Комментарии к фрагменту из главы «Теория почти всего» книги Митио Какỳ «Уравнение бога: В поисках теории всего».

Б.М. Левин
ИХФ им. Н.Н. Семёнова РАН, Москва (1964-1987);
Договор о творческом сотрудничестве с ЛИЯФ
им. Б.П. Константинова РАН, Гатчина (1984-1987);
ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург (2005-2007).
E-mail: bormikhlev@yandex.ru

Фрагмент из главы 'Теория почти всего' представлен блогером.

Мои комментарии представлены здесь знаком **†** и *курсивом – Б.Л.*

Тит Адам-Давид

8 октября <2021>

«Это было страшное столкновение гигантов современной физики»:

Митио Каку — о первой квантовой революции

В издательстве «Альпина нон-фикшн» выходит книга физика и популяризатора науки Митио Каку «Уравнение бога: В поисках теории всего». Автор описывает основные вехи формирования единой теории, которая объяснила бы устройство всей Вселенной: начиная от открытия Ньютоном закона всемирного тяготения и заканчивая проблемами теории струн. Публикуем фрагмент из главы, посвященной спорам физиков после Второй мировой и появлению квантовой электродинамики, благодаря которой были созданы лазеры и расшифрована человеческая ДНК.

После войны Эйнштейн — величественный гений, раскрывший перед человечеством космическую взаимосвязь вещества и энергии и разгадавший тайну звезд, — оказался в одиночестве и изоляции.

Почти все последние успехи в физике были связаны с квантовой теорией, а не с единой теорией поля. Мало того, Эйнштейн жаловался, что другие физики смотрят на него как на реликт прежней эпохи. Его цель — создать единую теорию поля — большинство физиков считало слишком сложной, особенно с учетом того, что ядерное взаимодействие оставалось пока полной загадкой.

Эйнштейн отмечал: «Большинство смотрит на меня как на какую-то окаменелость, ослепшую и оглохшую от старости. Мне эта роль представляется не слишком неприятной, поскольку довольно хорошо соответствует моему темпераменту».

В прошлом работа Эйнштейна всегда опиралась на некий фундаментальный принцип. В специальной теории относительности уравнения должны были оставаться неизменны относительности это был принцип эквивалентности — то, что гравитация и ускорение могут быть эквивалентны друг другу. Но в поиске теории всего Эйнштейну не удалось отыскать для себя руководящий принцип. Даже сегодня, просматривая записные книжки и расчеты Эйнштейна, я нахожу в них множество идей, но не вижу единого принципа. Эйнштейн и сам понимал, что это обрекает его поиски на неудачу. Однажды он грустно заметил: «Мне кажется, что для реального прогресса необходимо опять выпытать у природы какой-нибудь общий принцип».

† *Экспериментальное подтверждение и осмысление «условий резонанса»* (*феноменология*) *в системе «*$^{22}Na(3^+) \rightarrow {}^{22*}Ne(2^+)$*-газообразный неон ~9%* $^{22}Ne(0^+)$*»* (*1967-2008*) *и фиксация,*

*наконец, к концу 20-го столетия (1998) существования тёмной энергии и тёмной материи, составляющих вместе основное материальное содержание Вселенной (~96%), создали предпосылки для недостающего в Стандартной модели/СМ (в стагнации с середины 1970-х) упомянутого «**общего принципа**» – Проекта новой (дополнительной) Għ/ck-физики «снаружи» светового конуса (далее — **Проект**)* [1]. *Природа тёмной энергии/тёмной материи едина. Взаимодействие тёмной материи с материей (веществом) станет базой принципиально новых, неразрушающих технологий в условиях неограниченных ресурсов.*

Он так и не нашел этот принцип. Однажды Эйнштейн храбро сказал, что «Бог изощрен, но не злонамерен». В последние годы жизни он разочаровался и заключил: «Я передумал. Возможно, Бог все же злонамерен».

† *Возникшая неопределённость обусловлена недостатком у Эйнштейна экспериментальной информации: появление результатов эксперимента P.E. Osmon'а с источником позитронов* ^{22}Na *и очевидной особенностью **неона** в ряду всех инертных газов (гелий, **неон**, аргон, криптон, ксенон)* [2], *подтверждение нами этого факта (ИХФ-СНИИП/Москва, 1967), его последующее повторение в США, Англии и Канаде (1975) не мог предвидеть даже гениальный физик-теоретик. Как недавно подчеркнул российский академик: «Физика снова стала экспериментальной наукой — для решения большинства принципиальных вопросов сейчас крайне важны наблюдения и эксперименты»* [3]. *Но при этом необходимо также достойное внимание к упомянутым экспериментам «тихой физики», на базе которых основана парадоксальная феноменология эффекта Мёссбауэра с участием двузначной планковской массы* $\pm M_{Pl} = \pm\sqrt{\frac{(\pm\hbar)\cdot(\pm c)}{G}}$ [1].

Хотя большинство физиков игнорировало поиск единой теории поля, время от времени кто-нибудь решался попытать счастья и предлагал на суд коллег свою версию такой теории. Даже Эрвин Шрёдингер не остался в стороне. Он скромно написал Эйнштейну: «Вы охотитесь на льва, тогда как я говорю о кроликах». Тем не менее, в 1947 г. Шрёдингер провел пресс-конференцию и рассказал о своем варианте единой теории поля. На пресс-конференции появился даже премьер-министр Ирландии Имон де Валера. Шрёдингер сказал: «Мне кажется, я прав. В противном случае я буду выглядеть чертовски глупо». Эйнштейн позже сказал Шрёдингеру, что сам он тоже рассматривал такую теорию и нашел ее ошибочной. К тому же эта теория не могла объяснить природу электронов и атома.

Вернер Гейзенберг и Вольфганг Паули тоже заметили ошибку и предложили свой вариант единой теории поля. Паули был известнейшим циником в физике и критиком программы Эйнштейна. Известен его комментарий на эту тему: «Что Бог разорвал, человек да не соединит», иными словами, если Бог счел нужным разделить взаимодействия во Вселенной, то кто мы такие, чтобы пытаться вновь соединить их?

В 1958 г. Паули прочел в Колумбийском университете лекцию, в которой изложил единую теорию поля Гейзенберга — Паули. В аудитории присутствовал Бор. После лекции он встал и сказал: «Мы на галерке убеждены, что ваша теория безумна. Однако мы разошлись во мнениях о том, достаточно ли она безумна».

Это замечание послужило поводом для горячей дискуссии, в которой Паули утверждал, что его теория достаточно безумна, чтобы быть верной, а остальные говорили, что безумия в ней недостает. Физик Джереми Бернштейн, участник тех событий, вспоминал: «Это было страшное столкновение двух гигантов современной физики. Меня мучил вопрос, что подумал бы обо всем этом случайный посетитель-нефизик».

Бор оказался прав: позже было показано, что теория, представленная Паули, неверна.

Однако Бор тогда высказал одну важную мысль. Все простые, очевидные теории Эйнштейн с коллегами уже опробовал, и все они не оправдали надежд. Следовательно, истинная единая теория поля должна радикально отличаться от всех предыдущих подходов. Нужно нечто «достаточно безумное», чтобы претендовать на роль единой теории всего.

† *Н. Бор признал бы «**достаточно безумное**» в нашем **Проект**е, поскольку в физику посредством β^+-суперсимметричного* [4] *β^+-позитрония/($e^+_\beta e^-$) введено сознание физического наблюдателя/ФН («дух», по Д.И. Менделееву* [5]*), путём формализации статуса ФН (женщина или/и мужчина). Это позволяет также обосновать парадоксальную гипотезу о температурной зависимости (вблизи температуры лаборатории* $\pm 10^{o}$*) интенсивности β^+-ортопозитрониевой компоненты (I_2) временных спектров аннигиляции позитронов от источника ^{22}Na в газообразном неоне, поскольку энергетическое расщепление орто-(T) и пара-(S) состояний* $\Delta W = {}^{T}W - {}^{S}W \simeq 8{,}4\ 10^{-4}$ *эВ, что эквивалентно* $\Delta 10^{o}$.

КЭД

† *КЭД — квантовая электродинамика в **Проект**е создала естественное основание структурирования ограниченной области пространства-времени «снаружи» светового конуса: вместо контрпродуктивной феноменологии «тахион» рассматривается '**абсолютно твёрдое тело**', размер элементарной ячейки которого определяется сдвигом* D *за время одноквантовой виртуальной аннигиляции ($\tilde{\gamma}$) ортопозитрония δt_V* **:** D ~ *c* $\delta t_V \simeq 5{,}5\ 10^{-2}$ см.

Реальный прогресс в послевоенную эпоху был достигнут в создании полной квантовой теории света и электронов, получившей название квантовой электродинамики, или КЭД. Цель заключалась в объединении теории электрона Дирака с теорией света Максвелла и формулировании теории света и электронов, соответствующей канонам квантовой механики и специальной теории относительности. (Однако теория, которая объединила бы электроны Дирака с общей теорией относительности, считалась слишком сложной и в качестве цели не рассматривалась.).

† *Двузначность постоянной Планка ($\pm\ \hbar$), скорости света ($\pm\ c$) и планковской массы $\pm M_{Pl}$ в b^+-суперсимметрии с b^+-позитроном снимает проблему объединения '...электронов Дирака с общей теорией относительности'.*

Еще в 1930 г. Роберт Оппенгеймер (возглавивший позже проект по созданию атомной бомбы) заметил один глубоко тревожный факт. Всякая попытка описать квантовую теорию взаимодействия электрона и фотона приводила к тому, что квантовые поправки, вопреки ожиданиям, расходились, выдавая бесполезные бесконечные результаты. Предполагалось, что квантовые поправки должны быть маленькими, — таким принципом физики руководствовались не один десяток лет. Получалось, что попытка просто объединить уравнение электронов Дирака и теорию фотонов Максвелла несла в себе какой-то принципиально важный порок. Это мучило физиков на протяжении почти двух десятилетий. Многие работали над этой проблемой, но успеха не достигли.

Наконец в 1949 г. трое работавших независимо молодых физиков — Ричард Фейнман и Джулиан Швингер в США и Синъитиро Томонага в Японии — сумели решить эту давнюю задачу.

Успех, достигнутый ими, был несомненен: ученые получили возможность рассчитывать такие вещи, как магнитные свойства электрона, с огромной точностью. Но способ, которым они этого добились, был противоречив и до сих пор, даже сегодня, вызывает у физиков некоторую неловкость и смятение.

Начали они с уравнений Дирака и Максвелла, где задаются начальные значения массе и заряду электрона (называемые «затравочной массой» и «затравочным зарядом»). Затем они

рассчитали квантовые поправки к затравочным массе и заряду. Эти квантовые поправки получились расходящимися. Собственно, именно эту проблему ранее обнаружил Оппенгеймер.

Но дальше начинается волшебство. Если мы будем считать, что первоначальные затравочные масса и заряд с самого начала были бесконечными, а затем рассчитаем для них бесконечные квантовые поправки, то обнаружим, что эти два бесконечных числа компенсируют друг друга, оставляя нам конечный результат! Иными словами, бесконечность минус бесконечность равна нулю!

Идея была безумна, но она сработала. При помощи КЭД напряженность магнитного поля электрона можно рассчитать с астрономической точностью — до одной стомиллиардной доли.

«Численное согласование теории и эксперимента здесь, возможно, самое впечатляющее во всей науке», — отметил Стивен Вайнберг. Это как рассчитать расстояние от Лос-Анджелеса до Нью-Йорка с точностью до толщины волоса. Швингер так гордился этим, что велел высечь символ этого результата на своем памятнике.

Этот метод называется теорией перенормировки. Процедура эта, однако, трудоемкая, сложная и очень нудная. Буквально тысячи слагаемых необходимо вычислить с высокой точностью, и все они должны столь же точно взаимно уничтожиться. Даже крохотная ошибка в этой толстой книге уравнений может испортить весь расчет. (Не будет преувеличением сказать, что некоторые физики всю свою профессиональную жизнь проводят за вычислением при помощи теории перенормировки квантовых поправок для следующей значащей цифры.)

Из-за своей сложности процесс перенормировки не понравился даже Дираку, который с самого начала участвовал в создании КЭД.

† *Уместно подчеркнуть, что 'инфрасруктура' **Проект**а в виде макроскопического, структурированного, двузначного* (±) *атома дальнодействия/АДД – $U^{\pm}$* ($N^{(3)}$ ~ 10^{19} *узлов/ячеек*) *с ядром АДД* ($\bar{n} \sim 5{,}3 \cdot 10^4$) *реализуется при образовании в веществе β^+-позитрония. Дирак искал такую возможность, которая реализована в **Проект**е. Это позволяет обосновать результат эксперимента мичиганской группы, в котором установлено превышение скорости аннигиляции β^+-ортопозитрония на* (0,19±0,02)% [6^{1989}]/ 0,14±0,023)% [6^{1990}] *по сравнению с вычисленным в КЭД:*

B ($1^3S_1 \to gU$) ≈ 3,5 10^{-8} [7] $5{,}3 \cdot 10^4$ ≈ 0,19%;

от этого результата мичиганская группа (*в обновлённом составе*) *отказалась* [8]. *При образовании КЭД-позитрония/*(e^+e^-) *КЭД-позитроном эта инфраструктура отсутствует.*

Дирак считал, что этот метод выглядит совершенно искусственным и напоминает заметание сора под ковер. Однажды он сказал: «Просто это не разумная математика. В разумной математике величиной пренебрегают, если она оказывается маленькой, а вовсе не потому, что она бесконечно велика и мешает вам!»

† *Программа решающего эксперимента* [9] *покажет...*

Теория перенормировки, способная объединить специальную теорию относительности с электромагнетизмом Максвелла, в самом деле, крайне неуклюжа. Чтобы скомпенсировать тысячи слагаемых, нужно овладеть целой энциклопедией математических фокусов. Но с результатами не поспоришь.

† *С позиций **Проект**а процедуру перенормировок* (∞ – ∞) *можно интерпретировать, как 'молчаливое' участие в квантово-релятивистских расчётах двузначной планковской массы $\pm M_{Pl}$*

($+M_{Pl} - M_{Pl}$), что практически эквивалентно ($\infty - \infty$), поскольку $M_{Pl}/m_e \sim 2\ 10^{22}$. Можно сказать, что Ричард Фейнман, Джулиан Швингер и Синъитиро Томонага в этом отношении «коснулись» 'Теории Всего'.

Практические результаты квантовой революции

Это, в свою очередь, проложило путь к замечательной группе открытий, которым суждено было дать толчок третьей великой революции в истории — революции высоких технологий, включая транзисторы и лазеры, — и таким образом внести вклад в определение облика современного мира.

Возьмем транзистор, пожалуй, важнейшее изобретение за последние сто лет. Он привел к информационной революции с ее телекоммуникационными системами, компьютерами и интернетом. По существу, транзистор — это вентиль, управляющий потоком электронов. Представьте себе водопроводный кран. При помощи небольшого поворота маховичка мы можем управлять потоком воды в трубе. Точно так же транзистор, как крохотный электронный вентиль, позволяет слабому электрическому сигналу управлять гораздо более мощным потоком электронов в проводнике. Это дает возможность усиливать слабый сигнал.

Аналогично лазер — одно из самых универсальных оптических устройств в истории — это еще один побочный продукт квантовой теории. Для создания газового лазера берут трубку с неким газом или газовой смесью. Затем накачивают ее энергией (прикладывая электрический ток). Внезапный приток энергии заставляет триллионы электронов в газе перейти на более высокий энергетический уровень. Однако этот массив возбужденных атомов нестабилен. Когда один из электронов возвращается на более низкий уровень, он испускает фотон света, который взаимодействует с соседним накачанным энергией атомом. Это заставляет второй атом тоже вернуться на более низкий уровень и испустить фотон. Квантовая механика предсказывает, что второй фотон будет колебаться в унисон с первым. В обоих концах трубки можно поставить зеркала, усиливающие поток фотонов. В конечном итоге этот процесс порождает гигантскую лавину фотонов, которые многократно проходят через газ между зеркалами, создавая лазерный луч.

Сегодня лазеры можно встретить где угодно: в кассовых аппаратах супермаркетов, в больницах, в компьютерах, на рок-концертах, в искусственных спутниках и т.п. Лазерный луч способен переносить не только громадные объемы информации, но и колоссальное количество энергии, достаточное, чтобы прожечь насквозь большинство материалов. (Судя по всему, единственными факторами, ограничивающими энергию лазерного луча, являются стабильность активного вещества лазера и энергия, питающая лазер. Так что, имея подходящее активное вещество и достаточно мощный источник энергии, можно, в принципе, получить луч, похожий на те, что показывают в научно-фантастических фильмах.)

Что такое жизнь?

Эрвин Шрёдингер был одним из основоположников квантовой механики. Однако его интересовала и другая научная проблема, не одно столетие занимавшая ученых и ставившая их в тупик. Что такое жизнь? Может ли квантовая механика разгадать эту давнюю загадку? Он считал, что одним из побочных результатов квантовой революции должен стать ключ к пониманию происхождения жизни.

На протяжении всей истории науки естествоиспытатели и философы верили в существование некой жизненной силы, которая делала возможным появление живых существ. Когда в тело вселялось нечто таинственное, называемое душой, оно внезапно оживало и вело себя как человек. Многие верили в так называемый дуализм, в котором материальное тело сосуществовало с бесплотной душой.

Шрёдингер, однако, считал, что код жизни заключен в некоей основополагающей молекуле, которая подчиняется законам квантовой механики. Эйнштейн, например, изгнал из физики эфир.

† *Новая* (*дополнительная*) *физика дезавуирует это утверждение* (*«Эйнштейн <...> изгнал из физики эфир»*) *и наполняет физическим содержанием конечную, макроскопическую область пространства-времени* «*снаружи*» *светового конуса* (*АДД* ~ 1 км)*, которая обосновывает природу сознания Homo sapiens* (*«дух», т.е.* '*абсолютно близкое*')*, а в СМ имеет статус* "*абсолютно удалённое*«/'*Абс.удал*' [9].

Подобно ему, Шрёдингер хотел изгнать из биологии жизненную силу. В 1944 г. он написал новаторскую книгу «Что такое жизнь?», которая произвела глубокое впечатление на новое поколение послевоенных ученых. Шрёдингер предложил использовать квантовую механику для получения ответа на самый древний вопрос о жизни. В книге он отмечал, что генетический код каким-то образом передается от одного поколения живых организмов следующему. Он был убежден, что код этот находится не в душе, а в каком-то наборе молекул в наших клетках. Опираясь на квантовую механику, Шрёдингер рассуждал о том, какой могла бы быть эта загадочная основополагающая молекула. Однако в 1940-е гг. наши знания в сфере молекулярной биологии были недостаточны, чтобы предметно ответить на этот вопрос.

Но двое ученых, Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик, прочитав эту книгу, увлеклись поиском основополагающей молекулы. Они понимали, что из-за ничтожных размеров молекул увидеть одну из них или манипулировать ею невозможно. Дело в том, что длина волны видимого света намного превышает размер молекулы. Но у них имелся еще один квантовый инструмент — рентгеновская кристаллография.

Длина волны рентгеновского излучения сравнима с размерами молекул, поэтому при попадании рентгеновских лучей на кристалл органического вещества они должны рассеиваться. Но картина рассеяния содержит информацию об атомной структуре кристалла. Разные молекулы дают разные рентгеновские узоры, или рентгенограммы. Квалифицированный специалист по квантовой физике, взглянув на рентгенограмму, может сделать вывод о структуре молекулы. Так что, хотя саму молекулу увидеть невозможно, расшифровать ее структуру ученым вполне по силам.

Квантовая механика настолько мощный инструмент, что можно даже определить, под каким углом расположены атомы, образующие молекулы. Затем, подобно ребенку, играющему с конструктором вроде «тинкертой» или «лего», можно составить, атом за атомом, нужные цепочки, правильно соединить их и воспроизвести реальную структуру сложной молекулы. Уотсон и Крик поняли, что одним из главных компонентов ядра клетки является молекула ДНК, так что именно эта молекула стала их главной целью. Проанализировав рентгенограммы, сделанные Розалиндой Франклин, они пришли к выводу, что структура молекулы ДНК представляет собой двойную спираль.

В одной из важнейших работ, опубликованных в XX веке, Уотсон и Крик полностью расшифровали при помощи квантовой механики структуру молекулы ДНК. Это был шедевр. Они убедительно продемонстрировали, что фундаментальный процесс, присущий всему живому, — размножение — может быть воспроизведен на молекулярном уровне. Оказалось, что жизнь зашифрована в нитях ДНК, которые можно обнаружить в любой клетке.

Этот прорыв дал ученым шанс реализовать сокровенную мечту биологии — проект «Геном человека», результатом которого стала возможность получить полное атомное описание ДНК любого человека.

Как предсказывал в XIX веке Чарльз Дарвин, теперь ученые получили возможность построить древо жизни на Земле, где каждое живое существо и каждая окаменелость должны занять свое

место на одной из ветвей. И все это при помощи квантовой механики.

Таким образом, объединение законов квантовой физики помогло не только раскрыть тайны Вселенной, но и построить единое древо жизни.

† *Резюмируя комментарии с позиций* ***Проект****а, следует сказать, что динамика* ‘*Теории Всего*’ *не сводится к линейному уравнению* ‘*гамильтонова метода*’ (*выражение Л.Д. Ландау, 1959*), *описывающему движение видимой материи, а должна быть дополнена* ‘*гамильтоновым циклом*’ *двузначной* (±) *вакуумной структуры тёмной энергии* ($N^{(3)}$ ~ 10^{19})*/тёмной материи* ($\bar{n} \sim 5{,}3 \cdot 10^4$), *осциллирующей в пространстве-времени сквозь барьер светового конуса* (*расширение теоретической конструкции Ш.Л. Глэшоу* [12]) *посредством виртуального нотофа* $\widetilde{\gamma^o}$ [11], *как и* β^+-*позитроний. Оказалось, что суммарную длину пути гамильтонова цикла в ядре АДД* b^+-*позитроний преодолевает в процессе осцилляций за время, близкое к времени самоаннигиляции ортопозитрония* (≃ 1,42 10^{-7} с)

$$\bar{n} \cdot \Delta/c \simeq 5{,}3 \cdot 10^4 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{см}/3 \cdot 10^{10}\ \text{см} \cdot \text{сек}^{-1} \simeq 10^{-7}\ \text{сек}.$$

Феноменология Проект*а* ***новой*** (***дополнительной***) ***Għ/ck*** -***физики*** ‘***снаружи***’ ***светового конуса*** [1] ***сегодня представлена***, ***как Проект*** ‘***Теория Всего***’ [13]. ***Реализация Программы решающего эксперимента*** [9] ***откроет горизонты принципиально новых, неразрушающих технологий***.

С позиций Проект*а,* ***в 21-м столетии произошла рискованная деструктивная подмена: затянувшийся процесс осмысления и реализации суперсимметрии и суперсимметричной природы тёмной энергии/тёмной материи привел к снижению статуса СМ. На фоне очевидных успехов искусственного интеллекта*** (***прикладная физика***) ***произошло снижение интеллекта фундаментальной физики, что допустило, в условиях глобализации и накопления абсолютно разрушительного оружия, смертельно опасную конфронтацию*** ‘***Запад***’- ‘***Восток***’***.***

Библиографический список

1. Левин Б.М., *О дополнительной физике «снаружи» светового конуса* I, II, III.

http://science.snauka.ru/2012/08/993,

http://science.snauka.ru/2012/09/1396,

http://science.snauka.ru/2012/10/1545.

2. Osmon P.E. ***Positron Lifetime Spectra in the Noble Gases.*** **Phys. Rev. B, v. 138, p. 216, 1965.**

3. Рубаков В.А. *Где ждать прорывов <...>* КОТ Шрёдингера, № 1(42), с.с. 21-25, 2020.

4. Di Vecchia P., Schuchhardt V., *N*=1 *and N*=2 *supersymmetric positronium.* Phys. Lett. B, v. 155(5, 6), p.427, 1985.

5. Левин Б.М. «Мировой эфир» и тёмная энергия/тёмная материя: логика А. Эйнштейна и интуиция Д.И. Менделеева. «Нестор-История», СПб, 2020.

6. Westbrook C.I., Gidley D.W., Conti R.S., and Rich A. *Precision measurements of the orthopositronium vacuum decay rate using the gas technique.* Phys. Rev. A, v. 40(10), p.5489, 1989; Nico J.S., Gidley D.W., and Rich A. *Precision Measurements of the Orthopositronium Decay Rate Using the Vacuum Technique.* Phys. Rev. Lett., v. 65(11), p.1344, 1990.

7. Fayet P. and Mezard M. *Searching for a new light gauge boson in* γ, ϒ *and positronium decays.* Phys. Lett. B, v. 104(3), p.226, 1981.

8. Vallery R.S., Zitzewitz P.W., and Gidley D.W. *Resolution of the Orthopositronium-Lifetime Puzzle.* Phys. Rev. Lett., v. 90(20), p.203402, 2003.

9. Левин Б.М. *Программа решающего эксперимента к Проекту новой* (*дополнительной*) *Għ/ck-физики* «*снаружи*» *светового конуса.* Современные научные исследования и инновации.

http://web.snauka.ru/issues/2019/03/88922

10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. т. 2, Теория поля.

11. Огиевецкий В.И., Полубаринов И.В. *Нотоф и его возможные взаимодействия.* ЯФ, т. 4(1), с.216, 1966.

12. Glashow S.L. *Positronium versus the mirror Universe.* Phys. Lett. B, v. 167(2), 1986.

1 3 . Левин Б.М. *Новая физика* «*снаружи*» *светового конуса решает проблему ландшафта теории струн.* Евразийский научный журнал, № 9, с.22, 2021. www.JournalPro.ru