

Спецсеминар НОЦ МИАН

Перспективные направления в КТП и суперструнах (январь-май, 2019 г.)

Понедельник, 18.00, к.404

Программа

1) Модель SYK и поиск её голографического описания

Модель SYK [1, 2, 3] является представителем нового класса моделей КТП, которые точно решаемы в пределе большого числа цветов, но при этом имеют богатую квантовую динамику. Двумя основными свойствами модели являются конформная симметрия в режиме сильной связи и максимальный квантовый хаос. Из-за этих свойств модель SYK можно использовать как голографическую модель для описания квантовых черных дыр. В связи с этим актуальными являются две основные проблемы: изучение хаотической квантовой динамики и потери информации в черных дырах с помощью модели SYK и построение теории в 2-мерном пространстве AdS, дуальной модели SYK. На семинаре будут обсуждаться следующие конкретные задачи:

- **Построение реплика-недиагональных решений в модели SYK** (по текущей работе [17, 18, 19]). В последних работах, например [7, 8], показано, что вклад в статсумму моделей типа SYK от нетривиальных седловых точек может определять хаотическое поведение квантовых величин при больших временах, характерное для черных дыр. Из-за этого поиск нетривиальных новых решений является важным шагом на пути к пониманию связи поведения черных дыр на квантовом уровне с динамикой моделей типа SYK.
- **Систематическое $1/N$ -разложение в модели SYK и вычисление корреляционных функций вне конформного предела.** Особенностью голографического соответствия AdS₂/SYK является то, что гравитационная мода нарушает конформную симметрию. Вычисление неконформных поправок к корреляционным функциям SYK в рамках $1/N$ -разложения может быть полезно для понимания того, как в дуальной теории поля материи взаимодействуют с гравитацией.

- **Голография для SYK.** Гипотеза о голографическом описании модели SYK в терминах теории гравитации в пространстве AdS_2 подтверждается построением эффективного действия для дилатонной гравитации Джакива-Тейтелбойма в пространстве AdS_2 [4] в терминах репараметризационной моды на границе, которое оказывается совпадающим с действием так называемой теорией Шварцциана [5]. Эта же теория описывает низкоэнергетический предел модели SYK [3]. С помощью голографии предполагается изучить неравновесную динамику модели SYK, например модель локального и глобального квенча.

2) Голография для квантовой гравитации на модельных примерах

- **Диагностика квантового условия нулевой энергии (QNEC) с помощью корреляторов в конформной теории поля.** QNEC является одним из важнейших критериев самосогласованности теории гравитации. Для теории гравитации в асимптотически AdS пространстве голографическое соответствие позволяет связать QNEC с некоторым дополнительным ограничением на величины в теории поля. На семинаре будут обсуждаться такие вычисления в конкретных моделях КТП, в частности SYK, которые проверяли выполнение QNEC в дуальной теории гравитации.
- **Спектральный форм-фактор, хаос и потеря информации.** Будет рассматриваться связь информационной проблемы черных дыр с квантовым хаосом в сильновзаимодействующих квантовых системах через голографический принцип. Будет разбираться подход, развиваемый в последних работах [7, 8], основанный на вычислении спектрального форм фактора в голографических квантовополевых моделях и анализе его поведения при больших временах.

3) Энтропия запутанности и сложность в КТП и голографии

В последнее десятилетие большой импульс получило исследование связи понятий квантовой информации и гравитационных теорий. В частности была обнаружена тесная связь между гравитационными явлениями и явлением квантовой зацепленности. Работы последних трех лет инициированные Леонардом Сасскиндом показали, что существует большой класс информационных мер не вмещающихся в стандартную парадигму зацепленности [9]. В частности, было предложено, что для полного описания поведения квантово-информационных характеристик системы необходимо ввести понятие *сложности* в квантовой теории поля и гравитации. Рост сложности квантовых состояния тесно связан с появлением и исчезновением хаотических явлений, которые могут быть количественно измерены нелокальными корреляторами специального вида. Исследование голографического описания таких характеристик является важной задачей [21, 10, 22]. На семинаре будут рассматриваться следующие задачи:

- **Определение сложности через растущие графы.**
- **Операторный рост.**

4) Голография и термализация

- **О гипотезе термализации собственных состояний**

Системы многих тел обычно демонстрируют определенные динамические свойства, например, возрастание энтропии, термализация и др. Предпринимаются многочисленные попытки вывести эти свойства из фундаментальных законов квантовой механики [11, 12, 13]. Гипотеза термализации собственного состояния показывает, что некоторые из этих свойств могут быть получены как следствия квантового хаоса [14, 15].

5) Нелокальная гравитация в контексте голографического подхода к космологии

Космология является стимулом для развития физики частиц, в частности, исследование эволюции ранней Вселенной может способствовать построению теорий за рамками Стандартной модели элементарных частиц, поскольку в то время частицы обладали энергиями, на порядки превышающими максимальные энергии частиц в современных и планируемых ускорителях элементарных частиц. С другой стороны, физика частиц, в частности, квантовая теория поля может способствовать развитию понимания эволюции Вселенной и построению новой (модифицированной) теории гравитации. Идея нелокальной гравитации порождена желанием связать гравитацию с квантовой физикой. Основная теоретическая мотивация поиска нелокального действия связана с теорией струн, которая предлагает высоко-производные поправки к действию Гильберта-Эйнштейна. На семинаре будут рассмотрены примеры нелокальных космологических моделей, активно исследуемых в настоящее время. В частности, будут рассмотрены модели с обратным оператором Даламбера, действующим на скаляр Риччи или член Гаусса-Боне.

Голографическая ренормгруппа

- Гамильтонов подход в гравитации
- Голографическая ренормгруппа на примерах деформированного AdS
- Ренормгруппа в улучшенной голографической КХД (INQCD) [16] при ненулевых температуре и химическом потенциале и наличии анизотропии

Список литературы

- [1] A. Kitaev, talks at KITP in 2015: <http://online.kitp.ucsb.edu/online/entangled15/kitaev/>, <http://online.kitp.ucsb.edu/online/entangled15/kitaev2/>
- [2] S. Sachdev and J. Ye, Phys. Rev. Lett. **70**, 3339 (1993) [cond-mat/9212030].
- [3] J. Maldacena and D. Stanford, Phys. Rev. D **94**, no. 10, 106002 (2016) [arXiv:1604.07818 [hep-th]].
- [4] A. Almheiri and J. Polchinski, JHEP **1511**, 014 (2015) [arXiv:1402.6334 [hep-th]].
- [5] J. Maldacena, D. Stanford and Z. Yang, PTEP **2016**, no. 12, 12C104 (2016) [arXiv:1606.01857 [hep-th]].
- [6] D. J. Gross and V. Rosenhaus, JHEP **1712**, 148 (2017) [arXiv:1710.08113 [hep-th]].

- [7] J. S. Cotler *et al.*, JHEP **1705**, 118 (2017) [arXiv:1611.04650 [hep-th]].
- [8] P. Saad, S. H. Shenker and D. Stanford, arXiv:1806.06840 [hep-th].
- [9] L. Susskind, Fortsch. Phys. **64**, 49 (2016) [arXiv:1411.0690 [hep-th]].
- [10] L. Susskind, arXiv:1802.01198 [hep-th].
- [11] J. M. Deutsch, Phys. Rev. A **43**, 2046 (1991)
- [12] J. M. Deutsch, arXiv:0911.0056
- [13] Marcos Rigol, Vanja Dunjko, Maxim Olshanii, arXiv:0708.1324
- [14] Mark Srednicki, arXiv:cond-mat/9403051
- [15] Mark Srednicki, arXiv:cond-mat/9809360
- [16] U. Gursoy, E. Kiritsis, L. Mazzanti, G. Michalogiorgakis and F. Nitti, Lect. Notes Phys. **828**, 79 (2011) [arXiv:1006.5461 [hep-th]].
- [17] I. Aref'eva, M. Khramtsov, M. Tikhonovskaya and I. Volovich, "Replica-nondiagonal solutions in the SYK model," in preparation.
- [18] I. Aref'eva, M. Khramtsov, M. Tikhonovskaya and I. Volovich, "On replica-nondiagonal large N saddles in the SYK model," Quarks 2018 proceedings.
- [19] I. Aref'eva and I. Volovich, arXiv:1801.08118 [hep-th].
- [20] I. Aref'eva, K. Rannu and P. Slepov, arXiv:1808.05596 [hep-th].
- [21] D. S. Ageev, I. Y. Aref'eva, A. A. Bagrov and M. I. Katsnelson, JHEP **1808**, 071 (2018) [arXiv:1803.11162 [hep-th]].
- [22] D. S. Ageev and I. Y. Aref'eva, arXiv:1806.05574 [hep-th].
- [23] I. Y. Aref'eva, M. A. Khramtsov and M. D. Tikhonovskaya, JHEP **1709**, 115 (2017) [arXiv:1706.07390 [hep-th]].