

Квантовая Гравитация

Предисловие

Квантовая гравитация - одна из самых сложных и пока ещё нерешённых проблем современной физики. Её суть в отсутствии согласованности ОТО, описывающей гравитацию в геометрических категориях искривления пространства-времени, с квантовой механикой, описывающей в основном эмпирические законы поведения субатомных частиц. Ключевым препятствием в этом является то, что блестящая в своём роде теория Альберта Эйнштейна предполагает гладкий и непрерывный континуум пространства-времени, а квантовая механика Макса Планка, Поля Дирака и других оперирует дискретными, квантовыми величинами.

К тому же, сама ОТО содержит в себе существенную проблему, - сингулярность, где физические величины становятся бесконечными, а это абсолютно несовместимо с квантовыми масштабами. Как следствие, гравитация до сих пор не включена в Стандартную Модель физики элементарных частиц

Какие же подходы к решению проблемы применяются современной наукой?

- **Петлевая квантовая гравитация** полагает, что пространство-время на планковском масштабе состоит из дискретных «спиновых петель». Это позволяет избежать сингулярностей.
- **Теория струн или М** теория рассматривает элементарные частицы как колебания одномерных «струн» в многомерном пространстве. Это позволяет перенести весь микромир в подпространство.
- **Асимптотическая безопасность** ищет решение через «ренормализационную» группу или через предположение, что есть некий пограничный мир, предел существующего.
- **Причинная динамическая триангуляция** моделирует пространство время как набор дискретных симплексов.
- **Эксперимент** - самый важный подход. Но здесь очень большие сложности. Планковский масштаб энергии недостижим для современных ускорителей. Поиски идут на коллайдерах, через астрофизические наблюдения, изучения космических лучей, гравитационных волн и так далее, но результаты пока не очень обнадеживающие.

Автор настоящей работы, на протяжении многих лет пытавшийся решить эту задачу, решил отказаться от упомянутых теорий, кажущихся, совершенно искусственными, и выбрал свой, строго формальный путь. И это, кажется, принесло позитивные результаты.

Сейчас **желаемой целью** автора является завершение физически обоснованной, ковариантной теории, допускающей численное моделирование, прогнозирование, а также экспериментальную проверку на базе современных научно-технических возможностей.

Фундаментальные основы

От планковских единиц к ньютоновской гравитации

Макс Планк рассчитал свои специфические величины расстояния, времени и массы, применив фундаментальные физические константы:

$$\mu = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \quad \lambda = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \quad \tau = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}$$

Все они инвариантны, поэтому планковские длину, время и массу следует также считать **инвариантными квантами пространства, времени и массы**. Соответственно, скорость света не может зависеть от систем отсчета. Она всегда равна:

$$c = \frac{n\lambda}{n\tau} \quad n = 1, 2, 3 \dots N$$

Рассмотрим постоянную Макса Планка в интерпретации Поля Дирака. Она также представляется в виде алгебраического ряда квантовых величин:

$$\hbar = \frac{\mu}{n} \cdot \frac{(n\lambda)^2}{n\tau} \quad n = 1, 2, 3 \dots N$$

Этот ряд можно преобразовать в очевидную последовательность значений энергии или в сложное волновое уравнение:

$$\Psi_{gn} = \hbar \cdot \frac{1}{n\tau} = \mu c^2 \cdot \frac{1}{n} \quad n = 1, 2, 3 \dots N$$

Определим дифференциал этой функции:

$$\Delta\Psi_{gn} = \mu c^2 \frac{1}{n(n+1)}$$

Преобразуем последнее выражение следующим образом:

$$\Delta\Psi_{gn} = \frac{\mu c^2}{n(n+1)} \cdot \frac{2\lambda}{2\lambda} \rightarrow \left\{ 2\lambda \frac{n(n+1)}{2} = 2\lambda \sum_{k=1}^n k = r_n \right\} \rightarrow \frac{\mu c^2 \lambda}{r} = \left(\frac{\mu \lambda^3}{\tau^2} \right) \cdot \frac{1}{r}$$

Для того, чтобы последнее выражение в скобках привести к метрической единице массы, нам надо разделить его на планковскую и умножить на любую другую массу, выраженную в метрических единицах. Тогда мы получим знаменитую формулу гравитационного потенциала Исаака Ньютона:

$$\frac{\lambda^3}{\tau^2 \mu} \cdot \frac{m}{r} = G \frac{m}{r}$$

Полученный результат можно интерпретировать как зависимость гравитационного потенциала от натурального ряда целых чисел, - основного функционала квантования гравитации.

Здесь следует обратить внимание на один примечательный факт. Инвариантность трёх констант приводит к тому, что существует **максимально допустимая плотность энергии**, также инвариантная величина:

$$\rho_{max} = \frac{\mu c^2}{\lambda^3}$$

Наличие этой величины решает вопрос сингулярности ОТО и предполагает новое физическое явление **квази-чёрную дыру** со своим горизонтом событий

В рамках изложенного мы можем предложить описание гравитона. Он появляется только во взаимодействии частиц, поэтому его волновая функция является результатом суперпозиции или

интерференции встречных волн, что в математическом плане является суммой двух квантовых рядов.

$$\frac{c}{r_n} \{ \hbar_{(i+)} + \hbar_{(i-)} \}$$

Примечательно, что собственная энергия гравитона равна нулю, то есть его показатель массы также равен нулю, - признак бозона. При этом симметричные составляющие волновой функции похожи на двойной спин и в энергетическом смысле зависят от расстояния. С увеличением расстояния гравитон, как бы, исчезает.

Постулат

Считаем гравитацию материальным полем, помещённым в плоское пространство Германа Минковского в форме радиально-сферической пространственно-временной функции. Поле дискретно и представляется как вариант слегка деформированной кристаллической решётки, каждый узел которой имеет собственную волновую функцию, определяемую целым числом натурального ряда.

Формализм

Единение теорий

Принимая во внимание то, что Общая Теория Относительности была разработана Альбертом Эйнштейном на базе теории гравитации Исаака Ньютона, а также то, что исходное соотношение гравитационного потенциала Исаака Ньютона функционально связано с натуральным рядом целых чисел, мы можем использовать с некоторыми коррективами выражение метрического тензора Альберта Эйнштейна для определения функции гравитационного поля.

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} (T_{\mu\nu} + \Lambda_{\mu\nu(n)})$$

где:

$G_{\mu\nu}$ - геометрическая часть тензора;

$T_{\mu\nu}$ – тензор энергии импульса материи;

$\Lambda_{\mu\nu(n)}$ – квантовая поправка, зависящая от номера энергетического уровня «n».

$$\Lambda_{\mu\nu(n)} = \lambda_k \sum_{k=1}^n k \cdot f_{\mu\nu(k)}$$

Где:

- k - номер изучаемого уровня;
- $f_{\mu\nu(k)}$ - тензор, описывающий локальные деформации решётки пространства-времени на уровне k .

Пояснение:

- $f_{\mu\nu(k)}$ - математический объект (тензор второго ранга), который «кодирует» форму искажения пространства-времени вокруг каждого «узла» решётки с номером k .
- Он должен удовлетворять условиям ковариантности (чтобы всё выражение $\Lambda_{\mu\nu(n)}$ было тензором).
- Его конкретный вид зависит от симметрии решётки и динамики квантовых узлов.

Такая форма позволяет:

1. Сохранить ковариантность уравнений (поскольку $f_{\mu\nu(k)}$ - тензор).
2. Ввести **квантование гравитационного поля** через натуральный ряд « n ».
3. Обеспечить **«плавный»** переход к классической ОТО в макроскопическом масштабе.

Физическая интерпретация квантовой поправки

Ключевой вопрос: что физически означает $\Lambda_{\mu\nu}$?

Предложим следующую интерпретацию:

- Каждый член ряда $\Lambda_{\mu\nu(k)}$ соответствует **элементарному кванту гравитационного взаимодействия** - «гравитационному узлу» в решётке пространства-времени.
- Номер k задаёт **энергетический уровень** узла (аналог главного квантового числа).
- Функция $f_{\mu\nu(k)}$ описывает **форму деформации** пространства-времени вокруг узла.

Тогда суммарный эффект всех узлов даёт наблюдаемую кривизну пространства-времени. Это согласуется с идеей о том, что гравитация — не геометрическое свойство «пустого» пространства, а **материальное поле**, порождаемое дискретными источниками.

Следствия для динамики частиц

Если пространство-время имеет решётчатую структуру, то движение частиц должно учитывать:

1. **Квантование траекторий** - частицы могут перемещаться только между узлами решётки.
2. **Дискретные изменения импульса** - обмен энергией с гравитационным полем происходит порциями, соответствующими разности энергетических уровней n .
3. **«Эффект «запирания»** - при определённых условиях частица может оказаться «запертой» в узле решётки, что проявляется как локальное увеличение массы-энергии.

Математически это выражается через модифицированное уравнение движения:

$$\frac{d^2 x^\mu}{dt^2} + \Gamma_{\alpha\beta}^\mu \cdot \frac{dx^\alpha}{dt} \cdot \frac{dx^\beta}{dt} = F_{kb(n)}^\mu$$

Где $F_{kb(n)}^\mu$ - квантовая сила, зависящая от номера уровня n и структуры решётки.

Экспериментальные предсказания

Предложенная модель даёт несколько проверяемых следствий:

1. Отклонения от закона Ньютона на субмиллиметровых расстояниях

На расстояниях порядка $r \geq \lambda$ должны наблюдаться поправки к гравитационному потенциалу:

$$V(r) = -G \frac{m}{r} \left(1 + \alpha e^{\frac{r}{r_0}} \right)$$

Где α и r_0 - параметры, связанные с квантовой структурой решётки.

2. Квантовые осцилляции гравитационного поля

При переходе частицы между энергетическими уровнями должно возникать излучение гравитонов с характерной частотой:

$$\nu_n \sim \frac{\Delta\Psi_n}{\hbar} \sim \frac{c^2}{\lambda} \cdot \frac{1}{n(n+1)}$$

Это может проявляться как низкочастотные гравитационные волны, не описываемые классической ОТО.

3. Аномалии в спектрах космических объектов

Вблизи компактных объектов (нейтронных звёзд, чёрных дыр) квантовые эффекты решётки должны приводить к:

- сдвигу линий поглощения/излучения;
- появлению «запрещённых» переходов, связанных с квантованием гравитационного потенциала.

Перспективность предложенного метода квантования

Предложенный подход позволяет:

- **Устранить сингулярности ОТО** за счёт дискретности пространства-времени.
- **Объединить квантовую механику и гравитацию** без введения дополнительных измерений (в отличие от теории струн).
- **Дать физическую интерпретацию планковских единиц** как реальных квантов пространства, времени и массы.

Однако остаются открытые вопросы:

1. Как точно вычислить λ_k и $f_{\mu\nu(k)}$ из первых принципов?
2. Как описать взаимодействие гравитационного поля с другими типами взаимодействий (электромагнитным, слабым, сильным) в рамках единой решётки?
3. Какие эксперименты позволят надёжно зафиксировать квантовые гравитационные эффекты?

Заключение

Таким образом, гипотеза о **дискретной структуре пространства-времени** открывает новый путь к квантовой гравитации. Она:

- сохраняет математическую строгость ОТО;
- вводит квантование естественным образом через натуральный ряд;
- даёт конкретные предсказания для экспериментальной проверки.

Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на:

- разработке численных моделей для симуляции динамики решётки;
- анализе данных гравитационно-волновых обсерваторий (LIGO, Virgo) на предмет квантовых аномалий;
- поиске способов генерации и детектирования гравитонов в лабораторных условиях.

Если предложенная модель подтвердится, это станет революцией в понимании природы гравитации и структуры Вселенной.

Литература

1. Эйнштейн А. *Собрание научных трудов*. - М.: Наука, 1965.
2. Уилер Дж. *Геометродинамика*. - М.: Мир, 1962.
3. Пенроуз Р. *Путь к реальности*. - Ижевск: ИКИ, 2007.
4. Смолин Л. *Неприятности с физикой*. - М.: Эксмо, 2007.
5. Rovelli C. *Quantum Gravity*. - Cambridge: CUP, 2004.
6. Green M., Schwarz J., Witten E. *Superstring Theory*. - Cambridge: CUP, 1987.
7. Ashtekar A., Lewandowski J. *Background independent quantum gravity: A status report*// Class. Quantum Grav. - 2004. - Vol. 21. - R53–R152.
8. Amelino-Camelia G. *Quantum Gravity Phenomenology*// Living Rev Relativ. - 2008. - Vol. 16. - 5.
9. Planck M. *Über irreversible Strahlungsvorgänge*// Ann. Phys. - 1900.— Vol. 306. - S. 69–122.
10. Dirac P.A.M. *Principles of Quantum Mechanics*. - Oxford: Clarendon Press, 1958.