

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. В.А. СТЕКЛОВА

РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

Осенний семестр 2025/2026 учебного года

Программа семинара

**«Перспективные направления**

**в квантовой теории поля и суперструнах»**

(руководитель — Арефьева Ирина Ярославна)

Тематика семинара является продолжением тематики предыдущих семестров. Основными будут следующие направления, начатые в прошлом семестре. Особое внимание будет уделено построению целого класса голографических моделей КХД [A-UFN], [IA-MGU] с возможной их адаптацией к новым ускорительным экспериментальным данным и новейшим решетчатым результатам [LD].

1) О построении голографических моделей, способных описывать фазовые переходы в КХД и образование кварк-глюонной плазмы, можно прочитать в обзорах [A-UFN] и недавних докладах [IA].

Список литературы по теме:

[A-UFN] И.Я. Арефьева, Голографическое описание кварк-глюонной плазмы, образующейся при столкновениях тяжёлых ионов // УФН, 184:6 (2014), с. 569-598.

[IA-MGU] I.Y. Aref'eva, Holography for heavy ions collisions // ВМУ. Сер. 3. Физ., Астрон., 79:1 (2024), p. 533-542.

[LD] S. Borsanyi *et al*, Lattice QCD constraints on the critical point from an improved precision equation of state // arXiv:2502.10267 [hep-lat].

2) Существенной новой чертой наших построений будет использование нейросетей. Такой подход уже используется в литературе [CH], и мы рассмотрим различные его возможности. А именно, будут использоваться методы машинного обучения с целью построения метрики в балке голографической модели на основе данных экспериментов по столкновению тяжелых ионов, а также вычислений в КХД на решётке. Конкретно, будет рассматриваться применение машинного обучения нейросетевой модели для

получения уравнения состояния кварк-глюонной плазмы из экспериментальных данных и дообучение этой модели для определения параметров феноменологической голографической модели. Кроме того, будут рассмотрены общие вопросы нахождения голографического состояния из структуры решеточных вильсоновских петель и энтропии зацепленности в различных размерностях.

#### Список литературы по теме:

[CH] *X. Chen and M. Huang*, Flavor dependent critical endpoint from holographic QCD through machine learning // JHEP 02 (2025), 123, arXiv:2405.06179.

[AH] *B. Ahn, H.S. Jeong, K.Y. Kim and K. Yun*, Holographic reconstruction of black hole spacetime: machine learning and entanglement entropy // JHEP 01 (2025), 025, arXiv:2406.07395

3) Имея возможность рассматривать классы моделей, мы вернемся к построению новой модели — так называемой гибридной модели, которая будет описывать материю, содержащую как лёгкие, так и тяжёлые кварки. Построение такой модели мы обсуждали в прошлом семестре, но построить её стандартными методами не удалось.

4) Рассмотрение задач, связанных с дуальностью черные дыры в присутствии материи/Бозе газ с ненулевой летучестью [IAIV1,IADSIV]. Эта тематика также переносится с прошлого семестра, и по прежнему цель в поиске дуальности между черные дыры в присутствии материи и Бозе газом с ненулевой летучестью.

#### Список литературы по теме:

[IAIV1] *I. Aref'eva and I. Volovich*, Violation of the Third Law of Thermodynamics by Black Holes, Riemann Zeta Function and Bose Gas in Negative Dimensions // Eur. Phys. J. Plus 139 (2024) 3, 300, arXiv: 2304.04695.

[IADSIV] *И.Я. Арефьева, И.В. Волович, Д.О. Степаненко*, Черные браны, бозе-газ, дуальность и третий закон термодинамики // ТМФ , 222:2 (2025), с. 325-334.