

Термодинамическое и квант гравитационное описания большого рождения Вселенной и их следствия (к 110-летию рождения Д.И.Блохинцева посвящается)

Kh. Namsrai, B.Munkhzaya, T.Myeruyer
Institute of Physics and Technology, Ulaanbaatar 13330, MONGOLIA

Процесс динамического развития Вселенной объясняется на основе термодинамического закона и введения квант гравитационной силы

$$F_{PN} = \frac{G_N \hbar M}{c r^3}.$$

Более того, с помощью этой новой силы можно придать ясный физический смысл Комптоновской длине волны и Планковской длине. Показано, что каждым элементарным частицам с определённой массой M соответствуют квант длина, квант метрик, квант поверхность и квант объём. С помощью изящной комбинации четырёх фундаментальных констант $\hbar, c, G_N, \alpha = e^2/\hbar c = \frac{1}{137.03599}$ было получено значение массы M_m магнитного монополя

$$M_m = \sqrt{\frac{\hbar c}{G_N} \frac{1}{\alpha}} = M_{Pl} \frac{1}{\sqrt{\alpha}},$$

где

$$M_{Pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G_N}} = 2.177 \times 10^{-5} \text{ г}$$

есть Планковская масса.

I. Введение

В течение многих веков среди людей сложились обычные, естественные мнения и впечатления о том, что окружающий нас мир, включая множество созвезд, солнце, землю и луну был неизменными и остаются как таковыми навсегда. Однако, в середине прошлого века произошёл один из замечательных открытий о том, что окружающий нас мир, как жизнь человека, имеет начало и динамическое развитие в будущем. Это открытие было обосновано на неопровержимых и неоспоримых опытных данных и говорит о том, что рождение или начало нашего мира произошло приблизительно 13.6-13.8 миллиардов лет тому назад в форме ударных волн от супер взрыва, исходящего из немыслимой плотной и сверх-горячей точечно-подобной области. Это явление называется Большим Рождением Вселенной [1,2].

На языке физиков подобный род такого взрыва является результатом так называемой квантовой гравитационной флуктуации на бесконечно малом масштабе пространства-времени. Численные значения этого масштаба характеризуются Планковскими величинами [3,5]:

- Планковское давление

$$P_{Planck} = 4.63309 \times 10^{113} \text{ Па}, \quad (1)$$

- Планковская температура

$$T_{Planck} = 1.417 \times 10^{32} \text{ К}, \quad (2)$$

- Планковская длина

$$L_{Planck} = 1.616228 \times 10^{-35} \text{ м}, \quad (3)$$

- Планковское время

$$t_{Planck} = 5.4 \times 10^{-44} \text{ сек}, \quad (4)$$

- Планк-Ньютоновская сила

$$F_{PN} = G_N \frac{\hbar}{c} \frac{M_U}{L_{Planck}^3} = 1.668 \times 10^{104} \text{ Н}. \quad (5)$$

Последняя формула (5) была получена впервые автором этой статьи. Здесь величина M_U является приблизительным значением массы Вселенной, равным

$$M_U = 3 \times 10^{52} \text{ кг}. \quad (6)$$

II. Эйнштейновское описание динамического развития Вселенной

Впервые русский учёный Фридман в 1922 году показал, что решение Эйнштейновского уравнения для некоторого частного случая описывает нестационарное развитие мира. Сначала А.Эйнштейн с этим фактом не согласился и в конце концов он неохотно добавил так называемый космический член

$$\Lambda g_{\mu\nu} \quad (7)$$

в своё уравнение с тем, чтобы согласовать Фридманский результат. Здесь

$$\Lambda = 2.036 \times 10^{-35} \text{сек}^{-2}. \quad (8)$$

После чего Эйнштейновское уравнение приобретает вид

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = 8\pi G_N T_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu}. \quad (9)$$

Для особой-идеальной жидкости тензор энергии-импульса имеет вид

$$T_{\mu\nu} = -p g_{\mu\nu} + (p + \rho)u_\mu u_\nu. \quad (10)$$

Метрический тензор $g_{\mu\nu}$, определяемый в (9) даётся выражением Робертсон-Уолкера:

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu =$$

$$dt^2 - R^2(t) \left[\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2) \right] \quad (11)$$

где постоянная кривизна k принимает три значения: $+1$, -1 и 0 .

- Если $k = +1$, то соответствующий мир является замкнутым.
- Если $k = -1$, то мир является открытым.
- Наконец $k = 0$ даёт плоский мир.

Величины ρ , u , p входящие в уравнение (10), соответствуют плотности энергии и изотропическому давлению, скорость $u = (1, 0, 0, 0)$ равна скорости изотропической жидкости.

Радиус $R(t)$ всегда расширяемой Вселенной дается уравнением Хаббла:

$$\frac{\dot{R}}{R} = H^2(\Omega - 1), \quad (12)$$

где $H = 100h \cdot \text{км} \cdot \text{сек}^{-1} M_{pc}^{-1}$ называется Хаббловской постоянной, параметр h определяется из опыта:

$$h = 0.67 \div 0.73. \quad (13)$$

Отношение

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_k} \quad (14)$$

двух плотностей энергии называется параметром космической плотности, где

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G_N} = 1.05 \times 10^{-5} \cdot h^2 \frac{\Gamma_{ЭВ}}{\text{см}^2} \quad (15)$$

является критической плотностью. На сегодняшнем этапе времени уравнение (12) можно написать

в виде:

$$\frac{\dot{R}}{R} = H_0^2(\Omega_m + \Omega_r + \Omega_v - 1). \quad (16)$$

Символ "о" - относится k сегодняшнему времени. Здесь Ω_m, Ω_r , и $\Omega_v \sim \Lambda/3H^2$ соответствуют плотности материи, которая не даёт давление, плотностью релятивистических частиц и плотностью вакуума, соответственно. Так называемая энергия вакуума или космическая плотность, входящая в уравнение (16) даёт основной вклад. Однако $\Omega_v \simeq 0.7$ и $\Omega_m \simeq 0.3$.

III. Численные значения некоторых главных физических величин [5]

- Масса электрона

$$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{кг}. \quad (17)$$

- Средняя плотность Вселенной

$$\rho_u = 1 \times 10^{-27} \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}. \quad (18)$$

Масса протона

$$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{кг}. \quad (19)$$

- Критическая плотность Вселенной

$$\rho_k = 5 \times 10^{-27} \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}. \quad (20)$$

- Температура основного-фононного излучения

$$t_0 = 2.725 \text{К}. \quad (21)$$

- Скорость света

$$c = 2.998 \times 10^8 \frac{\text{М}}{\text{сек}}. \quad (22)$$

- Боровский радиус атома

$$r_b = 5.29 \times 10^{-11} \text{М}. \quad (23)$$

- Расстояние между Солнцем и Землей

$$r_{\Theta_d} = 1.5 \times 10^{11} \text{М}. \quad (24)$$

- Расстояние, которое пролетает свет за год

$$R_\gamma = 9.46 \times 10^{15} \text{М}. \quad (25)$$

- Полураспад урана

$$t_{\text{уран}}^{1/2} = 1.41 \times 10^{17} \text{сек}. \quad (26)$$

- Если положить, что возраст Вселенной равен 13.7 миллиардов лет, то ему соответствует

$$t_U^1 = 4.32 \times 10^{17} \text{сек.} \quad (27)$$

- Если считать, что возраст Вселенной равен 13.6 и 13.82 миллиардов лет, то

$$t_U^2 = 4.29 \times 10^{17} \text{сек.}, \quad (28)$$

$$t_U^3 = 4.36 \times 10^{17} \text{сек.}$$

- Число всех созвёзд Вселенной приблизительно равно

$$N_O = 7 \times 10^{22} \div 10^{24}. \quad (29)$$

- Диаметр наблюдаемой Вселенной

$$D_U = 8.8 \times 10^{26} \text{м.} \quad (30)$$

- Масса солнца

$$m_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{кг.} \quad (31)$$

- Чёрная дыра с самой большой массой

$$M_{\text{ч.д.}} = 3.6 \times 10^{40} \text{кг.} \quad (32)$$

- Общий вес всей Вселенной

$$M_U = 3 \times 10^{52} \text{кг.} \quad (33)$$

- Число элементарных частиц всего мира, включая тёмную материю

$$n = 2 \times 10^{80} - 10^{86}.$$

- Планковская плотность

$$\rho_{Planck} = 5.1 \times 10^{96} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (34)$$

IV. Термодинамическое уравнение для идеальной жидкости и газа

Для жидкости и газа без вязкости основное уравнение термодинамики имеет стандартную форму

$$pV = nRT \quad (35)$$

где постоянное

$$R = 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}, \quad (36)$$

называется газовой константой для всех типов газа. Здесь

$$n = \frac{\text{число элементарных составляющих данной изучаемой системы}}{\text{число Авогадро}} \quad (37)$$

где число Авогадро равно $n_A = 6.02 \times 10^{23} \text{моль}^{-1}$. Под элементарным составляющим системы мы подразумеваем элементарные частицы, атомы и молекулы.

Если какие-либо другие (чужие) элементарные составляющие от какого-либо источника не входят в данную систему, то инвариантный вид

$$\frac{PV}{T} = \text{invariant} \quad (38)$$

или

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \dots = \frac{P_n V_n}{T_n}, \quad (39)$$

сохраняется для некоторых численных значений давления, объёма и температуры и при любом временном развитии системы.

A. Вначале большого рождения Вселенной термодинамический закон не выполняется

Предполагается, что в процессе большого рождения Вселенной, основные составляющие сегодняшнего мира-элементарные фундаментальные частицы, включая тёмную материю, рождаются с огромным количеством, приблизительно равным числу: $2 \times 10^{80} - 10^{86}$. Более того, мы допускаем, что вначале большого рождения Вселенной термодинамический закон (35) имеет силу, то следующее равенство

$$P_{Planck} V_{Planck} = \lambda T_{Planck}. \quad (40)$$

выполняется. Отсюда, мы найдём параметр λ :

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{4.63 \times 10^{113} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot 4.22 \times 10^{-105} \text{М}^3}{1.41 \times 10^{32} \text{К}} \\ &= 5.8 \times 10^{-23} \frac{\text{кг} \cdot \text{М}^2}{\text{с}^2 \text{К}}.\end{aligned}\quad (41)$$

В настоящее время, количество элементарных частиц $2 \times 10^{80} - 10^{86}$, рождённых при больших взрывах Вселенной не исчезает, а некоторые из них входят в образование структуры нашего материального мира, и тем самым мы допускаем, что после 3.6 миллиарда лет термодинамический закон (35) выполняется

$$p_{\Theta} V_{\Theta} = \lambda T_{\Theta} \quad (42)$$

где

$$V_{\Theta} = \frac{4\pi}{3} (1.295)^3 \times 10^{78} \text{М}^3 = 9.1 \times 10^{78} \text{М}^3,$$

$$T_{\Theta} = 2.725 \text{К}.$$

Отсюда, мы имеем

$$\begin{aligned}P_{\Theta} &= \frac{\lambda T_{\Theta}}{V_{\Theta}} = 5.8 \cdot 10^{-23} \frac{\text{кг} \cdot \text{М}^2}{\text{с}^2 \text{К}} \times 2.725 \text{К} \\ &\times \frac{3}{4\pi} \frac{10^{-78} \text{М}^3}{(1.295)^3} = 1.74 \times 10^{-101} \text{Па}\end{aligned}\quad (43)$$

Следовательно, мы можем сделать вывод о том, что в процессе большого рождения Вселенной термодинамический закон (35) не выполняется, и тем самым выражение (43) не имеет физического смысла.

В. В более позднее время от большого взрыва Вселенной термодинамический закон выполняется

Теперь возникает вопрос о том, что в течение развития Вселенной при каких временных интервалах начинает действовать термодинамический закон? Мы считаем, что после окончания бесконечного скоростного раздуваемого режима Вселенной в интервалах от одного секунда до около три минут, рождается огромное число фундаментальных элементарных частиц, таких как электронов, позитронов, протонов и нейтронов, и при этом температура Вселенной падает от Планковского $T_{Planck} = 1.417 \times 10^{32} \text{К}$ до несколько миллиардов Кельвин. Например, за одну секунду после рождения Вселенной температура падает до 10^{10}К и при этом давление определяется форму-

лой (35):

$$\begin{aligned}P_{сек}^1 &= \frac{2 \cdot 10^{80}}{6.02 \times 10^{23} \text{МОЛЬ}} \cdot \frac{8.31 \text{Дж} \cdot 10^{10} \text{К}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К} \cdot V_{сек}^1} \\ &= 2.446 \times 10^{41} \text{Па},\end{aligned}\quad (44)$$

где

$$V_{сек}^1 = \frac{4\pi}{3} (2.998)^3 \times 10^{24} \text{М}^2.$$

Если $n \sim 10^{85}$, то

$$P_{сек}^2 = 1.223 \times 10^{46} \text{Па}.$$

Эти цифры говорят о том, что после окончания раздуваемого режима Вселенной, термодинамический закон выполняется всюду, в основном, в космосе. Теперь мы попытаемся найти среднее давление Вселенной на сегодняшнее время. Тогда из уравнения (35), мы получаем

$$P_H V_H = n R T_H, \quad n = 2 \times 10^{80} - 10^{86}, \quad (45)$$

$$V_H = \frac{4\pi}{3} (1.295)^3 \times 10^{78} \text{М}^3 = 9.1 \times 10^{78} \text{М}^3.$$

1. Если $n = 2 \times 10^{80}$, то

$$\begin{aligned}P_H^1 &= \frac{2 \cdot 10^{80}}{6.02 \times 10^{23} \text{МОЛЬ}} \frac{1}{V_{\Theta}} \times 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К}} \times 2.725 \text{К} \\ &= 8.26 \times 10^{-22} \text{Па}.\end{aligned}\quad (46)$$

2. Если $n = 10^{86}$ то

$$P_H^2 = 4.13 \times 10^{-16} \text{Па}.\quad (47)$$

С другой стороны, из современных данных, полученных на основе гипотезы о существовании тёмной материи, можно получить почти одинаковый результат [4]:

$$\begin{aligned}P_U &= P_n = -\rho_{DE} = -0.685 \times 1.878 \times 10^{-29} \\ &\times (0.67 \div 0.73)^2 \cdot 9 \times 10^{13} \text{Па} = \\ &= (5.2 - 6.2) 10^{-16} \text{Па}\end{aligned}\quad (48)$$

Это среднее давление Вселенной относится в 1м^3 объёма.

V. Квант гравитационная сила

Мы знаем, что Ньютоновский потенциал

$$\Phi_N = \frac{G_N}{4\pi} \frac{1}{r} \quad (49)$$

играет руководящую роль в Эйнштейновской теории гравитации. В самом деле, при слабых полях

метрик-тензор имеет вид

$$g_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} + H_{\mu\nu}, \quad |H_{\mu\nu}| \ll 1, \quad (50)$$

где $\eta_{\mu\nu}$ есть Минковский метрик плоского мира:

$$\eta_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (51)$$

В этом случае, величина $H_{\mu\nu}$ связана с внешним слабым стационарным полем:

$$H_{00} = -2\Phi_N, \quad (52)$$

Здесь Φ_N есть Ньютоновский потенциал (49).

Теперь мы делаем аналогичную комбинацию, с помощью которой Макс Планк получил величину фундаментальной длины, носящей его имя:

$$l_{Pl} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}}. \quad (53)$$

Оказывается, что с помощью трёх фундаментальных констант:

- Ньютоновская гравитационная константа

$$G_N = 6.673 \times 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг сек}^2},$$

- Скорость света

$$c = 2.998 \times 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}},$$

которая является краеугольным камнем Эйнштейновской специальной теории относительности,

- Планковская константа

$$\hbar = 1.05457 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{сек}$$

которая является основой квантовых процессов, можно образовать ещё одну фундаментальную величину

$$F_{PN} = G_N \frac{\hbar M}{c R^3}. \quad (54)$$

где M есть масса рассматриваемой частицы и R радиус относительно некоторого центра. Мы будем называть её как квант гравитационную силу с массой M , которая обобщает Ньютоновскую силу в классической теории гравитации.

Пример 1. С помощью формулы (54), мы подсчитаем квант гравитационную силу между солн-

цем и землей:

$$\begin{aligned} F_{PN}^{c3} &= G_N \frac{\hbar \sqrt{M_c} \cdot \sqrt{M_z}}{c R_{c3}^3} = 6.673 \times 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \\ &\cdot 1.05457 \times 10^{-34} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} \times \frac{10^{-8} \text{с}}{2.998 \text{м}} \\ &\times \frac{\sqrt{6} \cdot \sqrt{2} \cdot 10^{27} \text{кг}}{(1.5)^3 10^{33} \text{м}^2} = 2.41 \times 10^{-59} \text{Н} \end{aligned} \quad (55)$$

и сравним её с Ньютоновской силой

$$F_N^{c3} = 3.559 \times 10^{22} \text{Н}. \quad (56)$$

Пример 2. Пусть для Галактики с массой $M_G = 2 \cdot 10^{41}$ кг каждой, находятся на расстоянии 100 миллион световых лет. Тогда квант гравитационная сила между ними равна

$$\begin{aligned} F_{PN}^{GG} &= G_N \frac{\hbar M_G}{c R_{GG}^3} = 2.3473 \times 10^{-53} \frac{\text{м}^4}{\text{с}^2} \\ &\times \frac{2 \cdot 10^{41} \text{кг}}{(9.46)^3 \cdot 10^{69} \text{м}^3} = 5.54 \times 10^{-84} \text{Н}. \end{aligned}$$

Пример 3. Квант гравитационная сила между электроном и протоном, находящегося на расстоянии $R_{ep} = 10^{-10}$ м даётся формулой

$$\begin{aligned} F_{PN}^{ep} &= 2.3473 \times 10^{-53} \frac{\text{м}^4}{\text{с}^2} \times \frac{\sqrt{91.1 \times 16.73} 10^{-30} \text{кг}}{10^{-30} \text{м}^3} \\ &= 9.16 \times 10^{-52} \text{Н}. \end{aligned}$$

Пример 4. Для рождения Вселенной требуется следующая квант гравитационная сила

$$\begin{aligned} F_{PN}^{U} &= 2.3473 \times 10^{-53} \frac{\text{м}^4}{\text{с}^2} \times \frac{3 \cdot 10^{52} \text{кг}}{(1.616)^3} 10^{105} \frac{1}{\text{м}^3} \\ &= 1.67 \times 10^{104} \text{Н}. \end{aligned}$$

Пример 5. Мы считаем, что из-за квант гравитационной силы (54) в пространство-временной области около горизонта супер тяжёлой чёрной дыры происходит квант флуктуационный процесс. Благодаря этому процессу, около чёрной дыры может возникнуть так называемое Хоукинговское тепловое излучение. Теперь мы подсчитаем энергию этого излучения. Допустим, что квант флуктуационный процесс происходит в атомной области, определяемой радиусом $R \sim R_{\text{атом}} \sim 10^{-10}$ м. Тогда для супер массовой чёрной дыры с массой $M_{bh} = 3.6 \times 10^{40}$ кг мы имеем

$$\begin{aligned} F_{PN}^{bh} &= 2.3473 \times 10^{-53} \frac{\text{м}^4}{\text{с}^2} \cdot \frac{3.6 \times 10^{40} \text{кг}}{10^{-30} \text{м}^3} \\ &= 8.45 \times 10^{17} \text{Н} = 8.45 \times 10^{17} \frac{\text{Джоуль}}{\text{м}}. \end{aligned}$$

Тогда единичной длине пространственно-временного метрика соответствует доля квант

гравитационной силы

$$\mathcal{D} = \frac{F_{PN}^{bh}}{M} = 8.45 \times 10^{17} \frac{\text{Джоуль}}{M^2}.$$

Отсюда, количество энергии излучения по всей поверхности чёрной дыры равно

$$E = D \cdot 4\pi R_{bh}^2, \quad R_{bh}^l \sim 5.4 \cdot 10^{13} \text{ м.}$$

Следовательно, суммарная энергия Хоукинговского теплового излучения даётся формулой

$$E_H = 3.1 \times 10^{46} \text{ Джоуль} = 3.1 \times 10^{46} \text{ Вт} \cdot \text{сек.}$$

Другими словами, супер чёрная дыра во все времена её существования излучает такое количество энергии и тем самым исчезает в пространственно-временную точку. Для сравнения взрыв суперновы выделяет огромное количество энергии, равное

$$E_{sn} \sim 1.2 \times 10^{44} \text{ Джоуль.}$$

Об этом подобном взрыве было замечено в 1054 году в древней китайской книге.

Пример 6. Мы знаем, что ускоренная энергия ЦЕРН-а способна "прошубывать" на расстояние $\lambda = 1 \times 10^{-18}$ м и тем самым она может вызывать квант вакуумную флуктуацию в малой области, определяемой этим расстоянием. Предположим, что если бы на этом ускорителе родилась мини-чёрная дыра с массой $m_{Pl} \sim 10^{-5}$ г, то

$$E_{лаб} = \frac{F_{PN}^{лаб}}{M} = 0.15 \frac{\text{ГэВ}}{\text{см}^2}$$

такое количество энергии протекало бы через 1 см^2 -на поверхности детектора ускорителя.

VI. Особенность квант гравитационной силы и сравнение её с другими силами физики

А. Сущность волнового свойства элементарных частиц

Оказывается, что физический смысл волновой природы элементарных частиц вытекает из равенства Ньютоновской и квант гравитационной сил:

$$G_N \frac{M^2}{r^2} = G_N \frac{\hbar M}{c r^3} \quad (57)$$

для двух тождественных частиц с массой M .

Отсюда, мы получаем сразу же Комптоновскую длину волны

$$r_C = \frac{\hbar}{Mc}. \quad (58)$$

Например, для электрона

$$r_C^e = 3.86 \times 10^{-13} \text{ м}, \quad (59)$$

а для протона

$$r_C^p = 2.1 \times 10^{-16} \text{ м}, \quad (60)$$

соответственно. Равенство (58) и знаменитая Эйнштейновская формула

$$E = mc^2 \quad (61)$$

вместе дают основные характеристики волнового свойства элементарных частиц, а именно:

$$r_C = \lambda = \frac{\hbar}{mc}, \quad E = \frac{1}{\lambda} \hbar c = \hbar \nu. \quad (62)$$

Пример 7. Кулоновская

$$F_C^e = k_e \frac{e^2}{(r_C^e)^2},$$

Ньютоновская F_N^e , и квант гравитационная сила F_{PN}^e между двумя электронами, находящимися на расстоянии r_C^e , определяемое формулой (59) и с электрическим зарядом

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

имеют следующие численные значения:

$$\begin{aligned} F_C^e &= 8.99 \times 10^9 \frac{H \cdot M^2}{C^2} \frac{(1.602)^2 \times 10^{-38} C^2}{(3.86)^2 10^{-26} M^2} \\ &= 1.55 \times 10^{-3} H. \end{aligned} \quad (63)$$

$$\begin{aligned} F_N^e &= 6.673 \times 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{\text{кг}^2} \cdot \frac{(9.11)^2 10^{-62} \text{ кг}^2}{(3.86)^2 10^{-26} M^2} \\ &= 3.72 \times 10^{-46} H. \end{aligned} \quad (64)$$

$$\begin{aligned} F_{PN}^e &= 2.3473 \times 10^{-53} \frac{M^4}{\text{сек}^2} \frac{9.11 \times 10^{-31} \text{ кг}}{(3.86)^3 \cdot 10^{-39} M^3} \\ &= 3.72 \times 10^{-46} H. \end{aligned} \quad (65)$$

соответственно.

В. Физический смысл Планковской длины

Оказывается, что можно придавать величине Планковской длины ясное физическое обоснование. Для этого, мы сравним сильно взаимодействующую силу, определяемую потенциалом Юкавы и с квант гравитационной силой с помощью сле-

дующего равенства:

$$g \frac{mc^2}{r} e^{-mr} = \frac{G\hbar m}{c r^3}, \quad (66)$$

где мы должны предположить $g \sim 1$, $e^{-mr} \sim 1$ при малых расстояниях. Тогда равенство (66) даёт непосредственно величину Планковской длины

$$r = L_{Pl} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}}. \quad (67)$$

Более того, пусть частица с массой m движется по окружности с радиусом r и со скоростью света. Тогда из равенства центробежной и квант гравитационной сил мы можем также получить физический смысл Планковской длины

$$F = \frac{mc^2}{r}, \quad \frac{mc^2}{r} = \frac{G\hbar m}{c r^3}. \quad (68)$$

Отсюда

$$r = L_{Pl} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}}.$$

Физический смысл равенства (66) состоит о том, что если величина сильно взаимодействующей силы совпадает с квант гравитационной силой, то процесс объединения этих двух сил происходит в области, определяемой Планковской длиной.

С. Квант длина, квант метрик, квант поверхность и квант объём и их физический смысл

Теперь рассмотрим условие, для которого Кулоновская сила с зарядом q и массой m совпадает с квант гравитационной силой

$$\boxed{k_e \frac{q^2}{r^2} = \frac{G\hbar M_q}{c r^3}}, \quad (69)$$

где

$$k_e = 8.99 \times 10^9 \frac{H \cdot M^2}{c^2},$$

$$q = 1.602 \times 10^{-19} C.$$

Отсюда, для электрона

$$r_e = \frac{G\hbar}{c} \frac{1}{k_e} \frac{M_e}{q^2} = 9.268 \times 10^{-56} M$$

или

$$\begin{aligned} M_e &= \frac{(1.602)^2 \times 10^{-38} \cdot 8.99 \times 10^9}{2.3473 \times 10^{-53}} \frac{K\Gamma}{M} \cdot r_e \\ &= 9.83 \times 10^{24} \frac{K\Gamma}{M} \cdot r_e, \end{aligned} \quad (70)$$

а для протона

$$M_p = 9.83 \times 10^{24} \frac{K\Gamma}{M} \cdot r_p, \quad (71)$$

здесь

$$r_p = 1.702 \times 10^{-52} M.$$

Можно записать выражения (70) и (71) в другом виде:

$$r_e = 1.0167 \times 10^{-25} \frac{M}{K\Gamma} \cdot M_e, \quad (72)$$

$$r_p = 1.0167 \times 10^{-25} \frac{M}{K\Gamma} \cdot M_p. \quad (73)$$

Физический смысл формул (70) и (71) состоит в том, что для каждой частицы с массой M соответствуют квант длина, квант метрик, квант поверхность и квант объём. Другими словами, элементарные частицы могут быть интерпретированы как пространство-временное образование в виде пузырька с огромной плотностью и температурой. Следовательно, формулы (70) и (71) можно записать в другом виде

$$M_i = \Lambda r_i, \quad (74)$$

$$M_i = \Lambda \sqrt{g_{kj}^{(i)} x^k x^j}, \quad (75)$$

$$M_i = \Lambda \sqrt{S_i/S_1}, \quad (76)$$

$$M_i = \Lambda (v_i/v_1)^{1/3}, \quad (77)$$

Эти формулы означают, что частице с малой массой соответствует квант пузырёк с малой поверхностью и малым объёмом, а частице с большой массой соответствует пузырёк с большой поверхностью и большим объёмом. Здесь

$$r_i^2 = g_{kj}^{(i)}(x) x^k x^j$$

$$S_i = 4\pi r_i^2, \quad v_i = \frac{4\pi}{3} r_i^3,$$

$$S_1 = 4\pi, \quad v_1 = \frac{4\pi}{3}.$$

$$\Lambda = \frac{k_e q^2 \cdot c}{G_N \hbar} = 9.83 \times 10^{24} \frac{\text{кг}}{\text{м}} \quad (78)$$

Последнее равенство есть квантовое число.

На основе всех этих вышеуказанных формул можно сделать вывод о том, что пространственно-временная область, определяемая длиной, намного меньше, чем Планковская длина, которая не может превратиться в голую сингулярность Хоукинга и Пенроуза, а напротив может иметь определённый физический смысл. Более того, из-за квант гравитационной силы (54), голая математическая сингулярность вообще не может существовать и не имеет своего смысла.

Отметим, что для того, чтобы каждая частица вышла из сингулярности Хоукинга-Пенроуза ей требуется огромная скорость. Например, для электрона и протона эти выходные скорости равны:

$$v_e = \sqrt{\frac{G_N \hbar}{c}} \frac{1}{r_e} = 5.23 \times 10^{28} \frac{\text{м}}{\text{сек}},$$

$$v_p = \sqrt{\frac{G_N \hbar}{c}} \frac{1}{r_p} = 2.85 \times 10^{25} \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Поскольку сингулярная или особая пространственно-временная область является внутренней областью, поэтому эти огромные скорости не нарушают принцип Эйнштейна о предельной скорости материи во внешней области пространства-времени.

Наконец, мы можем ответить на вопрос о том, какие частицы должны выйти впервые во внешнем пространстве-времени и какие частицы должны следовать за первой и т.д. Одним словом, процесс рождения и выявления элементарных частиц во внешнем мире имеет квант последовательную характеристику. Частицы с малой массой например, электроны и позитроны рождаются в первую очередь, а потом более тяжёлые частицы как протоны и нейтроны рождаются вслед за электронами и позитронами и т.д. Физическая причина этого последовательного рождения элементарных частиц является в том, что более лёгкие частицы могут выйти из более горячей сингулярной области, а более тяжёлые частицы выходят от менее горячей сингулярной области и т.д. Например, для электрона его выходная энергия равна

$$E_e = \frac{\hbar c}{r_e} = \frac{1.05457 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{сек} \cdot 2.998 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{9.268 \times 10^{-56} \text{ м}} = 3.411 \times 10^{29} \text{ Джоуль}.$$

а для протона

$$E_p = \frac{1.05457 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{сек} \times 2.998 \times 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{1.702 \times 10^{-52} \text{ м}} = 1.858 \times 10^{26} \text{ Джоуль}$$

соответственно.

Д. Магнитный монополю

Мы знаем, что частицы с электрическими зарядами, положительными и отрицательными, постоянно наблюдаются в природе, они создают в окружающем пространстве кулоновское поле. Магнитные же заряды, ни положительные, ни отрицательные, никогда не наблюдались по отдельности. Законы классической электродинамики допускают существование частиц с одним магнитным полюсом-магнитных монополей. Если магнитный монополю с магнитным зарядом g существует, то формула

$$g \cdot \frac{2e}{\hbar c} = N, \quad (79)$$

справедлива и требует, чтобы все заряженные частицы в его окрестности имели заряд e , равный целому кратному величине $\hbar c/2g$. Таким образом, электрические заряды должны быть квантованы. Пусть $N = 2$, тогда магнитный монополю создает магнитное поле

$$\vec{B} = -\frac{\hbar c}{e} \frac{\vec{r}}{r^3}. \quad (80)$$

Тогда другой падающий магнитный монополю с магнитным зарядом $\hbar c/e$ взаимодействует с полем (80) с помощью магнитной силы

$$F_m = \left(\frac{\hbar c}{e}\right)^2 \frac{[\vec{r} \times \frac{\vec{v}}{c}]}{r^3}, \quad (81)$$

где \vec{v} - скорость падающего монополя. Пусть падающий магнитный монополю движется со скоростью света в направлении, перпендикулярно к полю неподвижного монополя с массой M . В этом случае, мы имеем равенство двух сил

$$\left(\frac{\hbar c}{e}\right)^2 \frac{[\vec{r} \times \frac{\vec{v}}{c}]}{r^3} = \frac{G_N \hbar M}{c} \frac{1}{r^3}. \quad (82)$$

или

$$\frac{\hbar c}{(e^2/\hbar c)} \frac{1}{r^2} = \frac{G_N \hbar M}{c} \frac{1}{r^3}, \quad (83)$$

где $\alpha = e^2/\hbar c = \frac{1}{137.03599}$ есть константа тонкой структуры. Теперь мы можем положить $r = \frac{\hbar}{Mc}$

и получить изящное равенство

$$M^2 = \frac{\hbar c}{G_N} (137.03599) = M_{Pl}^2 \frac{1}{\alpha}. \quad (84)$$

Отсюда, мы имеем численное значение массы магнитного монополя

$$M = 2.5481 \times 10^{-7} \text{ кг}$$

или

$$M = 1.4291 \times 10^{17} \frac{\text{ТэВ}}{c^2}, \quad (85)$$

здесь $1 \text{ кг} = \frac{1}{1.783} \times 10^{36} \frac{\text{эВ}}{c^2}$, $M_{Pl} = 2.177 \times 10^{-5} \text{ г}$ является Планковской массой.

Отсюда, мы можем сделать заключение, что в настоящее время в современной ускорительной технике не могут быть обнаружены магнитные монополи, если они существуют в природе. Наконец, мы отметим, что значение массы магнитного монополя определяется изящной комбинацией четырёх фундаментальных констант \hbar, c, α и G_N . Заметим, что для Ньютоновской силы мы также получаем прекрасную формулу (84) для $M_{\text{мон}}$. Это означает, что магнитный монополи может служить самой последней элементарной частицей, обладающей волновым свойством с Комптоновской длиной волны

$$\lambda_{\text{мон}} = \hbar / (M_{\text{мон}} \cdot c).$$

Е. Сравнение слабых и квант гравитационных сил

Слабое взаимодействие определяется константой Ферми

$$\begin{aligned} G_F^0 &= \frac{G_F}{(\hbar c)^3} = \frac{\sqrt{2}}{8} \frac{g^2}{m_W^2} = 1.166 \times 10^{-5} \text{ ГэВ}^{-2} \\ &= 4.543 \times 10^{14} \text{ Дж}^{-2}. \end{aligned}$$

Равенство двух сил определяется из следующей формулы

$$\frac{G_F}{R^4} = \frac{G_N \hbar m_W}{c R^3}, \quad (86)$$

где m_W есть масса W^- бозона. Отсюда, мы можем определить расстояние, при котором слабая и квант гравитационные силы могут объединяться:

$$R_{ck} = 4.269 \times 10^{15} \text{ м} \quad (87)$$

или

$$E_{ck} = 7.4 \times 10^{-42} \text{ Дж} = 4.62 \times 10^{-35} \text{ ТэВ} \quad (88)$$

где $1 \text{ Дж} = \frac{1}{1.602176} \times 10^{19} \text{ эВ}$. Отсюда мы видим, что интенсивность или значение двух сил почти одинаковы в пределах экспериментальных ошибок.

Ф. Квант гравитационная сила и вакуумная энергия

Мы предполагаем, что Казимир эффект или вакуумная энергия (сила) между двух пластинок определяется формулой

$$\frac{1}{6} \cdot \frac{\hbar c \pi^2}{240 a^4} A = \frac{m_{\text{пл}} G_N \hbar}{a^3 c} \quad (89)$$

или

$$a \rho_{\text{пл}} = \frac{1}{6} \frac{c^2 \pi^2}{240 G_N} = 9.23 \times 10^{24} \frac{\text{кг}}{\text{м}}, \quad (90)$$

где a есть расстояние между двух пластинок и $\rho_{\text{пл}} = m_{\text{пл}}/A$ является плотностью массы пластинки отнесенной к единице её площади A .

Мы видим что величина (90) почти совпадает с квантовым числом (78):

$$\Lambda = 9.83 \times 10^{24} \frac{\text{кг}}{\text{м}}.$$

Отметим, что коэффициент $1/6$ возникает от числа степеней свобод пластинки в пространстве как твердое тело.

[1] Wojowald, M. Quantum Cosmology. In: Encyclopedia of Mathematical Physics Vol.4, pp153-158 (Eds. Francoise, J-P, Naber, G, Tsun, T.S). Elsevier (Academic Press, Amsterdam u.a (2006).
 [2] Quantum Gravity, Standard Encyclopedia of Philosophy, May 27, 2015.
 [3] Value of the Cosmological Constant: Theory versus Experiment

<https://cds.cern.ch/record/485959/files/0102033.pdf>
 [4] [http://www.researchgate.net/post/What is the value of the pressure in the universe](http://www.researchgate.net/post/What_is_the_value_of_the_pressure_in_the_universe)
 [5] <http://www.physicsoftheuniverse.com/number.html>