

# Гравитация против квантовой теории: действительно ли электрон точечный?

А. Буринский (Россия)

Реферат подготовил М. Х. Шульман ([shulman@dol.ru](mailto:shulman@dol.ru))

---

arXiv:1104.0573v1 [hep-ph] 4 Apr 2011

Gravity versus Quantum theory: Is electron really pointlike?

Alexander Burinskii

Theor.Physics Laboratory, NSI, Russian Academy of Sciences,  
B. Tulkaya 52 Moscow 115191 Russia, email: bur@ibrae.ac.ru

Essay written for the Gravity Research Foundation 2011

Awards for Essays on Gravitation. (March 31, 2011)

---

"Никто не понимает квантовую механику."

Ричард Фейнман (1965), [1]

Современная физика основывается на квантовой теории и теории гравитации. Обе теории с высокой точностью подтверждены экспериментально. Тем не менее, они противоречат одна другой и не могут быть объединены в рамках целостной теории. В данном эссе обсуждается одно из основных противоречий – вопрос о форме и размере электрона.

Квантовая теория утверждает, что электрон является точечным и бесструктурным. В частности, Frank Wilczek пишет в [2]: "...Не очевидно, что электрон обладает внутренней структурой (и, скорее, очевидно, что нет)", в то время как теоретик суперструн Leonard Susskind отмечает, что радиус электрона "...с большой вероятностью не намного больше и не намного меньше планковской длины..." [3]. Такая точка зрения поддерживается экспериментальными свидетельствами, которые не выявили структуру электрона на расстоянии до  $10^{-16}$  см.

Широко распространенное мнение, что взаимодействия для гравитационных полей являются "чрезвычайно слабыми" и становятся сопоставимыми с другими силами только на планковском масштабе [4], порождено соотношением Шварцшильда  $r_g = 2m$ . Геометрия Керра дает обратную зависимость от массы:  $r_g \sim J/m$ , которое указывает, что диапазон взаимодействий может быть распространен на расстояния порядка сингулярного кольца Керра  $a = J/m$ . Гравитационное поле решения Керра концентрируется в тонкой окрестности кольца Керра, образуя что-то вроде "гравитационного волновода", или струну. Для электрона поле Керра может быть распространено на размер порядка комптоновского радиуса  $r_c = \hbar/(2m)$ , что соответствует размеру "одетого" электрона. Ниже аргументируется, что струна Керра является элементом расширенной структуры электрона.

В 1968 году Carter нашел, что решение Керра-Ньюмена (КН) для заряженных и вращающихся черных дыр обладает фактором  $g = 2$  подобно электрону Дирака [5, 6], что мотивировало развитие моделей электрона, основанных на решении КН [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

В системе единиц, в которой  $c = \hbar = G = 1$ , масса электрона равна  $m \approx 10^{-22}$ , тогда как  $a = J/m \approx 10^{22}$ . Следовательно,  $a \gg m$ , и горизонты черных дыр

исчезают, обнажая сингулярное кольцо Керра, которое представляет собой ветвь двузначного пространства-времени Керра.

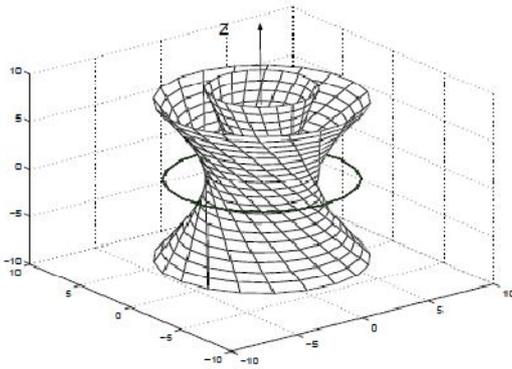


Рисунок 1: Воронка конгруэнции Керра. Закрученные нулевые линии сфокусированы на сингулярном кольце Керра, образуя круговой гравитационный волновод, или струну со светоподобными возмущениями

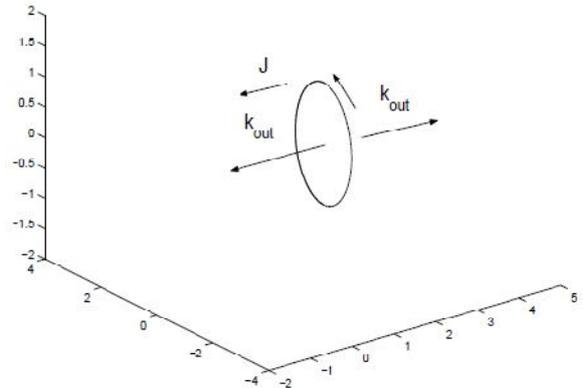


Рисунок 2: Структура геометрии Керра [27], образованная топологически связанными "круговой" и "осевой" струнами.

Решение КН для модели электрона [20] представляет полевую версию модели пузыря, в которой устранена сингулярность кольца Керра вместе с отрицательной ветвью и образуется вращающийся дисковидный пузырь с плоской внутренней частью. Поверхность пузыря фиксируется радиальной координатой Керра  $r = r_e = e^2/(2m)$  и образует сплюснутый диск с комптоновским радиусом  $r_c \approx a = \hbar/(2m)$ .

Противоречит ли модель КН электрона квантовой теории? Кажется, "да", если говорить о "голом" электроне. Однако в соответствии с КЭД поляризация вакуума создает в окрестности с комптоновским радиусом облако виртуальных частиц, образующих "одетый" электрон. Это облако вносит вклад в спин электрона и обеспечивает процедуру ренормализации, которая определяет физические значения массы и заряда электрона [31, 40, 41]. Следовательно, говоря об "одетом" электроне, можно сказать, что реального противоречия между моделью КН и квантовой моделью электрона нет.

Динамика виртуальных частиц в КЭД хаотична, что позволяет отделить ее от "одетого" электрона. С другой стороны, вакуумное состояние внутри решения КН модели образует когерентное состояние, сопряженное с замкнутой струнной Керра. Оно представляет собой некоторую 'внутреннюю' структуру, которая не может быть отделена от "одетой" частицы, но должна рассматриваться в качестве общего целого для электрона.

Необходимо отметить отсутствие экспериментальных проявлений структуры электрона. Это может быть обусловлено специфической комплексной структурой геометрии Керра [9, 14, 42, 43, 44, 45, 46]: решение КН появляется как действительное сечение точечного источника в комплексной области. Альтернативное объяснение (обсуждаемое в [15]) связано со светоподобными сингулярными лучами (см. рис. 2.), сопровождающими любое волновое возбуждение геометрии Керра [26, 27, 34, 35]. Наконец, точечное взаимодействие может быть связано просто с контактным характером взаимодействий струна-струна.

Итак, гравитационная модель КН проливает новый свет на возможную роль гравитации в квантовой теории. Если электрон действительно описывается как

замкнутая струна на границе дисковидного пузыря, он должен допускать экспериментальное детектирование с помощью нового эффективного средства – “неопережающего комптоновского рассеяния (nonforward Compton scattering)” [49, 50, 51, 52].

## Ссылки

- [1] R. Feynman, “The Character of Physical Law”, (1965)
- [2] F. Wilczek, “The Lightness Of Being”, Basic Books, 2008.
- [3] L. Susskind, “The Black Hole War.” Hachette Book Group US, 2008)
- [4] G. ‘t Hooft, “The Conceptual Basis of Quantum Field Theory” In: “Handbook of the Philosophy of Science,” Elsevier, 2004.
- [5] B. Carter, “Global structure of the Kerr family of gravitational fields,” Phys. Rev. 174, 1559 (1968). Phys. Rev. 174, 1559 (1968).
- [6] G. C. Debney, R. P. Kerr and A. Schild, “Solutions of the Einstein and Einstein-Maxwell Equations,” J. Math. Phys. 10, 1842 (1969).
- [7] W. Israel, “Source of the Kerr metric,” Phys. Rev. D 2, 641 (1970).
- [8] A.Ya. Burinskii, “Microgeon with Kerr metric,” Abstracts of the III Soviet Gravitational Conference, Yerevan, 1972, p.217 (in Russian).
- [9] A.Ya. Burinskii, “Microgeons With Spins” Sov. Phys. JETP 39, 193 (1974).  
This representation was obtained by Appel in 1887 [47]. In fact, the KN solution was obtained first in [48] by a complex transformation from the Reissner-Nordstrom solution.
- [10] A.Ya. Burinskii, “Microgeon With Kerr Metric ” Russian Phys. J. 17, 1068 (1974).
- [11] D. D. Ivanenko and A. Ya. Burinskii, “Gravitational Strings In Elementary Particle Models,” Izv. Vuz. Fiz. 5, 135 (1975).
- [12] C.A. Lopez, “An Extended Model Of The Electron In General Relativity,” Phys. Rev. D 30, 313 (1984).
- [13] A. Burinskii, “Some properties of the Kerr solution to low-energy string theory,” Phys. Rev. D 52, 5826 (1995) [arXiv:hep-th/9504139].
- [14] A.Ya. Burinskii, “String-like Structures in Complex Kerr Geometry,” In: Relativity Today, Edited by R.P.Kerr and Z.Perjes, Akademiai KiadoBudapest, 1994, p.149, [arXiv:gr-qc/9303003].
- [15] A. Burinskii, “Twistorial analyticity and three stringy systems of the Kerr spinning particle,” Phys. Rev. D 70, 086006 (2004) [arXiv:hep-th/0406063].
- [16] A. Burinskii, Grav. Cosmol. 8, 261 (2002), arXiv:hep-th/0110011; J. Phys. A: Math. Gen. 39, 6209 (2006).
- [17] H. I. Arcos and J. G. Pereira, “Kerr-Newman solution as a Dirac particle,” Gen. Rel. Grav. 36, 2441 (2004) [arXiv:hep-th/0210103].
- [18] I. Dymnikova, “Spinning superconducting electrovacuum soliton,” Phys. Lett. B 639, 368 (2006).
- [19] Th.M. Nieuwenhuizen, “The Electron and the Neutrino as Solitons in Classical Electrodynamics,” In: Beyond the Quantum, eds. Th.M. Nieuwenhuizen et al., (World Scientific, Singapore) 2007, pp.332-342.
- [20] A. Burinskii, “Regularized Kerr-Newman Solution as a Gravitating Soliton,” J. Phys. A: Math. Theor. 43 (2010) 392001, arXiv: 1003.2928.
- [21] V. Hamity, “An interior of the Kerr metric,” Phys. Lett. A 56, 77 (1976).
- [22] A.Ya. Burinskii, “On the Particlelike Solutions of the Massless Wave Equations.” Abstracts of the VIII All-Union Conference on Elementary Particle Theory, Uzhgorod, January 1971, pp.96-98 (in Russian).
- [23] A. Burinskii, “ Orientifold D-string in the source of the Kerr spinning particle.” Phys. Rev. D 68, 105004 (2003).

- [24] H. Nishino, "Stationary axisymmetric black holes, N=2 superstring, and selfdual gauge or gravity fields," *Phys. Lett. B* 359, 77 (1995) [arXiv:hep-th/9504142].
- [25] A. Burinskii, "Alice' String as Source of the Kerr Spinning Particle," arXiv:1006.1274 [hep-th].
- [26] A. Burinskii, "The Dirac-Kerr-Newman electron," *Grav. Cosmol.* 14, 109 (2008) [arXiv:hep-th/0507109].
- [27] A. Burinskii, "Axial Stringy Sistem Of The Kerr Spinning Particle," *Grav. Cosmol.* 10, 50 (2004) [arXiv:hep-th/0403212].
- [28] A. Burinskii, E. Elizalde, S. R. Hildebrandt and G. Magli, "Regular sources of the Kerr-Schild class for rotating and nonrotating black hole solutions," *Phys. Rev. D* 65, 064039 (2002) [arXiv:gr-qc/0109085].
- [29] A. Burinskii, and S. R. Hildebrandt, "New type of regular black holes and particle - like solutions from NED." *Phys. Rev. D* 65 104017 (2002) [ArXiv:hep-th/0202066].
- [30] A. Burinskii, "Renormalization by gravity and the Kerr spinning particle," *J.Phys. A: Math. Gen.* 39, 6209 (2006) [arXiv:gr-qc/0606097].
- [31] J. Bjorken and S. Drell, "Relativistic Quantum Mechanics", McGraw Hill Book, 1964.
- [32] J.A. Wheeler, "Geometrodynamics", Academic Press, New York, 1962.
- [33] Roy P. Kerr, "Part 3: A brief history of the discovery of the Kerr solution and the KerrSchild metrics", *Gen. Rel. Grav.* 41, 2479 (2009).
- [34] A. Burinskii, First Award Essay of GRF 2009, "Instability of Black Hole Horizon With Respect to Electromagnetic Excitations," *Gen. Rel. Grav.* 41, 2281 (2009) [arXiv:0903.3162 [gr-qc]].
- [35] A. Burinskii, "Beam-like Excitations of Kerr-Schild Geometry and Semiclassical Mechanism of Black-Hole Evaporation," arXiv:0903.2365 [hep-th].
- [36] A. Burinskii, "Fluctuating Twistor-Beam Solutions and Holographic Pre-Quantum Kerr-Schild Geometry," *J. Phys.: Conf. Ser.* 222 (2010) 012044, [arXiv:1001.0332].
- [37] A. Kusenko, *Phys. Lett.B* 404, 285 (1997).
- [38] N. S. Manton, "Topology In The Weinberg-Salam Theory," *Phys. Rev. D* 28, 2019 (1983).
- [39] R. F. Dashen, B. Hasslacher and A. Neveu, "Nonperturbative Methods And Extended Hadron Models In Field Theory. 3. *Phys. Rev. D* 10, 4138 (1974).
- [40] V. Thirring, "Principles of Quantum Electrodynamics", 1958, Academic Press, NY:London.
- [41] E.M. Lifshits and L.D. Pitaevskii, "Relativistic Quantum Theory" v.2,
- [42] E. T. Newman, "Maxwell's equations and complex minkowski space," *J. Math. Phys.* 14, 102 (1973).
- [43] A. Burinskii, "The Kerr geometry, complex world lines and hyperbolic strings," *Phys. Lett. A* 185, 441 (1994).
- [44] A. Burinskii, "Complex Kerr Geometry, and Nonstationary Kerr Solutions," *Phys. Rev. D* 67, 124024 (2003) [arXiv:gr-qc/0212048].
- [45] A. Burinskii and G. Magli, "Kerr-Schild Approach to the Boosted Kerr Solution," *Phys. Rev. D* 61, 044017 (2000) [arXiv:gr-qc/9904012].
- [46] A. Burinskii, "Kerr spinning particle, Strings and superparticle models," *Phys. Rev. D* 57, 2392 (1998) [arXiv:hep-th/9704102].
- [47] E.T. Whittaker and G.N. Watson, "A Course of Modern Analysis", Cambridge Univ. Press London/New York, p.400, 1969 .
- [48] E. T. Newman, E. Couch, Chinnapared, A. Exton, A. Prakash, R. Torrence, *Journ. Math. Phys.* 6, 918 (1965).
- [49] A. V. Radyushkin, "Nonforward parton distributions", *Phys. Rev. D* 56, 5524 (1997), [hep-ph/9704207].
- [50] P.Hoyer and Samu Kurki, "Transverse shape of the electron", *Phys. Rev. D* 81, 013002 (2010) [arXiv:0911.3011].

- [51] M. Burkardt, "Impact parameter dependent parton distributions and off-forward parton distributions for  $\zeta \rightarrow 0$ ", Phys. Rev. D 62, 071503(R) (2000);[Erratum-ibid. D 66 (2002) 119903] [arXiv:hep-ph/0005108].
- [52] X. Ji, "Gauge-Invariant Decomposition of Nucleon Spin", Phys. Rev. Lett. 78, 610 (1997), [hep-ph/9603294].