

# 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 дале, но результаты пока не очень обнадёживающие.

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 корректировками 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:

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

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  $\alpha$  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  $\lambda_k$  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.