Гипотеза испарения чёрных дыр в многомерных пространствах

Копылов С.В.

Московский политехнический университет, Москва, Россия

Email: KopSV@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена гипотеза испарения чёрных дыр в пространствах различной размерности. В её рамках показана зависимость времени испарения и температуры излучения от показателя степени массы чёрной дыры, определяемого величиной размерности пространства. Проверка подхода на чёрной дыре типа Планкеон не выявила противоречий в предлагаемом рассмотрении.

Ключевые слова: чёрная дыра, испарение, время, температура, размерность пространства, Планкеон.

1. Введение

1.1. Пространственная размерность

Фундаментальными константами считают постоянные величины, входящие в уравнения, описывающие фундаментальные законы природы и свойства материи [1]. К ним относят скорость света c, постоянную Планка $\hbar$, гравитационную постоянную G, элементарный заряд q, постоянную Больцмана k [2].

Ниже мы будем следовать Эренфесту [3, 4]. Согласно Эренфесту в многомерных пространствах размерности D, волновому уравнению (и соответственно уравнению Клейна-Гордона-Фока) соответствует делამбертиан вида: $\Box = -\partial^2/\partial(ct)^2 + \partial^2/\partial x_1{}^2 + \partial^2/\partial x_2{}^2 + \cdots + \partial^2/\partial x_D{}^2$.

Соответственно, закон притяжения имеет вид: $F = \kappa 1/r^{D-1}$. Здесь D - размерность конфигурационного пространства [5-13].

1.2. Физическая размерность

Ниже запись выражений следует понимать в смысле физической размерности. Например: $F = \kappa 1/r^{D-1}$, это $[F] = \left[\kappa 1/r^{D-1}\right]$, то есть соотношение связывает размерности величин. Для обозримости записей квадратные скобки - символ размерности, опускаются.

Чтобы было понятно, почему мы везде ниже так обращаемся с различного рода выражениями. Рассмотрим пример. Напомним при этом, что все соотношения следует понимать в смысле соотношений размерности.

Известно, что сила гравитационного притяжения выражается соотношением $F = GMm/r^2$. Тогда $E = Fr = GMm/r$ и далее $E = \left(G/c^4\right)Mc^2 mc^2/r$. Проделав формальную операцию сокращения энергий, имеем $1 = \left(G/c^4\right)Mc^2/r$ или $1/r^2 = \left(G/c^4\right)Mc^2/r^3$. Формально, это выражение приравнивает кривизну Риччи $1/r^2$ к плотности энергии источника Mc^2/r^3 с соответствующим множителем G/c^4. То есть, получаем общую теорию относительности. Но сколько не используй теорию размерности, знать, что $1/r^2$ можно трактовать как кривизну пространства маловероятно. В крайнем случае, как Деламбертиан $\Box$, в лианеризованной теории.

В этом слабость теории размерности, но в этом её и сила.

На этом пути не можно двинуться дальше, умножив правую и левую часть выражения на $(\hbar c) = Er$. Получаем: $(\hbar c)/r^2 = \left(G/c^4(\hbar c)\right)Mc^2/r^3$, или $E/r = \left(G/c^4(\hbar c)\right)E/r^3$. Фактически получаем: натяжение «струны» E/r, оказывается равным плотности энергии E/r^3 с соответствующим множителем. Более того: убирая энергию, получаем чистую «геометрию» $1/r = \left(G/c^4(\hbar c)\right)\ 1/r^3$. В другой форме: объём r^3 оказывается связанным с линейной длиной r. Связывает их, множитель: $G/c^4(\hbar c)$.

Желающие могут усмотреть здесь и теорию «струн» и петлевую квантовую гравитацию.

2. Испарение чёрной дыры.

2.1. Время испарения.

Рассматривается испарение чёрной дыры массой M за время T. Масса чёрной дыры связана с её объёмом. Поэтому, если $M \to 0$ то $V \to 0$. Как результат имеем $M/T \sim V/T = L^D/T = L^D c/Tc = L^D c/L = L^{D-1}c$. Здесь L^{D-1} гиперповерхность в n мерном пространстве.

Величина L^{D-1} может быть построена из мировых констант: $L^{D-1} = G_{(D)}h/c^3$. Тогда это величина планковского размера, своеобразный «квант» гиперповерхности: $L^{D-1} = L_{Pl}{}^{D-1}$. Получаем $L^{D-1}c = G_{(D)}h/c^2$. Поэтому $V/T = L^{D-1}c \to T = V/L^{D-1}c = Vc^2/G_{(D)}h$.

Для чёрной дыры верно: $mc^2/2 = G_{(D)}mM/L^{D-2}$. Тогда $L^{D-2} = 2G_{(D)}M/c^2$. Окончательно $L = \left(2G_{(D)}M/c^2\right)^{1/(D-2)}$. Объём чёрной дыры таким образом: $V = L^D = \left(2G_{(D)}M/c^2\right)^{D/(D-2)}$. Поскольку $T = Vc^2/G_{(D)}h$. Получаем

$T = \left(2G_{(D)}\, M / c^2\right)^{D/(D-2)} c^2 / G_{(D)}\, h$. Или $T = 2^{D/(D-2)} G_{(D)}{}^{\{D/(D-2)\}-1} c^{\{-2D/(D-2)\}+2} M^{D/(D-2)} / h$. Окончательно $T = 2^{D/(D-2)} G_{(D)}{}^{2/(D-2)} c^{4/(2-D)} M^{D/(D-2)} / h$.

Если $n = 3$, то время испарения чёрной дыры $T = 2^3 G_{(3)}{}^2 c^{-4} M^3 / h$.

Если $n = 4$, время испарения чёрной дыры $T = 2^2 G_{(4)}{}^1 c^{-2} M^2 / h$.

При $n \to \infty$ $T \to 2^1 G_{(\infty)}{}^0 c^0 M^1 / h$. Окончательно $T \approx 2M / h$. С ростом n время испарения уменьшается.

Время испарения чёрной дыры $T = V c^2 / G_{(D)}\, h = \left(L^{G-1} / \left(G_{(D)}\, hc / c^4\right)\right)\left(L / c\right)$ пропорционально времени прохождения светом её поперечного размера L / c, умноженному на число планковских гиперповерхностей содержащихся в гиперповерхности чёрной дыры $L^{G-1} / \left(G_{(D)}\, hc / c^4\right)$. То есть количеству отражений луча от гиперповерхности чёрной дыры. Здесь $V = L^{G-1}\, L$.

2.2. Температура испарения.

Определим температуру излучения чёрной дыры. Будем считать, что излучение абсолютно чёрного тела процесс квантовый. Поэтому энергию этого излучения можно оценить из соотношения $E = h c / L$.

Подставим сюда характерный размер чёрной дыры $E = hc / L = h c \left(2G_{(D)}\, M / c^2\right)^{-1/(D-2)}$. Поскольку $T^\circ = E / k_Б$. Получаем $T^\circ = h c \left(2G_{(D)}\, M / c^2\right)^{1/(2-D)} / k_Б$.

При $D = 3$, $T^\circ = h c \left(2G_{(D)}\, M / c^2\right)^{1/(2-D)} / k_Б = h c^3 / 2G_{(3)}\, M\, k_Б$.

При $D = 4$, $T^\circ = h c^2 / \left(2G_{(4)}\, M\right)^{1/2} k_Б$.

При $D \to \infty$, $T^\circ = h c \left(2G_{(\infty)}\, M / c^2\right)^0 / k_Б$.

Чёрная дыра всё, что падает на неё, поглощает. Это абсолютно чёрное тело. Равновесным его делает многократное отражение от планковских гиперповерхностей.

2.3. Испарение Планкеона

Масса Планка

$$h / \left(M_{(Pl)} c\right) = L_{(Pl)} \quad \Rightarrow M_{(Pl)} = h / \left(L_{(Pl)} c\right)$$

$$M_{(Pl)} = h \left(c^3 / G_{(D)} h\right)^{1/(D-1)} / c$$

Подставляя в полученную выше формулу, имеем время испарения Планкеона:

$$T = \left(2G_{(D)}\,h\left(c^3 / G_{(D)}h\right)^{1/(D-1)} / c^3\right)^{D/(D-2)} c^2 / G_{(D)}\,h$$

В трёхмерном пространстве получаем:

$$(D=3)\quad T = \left(2G_{(3)}\,h\left(c^3 / G_{(3)}h\right)^{1/2} / c^3\right)^{3} c^2 / G_{(3)}\,h$$

$$T = c^{-5/2}h^{1/2}\,{G_{(3)}}^{1/2}$$

Это не что иное как Планковское время. Этот результат позволяет считать, что полученные выше выражения корректны.

Планкеон, это чёрная дыра и постановка вопроса об его испарении правомочна. А вот, например, масса Стони (максимон) не чёрная дыра и по отношению к нему так поставить задачу не получается.

Оценим температуру испарения Планкеона:

$$T^\circ = h\,c^3 / \left(2G_{(3)}\,M\,k_Б\right) =$$

$$h\,c^3 / \left(2G_{(3)}\left(h^{1/2}c^{1/2}{G_{(3)}}^{-1/2}\right)k_Б\right) =$$

$$= h^{1/2}c^{5/2} / \left({G_{(3)}}^{1/2}\,k_Б\right)$$

Как и следовало ожидать, это не что иное, как Планковская температура. Этот результат также позволяет считать, что полученные выше выражения корректны.

Литература

1. Физическая энциклопедия, т. 5. // М.: Большая Российская энциклопедия, - 1998. - 781с.
2. CODATA Internationally recommended values of the Fundamental Physical Constants
3. *Ehrenfest P.* Proc. Amsterdam Acad. T. 20. // Amsterdam, - 1917. - с. 200.
4. *Горелик Г.Е.* Размерность пространства. // М.: Изд-во МГУ - 1983. - 216 с.
5. *Владимиров Ю.С.* Системы отсчета в теории гравитации. // М.: Энергоиздат - 1982. - 256 с.
6. *Сена Л.А.* Единицы физических величин и их размерности. // М.: Наука - 1988. - 432 с.
7. *Томилин К.А.* Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. // М.: ФИЗМАТЛИТ - 2006. - 368с.
8. *Копылов С.В., Чёрный Г.П.* Безразмерный комплекс фундаментальных констант. Number, Time, Relativity Proceedings of International Meeting. Moscow, 10-13 August 2004. p. 60.

9. *Копылов С.В.* Фундаментальные константы и их безразмерный комплекс. / в Сборнике. Проблемы физики и физических технологий. // М.: Изд-во МГОУ - 2010. - 313с.
10. *Копылов С.В., Грудев П.И.* Тезисы докладов LI конференции Москва, РУДН, 12–15 мая 2015 г., сс. 37-39
11. *Копылов С.В.* Тезисы докладов LIV конференции Москва, РУДН, 14–18 мая 2018 г., сс. 56-60
12. *Копылов С.В.* Высшая школа. Новые технологии науки, техники, педагогики. Москва: Московский Политех, 2018 г. сс 71-76
13. *Копылов С.В.* Материалы LVI конференции Москва, РУДН, 18–22 мая 2020 г., сс. 24-27