**О природе фундаментальных констант**

В. В. Корухов

В последние годы вопрос о существовании пределов применимости современных физических теорий становится весьма актуальным, особенно в связи с формированием новых представлений о ранней, плотной и горячей, стадии эволюции Вселенной [1]. Аналогичный вопрос возник в свое время при анализе конечной стадии квантового испарения черных дыр. В результате испарения, когда масса испаряющейся частицы становится равной массе самой черной дыры, появляется квантово-гравитационный объект с планковскими значениями параметров: т ~ 10–5 г, 1 ~ 10–33 см [2]. Дальнейший анализ эволюции этого объекта оказался невозможным из-за отсутствия последовательной релятивистской квантово-гравитационной теории. В настоящее время большие надежды на решение данных проблем связывают с возможностью построения единой теории, существенную роль в которой должны играть фундаментальные константы ћ (постоянная Планка), с (скорость света), G (гравитационная постоянная) и k (постоянная Больцмана), а также их комбинации – планковские величины.

Анализируя спектр излучения абсолютно черного тела, М.Планк в 1899 г. ввел в теорию постоянную ћ, названную затем квантом действия. Он отметил, что из этой константы ћ, скорости света с и гравитационной постоянной G можно, пользуясь размерностью, образовать абсолютную систему единиц – длины, массы и времени.

lpl = (ћG / c3 )1/2 = 1,62·10–33 см,

mpl = (ћc/G)1/2 = 2,18·10–5 г, (1)

tpl = (ћG/c5)1/2 = 5,4·10–44 c.

По замыслу автора, такая система должна была сыграть важную роль в построении единой физики, выступая в качестве универсальной системы физических единиц. Однако метрологический смысл, вкладываемый Планком в эти величины, оказался не связанным с обычными физическими представлениями. Численные значения указанных величин на много порядков (кроме значения массы) отличались от тех, с которыми имела дело физика того времени. По-видимому, именно это обстоятельство и послужило причиной их долгого забвения.

По мере развития основных физических теорий – квантовой физики и теории относительности – постепенно начало складываться убеждение в том, что планковские величины (1) служат границей применимости классической общей теории относительности (ОТО) [3]. В частности, Дж.Уилеру принадлежит идея квантовых флуктуаций метрики с возможным изменением топологической структуры пространства-времени на малых расстояниях, где становятся существенными гравитационные флуктуации метрических коэффициентов: gmn ~ lpl /L ® 1 при L ® lpl [4].

Проблематичность применения релятивистской квантовой теории в области планковских масштабов связана также с необходимостью корректного учета гравитационных эффектов, когда сравниваются электромагнитные и гравитационные взаимодействия [5]. Характерный пример ограничения на возможную область “работы” квантовой теории и теории относительности следует из их известных принципов запрета.

Действительно, минимальная область локализации (принципиальная достижимая точность измерения) частицы подчиняется принципу неопределенности Гейзенберга:

Dx @ ћ/mc (2)

и соответствует максимальному релятивистскому импульсу (р = mc) в системе покоя частицы [6]. При этом точность измерения пространственной характеристики частицы ограничена ее комптоновской длиной волны

l і ћ/mc (3)

Далее, согласно представлениям ОТО, минимальная область пространственной локализации объекта с массой М определяется для удаленного неподвижного наблюдателя в наиболее простом случае решением Шварцшильда. Получение информации ограничено гравитационным радиусом

L і rg = 2GM/c2 (4)

Разрешенная для наблюдения область параметров реальных объектов, подчиняющихся неравенствам (3) и (4), представлена на диаграмме ML (см. рисунок). Точка пересечения граничных условий неравенств находится в области планковских значений. При 1 = L, m = М имеем

lpl ~ (ћG/c3 )1/2, mpl ~ (ћc/G)1/2.

Планковская масса играет роль минимальной структурной единицы со стороны макрообъектов и максимального значения для массы элементарных частиц, иначе говоря, представляет собой “последний предел локализации” [7].

“Биография” lpl как гравитационной границы применимости релятивистской квантовой теории достаточно богата “событиями” [8].

Обычно считается, что область “работы” теории квантовой гравитации, куда в качестве равноправных входят константы ћ, с и G, связана именно с малыми масштабами. Однако современной физике уже давно известны объекты больших масштабов, в описании которых используется этот полный набор констант.

Действительно, существует продел максимальной массы белых карликов, обусловленный наличием релятивистского вырожденного электронного газа (продел Чандрасекара),

MCh ~ mpl3/mp2 (5)

где тp – масса протона. При дальнейшем увеличении плотности этих объектов нарушается условие равновесия; приводящее к образованию нейтронных звезд. Характерное предельное значение для массы нейтронной звезды, соответствующее релятивистскому вырожденному нейтронному газу (предел Ландау – Оппенгеймера – Волкова) [9] можно представить в виде

MLOV ~ mpl3/mn2 (6)

где тn – масса нейтрона. Относительно недавно в связи с положительными результатами исследований по обнаружению массы покоя нейтрино было получено значение максимальной массы устойчивого образования, отождествленного со скоплением галактик и обусловленного наличием релятивистского вырожденного нейтринного газа [10],

Mn ~ mpl3/mn 2 (7)

где тn – масса покоя электронного нейтрино [11].

Обращает на себя внимание возможность существования материального ряда, связывающего элементарную ферми-частицу, принадлежащую к объектам микромира, с предельной по массе равновесной структурной конфигурацией макромира:

Mi ~ mpl3/mi2 (8)

Рассматривая в качестве предположения справедливость этой закономерности и для более тяжелых ферми-частиц, мы приходим к пределу, когда Mi ® mpl при m ® mpl. Объекты макро- и микромира смыкаются в области планковских значений. Это еще раз указывает на возможность существования предела для дискретного спектра масс элементарных частиц и нижней границы макроструктуры нашей Вселенной.

Важным моментом современного состояния проблемы планковских величин является введение в физику новых предельных значений и их взаимное согласование через известные и общепринятые связи параметров объектов и явлений. М.А.Марков предлагает в качестве универсального закона природы принять существование предельного значения плотности материи rpl, соответствующей планковской плотности и равной c5/G2ћ [12]. Максимальное значение температуры Tpl = k–1 (c5ћ /G)1/2, впервые рассмотренное в работе А.Д.Сахарова [13], было связано с предельным значением ускорения apl @ (c7/ћG)1/2 [14] посредством выявленной недавно связи релятивистского ускорения объекта и его температуры (эффект Унру) [15]. На предельный характер планковской массы как максимальной массы элементарной частицы указывалось уже давно [16]. Возможность рассмотрения современной физикой гипотетических объектов с планковскими параметрами mpl, lpl позволила на законном основании ввести новый класс частиц – планкеоны [17], максимоны [18], геоны [19]. Принципиального отличия в параметрах между этими объектами нет.

Обращает на себя внимание отсутствие общего определения планковских величин. В дальнейшем планковской величиной будем называть любую физическую величину, составленную согласно размерности из фундаментальных констант ћ, с, G и k [20]:

Xpl = ћa Ч cb Ч Gg Ч kd (9)

Согласно этому определению, запишем некоторые новые величины: гравитационный потенциал j G = с2 (a = g = d = 0, b = 2); электрический потенциал j e = c2G–1/2 (a = d = 0, b = 2, g = –1/2); скорость vpl = с (a = g = d = 0, b = 1); действие А = ћ (b = g = d = 0, a = 1); электрическое сопротивление R = с–1 (a = g = d = 0, b = – 1): энтропия S = k (a = b = g = 0, d = 1) и т.п. Как видим в значении максимального электрического потенциала отсутствует величина заряда. Впервые на эту особенность обратили внимание M.А.Марков и В.П.Фролов [21]. Они и указали на предельный характер рассматриваемого потенциала.

Все работы, посвященные исследованию предельных величин, не касаются тех сложных моментов, которые связаны с трудностями интерпретации понятия предельности физической величины. Это обусловлено тем обстоятельством, что проблема носит принципиальный характер и требует более глубокого анализа природы фундаментальных констант. Единственная планковская величина, вопрос о предельности которой является актуальным в настоящее время, – скорость света. Зачастую предельное значение любой физической величины трактуется как невозможность получения какой-либо информации об этой величине за данным пределом. Полагая реально существующими планковские значения физических величин, мы с необходимостью приходим к возникновению ряда противоречий, в частности с некоторыми следствиями специальной теории относительности (СТО).

Действительно, согласно СТО, плотность вещества объекта (например, элементарной частицы) при v ® с стремится к бесконечности, тогда как существует инвариантное планковское значение плотности rрl; размер любого объекта в направлении движения при v ® с стремится к нулю, в то время как существует инвариантное планковское значение длины lpl. Подобное противоречие, связанное с появлением в физике инвариантной величины скорости света, было снято созданием СТО. При этом, согласно правилу сложения скоростей релятивистских объектов, суммарная скорость для инерциального наблюдателя ограничена инвариантной величиной планковской скорости – скоростью света. Аналогичную интерпретацию могут иметь и некоторые другие планковские величины. Указанные выше противоречия устраняются, например, введением в СТО дополнительной, известной из других теорий инвариантной физической величины.

В качестве одной из возможностей рассмотрим, к каким следствиям приводит введение в СТО планковского значения гравитационного потенциала j G = c2. В наиболее явном виде эта процедура представлена в работе X.-Ю. Тредера [22].

В качестве отправного условия считаем существующим предельное значение гравитационного потенциала для покоящегося удаленного от объекта наблюдателя (рассматривается решение Шварцшильда):

j G = c2/2 (10)

Пусть, далее, этот сферически симметричный и незаряженный объект с массой покоя m0' и радиусом R0' движется со скоростью v относительно системы отсчета наблюдателя в некотором направлении х. Значение гравитационного потенциала на поверхности объекта j ' = GM0'/R0'.

Тогда, согласно ОТО, геометрия пространства-времени вне объекта для покоящейся относительно него системы отсчета описывается метрикой Шварцшильда. Соответствующее преобразование Лоренца дает связь между гравитационными потенциалами в покоящейся и движущейся системах отсчета [23]:

j = j ' [(1 + v2/c2)/(1 – v2/c2)]. (11)

При условии существования предельного значения гравитационного потенциала (10) и при фиксированных M0' и R0' значение потенциала (11) в системе отсчета наблюдателя достигает своего максимального значения при скорости

vmax = [(1 – j '/c2)/(1 + j '/c2)].

Скорость vmax соответствует максимальной скорости объекта, информация с которого в направлении движения непосредственно может быть получена удаленным наблюдателем. Это связано с тем условием, что на поверхности объекта в направлении движения при v = vmax. реализуется максимальное значение гравитационного потенциала, соответствующее поверхности шварцшильдовской черной дыры. Интервал собственного времени на поверхности бесконечно удлиняется по отношению к интервалу времени удаленного наблюдателя, относительно которого рассматривается движение. Как следствие, имеет место полный сдвиг частот, что и делает невозможным получение с объекта какой-либо информации. При увеличении скорости объекта наблюдатель будет видеть бесконечное приближение ее к vmax.

В этом решении vmax играет роль, которая в СТО отводится скорости света, и является инвариантной величиной относительно преобразований Лоренца в силу инвариантности собственных параметров объекта, массы покоя и радиуса в покоящихся системах отсчета. Обратный переход к СТО, согласно принципу соответствия, достигается “выключением” гравитационных эффектов, т.е. при GM0' ® 0 vmax ® c. Тредер [24] считает vmax предельно возможной скоростью движения объектов, в частности элементарных частиц. Опираясь на результаты предварительно проведенного анализа, мы связываем vmax с проявлением “координатного эффекта”, аналогичного ситуации “пересечения” наблюдателем сферы Шварцшильда в ОТО и обусловленного, как известно, выбором системы координат [25].

Рассмотрим движение частицы с характерным комптоновским размером l = ћ/mc. Тогда из условия (12) имеем

vmax ~ c (1 – m2/mpl2)1/2 (13)

Для объектов, относящихся к элементарным частицам с собственной массой mpl (далее мы будем называть их планкеонами), следует удивительный результат:

vmax = 0 (14)

Эти объекты не могут быть наблюдаемы нами в состоянии движения [26]. Данное свойство инвариантно относительно преобразований Лоренца как в силу инвариантности самой величины vmax, так и вследствие известной инвариантности фундаментальных констант ћ, с и G. Планкеоны в этом случае представляют собой элемент абсолютного покоя в той степени, в какой является абсолютным движение квантов света всегда с постоянной скоростью относительно любой инерциальной системы отсчета.

Среда, составленная из плотно упакованных планкеонов, может служить моделью вакуумоподобного состояния материи, т.е. современного релятивистского квантово-гравитационного эфира [27]. При этом покой среды как целого относительно произвольно выбранного инерциального наблюдателя позволяет считать любую систему отсчета, связанную с данной средой, сопутствующей. Трехмерный импульс такой среды равен нулю, и нет того преимущественного направления, которое делало бы среду (эфир) неизотропной. При этом четырехмерный вектор энергии-импульса (Е, р = 0) будет инвариантным в любой другой инерциальной системе отсчета вследствие инвариантности собственной массы планкеона Epl = mpl c2 = (ћc5/G)1/2. Отметим, что характерный размер планкеона lpl в отличие от рассматриваемых в настоящее время пространственных характеристик вещественных объектов является инвариантом преобразований Лоренца.

Важным основанием отнесения объекта к тому или иному виду материи выступает понятие массы. С этой позиции в силу инвариантных свойств массы планкеона последний нельзя рассматривать ни как вещество, ни как поле. По-видимому, планкеоны необходимо отнести к новому, третьему, виду материи – эфиру. Данная гипотеза не является полностью оригинальной и в отдельных аспектах рассматривалась неоднократно [28].

С точки зрения кинематических свойств планкеонного эфира представление о нем не находится в противоречии с основами СТО. Подобную возможность не отрицал и ее создатель: “Специальная теория относительности запрещает считать эфир состоящим из частиц, поведение которых во времени можно наблюдать, но гипотеза о существовании эфира не противоречит специальной теории относительности. Не следует только приписывать эфиру состояния движения” [29].

Свойство инвариантного покоя является той альтернативой, которая не была рассмотрена в свое время при анализе всех возможных кинематических условий существования эфира. Действительно, при абсолютном покое эфира относительно любой инерциальной системы отсчета законы, описывающие явления природы, не будут находиться в зависимости от состояния движения. Покой и равномерное прямолинейное движение в этой среде неразличимы. При таких и только при таких условиях, накладываемых на среду, может выполняться принцип относительности, подтвержденный многолетней практикой. Более того, в таком и только в таком абсолютно покоящемся эфире всегда выполняется принцип постоянства скорости света. Причем постулат инвариантности скорости света относительно любого инерциального наблюдателя является равносильным положению об инвариантности покоя эфира относительно тех же инерциальных наблюдателей.

Невозможность обнаружения эфира с помощью равномерного движения должна быть с необходимостью связана с необычным уравнением состояния этой среды. Общая теория относительности рассматривает такую среду [30], уравнение состояния которой: Р = – e (Р – давление, e – плотность энергии) – позволяет интерпретировать ее как “макроскопически обладающую свойствами вакуума” [31] (эфира). Именно в такой среде любая инерциальная система отсчета является сопутствующей, а ее движение и покой неразличимы. Внутреннее давление среды отрицательно и по абсолютной величине равно плотности энергии. “При такой и только при такой связи между давлением и плотностью среда не создает встречного ветра, как бы мы ни перемещались в ней” [32]. Для планкеонов, при рассмотрении их как микровселенных де Ситтера, оказывается справедливым вакуумо-подобное уравнение стояния Р = – e [33]. Таким образом, представление о планкеонном эфире не противоречит и общей теории относительности.

Используемое в квантовой электродинамике, чтобы не возрождать понятия движущегося эфира, представление о физическом вакууме предполагает возможность “движения” этой среды, но при этом принимается, что последняя состоит из виртуальных квантов (позитронное “море” Дирака, виртуальные фотоны и т.п.). Реальные же процессы взаимодействия с веществом проявляются через ее квантовые флуктуации. В настоящее время материальность вакуума подтверждена существованием таких эффектов, как, например, эффект Казимира [34], лэмбовский сдвиг энергии уровней атомов [35]. В последние годы идет подготовка к проведению экспериментов по возможному “вытягиванию” из вакуума, согласно предсказанию квантовой электродинамики, электронов и позитронов с использованием мощного сфокусированного лазерного излучения [36].

Экзотичность поведения среды, необычность уравнения состояния позволяют считать планкеонный эфир видом материи, принципиально отличающимся от известных. Условие инвариантности 4-вектора энергии-импульса по отношению к преобразованиям Лоренца позволяет для трех видов материи записать следующие соотношения:

E2 – p2c2 = m02c4, m02 > 0

E2 – p2c2 = 0, m0 = 0 (15)

E2 = m02c4, m0 = inv. (p = 0)

Непротиворечивым следствием из записанных соотношений является существование еще одного инварианта специальной теории относительности, соответствующего нулевому значению энергии и четвертому виду материи:

– p2 = m02c2, m02 <0 (E = 0). (16) >

Возможность деления на виды в данном случае обусловлена качественным различием массы как одного из основных свойств материи. По-видимому, первое указание на существование четырех видов материи было сделано Вигнером на основании анализа представлений группы Пуанкаре [37].

Соотношение (16), на наш взгляд, показывает возможность описания в рамках формализма теории относительности сверхсветового объекта – трансцендентного тахиона [38]. Тем самым, по-видимому, ограничивается в некоторой степени круг возможностей экспериментального поиска сверхсветовых явлений [39]. Согласно существующей точке зрения, трансцендентные тахионы “движутся” с бесконечной скоростью, не имеют энергии, но обладают ненулевым импульсом. Неупругий процесс взаимодействия, если он возможен вообще, субсветовой частицы и трансцендентного тахиона должен характеризоваться неизменной энергией системы при соответствующем перераспределении импульсов и масс. В силу дискретности спектра субсветовых частиц процесс должен быть квантовым. Отметим, что инвариантный характер соотношения (16) относительно преобразований Лоренца при нулевой энергии требует сохранения величины импульса-массы “покоя”.

Отсутствие широкого интереса к сверхсветовым движениям связано с прочно укоренившимся мнением, что скорости распространения материальных взаимодействий не могут превышать скорости света в вакууме. После создания СТО это положение рассматривалось как результат теории, как следствие преобразований Лоренца, из которых следовал вывод, что с приближением скорости тела к скорости света масса его стремится к бесконечности. Сами создатели теории относительности и ее математического формализма особо акцентировали внимание на предельном характере скорости света. А.Эйнштейн писал: “При v = V (V – скорость света. – В.К.) все движущиеся объекты, наблюдаемые из „покоящейся" системы, сплющиваются и превращаются в плоские фигуры. Для скоростей, превышающих скорость света, наши рассуждения теряют смысл...” [40]. И далее: “...скорость света в нашей теории физически играет роль бесконечно большой скорости” [41]. Позднее такое понимание значения скорости света как предельной величины подчеркивалось рядом известных физиков, в частности Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшицем [42], В.Паули [43], А.Эддингтоном [44]. Вопрос о возможных в природе скоростях, казалось бы, решен тем самым однозначно и окончательно.

Действительно ли постулаты СТО содержат в себе, хотя бы и в неявном виде, абсолютный запрет на сверхсветовые движенияћ Теория тахионов отвечает на этот вопрос отрицательно.

При рассмотрении расширяющегося светового фронта для двух инерциальных наблюдателей, движущихся относительно друг друга с некоторой скоростью, имеем [45]

x2 + y2 + z2 = c2t2 x’2 + y’2 + z’2 = c2t’2 (17)

Далее вводится понятие интервала ds, и из инвариантности скорости света следует равенство его нулю для света во всякой другой инерциальной системе. Рассмотрение конечных интервалов позволяет сделать вывод об их равенстве для тех же наблюдателей: s = s'. Однако из соотношений (17) для инерциальных наблюдателей a priori следует возможность существования равнозначных и вещественных интервалов двух видов:

(а) s2 = x2 + y2 + z2 – c2t2 > 0 (v > c) (б) s2 = c2t2 – x2 + y2 + z2 > 0 (v

Выбор интервала (а) или (б) инвариантным образом определяет мир сверхсветовых, или субсветовых, явлений. Например, выбор интервала (б), соответствующий специальной теории относительности, позволяет сделать заключение лишь о невозможности реального перехода частицы, относящейся к классу досветовых, в класс частиц, движущихся со сверхсветовыми скоростями (аналогично тому, как досветовая частица путем количественных изменений никогда не сможет перейти к движениям со скоростью, равной скорости света). Работая с интервалом (б), специальная теория относительности не рассматривает сверхсветовые явления, соответствующие случаю (а), но (см. (16)) и не “запрещает” их: “Беспричинных невозможностей не существует” [46]. Имеется достаточно глубокий анализ физических и философских аспектов гипотезы сверхсветовых движений [47].

Фундаментальные физические константы в настоящее время – объекты пристального внимания. Это проявляется, в частности, в формулировании различного рода принципов. Например, теоретические исследования вариации фундаментальных постоянных дали представление о существовании определенных пределов, внутри которых не происходит нарушения устойчивости в структурной организации объектов нашей Вселенной. Это послужило основой для формулирования принципа “целесообразности” [48], согласно которому известные численные значения констант необходимы и достаточны для существования основных устойчивых состояний материальных объектов на всех уровнях организации неживой материи. Аналогичный по сути “антропологический принцип” [49], позволяющий интерпретировать соответствующим образом космологические совпадения, в которые входят и фундаментальные постоянные, связывает все многообразие явлений нашей Вселенной с условиями, необходимыми для существования человека.

На нынешнем этапе познания введение различных принципов, охватывающих все большую область явлений природы, служит необходимой и важной ступенью построения единой физической теории. Проведенный в данной работе анализ роли фундаментальных физических констант ћ, с, G и некоторых их комбинаций позволяет сделать следующее предположение. В нашей Вселенной все физические величины имеют свои планковские значения, которые в современных физических теориях играют, в частности, ограничивающую роль, или, в более широком смысле, роль их “узловых точек”. Появление этих величин обусловлено существованием материального планкеонного эфира, представление о котором присутствует в теориях в виде соответствующих инвариантных фундаментальных констант или их комбинаций. Данное предположение можно рассматривать как введение нового принципа – ћсG-принципа, призванного, с нашей точки зрения, сыграть важную роль в устранении трудностей, связанных с решением проблем расходимостей и сингулярностей.

**Список литературы**

1. Линде А.Д. Раздувающаяся Вселенная // Успехи физ. наук. 1984. Т. 144, вып. 2.

2. Зельдович Я.Б. Тяготение, заряды, космология и когерентность // Успехи физ. наук. 1977. Т. 123, вып. 3; Фролов В.П. Черные дыры и квантовые процессы в них // Успехи физ. наук. 1976. Т. 118, вып. 3.

3. Мизнер Ч., Тори К., Уилер Дж. Гравитация. Т.3. М., 1977; Осборн М. Квантово-теоретические ограничения на общую теорию относительности // Эйнштейновский сборник. 1982 – 1983. М., 1986; Станюкович К.П. Гравитационное поле и элементарные частицы. М., 1965.

4. Уилер Дж. Предвидение Эйнштейна. М., 1970. С. 47.

5. Ландау Л., Померанчук И. О точечном взаимодействии в квантовой электродинамике // Докл. АН СССР. 1955. Т. 102, № 3. С. 489.

6. Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский А.П. Квантовая электродинамика. М., 1980. С. 19.

7. Enz Ch. Le role de l'espace et le probleme de localisation en physique moderne, vus en particulier par Wolfgang Pauli // Arch. sci. 1986. V. 39, N 2.

8. Горелик Г.E. Первые шаги квантовой гравитации и планковские величины // Эйнштейновский сборник. 1978 – 1979. М., 1983.

9. Дибай Э.А., Каплан С.А. Размерности и подобие астрофизических величин. М., 1976. С. 96–98.

10. Бисноватый-Коган Г.С., Новиков И.Д. Космология при ненулевой массе покоя нейтрино // Астрон. журн. 1980. Т. 57, вып. 5. С. 900.

11. Козик В.С., Любимов В.А., Новиков E.Г. и др. Об оценке массы ve по спектру b-распада трития в валине // Ядер. физика. 1980. Т. 32, вып. 1(7). С. 301 – 303.

12. Марков М.А. Предельная плотность материи как универсальный закон природы // Письма в ЖЭТФ. 1982. Т. 36, вып. 6.

13. Сахаров А.Д. О максимальной температуре теплового излучения // Письма в ЖЭТФ. 1966. Т. 3, вып. 11.

14. Brandt Н.E. Maximal proper acceleration relative to the vacuum // Lettere al Nuovo Cimento. 1983. V. 38, N 15; Caianiello E.R. Is there a maximal accelerationћ // Ibid. 1981. V. 32, N 3; Caianiello E.R., Landi G. Maximal acceleration and Sakharov's limiting temperature // Ibid.– 1985. V. 42, N 2; Massa С. Forretti's limit and Sakharov's temperature // Ibid. 1985. V. 44, N 8,

15. Гинзбург В.Л., Фролов В.П. О возбуждении и излучении “детектора”, движущегося в вакууме с ускорением или равномерно движущегося со сверхсветовой скоростью в среде // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 43, вып. 6; Зельдович Я.Б., Рожанский Л.В., Старобинский А.А. Излучение ускоренного электрона // Там же. 1986. Т. 43, вып. 9; Unruh W.G. Notes on black-hole evaporation // Phys. Rev. 1976. V. 14, N 4.

16. Марков M.А. Элементарные частицы максимально больших масс (кварки, максимоны) // ЖЭТФ. 1966. Т. 51, вып. 3(9).

17. Станюкович К.П. Пространственно-временные интерпретации моделей “вселенной” А. Эйнштейна и А. Фридмана // Пространство и время в современной физике. Киев, 1968. С. 277.

18. Марков M.А. Элементарные частицы максимально больших масс (кварки, максимоны). С. 878.

19. Уилер Дж. Предвидение Эйнштейна. С. 22.

20. Не нарушая общности определения, можно ввести константу электрического заряда е, помня, однако, что она характеризует процессы, связанные только с заряженной материей, и тем самым имеет ограниченную область действия.

21. Марков M.А., Фролов В.П. Метрика закрытого мира Фридмана, возмущенная электрическим зарядом (к теории электромагнитных “фридмонов”) // Теорет. и мат. физика. 1970. Т. 3, №1.

22. Тредер X.-Ю. Проблема физического смысла квантования гравитационных полей // Астрофизика, кванты и теория относительности. M., 1982.

23. Там же. С. 491.

24. Там же. С. 495.

25. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М., 1967. С. 382. Недавно была предпринята попытка трактовать предельность скорости света как проявление “координатного эффекта” (см. Гурин В.С., Трофименко А.П. Суперлюминальный характер внутренних областей метрики Керра – Ньюмена // Acta Physica Hungarica. 1986. V. 59).

26. Из условия (12) следует аналогичный вывод и для шварцшильдовских черных дыр.

27. Первые попытки рассмотрения планкеонного вакуума обобщены в работе К.П.Станюковича и В.Н.Мельникова “Гидродинамика поля и константы в теории гравитации” (М., 1983. С. 146).

28. Глинер Э.Б. О возможном обобщении уравнений Эйнштейна // Письма в ЖЭТФ. 1965. Т. 2, вып. 2; Станюкович К.П., Мельников В.Н. Гидродинамика поля и константы в теории гравитации. Тевикян Р.В. Гравитация и вакуумное поле // Астрофизика. 1985; Т. 23, вып. 2; Wigner Е. On unitary representations of the inhomogeneous Lorentz group // Annals of Mathematics. 1939. V. 40, N 1. P. 149.

29. Эйнштейн А. Собр. науч. трудов. Т. 1. М., 1965. С. 686.

30. Глинер Э.Б. Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества // Жури. эксперим. и теорет. физики. 1965. Т. 49, вып. 2(8). С. 542.

31. Глинер Э.Б. О возможном обобщении уравнений Эйнштейна. С. 55.

32. Гуревич Л.Э., Чернин А.Д. Происхождение галактик и звезд. М., 1987. С. 183.

33. Станюкович К.П., Степанов Б.М., Бурлаков В.Д. и др. О планкеонном керне элементарных частиц // Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. М., 1969. С. 24.

34. Casimir Н.В.G. // Proc. Коn. Ned. Akad. Wed. 1948. V. 51. P. 793; Plunien G. e.a. The Casimir effect // Phys. report. 1986. V. 134, N 2 – 3.

35. Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая электродинамика. С. 593.

36. Аполлонов В.В., Калачев Ю.Л., Мошкунов С.И. и др. Дрейфовый магнитный сепаратор для исследования генерации электрон-позитронных пар в лазерной плазме // Квантовая электроника, 1986. Т. 13, № 3; Бункин Ф.В., Тугов И.И. О возможности рождения электронно-позитронных пар в вакууме при фокусировке лазерного излучения // Докл. АН СССР. 1969. Т. 187, № 3.

37. Wigner Е. On unitary representations of the inhomogeneous Lorentz group. P. 186,

38. Биланюк О., Сударшан Е. Частицы за световым барьером // Эйнштейновский сборник. 1973. М., 1974. С. 127; Реками Э. Теория относительности и ее обобщения // Астрофизика, кванты и теория относительности. С. 72.

39. Илларионов С.В. Некоторые замечания к проблеме поиска сверхсветовых скоростей // Философские проблемы гипотезы сверхсветовых скоростей. М., 1986.

40. Эйнштейн А. Собр. науч. трудов. Т. 1. С. 18.

41. Там же.

42. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. С. 24.

43. Паули В. Теория относительности. М., 1983. С. 35.

44. Эддингтон А.С. Теория относительности. М.; 1934. С. 45.

45. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. С, 15.

46. Готт В.С., Перетурин А.Ф. О методологической основе характеристики принципов “запрета” в физике // Филос. науки. 1964. № 3. С. 45.

47. Реками Э. Теория относительности и ее обобщения. С. 53 – 128; Философские проблемы гипотезы сверхсветовых скоростей. М., 1986; Recami Е. Mignani R. // Riv. Nuovo Cimento. 1974. V. 4.

48. Розенталь И.Л. Физические закономерности и численные значения фундаментальных постоянных // Успехи физ. наук. 1980. Т. 131, вып. 2.

49. Картер Б. Совпадение больших чисел и антропологический принцип в космологии // Космология: Теории и наблюдения. М., 1978.