DOI: 10.22363/2224-7580-2020-3-82-93

О ВОЗМОЖНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ НЕЛИНЕЙНЫХ СПИНОРНЫХ ПОЛЕЙ В МЕГА-, МАКРО- И МИКРОМИРЕ

В.Г. Кречет

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
Российская Федерация, 127055, Москва, Вадковский переулок, 3А

Аннотация. В данной статье в рамках ОТО рассматривается возможное воздействие гравитационного взаимодействия дираковских нелинейных спинорных полей на эволюцию Вселенной, формирование астрофизических объектов и формирование геометрии локального пространства-времени элементарных частиц со спином $\hbar/2$.

Ключевые слова: общая теория относительности, нелинейные спинорные поля, эволюция Вселенной, астрофизические объекты.

Как известно, весь материальный Мир в силу метафизических закономерностей разделяется на три масштабных уровня, качественно отличных друг от друга. Первый – это микромир, мир объектов малых масштабов, то есть элементарных частиц, атомов и молекул. Второй – мир больших масштабов (макромир), мир планет, звёзд и многих других астрофизических объектов. И третий – мегамир, то есть вся Вселенная с галактиками, квазарами, скоплениями галактик и другими космологическими объектами.

На всех этих трёх масштабных уровнях мы рассматриваем возможное влияние гравитационного взаимодействия дираковских спинорных полей на эволюцию Вселенной, формирование астрофизических объектов и свойства локального пространства-времени элементарных частиц.

Начнём с рассмотрения возможной роли самогравитирующего нелинейного спинорного поля в эволюции Вселенной.

Во введении к этой теме необходимо сначала очень кратко представить современные представления о происхождении и эволюции Вселенной.

В настоящее время в космологической науке в проблеме о происхождении и эволюции Вселенной утвердилась так называемая теория «Большого Взрыва» – о взрывном возникновении Вселенной около 14 миллиардов лет тому назад из сингулярности (или же иногда уточняют – из пространственно-временной пены, представляющей собой квантовые флуктуации геометрии пространства-времени), за невообразимо короткое время около 10^{-43} с, сразу в состоянии непрерывного расширения [1].

Это был период рождения классического пространства-времени. В это время температура T и плотность вещества ρ достигли планковских значений

($T_{Pl} \sim 10^{32}$ К, $\rho_{Pl} \sim 10^{93}$ г/см^3), которые в процессе расширения Вселенной непрерывно уменьшались.

Через 10^{-42} с, после рождения классического пространства-времени, Вселенная, в соответствии с теорией Большого Взрыва, вступила в стадию инфляции, происходившую в период времени 10^{-42}–10^{-36} с от Начала, в конце которой образовалась горячая плазма, состоящая из элементарных частиц с температурой около 10^{29} К, то есть образовалась обычная материя.

Здесь следует добавить, что за время инфляции объём Вселенной увеличивается на много порядков (в некоторых космологических моделях, например, в 10^{10^3} раз). Из-за действия сил отталкивания Вселенная «разгоняется» и приобретает большую кинетическую энергию, которая в дальнейшем наблюдается в виде расширения по инерции.

Родившееся в конце стадии инфляции вещество затем прошло фазу избытка материи над антиматерией к моменту времени 10^{-35} с от Начала и затем фазу электрослабого перехода, и к моменту времени ~10^{-10} с разделились слабое и электромагнитное взаимодействия. В результате вещество перешло в состояние кварк-глюонной плазмы и находилось в этом состоянии в течение 10^{-35} – 10^{-4} с с понижением температуры от 10^{16} К до 10^{12} К.

В этот период кварки и глюоны находились в свободном состоянии, а при дальнейшем понижении температуры при расширении до 10^{11} К кварки при посредстве глюонных полей начинают соединятся, образуя протоны и нейтроны.

После эпохи образования протонов и нейтронов при дальнейшем понижении температуры наступает замечательная эпоха нуклеосинтеза. Она происходила в интервале времени от 1 до 200 с и в интервале температур 10^{10}–10^9 К. В этот период синтезируются лёгкие ядра с атомным весом $A < 5$, то есть ядра водорода, его изотопов – дейтерия и трития и ядра гелия.

Вселенная в ту эпоху представляла собой огромный ядерный реактор с выделением фантастических количеств ядерной энергии.

Подобные процессы через миллионы лет возобновились в образовавшихся молодых звёздах и продолжаются в новых звёздах второго или третьего поколений и в современную эпоху.

Затем примерно через несколько сотен лет при температуре от 4500 до 3000 К наступает эпоха рекомбинации, когда электроны объединяются с ядрами водорода (протонами) и образуется водород, а затем и с ядрами гелия и образуется гелий.

В конце этой эпохи, которая длилась несколько сотен тысяч лет, вещество становится прозрачным для фотонов, и электромагнитное излучение высвобождается из вещества со своим темпом остывания и уменьшения плотности энергии. В современную эпоху это свободное электромагнитное излучение наблюдается в виде так называемого реликтового излучения с температурой около 3 К. В конце этой же эпохи вещество молодой Вселенной состояло на 75% из водорода и около 24,9% из гелия с небольшими примесями дейтерия и других лёгких элементов, что совпадает с составом вещества молодых звёзд.

Далее при продолжающемся расширении Вселенной начались процессы образования звёзд, галактик, скоплений галактик и формирования крупномасштабной структуры Вселенной, которая существует в настоящее время.

В конце 1998 года в астрономии было сделано новое открытие – обнаружено ускоренное расширение Вселенной, то есть расстояния $r(t)$ между космологическими объектами увеличиваются с положительным ускорением, и поэтому вторая производная от $r(t)$ больше нуля ($d^2r/dt^2 > 0$). Различают два типа инфляции – экспоненциальную и степенную.

При экспоненциальной инфляции расстояние $r(t)$ между космологическими объектами экспоненциально растёт $r(t) \sim e^{Ht}$, где H – постоянная Хаббла, а при степенной инфляции $r(t) \sim t^n$, где $n > 0$,

Для описания процесса эволюции Вселенной удобно ввести безразмерную функцию времени $a(t)$, характеризующую изменение расстояния между космологическими объектами – галактиками, квазарами, и др., называемую масштабным фактором. Эта функция связана с расстоянием $r(t)$ между космологическими объектами соотношением

$$r(t) = r_0 a(t), \tag{1}$$

где r_0 – расстояние в некоторый фиксированный момент времени, принимаемый за эталон.

Таким образом, выше мы в очень сжатом виде представили процессы рождения и этапы развития Вселенной в соответствии с установившейся концепцией об этом в современной космологической науке, с целью обсуждения этой концепции, ссылаясь и обращаясь на вышепредставленную картину и обращаясь конкретно к некоторым её частям.

Сразу скажем, что вышеописанная картина развития Вселенной и сама теория Большого Взрыва вызывает некоторые вопросы к ней и ставит проблемы.

Во-первых, возникает вопрос о времени Большого Взрыва, который якобы произошёл около 14 миллиардов лет тому назад, – кто же установил и указал этот момент рождения Вселенной.

На эту проблему впервые указал Спиноза, когда ставил вопрос о часах, по которым Бог выбрал момент времени сотворения Мира.

Ещё вопрос в теории Большого взрыва вызывает сама концепция рождения Вселенной из Ничего. Именно это утверждал один из создателей теории «Большого Взрыва» Алан Гус, когда писал о том, что Вселенная при своём рождении совершила туннельный переход из Ничего во Время.

Здесь естественно возникает Вопрос: «А что Было, когда Ничего не было?» В этом вопросе и вскрывается то противоречие, которое содержится в концепции рождения Вселенной из Ничего.

Как видно, современная теория происхождения и эволюции Вселенной – теория Большого Взрыва – имеет свои трудности и ставит новые проблемы.

Некоторые современные виднейшие российские физики-теоретики, например, акад. В.Л. Гинзбург и проф. Ю.С. Владимиров, видя указанные выше проблемы в современной теории Большого Взрыва, полагают, что Вселенная существовала всегда и не было никакого Начала.

Все указанные выше вопросы, проблемы и соображения побуждают к разработке новых космологических моделей и теорий, свободных от противоречий и не противоречащих наблюдаемым астрономическим данным.

Мы здесь как раз и предлагаем космологическую модель вечной Вселенной, бесконечной во времени как в прошлом, так и в будущем.

В качестве основной компоненты материи в выбранной космологической модели является нелинейное спинорное поле, определяемое лагранжианом

$$L(\psi) = \frac{\hbar c}{2}\left[\nabla_k \bar{\psi}\gamma^k \psi - \bar{\psi}\gamma^k \nabla_k \psi - 2\mu\bar{\psi}\psi + \lambda(\bar{\psi}\psi)^n\right]. \qquad (2)$$

Здесь ψ – 4-компонентная спинорная функция, $\bar{\psi}$ – дираковский сопряжённый спинор, γ^k – матрицы Дирака риманова пространства-времени, $\nabla_k \psi$ – ковариантная производная спинорной функции, $\lambda(\bar{\psi}\psi)^n$ – нелинейный член самодействия спинорного поля, λ – константа взаимодействия, n – рациональное число ($n > 0$), $\mu = \dfrac{mc}{\hbar} = \dfrac{1}{\lambda_C}$, λ_C – комптоновская длина волны частицы.

На классическом уровне спинорное поле может описывать сплошную среду с внутренними степенями свободы. Так например нами показано [2], что при $n \geq 1$ спинорное поле описывает идеальную жидкость с уравнением состояния $p = w\varepsilon$ ($w = \mathrm{const}$), где p – давление, ε – плотность энергии, $w = n - 1$.

Астрономические наблюдения показывают, что в современную эпоху в больших масштабах Вселенная однородная, и по мере приближения к Началу отклонения от однородности быстро уменьшаются. Поэтому строятся в основном однородные космологические модели.

Кроме того, те же астрономические данные свидетельствуют о том, что 3-мерное пространство Вселенной плоское, то есть евклидово. Поэтому метрика пространства-времени рассматриваемой космологической модели будет иметь вид

$$dS^2 = a^2(t)(dx^2 + dy^2 + dz^2) - dt^2. \qquad (3)$$

Здесь $a(t)$ – масштабный фактор, определяемый с помощью (1), является метрическим коэффициентом и определяется из решения совместной системы уравнений гравитационного и спинорного полей в пространстве-времени с метрикой (3):

$$\begin{cases} R_{ik} - \dfrac{1}{2}Rg_{ik} = æT_{ik}(\psi) \\ \gamma^k \nabla_k \psi + \mu\psi - \dfrac{\lambda}{2}n(\bar{\psi}\psi)^{n-1}\psi = 0 \end{cases}, \quad æ = \frac{8\pi G}{c^4}. \qquad (4)$$

Здесь $T_{ik}(\psi)$ – тензор энергии-импульса спинорного поля (2).

Опуская промежуточные выкладки, в итоге систему уравнений (4) сведём к двум уравнениям для метрического коэффициента (масштабного фактора) $a(t)$:

$$\begin{cases} \dfrac{2\ddot{a}}{a}+\dfrac{\dot{a}^2}{a^2}=\dfrac{æ\hbar c\lambda(1-n)}{2a^{3n}} \\ \dfrac{\dot{a}^2}{a^2}=\dfrac{æ\hbar c}{6}\left[\dfrac{\lambda}{a^{3n}}-\dfrac{2\mu^4}{a^3}\right] \end{cases}, \tag{5}$$

то есть $\dfrac{\dot{a}}{a}=\pm\sqrt{\dfrac{æ\hbar c}{6}\left[\dfrac{\lambda}{a^{3n}}-\dfrac{2\mu^4}{a^3}\right]}$.

Из второго же уравнения системы следует, что константа взаимодействия λ должна быть больше нуля (λ > 0), а также, что

$$a^{3(1-n)}\geq\frac{2\mu^4}{\lambda}. \tag{6}$$

Кроме того, из системы (5) следует, что при $(1 > n > 0)$ вторая производная от $a(t)$ везде положительная, в точке, то есть в момент времени, где $a^{3(1-n)}=\dfrac{2\mu^4}{\lambda}$, находится минимум функции $a(t)$. Легко сделать сдвигом вдоль оси времени, чтобы это было в момент времени t=0.

В результате при $(1 > n > 0)$, даже не решая систему уравнений, мы нашли характер поведения масштабного фактора $a(t)$ как функцию от времени в бесконечном интервале $(-\infty < t < +\infty)$, который от бесконечно больших значений в бесконечно далёком прошлом (при $t \to -\infty$), уменьшаясь с течением времени, достигает минимума в момент времени $t = 0$ и при $t > 0$ снова начинает неограниченно возрастать при $t \to +\infty$, так что кривая изменения масштабного фактора симметрична относительно точки $t = 0$, причём в точке минимума $a(t)=\left(\dfrac{2\mu^4}{\lambda}\right)^{\frac{1}{3(1-n)}}$ и не обращается в нуль.

Таким образом при показателе степени нелинейности спинорного поля, лежащем в интервале $(0 < n < 1)$, имеем свободную от сингулярности космологическую модель Вечной Вселенной, которая эволюционирует из бесконечного прошлого от бесконечно больших размеров, сжимаясь, проходит через регулярный минимум при $t = 0$ и снова расширяется при положительном ускорении. Причём этот минимум размера Вселенной при соответствующем подсчёте параметров μ и λ может быть в любой фазе Горячей Вселенной от состояния кварк-глюонной горячей плазмы до фазы нуклеосинтеза с образованием реликтового излучения.

Ниже мы приводим несколько примеров решения системы уравнений (6) для масштабного фактора $a(t)$ для разных значений показателя степени n в интервале $(0 < n < 1)$.

$$1)\ n=\frac{1}{2};\ a(t)=\left(\frac{2\mu^4}{\lambda}+\frac{3\text{æ}\hbar c\lambda t^2}{16}\right)^{\frac{2}{3}},\ (-\infty<t<\infty). \qquad (7)$$

Здесь $a(t)\to\infty$ при $t\to\pm\infty$, $a(t)\sim t^{4/3}$, значит, здесь существует стадия степенной инфляции, так как 4/3 >1.

$$2)\ n=\frac{3}{4};\ \left(\lambda a(t)^{3/4}+4\mu^4\right)^2\left(\lambda a(t)^{3/4}-2\mu^4\right)=\frac{27}{16}\lambda^4\text{æ}\hbar ct^2,\ (-\infty<t<\infty). \qquad (8)$$

Здесь $a(t)\sim t^{8/9}$ при $t\to\pm\infty$.

А если $n=\dfrac{1}{3}$, то $a(t)\sim t^2$ при $t\to\pm\infty$.

Таким образом, мы показали, что если основной материальной компонентой Вселенной является материя, описываемая нелинейным спинорным полем со степенной нелинейностью по инварианту $(\bar\psi\psi)^n$, то Вселенная существовала всегда, сжимаясь из бесконечного прошлого времени, достигая минимального конечного размера к моменту нулевого космологического момента времени и вновь расширяясь, что и наблюдается в современную эпоху.

Выше мы рассмотрели возможную роль нелинейного спинорного поля в мегамире, то есть на самом верхнем масштабном уровне физического Мира.

Теперь перейдём к следующему масштабному уровню более меньших масштабов, – макромиру, к которому, в частности, относятся астрофизические объекты, – звёзды, пульсары, чёрные дыры, ядра галактик.

На свойства астрофизических объектов может также влиять нелинейное спинорное поле, описываемое таким же лагранжианом (2), при отрицательном значении константы взаимодействия ($\lambda<0$) и при квадратичной степени нелинейности $(\bar\psi\psi)^2$. Так что лагранжиан нелинейного спинорного поля в этом случае будет иметь вид

$$L(\psi)=\frac{\hbar c}{2}\left[\nabla_k\bar\psi\gamma^k\psi-\bar\psi\gamma^k\nabla_k\psi-2\mu\bar\psi\psi-\beta(\bar\psi\psi)^2\right],\ \beta=\text{const},\ \mu=\frac{mc}{\hbar}. \qquad (9)$$

Здесь константа $\beta=-\lambda$ ($\beta>0$) – переобозначенная константа взаимодействия.

При таком лагранжиане уравнение спинорного поля будет иметь вид

$$\gamma^k\nabla_k\psi+\mu\psi+\beta(\bar\psi\psi)\cdot\psi=0,\ \mu=\frac{mc}{\hbar}. \qquad (10)$$

Это один из вариантов нелинейного спинорного уравнения с кубической нелинейностью Иваненко–Гейзенберга, положенного в своё время Гейзенбергом в основу своей нелинейной спинорной теории материи [3].

Если сравнить два последних слагаемых в уравнении (10), – ($\mu\psi$ и $\beta(\bar\psi\psi)\cdot\psi$), то видно, что множитель $\beta(\bar\psi\psi)$ играет эквивалентную роль с массовым множителем μ при спинорной функции ψ, то есть может рассматриваться как некая эффективная масса спинорных частиц, но достаточно малая ввиду малости величины константы взаимодействия β.

Такая малая масса может быть соответствует массе нейтрино, и тогда нейтрино можно описывать нелинейным уравнением (10), но без массового слагаемого $\mu\psi$. В результате нейтрино можно описывать уравнением

$$\gamma^k \nabla_k \psi + \beta(\bar{\psi}\psi) \cdot \psi = 0 . \tag{11}$$

А нелинейность может играть роль эффективной массы. Это уравнение можно применить, например, для исследования последствий взрыва сверхновых звёзд.

Известно, что 95% энергии излучения при взрыве сверхновых звёзд приходится на нейтрино. Кроме того, большую часть времени (около двух недель) сверхновая светится в стационарном режиме.

Поэтому если в идеализированном случае сверхновую считать сферически симметричной и взрыв будет сферически симметричным, то результирующее гравитационное поле и соответствующее пространство-время можно описывать стационарной сферически симметричной метрикой

$$dS^2 = e^{\lambda} dr^2 + e^{\mu}(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - e^{\nu} dt^2 . \tag{12}$$

Здесь метрические коэффициенты e^{λ}, e^{μ}, e^{ν} зависят только от радиальной координаты $r = x^1$, а поток нейтрино будет радиально направленным и описывается вектором $\bar{\psi}\gamma_1\psi$, где γ_1 – матрица Дирака риманова пространства, описываемого метрикой (12).

В пространстве-времени (12) решаем совместную систему уравнений Эйнштейна и нелинейного спинорного поля (10)

$$\begin{cases} R_{ik} - \dfrac{1}{2} R g_{ik} = æ T_{ik}(\psi) \\ \gamma^k \nabla_k \psi + \beta(\bar{\psi}\psi) \cdot \psi = 0 \end{cases} . \tag{13}$$

Здесь спинорная функция также зависит от радиальной координаты r: $\psi = \psi(r)$. Эти уравнения будем решать в координатах кривизны: $e^{\mu} = r^2$.

В итоге, пропуская промежуточные выкладки, систему уравнений (13) приведём к виду

$$\begin{gathered} e^{-\lambda}\left[\frac{1}{r^2} + \frac{\nu'}{r}\right] = \frac{1}{r^2} - \frac{a^2 e^{-\nu}}{r^4} \\ e^{-\lambda}\left[\frac{1}{r^2} - \frac{\lambda'}{r}\right] = \frac{1}{r^2} + \frac{a^2 e^{-\nu}}{r^4} \end{gathered} . \tag{14}$$

Здесь константа $a = \dfrac{æ\hbar c\beta}{2\lambda_C^2}$, где λ_C – комптоновская длина волны нейтрино.

Решение этой системы уравнений следующее:

$$e^{\nu} = 1\,;\; e^{-\lambda} = 1 - \frac{a^2}{r^2}\,. \tag{15}$$

Поскольку метрический коэффициент не может быть отрицательным, то, чтобы не изменилась сигнатура метрики, должно быть $r^2 - a^2 \geq 0$. Тогда введём новую радиальную координату $r^2 - a^2 = x^2$, и в результате метрика пространства-времени после вспышки сверхновой получается следующего вида:

$$dS^2 = dx^2 + (x^2 + a^2)(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) - dt^2,\; (-\infty < x < +\infty). \tag{16}$$

А это есть метрика пространства-времени «кротовой норы», причём асимптотически плоской.

Таким образом, возможно, при большой массе сверхновой (больше четырёх солнечных масс) после неё может образоваться не чёрная дыра, как считается, а «кротовая нора». Кроме того, можно предположить, с учётом сказанного выше, что в центре нашей Галактики также находится не чёрная дыра в $4 \cdot 10^6$ масс Солнца, как считается установленным, а «кротовая нора».

Может быть, и в центрах других галактик находятся «кротовые норы», а не чёрные дыры.

Далее опустимся на следующий масштабный уровень, уровень микромира – мира элементарных частиц, и рассмотрим структуру локального пространства-времени элементарных частиц, обладающих спином (собственным моментом импульса), причём стабильных (кроме фотонов) и существующих в свободном состоянии. Из таковых остаются только фермионы со спином $\hbar/2$: электроны, протоны, нейтроны, нейтрино, описываемые спинорным уравнением Дирака или его нелинейными обобщениями, например типа (10).

Указанные частицы со спином $\hbar/2$ мы на уровне релятивистской классической физики в рамках ОТО рассматриваем не как точечные, а как протяжённые объекты с масштабом их комптоновской длины волны $\lambda_C = \dfrac{\hbar}{mc}$ и объёмом $V \sim \lambda_C^3$, и исследуем в этом малом объёме структуру локального пространства-времени фермионов с учётом их собственного гравитационного поля.

Возможность локального рассмотрения гравитационного поля материального объекта и его локального пространства-времени обусловлена особенностями гравитационного взаимодействия дираковского спинорного поля, которое в основном проявляется локально в том месте, где находится спинорная частица, о чём речь будет идти ниже.

Как мы показали ранее [2], лагранжиан самогравитирующего спинорного поля разлагается на кинетическую часть и лагранжиан взаимодействия спинорного и гравитационного полей:

$$L(\psi)=\frac{\hbar c}{2}\Big[\partial_i\bar{\psi}\gamma^i\psi-\bar{\psi}\gamma^i\partial_i\psi-2\mu\bar{\psi}\psi+\omega^i(\bar{\psi}\gamma_i\gamma_5\psi)\Big]. \qquad (17)$$

Здесь ω^i представляет собой угловую скорость вращения поля тетрад $e^i_{(a)}(x^k)$ и является кинематической характеристикой вихревого гравитационного поля, являющегося вихревой составляющей полного гравитационного поля.

Математически аксиальный 4-вектор ω^i представляет собой 4-мерный ротор касательного тетрадного поля:

$$\omega^i=\frac{1}{2}\varepsilon^{iklm}e_{k(a)}e^{(a)}_{l;m}. \qquad (18)$$

Вектор ω^i определяет плотность потока момента импульса $s^i(g)$ вихревого гравитационного поля:

$$s^i(g)=\frac{\omega^i}{æ}. \qquad (19)$$

А вектор $\frac{\hbar c}{2}\bar{\psi}\gamma_i\gamma_5\psi$ определяет плотность потока момента импульса (спина) $s^i(\psi)$ спинорного поля

$$s^i(\psi)=\frac{\hbar c}{2}\bar{\psi}\gamma^i\gamma_5\psi. \qquad (20)$$

Так что лагранжиан спинорного поля можно представить в виде

$$L(\psi)=\frac{\hbar c}{2}\Big[\partial_i\bar{\psi}\gamma^i\psi-\bar{\psi}\gamma^i\partial_i\psi\Big]+æs^i(g)s_i(\psi). \qquad (21)$$

То есть мы имеем спин-спиновое взаимодействие спинорного и гравитационного полей с константой взаимодействия æ, причём это взаимодействие является контактным, локальным, без всякого дальнодействия.

При варьировании полного лагранжиана системы гравитационного и спинорного полей $L(\psi,g)=-\frac{R}{2æ}+L(\psi)$ по ω^i, выделив предварительно из скаляра кривизны R вихревую часть [4], находим связь между ω^i и $s^i(\psi)$:

$$\omega^i=\frac{æ\hbar c}{4}\bar{\psi}\gamma^i\gamma_5\psi,\ s^i(g)=\frac{1}{2}s^i(\psi). \qquad (22)$$

Из формул (22) следует, что вращение происходит лишь в тех точках, где существует момент импульса спинорного поля, то есть во всех точках объёма, занятого спинорной частицей, то есть фермионом, и только в них и получается, что эта частица на самом деле вращается вокруг оси направления спина, как показывает формула (22).

Поскольку, как мы показали, гравитационное взаимодействие спинорного дираковского поля является в основном локальным, то есть в объёме, занятом фермионом, решаем совместную систему уравнений гравитационного и спинорного полей с учётом их спин-спинового взаимодействия:

$$\begin{cases} R_{ik} - \frac{1}{2} R g_{ik} = æ T_{ik}(\psi) \\ \gamma^k \nabla_k \psi + \mu\psi = 0 \\ \omega^i = \frac{æ\hbar c}{4} \bar{\psi}\gamma^i\gamma_5\psi \end{cases}. \qquad (23)$$

Мы находим структуру пространства-времени в этом объёме, то есть свойства локального пространства-времени фермионов.

Считаем, что локальное пространство-время фермиона – стационарное цилиндрически симметричное пространство-время с осью симметрии, направленной вдоль вектора спина, и совместимое с существованием в нём вихревого гравитационного поля.

Такое стационарное пространство-время может определяться метрикой

$$dS^2 = Adx^2 + Bd\varphi^2 + Cdz^2 + 2Edtd\varphi - Ddt^2, \; 0 \le \varphi \le 2\pi . \qquad (24)$$

Здесь все метрические коэффициенты A, B, C, D, E есть функции радиальной координаты x, а ось OZ является осью симметрии.

Определяем по метрическим коэффициентам A, B, C, D, E компоненты тетрадного репера $e^i_{(a)}$, у которого времениподобный вектор $e^i_{(4)}$ устанавливаем в виде $e^i_{(4)} = \left(0,\ 0,\ 0,\ 1/\sqrt{D}\right)$, вычисляем угловую скорость вращения фермиона по формуле (18):

$$\omega^i = \delta^i_3 \frac{E'D - D'E}{2D\sqrt{AC(BD + E^2)}} . \qquad (25)$$

Видно, что действительно вектор угловой скорости ω^i направлен вдоль оси OZ, то есть вдоль вектора спина фермиона, сам он вращается вокруг этой оси с угловой скоростью $\omega = \sqrt{\omega^k \omega_k} = \frac{E'D - D'E}{2D\sqrt{A\Delta}}$.

Для более ясного физического представления задачи произведём (3+1)-разбиение метрики (24) с помощью монадного формализма [4], а в качестве монады возьмём вектор $e^i_{(4)}$ тетрады.

В результате метрика пространственного сечения будет иметь вид

$$dl^2 = Adx^2 + Rd\varphi^2 + Cdz^2 , \qquad (26)$$

где угловой метрический коэффициент $R = \frac{BD + E^2}{D}$, а метрика пространства-времени в (3+1)-представлении будет записана в виде

$$ds^2 = Adx^2 + Rd\varphi^2 + Cdz^2 - Ddt^2. \qquad (27)$$

Так что локальное пространство-время вращающегося фермиона определяется четырьмя коэффициентами *A*, *R*, *C*, *D*.

В результате решения системы уравнений (23) метрика локального пространства-времени фермиона представляется в виде

$$dS^2 = dx^2 + \frac{k^2}{\omega_0^2}\operatorname{ch}^2\omega_0 x \cdot d\varphi^2 + dz^2 - dt^2, \; k = \mathrm{const}, \; -\infty < x < +\infty. \qquad (28)$$

Угловая скорость вращения везде одинакова $(\omega = \omega_0)$, то есть фермион вращается как твёрдое тело.

Метрика (28) есть метрика пространства-времени «кротовой норы», так как угловой метрический коэффициент везде больше нуля и стремится к бесконечности при $x \to +\infty$, и $x \to -\infty$, то есть имеются две пространственные бесконечности на концах интервала ($-\infty < x < +\infty$), то есть на обоих концах получившейся «кротовой норы». Кроме того, метрические коэффициенты ($g_{xx} = 1$, $g_{zz} = 1$, $g_{tt} = 1$), такие же как и во внешнем пространстве, пространстве наблюдателя, то есть фермион будет наблюдаемым с обоих концов своей «кротовой норы», а сам спин с каждого из концов будет представляться в противоположной ориентации по отношению друг к другу, следовательно, противоположных знаков: $+\hbar/2$ и $-\hbar/2$.

Поэтому возможен эффект, что если оба конца «кротовой норы», созданной электроном, лежат вблизи наблюдателя, то этот электрон может наблюдаться как два электрона с противоположными спинами.

Таким образом показана интересная и примечательная роль классических дираковских полей, которую они могут играть в физике мегамира (в космологии), макромира (в астрофизике) и микромира (в физике элементарных частиц – формировании геометрии их локального пространства-времени), причём в мегамире нелинейное спинорное поле может формировать существование Вечной Вселенной в прошлом и будущем временах, а в астрофизике индуцировать образование «кротовых нор».

Литература

1. *Сажин М.В.* Современная космология. М.: изд. УРСС, 2002.
2. *Кречет В.Г.* Топологические и физические эффекты вращения и спина в теории гравитации // Изв. вузов. Физика. 2007. Т. 50. № 10. С. 57–60.
3. *Гейзенберг В.* Введение в единую теорию элементарных частиц. М.: Мир, 1968.
4. *Владимиров Ю.С.* Системы отсчёта в теории гравитации. М.: Энергоиздат, 1982.

ON POSSIBLE GEOMETRIC AND ASTROPHYSICAL EFFECTS OF NONLINEAR SPINOR FIELDS IN THE MEGAMIR, MACROWORLD AND MICROWORLD

V.G. Krechet

Moscow State University of Technology "Stankin"
3A, Vadkovkiy Per., Moscow, 127055, Russian Federation

Abstract. In this article, within the framework of general relativity, the possible effect of the gravitational interaction of Dirac nonlinear spinor fields on the evolution of the Universe, on the formation of astrophysical objects and on the formation of the geometry of the local space-time of elementary particles with spin ħ / 2 is considered.

Keywords: general theory of relativity, nonlinear spinor fields, evolution of the Universe, astrophysical objects.