

Гравитация как квантовая диффузия¹

Захид Закир²

Аннотация

Неоднородная нельсоновская диффузия в плоском пространстве-времени с тензором диффузии может быть описана как однородная диффузия в римановом многообразии с этим тензором диффузии как метрическим тензором, умноженным на коэффициент диффузии. Рассмотрено влияние вещества на плотность энергии стохастического фона (вакуума). Показано, что гравитация может быть представлена как неоднородность квантовой диффузии, уравнения Эйнштейна для метрики могут быть получены как уравнения для соответствующего тензора диффузии.

PACS: 04.20.Cv, 03.65.Ta, 05.40.Jc, 04.62.+v

Ключевые слова: стохастическая механика, тензор диффузии, квантовые флуктуации, гравитация, кривизна

Содержание

Введение.....	7
1. Пробные частицы в неоднородном стохастическом фоне.....	7
2. Влияние вещества на стохастический фон.....	8
Литература.....	10

Введение

В статье [1] была рассмотрена неоднородная консервативная диффузия с тензором диффузии $\nu^{ab}(x,t)$ и были обсуждены общие черты в геометрических описаниях гравитации и квантовых флуктуаций. Предложенная идея о физической природе гравитации состоит в том, что *гравитация есть неоднородная нельсоновская диффузия, т.е. есть следствие квантовых флуктуаций*. Эта трактовка может быть применена также и к некоторым калибровочным полям посредством механизма Калуза-Клейна.

В [1] было описано только поведение пробной частицы в неоднородном стохастическом фоне. В данной статье будет рассмотрено влияние источника на этот стохастический фон и гравитация будет описана полностью с точки зрения общей квантовой диффузии. Тогда уравнения Эйнштейна будут связаны с соответствующими уравнениями диффузии.

1. Пробные частицы в неоднородном стохастическом фоне

В неоднородной диффузии, которая рассматривалась в [1], среднее ускорение $E[a^i(x,t)]$ не содержит членов с осмотической скоростью u^i и для диффузии свободной частицы имеем:

¹ Препринт статьи был представлен в 1999 (исправлен в 2003): Zakir Z. (1999) [arXiv:gr-qc/9906079](https://arxiv.org/abs/gr-qc/9906079).

² [Центр теоретической физики и астрофизики, Ташкент Узбекистан](https://www.theor-physics.org/), zahidzakir@theor-physics.org

$$E \left[\frac{\partial v_i}{\partial t} + (\mathbf{v}\nabla)v_i \right] = 0. \quad (1)$$

Здесь появляется новое диффузионное ускорение из-за присутствия производных метрики в операторе Лапласа-Бельтрами ∇ :

$$E \left[\frac{\partial v_i}{\partial t} + (\mathbf{v}\nabla)v_i \right] = E[\Gamma_{ij}^k v^j v_k]. \quad (2)$$

Диффузионное ускорение $E[\Gamma_{ij}^k v^j v_k]$ не зависит от массы пробной частицы m , т.е. мы имеем точный аналог принципа эквивалентности.

Смолин [4] обратил внимание на равенство квантовой диффузионной массы m_q , определяемой через коэффициент диффузии $\nu = \hbar / 2m_q$, и инертной массы m_{in} с очень высокой точностью $(m_{in} - m_q) / m_{in} < 4 \times 10^{-13}$. Здесь мы можем рассматривать этот факт следующим из обобщённого принципа эквивалентности - эквивалентности между движением по инерции в искривлённом пространстве-времени, движением в поле тяготения и неоднородной квантовой диффузией.

Независимость ускорения от массы пробной частицы ведёт также к тому же самому ускорению макроскопических объектов и базисов локальных систем отсчёта. Ускорение же локальной системы отсчёта означает появление нетривиальной макроскопической метрики и ненулевой кривизны пространства-времени.

2. Влияние вещества на стохастический фон

Во взаимодействии со стохастическим фоном массивная классическая частица с затравочной массой m_0 подвергается стохастическим (квантовым) флуктуациям. В этих флуктуациях энергия вакуума вокруг частицы частично трансформируется в энергию флуктуаций частицы. Как результат, энергия частицы увеличивается на энергию квантовых флуктуаций, определяемой $T_{ik}^{(q)}(m_0^{-1})$, которая обратно пропорциональна затравочной массе m_0 и поэтому плотность физической энергии-импульса вещества становится равной:

$$T_{ik}(m) = T_{ik}^{(0)}(m_0) + T_{ik}^{(q)}(m_0^{-1}). \quad (3)$$

Из-за этой передачи энергии веществу плотность энергии физического вакуума вокруг источника уменьшается относительно невозмущённого вакуума на пространственной бесконечности. Это понижение вакуумной плотности энергии максимально около источника и обращается в нуль на больших расстояниях. Такая неоднородность вакуумной плотности энергии приводит к координатной зависимости коэффициента диффузии $\nu_{ik}(x)$, которую можно рассматривать как метрический тензор эффективного риманова многообразия. Как было показано в [1], понижение плотности энергии вакуума около массивного объекта приводит к диффузионному ускорению пробных частиц к этому источнику так, что это ускорение не зависит от массы пробных частиц.

В качестве физической модели этого эффекта мы можем рассмотреть поведение двух классических частиц в ускоренной системе отсчёта. Пусть траектория первой частицы является геодезической линией. Эта частица не взаимодействует с системой отсчёта и её «гравитационная энергия» равна нулю. Пусть вторая частица ускорена вместе с одной из локальных базисов ускоренной системы отсчёта и находится в покое в этой системе отсчёта. В этом случае

локальная система отсчёта расходует энергию для ускорения частицы. В результате энергия частицы увеличивается, тогда как энергия взаимодействующей с частицей локальной системы отсчёта уменьшается. Если локальные системы отсчёта в некоторой поверхности расширенной системы отсчёта соединены эластичными пружинами (наподобие батута), то ускорение частицы с одной из локальных систем отсчёта приводит к формированию гладкой кривой поверхности вокруг этой локальной системы отсчёта.

Таким образом, гравитационную плотность энергии можем связать с понижением вакуумной плотности энергии вокруг источника, то есть уменьшением интенсивности квантовых флуктуаций. Этот факт мы можем принять во внимание в стандартной функции действия A с вариацией функции Лагранжа не с тензором Риччи R_{ik} , а непосредственно с самим тензором Римана R_{iklm} как в [6] (более раннюю версию см. в [8*]):

$$A = \frac{1}{2} \int d\Omega \sqrt{-\gamma} \left(-\kappa^{-1} R + L_{(m)} \right) = \frac{1}{2} \int d\Omega \sqrt{-\gamma} \left[\frac{1}{2} (\gamma_{il} \gamma_{km} - \gamma_{im} \gamma_{kl}) (-\kappa^{-1} R_{iklm} + T_{iklm}) + L_{(m)} \right]. \quad (4)$$

Тогда мы получаем 4-индексное обобщение уравнений Эйнштейна:

$$\delta A = \frac{1}{2} \int d\Omega \sqrt{-\gamma} [-\kappa^{-1} G_{iklm} + T_{iklm}] \gamma^{il} \delta \gamma^{km} = 0, \quad (5)$$

$$G_{iklm} = \kappa T_{iklm}, \quad (6)$$

которые налагают более сильное ограничение на наблюдаемые гравитационного поля, чем стандартные 2-индексные уравнения Эйнштейна. Здесь

$$G_{iklm} = R_{iklm} - \frac{1}{6} (\gamma_{il} \gamma_{km} - \gamma_{im} \gamma_{kl}) R, \quad (7)$$

$$T_{iklm} = V_{iklm} + \frac{1}{2} (\gamma_{km} T_{il} - \gamma_{kl} T_{im} + \gamma_{il} T_{km} - \gamma_{im} T_{kl}) - \frac{1}{6} (\gamma_{il} \gamma_{km} - \gamma_{im} \gamma_{kl}) T. \quad (8)$$

Тензор плотности энергии-импульса источника T_{iklm} с 4 индексами содержит стандартный 2-индексный тензор плотности энергии-импульса вещества T_{ik} и его скаляр $T = g^{ik} T_{ik}$, а также новый чисто 4-индексный вклад V_{iklm} с нулевым следом $g^{il} V_{iklm} = 0$, который будем интерпретировать как *тензор плотности энергии-импульса гравитационного поля*. Это следует из того факта, что в вакууме R_{iklm} равен Вейлевскому тензору C_{iklm} , который и должен определяться плотностью энергии-импульса поля тяготения:

$$C_{iklm} = \kappa V_{iklm}. \quad (9)$$

В асимптотически-плоском пространстве-времени это определение гравитационной энергии приводит к той же самой полной энергии источника и его поля тяготения как и псевдотензорный и гамильтонов подходы [6].

Другим свидетельством квантово-диффузионной природы гравитации является объяснение замедления собственного времени в поле тяготения. Из-за замедления квантовых флуктуаций вокруг массивного источника (окружающий вакуум «потерял» энергию на флуктуирование частиц источника), частоты волновых функций пробных частиц и энергетических уровней атомов, связанных с

интенсивностью квантовых флуктуаций, испытывают красное смещения, т.е. все квантовые процессы около источника происходят медленнее, чем в пространственной бесконечности.

Литература

1. Закир З. (2009) *Теор. физ., астрофиз. и космол.*, **4**, N 1, 1; (1998) *The theory of stochastic space-time. I. Gravitation as a quantum diffusion*, [arXiv:hep-th/9812254](https://arxiv.org/abs/hep-th/9812254).
2. Nelson E. (1966) *Phys.Rev.*, **150**, p. 1079.
3. Blanchard Ph., Combe Ph., Zheng W. (1987) *Mathematical and Physical Aspects of Stochastic Mechanics*, Lect.Not. in Phys., **281**, 171 p.
4. Dohrn D., Guerra F. (1978) *Lett. Nuovo Cim.*, **22**, No 4, p. 121.
5. Guerra F., Ruggiero P. (1978) *Lett. Nuovo Cim.*, **23**, No 15, p. 529.
6. Smolin L. (1986) *Phys.Lett.*, **113A**, No 8, p. 408.
7. Zakir Z. (2009) *Theor. Phys., Astrophys. & Cosmol.*, **4**, No 2 ; (1999) *Four-index equations for gravitation and the gravitational energy-momentum tensor*, [arXiv:gr-qc/9906039](https://arxiv.org/abs/gr-qc/9906039).
- 8* . Gliner E., Dymnikova I. (1983) *Phys. Rev. D* **28**, 1278.