

"Величайшая проклятая тайна Физики"

А. М. Чечельницкий Объединенный институт ядерных исследований,
Лаборатория теоретической физики,
141980 Дубна, Московская область.
E'mail: ach@thsun1.jinr.ru

АБСТРАКТ

Представленная работа является благодарной рефлексией на известную блестящую, эмоционально насыщенную лекцию выдающегося физика – теоретика Ричарда Фейнмана, посвященную, в частности, Постоянной тонкой структуры α (ПТС – альфа). В заголовок вынесены его слова.

Наш ответ на вопрос и проблему, волновавшие Фейнмана, в предельно краткой форме таков:

$$\alpha^{-1} = 2^{39/4}/2\pi = 137.0448088$$

И, кажется, в своей простоте этот ответ не обманул интуитивные ожидания Ричарда Фейнмана.

Привычные вечные проблемы.

В науке, как и в жизни, отношение к возникающим проблемам вполне сопоставимо: простые из них - решаются, сложные, зачастую, - откладывают "на потом", о сосуществовании фундаментальных проблем - стараются попросту забыть. Испытанный метод "заметания под ковер", безусловно, имеет свои преимущества - действует успокаивающе, создает желанное ощущение благополучия. В результате вызывающие актуальные проблемы сначала становятся привычными, а затем, многие из них незаметно трансформируются - в вечные. Нередко такая забывчивость жестоко мстит в моменты непременно наступающих кризисов - вечные проблемы вновь и вновь напоминают о себе. Можно было бы представить целый поминальный список такого рода известных проблем.

Остановимся здесь лишь на одной из наиболее фундаментальных проблем теоретической физики.

Магическое число.

Некоторое время тому назад о сосуществовании проблемы, имеющей более чем полувековой возраст, вновь напомнил со свойственной ему экспрессией выдающийся американский физик, лауреат Нобелевской премии, Ричард Фейнман.

Повод для откровений предоставила ему нестандартная ситуация – лекции памяти Эли克斯 Мотнер, прочитанные Фейнманом в Калифорнийском университете в 1983 году.

Фонд Э. Мотнер был создан, как указывают попечители, - "в целях ежегодного проведения цикла лекций, которые приобщали бы думающих и заинтересованных людей к идеям и достижениям науки."

Общение с такого рода неординарной аудиторией предоставило выдающемуся физику возможность высказаться, что называется, "открытым текстом", не прибегая к привычным фигурам умолчания, успешно маскирующим смысл происходящего тем сложившимся "птичьим" языком, к которому обычно прибегают в общении между собой физики - теоретики.

Итак, всего лишь один характерный фрагмент из этой лекции.

"...Я хотел бы рассказать про известное в физике, а не про неизвестное. Обычно люди интересуются новейшими достижениями, которые позволяют перейти от одной теории к другой, так что не удается рассказать хоть что-нибудь про теорию, с которой мы как следует разобрались. Они всегда хотят знать то, чего мы сами не знаем. Поэтому, вместо того, чтобы запутать вас множеством полуготовых малоизученных теорий, я хотел бы рассказать о предмете, исследованном весьма досконально. Я люблю эту область физики и считаю ее замечательной. Она называется квантовой электродинамикой, сокращенно, КЭД.

Основная задача моих лекций - как можно точнее описать странную теорию взаимодействия света и вещества или, точнее, взаимодействия света и электронов...

С наблюдаемой константой связи e - амплитудой поглощения или излучения реального фотона реальным электроном - связан очень глубокий и красивый вопрос. Число e в соот-

ветствии с экспериментами равно примерно 0.08542455. (Мои друзья-физики не узнают этого числа, они привыкли пользоваться обратной величиной его квадрата - 137.03597 – с погрешностью примерно 2 в последнем знаке. С тех пор, как его открыли свыше пятидесяти лет назад, это число остается тайной. Все хорошие физики - теоретики выписывают это число на стене и мучаются из-за него.)

Вам, конечно, хотелось бы узнать, как появляется это число: выражается ли оно через π , или, может быть, через основание натуральных логарифмов? Никто не знает. Это одна из величайших проклятых тайн физики: магическое число, которое дано нам и которого человек совсем не понимает. Можно было бы сказать, что это число написала "рука Бога" и мы не знаем, что двигало Его карандашом". Мы знаем, что надо делать, чтобы экспериментально измерить это число с очень большой точностью, но мы не знаем, что делать, чтобы получить это число на компьютере, не вводя его туда тайно!

Хорошая теория гласила бы, что e равно, скажем, $\sqrt{3}$, делённому на $2\pi^2$. Время от времени появлялись предположения, чему равно e , но все они оказались бесполезными. Сначала Артур Эддингтон чисто логически доказал, что число, которое так любят физики, должно быть равно в точности 136 (это тогдашнее экспериментальное значение).

После того, как более точные эксперименты показали, что число ближе к 137, Эддингтон обнаружил небольшую ошибку в своих рассуждениях и снова чисто логически доказал, что число равно в точности 137!

Время от времени кто-нибудь замечает, что некоторая комбинация π , e (основания натуральных логарифмов), двоек и пятерок образует таинственную константу взаимодействия. Но знали бы те, кто любит играть с арифметикой, как много чисел можно получить, комбинируя π , e и т.д. Вот и следуют сквозь историю современной физики одна статья за другой с выводом e с точностью до нескольких значащих цифр - и только для того, чтобы не сойтись с результатом экспериментов после новых, более тщательных измерений ...".

Что - за тайной? Некоторое время назад - как следствие продолжительных исследований структуры реальных физических систем - был, в частности, получен неожиданно простой результат, который в предельно кратком виде может быть изложен следующим образом.

Предложение.

Численное (теоретическое) представление для Постоянной тонкой структуры (ПТС) имеет вид

$$\alpha^{-1} = 2^{39/4}/2\pi = 137.044808(8).$$

Постоянная тонкой структуры (FSC) является не только микропараметром (фундаментальным параметром микромира – мира атомов и элементарных частиц), но и мегапараметром (фундаментальным параметром гигантских астрономических систем).

Комментарий.

Было бы заблуждением считать, что приведенное выше предельно простое представление для Постоянной тонкой структуры является результатом случая - "игры в числа". Это не так. Существует вполне последовательный корректный вывод в рамках некоторой концепции и связной системы представлений, делающих его в достаточной степени естественным и очевидным.

Но, сохраняя направленность обсуждения - "для думающих и заинтересованных людей" (т.е. для предельно широкой аудитории) было бы, пожалуй, неуместным входить здесь в детали концепции и доказательств.

Имея же ввиду гносеологические аспекты проблемы, следует принять во внимание лишь следующее:

i) Указанное выше численное представление Постоянной тонкой структуры - это **вывод теории**.

ii) Он касается **физически содержательной ситуации**, т.е. по существу, является некоторым утверждением о **свойствах реальности**.

iii) Для математического утверждения логическая корректность доказательства, вообще говоря, считается самодостаточной – критерием справедливости результата считается математическая, формально - логическая безупречность вывода. Наиболее яркие образцы такого рода математических произведений следуют парадигме "Геометрии" Эвклида. В таком случае достаточно было бы привести само доказательство для того, чтобы сделать ситуацию очевидной. Математическая корректность доказательства делала бы проблему исчерпанной. Ошибка в нем означала бы окончание дискуссии.

iv) Для физического утверждения это не так. Несмотря на, зачастую, обезоруживающую убедительность доказательств, многие, наученные горьким опытом исследователи предпочитают считать каждое физическое утверждение всего лишь в той или иной степени адекватным реальности модельным представлением.

В этом смысле вряд ли следует делать исключение и для квантовой электродинамики - вне зависимости от тех эпитетов, которыми она сейчас заслуженно награждается.

Можно понять и восторженное отношение к ней Р. Фейнмана - он был одним из ее творцов. И все же историческая память подсказывает - в науке ныне господствующая или модная концепция, теория, точка зрения, зачастую, выглядят привлекательно, корректно, убедительно, но также, как и в жизни, наше мнение довольно часто совпадает с мнением оратора, выступившего последним.

Вне зависимости от того, пишутся ли наши проблемы "рукою Бога" или представляют собой "происки дьявола", нет оснований отказываться от той весьма эффективной методологии исследований, которая создала современную науку, а во времена Бэкона и Ньютона называлась "Экспериментальной Философией".

v) Итак, любой вывод теории должен быть оправдан реальностью - наблюдениями и экспериментами. Наличие доказательств теории еще не означает истинности ее утверждений и справедливости выводов. Высшим судьей может быть *только опыт*, понимаемый в широком контексте. Об этом и слова великого теоретика - А. Эйнштейна: "... Чисто логически нельзя получить никакого знания о реальном мире - всякое знание реальности начинается с опыта и кончается им."

Данные экспериментов и императив теории .

Предваряя неизбежно назревающее детальное, критическое обсуждение ситуации, складывающейся в области определения фундаментальных констант Вселенной, укажем лишь один факт, относящийся к определению Постоянной тонкой структуры.

Полученное теоретическое значение Постоянной тонкой структуры

$$\alpha^{-1} = 137.0448088$$

в полной степени соответствует данным наиболее прецизионного эксперимента Уилкинсона и Крейна, связанного с измерением магнитного момента свободного электрона [см. Тейлор, Паркер, Лангенберг (1972), с.196, Таблица 28]

$$\alpha^{-1} = 137.0467(36) \quad (26 \cdot 10^{-4} \%)$$

Наблюдаемое некоторое отличие результата теории

$$\alpha^{-1} = 137.0448088$$

от рекомендуемого в настоящее время (Particle Data Group) "среднестатистического" по множеству отличающихся друг от друга экспериментов

$$\alpha^{-1} = 137.035989$$

заслуживает специального обсуждения.

Неизбежно наступает время критического анализа сложившейся ситуации в области экспериментального определения фундаментальных констант и постоянной тонкой структуры и связанных с ним следствий.

Теория и эксперимент.

Вопрос, который должен возникнуть в подобной ситуации, очевиден. Насколько допустимы данными экспериментов и оправданной опытом может быть приведенная теоретическая численная величина постоянной тонкой структуры?

Адресовав этот вопрос заинтересованной аудитории, можно было бы на данном этапе считать нашу миссию исчерпанной.

Так или не так? Возникающую в таком случае ситуацию, вообще говоря, можно рассматривать как некоторую весьма характерную *модельную ситуацию*, не так уж редко возникающую в поисковых исследованиях.

Как поступать при наличии такого рода по новому ориентирующих утверждений?

Можно, попросту, - не верить.

В таком случае - *Ex nihil nihil fit* (Из ничего ничего не бывает) и дальнейший поиск сразу же пресекается. При этом вряд ли следует рассчитывать на связанные с поиском новые неожиданности. С другой стороны, можно сказать : "Следует проверить" - и направиться к состоянию - "Знаю и понимаю" через дальнейшие исследования, наблюдения, эксперименты.

Теперь уже трудно сказать, как поступил бы в данной конкретной ситуации, например, сам Ричард Фейнман - ученый умер в 1988 году. Единственное, что можно утверждать почти

безошибочно - многим выдающимся исследователям было свойственно всепоглощающее чувство любознательности, они обладали тем, что психологи могли бы назвать обостренным ориентационным рефлексом. Не об этом ли слова Фейнмана из обсуждаемой лекции?:

"...Мы, физики, всегда стараемся проверить, все ли в порядке с теорией. Такова игра, потому что, если что-нибудь не так, становится интересно! Но до сих пор мы не нашли ничего неправильного в квантовой электродинамике. Поэтому я бы сказал, что это жемчужина физики и предмет нашей величайшей гордости."

Повод для размышлений.

Вне зависимости от дальнейшей судьбы и значимости указанного выше конкретного представления для Постоянной тонкой структуры, имеет смысл рассматривать настоящее обращение к проблеме, главным образом, как повод для некоторых общепознавательных размышлений и связанных с ними вопросов.

1. И все же - действительно ли "жемчужина физики" и предмет нашей величайшей гордости" - квантовая электродинамика в настоящее время достигла совершенства, получив окончательную огранку в рамках сложившегося формализма теории и господствующей системы представлений?

2. В связи с этим не безынтересен и более конкретный вопрос - не претерпит ли, в частности, некоторых небольших изменений и принятые в настоящее время численной значение постоянной тонкой структуры? Разумеется, возможные доводы и аргументация не менее интересны и важны, чем сам ответ на этот вопрос.

3. Возможна ли дальнейшая эволюция фундаментальных представлений квантовой электродинамики?

4. Несомненно, наибольший интерес представили бы независимые особые мнения физиков-экспериментаторов из той их популяции, в которой не привыкли считать наиболее модные сегодня утверждения теории – истиной в последней инстанции.

5. Особое мнение, по крайней мере, одного выдающегося физика - теоретика - Р. Фейнмана уже известна из этой же лекции.

"... Швингер, Томонага и я независимо придумали, как проводить конкретные расчеты и подтвердили это (мы получили за это Нобелевскую премию). Наконец-то люди смогли вычислять при помощи квантовой электродинамики!"

Итак, получается, что единственное, что зависит от малых расстояний между точками взаимодействия, - это значения теоретических величин p и j , которые экспериментально никогда не наблюдаются. Все остальное - все, что можно наблюдать, от малых расстояний, по-видимому, не зависит (здесь p и j - идеальные (расчетные), m , e - реальные (измеренные в экспериментах) масса и заряд (амплитуда взаимодействия) электрона (с фотоном).

Уловка, при помощи которой мы находим p и j , имеет специальное название - "перенормировка". Но каким бы умным ни было слово, я назвал бы ее дурацким приемом!

Необходимость прибегнуть к такому фокусу - покусу не позволила нам доказать математическую самосогласованность квантовой электродинамики.

Удивительно, что до сих пор самосогласованность этой теории не доказана тем или иным способом: я подозреваю, что перенормировка математически незаконна. Но что очевидно, это то, что у нас нет хорошего математического аппарата для описания квантовой электродинамики: такая куча слов для описания связи между p , j и m , e - это не настоящая математика!..."

Редкое по откровенности признание, сравнимое лишь с вивисекцией по себе компетентного исследователя, быть может, более чем кто-либо ощущавшего двусмысленность и неудовлетворительность сложившегося положения.

Интересно, как долго продлится такая ситуация?

Литература

Борн, М. Таинственное число 137, Успехи физических наук, 16, №6, с. 697, (1936).

Зоммерфельд, А. Пути познания в физике, Под редакцией Ю.А. Смородинского, М., Наука, (1973)

Eddington,A.S. Fundamental Theory,Cambridge University Press,(1948)

Дирак П.А.М. Пути физики, Энергоатомиздат, М., с. 86, (1983)

Вейль Н. Избранные труды, М., Наука, с. 347, (1984)

Feynman R.P. QED - The Strange Theory of Light and Matter, Alix G.Mautner Memorial Lectures Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1985 (Имеется русский перевод - Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества, Библ. "Квант", вып. 66, Наука, (1988)

Чечельницкий, А.М. Экстремальность, устойчивость, резонансность в астродинамике и космонавтике, М., Машиностроение, 312 стр., (1980).

Чечельницкий А.М. Мегаволновой генезис ритмов Солнечной системы и вариации потока нейтрино и космических лучей. Труды Всесоюзной конференции "Исследование мюонов и нейтрино в больших водных объемах", Алма-Ата, КазГУ, с. 44-52, (1983).

Чечельницкий А.М. Волновая структура, квантование и мега-спектроскопия Солнечной системы. В книге: Динамика космических аппаратов и исследование космического пространства, М., Машиностроение, стр. 56-76, (1986).

Чечельницкий А.М. Система Урана, Солнечная система и волновая астродинамика. Прогноз теории и наблюдения "Вояджера-2". Доклады АН СССР, т.303, N5, стр.1082-1088, (1988)

Chechelnitsky, A.M., Neptune - Unexpected and Predicted: Prognosis of Theory and Voyager-2 Observations, Report (AF-92-0009) to the World Space Congress, Washington, DC, (Aug.22-Sept.5), (1992).

Chechelnitsky, A.M., Wave Structure of the Solar System, Report to the World Space Congress, Washington, DC, (Aug.22-Sept.5), (1992).

Чечельницкий А.М., Волновая Структура Солнечной системы (монография), Тандем-Пресс, (1992).

Chechelnitsky A.M., Phythms Simphony of Cosmos, Earth, Biosphere - Megawave Genesis, Report to 30 COSPAR Assembly, Hamburg, 11-21 July (1994)

Chechelnitsky A.M., Magnetospheres and Heliosphere - As Phenomena of Wave Astrodynamics,, Report to 30 COSPAR Assembly, Hamburg, 11-21 July (1994)

Чечельницкий А.М. На Пути к Великому Синтезу XXI Века: Концепция Волновой Вселенской, Солнечная система, Генезис Ритмов, Квантование "в Большом", с. 10-27. В кн.: Анализ систем на пороге XXI века: Теория и Практика. Материалы международной конференции, Москва, 27-29 февраля 1996 года, том 3, М., Интелллект, (1997).

Чечельницкий А.М. Концепция волновой астродинамики и ее следствия. В книге: Поиск математических закономерностей мироздания: Физические идеи, подходы, концепции, Избранные труды II Сибирской конференции по математическим проблемам физики пространства – времени сложных систем (ФПВ - 98), Новосибирск, 19-21 июня 1998 г., Издательство Института математики, Новосибирск, стр. 74-91, (1999)

Тейлор Б. Паркер В. Лангенберг Д. Фундаментальные константы и квантовая электродинамика, М., Атомиздат, (1972).

(Taylor B.N. Parker W.H. Langenberg D.N. The Fundamental Constants and Quantum Electrodynamics, Academic Press, New York, London, (1969).

Физический энциклопедический словарь, "Советская энциклопедия", М., стр.763, (1983)