alpha(u)] \equiv \exp(\mathrm{Ln}\, a\cdot z + b\cdot \mathrm{Ln}\, u)$$

равное также произведению показательной a^z ($a \neq 0$) и степенной u^b ($u \neq 0$) функций с комплексными переменными z и u и комплексными постоянными a и b; для главного значения логарифма и действительных чисел имеем

$$\mathbf{C}' \qquad w = \psi[\alpha(a)\cdot x + b\cdot\alpha(y)] \equiv \exp(\ln a\cdot x + b\cdot \ln y) = a^x\cdot y^b \qquad (a\neq 0,\, y \neq 0)$$

Математический закон сохранения **C** и его частный случай **C′** являются достаточно общими формами представления (в духе системы **AGE**) любого числа за исключением заданного уже в аксиомах нуля. Забегая вперёд отметим, что это относится и к "золотому" числу 1,61803…, экспоненциальное представление которого, открывающее дорогу к более глубокому пониманию и обобщению ПЗС, лежит в основе подробно излагаемой в главе 8 обобщённой теории золотого сечения (ОТЗС). Придавая постоянным a и b всевозможные значения, можно получить множество известных из теории простых функций – блоков, из которых математическими операциями могут быть составлены более сложные функции. Фиксируя же значения переменных, имеем определённые соотношения между математическими величинами, также призванные осуществить реальный переход от чистой математики к физической теории. Эти положения мы обязаны использовать для унификации и кодификации основных физических законов, приведения их к формальному единообразию, иерархизации физических законов, величин, в том числе констант, по характерным формальным признакам.

Исходя из требования однозначности и учитывая наперёд, что все по крайней мере “независимые” математические и физические константы (за исключением мнимой единицы i) – действительные числа, возьмём за основу уравнение **C′**. Зафиксируем вначале некоторое общее для всех случаев постоянное значение показательной функции a_0, а постоянную b отождествим с фундаментальной математической константой 2:

$$w = a_0 y^2$$

Представив переменную y^2 выражениями u^2, $a_1 v^2$, a_2/t^2, исчерпывающими число возможных вариантов для квадратичной формы с новыми постоянными a_1, a_2 и переменными u, v, t и обозначив новые функции через w_1, w_2, w_3, имеем

$$\mathbf{C}_1' \quad w_1 = \exp(\ln a_0 + \ln u^2) = a_0 u^2$$

$$\mathbf{C}_2' \quad w_2 = \exp(\ln a_0 + \ln a_1 v^2) = a_0 a_1 v^2$$

$$\mathbf{C}_3' \quad w_3 = \exp(\ln a_0 + \ln a_2/t^2) = a_0 a_2/t^2$$

По соображениям симметрии зафиксируем теперь постоянное значение степенной функции a_3, а с фундаментальной константой 2 отождествим уже постоянную a_0:

$$\mathbf{C}_4' \quad w_4 = \exp(x \ln 2 + a_3) = a_3 \cdot 2^x$$

Заметим, что здесь выражение в скобках линейно относительно переменной x, умножаемой на константу ln 2, так что других вариантов для этого случая нет. Применяя индекс j чтобы отличать переменные – функции и аргументы – от постоянных, введём окончательные обозначения для переменных и постоянных математических величин:

$$a_0 \equiv 1/\hbar c \quad a_1 \equiv G \quad a_2 \equiv G_\mathrm{F} \quad \ln 2 \equiv 1/k \quad (\text{или } k \equiv 1/\ln 2)$$

$$w_1 \equiv \alpha_{\mathrm{e}j} \quad w_2 \equiv \alpha_{Gj} \quad w_3 \equiv \alpha_{\mathrm{W}j} \quad w_4 \equiv \Omega_j$$

$$u \equiv e_j \quad v \equiv m_j \quad t \equiv ƛ_j \quad x \equiv S_j$$

Полагая, что c скорость света в вакууме, $\hbar$ постоянная Планка, G гравитационная постоянная, G_F постоянная Ферми, k постоянная Больцмана, e_j (не путать с проточислом e) семейство зарядов (электрических, слабых, магнитных, цветовых), m_j масса, $ƛ_j$ комптоновская длина, Ω_j число микросостояний макросистемы, S_j энтропия, то есть давая этим символам их обычные физические толкования, имеем систему из четырёх уравнений уже для физических постоянных и переменных:

$$\mathbf{C}_1 \quad \alpha_{\mathrm{e}j} = \exp\left(\ln\frac{1}{\hbar c} + \ln e_j^2\right) = \frac{e_j^2}{\hbar c}$$

$$\mathbf{C}_2 \quad \alpha_{Gj} = \exp\left(\ln\frac{1}{\hbar c} + \ln G m_j^2\right) = \frac{G m_j^2}{\hbar c}$$

$$\mathbf{C}_3 \quad \alpha_\mathrm{W} = \exp\left(\ln\frac{1}{\hbar c} + \ln\frac{G_\mathrm{F}}{ƛ_j^2}\right) = \frac{G_\mathrm{F}/ƛ_j^2}{\hbar c}$$

$$\mathbf{C}_4 \quad \Omega_j = \exp\left(\frac{S_j}{k}\right)$$

Уравнения $\mathbf{C}_1 - \mathbf{C}_4$, для которых их количество, ψ-α-форма, окончательное оформление и конкретное содержание обусловлены как принципами развертывания, кодификации и построения системы **AGE**, так и фрагментарными данными, извлеченными и скомпонованными из различных разделов и относительно укромных уголков физики, назовем системой физических кодов и обозначим символом **C**. Здесь содержится указание на то, что физические коды обязаны своим происхождением универсальной экспоненциально-логарифмической форме **C**, точнее **C′**, представления числа, будучи содержательным воплощением этих форм в области физической реальности. Это один из наиболее важных моментов построения системы ЛМФ, знаменующий переход от логико-математики к основаниям физической теории путём добавления системы кодов **C** к системе логических постулатов, математических аксиом и исходных функциональных уравнений. Дополненная подобным образом система **AGE** это уже система **AGEC**.

Заметим, что уравнения $\mathbf{C}_1-\mathbf{C}_4$ каждое в отдельности, как и некоторые их комбинации достаточно известны и порой вызывают даже повышенный интерес, в том числе со стороны известных исследователей **[**Dirac; Вейль, 347−349; Фейнман 138−139**]**. Однако на деле только формула Больцмана $\mathbf{C}_4$ и некоторые частные значения $\mathbf{C}_1$, прежде всего постоянная тонкой структуры $\alpha = e^2/\hbar c$, вправе считаться работающими элементами физической теории. Остальные соотношения, часто представляемые в несколько иных вариантах или с другими переменными и константами например хаббловским временем H^{-1} – популярное изложение см. в **[**Девис**]**, основные источники указаны в **[**Аракелян 1981, гл. 11**]** – тоже не обойдены вниманием. Их часто рассматривают в контексте концепции Большого взрыва, связывают с различными проблемами тонкой и сверхтонкой подстройки и множественности Вселенной, с гипотезой о вариациях численных значений физических постоянных, с антропным принципом и т.д. и т.п. Сколько-нибудь законченной теории для них, однако, нет и подобные соотношения, обычно называемые большими числами Дирака, преимущественно расцениваются на интуитивном уровне как нечто очень интересное и значительное – “маяк, указывающий путь развития науки” **[**Зельдович, Новиков, 123**]**, но (увы!) малопонятное, таинственное по природе и ждущее своей разгадки и звездного часа.

Интегрирующая роль системы кодов **C**, объединяющих основные физические величины, которые охватывают по сути всю теорию, очевидна с первого взгляда. Такие уравнения для переменных, обозначаемых индексом j, и соотношения для фиксированных, выделенных значений этих переменных могли появиться как своеобразный синтез, квинтэссенция всех достижений физической теории лишь на определённом уровне её развития. Без этих уравнений и соотношений концепция единства, идея перерастания логико-математического формализма в формализм физической теории выглядит как умозрительная химера. С другой стороны, идеи, положенные в основу концепции ЛМФ, действуют как свод запретов и разрешений, как некий корректирующий исследование селектор, отбирающий, систематизирующий именно то, что находится в соответствии с внутренней логикой её развития. Речь по существу должна идти о системном ψ-α-переходе от математических величин к физическим, а конкретнее от математических переменных и фундаментальных констант к фундаментальным физическим переменным и постоянным величинам с использованием вспомогательного понятия размерности. Следовательно, ключ к решению, мы полагаем, содержится в системе **C** из четырёх типов уравнений и соотношений. Подобно тому как в функциональных уравнениях **E** в скрытом виде содержится колоссальная информация математического характера, в системе **C**, служащей продолжением **E** в область физической математики, как бы зашифрованы универсальные коды физической теории, относящиеся прежде всего к основным физическим величинам и законам.

3.2. Основные физические законы (краткое вступление)

Физика как наука о физических величинах призвана выявлять и соответствующим образом упорядочивать семейства взаимосвязанных величин, описывающих физическую реальность. Сущность и теоретические потенции величины могут проявляться как из её внутренних свойств, так и в её аналитических связях и отношениях с другими величинами. Всё это согласно вышеизложенному закодировано, притом в самом общем виде, в системе уравнений **C**, нуждающейся в последовательной расшифровке и истолковании. В соответствии с исходными понятиями переменной и постоянной, берущими свое начало ещё в истоках формальной логики, оформляемыми как числовые переменные в недрах формальной математики с естественным продолжением в область физической теории, а также в соответствии с идеей (дискретной) числовой последовательности, образуемой на основе общих для её членов признаков, можно говорить о трёх типах основных физических законов. Это законы **сохранения**, **изменения** и **квантования**, закодированные в системе **C** в их целостности и формальном единстве.

Поиск универсальных физических законов, нередко награждаемых громким титулом законов природы, всегда считался одной из центральных задач, стоящих перед физикой и наукой вообще. Поэтому сделанные утверждения могут показаться неоправданно смелыми и категоричными, а видимая простота системы кодов способна смутить всякого, у кого понятие универсального закона природы вызывает благоговейный трепет и ассоциируется с чем-то сакральным, труднодостижимым, требующим колоссальных и, как правило, коллективных усилий многих поколений исследователей. Какой-то резон здесь конечно есть, и всё же заметим, что как раз новая фундаментальная величина или константа как бы вбирает в себя, аккумулирует многие важнейшие достижения, в том числе экспериментальные, этапа развития физической науки, вызвавшего её появление. Такие относительно недавно утвердившиеся величины как константы связи и константа Ферми G_F в своем нынешнем виде это по сути конечные продукты множества разнородных исследований, охвативших широкий круг проблем и значительный период времени. Что касается простоты, то в фундаментальной науке она всегда была и остаётся одним из характерных признаков универсальности и правдоподобия исходных положений, если угодно “знаком свыше”; и наоборот: громоздкое, неуклюжее начало всегда выглядит сомнительным и неправдоподобным. К тому же система кодов, формальными корнями уходящая в математику, а содержательным богатством обязанная физике, даёт в принципе лишь общую схему, нечто вроде магической формулы всех законов, которую надо ещё развернуть в конкретные законы при поддержке существующей физической теории. Добавим, что во всех своих частях начиная с исчисления предикатов, здание **AGEC** возводится преимущественно путём последовательных надстроек над предыдущим, а не последовательной дедукции из предыдущего. При этом обычно применяется метод перебора всех независимых, простейших вариантов.

Но вернёмся к системе **C**, устанавливающей необходимое количество истинных функциональных отношений между фундаментальными физическими величинами и задающей основные элементы физической субстанции. Систему уравнений **C** мы вправе рассматривать как некий, охватывающий всю физическую теорию обобщённый закон, расчленённый на отдельные составляющие, к обсуждению которых мы и приступаем.

3.3. Законы сохранения

Известно, что посредством математической операции равенства, пропозициональных связок и кванторов может быть представлено любое включая неравенства предложение математики, а теперь, добавим, и физики; любое равенство само по себе есть закон сохранения аналитической связи между величинами. Но сейчас нас интересует не "закон сохранения закона", а более частный случай законов сохранения фундаментальных физических величин включая константы, исходная группа которых задаётся системой уравнений **C**. Помимо величин c, $\hbar$, k, G, G_F к категории фундаментальных физических постоянных относятся выделенные, отмеченные значения функций $\alpha_{\mathrm{e}j}$, α_{Gj}, $\alpha_{\mathrm{W}j}$, Ω_j, переменных e_j, m_j, λ_j, S_j, а также целый ряд наделенных физическим смыслом комбинаций всех перечисленных величин. Подсчитать точное количество даже одних "независимых" физических постоянных в отличие от математических весьма непросто, но ориентировочно можно говорить о более чем десяти выделенных на сегодня особых точках континуума – фундаментальных физических числах, которые сохраняются при всех изменениях, касающихся физической реальности.

Одно из этих чисел, имеющее статус великого закона природы, обладает неповторимым своеобразием, будучи единственным отмеченным представителем своего класса величин. Это фигурирующая в уравнениях $\mathbf{C}_1 - \mathbf{C}_3$ константа c, не только универсально сохраняющаяся величина, но и единственная выделенная скорость в природе. О скорости света в вакууме, принципе её постоянства и относящихся к нему фактах, о релятивистской инвариантности как общем требовании, предъявляемом ко всем теориям современной физики, сказано столько, что трудно к этому что-либо добавить. Следуя букве и духу системы **AGEC**, надо только предупредить, что для корректной содержательной формулировки закона $c = \mathrm{const}$ недопустимо использование таких часто встречающихся в литературе слов и выражений как *наблюдатель*, *во времени*, *инерциальная система отсчёта*. Это не тот язык, на котором можно определять субстанциальные элементы, не искажая при этом их сущности. Например говорить, как это часто делается, что физическая величина *всегда* постоянна, или *всегда* имеет одно и то же значение, то есть определять закон сохранения как постоянство численного значения *во времени*, по многим причинам некорректно. Очевидно, главный источник тысячелетнего преклонения перед Временем состоит в том, что все мы узники ограниченности собственного восприятия внешнего мира, из-за которой любое изменение физического свойства мыслится как нечто происходящее во времени и пространстве; представить себе физические процессы как-то иначе нам, похоже, не удаётся. Отсюда инстинктивная тяга к хотя и развенчанным, но всё равно милым сердцу традициям ньютоновой механики с её идеей субстанциальности "абсолютного", или "истинного, математического" времени, которое "само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью" **[**Ньютон, 146**]**. Между тем надёжно установлено – см. например **[**Пригожин, гл. 10**]**, – что "стрела времени" по образному выражению Эддингтона летит из прошлого в будущее через настоящее лишь благодаря закону возрастания энтропии (уравнение $\mathbf{C}_4$). Каким бы ошеломляющим ни был этот удар по нашей извечной склонности к абсолютизации времени, приходится признать, что с точки зрения оснований физики в иерархии физических величин время вторично и не входит в узкий круг наиболее избранных, фундаментальных величин.

Недопустимо также определять фундаментальные физические законы с помощью таких выражений как *инерциальная система отсчёта*, *замкнутая система*, *изолированная система* в их обычном понимании, хотя бы потому что это неизбежно приводит к логическому кругу в определении. Действительно, если попытаться раскрыть содержание, например, понятия инерциальной системы отсчёта (координат), то сразу выясняется, что под нею понимается система, в которой справедливы законы сохранения, которые в свою очередь верны в таких системах, в которых справедливы законы сохранения, которые... Логический круг налицо, но можно ли, спрашивается, при формулировке физического закона, и не только сохранения, обойтись вообще без понятия физической системы как физической реалии, с которой собственно говоря и соотносится абстракция системы отсчёта? В принципе можно обойтись и без явного указания физической системы, заменив его соответствующими уравнениями, но ведь и они должны к чему-то относиться, а это так или иначе ведёт к постановке вопроса о существовании выделенной, привилегированной физической системы, позволяющей избежать отмеченных трудностей.

На деле не так уж всё сложно и безнадёжно, как может показаться на первый взгляд. Выход из положения фактически давно найден в **[**Clausius**]** и воспроизведён многими, порой чисто интуитивно. **Вселенная**, или физический универсум, со всеми своими параметрами существующий в единственном экземпляре (другими мало-мальски надёжными сведениями мы не располагаем), – вот та выделенная самим фактом своего бесспорного существования система, по отношению к которой и должны определяться все основные физические законы.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ СКОРОСТИ СВЕТА В ВАКУУМЕ

Константа c является постоянным параметром Вселенной, то есть значение этого числа ни от каких физических изменений не зависит

В более математизированном, формализованном, не содержащем прямых ссылок на физическую систему варианте имеем:

Число c сохраняется во всех физических уравнениях и соотношениях, во всех имеющих физический смысл математических преобразованиях

Наконец, в логико-математической терминологии:

Индивидуальный терм c является абсолютно неизменяемой константой формализма теории ЛМФ

Универсальный закон c = const можно выразить в форме уравнения по крайней мере для двух переменных x и y, связанных размерной формулой

$$[y] = [c]\cdot[x] \equiv c[x]$$

В простейшем случае это известные пары длина-время и импульс-энергия, образующие четырёхмерные релятивистски инвариантные выражения типа $y^2 - c^2x^2$ для сохраняющихся в пределах данной задачи величин s и mc^2:

$$\Delta l^2 - c^2\Delta t^2 = \Delta s^2 \qquad (3.3.1)$$

$$E^2 - p^2c^2 = m^2c^4 \qquad (3.3.2)$$

Следующий из великих законов сохранения относится к величине, представленной в кодах константой $\hbar$ и называемой **действием**, количеством движения, моментом импульса, угловым моментом, спином и т.д. в зависимости от физической области и контекста, в которых она появляется. Один только перечень названий этой величины говорит о многоликости, широчайшей сфере охвата, обусловленной удивительными свойствами. Бегло перечислим лишь некоторые из них.

а) Инвариантность ψ-функции относительно преобразований $\psi \to \exp(-\mathrm{i}\varphi J/\hbar)$ где φ угол поворота, что физически может быть интерпретировано как изотропность, эквивалентность всех направлений пространства, неизмеряемость абсолютного направления в нём

б) Классификация всех элементарных частиц в зависимости от спина и связанное с этим огромное содержательное различие, разные математические модели и способы описания различных групп частиц

в) Соотношения неопределённостей Гейзенберга для канонически сопряженных величин, произведения размерностей которых имеют размерность действия и нижний предел $\hbar/2$ или $\hbar$

г) Вариационный принцип, связанный с интегралом действия, лагранжиан, теоремы Нётер и равенство нулю вариации действия (принцип наименьшего действия) в механике, квантовой физике, теории поля, физике элементарных частиц, словом повсюду

д) Получение с помощью математических теорем Нётер целого семейства вторичных законов сохранения и унифицированный вывод вариацией действия самых разных уравнений существующей теории

Таковы некоторые основные характеристики величины, стоящей рядом и вровень с константой c.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ

Действие Вселенной сохраняется

Понятно, что действие инвариантно по отношению ко всем имеющим физический смысл преобразованиям, и давать формулировки закона с математическим или логическим уклоном мы уже не будем. Действие с учётом всех внешних факторов, конечно, сохраняется, что подтверждает и вся совокупность экспериментальных данных во всех без исключения физических процессах, хотя по сути это лишь необходимое следствие постоянства его численного значения во Вселенной.

В системе кодов **С** остались ещё заряды.

ОБОБЩЁННЫЙ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДОВ

Заряды Вселенной сохраняются

Разумеется, заряды сохраняются и во всех процессах, происходящих во Вселенной, но это, как и в случае действия, непосредственно вытекает из общего закона. В отличие же от действия есть несколько видов зарядов, поэтому приходится говорить об обобщённом законе и употреблять множественное число в его формулировке. Идея сохранения обобщённого заряда e_j, содержащаяся в уравнении $\mathbf{C}_1$, конкретизируется уравнениями $\mathbf{C}_2$ и $\mathbf{C}_3$. Сегодня с большей или меньшей вероятностью можно говорить о пяти разновидностях фундаментальных зарядов: электрическом $e_\mathrm{e} \equiv e$, магнитном e_m, сильном e_s, слабом e_W и гравитационном e_G. Кстати, с точки зрения системы **C** как исходной системы физических уравнений именно наличием пяти математически различаемых типов констант связи и зарядов определяется существование пяти одноимённых типов фундаментальных взаимодействий, а не наоборот. Налицо семейство универсально сохраняющихся величин одинаковой размерности, равной среднему геометрическому размерностей констант c и $\hbar$:

$$[q] = [\hbar c]^{1/2}$$

Расчленяя, как и прежде, сохраняющуюся величину на несохраняющиеся переменные "проекции", произведение размерностей которых равно $[q]$ или $[q^2]$ и принимая во внимание математические характеристики и содержательные толкования вторичных величин, можно выражать законы сохранения зарядов в разных формах, раскрывающих те или иные грани понятия заряда. Выражая, например, электрический или гравитационный заряды через произведение силы на квадрат длины или потенциальной энергии на длину, а через e_j – произведение напряженности на длину, получим при соответствующем математическом оформлении законы Кулона и всемирного тяготения, выражения для потенциальной энергии электрического и гравитационного полей, теорему Гаусса для электрического (четвёртое уравнение Максвелла, обобщающее закон Кулона) и гравитационного взаимодействий и т. п.

Как полноправный, хотя и наиболее неординарный член семейства зарядов гравитационный заряд $G^{1/2}m_j$ должен считаться абсолютно сохраняющейся величиной, а это вследствие постоянства G – см. **[**Hellings**]** и обзоры **[**Dyson; Davies; Шляхтер; Ohanian; Крамаровский, Чечёв; Eichendorf, Reinhardt; Uzan**]**, касающиеся сохранения G и других ФП, – означает сохранение массы (Вселенной). Между тем уходящая корнями в глубокую древность богатая и необычайно запутанная родословная массы **[**Джеммер**]** и множество связанных с этой величиной курьёзов и созданных вокруг неё научных мифов препятствуют правильному пониманию её физической сути. Интересно, что часто даже сегодня, а тем более вчера в лучшем случае не отличают гравитационный заряд $G^{1/2}m_j$ и закон его сохранения от массы m_j и закона её сохранения либо вовсе не соотносят понятие массы с понятием заряда. В стадии становления теории относительности, когда математический аппарат включая четырёхмерные псевдоевклидовы континуумы Минковского уже был разработан, но ещё не были достаточно глубоко проанализированы и поняты основания теории, возникло поддержанное многими, но не всеми известными авторитетами представление о массе как величине, зависящей от скорости движения тела, другими словами от выбора (инерциальной) системы отсчёта. Со временем формула

$$m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

приобрела такую широкую популярность, что стала в глазах многих чуть ли не символом новой эпохи в физике. Курьёзность ситуации в том, что релятивистское уравнение (3.3.2), к которому обычно обращаются за подтверждением указанной зависимости $m(v)$, со всей определённостью свидетельствует как раз об обратном: выражение m^2c^4 (прямой релятивистский аналог четырёхмерного пространственно-временного интервала s^2, который счастливо избежал подозрений в зависимости от скорости и даже стал образцом респектабельной инвариантной величины), а значит и масса m – релятивистские инварианты. А от скорости движения тела или выбора системы отсчёта зависят энергия E и импульс p, находящиеся в точно таком отношении к mc^2 как длина l и время t к интервалу; это видно из сравнения уравнений (3.3.1) и (3.3.2). Уже отсюда, не прибегая к другим аргументам, см. **[**Окунь 1989**]**, совершенно ясно, что понятия типа "масса покоя", "релятивистская масса" лишены всякого онтологического содержания и порождают всевозможные недоразумения и околонаучные спекуляции. Говорить можно об энергии покоя E_0, о релятивистских $E(v)$ и $p(v)$, раз энергия и импульс всего лишь зависящие от выбора системы отсчёта проекции инварианта mc^2. Однако сама величина mc^2 и масса m, например масса электрона m_e, сохраняются при любых обстоятельствах. Если даже электрон исчезает как самотождественный физический объект при аннигиляции с позитроном, суммарная масса

$$m_{\mathrm{e}^-} + m_{\mathrm{e}^+} = 2m_\mathrm{e}$$

как и суммарный электрический заряд $-e + e = 0$ системы электрон-позитрон, измениться не может, а только распределяется между продуктами аннигиляции, например между фотонами. Формула $E = mc^2$ – "наиболее знаменитая из когда-либо открытых в науке", полученная в **[**Эйнштейн**]** как формула истинной связи между физическими величинами в такой записи и при обычном понимании символа E вообще неверна. Её можно принять только как формулу размерности для энергии, записав в виде

$$[E] = [m]\cdot[c]^2$$

Истинная же в пределах теории относительности формула связи это (3.3.2), которая в частном случае покоящегося в данной системе отсчёта тела ($v = 0$, $\mathbf{p} = 0$) переходит в формулу $E_0 = mc^2$ для энергии покоя. Добавим, что взаимодействие точечных зарядов q_1 и q_2 согласно уравнению $\mathbf{C}_2$ пропорционально произведению $q_1 q_2$, в частности для гравитационных зарядов $G^{1/2}m_1$ и $G^{1/2}m_2$ оно по уравнению $\mathbf{C}_2$ пропорционально Gm_1m_2. Таким образом, есть все основания полагать, что весьма сходные, хотя и не тождественные законы сохранения величин $G^{1/2}m$ и m относятся к числу великих законов физики. Не забывая о трудностях, связанных с обнаружением магнитного заряда, который всё же слишком хорошо вписывается в физическую теорию чтобы не быть природной реалией, представим по отдельности все частные случаи обобщённого закона сохранения зарядов вместе с законом сохранения массы. Заметим, что малый в отличие от трёх остальных радиус действия сильного и слабого взаимодействий ($\sim 10^{-13}$ см и $\sim 10^{-16}$ см соответственно), создающий эффект локальной "замкнутой системы", предполагает несколько отличную от остальных законов формулировку.

Закон сохранения массы

Масса Вселенной сохраняется

Закон сохранения гравитационного заряда

Гравитационный заряд Вселенной сохраняется

Закон сохранения электрического заряда

Электрический заряд Вселенной сохраняется

Закон сохранения магнитного заряда

Магнитный заряд Вселенной сохраняется

Закон сохранения слабого заряда

Слабый заряд сохраняется во всех процессах

Закон сохранения сильных (цветовых) зарядов

Цветовые заряды сохраняются во всех процессах

Окончательно имеем четыре относительно независимых фундаментальных закона сохранения: скорости света в вакууме, действия, массы и зарядов включая гравитационный, электрический, слабый, сильный и по всей видимости магнитный заряды.

3.4. Законы квантования

Некоторые входящие в систему уравнений **C** физические величины с формальной точки зрения суть построенные по определённому закону числовые последовательности, которые отражают внутренние свойства величин. Правила составления таких математических последовательностей из физических чисел образуют вторую группу фундаментальных физических законов – законов квантования. Непрерывным, бесконечным континуумам природа, похоже, явно предпочитает дискретные, ограниченные снизу и сверху последовательности. Начатый с открытия кванта действия победоносный натиск квантовой физики продолжается по сей день: шаг за шагом, медленно, но неуклонно непрерывные величины классической физики вытесняются из теории величинами квантованными. Всё указывает на то, что тысячелетняя дилемма *непрерывное или дискретное?* решается в физике в пользу последнего. В подобных случаях всегда возникает вопрос: почему? Принято считать, что "квантование заряда является таинственным и универсальным законом природы" **[**Парселл, 19**]** и что это одна из тщательно оберегаемых тайн природы; подтверждение предполагаемого существования магнитного заряда и дайонов – частиц-носителей как электрического, так и магнитного зарядов **[**Коулмен**]**, значительно помогло бы раскрыть эту тайну.

Включив существование магнитных зарядов в общий контекст проблемы квантования, попытаемся обрисовать ситуацию в целом, в рамках системы **AGEC**. С позиций теории ЛМФ все фундаментальные законы включая законы квантования закодированы, обобщены в системе уравнений **C**, полученной анализом и содержательной конкретизацией ψ-α-формы, в свою очередь однозначно вытекающей из функциональных уравнений **E**. Напомним также, что материнская ψ-функция периодична с периодом $\lambda = 2\pi i$, а обратная ей логарифмическая функция α принимает спектр значений, содержащих кратную $2\pi i$ постоянную. Вектор состояния, или ψ-функция, квантовой механики формально тождествен своему математическому предку, а содержательно отличается от него лишь физическим смыслом своих переменных. Вследствие этого периодичности

$$\psi(z) = \psi(z \pm n2\pi i)$$

из уравнений $\mathbf{E}_3$–$\mathbf{E}_4$ как фундаментальному свойству экспоненты обеспечен прямой выход в физическую теорию. В результате момент импульса любой физической системы может принимать только строго определённый дискретный ряд значений. Тогда квантование действия по $\hbar$ это прямое следствие свойств экспоненты, в первую очередь её периодичности. В конечном счёте по этой же причине получаются дискретные ряды значений при решении других задач квантовой механики, например возможные состояния линейного гармонического осциллятора с собственной частотой ω_0:

$$E_n = \hbar\omega_0(n + 1/2) \quad (n = 0, 1, 2, 3, ...) \tag{3.4.1}$$

Сходные рассуждения с использованием результатов, известных из квантовой статистики, приводят к соответственному выводу о целочисленном законе квантования энтропии.

Остаётся дискретность зарядов. Покровы таинственности снимаются по крайней мере с электрического и магнитного зарядов простым предположением Дирака о существовании аналогичного электрическому магнитного заряда и его носителя – магнитного монополя. Теория магнитного монополя, развивающая идею существования положительных и отрицательных магнитных зарядов, приводит к условию квантования ’т Хоофта–Полякова

$$e_j e_{\mathrm{m}j} = \hbar c \cdot n \quad (n = \pm 1, \pm 2, ...) \tag{3.4.2}$$

для электрического и магнитного зарядов. Для $n = \pm 1$ это соотношение между минимальными значениями $\pm e$ и $\pm e_{\mathrm{m}0}$ двух родственных зарядов, между которыми существует определённая симметрия. К уравнению (3.4.2) при тех же предположениях относительно магнитных зарядов и даже с новой дополнительной аргументацией в пользу их существования можно прийти и из общих соображений, установив попутно одно важное тождество. Одновременно в более осязаемом виде предстанет связь между сохранением и квантованием физических величин. Законы сохранения трёх типов, то есть сохранение закона, или инвариантность его формы относительно имеющих физический смысл преобразований (принцип относительности), сохранение величины при данных преобразованиях и неизменные константы преобразования, могут быть записаны для электромагнитного поля в релятивистски инвариантном виде с помощью независимых переменных $\mathbf{r}$, t, функции ψ и четырёхмерного потенциала электромагнитного поля A_μ. Речь идёт о так называемых калибровочных преобразованиях

$$\psi(\mathbf{r}, t) \to \psi'(\mathbf{r}, t) \qquad \psi^*(\mathbf{r}, t) \to \psi^{*\prime}(\mathbf{r}, t) \qquad \mathrm{A}_\mu(\mathbf{r}, t) \to \mathrm{A}'_\mu(\mathbf{r}, \mathrm{t})$$

которые должны удовлетворять указанным требованиям, обычно записываемым в виде

$$\psi' = \psi\, \mathrm{e}^{\mathrm{i}e\varphi(\mathbf{r},\, t)} \qquad \psi^{*\prime} = \psi^*\, \mathrm{e}^{-\mathrm{i}e\varphi(\mathbf{r},\, t)} \qquad \mathrm{A}'_\mu = \mathrm{A}_\mu + \frac{1}{e}\frac{\partial\varphi(\mathbf{r},\ t)}{\partial x^\mu}$$

Переменная x^μ – четырёхмерная координата с компонентами $x^0 = ct$, $x^1 = x$, $x^2 = y$, $x^3 = z$, φ – безразмерная фаза, зависимость которой от координат определяет локальный характер преобразования и необходимость введения реально существующего электромагнитного поля A_μ, компенсирующего добавку $\partial\varphi/\partial x^\mu$. Математическая запись вытекающих из закона сохранения требований дана здесь в системе измерения физических величин $c = \hbar = 1$, причём с игнорированием безразмерных числовых множителей. Это несколько упрощает форму уравнений калибровочной инвариантности, но, как сейчас увидим, ценой серьёзных потерь, искажающих смысл преобразований и совершенно недопустимых в данном контексте. Восстанавливая правильные размерности и числовые коэффициенты **[**Аракелян 1989, 203**]**, получим куда более интересные уравнения

$$\psi' = \psi\, \mathrm{e}^{\mathrm{i}\sqrt{\alpha}\,\varphi} \qquad \psi^{*\prime} = \psi^*\, \mathrm{e}^{-\mathrm{i}\sqrt{\alpha}\,\varphi} \qquad \mathrm{A}'_\mu = \mathrm{A}_\mu + \alpha^{-1}e\frac{\partial\varphi}{\partial x^\mu} = \mathrm{A}_\mu + e_{\mathrm{m}0}\frac{\partial\varphi}{\partial x^\mu} \tag{3.4.3}$$

содержащие постоянную Зоммерфельда α^{-1} и заряд $e_{\mathrm{m}0}$, приблизительно в 137 раз превосходящий элементарный. Различая электрическую $\psi\psi^*$ и магнитную $e\varphi(\partial\varphi/\partial x^\mu)$ составляющие электромагнитного поля, естественно предположить по аналогии с электрическим зарядом e существование “симметричного” магнитного заряда $e_{\mathrm{m}0}$, причём согласно последнему уравнению $e_{\mathrm{m}0} = \alpha^{-1}e$. С учётом того, что отношение между электрическим и магнитным взаимодействиями, полями, величинами всегда характеризуется постоянной c, последнее соотношение запишется как $e_{\mathrm{m}0} = ce$. Сравнивая, получаем чрезвычайно важный вывод, что постоянная Зоммерфельда α^{-1} не что иное как скорость света в вакууме. Вслед за полученным ранее, при построении физических кодов из ψ-α-формы, тождеством $k \equiv 1/\ln 2$ для постоянной Больцмана имеем теперь тождество $c \equiv \alpha^{-1}$, где физическое число α^{-1} ещё предстоит найти как число математическое.

Возвращаясь к зарядам и используя соотношения

$$e_{\mathrm{m}0} = \alpha^{-1}c, \quad c = \alpha^{-1}$$

получаем сразу из $\mathbf{C}_1$, что для фиксированных значений переменных e_j и $e_{\mathrm{m}j}$, равных элементарным электрическому и магнитному зарядам соответственно, произведение констант связи

$$\alpha(e)\cdot\alpha(e_{\mathrm{m}0}) = \alpha\cdot\alpha^{-1} = 1 \tag{3.4.4}$$

Следовательно, минимальные значения $(\alpha_j)_{\min}$ и $(\alpha_{\mathrm{m}j})_{\min}$ суть величины взаимообратные; не в этом ли основа того, что называют симметрией между электрическим и магнитным полями? Из (3.4.4) получим равенство

$$\pm \frac{1}{c} e e_{\mathrm{m}0} = \hbar \qquad (3.4.5)$$

которое для произвольных зарядов $e_j \geq e$, $e_{\mathrm{m}j} \geq e_{\mathrm{m}0}$ переходит в неравенство

$$\pm \frac{1}{c} e_j e_{\mathrm{m}j} \geq \hbar \qquad (3.4.5')$$

напоминающее по виду релятивистское соотношение неопределённостей для электрического и магнитного зарядов. Чтобы однозначно получить искомые законы квантования, надо перейти от неравенства к равенству, используя уже известный закон квантования $J = n\hbar$ и предполагая, что “симметричные” заряды e_j и $e_{\mathrm{m}j}$ квантованы по одному и тому же закону, что кажется вполне разумным и даже несомненным. Окончательно

$$\pm \frac{1}{c} e_j e_{\mathrm{m}j} = \pm \hbar n \quad (n = 1, 2, 3, \ldots) \qquad (3.4.6)$$

что совпадает с условием ’т Хоофта−Полякова (3.4.2). Поскольку действие всегда положительно, знаки + и − могут относиться только к зарядам. Заставляя n последовательно пробегать все значения до некоего подлежащего определению но пока ещё не выясненного предела N_U, имеем весь спектр допустимых значений электрического и магнитного зарядов:

электрические заряды $\quad \pm e, \quad \pm 2e, \ldots, \quad \pm N_U e \qquad (3.4.7)$

магнитные заряды $\quad \pm e_{\mathrm{m}0}, \; \pm 2e_{\mathrm{m}0}, \ldots, \; \pm N_U e_{\mathrm{m}0} \qquad (3.4.8)$

Положительные и отрицательные заряды получаются автоматически как результат извлечения квадратного корня из действительного числа, а равенство зарядов по абсолютной величине, экспериментально установленное с потрясающей точностью порядка 10^{-20} **[**King**]**, это просто равенство двух корней по модулю. Добавим, что наличие равных по абсолютной величине плюс- и минус-зарядов можно толковать и как существование частиц, отличающихся *только знаком заряда*, тогда равенство масс частиц и античастиц и прочих их характеристик, тоже, кстати, установленное с высокой точностью **[**Райдер; Гибсон, Полард; Wolfenstein and Tripe**]**, уже достаточно тривиально.

Подведём итоги. Математическое оформление законов сохранения в виде калибровочных уравнений электромагнитного поля, записываемых с учётом всех требований принципа однородности, или правильной размерности всех частей математического равенства, и нуль-размерными числовыми коэффициентами, даёт дополнительные весомые аргументы в пользу существования элементарного магнитного заряда $\alpha^{-1}e$ и заодно фиксирует тождество $c \equiv \alpha^{-1}$. И то и другое можно в принципе постулировать либо получать с помощью других рассуждений. Поэтому к идее совместного квантования электрического и магнитного зарядов или каждого в отдельности можно прийти непосредственно из рассмотрения уравнения $\mathbf{C}_1$ как следствию периодичности экспоненты. Таким же образом можно из уравнения $\mathbf{C}_1$ прийти к законам квантования для сильного, или цветового, и слабых зарядов e_s и e_{W}. Существование этих зарядов сомнений не вызывает, хотя степень их изученности во всех отношениях ниже чем электрического заряда, а малый ($\leq 10^{-13}$ см) радиус действия создаёт дополнительные трудности для измерений и эмпирической проверки.

Иначе обстоит дело лишь в случае гравитационного заряда, а значит и массы, которая в уравнение $\mathbf{C}_1$ не входит и вообще стоит несколько особняком. В явном виде масса входит в уравнение $\mathbf{C}_2$, а в неявном ($\lambda\!\!\!^{-} = \hbar/m_j c$) в уравнение $\mathbf{C}_3$, оба они отличаются от $\mathbf{C}_1$ наличием фундаментальных констант G и G_{F}. Гравитационные заряды и массы элементарных частиц не образуют рядов, кратных какому-либо минимальному значению, и простого закона квантования здесь нет. Вообще масса как, пожалуй, никакая другая физическая величина, вносит числовое разнообразие в физический универсум, где все ненулевые массы за исключением масс частиц и их античастиц различны. С массой также связаны особые точки и границы физической реальности, естественные пределы вроде комптоновской длины $\hbar/m_j c$ и гравитационного радиуса $2Gm_j/c^2$ отдельных физических объектов. Что же касается закона квантования зарядов, которые закодированы лишь в уравнениях $\mathbf{C}_1$, куда гравитационный заряд и масса не входят, не следует думать, что отсутствие подобных законов для массы означает её непрерывность. Такое предположение противоречило бы всем имеющимся данным, в первую очередь ограниченности количества фундаментальных частиц ненулевой массы, к тому же оно не согласуется с дискретностью остальных величин. Другое дело, что для больших значений масс тел, составленных из множества частиц, спектр допустимых значений практически не дифференцирован, не дискретен и выглядит как сплошной, непрерывный. Это, естественно, относится и к другим величинам, например действию, для которого значения J для явлений привычного нам масштаба настолько велики по сравнению с $\hbar$, что квантованность по $\hbar$ в этой области практически ненаблюдаема. В любом случае проблема спектра масс истинно элементарных частиц достаточно сложна, и с точки зрения идеи физических кодов основой её решения является выявление выделенных фиксированных значений констант связи α_{Gj} и $\alpha_{\mathrm{W}j}$ в уравнениях $\mathbf{C}_2$ и $\mathbf{C}_3$.

Таким образом, имеем следующие законы составления дискретных числовых последовательностей, образующих дискретные спектры значений фундаментальных физических величин.

Закон квантования действия $J = \frac{\hbar}{2} \cdot n \qquad n = 1, 2, ..., N_U$

Закон квантования энтропии $S = \frac{k}{2} \cdot n \qquad n = 1, 2, ..., N_U$

Закон квантования зарядов $Q = \pm e_{j0} \cdot n \qquad n = 1, 2, ...$

В последнем законе квантование всех типов зарядов (e_j, e_{mj}, e_{Wj}, e_{sj}) производится по элементарному заряду, который в случае электрического заряда равен $\pm e$ для лептонов и $\pm e/3$ для кварков – фундаментальных частиц, в свободном состоянии не наблюдавшихся.

Помимо трёх основных есть и другие законы квантования физических величин. Элементарный анализ уравнения $\mathbf{C}_1$ позволяет без особых сложностей выделить с точностью до множителя порядка 1 вторичные законы квантования "типа $c\hbar e$". Полагая для определённости переменную e_j равной элементарному заряду, надо и здесь просто рассмотреть все имеющиеся возможности.

Таблица 3.4

Комбинации постоянных e, $\hbar$, c из уравнения $\mathbf{C}_1$

N	Комбинация констант	Истинное выражение	Размерность	Закон квантования
1	e^2	e^2	$[e^2]$	Электрического заряда
2	$\hbar c$	–	$[e^2]$	Заряда (цветового?)
3	$\hbar c/e$ $e/\hbar c$	$\Phi_0 = \pi\hbar c/e$ $K_J = 2e/h = e/\pi\hbar c$	$[e]$ $[1/e]$	Магнитного заряда –
4	e^2/c c/e^2	–	$[\hbar]$ $[1/\hbar]$	Действия –
5	$e^2/\hbar$ $\hbar/e^2$	$G_0 = 2e^2/h = e^2/\pi\hbar$ $R_K = h/e^2 = 2\pi\hbar/e^2$	$[c]$ $[1/c]$	Проводимости Сопротивления
6	$e/\hbar$ $\hbar/e$	– –	$[c/e]$ $[e/c]$	Электрического и магнитного зарядов
7	c/e e/c	– –	$[e/\hbar]$ $[\hbar/e]$	Электрического и магнитного зарядов

Из отношения $e^2/\hbar c$, не меняя относительной конфигурации констант, то есть исключая комбинации типа $e\hbar$, e^2c и т. п., можно составить из исходных e, $\hbar$, c ряд "проекций", показанных в таблице вместе с обратными им отношениями, а также размерностями, призванными прояснить сущность данной комбинации. Даны также уточнённые теорией истинные выражения для квантов и констант (если таковые имеются) с указанием соответствующего закона квантования. Наглядное представление всех возможных комбинаций трёх ФФП облегчает отбор тех из них, в которых закодирован соответствующий закон квантования. Первые две комбинации, имеющие размерность квадрата заряда, "неинтересны" в том смысле, что ничего нового к закону квантования зарядов добавить не могут. Разве что за сочетанием $(\hbar c)^{1/2}$ стоит с точностью до стандартного множителя типа 2π один из существующих видов заряда, например цветовой. Другой вид заряда, магнитный, даётся имеющей размерность заряда комбинацией $\hbar c/e$. Выражение

$$\Phi_0 = \pi \frac{\hbar c}{e}$$

называемое квантом магнитного потока, с точностью до числа π просто равно элементарному магнитному заряду

$$\Phi_0 = \pi e_{m0}$$

что можно толковать как ещё одно свидетельство в пользу существования магнитных зарядов.

Обратная величина

$$K_J = 2e/hc = e/\pi\hbar c$$

тоже хорошо известна и носит название постоянной Джозефсона. Обе величины представлены здесь своими истинными выражениями, а не в практически нередко удобной, но не всегда соответствующей требованиям теории системе СИ. В данном случае разница – наличие или отсутствие постоянной c в выражениях для $\Phi_0 = 1/K_J$ и $K_J = 1/\Phi_0$. В СИ $\Phi_0 = h/2e$ и $K_J = 2e/h$, причём квант магнитного потока, имеющий размерность $\mathrm{L^2MT^{-2}I^{-1}}$ в основных размерностях системы СИ, измеряется в веберах (Вб), а постоянная Джозефсона в единицах Гц/В. Часто даже говорят о "джозефсоновской частоте", как если бы частота была основной физической величиной в выражении $2e/h$, а не просто одной из измеряемых величин в эффекте Джозефсона, позволяющей, например, создать высокоточный стандарт вольта. Но физический смысл рассматриваемых квантованных величин с частотой, со временем непосредственно не связан. В противном случае речь могла бы пойти о реальном нахождении кванта времени – мечте многих поколений теоретиков. А на самом деле речь идёт о квантовании имеющей размерность заряда величины, которую естественно понимать как квант магнитного заряда. Так что этот случай, как и два предыдущих, полностью укладывается в рамки закона квантования зарядов. Важно также ещё раз отметить, что с точки зрения физической теории квант Φ_0 есть комбинация трёх, а не двух ФФП, отношение $\pi\hbar c/e$, а вовсе не $\pi\hbar/e$, согласно обычной записи в системе СИ. Перед нами далеко не единственный случай, когда использование СИ, к сожалению всё чаще встречающееся даже в сугубо теоретических работах, затемняет или даже искажает суть явления. А истинное $\hbar/e$ или $e/\hbar$ отлично от кванта Φ_0 или постоянной Джозефсона.

В рамки другого основного закона квантования, а именно действия укладывается комбинация e^2/c с размерностью $\hbar$. Заметим далее, что последние две комбинации взаимообратны по размерностям: $e/\hbar$ имеет размерность c/e и наоборот. Если в уравнение размерностей

$$[e_j/\hbar] = [c/e_j]$$

подставить вместо одной зарядовой переменной элементарный заряд e, а вместо другой магнитный заряд $\alpha^{-1}e$, придём к уравнение $\mathbf{C}_1$ в виде уже знакомого нам равенства (3.4.6), совпадающего с условием квантования электрического и магнитного зарядов ’т Хоофта–Полякова для $n = 1$. Ясно, что рассматриваемые в единстве взаимообратные комбинации непосредственно соотносятся с законами квантования электрического и магнитного зарядов. Теперь о последней из семи возможных комбинаций – отношении $\hbar/e^2$. Фундаментальное сопротивление

$$R_K = \frac{2\pi}{e^2}\cdot\hbar$$

называемое постоянной Клитцинга, вполне может считаться одной из наиболее значительных физических величин. Сопротивление из обнаруженного в 1980 г. **[**Klitzing *et al.***]** квантового эффекта Холла содержит квадратичную форму e^2; в отличие от других квантуемых величин имеется наряду с целочисленным дробный закон квантования для отношения $n/(2k + 1)$, где n, k – целые положительные числа. Холловское сопротивление это не имеющая аналогов в физическом мире самая, так сказать, квантованная величина среди всех известных. Не менее важна обратная R_K величина

$$G_0 = 2e^2/h = e^2/\pi\hbar = 2/R_K$$

называемая квантом проводимости. Следует добавить, что интерес к холловскому сопротивлению и проводимости обусловлен не только своеобразием закона их квантования, но и не совсем обычными для "электрических" величин размерностями. Это, конечно, не относится например к размерности R_K в системе СИ, где сопротивление измеряется в омах и потому постоянная Клитцинга имеет ничем не примечательную размерность $\mathrm{L^2MT^{-3}I^{-2}}$. Согласно же уравнению $\mathbf{C}_1$ холловская проводимость и сопротивление имеют размерности скорости света c и $1/c$ соответственно, а скорость традиционно считается механической величиной с размерностью $\mathrm{LT^{-1}}$ практически во всех используемых в физике размерных системах. Отметим, что одинаковая со скоростью света размерность выражения $e^2/\hbar$ просто следствие того, что отношение $e^2/\hbar c$ безразмерно. Факт одинаковой со скоростью размерности проводимости, в частности в системе СГС, известен давно; при всей условности деления величин на механические, электромагнитные, атомные и т.д. это достаточно редкий пример того, как "электростатическая" величина имеет сугубо механическую размерность, хотя есть и другие примеры, например размерность длины у электрической емкости. Но удивительно другое: скорость, лучше сказать величина размерности постоянной c, ранее считавшаяся едва ли не самой неподдающейся квантованию физической сущностью, оказалась, видимо, единственной квантуемой и по целочисленному и по дробному закону величиной. Между тем скорость света в вакууме принципиально отличается от зарядов и действия как раз своей неквантуемостью. Одинаковая размерность двух заметно различающихся по физическому смыслу величин, с принципиальными отличиями относительно множества допустимых значений, довольно необычна и заслуживает внимания. Однако более полное понимание связи проводимости и сопротивления с постоянной *c* возможно лишь после того как построение формализма теории ЛМФ будет завершено.

Таким образом, рассмотрение всех возможных комбинаций постоянных c, $\hbar$, e на основе уравнения $\mathbf{C}_1$ не выявило новых законов квантования помимо уже известных. Закон квантования магнитного потока, или магнитного заряда, – частный случай закона квантования заряда, поэтому нет нужды выделять его особо. С учётом того, что проводимость величина обратная сопротивлению, так что из квантованности одной величины автоматически следует квантованность другой, окончательно имеем

Целочисленный закон квантования холловского сопротивления: $R_j = \dfrac{2\pi\hbar}{e^2}\cdot\dfrac{1}{n^2}$

Дробный закон квантования холловского сопротивления: $R_j = \dfrac{2\pi\hbar}{e^2}\cdot\dfrac{n}{2k+1}$

Остаётся заметить, что поскольку дискретность универсальное свойство физического мира, в качестве вторичных законов возможны квантования и других величин, входящих в коды. Обратим например внимание на то, что гравитационный заряд $G^{1/2}m_j$ в уравнении $\mathbf{C}_2$ и слабый заряд $G_{\mathrm{F}}^{1/2}/(\hbar/m_j c)$ в уравнении $\mathbf{C}_3$ содержат переменную m_j, причём в последнем случае – наряду с квантом действия. Если придать m_j минимальное для заряженной частицы значение m_{e}, получим (с добавленным теорией множителем π) комбинацию $\pi\hbar/m_{\mathrm{e}}$ двух минимальных значений, называемую квантом циркуляции.

3.5. Законы изменения

Любое математическое уравнение с переменными физическими величинами может считаться законом изменения этих величин. Обычно и утверждение о сохранении величины оформляется как уравнение, содержащее наряду с константами, инвариантами преобразований переменные, изменяющиеся величины. Фактически закон сохранения одних величин представляется как закон изменения других при условии сохранения первых; например, в не раз уже упоминавшемся релятивистском уравнении (3.3.2) сохранение c и m в форме mc^2 записывается через переменные E и p. Может поэтому показаться, что принципиальной разницы между двумя этими типами физических законов нет. Однако их различия, которые скрадываются при записи законов с помощью вспомогательных вторичных величин, совершенно бесспорны при формулировке законов в общем виде. Все фундаментальные законы изменения согласно допущению о необходимости и достаточности системы уравнений **C** для решения подобных вопросов и с учётом формальных и содержательных характеристик, входящих в эту систему величин, относятся к функциям-переменным $\alpha_{\mathrm{e}j}$, α_{Gj}, $\alpha_{\mathrm{m}j}$, $\alpha_{\mathrm{W}j}$, α_{sj} и S_j. В соответствии с этим имеем группу законов изменения пяти констант связи фундаментальных взаимодействий с пятью видами зарядов в качестве независимых переменных, а также стоящий несколько особняком закон для энтропии. Формулировка последнего очень проста.

Закон изменения энтропии

Энтропия Вселенной возрастает

Математически это уравнение $\mathbf{C}_4$: $S_j = k\ln\Omega_j$. Объединив его с законом квантования энтропии $S_j = j\cdot k/2$, получим

Закон изменения числа микросостояний Вселенной

$$\Omega_j = \mathrm{e}^{j/2}, \quad j = 1, 2, 3, \ldots, N_U \tag{3.5.1}$$

порождающий быстро растущий экспоненциальный ряд

$$\mathrm{e}^{1/2},\ \ \mathrm{e},\ \ \mathrm{e}^{3/2},\ \ \mathrm{e}^{2},\ \ \mathrm{e}^{5/2}, \ldots$$

Что касается α-функций, неудачно названных константами связи, выявление этих безразмерных физических величин безусловно относится к значительным, хотя недостаточно ещё оценённым по достоинству событиям в истории физики. Переменным α_{xj} принадлежит роль функций, содержащих выделенные значения и изменяющихся по законам, которые наряду с $\mathbf{C}_4$ относятся к основным законам изменения физических величин. Изменения, отмеченные особыми точками – сохраняющимися величинами, – отличительная черта констант связи. Если, допустим, в уравнение $\mathbf{C}_1$ на место независимой переменной подставить элементарный заряд e, получим значение функции $1/\alpha_j(e) \equiv c \approx 137$, представляющее собой природное число *c*, сохранение которого является одним из великих законов физического мира. Вообще всем в большей или меньшей мере выделенным значениям переменных в $\mathbf{C}_1$– $\mathbf{C}_3$ соответствуют в той же мере выделенные значения функций α_{xj}, образующие дискретные упорядоченные совокупности нуль-размерных величин, составляющих числовой каркас физического мира. С другой стороны, всем отмеченным или нет значениям функций α_{xj} ставятся в соответствие определённые значения e_{xj}, m_j, $ƛ_j$ на основе равенств

$$e_j = \sqrt{\alpha_j \hbar c}, \quad m_j = \sqrt{\frac{\alpha_{Gj}\hbar c}{G}}, \quad \lambda\!\!\!^{-}_j = \sqrt{\frac{G_F}{\alpha_{wj}\hbar c}}, \text{ а также } \lambda\!\!\!^{-}_j = \frac{\hbar}{m_j c}$$

Подобная обратная зависимость между функцией и аргументом особенно важна для гравитационного заряда и массы, для которых нет закона квантования, во всяком случае столь же простого как для зарядов e_j, e_m, e_W, e_s четырёх фундаментальных взаимодействий. Отсюда следует, что проблема спектра масс, или иерархии масс, в принципе может быть сведена к проблеме независимого построения констант связи α_{xj} во всём допустимом интервале их изменения со способом однозначного нахождения особых значений этих функций, которым и будут отвечать фундаментальные массы. Это, быть может, одна из основных задач физической теории начала нынешнего столетия (см. раздел 3.9 “Законы изменения в форме мирового потенциала” в А1).

3.6. А-система

Под этим мы понимаем окончательное формальное слияние физических величин с математическими, намеченное с самого начала и частично реализованное в системе кодов **С** для константы $k = 1/\ln 2$, затем для $c = \alpha^{-1}$, но не решенное ещё в общем виде. Идея состоит в приведении физических величин к форме математического числа, а для этого необходимо построить систему измерения физических величин, основанную не на граммах, сантиметрах, секундах и т. п., а исключительно на ФФП (Планк), и свести все физические постоянные к математическим константам (Гильберт). В используемых в физике безразмерных системах измерения физических величин Планка ($c_P = \hbar_P = G_P = k_P = 1$), Хартри ($\hbar_{Har} = m_{e\,Har} = e_{Har} = 1$), релятивистской квантовой теории ($c_R = \hbar_R = m_{eR} = 1$) и других выполнена лишь первая часть программы. Предложенная же в виде манифеста, хотя и по другому поводу, идея Д. Гильберта “свести все физические постоянные к математическим константам, так что физика, вполне, может быть, станет наукой типа геометрии” **[**Гильберт, 145**]** в этих системах по сути не реализована, так как взятые за основу ФП приравниваются здесь к 1, а не к ФМК или их простейшим комбинациям. Поэтому все подобные безразмерные системы определяют не истинные значения физических величин, а лишь их значения относительно достаточно произвольно выбранных единичных масштабов.

В системе Планка, например, все скорости $v_P \le 1$, а все значения действия с учётом закона его квантования выражаются целыми или полуцелыми числами $n/2$ (n = 1, 2, 3, ...). Замечательная, в чём-то возможно опередившая свое время идея Планка оказалась в значительной степени обесцененной непродуманностью приравнивания физических констант к единице. Практические преимущества такого приравнивания, в частности более простой – не содержащий единичных, масштабных констант – вид физических уравнений, не компенсирует потерь при понимании сущности того или иного уравнения, способных даже вводить в заблуждение. С этим мы уже сталкивались, рассматривая калибровочную инвариантность электромагнитного поля, когда внешнее упрощение ($c = \hbar = 1$, $e^2/\hbar c = e^2$) привело к серьёзному искажению истинного смысла калибровочных преобразований. Необоснованность, неправомерность единичных констант особенно очевидна на фоне нуль-размерных величин, численные значения которых не зависят от выбора системы измерения. Таковы в системе физических кодов **С** изначально безразмерные функции α_{xj}, Ω_j, которые при любом выборе системы измерения и выделенных по физическому смыслу значений переменных являются математическими числами, отличными и часто весьма далекими от 1. Исходя из этого, под истинными выражениями физической постоянной будем понимать формулу её связи с математическими и другими физическими величинами; численное же значение физической постоянной это, как обычно, её запись в символах какой-нибудь, чаще всего десятичной, системы счисления. Например, математический терм $1/\ln 2$ есть истинное выражение постоянной Больцмана k, а число 1,44279 50408... – десятичная, в данном случае бесконечная, запись последней.

Для полноты нужны ещё три истинных выражения, что позволит привести к безразмерному виду математического числа любую размерную физическую постоянную и вообще любую физическую величину. Четыре как минимальное число исходных физических постоянных, выражаемых математически, соотносится и с числом независимых уравнений системы **С** и с минимальным числом основных размерностей за вычетом нуль-размерности. Такое совпадение не случайно, поскольку система **С**, полученная из общего экспоненциально-логарифмического представления математической величины перебором всех возможных вариантов, содержит ровно столько типов основных уравнений, сколько необходимо и достаточно для решения кардинальных вопросов оснований физической теории. Систему измерения, построенную на базе истинных математических выражений для исходных физических постоянных, назовем **А**-системой, а все отнесённые к ней величины за исключением изначально безразмерных вроде α_{xj} будем для определённости помечать индексом $_A$.

В пользу истинности выражения $k_A = 1/\ln 2$ помимо соображений, непосредственно касающихся получения физических кодов с помощью ψ-α-функционального представления, говорят соображения чисто физического характера. Они связаны с чётким выявлением физического смысла постоянной k и сравнением формулы Больцмана $\mathbf{C}_4$ с известной из кибернетики и теории информации энтропийной формулой Шеннона для минимального двоичного кода. Согласно известному закону равнораспределения энергии величина $kT/2$ есть средняя энергия, приходящаяся на одну степень свободы системы в состоянии термодинамического равновесия. Опираясь на закон равнораспределения, следует полагать, что постоянная Больцмана, точнее постоянная $k/2$, это квант энтропии, приходящейся в данном случае на одну степень свободы. За дополнительным подтверждением обратимся к третьему началу термодинамики – теореме Нернста. В классическом истолковании третьего начала энтропия любой системы стремится к нулю, если стремится к нулю её температура. В более строгой формулировке, когда учитывается например наличие ядерных спинов у охлажденного тела [Рейф, 190−191, 266], даже с приближением к температуре абсолютного нуля $T_{\min}$ энтропия стремится не к нулю, а к своему минимуму, конечному пределу S_0, что можно понимать как принципиальную недостижимость абсолютной упорядоченности в природе. Минимальное значение энтропии нетрудно найти с помощью формулы Больцмана. Понижение температуры тела, когда оно приближается к своему основному состоянию, соответствующему минимальному уровню энергии, статистически означает уменьшение числа микросостояний, или степени вырождения Ω, а минимальное ненулевое значение энтропии по этой формуле достигается при $\Omega = 2$. Получаем величину

$$S_{\min} = k \ln 2$$

равную с точностью до числа $\ln 2 \approx 0{,}693$ постоянной k. Таким образом, на основе третьего начала термодинамики и формулы Больцмана, а до этого на основе закона равнораспределения приходим к выводу, что постоянная k с точностью до множителя порядка 1 есть минимально допустимое количество, квант энтропии. В этом и состоит основной физический смысл постоянной k, роднящий её с квантами $\hbar$ и e для действия и электромагнитного заряда.

Остаётся найти множитель, а для этого надо из сферы физики перейти в теорию информации, кибернетику. Здесь многоликая энтропия определяется как мера неопределённости информации о внутренней структуре системы, мера степени неорганизованности системы и т.п., а главное она измеряется в тех же безразмерных единицах – битах, что и количество информации, см. [Волькенштейн, 148−149]. Источник с двумя равновероятными событиями имеет энтропию в один бит, иначе говоря, энтропия в битах устанавливает число двоичных символов, необходимых для записи данного информационного сообщения. Энтропия I (в битах) физической системы с числом микросостояний Ω_j определяется по известной формуле Шеннона

$$I = \log_2 \Omega_j$$

где $\log_2$ знак логарифма с основанием 2. Сравнение с формулой Больцмана даёт простое соотношение

$$k = \frac{1 \text{ бит}}{\ln 2}$$

которое переводит постоянную k в биты и наоборот. Исходя из минимальности двоичного кода записи информации и считая бит абсолютной единицей количества информации, получаем в качестве истинного значения постоянной k число $1/\ln 2$, равное 1,44269… в десятичном представлении, а формула Больцмана в **А**-системе примет вид

$$S_{\text{А}} = \frac{\ln \Omega}{\ln 2}$$

Таким образом, физическое рассмотрение, дополненное формулой Шеннона, подтверждает ранее полученное “кодовое” значение постоянной k. Этот вопрос можно считать окончательно решенным, очередь уже за постоянной α^{-1}.

3.7. Уравнение для постоянной Зоммерфельда

Напомним, что из анализа размерностей калибровочных уравнений электромагнитного поля попутно получено, что постоянная Зоммерфельда α^{-1} и называемая скоростью света в вакууме постоянная c это в принципе одно и то же. Такой вывод полностью подтверждается содержательным анализом уравнения $\mathbf{C}_1$ для значения переменной $e_j = e$:

$$e^2/\hbar c = \alpha^{-1}$$

равно как сопоставлением всех характеристик констант α^{-1} и c, α и $1/c$, а также из сравнения магнитного заряда e_{m0} с электрическим зарядом e. Словом, тождество $c_{\text{А}} \equiv \alpha^{-1}$, как и выражение $k_{\text{А}} = 1/\ln 2$, разносторонне обосновано и не вызывает у нас сомнений. Кстати, подробное изложение биографии числа α^{-1} с относящимися к ней историческими фактами, оценками, экспериментальными результатами и теоретическими изысканиями дано в (А1, гл. 7 и 8).

Как математическая величина константа α^{-1} ранее определялась нами [Аракелян 1981, 136, 146; 1989, 46−50] e-i-2-уравнением

$$\cos x \equiv \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} = \frac{1}{e} \qquad (3.7.1)$$

имеющим среди множества других решение

$$x = 2\pi\cdot 22 - \arccos(1/e) = 137{,}036\,007\,939\,215... \qquad (3.7.2)$$

Уравнение cos x = 1/e, взятое впоследствии [Аракелян 1997, 138−139] в качестве базового, нуждается в уточнении. Искомое уравнение, составленное по принципу "главный член + тонкая структура + сверхтонкая структура", таково:

$$\frac{e^{ix}+e^{-ix}}{2} + \frac{e^{x-44\pi}}{x^2} - e^{-\sqrt{x}} = \frac{1}{e} \qquad (3.7.3)$$

Подробности его составления и решения, которое фактически свелось к анализу функции

$$f(x) = \cos(x) + \frac{e^{x-2\pi n}}{x^2} - e^{-\sqrt{x}} - e^{-1} \qquad (3.7.4)$$

даны в [A1, гл 3], здесь же отметим лишь установленную там неразрывную связь параметра n с "магическим" числом 24 [Там же; Аракелян] и ограничимся представлением конечного числового результата

$$\alpha^{-1} = 137{,}035\,999\,452\ \ldots \qquad (3.7.5)$$

и его сравнением с имеющимися экспериментальными данными.

Они не вполне однозначны. В момент составления уравнения (3.7.3) было принято рекомендованное CODATA (Committee on Data for Science and Technology) в 2002 г. значение $\alpha^{-1}(2002) = 137{,}035\,999\,11(46)$. А предпоследняя рекомендация $\alpha^{-1}(2006) = 137{,}035\,999\,679(94)$, полученная на основе эмпирического значения и квантово-электродинамической формулы для g-фактора электрона, почти сразу же подверглось резкой критике, связанной с предполагаемоы ошибкой в вычислением (методом фейнмановских диаграмм) множителя перед слагаемым порядка $(\alpha/\pi)^4$ в указанной формуле. Альтернативное значение 137,035 999 084(51) [Hanneke *et al.*] беспрецедентно сильно отличается от $\alpha^{-1}(2006)$ и в какой-то мере подрывает доверие к формуле g-фактора электрона как главному поставщику не только наиболее точных, но и отличающихся высокой достоверностью значений постоянной α^{-1}. Но фактически именно оно, подкреплённое и слегка "подкорректированное" результатом $\alpha^{-1}(h/m_{\mathrm{Rb}}) = 137{,}035\,999\,037(91)$, полученным из измерения комптоновской длины волны рубидия [Bouchendira *et al.*], положено в основу согласования 2010 г., опубликованного в июне 2011 г. [*Fundamental Physical Constants*]:

$$\alpha^{-1}(2006) = 137{,}035\,999\,074(44) \quad (0{,}32\ \text{ppb})$$

А математическое число (3.7.5) если и не является точным значение постоянной Зоммерфельда, то сама структура уравнения (3.7.3) составленного, напомним, по принципу "главный член + тонкая структура + сверхтонкая структура", подсказывает, что (по теории возмущений) это по меньшей мере приближение второго уровня по α/π, то есть с абсолютной погрешностью порядка 10^{-7}:

$$\alpha^{-1} = 137{,}035\,999\,452 + o(\alpha^3/\pi^3)$$

Многое, разумеется, могут прояснить независимые измерения константы α^{-1} на уровне 0,01−0,001 ppb различными методами, см. [A1, гл. 7, раздел 7.17], способными обеспечить требуемую точность. Некоторые из них более надёжны, чем метод определение постоянной Зоммерфельда посредством g-фактора электрона, требующий исключительно трудоёмкой и сложной работы по вычислению фейнмановских диаграмм, не говоря уже о слабых, адронных и прочих поправках, существенных на достигнутом уже сегодня уровне точности.

3.8. A-система (окончание)

Вернёмся к построенной пока только наполовину **A**-системе, нуждающейся для своего завершения ещё в двух соответствующим образом подобранных физических постоянных. Наиболее подходящими величинами являются постоянная Планка и масса одной из истинно фундаментальных частиц, измеренная притом с высокой точностью. Малая погрешность измерения исходных постоянных важна для максимально точного вычисления коэффициентов перехода между **A**-системой и различными размерными системами измерения физических величин. Предъявленным требованиям удовлетворяет известная с относительной малой погрешностью масса первенца семейства заряженных лептонов – электрона. В работе [Аракелян 1981, 139−144] получены выражения для m_{eA} и $\hbar_{\mathrm{A}}$, содержащие константу ш и тем самым обеспечивающие её вхождение в математические выражения для многих физических постоянных. Окончательный список исходных соотношений абсолютной системы измерения физических величин **A** выглядит следующим образом:

$\mathbf{A}_1 \quad k_{\text{A}} \;\equiv 1/\ln 2$

$\mathbf{A}_2 \quad c_{\text{A}} \;\equiv \alpha^{-1}$

$\mathbf{A}_3 \quad m_{\text{eA}} \equiv ш/\pi^2$

$\mathbf{A}_4 \quad \hbar_{\text{A}} \;\equiv \pi^2\alpha^2/ш$

Разумеется, достаточно полное эмпирическое подтверждение взятых за основу выражений и **А**-системы в целом возможно лишь путём анализа многочисленных и допускающих прямое сравнение с экспериментальными данными следствий, вытекающих из указанного выбора. Этим мы займёмся после, окончательный же список исходных формул представлен в таблице, где приведены не только истинные А-выражения констант, но и соответствующие десятичные значения.

Таблица 3.8
Истинные выражения и десятичные значения исходных физических постоянных в А-системе

Константы	Уравнение и истинные выражения	Десятичные значения
c_{A}	$\cos x + \dfrac{e^{x-44\pi}}{x^2} - e^{-\sqrt{x}} - \dfrac{1}{e} = 0$	≅ 137,035 999 452 …
k_{A}	$\dfrac{1}{\ln 2}$	1,442 695 040 888 963...
m_{eA}	$\dfrac{ш}{\pi^2}$	0,074 884 980 509 814...
$\hbar_{\text{A}}$	$\dfrac{\pi^2\alpha^2}{ш}$	0,000 711 108 607 804...

Любая физическая постоянная, являющаяся комбинацией исходных, может быть выражена теперь исключительно через математические константы. Что касается произвольных физических величин, то, вообще говоря, речь может идти лишь об их десятичных значениях, вычисляемых по общим для всех безразмерных систем правилам. Если какая-либо физическая величина имеет, допустим, в системе LMTΘ (L длина, M масса, T время, Θ температура в кельвинах) численное значение $B_{\text{LMT}\Theta}$ и размерность $\text{L}^p\text{M}^q\text{T}^r\Theta^s$ то в **А**-системе её значение B_{A} определяется из общей формулы

$$B_{\text{LMT}\Theta} = B_{\text{A}}\, l_{\text{A}}^p\, m_{\text{A}}^q\, t_{\text{A}}^r\, \theta_{\text{A}}^t \qquad (3.8.1)$$

где l_{A}, m_{A}, t_{A}, θ_{A} однозначно определяемые коэффициенты перехода от системы LMTΘ к **А**-системе или наоборот. Вычисляются они по тем же канонам, что планковские, коэффициенты системы Хартри или любые другие коэффициенты перехода между размерными и безразмерными системами измерения. Используя имеющиеся эмпирические данные для постоянных c, α, k, m_{e}, R_∞ получим следующие выражения и численные значения для коэффициентов **А**-системы с указанием абсолютной погрешности в скобках:

$$l_{\text{A}} = \frac{ш^2}{4\pi^5\alpha R_\infty} = 5{,}572\,626\,246(19)\cdot 10^{-7}\ \text{см} \quad (3{,}4\ \text{ppb}) \qquad (3.8.2)$$

$$t_{\text{A}} = \frac{ш^2}{4\pi^5\alpha^2 R_\infty c} = 2{,}547\,263\,565(17)\cdot 10^{-15}\ \text{с} \quad (6{,}7\ \text{ppb}) \qquad (3.8.3)$$

$$m_{\text{A}} = \frac{m_{\text{e}}}{m_{\text{eA}}} = \frac{m_{\text{e}}\pi^2}{ш} = 1{,}216\,449\,89(21)\cdot 10^{-26}\ \text{г} \quad (0{,}17\ \text{ppm}) \qquad (3.8.4)$$

$$\theta_{\text{A}} = \frac{\pi^2\alpha^2}{ш\ln 2}\,\frac{m_{\text{e}}c^2}{k} = 6{,}083\,550(12)\cdot 10^{6}\ \text{К} \quad (2{,}0\ \text{ppm}) \qquad (3.8.5)$$

Для каких-то других используемых в физике размерных систем измерения, связь которых с LMTΘ известна, вычисление аналогичных коэффициентов перехода к **А**-системе уже достаточно тривиально.

Таким образом, завершено построение исходного базиса **А**-системы, дополненное выявлением его связи с другими системами измерения физических величин, в частности системой CGSK (сантиметр, грамм, секунда, кельвин). Все элементы физического мира, все физические величины могут быть теперь представлены как упорядоченные множества нуль-размерных математических чисел, отличающиеся лишь формальными признаками и онтологическим содержанием. Размерностей как таковых больше нет и все обычные математические операции, а не только умножение и деление, допустимы для физических чисел, хотя значимость того или иного действия над величинами по-прежнему определяется соображениями физического свойства.

3.9. Константа Ферми в А-системе

Начнем с одного частного, но весьма интересного и, как окажется, узлового соотношения, ценного ещё и тем, что для его получения не требуется каких-либо новых предположений помимо сделанных выше. Мы выяснили, что в соответствии с идеей формального слияния всех математических и физических величин любая размерная физическая величина посредством формулы (3.8.1) приводится в **А**-системе к безразмерному виду математического числа, в частности десятичной дроби. При этом выделенные физические величины – фундаментальные постоянные c, $\hbar$, k, m_e, а также имеющие физический смысл комбинации вроде $\hbar/m_e c$ и $e\hbar/2m_e c$ с помощью соотношений типа $m_{eA} = \text{ш}/\pi^2$, $k_A = 1/\ln 2$ или же ψ-α-уравнений типа (3.7.3) непосредственно выражаются через математические константы. Эти соотношения и уравнения выявляют истинную математическую природу физических постоянных, которые могут содержать поправочные множители – радиационные поправки, “сверхтонкую структуру”, адронный и электрослабый вклады и т.п., требующие специальных, нередко трудоемких и дающих обычно лишь приближённый результат вычислений. Серьёзные, а порой и принципиально непреодолимые ограничения на точность, накладываемые совокупным влиянием всевозможных поправок, игнорировать нельзя. Вместе с тем, представляемые в виде близких к 1 безразмерных множителей, они как бы отделены от самой константы. Учитывая всё это, мы вправе ожидать, что все ФФП определяются соотношениями и уравнениями отмеченного типа, нередко содержащими и близкие к единице поправочные множители. Было бы странным и нелогичным существование истинных математических выражений для одних и отсутствие таковых для других постоянных. Другое дело, что поиск и нахождение истинных выражений для отдельных или родственных по содержанию групп постоянных – непростая, вообще говоря, задача, связанная с учётом различных факторов, прежде всего с анализом физического смысла искомых величин, их не всегда очевидной соотнесённости с другими физическими величинами. Составление достаточно полного, внутренне согласованного и экспериментально верифицируемого набора истинных выражений хотя бы для хорошо изученных постоянных является одной из основных задач, стоящих перед теорией ЛМФ. Практически это один из наиболее перспективных способов раскрытия потенций системы **AGECA**.

Из пяти *кодовых* постоянных c, $\hbar$, k, G, G_F мы сейчас располагаем математическими, правда эмпирически ещё не подтвержденными, выражениями для c, $\hbar$, k; посмотрим, как обстоит дело с константой Ферми G_F. Исключительная роль G_F в физической теории хорошо известна. Достаточно сказать, что G_F, нередко в степенях ±1/2, ±2, ±3, характеризует все 156 четырёхфермионных взаимодействий между 24 фундаментальными частицами – 12 лептонами и антилептонами и 12 кварками и антикварками (156 = 12·13/2 + 12·13/2, см. [Окунь 1990, 14]). Конкретных соображений относительно того, как именно должна выражаться константа Ферми через математические константы нет, следует лишь полагать, что по своему физическому смыслу G_F явно экспоненциальная величина, непосредственно связанная с 24 частицами:

$$G_F = G_F(\exp, 24) \tag{3.9.1}$$

Поэтому всё, что можно пока сделать, это вычислить *чисто формально* и с максимально доступной точностью её А-значение. Значение G_F в CGS определяется на практике через формулу для среднего времени жизни мюона, которую в дальнейшем будем для определённости называть основной формулой определения константы Ферми или просто *основной формулой*. Её удобно записать в таком виде:

$$G_F = \left(\frac{192\pi^3 \hbar^2 c\, \lambda\!\!\!^{-}{}^5_{C\mu}}{R_\mu \tau_\mu} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{3.9.2}$$

Здесь τ_μ среднее время жизни мюона, множитель $192\pi^3$ получен в результате диаграммных вычислений, а R_μ поправочный множитель – радиационная поправка, вычисляемая начиная ещё с 50-ых годов прошлого столетия.

Переход к **А**-системе по общей формуле (3.8.1) приводит к выражению

$$G_{FA} = G_F\, l_A^{-5} m_A^{-1} t_A^2$$

но константу Ферми обычно выражают во внесистемных единицах. По наиболее точным и надёжным на середину 2010 г. данным [Chitwood *et al.*], см. также [Physical Constants]

$$G_{\rm F} = 1{,}166\,371(6)\cdot 10^{-5}\ \text{ГэВ}^{-2} \tag{3.9.3}$$

и по общему правилу перехода из одной системы измерения физических величин в другую нетрудно найти соответствующую формулу для А-значения $G_{\rm FA}$. Имеем:

$$G_{\rm FA} = G_F\,\frac{\alpha}{ш}\left(\frac{4\pi^6 ceR_\infty}{10^{17}ш^2}\right)^2 = 1{,}425\,1493(76)\cdot 10^{-21} \tag{3.9.4}$$

Найденное число в десятичной записи ничем вроде не примечательно, но вспомним, что согласно теории ЛМФ истинной формой представления чисел, в первую очередь ФМК и безразмерных ФФП, является экспонента $\psi(x)$. Более того, известно, что по сути только экспонента может быть адекватной формой математического представления физической величины, характеризующей интенсивность (вероятность) взаимодействия частиц, в частности 24 фундаментальных фермионов (см. 3.9.1). И вот достаточно записать данное число в изначальной экспоненциальной форме (впервые в **[**Аракелян 1997, 145**]**), чтобы прийти к совершенно удивительному результату

$$G_{\rm FA} = {\rm e}^{-48{,}000\,0103(53)} \tag{3.9.5}$$

который очень близок к

$${\rm e}^{-48} \equiv \exp(-48) \equiv \psi(-48) \tag{3.9.6}$$

Таким образом, указанный уровень определения значения константы $G_{\rm FA}$ и её погрешности гарантирует наличие по меньшей мере четырёх нулей либо четырёх девяток после запятой.

Следует особо отметить, что выражение $G_{\rm FA} \cong {\rm e}^{-48}$ получается чисто автоматически, как простое следствие тождества $c_{\rm A} \equiv \alpha^{-1}$ и исходных соотношений $\mathbf{A}_3$ и $\mathbf{A}_4$ для $m_{\rm eA}$ и $\hbar_{\rm A}$, составленных вне всякой зависимости от константы Ферми. Невозможно поверить, что такое число является чем-то вроде математического курьёза, игрой случая. Важен при этом не сам факт близости или равенства целому числу, а то, с *каким именно* целым числом соотносится данная ФФП. С позиций простоты и математической гармонии физического мира заметим, что числовой терм $\psi(-48)$, неважно даже точный или приближённый, не только удивительно прост, но и в высшей степени удобен как раз для тех расчётов, в которых неизменно фигурирует константа Ферми. Ведь она входит в различные уравнения и соотношения в степенях $\pm 1/2$, ± 1, $\pm 3/2$, ± 2, ..., а этому соответствуют столь же простые термы

$$\psi(\pm 24),\quad \psi(\pm 48),\quad \psi(\pm 72),\quad \psi(\pm 96),\ \ldots$$

С числом 24 и с его гомологами 6, 12, 48 удобно вообще иметь дело просто потому, что все они рекордсмены натурального ряда по числу делителей. Известно, что 12 месяцев, двенадцатеричная система счисления, 24 часа, 60 минут, 60 секунд, шестидесятеричная система счисления, 360 градусов, содержащих 60 минут, каждая из которых состоит из 60 секунд, и т.д. – вовсе не случайность, а практический расчёт, проявление, можно сказать, мудрости древних, в частности шумеров и вавилонян, см. например **[**Башмакова, Юшкевич**]**. И это, как видим, повторяет мудрость самой природы, взявшей в качестве одной из основных физических констант число 24, в высшей степени удобное для упрощения *арифметики природы*.

Что касается показателя экспоненты в (3.9.5), то он вполне возможно в точности равен -48, особенно если принять во внимание, что все малые и сверхмалые поправки фактически уже “сидят” в множителе R_μ. Независимо даже от этого степень приближения здесь такова, что невольно возникает вопрос: почему именно 48 (или 24, 96 и т. д.), откуда взялось в физической теории это значимое в указанном смысле для математики число? В истинных математических выражениях для ФФП необъяснимые *пока* числа встречаться могут, но случайным числам там решительно нет места. Вспомним теперь, что общее количество (включая античастицы) лептонов и кварков, характеризуемых как раз константой Ферми, равно 24, и ведь с самого начала, исходя лишь из её известного физического смысла, предполагалась функциональная зависимость $G_{\rm F}(\exp, 24)$, которая с изумительной точностью попадания в цель подтвердилась в форме $\cong \exp(24 + 24)$. Но $G_{\rm F}$ относится также к бозонам со спином $\hbar$. Согласно теории Великого объединения группа симметрии $SU(5)$ содержит как раз 24 генератора, каждому из которых отвечает свой векторный бозон – фотон γ, $W^{\pm}$- и Z^0-бозоны, восемь глюонов и двенадцать X и Y-частиц. То же самое относится и к числу 24, см. **[**A1, гл 3; Аракелян**]**, соотносящегося с уравнением (3.11.8) для постоянной α^{-1}. Две великие константы физики независимо друг от друга, независимо от каких-либо соображений относительно числа 24 оказались с ним непосредственно связанными. И если в первом случае 24 продукт формально-математического анализа уравнения, то во втором это просто результат перевода из условной, размерной в абсолютную, безразмерную систему. Заметим, что даже чисто хронологически $G_{\rm FA} \approx {\rm e}^{-48}$ впервые появилось в **[**Arakelian 1995**]** значительно позже **А**-системы **[**Аракелян 1981**]**, а 24 в уравнении для α^{-1} – лишь сравнительно недавно. И надо признать, что каждое новое явление числа автору было для него полной неожиданностью.

Можно теперь уже с большой долей уверенностью считать 24 числом как фундаментальных фермионов (лептонов и кварков) со спином $\hbar/2$, так и указанных выше фундаментальных бозонов со спином $\hbar$, а 48, естественно, общим количеством тех и других. Это подтверждают эмпирические данные **[**Groom *et al*.; Karlen**]** о существовании именно трёх поколений кварков и лептонов и о фундаментальной значимости группы симметрии $SU(5)$ для физической теории. Обозначив число указанных фермионов через n_{F}, а бозонов через n_{B} и полагая, что десятичного "хвостика" у 48 нет, можно записать (3.9.6) в виде

$$G_{\mathrm{FA}} = \mathrm{e}^{-(n_{\mathrm{F}} + n_{\mathrm{B}})} \qquad (3.9.7)$$

Возникает аналогия с энтропийной формулой

$$\Omega_j = \mathrm{e}^{\,j/2}$$

для числа микросостояний Вселенной Ω_j; с учётом этого имеем любопытную цепь равенств

$$-\ln G_{\mathrm{FA}} \cong \ln \Omega_{48\cdot 2} = n_{\lambda}(\alpha^{-1}) = 2(n_{\mathrm{F}} + n_{\mathrm{B}}) = 48 \qquad (3.9.8)$$

Формальное сходство между Ω_j и G_{FA} отнюдь не случайно и обусловлено содержательным родством этих величин. По своему физическому смыслу Ω_j обратно пропорциональна вероятности (состояния), а вероятностные характеристики присущи и константе Ферми – достаточно взглянуть на формулу (3.9.2), где $G_{\mathrm{F}}^2 \sim 1/\tau_\mu$, и так как τ_μ обратно пропорционально вероятности (распада), то связь константы Ферми с вероятностью очевидна. Впрочем, экспоненциальность изначально заложена в само понятие среднего времени жизни квантовомеханической системы, в частности нестабильной относительно каких-то распадов свободной частицы, поскольку величина τ определяется как промежуток времени, в течение которого вероятность обнаружить частицу в данном состоянии уменьшается в e раз. И это не результат произвольного соглашения, а математическое отражение экспоненциальной природы самой вероятности, что в итоге обусловлено свойствами материнской ψ-функции, закодированными в системе функциональных уравнений **E**. Ясно, что τ любой квантовомеханической системы непременно содержит экспоненциальный множитель. Правда, даже в простейших случаях распадов нестабильных частиц найти точное выражение для τ (или, что *почти* то же самое, ширины распада $\Gamma = \hbar/\tau$) как правило не удаётся, причём не столько из-за сложностей расчётов поправочных множителей, сколько из-за множественности каналов распадов и неопределённости процентной доли каждого из них. Очень важным исключением из этого правила является как раз τ_μ, через которое обычно определяются и остальные времена жизни, и это благодаря тому что четырёхфермионный канал распада $\mu^- \rightarrow e^-\nu\tilde{\nu}$ здесь только один. Среднее время жизни любой частицы может быть представлено в универсальной форме

$$\tau = \tau_{\mathrm{C}}\cdot a = \tau_{\mathrm{C}}\cdot a_1 \mathrm{e}^{a_2} \quad (a_1 > 0,\, a_2 > 0) \qquad (3.9.9)$$

где $\tau_{\mathrm{C}} = \lambda\!\!\!^{-}_{\mathrm{C}}/c$ комптоновское время частицы, a_1 и a_2 положительные безразмерные коэффициенты. Эта формула скоро понадобится, но уже сейчас с учётом имеющихся А-выражений имеем

$$\tau_\mu = \tau_{\mathrm{C}\mu}\frac{192\,\pi^3\hbar_{\mathrm{A}}^{10}}{R_\mu d_\mu^4\alpha^6}\,\mathrm{e}^{\boldsymbol{96}} \qquad (3.9.10)$$

где $d_\mu = m_\mu/m_{\mathrm{e}}$, а полужирный курсив здесь и далее условно обозначает относительную эмпирическую погрешность (0,11 ppm) показателя экспоненты в выражении для G_{FA}. В **А**-системе

$$\tau_{\mu\mathrm{A}} = \frac{3\pi^3 d_\mu}{R_\mu}\left(\frac{2\pi^4\alpha^3}{\text{ш}^2 d_\mu}\mathrm{e}^{\boldsymbol{16}}\right)^6 \qquad (3.9.11)$$

Это и есть истинное математическое выражение для среднего времени жизни мюона, то есть первенец, образец, а в огромном числе известных из теории элементарных частиц случаев и составная часть формул родственного типа. В предположении, что G_{FA} в точности равно e^{-48} и используя недавно полученное значение $R_\mu = 0{,}995\,6104(2.2)$ **[**Pak and Czarnecki; Lynch, 15**]**, имеем

$$\tau_\mu = 2{,}196\,975\,51(56)\cdot 10^{-6}\ \text{с} \qquad (0{,}25\ \text{ppm}) \qquad (3.9.12)$$

Отсюда по формуле (3.9.2), после перевода из системы СГС во внесистемные единицы

$$G_{\mathrm{F}} = 1{,}166\,383\,14(6)\cdot 10^{-5}\ \text{ГэВ}^{-2}\ (0{,}05\ \text{ppm}) \qquad (3.9.13)$$

Теоретический результат для τ_μ заметно меньше принятого до последнего времени среднемирового значения $\tau_\mu = 2{,}197\,034(21)\cdot 10^{-6}$ с **[**Nakamura *et al*.**]**; соответственно, результат для G_{F} больше эмпирического значения (3.9.3). Налицо серьёзное расхождение между теоретическом прогнозом, см. **[**A1, гл. 3; Аракелян 1997, Часть 4; 2007*a*, гл. 2**]**, и имеющимися на тот момент экспериментальными данными. Однако в дальнейшем предсказанное теорией значительное уменьшение значения среднего времени жизни мюона подтвердилось новейшим более точным измерением [Webber *et al.*]

$$\tau_{\mu^+}(\text{M}\mu\text{Lan}) = 2{,}196\,9803(22)\cdot 10^{-6}\ \text{с} \qquad (3.9.14)$$

В настоящее время (середина 2011 г.) мировые средние [Webber]

$$\tau_{\mu} = 2{,}196\,9813(28)\cdot 10^{-6}\ \text{с} \qquad (1{,}3\ \text{ppm}) \qquad (3.9.15)$$

$$G_{\text{F}} = 1{,}166\,3818(7)\cdot 10^{-5}\ \text{ГэВ}^{-2}\ (0{,}6\ \text{ppm}) \qquad (3.9.16)$$

настолько близки теоретически полученным значениям, что есть все основания говорить о первом серьёзном экспериментальном подтверждении справедливости теории ЛМФ. Это станет ещё очевиднее после подстановки среднемирового (3.9.15) в формулу (3.9.4). Имеем:

$$G_{\text{FA}} = \text{e}^{-48{,}000\,001(0{,}6)} \qquad (3.9.16)$$

а значит уже пять, вместо прежних четырёх, гарантированных нулей после запятой – весомый аргумент в пользу отсутствия даже маленького десятичного “хвостика” у магического числа 48 равного, напомним, общему количеству фундаментальных фермионов и бозонов.

Резюмируем сказанное. **А**-система, экспериментальные данные, константы Ферми и Зоммерфельда и энтропия, среднее время жизни τ, период полураспада $T_{1/2}$ и вероятность, число фундаментальных фермионов, бозонов и число микросостояний, великий синтез и группа симметрии $SU(5)$ – всё прекрасно сходится в простом и изящном выражении $G_{\text{FA}} = \text{e}^{-48}$. И в любом случае можно с уверенностью говорить о подтверждении системы **AGECA**, конкретно **А**-системы в части, касающейся тождества $c_{\text{A}} \equiv \alpha^{-1}$, истинности выражений для m_{eA} и $\hbar_{\text{A}}$, а в какой-то мере и для k_{A}. Более того: случай с константой Ферми представляется нам чем-то из ряда вон выходящим, уникальным, не имеющим, быть может, достойных аналогов ни в одной из известных нам работ. Всё более точное попадание в одну из значимых точек бесконечного числового континуума без всякого “прицела” и даже без конкретных ожиданий на этот счёт! Возможность случайного нумерологического совпадения здесь абсолютно неправдоподобна. Даже в качестве загадочного математического чуда подобное совпадение – вещь из разряда невозможных. Важен здесь и методологический аспект. Наличие таких критериев признания теории как логическая непротиворечивость, согласие с имеющимися экспериментальными данными и предсказание новых, изящество и простота основных уравнений хорошо известно. В нашем же случае своеобразным критерием выступает удивительная *простота* и *естественность математического результата*, полученного как прямое следствие теории, которому можно приписать глубокий, отвечающий существу дела физический смысл. Не страшась поэтому упреков в излишней категоричности, можно с уверенностью утверждать следующее. Несколько неожиданное, не спровоцированное *испытание математической гармонией* оказалось для системы настолько успешным, что теперь есть основания считать её в чём-то уже недосягаемой для серьёзного опровержения. Конечно, столь сильное и ко многому обязывающее утверждение о фактической “непотопляемости” системы, строго говоря, относится лишь к той её части (константа ɯ, исходные соотношения **А**-системы), прямым следствием которой является формула (3.9.5). Но поскольку теория ЛМФ, её формальное ядро **AGECA** образуют по замыслу неразрывное органическое единство всех своих частей, законно говорить здесь о мощном факторе подтверждения теории в целом.

3.10. ФП и проблема их теоретического определения

В связи с тем, что уже известны А-значения для многих ФП включая τ_{μ}, в связи с полученным для константы Ферми результатом и ранее построенным уравнением для константы Зоммерфельда естественно встаёт вопрос о возможности теоретического определения в рамках теории ЛМФ численных значений и других ФП. Не секрет, что ни одна канонизированная физическая теория не в состоянии не только определить, но даже корректно поставить проблему формального построения, математического вычисления, теоретического определения своих основных констант. Не случайно числовые задачи подобного рода со временем стали приобретать репутацию *неприступных*. Между тем теория ЛМФ по замыслу содержит в себе всё необходимое для корректной постановки и решения таких задач. С некоторыми из них она справляется без всяких хлопот – однозначно, фактически в режиме дедуктивного вывода из исходных положений. Решение каких-то других нуждается уже в тщательном содержательном рассмотрении и требует более тонкого и нетривиального применения математических методов из формального арсенала системы **AGECA**. Чисто автоматически получается, например, поразительный результат $G_{\text{FA}} \cong \text{e}^{-48}$, фактически прямое и решающее, хотя и весьма своеобразное подтверждение правильности построения **А**-системы измерения физических величин, а косвенно и всей концепции ЛМФ. Уравнение (3.7.3) для постоянной Зоммерфельда, построенное в соответствии со стандартами теории ЛМФ, тем не менее содержит и некоторые интуитивные моменты, которые, однако, сведены к минимуму; главное, формальный анализ уравнения подтверждает их соотнесённость с другими фундаментальными реалиями физической теории. Весьма эффективным способом повышения степени надёжности теоретического построения является метод унифицированного определения значений физических чисел в пределах единой системы взаимосвязанных, взаимно коррелирующих величин. Единообразие в вычислении сразу нескольких родственных по физическому смыслу величин может служить ключом к решению многих “неприступных” числовых проблем физической теории. И, безусловно, фактором первостепенной важности является представление всех размерных величин в единицах **A**-системы, без чего решение поставленной задачи нередко просто невозможно.

Появление в физике безразмерных постоянных вроде α, подлежащих вычислению “с помощью чисто математических рассуждений”, побудило многих перейти от красивых слов к конкретным изысканиям. Легион энтузиастов, от известных ученых до безвестных любителей поиграть в числа (в надежде на счастливый случай), многие десятилетия и с самых разных позиций – от простой нумерологии до хитроумных, специально создаваемых с этой целью теорий – упорно пытались решить поставленную задачу, приняв брошенный природой вызов. Решить хотя бы для одного-единственного случая, чаще всего для постоянной α^{-1}, реже для отношений $d_\mu \equiv m_\mu/m_e$, $d_p \equiv m_p/m_e$, $d_n \equiv m_n/m_e$. Нередко, впрочем, ставилась и более глобальная задача нахождения достаточно общего метода единообразного определения всех *основных*, или по крайней мере группы *родственных* констант (Эддингтон, Аспден, Гуд, ди Бартини, Мак-Грегор, Эль Нашие и другие). Не останавливаясь на драматической, полной надежд и разочарований истории поисков численных значений постоянных, см. **[**A1, гл.8**]**, сразу подведём её общий итог. Анализ имеющихся в наличии исследований, поток которых не иссякает, даёт основания утверждать, что не видно ни одного обнадеживающего, хотя бы с точки зрения предсказания серии результатов более поздних и точных измерений данной величины, факта теоретического определения физической константы. Видимо, в этом основная причина того, что кое-кому проблема стала казаться столь же неприступной и практически неразрешимой, как и известные исторические (некоторые – двухтысячелетней давности) до сих пор не решенные задачи из математической теории чисел. Решение указанной проблемы – самый подходящий случай показать и испытать потенциальные способности теории ЛМФ в совершенно “невозможном” деле.

3.11. Ещё одна формула для константы Ферми

В продолжение сделанного в предыдущем разделе замечания о существовании группы ФП, теоретическое определение которых доступно лишь в **A**-системе, скажем, что это замечание относится и к некоторым физическим формулам. Иначе говоря, наряду с формулами, одинаково верными как в размерных, так и в безразмерных системах измерения, есть формулы, верные только в **A**-системе. Последними займёмся чуть позже, а сейчас возьмёмся построить новую формулу для константы Ферми, которая, как и основная формула, справедлива в размерных системах, но истинная её числовая и онтологическая значимость полностью раскрывается лишь в **A**-системе. Уравнение $\mathbf{C}_3$ подсказывает нам связь G_F с другими величинами. Размерность константы Ферми равна $(e_j\bar{\lambda}_{Cj})^2$, или $(e_j\cdot\hbar/m_jc)^2$. Фундаментальной величиной такой размерности является квадрат магнетона Бора μ_B, то есть магнитного момента электрона в “чистом”, без поправок виде. Его естественно дополнить квантово-релятивистскими поправками a_e, a_μ – аномальными магнитными моментами электрона и мюона. Явно просматривается зависимость между G_F и μ_B^2, а с учётом поправок – между $G_F R_\mu^{1/2}$, μ_B^2 и $(a_e/a_\mu)^2$. Для характеристики интенсивности различных взаимодействий введём экспоненциальную величину $e^{-9\theta_\mu/4}$, где фундаментальный параметр θ_μ по аналогии с тангенциальным выражением для угла Каббибо – см. например **[**Райдер, 234**]** – определяется из уравнения

$$\operatorname{tg}\theta_\mu = 2ɯ - 1$$

Достаточно простое соотношение, связывающее все указанные величины, имеет вид (впервые представлено в **[**Аракелян 1997, 150**]**):

$$G'_F = \left(\frac{a_e}{a_\mu}\right)^2 \frac{\mu_B^2}{\sqrt{R_\mu}}\, e^{-9\theta_\mu/4} \tag{3.11.1}$$

где $$\theta_\mu = 3\pi - 2\theta_C = 8{,}978\,746\,151\,439..., \quad \theta_C = \frac{\operatorname{arctg}(2ɯ-1)}{2} \approx 0{,}223\,015\,904\,665\ldots \tag{3.11.2}$$

Вскоре станет очевидной та особая роль, которая предназначена этим двум физико-математическим величинам в получении теоретических выражений для важнейших ФП. А перевод константы Ферми в **A**-систему приводит к формуле

$$G'_{FA} = \frac{a_e^2}{a_\mu^2}\cdot\frac{\pi^{10}\alpha^8}{4ɯ^5\sqrt{R_\mu}}\, e^{-[3\pi - \operatorname{arctg}(2ɯ-1)]9/4} \tag{3.11.3}$$

Подставляя МК, значения для α, a_e, R_μ, и последнее значение для a_μ **[**Bennett. *et al.* 2006; Nakamura *et al.***]**, получим близкое к e^{-48} число

$$G'_{FA} = e^{-47{,}999\,995(2)} \quad (0{,}04\text{ ppm}) \tag{3.11.4}$$

При такой близости показателя к числу 48 твердо гарантированы пять девяток после запятой, даже в случае самого неблагоприятного, одностороннего изменения значений входящих в формулу для G'_{FA} величин.

Если исходить из того, что формула (3.11.3) верна и $G_{\mathrm{FA}} = \mathrm{e}^{-48}$, появляется уникальная возможность независимого определения аномального магнитного момента мюона. Из равенство двух формул имеем:

$$a_\mu = \frac{a_\mathrm{e}\pi^5\alpha^4}{R_\mu^{1/4}2\text{ш}^{5/2}}\,\mathrm{e}^{24\,-\,9\theta_\mu/2} = 1{,}165\,923\,55(7)\cdot10^{-3}\ \ (0{,}06\ \mathrm{ppm}) \tag{3.11.5}$$

Погрешность теоретического результата в девять раз меньше погрешности принятого сегодня значения

$$a_\mu = 1{,}165\,920\,91(63)\cdot10^{-3}\ \ (0{,}54\ \mathrm{ppm}) \tag{3.11.6}$$

а отклонение между ними ($\delta = 4{,}2$) довольно велико (см., впрочем, $a_\mu = 1{,}165\,9214\,(8)(3)\cdot10^{-3}$ (0,7 ppm) **[**Bennett *et al.* 2004**]** с менее значительным отклонением $\delta = 2{,}4$). Окончательный вердикт относительно формулы (3.11.3) возможно будет вынесен новым прецизионным измерением АММ мюона (с погрешностью 0,14 ppm приближающейся к теоретической погрешности 0,06 ppm) **[**Carey *et al.***]**, которое судя по обещаниям не за горами.

Что и говорить, заманчиво вместо громоздкого, не окончательного и всегда нуждающегося в доработке выражения для a_μ **[**Höcker and Marciano**]** иметь простую и компактную формулу, но неизбежно встаёт вопрос о её справедливости. Ответ в определённой степени зависит от того, с какой стороны посмотреть. С точки зрения строгих правил дедукции законным считается лишь результат, непосредственно и однозначно выводимый из первых начал теории; при таком подходе сомнения могут относиться только к самим началам. Правда, физическая теория в целом, как и отдельные её фрагменты, весьма далека от существующих стандартов строгости логико-дедуктивных исчислений и последовательное применение подобных правил привело бы к самым опустошительным последствиям для теории. Конкретно в теории ЛМФ, считая её *первыми началами* формальный каркас **AGECA**, формула $G_{\mathrm{FA}} \cong \mathrm{e}^{-48}$ может считаться абсолютно надёжной, а формула (3.11.1) нет.

Если же рассуждать с позиций математической эстетики, эта формула представляется нам достаточно хорошей. Ничего лишнего и всё на месте: экспонента, поправка, сопровождающая постоянную Ферми в комбинации $G_\mathrm{F}R_\mu^{1/2}$ – см. (3.9.2), величины a_e, a_μ, μ_B, непосредственно соотносящиеся с G_F, которая помимо прочего является константой четырёхфермионного взаимодействия, связанного с электроном и мюоном. И, конечно, *простота* и *изящество* формулы. Однако не стоит лукавить, ссылаясь например на Дирака, ставящего эти характеристики выше согласия с экспериментом. Без такого согласия всё очень зыбко и ненадёжно: недолговечен даже самый прекрасный за́мок, построенный на песке. Эксперимент очень важен, но в данном случае он не может сейчас сказать ни да ни нет, поскольку не располагает для этого достаточной точностью и однозначностью. Всё, что можно сказать, строго придерживаясь фактов, это что формула (3.11.1) даёт число, которое в пределах эмпирической погрешности практически неотличимо от “дедуктивного” $\cong \mathrm{e}^{-48}$. Дальнейшая же судьба формулы зависит в основном от эмпирической верификации тех прогнозов, которые могут быть сделаны на её основе. Помимо значения (3.11.7) для АММ мюона это и числовой прогноз для τ_μ: приравнивая правые части формул (3.9.2) и (3.11.1), получим не содержащую R_μ любопытную формулу, выражающую среднее время мюона через комптоновское время мюона, экспоненту, отношения масс и аномальных магнитных моментов мюона и электрона:

$$\tau_\mu = \tau_{\mathrm{C}\mu}\cdot\frac{192\pi^3}{\alpha^2}\left(2\frac{a_\mu/a_\mathrm{e}}{m_\mu/m_\mathrm{e}}\right)^4\mathrm{e}^{9\theta_\mu/2} \tag{3.11.7}$$

3.12. Общие принципы построения ФП

Прежде чем приступить к рассмотрению других определяемых в **А**-системе постоянных, выскажем некоторые соображения общего характера. Выявленная выше логико-математическая основа всех физических постоянных сопрягается с существующими между ними особыми отношениями и связями. Помимо соотношений типа $\mu_\mathrm{B} = e\hbar/2m_\mathrm{e}c$, непосредственно выражающих одни величины через другие, аналическая связь между постоянными может быть и неявной, выражаемой, например, посредством трансцендентных уравнений, содержащих наряду с математическими константами неизвестные величины, являющиеся корнями уравнения. Примером подобного определения постоянной может служить уравнение (3.7.3) для α^{-1} и множителя 22. Для достаточно полного, многостороннего и точного сравнения теории с экспериментом необходимо пополнить список полученных по ходу изложения результатов новыми систематизированными данными. Мы обязаны при этом чётко придерживаться канонов построения и свода методологических правил системы **AGECA**, которые могут быть здесь представлены в виде следующих тезисов.

a) Все физические постоянные выражаются через математические и/или другие физические постоянные в явном виде или посредством трансцендентных e-i-2-уравнений б) Истинное математическое выражение любой размерной физической постоянной может быть получено лишь в **A**-системе измерения физических величин

в) Подобные выражения могут содержать помимо математических констант разве только простые коэффициенты из тех, что нередко встречаются в физических формулах, а также поправочные множители и слагаемые, связанные с радиационными и прочими поправками “на сложность”

г) В системе физических постоянных (как в состоящем из отдельных взаимозависимых групп едином семействе физических чисел) намного больше всевозможных родственных связей между отдельными членами семейства чем самих членов. Это создаёт благоприятные условия для взаимной проверки, корректировки, согласования и определения погрешностей результатов, полученных путём различных вычислений

д) При определении постоянных наряду с частными канонами составления формул и уравнений системы **AGECA** нередко надо принимать во внимание такие факторы как физический смысл константы, принадлежность её к тому или иному подсемейству величин и т. п.

В дополнение к этим тезисам укажем, что чем точнее измерена физическая постоянная, чем у́же экспериментально найденный интервал её погрешности, тем меньше шансов на случайное попадание в него с помощью манипуляций с числами **[**Аракелян 1981, 37–46**]**. Но даже самое точное попадание в очень узкий интервал погрешности экспериментального значения отнюдь не служит гарантией успеха. Более того, даже при самом точном соответствии математической формы эмпирическому значению далеко не всегда такая форма может рассматриваться как реальный претендент на вакансию истинного математического выражения для эмпирически полученной величины. Надо вообще сказать, что занятие числами сопровождается множеством курьёзов, подвохов, ловушек, ложных ориентиров, нумерологических миражей и иллюзий. Даже такому гению как Рамануджан не всегда удавалось отличить найденную им приближённую формулу от абсолютно точной; что уж говорить о многочисленных искателях нумерологического счастья! Выдавая желаемое за действительное, тысячи и тысячи раз оказывались они в плену у собственных иллюзий, и весьма заметная доля в этом океане несбывшихся надежд принадлежит поиску теоретических значений физических чисел. С другой стороны, опасен и нумерологический нигилизм, не способный отличить от ложного истинное, имеющее реальный физический смысл соотношение, теоретическую ценность которого трудно переоценить. Словом, числовые совпадения – тонкая материя, требующая предельной осмотрительности и критического настроя, не перерастающих, однако, в предвзятость и догму.

3.13. Формула для масс

С учётом сказанного рассмотрим наконец группу однотипных постоянных, теоретическое определение численных значений которых возможно лишь в **A**-системе. Отметим, что основная нагрузка эмпирической верификации теории ЛМФ ложится на известные с наибольшей точностью и допускающие прямое сравнение с теорией экспериментальные данные. Это, в частности, измеренные с погрешностью порядка $10^{-8}-10^{-10}$ безразмерные отношения масс d_μ, d_p, d_n. Преимущества мюона как легчайшего после электрона носителя электрического заряда и нуклонов как первенцев спектра трёхкварковых частиц – барионов отражается не только на точности их измерения, но и на простоте формул. Предлагаемая для них общая формула запишется в виде

$$f(m_j) = \frac{n_{1j}}{n_{2j}}\left\{1-\varphi_j(I_j)\left[\theta_C\left(\Delta m_{jA}\cdot\frac{\alpha}{\pi}\right)^n-\varepsilon_j\right]\right\} \qquad (3.13.1)$$

Здесь f_j одна из тригонометрических (e-i-2) функций; n_{1j} и n_{2j} целочисленные “квантовые” числа; $\theta_C = 0{,}223\,015\,904\,665\ldots$ универсальная константа взаимодействия из (3.11.2); Δm_{jA} разность масс нуклонов или лептонов, причём для барионов показатель степени $n = 1$ и $n = 2$ для лептонов; φ функция изоспина, определяемая по формуле

$$\varphi(I_j) = \gamma_j[I_j(I_j+1)-Q^2] \qquad (3.13.2)$$

где $\gamma_j = 2$ для лептонов и $\gamma_j = 4$ для нуклонов. По известным значениям изоспинов и зарядов получим значения функции φ_j (одинаковые для мюона и τ-лептона) для четырёх частиц, показанные в таблице.

Таблица 3.13

Значения функции φ_j для лептонов и нуклонов

	I	**γ**	***Q***	**φ**
μ, τ	1/2	2	–1	**–1/2**
p	1/2	4	1	**–1**
n	1/2	4	0	**3**

Как видим, значения функции φ_j довольно сильно разнятся как по абсолютной величине, так и по знаку. Само же уравнение (3.13.1) может быть представлено в форме

$$m_{j\mathrm{A}} = n_j \pi - f^{-1}(n_{1j}/n_{2j})[1 - \sigma_j(\Delta m_{j\mathrm{A}}) - \varepsilon_j)] \qquad (3.13.3)$$

где $|\varepsilon_j|$ должно быть на несколько порядков меньше $|\sigma_j(\Delta m_{j\mathrm{A}})|$. По виду оно напоминает математические формулы, аппроксимирующие заданную функцию разложением в ряд, или же физические формулы из теории возмущения с убывающими по абсолютной величине членами – “главным квантовым числом” n_j, далее “тонкой структурой” σ_j и “сверхтонкой структурой” ε_j, точнее малой суммарной добавкой к тонкой структуре (ср. также с уравнением 3.7.3). Напоминает оно в общих чертах и конкретную массовую формулу Окубо–Гелл-Манна **[**Okubo; Gell-Mann**]**; см. также **[**Румер, Фет, 357**]**, с той разницей, что уравнения (3.13.1) записаны в **А**-системе и следовательно претендуют на то, чтобы считаться истинными аналитическими выражениями для масс. Остаётся, правда, открытым вопрос о независимом теоретическом определении “квантовых чисел” n_j и n_{ij}, которые всё же могут быть однозначно получены в каждом отдельном случае. Что касается суммарного вклада ε слагаемых высшего порядка малости, то по идее он должен быть порядка $(\alpha/\pi)^2 \sim 5\cdot10^{-6}$. С переводом всех массовых величин в **А**-систему, используя для краткости обозначения

$$m_{\mathrm{nA}} - m_{\mathrm{pA}} \equiv \Delta m_{\mathrm{npA}}, \quad m_{\mu\mathrm{A}} - m_{\mathrm{eA}} \equiv \Delta m_{\mu\mathrm{eA}}, \quad m_{\tau\mathrm{A}} - m_{\mu\mathrm{A}} \equiv \Delta m_{\tau\mu\mathrm{A}}$$

имеем следующую запись безразмерных А-уравнений для мюона и двух нуклонов:

$$\sin m_{\mu\mathrm{A}} = \frac{2}{9}\left[1 + \frac{1}{2}\theta_{\mathrm{C}}\left(\Delta m_{\mu\mathrm{eA}}\cdot\frac{\alpha}{\pi}\right)^2 + \varepsilon_\mu\right] \qquad (3.13.4)$$

$$\sin m_{\tau\mathrm{A}} = \frac{1}{3}\left[1 + \frac{1}{2}\theta_{\mathrm{C}}\left(\Delta m_{\tau\mu\mathrm{A}}\cdot\frac{\alpha}{\pi}\right)^2 + \varepsilon_\tau\right] \qquad (3.13.5)$$

$$\sin m_{\mathrm{pA}} = -\frac{2}{3}\left[1 + \theta_{\mathrm{C}}\left(\Delta m_{\mathrm{npA}}\cdot\frac{\alpha}{\pi}\right) + \varepsilon_{\mathrm{p}}\right] \qquad (3.13.6)$$

$$\mathrm{tg}\, m_{\mathrm{nA}} = -\frac{3}{5}\left[1 - 3\theta_{\mathrm{C}}\left(\Delta m_{\mathrm{npA}}\cdot\frac{\alpha}{\pi}\right) + \varepsilon_{\mathrm{n}}\right] \qquad (3.13.7)$$

Подставляя сюда переведённые в **А**-систему экспериментальные значения трёх измеренных с высокой точностью масс, получим для суммарных добавок значения

$$\varepsilon_\mu \approx -5\cdot10^{-6}, \quad \varepsilon_{\mathrm{p}} \approx 4{,}7\cdot10^{-6}, \quad \varepsilon_{\mathrm{n}} \approx 6{,}5\cdot10^{-6}$$

(для известного с точностью $\sim10^{-4}$ m_τ не имеет смысла говорить о столь малой добавке). Нетрудно подсчитать, что во всех трёх случаях “сверхтонкая структура” примерно на три порядка меньше “тонкой структуры”, которая в свою очередь на три порядка меньше “главного члена”. Как следовало ожидать, суммарные добавки – порядка $(\alpha/\pi)^2$, более того, они близки по абсолютному значению к $5\cdot10^{-6}$, следовательно можно полагать, что перед нами массовые формулы второго уровня приближения по α/π. Хотя его не достаточно для предсказания новых экспериментальных данных, однако кое-что и так ясно. В частности, полная безрезультатность когда-либо предпринимавшихся попыток теоретического нахождения физических чисел d_μ, d_{p}, d_{n} находит естественное объяснение: искали не так, как надо, и не то, что следовало искать. Мы вправе сейчас утверждать, что надо сперва определить истинные А-выражения для масс, а потом уже механически, делением на $m_{\mathrm{eA}} = \text{ш}/\pi^2$ определяется массовое отношение.

Резюмируя, можно сказать, что эти математические числа

а) могут быть получены лишь при наличии **А**-системы

б) построены единообразно, согласно формулам (3.13.1) и (3.13.2)

в) имеют практически одинаковые степени приближения к истинному числовому значению, притом заранее ожидаемого порядка малости

Всё это даёт основание заключить, что несмотря на обычное для формул такого рода присутствие неизвестных поправок ε_j, мы имеем дело с формулами второго, достаточно высокого уровня надёжности.

Но ставить здесь точку ещё слишком рано. Уровень приближения порядка $(\alpha/\pi)^2$ – “сверхтонкая структура” – не является в **А**-системе чем-то недоступным. Правда, непосредственное построение слагаемых ε_j, если только не прибегать к сомнительным приемам нумерологии, выглядит как неразрешимая задача, но есть оказывается обходной путь, связанный с мюоном, константой Ферми и фундаментальным параметром θ_μ. Вспомним формулу (3.9.9), по которой среднее время жизни любой частицы, будучи вероятностной по своей природе величиной, равно произведению комптоновского времени данной частицы на экспоненту и некое число a_1. Согласно же предложенной выше формуле (3.11.1) для G'_F показатель степени экспоненты выражается параметром θ_μ со множителем 9/4. Родственное рациональное число 2/9 содержится и в A-формуле для массы мюона, а непосредственно связанный с θ_μ параметр θ_c входит во все три массовые формулы. Учитывая всё это, придём к зависимости

$$\tau_\mu = \tau_{C\mu} \cdot a_1 \, f(e^{9\theta_\mu / k}) \qquad (3.13.8)$$

где число k равно двум или четырем; при $k = 2$ и $a_1 = 1$

$$\tau_\mu = \tau_{C\mu} e^{9\theta_\mu / 2} \approx 2{,}197\,108 \cdot 10^{-6} \text{ с} \qquad (3.13.9)$$

Экспонента данного типа, оправдавшая себя в случае константы Ферми, хорошо работает и здесь. Полученное значение чуть больше мировому среднего (3.9.15), а значит коэффициент a_1 есть близкое к 1 число, или малая поправка ε к рациональной дроби 9/2 (ср. с 3.13.4). Окончательно искомая формула имеет вид

$$\tau_\mu = \tau_{C\mu} e^{\theta_\mu (9/2 - \varepsilon)} \qquad (3.13.10)$$

Теперь у нас уже два выражения для τ_μ, обязанные своим появлением формуле для G'_F: одна получена по аналогии, другая с использованием и основной формулы. Приравнивая правые части выражений (3.11.7) и (3.13.10), получим аналитическое выражение для поправки:

$$\varepsilon = -\frac{1}{\theta_\mu} \ln\left(\frac{192\pi^3}{\alpha^2} \left(2 \frac{a_\mu / a_e}{m_\mu / m_e} \right)^4 \right) = 6{,}717(28) \cdot 10^{-6} \qquad (3.13.11)$$

Среднее время жизни и масса – величины взаимосвязанные: масса содержится в комптоновском времени любой частицы, а отношение двух масс входит в выражение для поправка ε в формуле для τ_μ. Последняя того же порядка малости $(\alpha/\pi)^2$ что и поправки ε_μ, ε_p, ε_n в формулах для A-значений масс мюона, протона и нейтрона. К тому же абсолютные значения этих четырёх величин – довольно близкие, хотя и не равные числа. Естественно поэтому предположить, что поправки для масс выражаются через логарифмическую поправку для времени жизни мюона по формуле

$$\varepsilon_j = k_j \varepsilon \quad (j = \mu, \tau, p, n) \qquad (3.13.12)$$

где k_j – рациональные числа порядка единицы. Наилучшее приближение к согласованным значениям для отношений масс d_μ, d_τ, d_p и d_n обеспечивается при следующих значениях этих чисел:

$$k_\mu = k_\tau = 2/3, \quad k_p = -2/3, \quad k_n = 1 \qquad (3.13.13)$$

Общая формула (3.13.3) приводится к виду

$$m_{jA} = n_j \pi - f^{-1}(n_{1j}/n_{2j})[1 - \sigma_j(\Delta m_{jA}) - k_j \varepsilon)] \qquad (3.13.14)$$

где все члены порядка 10^{-6} уже известны. Имеем:

$$m_{\mu A} = 5\pi - \arcsin\frac{2}{9}\left[1 + \frac{1}{2}\theta_C \left(\Delta m_{\mu e A} \cdot \frac{\alpha}{\pi}\right)^2 - \frac{2}{3}\varepsilon\right] = 15{,}483\,838\,638(4) \quad (0{,}26 \text{ ppb}) \qquad (3.13.15)$$

$$m_{\tau A} = 83\pi - \arcsin\frac{1}{3}\left[1 + \frac{1}{2}\theta_C \left(\Delta m_{\tau\mu A} \cdot \frac{\alpha}{\pi}\right)^2 - \frac{2}{3}\varepsilon\right] = 260{,}399\,565\,222(6) \quad (0{,}023 \text{ ppb}) \qquad (3.13.16)$$

$$m_{pA} = 44\pi - \arcsin\frac{2}{3}\left[1 + \theta_C \left(\Delta m_{npA} \cdot \frac{\alpha}{\pi}\right) + \frac{2}{3}\varepsilon\right] = 137{,}500\,257\,273(15) \quad (0{,}11 \text{ppb}) \qquad (3.13.17)$$

$$m_{nA} = 44\pi - \operatorname{arctg}\frac{3}{5}\left[1 - 3\theta_C \left(\Delta m_{npA} \cdot \frac{\alpha}{\pi}\right) - \varepsilon\right] = 137{,}689\,790\,181(11) \quad (0{,}08 \text{ ppb}) \qquad (3.13.18)$$

Отсюда, после деления на $m_{eA} = ш/\pi^2$, окончательно получим числа **[**Arakelian 2010, Ch. 3**]**

$$d_\mu \equiv m_\mu / m_e = 206{,}768\,280\,27(5) \quad (0{,}24 \text{ ppb}) \qquad (3.13.19)$$

$$d_\tau \equiv m_\tau / m_e = 3477{,}327\,008\,03(8) \quad (0{,}023 \text{ ppb}) \qquad (3.13.20)$$

$$d_p \equiv m_p / m_e = 1836{,}152\,674\,90(20) \quad (0{,}11 \text{ ppb}) \qquad (3.13.21)$$

$$d_n \equiv m_n / m_e = 1838{,}683\,661\,85(15) \quad (0{,}08 \text{ ppb}) \qquad (3.13.22)$$

Для мюона теоретическая погрешность $\Delta d_\mu^{\text{теор}}$ на два порядка ниже экспериментальной погрешности $\Delta d_\mu^{\text{эксп}}$ **[***Fundamental Physical Constants***]** с небольшим δ_μ отклонением: $\sigma_\mu = \Delta d_\mu^{\text{теор}}/\Delta d_\mu^{\text{эксп}} \sim 10^2$, $\delta_\mu = 0{,}4$. Для остальных трёх случаев имеем: $\sigma_\tau \sim 10^6$, $\delta_\tau = 0{,}3$; $\sigma_p = 3{,}9$, $\delta_p = 3{,}1$; $\sigma_n = 7{,}5$, $\delta_n = 1{,}2$. Более надёжная оценка справедливости теоретических значений для массовых отношений возможна лишь при условии дальнейшего повышения точности их эмпирического определения, как и точности измерения АММ мюона, входящего в выражение (3.13.11) для поправочного множителя ε.

Следует особо отметить роль константы суперпозиции косинуса ш в получении формул для всех этих величин, за исключением константы α. При этом, в выражения для G_{FA}, G'_{FA} и a_μ она входит непосредственно в степени 5 или 5/2, в ряде же случаев в комбинации с другими ФМК. Конкретно для величин G'_{FA}, a_μ, в формулах для τ_μ и А-значений масс мюона и нуклонов – в виде фундаментальных параметров θ_c и θ_μ, а отношения $m_{\mu A}/m_{eA}$, m_{pA}/m_{eA}, m_{nA}/m_{eA}, $m_{\tau A}/m_{eA}$ кроме того содержат и выражение ш$/\pi^2$ для массы электрона. Совершенно очевидно, что ш, в отдельности или в сочетании с другими фундаментальными константами, является необходимым элементом физической теории, тем самым “скрытым параметром”, без которого решение её важнейших числовых проблем попросту невозможно.

3.14. Числовые прогнозы

Важно теперь оформить в виде числовых прогнозов все полученные в настоящей главе числовые результаты с добавлением, для большей полноты, теоретического значения для гравитационной постоянной взятого из **[**A1, *п*. 9,7**]**.

Постоянная Зоммерфельда (обратная постоянной тонкой структуры)	α^{-1}	$\cong$137,035 999 452 021…	
Число фундаментальных фермионов и бозонов	48	24 + 24	
Константа Ферми	G_F	$1{,}166\,383\,14(6)\cdot 10^{-5}$ GeV^{-2}	(0,05 ppm)
Среднее время жизни мюона	τ_μ	$2{,}196\,975\,56(56)\cdot 10^{-6}$ s*	(0,25 ppm)
Аномальный магнитный момент мюона	a_μ	$1{,}165\,923\,55(7)\cdot 10^{-3}$ μ_B	(0,06 ppm)
Гравитационная постоянная	G	$6{,}673\,900(4)\cdot 10^{-8}$ cm^{3}g^{-1}s^{-2}	(0,6 ppm)
Отношение масс мюон–электрон	m_μ/m_e	206,768 280 27(5)	(0,24 ppb)
Отношение масс тау-лептон–электрон	m_τ/m_e	3477,327 008 03(8)	(0,023 ppb)
Отношение масс протон–электрон	m_p/m_e	1836,152 674 90(20)	(0,11 ppb)
Отношение масс нейтрон–электрон	m_n/m_e	1838,683 661 85(15)	(0,08 ppb)

Следует отметить, что здесь при сравнении теории с экспериментом очень многое зависит от более точного определения значений трёх величин: постоянной Зоммерфельда α^{-1}, среднего времени жизни мюона τ_μ и аномального магнитного момента мюона a_μ. Сегодня *мюонная физика* представляет собой целый комплекс экспериментально-теоретических исследований общефизической значимости и одна из её важнейших задач – прецизионное измерение τ_μ и a_μ на уровне относительной погрешности порядка 10^{-8}. Это имело бы огромное значение для решения затронутых выше вопросов. В частности, будет, очевидно, вынесен вердикт относительно формулы (3.11.1) для G_F и, что ещё важнее, возможно станет ясно, является ли равенство $G_F \cong e^{-48}$ приближённым или точным. А твердая гарантия окончательной верификации возможна уже в более далекой перспективе, когда погрешность определения упомянутых величин не будет превышать нескольких ppb.

Литература

Аракелян Г.Б. *Фундаментальные безразмерные величины (Их роль и значение для методологии науки).* Ереван: Изд. АН, 1981

– *Числа и величины в современной физике*. Ереван: Изд. АН, 1989

– *Числа и величины в современной физике*. Автореф. докт. дисс., С.-Петербург, 1992

– *Основания физической теории*. Ереван: Давид, 1997

– Фундаментальная теория ЛМФ. (А1) Ереван, 2007

– От логических атомов к физическим законам. Ереван: "Лусабац", 2007*a*

– Число 24 в физической теории (Эта статья помещена на нескольких российских сайтах под другими названиями: "24 как число природы" http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001c/00161597.htm; "24 − число природы" http://www.numbernautics.ru/content/category/4/25/62/; http://www.info-mica.com/blogs-science/newsnew-3784.html)

Башмакова И.Г., Юшкевич А.П. *Происхождение систем счисления.* В кн.: Энциклопедия элементарной математики. Книга I. Арифметика. М.; Л.: ГИТТЛ, 1951, с. 11–74

Вейль Г. *Основные черты физического мира*. *Форма и эволюция*. В кн.: Г. Вейль. Избранные труды. Математика. Теоретическая физика. М.: Наука, 1984, с. 345–360

Волькенштейн М.В. *Энтропия и информация*. М.: Наука, 1986

Гибсон У., Поллард Б. *Принципы симметрии в физике элементарных частиц*. М.: Атомиздат, 1979

Гильберт Д. *Основания физики*. В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 133–145

Девис П. *Случайная Вселенная*. М.: Мир, 1985

Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике. М.: Прогресс, 1967

Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. *Физика и космология*. В кн.: Астрономия. Методология. Мировоззрение. М.: Наука, 1979, с. 121–136

Коулмен С. УФН, 1984, т. 144, с. 277

Крамаровский Я.М., Чечёв В.П. УФН, 1970, т. 102, с. 141

Нютон И. *Математические начала натуральной философии*. В кн.: Г. М. Голин, С. Р. Филонович. Классики физической науки (с древнейших времён до начала XX в.). М.: Высш. шк., 1989, с. 145–151

Окунь Л.Б. УФН, 1989, т. 158, с. 511

– *Лептоны и кварки*. М.: Наука, 1990

Парселл Э. *Электричество и магнетизм* (Берклеевский курс физики, т. II). М.: Наука, 1983

Пригожин И. *От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках*. М.: Наука, 1985

Райдер Л. *Элементарные частицы и симметрии*. М.: Наука, 1983

Рейф Ф. *Статистическая физика* (Берклеевский курс физики, т. V). М.: Наука, 1977

Румер Ю.Б., Фет А.И. *Теория унитарной симметрии*. М.: Наука, 1970

Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. *Современная наука о природе*. *Законы механики* (Фейнмановские лекции по физике, т. 1). М.: Мир, 1977

Шляхтер А.И. Препринт ЛИЯФ, № 260. Л., 1976

Эндрю К. *Энтропия*. Физика за рубежом, сер. Б. М.: Мир, 1986, с. 144–160

Эйнштейн А. *Зависит ли инерция тела от содержащейся в нём энергии?* В кн.: А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. I. М.: Наука, 1965, с. 36–38;

Arakelian H. *The New Fundamental Constant of Mathematics.* Pan-Armenian Scientific Rev., London, **3**, 18–21 (1995)

– *LMP Fundamental Theory.* Yerevan, Sarvard Hrat. LTD, 2010

Bennett G.W. *et al.* Phys. Rev. Lett. **92**(16), 161802 (2004) arXiv:hep-ex/0401008v3 21 Feb 2004

Bennett G.W. *et al.* Phys. Rev. **D 73**, 072003 (2006) http://www.phys.washington.edu/users/hertzog/FinalPRDpostedversion.pdf

Bouchendira R., Cladé P., Guellati-Khélifa S., Nez F., and Biraben F. *New determination of the fine structure constant and test of the quantum Electrodynamics* http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1012/1012.3627v1.pdf

Carey R.M. *et al. The New (g − 2) Experiment: A Proposal to Measure the Muon Anomalous Magnetic Moment to ±0.14 ppm Precision* http://lss.fnal.gov/archive/test-proposal/0000/fermilab-proposal-0989.pdf

Chitwood D.B. *et al. Improved Measurement of the Positive Muon Lifetime and Determination of the Fermi Constant.* http://www.npl.uiuc.edu/exp/mulan/TalksAndPresentations/MuLan2004_PRL_Submit.pdf

Clausius R. Ann. Phys. **125**, 353 (1865)

Davies P.C.W. Journ. of Phys. **A5**, 1296 (1972)

Dirac P.A.M. Nature **139**, 323 (1937) (Русский перевод: *Космологические постоянные.* В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 538)

Dyson F.J. *The Fundamental Constants and Their Time Variation*. In: Aspects of Quantum Theory, eds. A. Salam and E.P.Wigner. Cambridge: Camb. Univ. Press, p. 213–236 (1972)

Eichendorf W. and **Reinhardt M.** Zs. Naturforsch. **A32**, 532 (1977)

Fundamental Physical Constants − Extensive Listing http://physics.nist.gov/constants

Gell-Mann M. Report CTSL–20, Calif. Inst. of Techn., 1961

Groom D.E. *et al.* The Eur. Phys. Journ. **C15**, 1 (2000)

Hanneke D., Fogwell S. and **Gabrielse G.** Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 120801 [arXiv:0801.1134 [physics.atom-ph]]

Hellings R.W. *et al*. Phys. Rev. Lett. **51**, 1609 (1983)

Höcker A. and **Marciano W.J.** *The Muon Anomalous Magnetic Moment*. Particle Data Group, Updated July 2009 http://pdg.lbl.gov/2010/reviews/rpp2010-rev-g-2-muon-anom-mag-moment.pdf

Karlen D. *The Number of Light Neutrino Types from Collider Experiments*. PDG, Revised Aug 2001 http://www-pdg.lbl.gov/2005/reviews/lightnu_s007.pdf

King J.G. Phys. Rev. Lett. **5**, 2 (1960)

Klitzing K. von, Dorda G. von, and **Pepper M.** *New Method for High-Accuracy Determination of the Fine-Structure Constant Based on Quantized Hall Resistance*. Phys. Rev. Lett. **45**(6), 494 (1980)

Lynch K. *Extracting G_F from τ : Obtaining the Central Value and Propagated Errors*. Version 3: March 3, 2010 https://www.npl.illinois.edu/twiki/pub/MuLan/MuLanNotes/note_021v3.pdf

Mohr P.J. and **Taylor B.N.** Rev. Mod. Phys. **72**(2), 351–459 (2000)

Nakamura K. *et al*. (Particle Data Group), JPG **37**, 075021 (2010) http://pdg.lbl.gov/2010/listings/rpp2010-list-muon.pdf

Ohanian H.C. Found. of Phys. **7**(5/6), 391 (1977)

Okubo S. Progr. of Theor. Phys. **27**, № 5 (1962)

Pak A. and **Czarnecki A.** Phys. Rev. Lett. **100**, 241807 (2008)

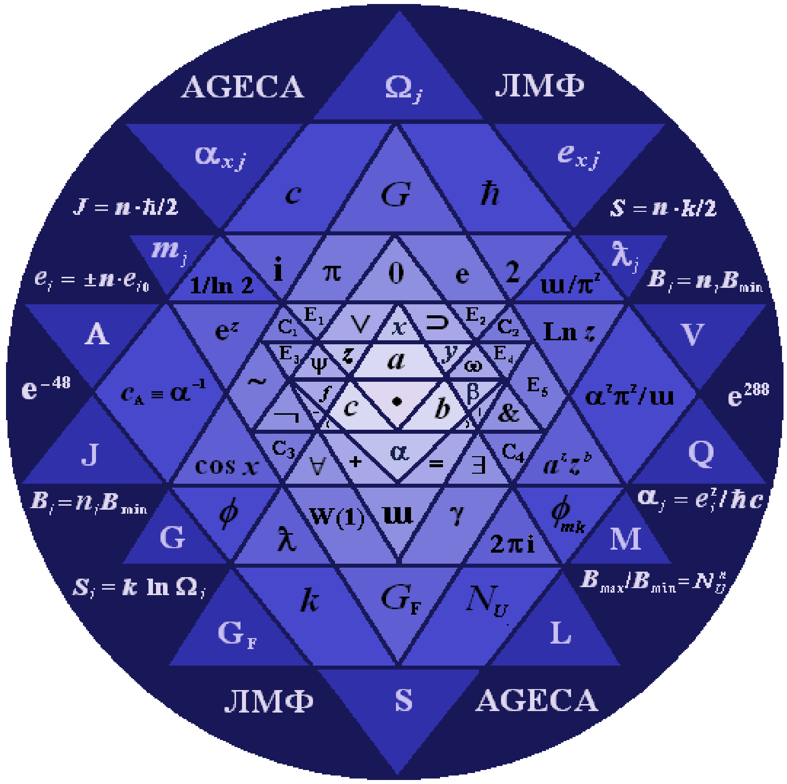
Physical Constants http://pdg.lbl.gov/2010/reviews/rpp2010-rev-phys-constants.pdf

Uzan J.-P. *The Fundamental Constants and Their Variation: Observational and Theoretical Status*. Rev. Mod. Phys. **75**(**2**), April (2003)

Webber D.M. A new determination of the positive muon lifetime to part per million precision http://sbhepnt.physics.sunysb.edu/~grannis/talks/moriond_2010/talks/wednesday_pm/Webber_Moriond_2010_final.ppt.

Webber D.M. *et al*. *Measurement of the Positive Muon Lifetime and Determination of the Fermi Constant to Part-per-Million Precision*, arXiv:1010.0991v1 [hep-ex], 5 Oct. 2010

Wolfenstein L. and **Trippe T.G.** *Tests of Conservation Laws*. Particle Data Group, Updated June 2006 http://www-pdg.lbl.gov/2005/reviews/conlaw.pdf



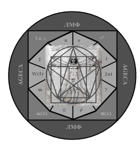
Символ теории ЛМФ:
шри янтра со вписанными в неё основными элементами теории

Введение

Глава 1. Логика и формальная математика

⇧

Глава 2. ⇦
Физическая математика



⇨ **Глава 4.**
Границы физического мира.
Обобщённые физические законы

⇩

Персональный сайт

E-mail: hrantara@gmail.com