2. félévi beszámoló

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Fizika Doktori Iskola
Részecskefizika és Csillagászat Program

Szigeti Balázs Endre
e-mail: szigeti.19968@gmail.com
Témavezető: Dr. Fejős Gergely (ELTE Atomfizikai Tanszék)
A dolgozat címe: Funkcionális renormálási csoport alkalmazása alacsony energiás effektív elméletekben

1. Kutatási tevékenység

A félév során tovább vizsgáltuk a nukleáris gáz-folyadék fázisátalakulást királis nukleon-mezon modellben [1]. Az előző félév során sikerült leírni a fázisátalakulást átlagtér közelítésben. A mostani félév során az átlagtérközelítésen túli mezonikus fluktuációk hatását vizsgáltuk. Ennek érdekében kerestük a következő differenciálegyenlet megoldását [2]:

$$k\partial_k\Gamma_k = = \frac{k^5}{12\pi^2}\left[\frac{1}{\omega_{k,\sigma}}\Big(1+2n_B\big(\omega_{\sigma,k}\big)\Big)+\frac{3}{\omega_{k,\pi}}\Big(1+2n_B\big(\omega_{\pi,k}\big)\Big)\right] \tag{1}$$

$$-\frac{1}{3\pi^2}\frac{k^4}{\omega_k^{\pm}}\sum_{\pm}\Big[1-n_F(\omega_k^{\pm}+\bar{\mu})-n_F(\omega_k^{\pm}-\bar{\mu})\Big], \tag{2}$$

ahol n_B és n_F rendre a Bose-Einstein és Fermi-Dirac eloszlások, $\omega_{i,k}$ pedig a különböző nukleonokhoz tartozó energiákat jelölik. A fázisátalakulás leírásához az effektív potenciál minimumhelyei tartalmazzák az információt. A termikus és kvantum fluktuációk hatásának a meghatározásakor a problémát az jelenti, hogy nem ismerjük a potenciált az UV ($k=\Lambda$) skálán. Viszont a minimumhelyekről információval rendelkezünk ($k=0$) IR skálán az átlagtérelméleti közelítésből [1], amelyből elméletileg meghatározhatóvá válik az UV potenciál.

A tényleges meghatározás során problémát jelent, hogy a kvantum effektív potenciál a definíciója alapján szükségszerűen konvex kell, hogy legyen infravörös limitben. Mivel az általunk átlagtérelméleti közelítésben meghatározott potenciál alakja konkáv, ezért nem alkalmazhatjuk közvetlenül az UV potenciál meghatározására a jól ismert grid-módszert [3]. Annak érdekében, hogy ezt a problémát valahogy megkerüljük feltettük, hogy a potenciál alakja valamilyen véges kis k_0 legyen a már leírt átlagtérelméleti közelítés és ebből határoztuk meg az UV skála limitet, amely segítségével vissza extrapolálhatunk az IR határesetre. Sajnos hamar bebizonyosodott, hogy ezen közelítés nem működik, mivel k_0 értéke túlságosan magas volt, hogy az extrapolációt nagy bizonyossággal el tudjuk végezni.

Következő megközelítésben szétválasztottuk az effektív potenciált fermionikus és bozonikus tagokra és a következő nemlineáris differenciálegyenletrendszere jutottunk:

$$\partial_k U^B_{k,eff} = \frac{k^4}{6\pi^2}\left[\frac{1}{2\omega_{k,\sigma}}\Big(1+2n_B\big(\omega_{\sigma,k}\big)\Big)+\frac{3}{2\omega_{k,\pi}}\Big(1+2n_B\big(\omega_{\pi,k}\big)\Big)\right] \tag{3}$$

$$\partial_k V^F_{k,eff} = -\frac{1}{3\pi^2}\frac{k^4}{\omega_k}\Big[1-n_F(\omega_k+\bar{\mu})-n_F(\omega_k-\bar{\mu})\Big]. \tag{4}$$

Kihasználtuk azt, hogy a fermionikus flow-egyenletet jobb oldala nem függ expliciten az ismeretlen függvénytől így a fermionikus potenciál meghatározható integrálás segítségével, amely analitikusan elvégezhető, amennyiben a $T \to 0$ tekintjük. Viszont a bozonikus flow-egyenlet esetében az látható, hogy a jobb oldal nem integrálható, mivel az egyenlet jobb oldalán található $\omega_{k,\sigma}, \omega_{k,\pi}$ tartalmazzák az effektív potenciál királis invariáns ($\rho = (\sigma^2+\pi^2)/2$) szerinti deriváltjait. A további számításokhoz feltettük, hogy legyen a bozonikus potenciál alakja a következő

$$U^B_k(\rho) = \mathrm{m}^2_{\pi,\mathrm{k}}(\rho-\hat{\rho}_k)+\frac{\lambda_\mathrm{k}}{2}(\rho-\hat{\rho}_k)^2+\frac{8}{3\,\mathrm{f}^2_\pi}\,\gamma_{3,\mathrm{k}}(\rho-\hat{\rho}_\mathrm{k})^3+\frac{4}{f^4_\pi}\,\gamma_{4,\mathrm{k}}(\rho-\hat{\rho}_\mathrm{k})^4. \tag{5}$$

Majd ezt követően sorbafejtettük az Eq. 3 jobb oldalát a királis invariáns szerint a $\hat{\rho}_\mathrm{k}$ körül és azonosítottuk a futó csatolási egyenletekhez tartozó flow-egyenleteket [4]. Sajnos ez sem bizonyult jó megközelítésnek, mivel a csatolások exponenciálisan elszálltak az ultraibolya skálát megközeltve. Jelenleg azon a megközelítésen dolgozunk, hogy a tényleges flow-egyenlet helyett az úgynevezett Thermal-flow-t oldjuk meg, amely a következő különbséggel fejezhető ki

$$\tilde{\Gamma}_k(T,\mu) = \Gamma_k(T,\mu) - \Gamma_k(0,\mu_c), \tag{6}$$

ahol feltesszük, hogy a $\Gamma_k(0,\mu_c)$ megyegyezik az átlagtérelméletből kapott közelítéssel, továbbá feltételezzük, hogy az UV skálán a termikus fluktuációk elhanyagolhatóvá válnak [5,6].

2. Tanulmányok

A félév során a következő három kurzust végeztem el:

- FIZ/2/003 - A sztandard modellen túl
- FIZ/2/086 - Szolitonok és insztantonok III.
- FIZ/2/023 - Jet-fizika hadron-hadron és nehézion ütközésekben

3. Oktatási tevékenység

A félév során a következő tárgyak oktatásában vettem részt:

- Korszerű számítástechnikai módszerek a fizikában 1. (korszam1f19va)
- Haladó alkalmazott programozás (halprogf17ga)

4. Konferencia részvétel

A félév során a 19th International Conference on Strangeness in Quark Matter-en adtam elő. Előadásom címe: "Estimating Compressibility by Maximal-mass Compact Star Observations". Ezen kívül a "Frontiers in Nuclear and Hadronic Physics 2021" című PhD hallgatóknak szóló iskolán vettem részt, amelyet a Galileo Galilei Intézet szervezett.

5. Referenciák

1. Szigeti Balázs Endre, 1. félév beszámoló, `https://bit.ly/2TPVn10`
2. S.Floerchinger and C. Wetterich, Nucl.Phys.A 890-891 (2012) 11-24
3. J. Berges; N. Tetradis; C. Wetterich, Phys. Rep., 363 (4–6): 223–386, (2002.)
4. G.G. Barnaföldi, A. Jakovac, P. Posfay Physical Review D 95 (2), 025004
5. M. Drews, W. Weise, Physics Letters B. 738, (2014)
6. Fister Leonard, On the Phase Diagram of QCD with Dynamical Quarks, PhD Thesis