

Doktoranduszi beszámoló - IV. félév

Kapás Kornél

FIZIKA DOKTORI ISKOLA
RÉSZECSKEFIZIKA ÉS CSILLAGÁSZAT



Témavezető

Dr. Katz Sándor
ELMÉLETI FIZIKAI TANSZÉK

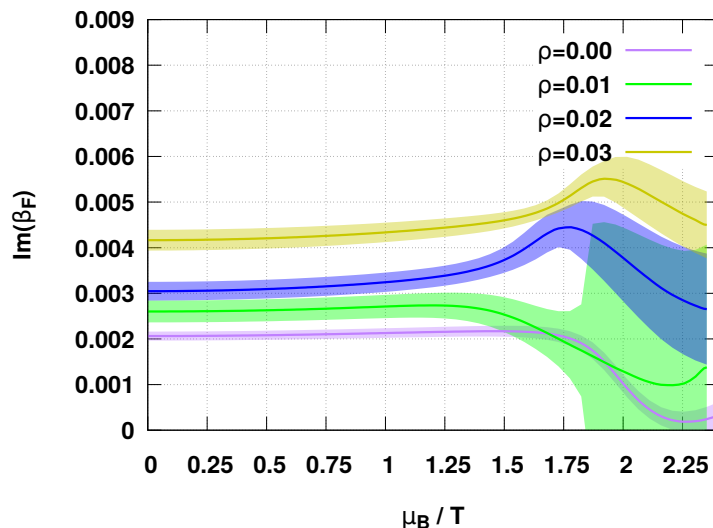
1. Kutatási előzmények és jelenlegi munkálatok

1.1. Bevezetés és motiváció

A természetben a hadronokat felépítő kvarkok és gluonok közötti kölcsönhatás az erős kölcsönhatás. Az ezt leíró elmélet a kvantumszín-dinamika melynek (eddig) egyetlen szisztematikus nem-perturbatív tárgyalását a rácstérelmélet segítségével lehet megvalósítani. A kvarkok alacsony hőmérsékleten és sűrűségen kötött állapotban vannak, továbbá a kvarkbezárás jelensége miatt nem is figyelhetőek meg szabadon. Az elmélet egyik sajátos tulajdonsága, az aszimptotikus szabadság miatt azonban végtelen magas hőmérsékleten, illetve sűrűségnél létrejöhet egy kvarkokból és gluonokból álló kölcsönhatásmentes gáz. Ebből következik, hogy valahol létezik egy átmenet a két fázis között, aminek a környékén már megjelennek szabad kvarkok, de még egy erősen kölcsönható, úgynevezett kvark-gluon plazma formájában. Várakozásaink szerint kis sűrűségnél az átmenet egy analitikus crossover, míg magas sűrűségnél elsőrendű átmenet, ami szerint létezik egy a kétféle átmenetet elválasztó kritikus pont. Munkám során a kritikus pont helyét és viselkedését vizsgáltam.

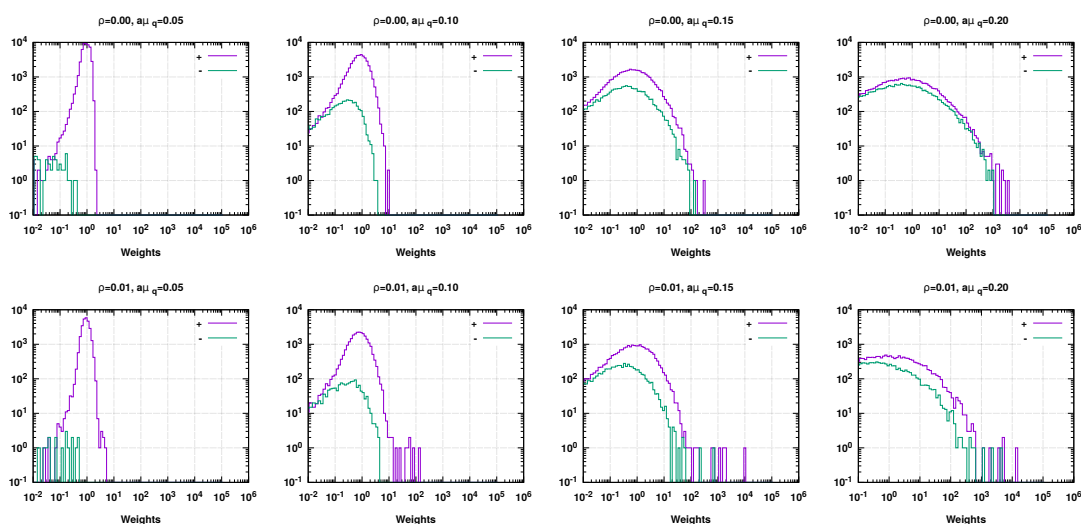
1.2. Kutatások

Csoportunk tagjai több módon is megközelítették a kérdéskört, amelyekben kisebb-nagyobb részben és is részt vettem. Ezekből publikáció is született. Az én fő feladatomban az volt, hogy a korábban jól bevált átsúlyozásos módszer alkalmazhatóságát vizsgáljam javított hatással. Eddigi munkákban a kritikus pont helyét $N_t = 4$ rácson, javítatlan hatás mellett határozták meg. Kutatásaim során ezt az eredményt reprodukáltam 10-szer nagyobb Monte-Carlo statisztika mellett, továbbá három különböző kis, a hatást javító simítási paramétert beállítva megvizsgáltam, hogy miként viselkedik a fázisdiagram kissé csökkentve a véges rácsállandóból adódó effektusokat. Növelve a simítást az átmenet erőssége gyengül, továbbá nagyobb kémiai potenciálok felé eleinte szintén gyengül az átmenet majd ismét erősödik (lásd. 1. ábra)



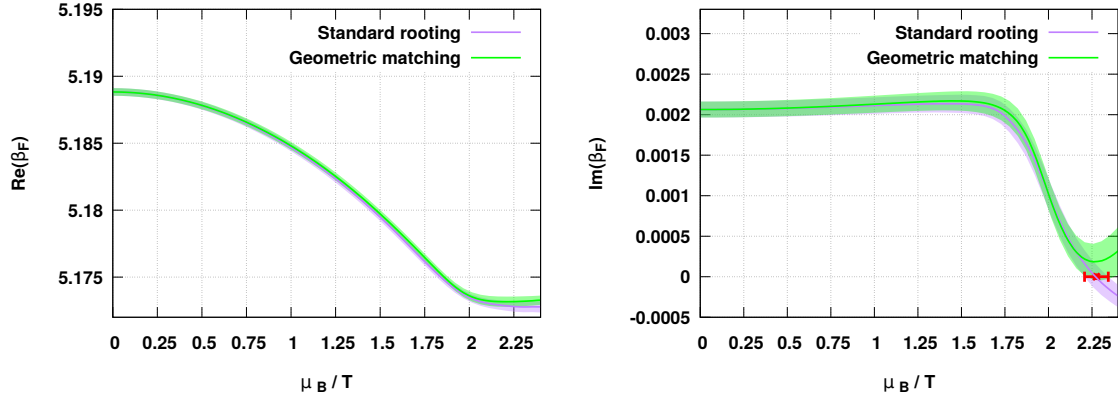
1. ábra. A Fisher zérusok képzetes részének végtelen térfogati extrapolációjának μ függése különböző simítások mellett. A $\mu = 0$ közelében az simítás növelve az átmenet gyengébb, továbbá az összes esetben a kémiai potenciált növelésével az átmenet először gyengül, majd $a\mu_q = 0.1 - 0.15$ környékén ismét erősödik.

Az 1. ábrán látszik, hogy véges simításnál a $\rho = 0.01$ -hez tartozó görbe hirtelen vág le. Ennek okát átsúlyozás súlyainak behatóbb vizsgálatával érhetjük meg. A 2. ábrán látszik, hogy zérus simítás esetén bármely kémiai potenciálon olyan eloszlást kapunk, aminek nincsenek kiugró értékei, azonban véges simításnál már más a helyzet. Növelve a kémiai potenciált és véges simítás mellett megjelennek konfigurációk extrém nagy súlyokkal, amik erősen eltolják az eloszlás átlagát. Ez az átfedési probléma egy jele. Ez esetben sajnos nem tudjuk megmondani, hogy a kapott átlag mennyire jó, hiszen kevés kilógó konfiguráció látszólag "elrontja" az átlagot, viszont ezek a konfigurációk éppen, hogy fontosak, hiszen a teljes eloszlásunkról add többlet információt. A helyes átlaghoz azonban sokkal több ilyen nagy súlyú konfiguráció generálása szükséges, viszont ezek nagyon ritkák, a statisztika exponenciális növelésével lenne csak elérhető.



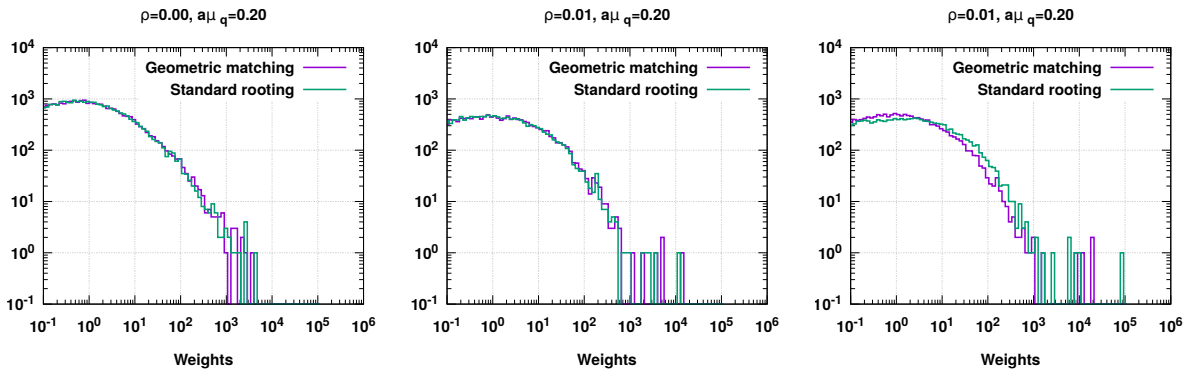
2. ábra. Súlyok eloszlása különböző simítások és kémiai potenciálok mellett. Lila a pozitív előjelű, míg a zöld a negatív előjelű súlyok eloszlását mutatja. Zérus simításnál nem jelennek meg kilógó konfigurációk, míg véges értéknél nagyobb kémiai potenciálnál és véges simításnál már igen, ami az átfedési probléma jele.

Munkám további része volt, hogy a standard staggered gyökvonás helyett a csoportunk által kifejlesztett új módszert (geometric matching) hasonlítsam össze a korábbi technikával. Első sorban a javítatlan hatáson teszteltem a két módszert, aminek eredménye a 3. ábrán látható.



3. ábra. Két különböző módszerrel számolt végtelen térfogati extrapolációja a vezető Fisher zérus valós és képzetes részének. A piros pont mutatja a kritikus pont helyét $N_t = 4$ javíthatlan staggered fermion hatással. E pont felett kezd csak el a két eredmény eltérni egymástól.

Ez után a simítással kapott eredményeket vizsgáltam meg. Az derült ki, hogy ezekben már okoz eltérést a két különböző módszer, aminek oka, hogy az eloszlás kiugró értékeinek a helye érzékeny a módszerre, ezzel módosítva az eredményt. (4. ábra).



4. ábra. A pozitív súlyok eloszlása $12^3 \times 4$ -es rácson $a\mu = 0.2$ -nél különböző simításokra. Zérus simításnál a két módszer azonos eredményt ad, azonban véges értékeknél (ahol megjelennek kiugró értékek is) az eloszlások már nem egyeznek. A kiugró értékek helye érzékeny a módszer típusára, így módosítva a Fisher zérus helyére kapott eredményt.

A korábbi munkák eredményeit tehát sikerült reprodukálni lényegesen nagyobb statisztikával az új fajta gyökvonással is. Azonban kiderült, hogy a simítási paraméter véges értékei mellett megjelennek a súlyok eloszlásában kiugrón magas értékek, ami azt jelzi, hogy átfedési probléma lépett fel. Ezek a nagy súllyal rendelkező konfigurációk fontos részei az eloszlásnak, azonban még ennél is sokkal nagyobb statisztikára lenne szükség ahhoz, hogy megfelelően tudjuk mintavételezni az eloszlást.

2. Publikációk

- Matteo Giordano, **Kornel Kapas**, Sandor D. Katz, Daniel Nogradi, and Attila Pasztor. *New approach to lattice QCD at finite density; results for the critical end point on coarse lattices*. (arXiv: 2004.10800 [hep-lat], Published in: JHEP 05 (2020) 088)
- Matteo Giordano, **Kornel Kapas**, Sandor D. Katz, Daniel Nogradi, and Attila Pasztor. *The effect of stout smearing on the phase diagram from multiparameter reweighting in lattice QCD*. 2020. (arXiv: 2003.04355 [hep-lat])
- Matteo Giordano, **Kornel Kapas**, Sandor D. Katz, Daniel Nogradi, and Attila Pasztor. *Radius of convergence in lattice QCD at finite μ_B* . (arXiv:1911.00043 [hep-lat], Published in: Phys.Rev.D 101 (2020) 7, 074511)

3. Konferenciák

- 2019, Zimányi Winter School, Radius of convergence in lattice QCD at finite μ_B , előadás

4. Oktatási tevékenység

Ebben a félévben a *Matematikai módszerek fizikatanároknak 1* tárgyhoz tartozó gyakorlatot (matmodsz1f19vo) tartottam heti 1-szer 90 percben (március második felétől általam készített online oktató anyaggal).

5. Féléves tanulmányok

A negyedik félévben az alábbi kurzusokat végeztem el az irányított kutatómunka mellett:

- FIZ/2/001E Haladó térelmélet
- FIZ/2/086 Szolitonok és instantonok III.