Структура вакуума и метрический тензор общей теории относительности

Северо-Западный Государственный Заочный Технический университет

Санкт-Петербург, Миллионная, д5,

E -mail Yakubovski@rambler.ru

Описаны свойства вакуума, свойства элементарных частиц, из которых он состоит. Определены свойства этих частиц. Обоснована формула для мнимой вязкости вакуума. Из свойств вакуума получен метрический тензор общей теории относительности.

Ключевые слова: свойства вакуума, скорость света, метрический тензор общей теории относительности

УДК 539.1

PACS number: 03.30. +p 04.20. –q 95.30. Cq

Введение

В предлагаемой статье описаны на основе косвенной информации возможные свойства вакуума. В первой части определены упругие свойства вакуума и получена интерполяционная новая формула для скорости света через константы квантовой механики. Во втором разделе показано, что вакуум имеет мнимую кинематическую вязкость. Показано, что частицы вакуума можно описывать, без учета квантового взаимодействия. По вязкости вакуума определена длина свободного пробега. Параметры Планка определяют концентрацию частиц в вакууме. Имея эту информацию и зная длину свободного пробега можно определить размер частиц вакуума. Зная плотность вакуума можно определить массу частиц вакуума. Третий раздел посвящен физическому смыслу гидродинамического свойства комплексной скорости вакуума, рассматриваемого как разреженный газ без границ. Четвертый раздел посвящен выводу из инвариантности комплексной скорости описанию свойств метрического тензора общей теории относительности. Получается, что если в размере макромира этот тензор гладкая функция, то в размере микромира это неоднородная величина. Двигающиеся частицы микромира оказывают на метрический тензор воздействие и пространство микромира сильно изрезано. Вернее изрезан метрический тензор, отражающий свойства пространства.

1. Общие свойства вакуума

В жидкости давление и плотность связаны эмпирическим соотношением

$$p = B(\frac{\rho}{\rho_0})^n .$$

Но дело в том, что плотность вакуума положительна, а давление отрицательно см. [1] , поэтому видоизменим эту формулу для связи давления и плотности вакуума

$$p = -\rho c_0^2$$

При этом рассматриваем вакуум, как среду, в которой распространяется, как электромагнитное поле, так и частицы вещества. При этом скорость звука, которая является и скоростью света, в вакууме-эфире определяется по формуле

$$c = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}} = ic_0 . \qquad (1.1)$$

Далее будет описан физический смысл комплексной скорости. Мнимая часть скорости соответствует вращению. Причем в случае скорости света, эта величина соответствует бесконечному радиусу вращения.

Объяснить отрицательность давления вакуума можно с помощью второго уравнения Фридмана, или термодинамических соотношений (см. [2])

$$dU = Tds - pdV\ ,$$

где для энергии вакуума справедлива формула $E = U + pV = \hbar\omega(N + 1/2) - \rho_0 c^2 V = (n\hbar\omega - \rho_0 c^2)V$, где n концентрация виртуальных частиц физического вакуума, т.е. энергия вакуума объемом V равна энергии нулевых колебаний гармонических осцилляторов (она определена в квантовой теории поля см. [3]), минус энергия темной материи постоянной плотности вакуума ρ_0, умноженная на квадрат скорости света. При этом при условии $n\hbar\omega = \rho_0 c^2$, где $m_0 = \rho_0 / n$ средняя масса частиц, заполняющих вакуум. Из равенства энергии квантовых колебаний энергии вакуума, получаем

$$\hbar\omega = m_0 c^2\ .$$

Причем это равенство соответствует величине длины волны комптоновского эффекта средней массы m_0, т.е. соотношению $k = m_0 c / \hbar$.

Плотность вакуума очень мала. Она равна величине $\rho_0 \sim 10^{-29}\,\mathrm{g/cm^3}$. Итак, имеем $B = \rho_0 c^2 = 10^{-29} \cdot 9 \cdot 10^{20} \sim 10^{-8}\,\mathrm{g/(cm \cdot sec^2)}$, т.е. упругие свойства вакуума очень малы. Упругие свойства воздуха, т.е. модуль Юнга для воздуха равен $\rho c^2 = 10^6\,\mathrm{g/(cm \cdot sec^2)}$. Т.е. можно сказать, что вакуум обладает свойствами очень разреженного газа.

Это объясняет устойчивость вакуума. Ведь его уравнение неустойчиво. При увеличении плотности растет отрицательное давление, т.е. объем сжимается, увеличивая плотность. Это объясняет образование массивных тел из структуры вакуума. Когда вакуум был не разреженный, его уравнение вызывает неустойчивость элементарного объема. Именно это привело к образованию больших объемов тел. Поэтому вакуум и разрежен, чтобы не образовывать новых тел. Но если это разреженное вещество, то эти свойства равновесия не проявляются, за счет чего поддерживается постоянная плотность вакуума. По-видимому, существует граница плотности, большая плотности $10^{-29}\,\mathrm{g/cm^3}$, которая допускает существование устойчивого вакуума.

Гравитационная неустойчивость частиц вакуума подразумевает нахождения рядом с неоднородностью плотности существование другой области частиц. Причем малое возмущение не способно притягивать другие частицы. Это следует из анализа устойчивости однородной среды, проведенного с помощью общей теории относительности см. [4]. Гравитационная неустойчивость возникает, при сильном возмущении среды.

Предлагаемая модель определяет наличие большой силы относительно малой массы частиц, что приводит к быстрому возрастанию массы. Критерием устойчивости, является равенство ускорения, равное ускорению частиц вакуума, создаваемому давлением, кинематическому значению ускорения, т.е.

$$F = \rho_0 c^2 \pi / \sqrt[3]{n^2} = mc^2 \sqrt[3]{n} = ma\ .$$

При этом воспользовались тем, что характерный размер системы $1/\sqrt[3]{n}$, откуда концентрация частиц вакуума n должна удовлетворять

$$n < \frac{\pi\rho_0}{m}\ ,$$

т.е. устойчива плотность вакуума, меньше, чем плотность ρ_0. При Большом взрыве плотность вакуума была гораздо больше равновесной, поэтому вакуум был неустойчив, что приводило к созданию материальных тел и элементарных частиц. Отметим, что создание элементарных частиц с помощью гравитационного притяжения невозможно, необходима большая масса частиц.

2. Масса и размер частиц вакуума

Для невязких систем вероятность состояния определяется формулой,

$$\psi \sim \exp(-iEt/\hbar).$$

Уравнение Шредингера можно рассматривать в вакууме-эфире, т.к. скорость звука, скорость распространения возмущения в вакууме-эфире имеет одну постоянную распространения, скорость света, а не две не совпадающие, как у твердого тела. Значит, вакуум является либо несжимаемой жидкостью, либо газом. При этом можно ввести аналог вектора Умова-Пойнтинга, только умножать надо комплексное электрическое поле на комплексное магнитное поле $\mathbf{S} = \frac{c}{4\pi}[\mathbf{E}, \mathbf{H}]$. Рассматриваем плоскую волну для электрической и магнитной компоненты поля. Любое поле можно представить в каждой точке как плоскую волну. Извлекая корень из проекции этого вектора на направление распространения, получим вектор того же направления, образующий плоскую продольную волну. Т.е. перенос энергии осуществляется с помощью продольной волны. При этом величина ih/m_b соответствует мнимой кинематической вязкости жидкости-вакуума. Действительная и мнимая часть кинематической вязкости имеет разный физический смысл. Если действительная часть обусловлена действительной поступательной скоростью, то мнимая часть кинематической вязкости обусловлена мнимой скоростью вращения. Описание мнимой скорости распространения см. раздел 3. Приравниваем постоянный градиент скорости вращения умноженный на вязкость и на эффективную площадь тела, силам инерции

$$S\rho\nu\frac{dV}{dr} = m\omega^2 r$$

Воспользовавшись классической формулой для скорости вращательного движения и приращения момента инерции (изменение спина частицы $n+1/2$ входящего в формулу $(n+1/2)\hbar$ на единицу) цилиндра $V = \omega r, \hbar = \Delta(mr^2/2)\omega = mr\Delta r\omega$, получим формулу

$$\nu = \frac{\hbar}{\rho S\Delta r} = \frac{\hbar}{m_l}. \qquad (2.1)$$

Величина массы соответствует массе жидкости в объеме тела. Чтобы пересчитать на массу тела, необходимо записать эту формулу в виде

$$\nu = \frac{\hbar}{m_b}\frac{\rho_b}{\rho_l}.$$

где ρ_l плотность жидкости, ρ_b плотность тела, m_l, m_b масса жидкости и тела.

При этом величина $i\hbar/m_b$ соответствует мнимой кинематической вязкости вакуума, что следует из уравнения Шредингера. В самом деле, если его сократить на $i\hbar$, то останется производная по времени в левой части и Лапласиан, пропорциональный $i\hbar/m_b$, который соответствует вязкому члену в уравнении Навье – Стокса. Вероятность иметь определенную координату и волновое число, соответствует зависимости скорости от координаты. Т.е. имеется аналогия между волновой функцией и скоростью частицы, и то и другое зависит от координат и определяет движение частицы. Четырехмерный вектор плотности тока j^μ для свободной частицы с импульсом p, равен см. [3]

$$j^\mu = \overline{\psi}_{\pm p}\gamma^\mu \psi_{\pm p} = \frac{p^\mu c}{E} = (1, \frac{\mathbf{V}}{c}).$$

Значит, волновая функция определяет скорость частиц. Тогда формула для вероятности состояния находящегося в жидкости тела при учете вязкости жидкости принимает вид

$$\psi \sim \exp[Et/(m_b \nu \,|\, \rho_l / \rho_b \,| + i\hbar)],$$

где ρ_l плотность жидкости, ρ_b плотность тела, ν кинематическая вязкость жидкости. Знаменатель $m\nu_b \,|\, \rho_l / \rho_b \,| + i\hbar$ в жидкости не зависит от массы тела. Поэтому вводится множитель ρ_l / ρ_b. Т.е. жидкость имеет кинематическую вязкость, равную $\nu + i\hbar \,|\, \rho_b \,|/(m_b \,|\, \rho_l \,|)$, причем для вязкого вещества имеем следующее значение вязкости $\mu = \nu\rho_l + i\hbar\rho_b / m_b$, т.е. кинематическая вязкость вакуума $\hbar / m_b$ при движении частицы массы m_b. При условии $\hbar = 0$, величина энергии E должна быть мнимой, для того чтобы модуль ψ не зависел от системы координат, и равнялся единице. Величина кинематической вязкости вводится как средняя величина, которая при переходе на молекулярные расстояния теряет свой смысл. Поэтому уравнение Шредингера для вязкой жидкости надо использовать как уравнение, описывающее величины, усредненные по множеству событий, и тогда вязкость является определяемой величиной. При условии $\hbar \neq 0$, величина энергии E должна иметь фазу $\arg E = \pi / 2 + \arg(m_b \nu \,|\, \rho_l / \rho_b \,| + i\hbar)$. Т.е. при условии равенства нулю вязкости, получим отрицательное значение энергии связанного состояния. При этом имеем $\rho V^2 / 2 = E / S$, где объем S действителен. Скорость электрона в атоме V соответствует вращательному движению, значит, как покажем в дальнейшем она мнимая. При этом действительная часть плотности жидкости или газа равна $\arg\rho = -\pi / 2 + \arg(m\nu \,|\, \rho_l / \rho_b \,| + i\hbar)$ и в случае вакуума положительна.

При этом дадим определение величине постоянной Планка $\hbar$. Величина энергии квантовой частицы, являющейся бесконечно тонким круглым диском, определяется по формуле

$$\hbar\omega(n + 1/2) = \int_0^a \rho(\omega r)^2 2\pi r dr = \rho\omega^2 \pi a^4 / 2 = m\omega^2 a^2 / 2.$$

Отметим, что скорость вращения круглого диска меняется от величины скорости света $\omega\lambda / 2\pi = c$ на границе круглого диска до нуля. Причем формула для энергии квантовой частицы $E_n = \hbar\omega(n + 1/2)$ справедлива, как для фотона, являющимся бозоном, так и для фермиона. Тогда для основного состояния частицы $n = 0$ величина момента, определяется по формуле $\hbar = m\omega a^2 = m\omega\lambda^2 / (2\pi)^2 = mc\lambda / 2\pi., a = \lambda / 2\pi$. Откуда получаем известную формулу $\lambda / 2\pi = \hbar / mc, k = mc / \hbar$, являющуюся определением постоянной Планка и ее связью с комптоновской длиной волны элементарной частицы.

Отметим, что на частоту излучение электромагнитного поля электронами в атоме в жидкости и твердом теле, эта мнимая часть поправки не влияет. Поправка будет порядка $m_e \nu \,|\, \rho_l \,|/(|\, \rho_b \,| \hbar)$, где m_e масса электрона, где имеем плотность движущего тела, электрона $\rho_b = m_e / a_e^3$, радиус электрона равен

$a_e = 2e^2/(m_e c^2) = 6\cdot 10^{-13}$ см, плотность жидкости или твердого тела равна $\rho_l = m_p / a_B^3$, где m_p масса протона, $a_B = \hbar^2/(m_e e^2) \sim 0.5\cdot 10^{-8}$ см радиус Бора атома. Эта поправка мала, порядка $3\cdot 10^{-10}$ при кинематической вязкости жидкости $\nu = 0.1\text{см}^2/\text{сек}$. Отметим, что на основе зависимости частоты излучения от вязкости материала, можно построить теорию старения материала. Т.е. частота колебаний будет комплексная, и значит, электромагнитное поле материала ослабеет вместе с упругими силами материала.

Кинематическая вязкость вакуума величина мнимая, это следует из уравнения Шредингера и из мнимого характера скорости распространения возмущения, скорости света или скорости звука в вакууме-эфире, что соответствует формуле для кинематической вязкости ν, полученной из (2.1)

$$\nu = i\frac{\hbar}{m_e} = \frac{\Lambda i c}{3}, \quad (2.2)$$

где получается, что длина свободного пробега Λ равна (кинематическая вязкость равна $\nu = c\Lambda/3$).

$$\Lambda = \frac{3\hbar}{m_e c} = 10^{-10}\,\text{cm},$$

что позволяет оценить размер частиц b, из которых состоит вакуум при длине свободного пробега $\Lambda = 10^{-10}$ cm. Используется для скорости движения возмущения скорость звука, она равна скорости движения частиц, из которых состоит вакуум. Вакуум состоит из электрон-позитронных пар, или позитрония.

Переход из позитрония в два гамма кванта определяется энергией этой частицы. При этом аннигилирующие электрон и позитрон находятся в S состоянии, следовательно, их момент равен спину, и значит, принимает значения либо ноль, либо единица. При этом момент двух фотонов не может иметь значение единица, и следовательно гамма кванты имеют момент и спин нулевой. Если энергия этой частицы больше $2m_e c^2$, то это позитроний с кинетической энергией. При уменьшении энергии этой частицы, удовлетворяющей неравенству $E_0 < m_e c^2$, эта частица обретает свойства гамма кванта с бесконечно малой массой и нулевым спином. Два фотона не могут иметь спин, равный единице.

Источником массы электрона или позитрона является его электрическая энергия, равная $m_e c^2 = e^2/r_e$. По мере уменьшения потенциальной энергии этой частицы, позитрония или гамма кванта, электрон и позитрон сближаются на расстояние меньше их радиуса r_e, компенсируя заряды, образуя диполь. По порядку величины, эту связь можно записать в виде $m_\gamma c^2 = e^2 l / r_e^2$. Энергия этого диполя в гамма кванте определяется по формуле

$$m_\gamma c^2 = eU_\gamma = 2e^2\left(\frac{1}{r_{e+}} - \frac{1}{r_{e-}}\right) = 2e^2\frac{r_{e-} - r_{e+}}{r_{e-} r_{e+}} = e^2\frac{2l}{r_e^2}.$$

При этом волновые функции зарядов пересекаются, но между их центрами есть расстояние l. При рассмотрении взаимодействия положительного заряда с диполем, который становится отрицателен, и притягивается к положительному заряду и имеем неравенство $r_{e-} > r_{e+}$, т.е. величина энергии положительна. При взаимодействии с отрицательным зарядом, диполь становится положителен, приближается к отрицательному заряду, и значит, имеем неравенство $r_{e+} > r_{e-}$. При этом энергия диполя всегда положительна и ее необходимо удвоить, так как имеется взаимодействие положительного и отрицательного заряда с диполем.

Статическая электрическая энергия у электрона и позитрона определяет их массу покоя по формуле $m_e = e^2/(r_e c^2)$. Аналогично можно сказать, что эта потенциальная статическая энергия определяет массу покоя гамма кванта или позитрония по формуле $m_\gamma = e^2 l/(c^2 r_e^2)$, где величину l предстоит вычислить. Гамма квант имеет бесконечно малую массу покоя, определяемую его малой потенциальной статической электрической энергией, соответствующую энергии электрона и позитрона за счет компенсации зарядов. Чтобы гамма квант имел большую энергию, гамма квант должен двигаться со скоростью близкой к скорости света, но не равной ей, так как имеет очень маленькую массу покоя. Но гамма-квант может двигаться с малой скоростью, при этом его энергия мала. Поэтому говорить о массе покоя гамма кванта надо с большой осторожностью. Покой гамма кванта возможен при энергии $\hbar\omega_\gamma = m_\gamma c^2$. Подставляя в это равенство, вычисленную в дальнейшем массу гамма кванта, получим значение частоты покоя гамма кванта, равное $\omega_\gamma = 10^{-64+21+27} = 10^{-16}/\mathrm{sec}, \lambda = 1.8 \cdot 10^{27}\,\mathrm{cm}$, при огромной длине волны. Эта величина длины волны соответствует стационарному полю, которое действительно неподвижно. При этом статический потенциал Юкавы виртуального диполя фотона, имеющего массу m_γ, равен

$$U = \frac{e^2 l}{r^2}\exp\left(-\frac{r}{\hbar/m_\gamma c}\right) = \frac{e^2 l}{r^2}\exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right).$$

В силу большой длины волны этот потенциал экспоненциально практически не спадает, но поле этого потенциала уменьшается по закону обратных квадратов, значит, расположено близко от частицы в силу малости l.

Сечение образования электрона и позитрона из двух гамма квантов в системе центра инерции при скорости компонент электрона и позитрона V, равно

$$\sigma = \frac{\pi r_e^2}{2}(1 - V^2/c^2)\left[(3 - V^2/c^2)\ln\frac{1+V/c}{1-V/c} - 2\frac{V}{c}(2 - V^2/c^2)\right] = \frac{\pi r_e^2}{2}F(V/c).$$

При переходе к произвольной системе отсчета, величина скорости V определяется по формуле (2.3), где ω_1, ω_2 частоты летящих друг на друга фотонов

$$V/c = \sqrt{1 - \frac{m_e^2 c^4}{\hbar^2 \omega_1 \omega_2}}. \qquad (2.3)$$

обе формулы взяты из книги [3], задача к §88. Т.е. гамма квант может распасться на электрон и позитрон, в случае квадрата энергии обоих квантов, больше энергии покоя электрона или позитрона $\hbar^2\omega_1\omega_2 > m_e^2 c^4$.

Для связи длины свободного пробега Λ с концентрацией n и сечением частиц σ справедлива формула

$$n\sigma = \frac{1}{4\sqrt{2}\Lambda},$$

Откуда получаем формулу для концентрации гамма квантов в вакууме или в эфире при отсутствии гравитационного поля

$$n = \frac{1}{4\sqrt{2}\sigma\Lambda} = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi r_e^2 \Lambda F(V/c)} = \frac{1.1 \cdot 10^{35}}{F(V/c)}\,\mathrm{cm}^{-3}. \qquad (2.4)$$

откуда потенциальная энергия гамма кванта, определяющая плотность или среднюю энергию вакуума, равна

$$eU_\gamma = \rho_0 c^2/n = 10^{-29+21-35}F(V/c) = 10^{-43}F(V/c)\mathrm{erg}.$$

Отметим, что энергия этого гамма кванта значительно меньше энергии гамма кванта реликтового излучения, которая равна $kT = 6 \cdot 10^{-16}\,\mathrm{erg}$, а плотность энергии $\varepsilon = nkT = 2.4 \cdot 10^{-13}\,\mathrm{erg/cm^3}$, что гораздо меньше, чем плотность энергии вакуума $10^{-8}\,\mathrm{erg/cm^3}$. Но в силу того, что кванты вакуума-эфира имеют огромную длину волны обнаружить их невозможно. Реликтовое излучение обнаружить можно, так как его длина волны сравнительно мала.

При этом можно определить величину размера диполя, образующего гамма квант и значит определить массу гамма кванта

$$m_\gamma c^2 = 2e^2 l / r_e^2 = 10^{-43} F(V/c)$$

Масса гамма кванта будет порядка величины $m_\gamma = 0.5 \cdot 10^{-64} F(V/c) g \sim 10^{-64} g$, что гораздо меньше пределов погрешности измерения массы гамма кванта. Размер диполя равен $l = 10^{-43-26+20} 6^2 / (2 \cdot 4.8^2) \sim 10^{-49}\,\mathrm{cm}$. Т.е. положительный и отрицательный заряд гамма кванта почти объединены, поэтому масса этой частицы очень мала. При этом характерный размер частицы, это расстояние между центрами электрона и позитрона, пересекающаяся часть электрона и позитрона компенсируются. Плотность гамма кванта равна $\rho_\gamma = m_\gamma / (l \pi r_e^2) = 10^{-64+49+26} / (25 \cdot \pi) = 1.27 \cdot 10^9\,\mathrm{g/cm^3}$, где радиус электрона равен $r_e = 2e^2 / m_e c^2 = 5 \cdot 10^{-13}\,\mathrm{cm}$. эта плотность сравнима с плотностью элементарных частиц. Так для электрона имеем плотность равную $3m_e / 4\pi r_e^3 = 0.9^4 \cdot 10^{-27+39} 3/(4 \cdot \pi \cdot 125)\mathrm{g/cm^3} = 1.1 \cdot 10^9\,\mathrm{g/cm^3}$, т.е. электрон и гамма кванты сделаны из близких по плотности материалов, причем во много раз превосходящих плотность вакуума-эфира.

При этом справедливо соотношение $E_\gamma^2 = k^2 \hbar^2 c^2 + m_\gamma^2 c^4 \cong \hbar^2 \omega_\gamma^2$ в силу малой массы гамма кванта, при высоких частотах ω_γ. Максимум функции $F(V/c)$ достигается приближенно при величине $V/c = \sqrt{\dfrac{7-\sqrt{19}}{6}} = 0.66$. При этом справедливо $\max F(0.66) = 1.13$.

Наличие массы покоя у фотона вызывает следующий вопрос. Почему фотон не притягивается к центру планет и сильно не искривляется траектория фотонов в гравитационном поле. По той же причине, что и распространение звуковых или ударных волн в атмосфере происходит по прямой линии.

Для частиц вакуума, как для всякого газа находящего в поле тяжести, справедлива барометрическая формула

$$\Delta p = \Delta p_0 \exp[-\frac{mgr_0}{kT}(1 - \frac{r_0}{r_0 + x})].$$

где величина m масса частиц атмосферы, r_0 радиус Земли, $g = 980 cm/\sec^2$, $kT = mc^2/2$, это средняя кинетическая энергия частицы, двигающейся со средней скоростью c, x расстояние вдоль радиуса, относительно радиуса Земли, $\Delta p_0, \Delta p$ давление на поверхности Земли и на расстоянии x от поверхности Земли. При этом величина изменения давления относительно отрицательного давления вакуума частиц вакуума в гравитационном поле, равна в силу справедливости (3)

$$\Delta p_0 = \Delta n mc^2 / 2 = nmc^2 / 2 = 0.5 \cdot 10^{35-64+21} = 0.5 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{dyn/cm^2} = 0.5 \cdot 10^{-13}\,\mathrm{N/cm^2}$$

Эту формулу для концентрации частиц вакуума, учитывая $\Delta p = \Delta nkT$ можно переписать в виде

$$\Delta n = \Delta n_0 \exp[-\frac{2gr_0}{c^2}(1 - \frac{r_0}{r_0 + x})].$$

При этом имеем формулу для концентрации частиц вакуума на поверхности планеты радиуса r_0, где ускорение силы тяжести на поверхности планеты, равно g

$$\Delta n_0 = n\exp(\frac{2gr_0}{c^2}) = n\exp(\frac{2\gamma M}{r_0 c^2}) = n\exp(\frac{r_g}{r_0}). \qquad (2.5)$$

где величина n определяется по формуле (2.4), а величина r_g, это гравитационный радиус планеты, т.е. плотность энергии гамма квантов по мере приближения к планетам почти не меняется. При приближении к черной дыре плотность гамма квантов увеличивается в e раз.

Возникает вопрос, как меняется плотность гамма квантов в материальных телах. Эффективная действующая на гамма квант величина массы равна Mr^3/r_0^3, следовательно, формула плотности гамма квантов приобретает вид

$$\Delta n = \Delta n_0 \exp[-\frac{2\gamma Mr^3}{r_0^4 c^2}(1 - \frac{r_0}{r})] = \Delta n_0 \exp[\frac{r_g r^3}{r_0^4}(\frac{r_0}{r} - 1)], r < r_0.$$

значит, плотность гамма квантов имеет максимум при условии $r = 2r_0/3$, что может сказаться на распространении радиоволн внутри планет.

3. Комплексная скорость распространения

Трехмерную скорость потока можно представить в виде

$$V_l = V_{\tau l} + iV_{nl} = V_l \exp(i\varphi_l), \varphi_l = \arg(V_{\tau l} + iV_{nl}).$$

Причем скорости определяются в виде интеграла от касательного и нормального ускорения, по формуле

$$V_{\tau l} = \int_{t_0}^{t} t_l(u)w_\tau(u)du + V_{\tau l}(t_0) = \int_{t_0}^{t} t_l(u)\frac{d\sqrt{\sum_{k=1}^{3} V_k(u)V_k^*(u)}}{du}du + V_{\tau l}(t_0) =$$

$$= \int_{t_0}^{t} t_l(u)\frac{d\sqrt{\sum_{k=1}^{3}[V_{\tau k}^2(u) + V_{nk}^2(u)]}}{du}du + V_{\tau l}(t_0),$$

$$V_{nl} = \int_{t_0}^{t} w_{nl}(u)du = \int_{t_0}^{t} \frac{n_l(u)\sum_{k=1}^{3} V_k(u)V_k^*(u)}{\rho(u)}du = \int_{t_0}^{t} \frac{n_l(u)\sum_{k=1}^{3}[V_{\tau k}^2(u) + V_{nk}^2(u)]}{\rho(u)}du$$

Отметим, что тангенциальное ускорение и нормальное ускорение образуют скорость, которая направлена по касательной к траектории частицы. При этом тангенциальное ускорение определяется изменением величины скорости, а нормальное ускорение определяется изменением направления скорости. Величины t_l, n_l это тангенциальные и нормальные орты. Тангенциальное ускорение определяется по формуле $w_\tau = d\sqrt{\sum_{k=1}^{3} V_k(t)V_k^*(t)}/dt = d\sqrt{\sum_{k=1}^{3}[V_{\tau k}^2(t) + V_{nk}^2(t)]}/dt$.

Направление скоростей $V_{\tau l}, V_{nl}$ ортогонально и их сумма приводит к поступательному движению. При этом l компонента декартовой скорости определяется по формуле $V_{nl} + V_{\tau l}$. Дифференцируемые по времени компоненты этих проекций определяют тангенциальное и нормальное ускорение. При этом эти две величины ортогональны $\sum_{l=1}^{3} V_{nl}V_{\tau l} = 0$, так как подынтегральные компоненты ортогональны в любой точке отрезка интегрирования. В самом деле, допустим сумма ортогональна до определенного момента времени. Докажем, что и в следующий момент времени она тоже ортогональна

$$(\int_0^t w_{nl}dt + \Delta V_{nl})(\int_0^t w_{\tau l}dt + \Delta V_{\tau l}) =$$

$$= \int_0^t w_{nl}dt \int_0^t w_{\tau l}dt + \int_0^t w_{nl}dt\Delta V_{\tau l} + \int_0^t w_{\tau l}dt\Delta V_{nl} + \Delta V_{nl}\Delta V_{\tau l}$$

При этом первый и последний члены ортогональны. Докажем что сумма второго и третьего члена равна нулю, для чего представим их в виде

$$\Delta(\int_0^t w_{nl}dt \int_0^t w_{\tau l}dt) = 0\,.$$

При этом суммарная скорость движения определяется по действительной и мнимой части скорости.

При этом определить действительную скорость по комплексной скорости движения нужно из равенства

$$\sum_{k=1}^{3} V_k(t)V_k^*(t) = \sum_{k=1}^{3} [V_{\tau k}^2(t) + V_{nk}^2(t)]\,.$$

Для определения действительной декартовой скорости по комплексной скорости имеем значение тангенциального и нормального ускорения в каждой точке траектории используя значение модуля комплексной скорости. Зная, что они ортогональны, и зная начальную скорость потока, можно определить скорость в любой точке пространства. При этом направления тангенциального и нормального ускорения t_l, n_l, определяются из значения в текущий момент времени.

Как же определить действительную скорость потока, не интегрируя с начального момента времени. Для этого необходимо через значения трехмерной действительной и мнимой части провести плоскость. В этой плоскости найти направление суммы действительной и мнимой части, которое будет являться касательным к траектории движения. Отложить мнимую часть скорости ортогонально действительной части, просуммировать эти две части и выбрать направление суммы, совпадающим с касательной скоростью. При таком определении скорости потока сохранится равенство модулей скоростей.

Покажем, что в случае комплексного решения его действительная часть соответствует потенциальной части решения, а мнимая часть образует соленоидальную часть решения. Ротор меняет знак при переходе из правой декартовой системы координат в левую. Это можно доказать расписав определение ротора в декартовой системе координат и поменяв знак в одном столбце у оператора дифференцирования и этой же компоненте вектора.

$$\mathrm{rot}_l\mathbf{V} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_1} & -\dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} \\ V_1 & -V_2 & V_3 \end{vmatrix} = -\begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} \\ V_1 & V_2 & V_3 \end{vmatrix} = -\mathrm{rot}_r\mathbf{V}$$

индекс r соответствует правой системе координат, индекс l левой. При этом дивергенция знак не меняет. Распишем величину комплексного вектора в виде

$$\mathbf{V} = (\mathbf{V} + \mathbf{V}^*)/2 + (\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2,$$

и подействуем оператором дивергенция на обе части равенства

$$\mathrm{div}_r \mathbf{V} = \mathrm{div}_r (\mathbf{V} + \mathbf{V}^*)/2 + \mathrm{div}_r (\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2.$$

Перейдем в комплексно сопряженное пространство и в плоскости векторов $\mathbf{V}_0, \mathbf{V}_\omega$ возьмем левую дивергенцию. При этом имеем соотношение $\mathrm{div}_r \mathbf{V} = \mathrm{div}_l \mathbf{V}^*$. Так как при этом в плоскости $\mathbf{V}_0, \mathbf{V}_\omega$ действительная часть не изменит знака, а мнимая часть изменит знак, получим

$$\mathrm{div}_r \mathbf{V} = \mathrm{div}_l \mathbf{V}^* = \mathrm{div}_r (\mathbf{V} + \mathbf{V}^*)/2 - \mathrm{div}_r (\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2,$$

Откуда получаем $\mathrm{div}(\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2 = 0$, и значит, $(\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2 = i \cdot \mathrm{rot}\mathbf{A}$, т.е. мнимая часть комплексного вектора соленоидальная.

Аналогично расписываем вектор, подействовав оператором ротор

$$\mathrm{rot}_r \mathbf{V} = \mathrm{rot}_r (\mathbf{V} + \mathbf{V}^*)/2 + \mathrm{rot}_r (\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2,$$

но при этом величину вектора представим в виде $\mathbf{V} = \mathbf{V}_0 + \dfrac{\partial \mathbf{A}}{c\partial t}$, где величина $\mathbf{A}$ действительна, а скорость c это скорость возмущения в среде. Перейдем в комплексно сопряженное пространство и в плоскости векторов $\mathrm{Re}\mathbf{V}, \mathrm{Im}\mathbf{V}$ возьмем левый ротор, получим соотношение $\mathrm{rot}_r \mathbf{V} = \mathrm{rot}_l \mathbf{V}^*$. При этом направление мнимой компоненты совпадает с направлением оси, у которой меняем знак. Так как при этом действительная часть изменит знак, а мнимая часть нет, ($\mathrm{rot}_l = -\mathrm{rot}_r$ и взята комплексно сопряженная часть), имеем

$$\begin{aligned} \mathrm{rot}_l \mathbf{V}^* &= \mathrm{rot}_l (\mathbf{V} + \mathbf{V}^*)/2 - \mathrm{rot}_l (\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2 = \\ &= -\mathrm{rot}_r (\mathbf{V} + \mathbf{V}^*)/2 + \mathrm{rot}_r (\mathbf{V} - \mathbf{V}^*)/2 \end{aligned}$$

т.е. получим $\mathrm{rot}_r (\mathbf{V} + \mathbf{V}^*) = 0$. Это соотношение эквивалентно $(\mathbf{V} + \mathbf{V}^*)/2 = -\mathrm{grad}\varphi$. Итак, имеем

$$\begin{aligned} \mathbf{V} + \frac{\partial \mathbf{A}}{c\partial t} &= -\mathrm{grad}\varphi + i \cdot \mathrm{rot}\mathbf{A} \\ \mathbf{V}^* + \frac{\partial \mathbf{A}}{c\partial t} &= -\mathrm{grad}\varphi - i \cdot \mathrm{rot}\mathbf{A} \end{aligned}.$$

Из этого равенства имеем

$$\begin{aligned} \mathbf{V} &= -\mathrm{grad}\varphi - \frac{\partial \mathbf{A}}{c\partial t} + i \cdot \mathrm{rot}\mathbf{A} \\ \mathbf{V}^* &= -\mathrm{grad}\varphi - \frac{\partial \mathbf{A}}{c\partial t} - i \cdot \mathrm{rot}\mathbf{A} \end{aligned}. \qquad (3.1)$$

откуда имеем соотношение для действительной и мнимой части вектора, или для действительной напряженности электрического и магнитного поля

$$\operatorname{Re}\mathbf{V} = \mathbf{E} = -\operatorname{grad}\varphi - \frac{\partial \mathbf{A}}{c\partial t}\,.$$
$$\operatorname{Im}\mathbf{V} = \mathbf{H} = \operatorname{rot}\mathbf{A}$$

При этом в случае вектора скорости получено для жидкости, которая имеет скорость вида (1.1), где вращательная часть скорости соответствует мнимой компоненте скорости см. [5]

$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_0 + i[\mathbf{w},\mathbf{r}], \mathbf{w} = \operatorname{rot}\mathbf{V}/2\,.$$

При этом вращательную часть скорости можно представить как ротор некоторого вектора, т.е. в виде (1)

$$i[\mathbf{w},\mathbf{r}] = \mathrm{V_r}\operatorname{rot}\mathbf{r} = \mathrm{V_r}\operatorname{rot}\mathbf{r}_0\exp[i(\mathbf{kr}-\omega t)] = i\mathrm{V_r}[\mathbf{k},\mathbf{r}_0]\exp[i(\mathbf{kr}-\omega t)] = i\mathrm{V_r}[\mathbf{k},\mathbf{r}]\,.$$

Где величина $\mathrm{V_r}$ это размерный коэффициент вращательного движения, а величина $\mathbf{r} = \mathbf{r}_0\exp[i(\mathbf{kr}-\omega t)]$ соответствует амплитуде распространяющейся волне.

Введем комплексный вектор из инвариантов поля $F^2 = E^2 - H^2 - 2i(\mathbf{E},\mathbf{H}), \mathbf{F} = \mathbf{E} - \mathbf{iH}$ см. [4]. Относительно этого вектора запишем уравнение Максвелла $\operatorname{rot}\mathbf{F} = i\frac{\partial \mathbf{F}}{c\partial t} + \frac{4\pi i\mathbf{j}}{c}, \operatorname{div}\mathbf{F} = 4\pi\rho$. Взяв ротор от обеих частей первого равенства, получим

$$\operatorname{rotrot}\mathbf{F} = -\frac{\partial^2\mathbf{F}}{c^2\partial t^2} - \frac{4\pi}{c^2}\frac{\partial \mathbf{j}}{\partial t} - \frac{4\pi i}{c}\operatorname{rot}\mathbf{j},$$
$$-\Delta\mathbf{F} + \operatorname{graddiv}\mathbf{F} = -\frac{\partial^2\mathbf{F}}{c^2\partial t^2} - \frac{4\pi i}{c}\operatorname{rot}\mathbf{j} - \frac{4\pi}{c^2}\frac{\partial \mathbf{j}}{\partial t}\,.$$

откуда получаем

$$\Delta\mathbf{F} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathbf{F}}{\partial t^2} = 4\pi(\operatorname{grad}\rho + \frac{1}{c^2}\frac{\partial \mathbf{j}}{\partial t} + i\operatorname{rot}\mathbf{j}/c) = 4\pi e\mathbf{U}/(ca^4),$$
$$e\mathbf{U}/(ca^4) = \operatorname{grad}\rho + \frac{1}{c^2}\frac{\partial\rho\mathbf{V}}{\partial t} + i\operatorname{rot}[\mathbf{V}\rho/c]\,.$$

Действительная часть величины $\mathbf{U}$ состоит из градиента функции, ускорения электронов плюс вектор скорости электрона, умноженный на коэффициент $\frac{\partial\mathbf{V}}{\partial t}\frac{\rho}{c^2} + \mathbf{V}\frac{\partial\rho}{c^2\partial t}$. Мнимая часть состоит из вектора угловой скорости $\mathbf{w} = \operatorname{rot}\mathbf{V}/2$ (см. [5]), плюс величина векторного произведения скорости частиц на градиент плотности $2\mathbf{w}\frac{\rho}{c} + i[\mathbf{V},\frac{\operatorname{grad}\rho}{\mathrm{c}}]$, как действительной, так и мнимой.

Комплексная скорость определяется $\mathbf{U}/c = \operatorname{grad}\varphi + \frac{\partial\mathbf{A}}{c\partial t} + i\operatorname{rot}\mathbf{A}$.

В безразмерном виде, это уравнение запишется как

$$\Delta\mathbf{G} - \frac{\partial^2\mathbf{G}}{\partial(y^0)^2} = 4\pi\mathbf{U}/c, y^k = x^k/a, \mathbf{G} = \mathbf{F}a^2/e\,.$$

При этом решение этого уравнения

$$\mathbf{G} = \frac{-\mathbf{U}a}{c[R - (\mathbf{U},\mathbf{R})/c]}\,. \qquad (3.2)$$

Причем это уравнение надо использовать с учетом запаздывания. Это соотношение определяет связь между комплексной вращательной скоростью частицы, ускорением частицы, образующей поле с его электрической и магнитной напряженностью. Так как комплексная скорость описывает вращательный и поступательный процесс, напряженность поля пропорциональна комплексной скорости.

При этом следствие из уравнений Максвелла должно иметь вид

$$\Delta\mathbf{F} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathbf{F}}{\partial t^2} = 4\pi e\mathbf{U}/(ca^4) = 4\pi(\mathrm{grad}\rho + \frac{\partial\mathbf{j}}{c^2\partial t} + i\,\mathrm{rot}\mathbf{j}/c),$$

$$e\mathbf{U}/(ca^4) = \mathrm{grad}\rho + \frac{\partial\rho\mathbf{V}}{c^2\partial t} + i\,\mathrm{rot}[\mathbf{V}\rho/c]$$

Так как вектор напряженностей представляет тензор второго порядка, значит и комплексная скорость является тензором второго порядка

$$\|U_{ik}\| = \begin{Vmatrix} 0 & \mathrm{Re}U_x & \mathrm{Re}U_y & \mathrm{Re}U_z \\ -\mathrm{Re}U_x & 0 & -\mathrm{Im}U_z & \mathrm{Im}U_y \\ -\mathrm{Re}U_y & \mathrm{Im}U_z & 0 & -\mathrm{Im}U_x \\ -\mathrm{Re}U_z & -\mathrm{Im}U_y & \mathrm{Im}U_x & 0 \end{Vmatrix} =$$

$$= \begin{Vmatrix} 0 & -\frac{\partial\varphi}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial ct} & -\frac{\partial\varphi}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial ct} & -\frac{\partial\varphi}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial ct} \\ \frac{\partial A_x}{\partial ct} + \frac{\partial\varphi}{\partial x} & 0 & -(\frac{\partial A_x}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial x}) & \frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \\ \frac{\partial A_y}{\partial ct} + \frac{\partial\varphi}{\partial y} & \frac{\partial A_x}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial x} & 0 & -(\frac{\partial A_y}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial y}) \\ \frac{\partial A_z}{\partial ct} + \frac{\partial\varphi}{\partial z} & -(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}) & \frac{\partial A_y}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial y} & 0 \end{Vmatrix}.$$

При этом для тензора электромагнитного поля, имеем следующую формулу

$$\|F_{ik}\| = \begin{Vmatrix} 0 & E_x & E_y & E_z \\ -E_x & 0 & -H_z & H_y \\ -E_y & H_z & 0 & -H_x \\ -E_z & -H_y & H_x & 0 \end{Vmatrix}.$$

Значит, волновое уравнение можно переписать в тензорном виде

$$\Delta F_{ik} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 F_{ik}}{\partial t^2} = 4\pi e U_{ik}/(ca^4). \qquad (3.3)$$

Движение электронов U_{ik} вызывает аналогичное действие частиц вакуума. У них изменяется продольная скорость, и они вращаются.

4. Вычисление метрического интервала общей теории относительности

Определим модуль комплексной скорости малого объема частиц вакуума, вращающихся с мнимой скоростью $ic_{s\alpha}, s = 1,...,3$, α номер частицы, добавленной к переменной скорости этих частиц $V_{s\alpha}(t, x_p)$, умноженной на dt^2. Скорость вращения частиц вакуума имеет большой радиус и большую скорость. Вращение с большой скоростью связано с мнимой вязкостью частицы. Оценим радиус вращения кванта света. Мнимая скорость вращения равна скорости света

$$\omega_\gamma R = c.$$

откуда находим радиус вращения квантов света

$$R = \frac{c}{\omega_\gamma} = 3\cdot 10^{10}/10^{-16} = 3\cdot 10^{26}\,\mathrm{cm}.$$

Этот радиус является свойством электромагнитной волны и при других частотах, и связан с массой гамма квантов. Вселенная характеризуется масштабом $1.2\cdot 10^{28}\mathrm{cm}$, см. [1]. Радиус электромагнитной волны обеспечивает почти прямолинейное распространение света как вновь образовавшегося, так и существующего во Вселенной. Каково же положение центра радиуса кривизны у вновь образовавшегося света. Так как интерферирующий свет распространяется прямолинейно, то центры кривизны лежат в плоскости ортогональной линии распространения и образуют окружность огромного радиуса. При этом электромагнитная волна вращаясь с большим радиусом расходится, образуя все большую площадь, ортогональную линии распространения. Это дополнительная расходимость, не связанная с размерами излучателя и длиной волны.

Вводя параметр g_{kl}, получим инвариантную в четырехмерном пространстве величину. Считаем, что скорости частиц вакуума равномерно распределены в малом объеме

$$ds^2 = \sum_{\alpha,\beta=-N}^{N}\sum_{s=1}^{3} (V_{s\alpha} + ic_{s\beta})^2 dt^2 /(2N)^2 =$$

$$= \sum_{k,l=1}^{3} g_{kl} dx^k dx^l + \sum_{\alpha,\beta=-N}^{N}\sum_{s=1}^{3} [2\frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial x_k} ic_{s\beta} + \frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial x^k}\frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial t}] dx^k dt /(2N)^2 -$$

$$- \sum_{\alpha,\beta=-N}^{N}\sum_{s=1}^{3} [c_{s\beta}^2 - 2\frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial t} ic_{\beta}^{s} - (\frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial t})^2] dt^2 /(2N)^2 =$$

$$= \sum_{k,l=1}^{3} g_{kl} dx^k dx^l + \sum_{k=1}^{3} g_{k0} dx^k cdt - g_{00} c^2 dt^2$$

т.е. получаем формулу инвариантного интервала общей теории относительности. Величина g_{kl} равна

$$g_{kl} = \sum_{\alpha=-N}^{N}\sum_{s=1}^{3} \frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial x^k}\frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial x^l} /(2N),$$

$$g_{k0} = \sum_{\alpha=-N}^{N}\sum_{s=1}^{3} \frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial x^k}\frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial t} /(2Nc),$$

при этом коэффициент при временной компоненте метрического тензора равен

$$g_{00} = \sum_{\beta=-N}^{N}\sum_{s=1}^{3} c_{s\beta}^2 /(2Nc^2) - \sum_{\alpha=-N}^{N}\sum_{s=1}^{3} (\frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial t})^2 /(2Nc^2) .$$

При этом воспользовались соотношением $\sum_{\alpha=-N}^{N} \frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial x^k} = 0, \sum_{\alpha=-N}^{N} \frac{\partial V_{s\alpha}}{\partial t} = 0$. Причем среднее от квадратов случайной величины равно квадрату среднего плюс дисперсия. Значит, величина g_{00} может оказаться больше единицы при большой дисперсии мнимой скорости частиц вакуума.

Получается, что, изучая метрический тензор макромира, можно определить переменную часть скорости движения частиц вакуума относительно инерционной системы координат.

При этом скорость движения $V_s(t, x_p)$, это скорость движения частицы по искривленному пространству по инерции, не используя двигающую силу (например, реактивный двигатель). Материальные тела, состоящие из множества частиц, препятствуют движению частиц вакуума, и значит, метрический тензор общей теории относительности внутри материальных тел становится изрезанным. Внутри макротела действует сильное, слабое и электромагнитное поле, которые меняют скорость частиц вакуума, и значит, искажают метрический тензор.

Какова бы ни была поступательная действительная скорость инерционной системы координат, значение метрического тензора от поступательной действительной скорости системы координат не зависит. Т.е. метрический тензор не зависит от действительной скорости инерционной системы координат и значит, скорость света от скорости движения инерционной системы координат не зависит. Из формулы для метрического тензора понятно, откуда взялось четвертое измерение, время, вдоль которого мы движемся с постоянной скоростью света. Это просто независимая среднеквадратичная скорость вращения, которая выглядит как движение вдоль независимой координаты.

При этом для величины скорости ударной волны имеем следующую формулу

$$U_l^2 = V_l^2 \frac{p_2 - p_1}{V_1 - V_2} = \frac{dx_l^2}{dm_0(dx_1 - dx_2)}\left(\frac{\partial H}{\partial x_1} - \frac{\partial H}{\partial x_2}\right) =$$
$$= \frac{dx_l'^2}{dm_0(dx_1' - dx_2')}\left(\frac{\partial H'}{\partial x_1'} - \frac{\partial H'}{\partial x_2'}\right)$$

Величина скорости ударной волны при растяжении координаты при одинаковом времени t', является инвариантом системы координат в силу одинаковой степени, в которой входит величина координаты в числитель и знаменатель дроби, и инвариантности величины $H = H' + const$, которая является первым интегралом стационарного движения и определяется с точностью до константы.

Можно по-другому истолковать постоянство скорости света в разных инерционных системах координат. Заключим мысленно Вселенную в сосуд. Тогда при движении сосуда с постоянной скоростью, скорость возмущения или скорость звука, равная скорости света величина постоянная, не зависящая от постоянной скорости сосуда.

При этом, записывая уравнение движения элементарных частиц при малых скоростях, получим

$$\rho_b S r_e \frac{dV}{dt} = -\rho_l V^2 S .$$

Величина S это сечение элементарной частицы, r_e это ее характерный размер, ρ_b, ρ_l плотность тела и среды, вакуума эфира. При этом уменьшенная за счет торможения в вакууме-эфире скорость частицы равна

$$V = \frac{1}{\frac{1}{V_0} + \frac{\rho_l t}{\rho_b r_e}} .$$

В релятивистском случае эта формула существенно не изменится. Для существенного изменения скорости частицы должно пройти время, минимальное значение которого определяется при минимальном размере частицы и максимальной скорости. Минимальное время существенного изменения скорости для частицы массой m_b составляет $t = \frac{\rho_b r_b}{\rho_l V_0} = \frac{3 m_b^3 c^4}{8\pi e^4 \rho_l V_0}$. Для электрона эта величина равна $t_e = \frac{r_e}{V_0} 1.1 \cdot 10^{38} \sec = \frac{5.1 \cdot 10^{-13}}{3 \cdot 10^{10}} 1.1 / 0.9 \cdot 10^{38} \sec = 2.4 \cdot 10^{15} \sec$ при времени существования Вселенной $4.2 \cdot 10^{17} \sec$. Если электрон имел скорость $V_0 = c/200$, то за время существования Вселенной, его скорость изменится до величины $V = c/400$. При большей начальной скорости электрона, например $V_0 = c/40$, причем эта скорость соответствует истинной не экранированной физическим вакуумом скорости электрона и является скоростью электрона в момент его образования.

Тогда его скорость в результате торможения в течении существования Вселенной будет равна величине $\frac{1}{40/c+3\cdot 4.2\cdot 10^{17-38+13+10}/5.1\cdot 1.2c}=c/130$ при точности вычисления 10%. т.е. получается, что скорость вращения электрона в ядре атома уменьшается по мере развития Вселенной и на данный момент имеем значение постоянной тонкой структуры электромагнитного поля равной $e^2/(c\hbar)=1/137$. Для более тяжелых частиц, их плотность значительно больше и время существенного изменения скорости гораздо больше времени существования Вселенной.

При этом, величина скорости света, как математическое отклонение может иметь два знака, положительный и отрицательный. Т.е. возможны части пространства, в которых скорость света отрицательна и убывает. Возможно, античастицы двигаются в обратном направлении и для них справедливо убывание времени.

Список литературы

1. *Д.С.Горбунов, В.А.Рубаков* Введение в теорию ранней Вселенной, М.:- издательство ЛКИ, 2008г., 544с.
2. *А.Д. Чернин* Темная энергия и всемирное антитяготение, УФН, **178**, №3, с.267, 2008г.
3. *В.Б.Берестецкий, Е.М.Лифшиц, Л.П.Питаевский* Квантовая электродинамика, т.IV, М.,- «Наука»,1989г., 727с.
4. *Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц* Теория поля т.II, М.: Наука, 1973г.,504с
5. *Кочин Н.Е, Кибель И.А., Розе И.В.* Теоретическая гидромеханика М.:,ч.I, Государственное Издательство Физико-математической литературы, 1963г, 585с