

Проект новой (дополнительной) $G\hbar/c$ -физики: Необходимость-Истоки-Преодоление стереотипов (феноменология)

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

Феноменология аномалий аннигиляции бета-распадных позитронов в системе ^{22}Na -газообразный неон ($\sim 9\% \text{ } ^{22}\text{Ne}$) ('условия резонанса') предполагает **две реализации суперсимметрии**:

1. 'снаружи' светового конуса – *ненарушенная суперсимметрия* с участием двузначного бета⁺-орто-/пара-суперпозитрония в качестве предметной формализации физического наблюдателя, и

2. спонтанно нарушенная суперсимметрия 'внутри' светового конуса с **коллективным суперпартнёром** (резонанс при энергии ~ 100 ТэВ).

Ключевые слова: позитронный бета-распад, 'условия резонанса' в системе ^{22}Na -газообразный неон ($\sim 9\% \text{ } ^{22}\text{Ne}$), топологический квантовый переход, абсолютно твёрдое тело, эффект Мёссбауэра, орто-/пара-позитроний, ненарушенная суперсимметрия, спонтанно нарушенная суперсимметрия, коллективный суперпартнёр.

... современное научное мировоззрение – и вообще господствующее научное мировоззрение данного времени – не есть тахитит раскрытия истины данной эпохи. Отдельные мыслители, иногда группы учёных достигают более точного её познания – но не их мнения определяют ход научной мысли эпохи.

В.И. Вернадский

(из лекции «О научном мировоззрении»)/

Очерки и речи. Ч.П. Пг., 1922.

Хотя ко второй половине XX в. не была преодолена линия противостояния 'Эйнштейн-Бор' в фундаментальной физике [1], практические результаты прикладной физики уже свидетельствовали о доминировании квантово-релятивистской парадигмы, и была сформулирована квантовая теория поля/КТП (Стандартная Модель/СМ).

Классическая теория (механика Галилея-Ньютона и электродинамика Фарадея-Максвелла) стали с позиций теории предельными представлениями фундаментальных констант ($\hbar$ – постоянная Планка и c – скорость света и G – гравитационная постоянная Ньютона): принцип относительности Эйнштейна переходит в принцип относительности Галилея (V – скорость физического наблюдателя/ФН по отношению к системе отсчёта) при

$$V^2/c^2 \rightarrow 0, \quad c \rightarrow \infty,$$

а размерная неопределённость массы Планка

$$\pm M_{Pl} = \pm \sqrt{\frac{(\hbar \rightarrow 0) \cdot (c \rightarrow \infty)}{G}} \text{ разрешается через массу Стони } M_{St} = \pm \frac{e^2}{\sqrt{G}},$$

поскольку размерная неопределённость $0 \cdot \infty$ уникально раскрывается как

$$(\hbar \rightarrow 0) \cdot (c \rightarrow \infty) \Rightarrow e^2 \text{ [2].}$$

Теория относительности (*специальная/СТО* и *общая/ОТО*) исключила из физического контекста понятие ‘эфир – система отсчёта’. Квантовая идеология на новом уровне развития теории заменила ‘эфир’ представлением о ‘физическом вакууме’ (виртуальные частицы – нулевые колебания полей), который так же не может быть системой отсчёта.

Как продолжение и развитие поисков М. Фарадея – «... возможной связи между тяготением и электричеством» и его неизменного убеждения «... в том, что все силы природы находятся во взаимной связи» [3], – в фундаментальной теории XX в. формулируется **цель: получить объединённое описание физических взаимодействий.**

Задача объединения (*единая теория поля*, позже – ‘*Теория Всего*’) существенно усложнилась по сравнению с тем, как она представлялась от Фарадея до Эйнштейна. Наряду с *гравитацией* и *электромагнетизмом* были открыты *физика атомного ядра* и *КТП-взаимодействия* ‘внутри’ ядра – *сильное*, ответственное за взаимодействие нуклонов (*протонов* и *нейтронов*) в ядре, и *слабое* взаимодействие, ответственное за *бета-распад* атомных ядер и *распады элементарных частиц* с участием трёх поколений *нейтрино* (*электронного* – ν_e , *мюонного* – ν_μ и *тау-нейтрино* – ν_τ).

В связи открытием нарушения в слабых взаимодействиях *P*- (*пространственной*), *C*- (*зарядовой*) и *CP*- (*комбинированной*) чётностей возник концептуальный интерес к проблеме симметрий. В сильном и электромагнитном взаимодействиях симметрии сохраняются.

Задача универсального описания физических взаимодействий потребовала обратиться к неабелевым калибровочным теориям (поля Янга-Миллса). На этой основе была создана *теория сильных взаимодействий* – *квантовая хромодинамика/КХД* и состоялось *объединение электромагнитного и слабого взаимодействий* – *электрослабое взаимодействие*.

Необходимость новой $G\hbar/c\kappa$ -физики.

1. Необходимость новой физики с позиции *CP*-нарушения декларирована, к примеру, в Нобелевской лекции М. Кобаяси:

«На основе результатов, полученных на В-фабриках, современный статус CP-нарушения можно описать следующим образом:

- *Результаты В-фабрик показывают, что кварковое смешивание в шестикварковой модели является доминирующим источником наблюдаемого CP-нарушения.*
- *Результаты В-фабрик, однако, оставляют разрешённой небольшую область для дополнительного источника CP-нарушения, обусловленного новой физикой, выходящей за рамки Стандартной модели.*
- *Преобладание материи над антиматерией во Вселенной, по-видимому, обусловлено дополнительными источниками CP-нарушения, поскольку CP-нарушение в шестикварковой модели слишком мало для того, чтобы объяснить это преобладание» (подчёркнуто – Б.Л.) [4].*

2. Другое направление ожидаемого расширения *СМ* (новой физики) состоит в экспериментальных поисках *реализации суперсимметрии*.

Суперсимметрия, как возможность единого описания *фермионов* (элементарных частиц материи) и *бозонов* (квантов полей взаимодействия между элементарными частицами), привлекательна в контексте Теории Всего. Математический аппарат суперсимметрии предсказывает существование для каждой элементарной частицы *суперпартнёра*. Все суперпартнёры фермионов – бозоны, а суперпартнёры частиц-переносчиков взаимодействий – фермионы.

Если бы в природе строго выполнялась суперсимметрия, то массы элементарных частиц и их суперпартнёров были бы одинаковы.

Явное отсутствие суперпартнёров среди элементарных частиц вещества может означать, что суперсимметрия спонтанно нарушена. Следствием этого может быть очень большая масса суперпартнёров, которая недостижима для современных ускорителей высоких энергий.

Из недавнего отчёта о поиске суперпартнёров на Большом адронном коллайдере/LHC:

«На Большом адронном коллайдере ведутся сотни разных проверок гипотезы суперсимметрии, но все они пока дают отрицательный результат. Это не является доказательством, что исходная идея неверна; суперсимметрия допускает огромное количество реализаций, и у нас пока нет возможности проверить их все. В этой не слишком обнадеживающей ситуации физики стараются чётко для себя понять, как дальше вести поиски суперсимметрии.

<...>

В целом, несмотря на широко разделяемое, но не слишком афишируемое разочарование в результатах, общее направление исследований суперсимметрии вряд ли претерпит резкие изменения в будущем. Суперсимметрия предоставляет слишком большое число новых возможностей для поиска, чтобы было так просто от неё отмахнуться. Кроме того, оказывается, что результаты поиска суперсимметрии удобно ‘переводить’ на язык других теорий Новой физики. Однако конкретный набор процессов и общая программа исследования, видимо, потребуют корректировки» [6] (выделено – Б.Л.).

Мы еще вернёмся к выделенным выше положениям, поскольку отвечающий суперсимметрии математический аппарат развит не только для физики высоких энергий, ориентированной на поиск суперпартнёров большой массы. В рамках суперсимметрии рассматриваются также проблемы ‘тихой физики’ – квантовая механика и квантовая электродинамика [5].

3. Необходимость новой физики назрела также с позиций унификации (‘Теория Всего’), поскольку необходимость квантования гравитации, как универсального взаимодействия в пространстве-времени, не получает общепринятого решения, хотя в арсенале теоретиков появились новые концепции – теория струн/ТС и петлевая квантовая гравитация/ПКГ, – в которых концепция дискретности пространства-времени (гравитации) заложена изначально. К тому же получила новое экспериментальное (наблюдательное) и теоретическое обоснование проблема тёмной материи и тёмной энергии.
4. Наконец, но, скорее всё же – *первостепенная проблема*, постановка которой невозможна в рамках современной СМ – это включение ФН (и его предметной формализации – β^+ -ортопозитроний/ β^+ -o- Ps) в структуру квантово-релятивистской парадигмы (см. [1,7]).

Истоки новой $G\hbar/c\kappa$ -физики

Хотя особенность аннигиляции β^+ -распадных позитронов в газообразном неоне по сравнению с другими инертными газами впервые проявилась в эксперименте [8], всё же истоком Проекта новой (дополнительной) $G\hbar/c\kappa$ -физики следует признать результаты эксперимента П.Е. Осмона. Методом задержанных γ_n - γ_a -совпадений, где γ_n – ядерный гамма-квант с энергией $E_{\gamma_n} \cong 1,274$ МэВ, а γ_a – один из аннигиляционных гамма-квантов, были получены временные спектры аннигиляции β^+ -распадных позитронов



всего ряда инертных газов [9].

Особенность временных спектров в системе ‘ ^{22}Na -газообразный неон ($\sim 9\% \text{ } ^{22}\text{Ne}$)’ позволила сформулировать парадоксальную гипотезу о реализации абсолютно твёрдого тела в объёме газообразного неона – ядерного гамма-резонанса в ‘условия резонанса’ (эффекта Мёссбауэра) [10].

Гипотеза – эффект Мёссбауэра в газовой фазе (!?) – поддержана критическим экспериментом при сравнении временных спектров в естественном неоне (8,86% ^{22}Ne) и в неоне, обеднённом изотопом ^{22}Ne (4,91%). Получен при разных давлениях газа фактор $1,85 \pm 0,1$ отношения интенсивностей ортопозитрониевой компоненты временных спектров I_2 для неона, обеднённого изотопом ^{22}Ne , и неона естественного изотопного состава [11]. С позиций СМ этот фактор исчезающе мал (10^{-7} - 10^{-6}).

Но результат этого критического эксперимента, открывающий путь к новой физике, до сих пор не воспринят (не проверен) ни в одной лаборатории мира.

Объяснить такое невнимание можно двумя причинами: с одной стороны, парадоксальностью гипотезы, с другой – тем, что новую физику большинство экспертов ожидают увидеть в результатах экспериментов на ускорителях сверхвысоких энергий.

После успешного критического эксперимента встала задача обосновать парадоксальную реализацию эффекта Мёссбауэра в системе ^{22}Na -газообразный неон ($\sim 9\% \text{ } ^{22}\text{Ne}$).

Литературные разыскания (с 1987) выделили и объединили с этой целью три основные концепции.

В хронологическом следовании – это:

- концепция вакуумоподобных состояний вещества/ВСВ [12];
- концепция спонтанно нарушенной полной относительности [13];
- концепция нуль-пространства (расширения ОТО) [14].

Критический эксперимент [11] и объединение идей и результатов [12-14] стали фундаментальной основой обоснования эффекта Мёссбауэра в системе ^{22}Na -газообразный неон ($\sim 9\% \text{ } ^{22}\text{Ne}$) – путём реализации в конечном состоянии β^+ -распада типа $\Delta J^\pi = 1^\pi$ (топологический квантовый переход/ТКП) двузначной ($\pm$) пространственноподобной структуры абсолютно твёрдого тела/АТТ – атома дальнего действия/АДД.

Объединить эти концепции стало возможно благодаря ряду фундаментальных теоретических результатов, среди которых следует особо выделить, в связи с однофотонной (однофотонной [15]) виртуальной аннигиляцией β^+ - o - Ps , работы [16,17].

Феноменология Проекта новой (дополнительной) $G\hbar/c\kappa$ -физики ‘снаружи’ светового конуса и история её формирования представлены в [18].

Преодоление стереотипов на пути новой $G\hbar/c\kappa$ -физики

Взгляды и результаты известных теоретиков создали концептуальный барьер на пути расширения $СМ$ – Проекта новой (дополнительной) $G\hbar/c\kappa$ -физики ‘снаружи’ светового конуса.

Невозможно привлечь внимание физиков-экспериментаторов к трактовке принципиального различия между ТКП для КЭД-позитрона (e^+), рождённого в квантово-электродинамическом процессе образования пар ($e^+ - e^-$) и ТКП для β^+ -позитрона (e_β^+), рождённого в β^+ -распаде типа $\Delta J^\pi = 1^\pi$ (образование в веществе β^+ - o - Ps , как предметной формализации ΦH , в конечном состоянии β^+ -распада и рождение двузначной ‘пары’ $\pm$ АДД), поскольку в сообществе физиков обрели качество стереотипа мышления утверждения известных теоретиков:

- «Мы не обсуждаем вопрос о введении топологии в алгебре наблюдаемых. К счастью, большинство физических вопросов от этой топологии не зависят» [19].

Более определённо, как табу, этот стереотип утверждается известным струнником:

- «Теоретически можно вообразить систему, которая переупорядочивается без изменения энергии, но в реальном мире такого никогда не бывает» [20].

Эти тезисы-табу неявно обращаются к слабому энергетическому условию/СЭУ ОТО, исключаящему экзотическую материю с отрицательной плотностью массы, однако противоречат мнению других известных теоретиков, которые не исключают «... одновременное рождение квантов полей с положительной энергией и C -поля с отрицательной энергией» [21].

Барьер для Проекта новой $G\hbar/c\kappa$ -физики обосновывает

- «новое доказательство теоремы о положительности энергии» [22].

В то же время другие известные теоретики высказываются о необходимости новых конструктивных идей, способных вывести $СМ$ из стагнации:

- «... я уверен, что от нас до сих пор ускользает некая простая идея, которая могла бы стать ключом к решению. Неприятно думать, что научный прогресс приостановился и ждёт этой простой идеи... [23]».

Цитирование из публичной лекции М.А. Шифмана [24]:

- Э. Виттен: «*Суперсимметрия, если она имеет место и в природе, является частью квантовой структуры пространства и времени. В повседневной жизни мы измеряем пространство и время числами: ‘сейчас 3 часа, высота десять метров...*’ и так далее. Числа – классические понятия, известные человечеству задолго до квантовой механики, открытой в начале 20-го века. Открытие квантовой механики изменило наше понимание почти всего в физике, но наш основной способ мышления о пространстве и времени не был затронут.

Если природа суперсимметрична, то неизбежно радикальное изменение: будут выявлены квантовые измерения пространства и времени, не выражаемые обычными числами. Квантовые измерения проявятся в существовании новых элементарных частиц, которые будут рождаться на ускорителях, и чьё поведение будет описываться суперсимметричными законами» [24].

И констатация ‘status quo’ от самого лектора:

- «**К сожалению, они (новые элементарные частицы – Б.Л.) пока не рождаются на Большом адронном коллайдере – это большая проблема...**

<...>

Была обнаружена хиггсова частица, и масса её измерена с хорошей точностью и составляет 125 ГэВ. И это представляет очень большую проблему для суперсимметричной феноменологии, потому что она слишком тяжёлая для этого. Никто не ожидал, что она будет такой тяжёлой. Её ожидали в районе 110 ГэВ. 15 ГэВ с лишним – это очень драматично для простых вариантов суперсимметрии. Все простые варианты суперсимметрии исключены этим экспериментом <...> масса суперпартнёров отодвигается в область энергий, недоступных для Большого адронного коллайдера <...> Простая суперсимметричная парадигма не осуществилась.

<...>

это не означает, что суперсимметрия совсем исключена, но это означает, что если она существует в природе, то она более хитроумно устроена <...> у нас есть ещё четыре-пять лет до тех пор, пока она не будет открыта на Большом адронном коллайдере, и тогда нам всем будет счастье...» [24].

Нет ожидавшихся новостей о регистрации суперпартнёров и через «четыре-пять лет» [6].

Не настало ли время расширить соображения профессора М.А. Шифмана о суперсимметрии – о том, что «она более хитроумно устроена», как призыв к теоретикам – обратить внимание на известные более полувека экспериментальные результаты ‘тихой физики’ по аномалиям в системе ‘ ^{22}Na -газообразный неон (~ 9% ^{22}Ne)’ и феноменологию Проекта новой (дополнительной) *G\hbar*ck-физики ‘снаружи’ светового конуса [11,18]?

Феноменология аномалий аннигиляции β^+ -позитронов (e_β^+) в конечном состоянии ТКП (‘условия резонанса’) системы ‘ $^{22}\text{Na}(3^+) \xrightarrow{e_\beta^+ + \nu} {}^{22*}\text{Ne}(2^+) \text{-газообразный неон} \sim 9\% {}^{22}\text{Ne}(0^+)$ ’ предполагает не одну, а две реализации суперсимметрии:

- ‘снаружи’ светового конуса в конечном состоянии β^+ -распада в двузначном ($\pm$) ограниченном макроскопическом 4-объёме пространства-времени имеет место **ненарушенная суперсимметрия**, как «...полное вырождение пара- и ортосуперпозитрония» [25] (т.е. $\Delta W \equiv 0$ для β^+ -o- Ps/β^+ -p- Ps по сравнению со сверхтонким расщеплением $\Delta W \cong 8,4 \cdot 10^{-4}$ эВ для состояний $K\text{ЭД-o-}Ps/-p- $Ps$$); суперпартнёром в ‘зазеркалье’ является β^+ -парасуперпозитроний/ β^+ -p- Ps' , отрицательная масса которого по абсолютной величине тождественна массе β^+ -o- Ps [18] («... восстановление <полной относительности> должно со-

проводиться ... комплексизацией, т.е. удвоением размерности пространства-времени» [13¹⁹⁸²] – ВСВ [12]/‘зазеркалье’.

‘Зазеркалье’ предполагает антиподную симметрию энергии и действия [17]. Возможность коллективного суперпартнёра квазибариона (квазипротона – $\bar{p}$) и поколений лептонов – $\bar{e}^-$, $\bar{\mu}^-$, $\bar{\tau}^-$ реализованы двузначным ($\pm$) АДД («+»АДД $\bar{p}^+$; $\bar{e}^-$, $\bar{\mu}^-$, $\bar{\tau}^-$ / «-»АДД $\bar{p}^-$; $\bar{e}^+$, $\bar{\mu}^-$, $\bar{\tau}^-$);

- предполагается, что ‘внутри’ светового конуса суперсимметрия спонтанно нарушена. Возможность наблюдения **коллективного суперпартнёра – резонанса** определяется массой **ядра АДД**

$$(m_{\bar{p}} + m_{\bar{e}\bar{\mu}\bar{\tau}}) \cdot \bar{n} \cong 50 \text{ ТэВ},$$

где $\bar{n} \cong 5,3 \cdot 10^4$ - число ячеек/узлов ядра АДД.

Поскольку двузначное ($\pm$) ядро АДД неразделимо, приведённая выше и ранее в [26] оценка энергии резонанса удваивается – 100 ТэВ.

Мы видим, что, если ‘включить’ в конечном состоянии β^+ -распада (ТКП) ограниченный двузначный ($\pm$) 4-объём пространства-времени ‘снаружи’ светового конуса (АДД с ядром АДД) и при этом ‘выключить’ теорему о положительности энергии [22], то ‘тихая физика’ открывает область энергий порядка планковской массы

$$(\pm M_{Pl} = \pm \sqrt{\frac{(\pm \hbar) \cdot (\pm c)}{G}} \rightarrow 2|M_{Pl}|, G > 0),$$

недоступную для коллайдеров будущих поколений.

Но, благодаря выделению ядра АДД ($\bar{n} \cong 5,3 \cdot 10^4$) – коллективного суперпартнёра – в составе АДД ($N^{(3)} \cong 1,3 \cdot 10^{19}$), сохраняется трудная перспектива экспериментального обоснования спонтанно нарушенной суперантиподной симметрии ‘внутри’ светового конуса. Можно обнаружить в отдалённом будущем резонанс при энергии ~ 100 ТэВ.

Библиографический список

1. Левин Б.М. Противостояние ‘Эйнштейн-Бор’ сформировало стагнацию современной Стандартной Модели. Путь преодоления. <http://web.snauka.ru/issues/2018/02/859512>
2. Левин Б.М. О токе смещения М.Планк/Дж.Стони-объединения физических зарядов. Гравитация, как объединяющее поле. <http://science.snauka.ru/2013/05/4936>
3. М. Фарадей. Экспериментальные исследования по электричеству. Т.3, раздел 30, с.224. Изд. АН СССР, 1959.
4. Кобаяси М. CP-нарушение и смешивание ароматов. Нобелевская лекция. УФН, т.179(12), с.1316, 2009.
5. Генденштейн Л.Э., Кривее И.В. Суперсимметрия в квантовой механике. УФН, т.146(4), с.553, 1985.
6. БАК > Новости ЛHC (10.08.2017): Физики подводят предварительные итоги поиска суперсимметрии. http://elementy.ru/LHC/novosti_BAK/43084/Fiziki_podvodyat_predvaritelnye_itogi_poiska_supersimetrii
7. Левин Б.М. Фундаментальная теория и феноменология Проекта ‘Теория Всего’. <http://web.snauka.ru/issues/2018/05/86635>
8. Marder S., Huges V.W., Wu C.S., and Bennett W. Effect of an Electric Field on Positronium Formation in Gases: Experimental. Phys. Rev., v.103(5), p.1258, 1956.
9. P.E. Osmon. Positron lifetime spectra in noble gases. Phys. Rev., v.B138(1), p.216, 1965.

10. Левин Б.М., Шантарович В.П. *Об аномалиях временных спектров аннигиляции позитронов в газообразном неоне*. ЯФ, т.39(6), с.1353; Левин Б.М. *Ортопозитроний: программа критических экспериментов*. ЯФ, т.52(2/8), с.535, 1990.
11. Левин Б.М., Коченда Л.М., Марков А.А., Шантарович В.П. *Временные спектры аннигиляции позитронов (^{22}Na) в газообразном неоне различного изотопного состава*. ЯФ, т.45(6), с.1806, 1987.
12. Глинер Э.Б. *Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества*. ЖЭТФ, т.49(8), с.542, 1965.
13. Андреев А.Ф. *Макроскопические тела с нулевой массой покоя*. ЖЭТФ, т.65(4/10), с.1303, 1973; Андреев А.Ф. *Гравитационное взаимодействие частиц нулевой массы*. Письма в ЖЭТФ, т.17(8), с.424, 1973; Андреев А.Ф. *Спонтанно нарушенная полная относительность*. Письма в ЖЭТФ, т.36(3), с.82, 1982.
14. Борисова Л.Б. и Рабунский Д.Д. *Математическая теория движения частиц в четырёхмерном пространстве-времени*. М.: Мастерская им. М.В. Ломоносова, 1997; Рабунский Д.Д. *Три формы существования материи в четырёхмерном пространстве времени*. М.: Мастерская им. М.В. Ломоносова, 1997.
15. Огиевецкий В.И., Полубаринов И.В. *Нотоф и его возможные взаимодействия*. ЯФ, т.4(1), с.216, 1966.
16. Glashow S.L. *Positronium versus the mirror Universe*. Phys/ Lett, v.B167(2), p.35, 1986.
17. Linde A.D. *The multiplication of the Universe and problem of cosmological constant*. Phys. Lett., v.B200(3), p.272, 1988; <http://arXiv.org/abs/hep-th/0211048>
18. Levin B.M. *Atom of Long-Range Action Instead of Counter-Productive Tachyon Phenomenology. Decisive Experiment of the New (Additional) Phenomenology Outside of the Light Cone*. Progress in Physics, v.13(1), p.11, 2017; Levin B.M. *Half-Century History of the Project of New (Additional) $G\hbar/c\kappa$ -Physics*. Progress in Physics, v.13(1), p.18, 2017.
19. Фаддеев Л.Д., Якубовский О.А.. *Лекции по квантовой механике для студентов-математиков*. Изд. ЛГУ, 1980.
20. Leonard Susskind. *THE BLACK HOLE WAR. MY BATTLE WITH STEPHEN HAWKING TO MAKE THE WORLD SAFE FOR QUANTUM MECHANICS*, 2008. Перевод: Л. Сасскинд. *БИТВА ПРИ ЧЁРНОЙ ДЫРЕ. МОЁ СРАЖЕНИЕ СО СТИВЕНОМ ХОКИНГОМ ЗА МИР, БЕЗОПАСНЫЙ ДЛЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ*, «ПИТЕР», М., СПб, 2014, с.169.
21. Hawking S.W., Ellis G.F.R. *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge University Press, 1975. Перевод: Хокинг С., Эллис Дж. *Крупномасштабная структура пространства-времени*. М., «Мир», 1977, с.104.
22. Witten E. *A new proof of the positive energy theorem*. Comm. Math. Phys., v.80, p.381, 1981.
23. Li Smolin. *Time Reborn: From the Crisis in Physics to the Future of the Universe*. Hardcover, 2013; Перевод: Ли Смолин. *Возвращение времени: от античной космогонии к космогонии будущего*. М., АСТ: CORPUS, 2014, с.51.
24. М.А. Шифман. Публичная лекция, 28 сентября 2013 – You Tube.
25. Di Vecchia P., and Schuchhardt V. *$N=1$ and $N=2$ supersymmetric positronium*. Phys. Lett., v.B155(5/6), p.427, 1985.
26. Левин Б.М. *Проект новой (дополнительной) $G\hbar/c\kappa$ -физики «снаружи» светового конуса и принципиально новые, неразрушающие технологии*. <http://web.snauka.ru/issues/2017/12/85136>