An effective matrix model for deconfinement



理研仁科センター橋本数理物理学研究室

共同研究者: Adrian Dumitru (Baruch Coll. & BNL), Yun Guo (Brandon U. & Manitoba U.), Christiaan P. Korthals Altes (Marseille, CPT &NIKHEF, Amsterdam), Robert D. Pisarski (BNL)

Based on Phys. Rev. D83 (2011) 034022

非閉じ込め相転移をうまく 記述する模型を作りたい。 Semi-QGPを記述する模型を作る.

今回: SU(*Nc*) Pure Yang-Mills 今後の応用: 輸送係数, エネルギーロス,

先行研究 Meisinger-Miller-Ogilvie模型, PNJL模型,.... Meisinger, Miller, Ogilvie(2001) Fukushima(2004)



Polyakov Loop

$$\mathbf{L} = \mathcal{P} \exp\left(ig \int_0^{1/T} A_0 \ d\tau\right)$$

重たい粒子の1粒子のfree energy $\ell = \frac{1}{N_c} \langle \operatorname{tr} L \rangle \sim e^{-f_q/T} \quad \begin{array}{c} f_q = \infty \Rightarrow \ell = 0 \\ f_q = \operatorname{finte} \Rightarrow \ell \neq 0 \end{array}$ 閉じ込め

Z(N)対称性 $U(\beta) = e^{2i\pi n/N_c}U(0), \quad U \in SU(N_c)$ この変換で作用は不変.

 $L \to U(\beta) L U^{\dagger}(0) \quad \ell \to e^{2i\pi n/N_c} \ell$

Polyakov Loopは不変でない。→秩序変数

Lattice (pure glue, Nc=3)



Lattice: SU(N) thermodynamics



Trace Anomaly



非閉じ込め相転移を記述する模型 Loogface $e^{2i\pi Tq_a}$ とする、 $SU(N_c)$ ょり $\sum_{a=1}^{N_c}q_a=0$

摂動項 (Weiss potential)

 $\mathbf{U}\mathbf{Y}\mathbf{b}$

 \mathcal{M}

$$\mathcal{V}_{\text{pert}}(q_a) = \frac{2\pi^2 T^4}{3} \sum_{a,b}^{N_c} q_{ab}^2 (1 - q_{ab})^2 - (N_c^2 - 1) \frac{\pi^2 T^4}{45}$$

非摂動項

$$\mathcal{V}_{\text{non}}(q_a) = T^2 T_c^2 \sum_{a,b}^{N_c} (c_1 q_{ab} (1 - q_{ab}) + c_2 q_{ab}^2 (1 - q_{ab})^2 + c_3)$$
$$\mathcal{V}_{\text{eff}}(q_a) = \mathcal{V}_{\text{pert}}(q_a) + \mathcal{V}_{\text{non}}(q_a)$$
$$\frac{\partial}{\partial q_a} V(q_a) = 0 \quad \text{pressure} \quad p(T) = -\mathcal{V}_{\text{eff}}(\langle q_a \rangle)$$

有効ポテンシャル

$$\mathcal{V}_{eff} = \frac{\pi^2 (N_c^2 - 1) T_c^4}{45} t^2 (t^2 - 1) \tilde{\mathcal{V}}(\phi, t)$$

$$\tilde{\mathcal{V}}(\phi, t) = -\frac{1}{2} m_{\phi}^2 \phi^2 - \left(1 - \frac{4}{N^2}\right) \phi^3 + \left(2 - \frac{3}{N^2}\right) \phi^4$$

$$\phi = 1 - \frac{q}{N_c} \quad t = \frac{T}{T_c} \quad m_{\phi}^2 = 1 + \frac{6}{N_c^2} - \frac{c_1}{t^2 - c_2}$$

N>2の時、3次の項が存在⇒1次相転移を引き起こす. Loop model $V_N(\ell) = -m^2 |\ell|^2 + c_4 |\ell|^4 + c_N(\ell^N + \ell^{*N}) + \cdots$

N=3以外では, 3次の項は無い.

c.f. Svetisky and Yaffe '80

Lattice vs matrix model, SU(3)





Interface tension('t Hooft loop)



まとめ

Polyakovループの固有値を変数とする模型の構築 圧力, エネルギー, Interface tension等の 物理量を計算した.

今回使った模型の解析ではSemi-QGPの領域は1.2Tcくらいまで.

今後の展望

クォークを入れる拡張 レプトン対生成の計算 エネルギーロスの計算 輸送係数の計算