

Голографическое уравнение состояния для изучения фазовой диаграммы КХД в релятивистских столкновениях тяжелых ионов

А. В. Ануфриев¹, В. Н. Коваленко¹

¹ Санкт-Петербургский Государственный Университет

07 августа 2026,
Legenda Camps

Летняя школа "Базис"



Проблематика исследования фазовой диаграммы КХД

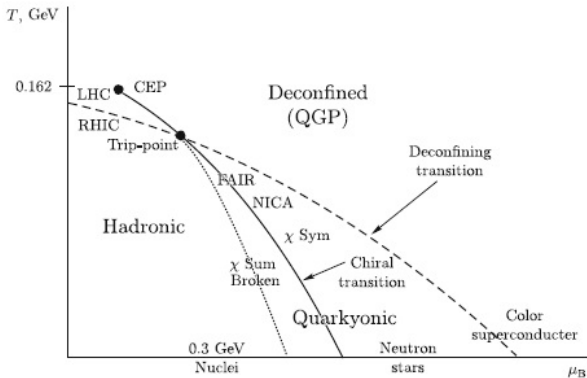


Рис.: I. Ya. Aref'eva, Theoret. and Math. Phys., 217, 3 (2023)

Результаты решеточной КХД:

- **Отличные** результаты для $\mu_b \approx 0$.
- Область $\mu_b > 0$ **почти недоступна** в связи с **проблемой знака**.

Внедрение AdS/QCD-дуальности в гидродинамическое моделирование

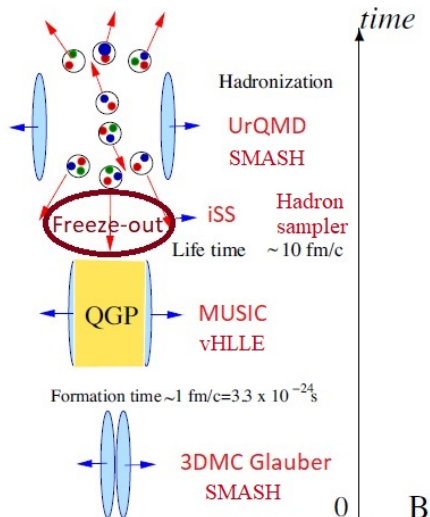
Термодинамические характеристики кварк-глюонной плазмы :

T, ε, P, μ_b

Уравнение состояния: $P = P(\varepsilon)$

Параметры деформации AdS_5 -пространства:

$T(z_h), S(z_h)$, где z_h - характеристика размера гравитационного горизонта,
 T, S - температура и энтропия соответствующей **черной браны** (дыры)



Цели работы

- 1 Предложить **метод настройки голографических уравнений состояния** для моделирования реальных экспериментов с тяжелыми ионами для детального изучения фазовой диаграммы при $\mu_B > 0$.
- 2 Внедрить голографические уравнения состояния в **программные пакеты** для решения уравнений релятивистской гидродинамики
- 3 Продемонстрировать результаты **многоступенчатого моделирования эксперимента по столкновению тяжелых ионов** с использованием голографического уравнения состояния.

Спасибо за внимание!

Backup Slides

Holographic EoS of QGP within the framework of the model with a double dilaton field

An ansatz proposed is [I. Aref'eva et al. // JHEP 06, 090 (2021)] :

$$ds^2 = \frac{L^2}{z^2} b(z) \left[-g(z) dt^2 + dx^2 + \left(\frac{z}{L}\right)^{2-\frac{2}{\nu}} (dy_1^2 + dy_2^2) + \frac{dz^2}{g(z)} \right],$$

A deforming factor $b(z) = e^{2A(z)}$ restore the lattice QCD,
 L is the radius of AdS, $g(z)$ is a thermodynamic blackening function

Advantages of the approach:

- The possibility of studying the properties of nuclear matter at sufficiently large μ_b
- One of the model parameters is selected in accordance with the Regge spectra of ρ mesons

The experimental dependence of the multiplicity density on energy

$$M \propto s_{NN}^{0.15},$$

[K. Aamodt, et al. // Phys. Rev. Lett. 105 252301 (2010)]

The result within **isotropic** holographic models

$$M \propto s_{NN}^{\frac{1}{3}}, \nu = 1$$

[S. Gubser et al. // Phys. Rev. D 78 066014 (2008)]

The result of Arefieva's group (the **anisotropic** case)

$$M \propto s_{NN}^{0.16}, \nu = 4.5$$

[I. Aref'eva, A. Golubtsova // JHEP 04 011 (2015)]

Термодинамика

$$T(z_h, \mu, c, \nu) = \frac{e^{-\frac{3cz_h^2}{4}}}{2\pi z_h} \left| \frac{1}{\mathfrak{G}(\frac{3}{4}cz_h^2)} + \frac{\mu^2 cz_h^{2+\frac{2}{\nu}} e^{\frac{cz_h^2}{4}}}{4 \left(1 - e^{\frac{cz_h^2}{4}}\right)^2} \left(1 - e^{\frac{cz_h^2}{4}} \frac{\mathfrak{G}(cz_h^2)}{\mathfrak{G}(\frac{3}{4}cz_h^2)}\right) \right|$$

$$s = \frac{e^{\frac{3}{4}cz_h^2}}{4} z_h^{-\frac{\nu+2}{\nu}}$$

$$\rho = -\frac{2c\mu}{1 - e^{\frac{cz_h^2}{4}}}$$

$$F = \varepsilon - Ts - \mu\rho,$$

При определенном хим. потенциале

$$dF = -s dT \Rightarrow F = \int s dT = \int_{z_h}^{\infty} s \frac{dT}{dz_h} dz_h ,$$

Давление при этом $p = -F$, а $\varepsilon = Ts - p + \mu\rho$