

ЧАСТИЦЫ-ПРИЗРАКИ, СЦЕПЛЕННОСТЬ ИСТОРИЧЕСКИХ ЭПОХ И МАШИНА ВРЕМЕНИ

А.К. Гуц

д.ф.-м.н., профессор, e-mail: guts@omsu.ru

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

Аннотация. В статье изучается возможность создания машины времени, основанной на механизме квантового сцепления макроскопических обычных (много)частичных конфигураций и (много)частично-призрачных конфигураций различных исторических эпох, принадлежащих различным параллельным эвереттовским вселенным.

Ключевые слова: Машина времени, частицы-призраки, сцепленность исторических эпох, параллельные вселенные.

Введение

Дойч в книге «Структура реальности» [1] частицы во вселенной, параллельной нашей Вселенной в смысле эвереттовской интерпретации квантовой механики, называл *теневыми*.

Е.В. Палешева в статье [2] связала теньевые частицы параллельной вселенной с *частицами-призраками* нашей Вселенной. Она также подтвердила мысль Дойча, что теньевые частицы, т. е. частицы-призраки могут слабо взаимодействовать с обычными частицами нашей Вселенной посредством квантовой интерференции.

В статьях [3,4] мы предложили связывать пространственно-временные траектории, появляющиеся в геометродинамике Уилера–ДеВитта с реально существующими параллельными историческими эпохами, которые представляют собой различные временные эпохи человеческой цивилизации. Переход от одной эпохи к другой, осуществляемый посредством запуска особого аппарата, называемого машиной времени, реализовался благодаря механизму квантового сцепления (запутывания) компактных пространственно-временных областей различных исторических эпох. Однако в этой статье не говорилось, как происходит это сцепление.

В данной статье предлагается рассмотреть в качестве такого механизма сцепление макроскопических обычных (много)частичных конфигураций и (много)частично-призрачных конфигураций. Последние в силу идеи Е.В. Палешевой и есть конфигурации из параллельной вселенной.

1. Частицы-призраки

Частица-призрак — это частица, тензор энергии-импульса которой является нулевым, но при этом ненулевым является её ток, который в случае биспинора равен

$$j^i = \psi^+ \gamma^i \psi.$$

Следовательно, такая частица не несёт ни энергии, ни импульса.

Такие неабелевы решения уравнений Янга–Миллса были найдены Лоосом в 1967 году [5]. Напомним, что кванты полей Янга–Миллса являются векторными частицами (то есть бозонами со спином 1) и обладают нулевой массой. Однако с помощью механизма спонтанного нарушения симметрии физические поля Янга–Миллса могут приобретать ненулевую массу. При рассмотрении слабого взаимодействия квантом поля Янга–Миллса считают W -частицу, имеющую заряд $+1$, 0 или -1 . Для сильного взаимодействия квантом поля Янга–Миллса являются глюоны, удерживающие вместе протоны и нейтроны.

В случае частиц, распространяющихся во внешнем пространстве, частицы-призраки были открыты в 1974 году Гриффитсом [6], а затем соответствующие решения уравнений Эйнштейна–Дирака были найдены и опубликованы в работах [7, 8, 10–19, 21, 22] 1970-80-х годов XX века, и уже в XXI веке — [23–29]. Нейтрино-призраки и массивные призраки-биспиноры найдены во вселенных Робинсона–Уолкера, т. е. во вселенных Фридмана [29]. «Что самое интересное в решениях-призраках — это то, как нейтринное поле распространяется в фоновом пространстве-времени, не меняя его, что означает, что мы не можем обнаружить призрачные нейтрино по их гравитационным эффектам» [24].

«Первой реакцией, пишет М. Новелло в статье "Призрачная основа для нейтрино" (1974), — на эти решения может быть отказ от них на физических основаниях. Однако тот факт, что они, по-видимому, присутствуют в любой геометрии¹, делает целесообразным менее поверхностное их исследование. Чтобы иметь возможность изучить некоторые детали этих призраков, мы должны найти не только одно, но и класс этих решений в данной геометрии». И он обнаруживает удивительный результат: приводит пример пространства-времени, порождённого нейтрино, причём само это нейтрино есть линейная комбинация нейтрино-призраков [11].

Однако до работы Е.В. Палешевой никто не дал хоть какой-нибудь интерпретации частицам-призракам.

Объединяя результаты Палешевой и Новелло, можно высказать следующую гипотезу.

Вселенная, наше присутствие в которой мы осознаем, состоит из реальных частиц, т. е. частиц с ненулевым тензором энергии-импульса. Частицы-призраки — это гости из параллельных вселенных. Но параллельных вселенных бесконечно много; все они симметричны относительно нашего анализа (нет

¹В [12] утверждается, что призрачные нейтрино (описываемые общековариантным уравнением Вейля $\varphi_{||A\dot{X}}^A = 0$) существуют только в алгебраически специальных пространствах-времени с вектором потока нейтрино, параллельным одному из основных нулевых векторов конформного тензора.

выделенной «нашей» Вселенной), следовательно, могут существовать только частицы-призраки. Энергия и импульс придаются частице из конкретной рассматриваемой, т. е. зафиксированной чьим-то сознанием, вселенной, если, с точки зрения математики, она есть линейная комбинация частиц-призраков. Но для разложения частицы в линейную комбинацию требуется некий механизм, присутствующий во вселенной, который осуществляет и подтверждает факт разложения. Очевидно, что это тот же механизм, который фиксировал конкретную вселенную. И механизм этот есть сознание, есть наблюдатель, присутствующий, живущий в этой вселенной.

Сознание своим вниманием к окружающей его вселенной совершает акт творения, выражающийся в порождении линейных комбинаций частиц-призраков: от хаоса частиц-призраков к порядку=«линейным комбинациям», от простого к сложному.

Важно: Палешева показала, что частицы-призраки, т. е. частицы параллельной вселенной, взаимодействуют с нашими частицами и это взаимодействие проявляется в форме квантовой интерференции.

Однако возможно иное взаимодействие частиц нашей Вселенной и параллельной. Это квантовая сцепленность (запутанность). Опишем это *несиловое* взаимодействие частиц разных вселенных.

2. Примеры частиц-призраков

Рассмотрим спинорные частицы, описываемые уравнением Дирака:

$$i\hbar\gamma^{(k)}\frac{\partial\psi}{\partial x^k} - mc\psi = 0. \quad (1)$$

Тогда биспинор

$$\psi(x) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} e^{\frac{mc}{\hbar}x^2 + f(x^0 + x^3) + ig(x^0 + x^3)} \quad (2)$$

является решением уравнения Дирака. Здесь $g(x^0 + x^3)$ и $f(x^0 + x^3)$ — гладкие вещественные функции.

Опираясь на результаты теоремы 12.1 из [30], получаем, что (2) описывает спинорного призрака только лишь в том случае, когда $g(x^0 + x^3) = const \in \mathbb{R}$.

Возьмём решение для реальной волны в виде:

$$\psi(x) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} e^{\frac{mc}{\hbar}x^2 + i(x^0 + x^3)}, \quad (3)$$

а для спинорного призрака положим

$$\phi(y) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} e^{\frac{mc}{\hbar} y^2}. \quad (4)$$

3. Сцепление частицы и частицы-призрака

Пусть $|\psi(\pm)\rangle_r$ и $|\phi(\pm)\rangle_g$ — состояния реальной частицы и призрака, соответствующие решениям-биспинорам $\psi(x, \pm)$ и $\phi(x, \pm)$ уравнения Дирака с разными проекциями \pm спина [31].

Сцепленное состояние двух частиц в таком случае описывается кет-вектором

$$|\psi(+)\rangle_r \otimes |\phi(-)\rangle_g + |\psi(-)\rangle_r \otimes |\phi(+)\rangle_g.$$

В соответствии с утверждением **ER=EPR**, говорящим о существовании моста Эйнштейна–Розена, или 3-мерной кротовой норы, соединяющей места нахождения сцепленных (запутанных) частиц (ЭПР-пары) [32], можно сказать, что имеется 3-мерная кротовая нора, соединяющая частицу нашей Вселенной с теневой частицей, или частицей-призраком, из параллельной вселенной.

4. Как сцепить (запутать) частицы?

«Как запутать частицы: возьмите кристалл с нелинейными оптическими свойствами — то есть такой, взаимодействие света с которым зависит от интенсивности этого света. Например, триборат лития, бета-борат бария, ниобат калия. Облучите его лазером подходящей длины волны — и высокоэнергетические фотоны лазерного излучения будут иногда распадаться на пары запутанных фотонов меньшей энергии (это явление называется «спонтанным параметрическим рассеянием») и поляризованных в перпендикулярных плоскостях. Остаётся удержать запутанные частицы в целости и разнести как можно дальше друг от друга» [33].

Как видим, механизмы сцепления уже имеются. Хотя пока не те, что нам нужны.

5. Макроскопическая сцепленность

Для реализации нашей цели нам нужна макроскопическая многочастичная сцепленность. Существует ли она? Распространено мнение, что в природе макроскопическая сцепленность не возникает вне искусственно созданных ситуаций. На чем основано это мнение?

Известно, что по мере увеличения размера физических систем становится всё *труднее полностью изолировать их от окружающей среды*, а взаимодействие с окружающей средой — декогеренция — разрушает квантовые харак-

теристики, такие как суперпозиции и сцепленность, т. е., в частности, разрушается сцепленность многочастичных конфигураций из параллельных эпох.

Прелесть квантового описания объекта в том, что такой объект — это квантовый объект, представляемый когерентной суперпозицией волн, обладающей и интерференционной картиной и, возможно, сцепленностью. Но даже если макросцепленность есть, ее трудно обнаружить в макроскопическом масштабе, поскольку квантовые объекты взаимодействуют с большим числом степеней свободы, и любая неточность в исходных данных или последующее наблюдение (крупнозернистое) ведёт к декогеренции, потере согласованности между волнами, описывающими все эти степени свободы, и к исчезновению их интерференционной картины, к потере сцепленности. Следовательно, теряется то, что составляет сущность квантового описания, дающего фантастические с точки зрения классической физики возможности.

Для нашей цели — переброска макрообъекта, человека в другую эпоху — необходимо убедиться, что законы квантовой механики справедливы и для макрообъектов. Для этого *нужно обратить внимание на те из их механических степеней свободы макрообъекта, которые хорошо изолированы от окружающей среды и поэтому хорошо защищены от декогеренции*. Нужна макроскопическая квантовая механика.

Появление такой «механики стало возможным благодаря недавнему прогрессу в квантовой оптомеханике: физики смогли использовать свет (иногда микроволны) для преобразования макроскопических механических объектов в почти чистые квантовые состояния <..>. Вскоре они смогут позволить этим механическим объектам развиваться без особой декогеренции и измерять конечные состояния, тем самым делая сравнения с предсказаниями квантовой механики» [34].

Обратим внимание на то, что мы используем понятия «макроскопический» на чисто интуитивном уровне, и это не очень правильно при научном подходе к изучаемой проблеме.

Важно предварительно определиться с тем, что считать макроскопическим объектом: «хотя квантовые системы трудно поддерживать и наблюдать в макромасштабе, их можно легко создать. С другой стороны, естественно возникает вопрос: действительно ли полученное состояние макроскопическое? На основе экспериментальных результатов мы показали, что запутанное состояние, которое можно получить с помощью доступных в настоящее время технологий, будет включать в себя достаточно большое количество фотонов, которые можно увидеть невооружённым глазом» [35]. Это делает наш подход удовлетворительным, если макроскопичность является понятием, связанным с размером. Мы также упомянули, что компоненты запутанного состояния можно легко отличить простым лавинным фотодиодом, если посмотреть на дисперсию распределения числа фотонов. Это радует тех, кто считает, что макро-запутанные состояния должны иметь компоненты, которые можно легко различить. Хотя наше исследование показало, что полученное состояние отличалось неожиданной устойчивостью к потерям, мы показали, что он также становится всё более хрупким при фазовом возмущении при увеличении его размера. Таким обра-

зом, наш подход также является удовлетворительным, если макроскопические средства чувствительны к декогеренции, и подчёркивает сложность возможных взаимодействий между данной квантовой системой и её окружением. Мы также видели, что точность измерения, необходимая для выявления квантовой природы создаваемого состояния, увеличивается с его размерами. Это также делает нашу схему удовлетворительной, если макроскопичность связана с требованием к точности измерения. В заключение отметим, что есть много других кандидатов на меру макроскопичности [36]. Тестирование каждого из них «работает на будущее» [37].

6. Сцепленность и кротовые норы

Допустим, что в ближайшее время мы научимся создавать макроскопические сцепленные многочастичные конфигурации. Но для наших целей, связанных с машиной времени, этого мало, надо сцеплять конфигурации с конфигурациями-призраками.

Что следует ожидать, если и это сумеем сделать?

Квантовое явление сцепленности тесно связано с классическим явление образования 3-мерной кротовой норы. Следовательно, сцепленность в пространстве породит 3-мерную кротовую нору или 4-мерную кротовую нору между параллельными вселенными, между различными историческими эпохами. Переходы по такой кротовой норе – это и есть квантовая машина времени [3, 4].

Однако, поскольку 3-мерные кротовые норы неустойчивы, то следует думать о порождении 4-мерных кротовых нор [41]. Последнее, скорее всего, говорит о сцепленности во времени [42] (Time Entanglement), т. е. формула **EPR=ER** заменяется на формулу **EPR=TE**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дойч Д. Структура реальности. Москва-Ижевск : РХД, 2001.
2. Palesheva E.V. Ghost spinors, shadow electrons and the Deutsch Multiverse. *arXiv: gr-qc/0108017v2* (2001).
3. Гуц А.К. Временные эффекты коллапса волнового пакета в суперпространстве Уилера // Международный научный семинар «Нелинейные модели в механике, статистике, теории поля и космологии» GRACOS-16. Лекции школы и материалы семинара (5–7 ноября 2016 г., Казань). Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2016. С. 273–280.
4. Гуц А.К. Квантовая машина времени // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2019. № 3. С. 20–44.
5. Loos H.G. Free Ghost Gauge Fields // *Nuovo cimento*. 1967. V. LII A, No. 4. P. 1085–1091.
6. Griffiths J.B. Gravitational radiation and neutrinos // *Communications in Mathematical Physics*. 1972. V. 28. P. 295–299.
7. Davis T.M., Ray J.R. Ghost neutrinos in general relativity // *Physical Review D*. 1974. V. 9, Iss. 2. P. 331–333.

8. Davis T.M., Ray J.R. Ghost neutrinos in plane-symmetric spacetimes // *Journal of Mathematical Physics*. 1975. V. 16. P. 75.
9. Ghost neutrinos emerge from mathematics // *Nature*. 1974. V. 248. P. 471–472.
10. Letelier P.S. Ghost neutrons in the Einstein-Cartan theory of gravitation // *Physics Letters A*. 1975. V. 54, Iss. 5. P. 351–352
11. Novello M. Ghost basis for neutrino // *Physics Letters A*. 1976. V. 58, Iss. 2. P. 75–76.
12. Audretsch J. Ghost neutrinos as test fields in curved space-time I // *Physics Letters A*. 1976. V. 56, Iss. 1. P. 15–16.
13. Davis T.M., Ray J.R. Neutrinos and Bianchi I universes // *Journal of Mathematical Physics* 17, 1049 (1976).
14. Griffiths J.B. On the propagation of photons and neutrinos in curved space-time // *General Relativity and Gravitation*. 1977. V. 8. P. 365–370.
15. Гуц А.К. Новое решение уравнений Эйнштейна-Дирака // *Известия вузов. Физика*. 1979. № 8. С. 91–95.
16. Michalik T.R., Melvin M. A. Spatially homogeneous neutrino cosmologies // *Journal of Mathematical Physics*. 1980. V. 21. P. 1952–1964.
17. Griffiths J.B. Ghost neutrinos in Einstein–Cartan theory // *Phys. Lett.* 1980. A75. P. 441–442.
18. Dereli T., Tucker R.W. Exact neutrino solutions in the presence of torsion // *Physics Letters A*. 1981. V. 82, Iss. 5. P. 229–231.
19. Demakis A., Müller-Hoissena F. Massive ghost Dirac fields in Einstein-Cartan theory // *Physics Letters A*. 1982. V. 92, Iss. 9. P. 431–432.
20. Demakis A., Müller-Hoissena F. Solutions of the Einstein-Cartan-Dirac equations with vanishing energy-momentum tensor // *Journal of Mathematical Physics*. 1985. V. 26. P. 1040–1048.
21. Torres del Castillo G.F.. Wavelike solutions to the Einstein equations coupled to neutrino and gauge fields // *Journal of Mathematical Physics*. 1986. V. 27. P. 2756.
22. Torres del Castillo G.F. Ghost Neutrino Fields in Flat Space-Time // *General Relativity and Gravitation*. 1987. V. 19, No. 7. P. 699–705.
23. Garcia de Andrade L.C.. Ghost neutrinos and radiative Kerr metric in Einstein-Cartan gravity. [arXiv:gr-qc/0204084v1](https://arxiv.org/abs/gr-qc/0204084v1) (2002).
24. Muxin Han, Yapeng Hu, Hongbao Zhang. Exhaustive Ghost Solutions to Einstein-Weyl Equations for Two Dimensional Spacetimes. 2004. URL: <http://arxiv.org/abs/gr-qc/0409019v2> (дата обращения: 10.09.2020).
25. Davis T.M., Ray J.R. Neutrinos and Bianchi I universes // *Journal of Mathematical Physics*. 1976. V. 17. P. 1049.
26. Herrera L., Jimenez J. Neutrino fields in axially and reflection symmetric space-times // *Journal of Mathematical Physics*. 1979. V. 20(1). P. 195–198.
27. Wils P. A class of exact solutions of the Einstein–Dirac equations // *Journal of Mathematical Physics*. 1991. V. 32. P. 231–233.
28. Talebaoui W. Non-ghost massless solution of the Einstein-Dirac field equations // *Class. Quantum Grav.* 1995. V. 12. P. 2051–2057.
29. Zekka A. The Einstein-Dirac Equation in Robertson-Walker Space-Time Does Not Admit Standard Solutions // *Int. J. Theor. Phys.* 2009. V. 48. P. 2305–2310.
30. Гуц А.К. Элементы теории времени. М. : УРСС, 2012.

31. Bittencourt S.V., Bernardini A.E., Blasone M. Effects of Lorentz boosts on Dirac bispinor entanglement. [arXiv:1810.01568v1](https://arxiv.org/abs/1810.01568v1) (2018).
32. Maldacena J., Susskind L. Cool horizons for entangled black holes/ [arXiv:1306.0533](https://arxiv.org/abs/1306.0533).
33. Васильев С. Квантовая запутанность — королева парадоксов. URL: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/kvantovaya-zaputannost> (дата обращения: 10.09.2020).
34. Chen Y. Macroscopic quantum mechanics: theory and experimental concepts of optomechanics // Journal of physics B: atomic, molecular and optical physics. 2013. V. 46. P. 104001.
35. Sekatski P., Sanguinetti B. et al. Cloning Entangled Qubits to Scales One Can See. 2010. URL: <https://arxiv.org/abs/1005.5083v1> (дата обращения: 10.09.2020).
36. Frowis F., Dür W. Measures of macroscopicity for quantum spin systems // New Journal of Physics. 2012. V. 14. P. 093039–093062.
37. Sekatski P., Sangouard N., Stobinska M., Bussieres F., Afzelius M., Gisin N. Proposal for Exploring Macroscopic Entanglement with a Single Photon and Coherent States. 2013. URL: <http://arXiv:1206.1870v2> [quant-ph] (дата обращения: 10.09.2020).
38. Sekatski P., Sangouard N., Gisin N. Size of quantum superpositions as measured with classical detectors // Phys. Rev. A. 2014. V. 89. P. 012116.
39. De Martini F. Entanglement and Quantum Superposition of a Macroscopic Macroscopic system. 2010. URL:<https://arxiv.org/abs/0903.1992v2> (дата обращения: 10.09.2020).
40. Kitaev A., Preskill J. Topological entanglement entropy. 2006. URL: <https://arxiv.org/abs/hep-th/0510092v2> (дата обращения: 10.09.2020).
41. Гуц А.К. Физика реальности. Омск : изд-во КАН, 2012.
42. Nowakowski M. Quantum Entanglement in Time // AIP Conference Proceedings. 2017. V. 1841, P. 020007. URL: <https://doi.org/10.1063/1.4982771> (дата обращения: 10.09.2020).

GHOST PARTICLES, ENTANGLEMENT OF HISTORICAL EPOCHS AND TIME MACHINE

A.K. Guts

Dr.Sc. (Phys.-Math.), Professor, e-mail: guts@omsu.ru

Dostoevsky Omsk State University

Abstract. In the article the possibility of creating a time machine, based on the mechanism of quantum entanglement of macroscopic ordinary (many)partial configurations and (many)partially ghostly configurations of different historical epochs belonging to different parallel Everett universes is investigated.

Keywords: Time machine, ghost particles, entanglement historical epochs, parallel universes.

REFERENCES

1. Doich D. *Struktura real'nosti*. Moskva-Izhevsk, RKhD, 2001. (in Russian)
2. Palesheva E.V. Ghost spinors, shadow electrons and the Deutsch Multiverse. [arXiv: gr-qc/0108017v2](https://arxiv.org/abs/gr-qc/0108017v2) (2001).
3. Guts A.K. Vremennye efekty kollapsa volnovogo paketa v superprostranstve Uilera. Mezhdunarodnyi nauchnyi seminar «Nelineinye modeli v mekhanike, statistike, teorii polya i kosmologii» GRACOS-16, Lektsii shkoly i materialy seminara (5–7 noyabrya 2016 g., Kazan'). Kazan', Kazanskii (Privolzhskii) federal'nyi universitet, 2016, pp. 273–280. (in Russian)
4. Guts A.K. Kvantovaya mashina vremeni. Prostranstvo, vremya i fundamental'nye vzaimodeistviya, 2019, no. 3, pp. 20-44. (in Russian)
5. Loos H.G. Free Ghost Gauge Fields. *Nuovo cimento*, 1967, vol. LII A, no. 4, pp. 1085–1091.
6. Griffiths J.B. Gravitational radiation and neutrinos. *Communications in Mathematical Physics*, 1972, vol. 28, pp. 295–299.
7. Davis T.M. and Ray J.R. Ghost neutrinos in general relativity. *Physical Review D.*, 1974, vol. 9, iss. 2, pp. 331–333
8. Davis T.M. and Ray J.R. Ghost neutrinos in plane-symmetric spacetimes. *Journal of Mathematical Physics*, 1975, vol. 16, pp. 75.
9. Ghost neutrinos emerge from mathematics. *Nature*, 1974, vol. 248, pp. 471–472.
10. Letelier P.S. Ghost neutrons in the Einstein-Cartan theory of gravitation. *Physics Letters A.*, 1975, vol. 54, issue 5, pp. 351-352
11. Novello M. Ghost basis for neutrino. *Physics Letters A.*, 1976, vol. 58, iss. 2, pp. 75–76. (in Russian)
12. Audretsch J. Ghost neutrinos as test fields in curved space-time I. *Physics Letters A.*, 1976, vol. 56, iss. 1, pp. 15-16.
13. Davis T.M. and Ray J.R. Neutrinos and Bianchi I universes. *Journal of Mathematical Physics* 17, 1049 (1976).
14. Griffiths J.B. On the propagation of photons and neutrinos in curved space-time. *General Relativity and Gravitation*, 1977, vol. 8, pp. 365–370.
15. Guts A.K. Novoe reshenie uravnenii Einsteina-Diraka. *Izvestiya vuzov. Fizika*, 1979, no. 8. pp. 91–95. (in Russian)
16. Michalik T.R. and Melvin M.A. Spatially homogeneous neutrino cosmologies. *Journal of Mathematical Physics*, 1980, vol. 21, pp. 1952–1964.
17. Griffiths J.B. Ghost neutrinos in Einstein–Cartan theory. *Phys. Lett.*, 1980, A75, pp. 441–442.
18. Dereli T. and Tucker R.W. Exact neutrino solutions in the presence of torsion. *Physics Letters A.*, 1981, vol. 82, iss. 5, pp. 229–231.
19. Demakis A. and Müller-Hoissena F. Massive ghost Dirac fields in Einstein-Cartan theory. *Physics Letters A.*, 1982, vol. 92, iss. 9, pp. 431–432.
20. Demakis A. and Müller-Hoissena F. Solutions of the Einstein-Cartan-Dirac equations with vanishing energy-momentum tensor. *Journal of Mathematical Physics*, 1985, vol. 26, pp. 1040–1048.
21. Torres del Castillo G.F.. Wavelike solutions to the Einstein equations coupled to neutrino and gauge fields. *Journal of Mathematical Physics*, 1986, vol. 27, pp. 2756.

22. Torres del Castillo G.F. Ghost Neutrino Fields in Flat Space-Time. *General Relativity and Gravitation*, 1987, vol. 19, no. 7, pp. 699–705.
23. Garcia de Andrade L.C.. Ghost neutrinos and radiative Kerr metric in Einstein-Cartan gravity. [arXiv:gr-qc/0204084v1](https://arxiv.org/abs/gr-qc/0204084v1) (2002).
24. Muxin Han, Yapeng Hu, and Hongbao Zhang. Exhaustive Ghost Solutions to Einstein-Weyl Equations for Two Dimensional Spacetimes. 2004. URL: <http://arxiv.org/abs/gr-qc/0409019v2>.
25. Davis T.M. and Ray J.R. Neutrinos and Bianchi I universes. *Journal of Mathematical Physics*, 1976, vol. 17, pp. 1049.
26. Herrera L. and Jimenez J. Neutrino fields in axially and reflection symmetric spacetimes. *Journal of Mathematical Physics*, 1979, vol. 20(1), pp. 195–198.
27. Wils P. A class of exact solutions of the Einstein–Dirac equations. *Journal of Mathematical Physics*, 1991, vol. 32, pp. 231–233.
28. Talebaoui W. Non-ghost massless solution of the Einstein-Dirac field equations. *Class. Quantum Grav*, 1995, vol. 12, pp. 2051–2057.
29. Zekka A. The Einstein-Dirac Equation in Robertson-Walker Space-Time Does Not Admit Standard Solutions. *Int. J. Theor. Phys.*, 2009, vol. 48, pp. 2305–2310.
30. Guts A.K. *Elementy teorii vremeni*. Moscow, URS Publ., pp. 2012. (in Russian)
31. Bittencourt S.V., Bernardini A.E., and Blasone M. Effects of Lorentz boosts on Dirac bispinor entanglement. [arXiv:1810.01568v1](https://arxiv.org/abs/1810.01568v1) (2018).
32. Maldacena J. and Susskind L. Cool horizons for entangled black holes. [arXiv:1306.0533](https://arxiv.org/abs/1306.0533)
33. Vasil'ev S. *Kvantovaya zaputannost' – koroleva paradoksov*. URL: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/kvantovaya-zaputannost>. (in Russian)
34. Chen Y. Macroscopic quantum mechanics: theory and experimental concepts of optomechanics. *Journal of physics B: atomic, molecular and optical physics*, 2013, vol. 46, pp. 104001.
35. Sekatski P., Sanguinetti B. et al. Cloning Entangled Qubits to Scales One Can See. URL: <https://arxiv.org/abs/1005.5083v1> (2010).
36. Frowis F. and Dür W. Measures of macroscopicity for quantum spin systems. *New Journal of Physics*, 2012, vol. 14, pp. 093039–093062.
37. Sekatski P., Sangouard N., Stobinska M., Bussieres F., Afzelius M., and Gisin N. Proposal for Exploring Macroscopic Entanglement with a Single Photon and Coherent States. 2013. URL: [http://arxiv:1206.1870v2](https://arxiv.org/abs/1206.1870v2) [quant-ph].
38. Sekatski P., Sangouard N., and Gisin N. Size of quantum superpositions as measured with classical detectors. *Phys. Rev. A.*, 2014, vol. 89, pp. 012116.
39. De Martini F. Entanglement and Quantum Superposition of a Macroscopic Macroscopic system. 2010. URL: <https://arxiv.org/abs/0903.1992v2>.
40. Kitaev A. and Preskill J. Topological entanglement entropy. 2006. URL: <https://arxiv.org/abs/hep-th/0510092v2>.
41. Guts A.K. *Fizika real'nosti*. Omsk, izd-vo KAN, 2012. (in Russian)
42. Nowakowski M. Quantum Entanglement in Time. *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1841, pp. 020007. URL: <https://doi.org/10.1063/1.4982771>. (in Russian)

Дата поступления в редакцию: 05.10.2020