Doktori beszámoló - 3. félév
2019/20/1

ELTE TTK Fizika Doktori Iskola
Részecskefizika és Csillagászat Doktori Program

Téma:
A kvantum-színdinamika kritikus pontja

Hallgató:
Varga Zoltán

Témavezető:
Dr. Nógrádi Dániel

ELTE TTK Fizikai Intézet
Elméleti Fizikai Tanszék
2020. január 24.

1 Az aktuális félévben elvégzett kutatások

A komplex Langevin módszer továbbra is az egyik ígéretes jelölt a QCD fázisdiagramjának feltérképezésére nem-nulla kémiai potenciál mellett. Az idei félévben folytatódott az elmúlt időkben implementált komplex Langevin algoritmus bővítése és tesztelése. Többek között átírtuk az algoritmus egy részét C nyelvről CUDA C-re, amely így már GPU-t használva képes működni, jelentősen felgyorsítva a számolásokat (legalábbis elég nagy rácsméreteket választva).

Sajnálatos módon azt tapasztaljuk, hogy a komplex Langevin módszer már nulla kémiai potenciál mellett sem működik megfelelően, mert a téridő rács linkjein ülő SU(3) mátrixok elmásznak SL(3,C)-be és az algoritmus összeomlik. Ez gyakorlatilag a bilineáris zaj séma következménye, amelyet a HMC-nél már jól bevált (de a komplex Langevin módszernél nem használható) pszeudofermion módszer helyett kell használni [1].

A Lie-algebra adott a bázis eleméhez tartozó, adott x téridő pontban lévő és ν irányba mutató linkek fejlődését vezérlő $K_{ax\nu}$ drift tag az alábbi alakú lesz:

$$K_{ax\nu} = -D_{ax\nu} S_g[U] + \frac{N_f}{4} \eta^\dagger M^{-1} D_{ax\nu} M \eta \ ,$$

ahol D a Dirac-operátor, M a fermion mátrix, N_f a fermion szám, S_g a gauge hatás és η olyan Gauss-eloszlással generált random számokat tartalmazó vektor, amelyre

$$\langle \eta_x^\star \eta_y \rangle = \delta_{xy} \ .$$

A drift tag kiszámításához meg kell oldani az

$$M^\dagger \psi = \eta$$

lineáris egyenlet-rendszert. A bilineáris zaj séma következménye, hogy már nulla kémiai potenciál mellett is generálódik egy képzetes rész a drift taghoz, ami exponenciálisan nő és instabillá teszi az algoritmust.

Egy nemrégiben megalkotott módszer, az úgynevezett 'gauge cooling' [2], orvosolja ezt a problémát, de sajnos csak akkor, ha elég nagy β értékeket választunk a szimulációkban ($\beta > 5.6$), azaz ha elég közel vagyunk a kontinuum limeszhez. Ettől eltekintve a módszer használatának jogosultsága egyébként is kérdéses. Mindenesetre ez a tapasztalat azt mutatja, hogy talán a szimulációk sikertelen működése $\mu > 0$ esetén, amely pusztán az előjel problémára lett fogva, talán ezekből a numerikus instabilitásokból fakad (legalábbis részben), hiszen $\mu = 0$ esetben nincs előjel probléma.

Próbálkozásokat tettünk még magának a HMC algoritmusnak (ami $\mu = 0$-nál beváltan működik és referenciaként szolgál) egy komplexifikált kiterjesztésére.

Ha itt komplexifikálunk, akkor a Metropolis lépés a HMC algoritmus végén nem elvégezhető. Azonban régebben nem mindig volt jelen ez a lépés bizonyos okokból kifolyólag (pl. ϕ-algoritmus), mégis többé-kevésbé pontos eredményeket lehetett kapni, tehát megpróbáltunk a szokásos accept-reject lépés helyett egy olyat bevezetni, ami valamilyen módon egy bevezetett d unitér távolságtól függ. Ez az unitér távolság azt méri, hogy mennyire távolódott el a sokaság az SU(3)-tól, és ennek függvényében igyekszik közel tartani hozzá, mintegy kikerülve így a kérdéses 'gauge cooling'-ot. Sajnos konvergencia problémák adódtak, amelyektől nem sikerült megszabadulni és jelenleg nem világos, hogy ez orvosolható-e egyáltalán.

2 Oktatási tevékenység

- Kvantummechanika B gyakorlat (elmfiz3bf17ga) - Fizika BSc, heti 2 óra.

3 Tanulmányi tevékenység

- Rácstérelmélet II. EA (FIZ/2/055E)
- Szolitonok és instantonok II. EA (FIZ/2/009E)

4 Hivatkozások

[1] D. Sexty, Phys. Lett. B 729 (2014) 108. arXiv:1307.7748 [hep-lat]

[2] S. Erhard et al. Phys. Lett. B723 (2013) 213-216. arXiv:1211.3709 [hep-lat]