

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 найти решение проблемы, отказался от этих теорий, кажущихся совершенно искусственными, и выбрал свой, строго формальный вариант, пронёсший чрезвычайно интересные 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

Макс Планк определил свои специфические величины расстояния, времени и массы по соотношениям фундаментальных физических констант:

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

Все эти константы инвариантны, поэтому планковские длину, время и массу следует также считать **инвариантными квантами пространства, времени и массы**. Согласившись с этим, мы можем найти квантовое решение гравитации!

Рассмотрим модифицированную Полем Дираком постоянную Макса Планка, выраженную через пропорциональные наборы квантовых величин. Это простой алгебраический ряд с одним и тем же членом, но с бесконечно широкой количественной вариацией его исчисления:

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

Этот ряд можно преобразовать в 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 его путём подстановки в числитель и в знаменатель дифференциала длин изучаемых волновых компонентов, всегда равного двум квантам Макса Планка. В знаменателе мы получим выражение, соответствующее сумме ограниченного числа членов натурального ряда целых чисел:

$$\Delta\Psi_{gn} = \frac{\mu c^2}{n(n+1)} \cdot \frac{2\lambda}{2\lambda} = \frac{\mu c^2 \lambda}{2\lambda \cdot \left\{ \frac{n(n+1)}{2} \right\}} \rightarrow 2\lambda \left\{ \frac{n(n+1)}{2} \right\} = 2\lambda \sum_{n=1}^N n = r_N$$

Два кванта расстояния, умноженные на сумму чисел натурального ряда, это интегральное расстояние от первого до энного члена волновой функции.

$$\Delta\Psi_{gn} = \frac{\mu c^2 \lambda}{r_n} = \left(\frac{\mu \lambda^3}{\tau^2} \right) \cdot \frac{1}{r_n}$$

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:

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

Полученный результат можно интерпретировать как зависимость гравитационного потенциала от натурального ряда целых чисел, - **основного функционала квантования любого из физических явлений**.

Предложенная волновая функция носит **формально алгебраический характер**, - в ней отсутствуют пространственные или импульсные переменные, без которых классическое геометрическое представление волновой функции в виде распределения амплитуды в пространстве **невозможно**. Тем не менее, можно предложить **условные геометрические интерпретации**, исходя из структуры формулы и физического смысла входящих величин.

1. Интерпретация через дискретные энергетические уровни, - правая часть волнового уравнения:

$$\Psi_{gn} = \mu c^2 \cdot \frac{1}{n}$$

Она напоминает квантование энергии, или характерную спектральную шкалу (возможно, масса-энергия покоя некоторой частицы или системы), - натуральное число здесь, задаёт энергетический уровень. Этому соответствует следующая модель:

- Вертикальная ось энергии.

- На этой оси точки значения энергии.
- Эти точки образуют дискретный спектр, сгущающийся при увеличении номера «n».
- Похоже на модель Нильса Бора для атома водорода.

Геометрия: лестница уровней энергии, расстояние между которыми уменьшается с ростом «n».

2. Интерпретация через периодичность, левая часть волнового уравнения.

$$\Psi_{gn} = \hbar \cdot \frac{1}{n\tau}$$

- τ - некоторый характерный период времени;
- $n\tau$ - кратные периоды.

Геометрия:

- Для каждого уровня можно построить окружность радиуса $Rn = |\Psi_{gn}| = \frac{\hbar}{n\tau}$
- На окружности можно отметить фазу $\varphi = \omega t$, где $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$.
- Тогда волновую функцию можно представить как **вектор «i»**, вращающийся с частотой $\frac{\omega}{n}$, на «jk» комплексной плоскости.

Геометрия: набор концентрических окружностей с радиусами $R \sim \frac{1}{n}$, на каждой свой псевдовектор вращения.

3. Интерпретация через радиальную симметрию (сферические слои).

Если допустить, что волновая функция описывает состояние в центральном поле, тогда можно ввести радиальную координату и представить её как:

$$|\Psi_{gn}(r)| \sim \frac{1}{n} \cdot f(r):$$

Где $f(r)$ некоторая радиальная функция, затухающая с удалением от центра, например, гравитационный потенциал Исаака Ньютона.

Геометрия:

- Вложенные друг в друга сферы с единым центром в начале координат.
- На каждой сфере амплитуда волновой функции пропорциональна $1/n$.
- Разные n соответствуют разным «оболочкам» с разной «условно световой» интенсивностью, снижающейся по мере удаления от центра.

4. Интерпретация через плотность энергии.

В рамках рассматриваемой модели есть ещё одна инвариантная величина, - **максимально допустимая плотности энергии:**

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

В сферическом варианте геометрии поля такой плотностью обладает только одна, первая или центральная сфера. Далее, по мере удаления от центра плотность стремительно уменьшается по гиперболе пропорциональной кубу квантового числа «n».

$$\rho_{\epsilon(n)} \sim \frac{\mu c^2}{n^3}$$

Геометрический вывод

В рамках изложенного очевидной кажется модель практически бесконечного набора сфер, имеющих единый центр и единообразные осцилляционно-волновые уравнения. Осцилляции можно интерпретировать как тензоры энергии момента импульса или псевдовекторы вращения, быстро затухающие по мере удаления от центра

Антигравитация

Наличие величины максимально-допустимой плотности энергии, с одной стороны, решает вопрос сингулярности ОТО, а, с другой стороны, предполагает новое физическое явление, - **естественный источник антигравитации**. Запрет на рост плотности энергии должен быть как-то оформлен.

Сама по себе материальная точка, обладающая максимальной плотностью энергии, похожа на «квази-чёрную дыру» с «квази-горизонтом событий». Ни одно из событий не может произойти на поверхности точки, всё должно происходить за пределами некоторого модифицированного радиуса Карла Шварцшильда, несколько большего радиуса материальной точки.

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 практически бесконечного числа сфер или квантовых уровней энергии, центры которых совмещены в одной точке. Все они имеют единую по форме функцию, но отличаются друг от друга квантовым числом «n», фигурирующим в ней.

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 ».

$$\Lambda_{\mu\nu(n)} = 2\lambda \sum_{n=1}^N n \cdot f_{\mu\nu(n)}$$

Где:

- n - номер изучаемого уровня;
- $f_{\mu\nu(n)}$ – тензор второго ранга, описывающий локальные особенности сферических уровней.

Такая форма позволяет:

1. Сохранить ковариантность уравнений (поскольку $f_{\mu\nu(n)}$ - 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 $\Lambda_{\mu\nu(n)}$ соответствует **элементарному кванту гравитационного взаимодействия** - гравитону, параметры которого определяются суперпозицией или интерференцией полей. Сумма гравитонов определяет поток частиц, форма которого точно отражает искажения или отличия от симметрии.

Интегральный поток гравитонов описывает 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 дискретную структуру, то движение частиц должно учитывать:

1. **Квантование траекторий** - частицы могут перемещаться только между уровнями.
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» на сфере, 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 .

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

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 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 инвариантных квантов пространства, времени и массы.

Однако остаются открытые вопросы:

1. Как точно вычислить $f_{\mu\nu(n)}$ из первых принципов?
2. Как описать взаимодействие гравитационного поля с другими типами взаимодействий (электромагнитным, слабым, сильным) в рамках единой теории?
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.