
Doktori beszámoló - 1. félév

2018/19/1

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
2019. január 20.

1 Bevezetés

A Standard Modell erős kölcsönhatásért felelős szektora egy $SU(3)$ mértékelmélet, amelynek egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy alacsony energiákon a csatolási állandó nem kicsi, ezért perturbatív módszerekkel nem vizsgálható. Az eddigi legszisztematikusabb és legsikeresebb nemperturbatív módszer a rácstérelmélet, amely a téridőnek rácson történő diszkrétizációján alapuló numerikus megközelítés.

A fentebb említett módszerrel az erős kölcsönhatás mind $T = 0$, mind véges $T > 0$ hőmérsékleten vizsgálható. Az irodalomban már létezik kontinuum extrapolált eredmény a kritikus T_c hőmérsékletre, amely $\mu = 0$ kémiai potenciál esetén elválasztja egymástól a szabad kvarkok és gluonok fázisát a hadronikus fázisától. Az adódott, hogy az átmenet crossover [1].

Amennyiben pedig a hőmérsékletet alacsonyan tartjuk, de a kémiai potenciált nem nullának választjuk, akkor azt várjuk, hogy elég nagy kémiai potenciál mellett lesz egy elsőrendű átmenet.

Ha a fenti dolgokat elfogadjuk és összevetjük egymással, akkor azt mondhatjuk, hogy a QCD T - μ fázisdiagramján az elsőrendű átmeneteket ábrázoló vonal valamilyen kritikus pontban végződik és itt az átmenet másodrendű. A doktori témám célja, hogy különböző módszerek felhasználásával pontosabb eredményeket kapjunk a feltételezett kritikus pontról.

2 Az aktuális félévben elvégzett kutatások

A doktori iskola megkezdése előtt $SU(2)$ mértékelméletben dolgoztam, ahol csupán a gluonikus tereket vettük figyelembe, kvarkokkal nem foglalkoztunk. Ez elegendő volt a számunkra fontos dolgok tanulmányozásához. Az $SU(3)$ rácstérelmélet sok tekintetben nagyon hasonló, de ugyanakkor sokkal komplikáltabb és számos új technikai kihívást kell leküzdeni. Emiatt az első félévem főképp az irodalom olvasásával és a már létező algoritmusok megismerésével telt. A cél reprodukálni néhány korábbi eredményt, majd ha ez sikeresen megvan, akkor lehet haladni az új munkával. A fő irodalom Katz Sándor MTA doktori disszertációja [2], amely kiváló kezdőpontnak bizonyult a félév során. A további irodalmat nem részletezem, főleg technikai részletekről van szó, olyanokról, amelyek korábbi $SU(2)$ -es munkáim során nem voltak jelen.

A félév során sokat foglalkoztam továbbá az ún. gluonlabdákkal $SU(2)$ mértékelméletben. A gluonlabda a gluonok által létrehozott kötött rendszer, amely létezését a mértékelmélet nem-ábelisége teszi lehetővé (a gluonok kölcsönhatnak egymással). Ezen részecskék tömegére számos jóslat létezik a rács QCD-ben, de kísérletileg még nem fedezték fel őket. A mi célunk az lenne, hogy az ún. gradiens

folyamot felhasználva ki tudjuk nyerni a skalár gluonlabda tömeget. A szükséges korrelátorok kiszámításánál túl nagy a zaj, reményeink szerint a gradiens folyam használata ezen segít. Ez többek között azért lenne jó, mert viszonylag egyszerűen használható eljárásról van szó, legalábbis sokkal egyszerűbb, mint a már meglévő módszerek, amelyeket gluonlabda tömegek meghatározására használtak. A gradiens folyam módszert C kódban már implementáltam a BSc tanulmányaim során egy másik probléma megoldására, az MSc tanulmányaim során pedig sikerült parallelizálni, azaz már lehet GPU-kon is használni.

A témával el is kezdtem már foglalkozni a doktori iskola megkezdése előtt, de akkor zsákutcába futottunk. Most előkerült pár új ötlet a félév során és mivel van már egy létező rácstérelméleti kódom, ezért úgy gondoltuk, hogy érdemes lehet ebbe ismét energiát fektetni. A kódot jelentősen kibővítettem és számos propagátor típust kipróbáltam a félév során, de sajnos továbbra is problémák vannak a módszerrel. Még mindig van pár lehetőség, amelyet kipróbálhatunk, ezek azonban elég komplikáltak és sok időt emésztenének fel. A terv az, hogy a továbbiakban a fő doktori témám mellett még foglalkozom vele, ahogy időm engedi.

3 Publikációk

- **Hot Quarks 2018 proceedings.** [arXiv:1809.10102 [hep-ph]] Elfogadva, publikálás alatt.
- **Zimányi School 2018 proceedings.** Írás alatt.

4 Előadások

- 2018. december 3. **Zimányi School 2018**, Budapest, Magyarország. ”**Jet structure studies in small systems**”.
- 2018. november 29. **Institute of Particle Physics Seminar**, Wuhan, Kína. ”**Multiplicity Dependence of Jet Structures in pp Collisions and a Characteristic Jet Size**”.
- 2018. szeptember 8. **Hot Quarks 2018**, Texel-sziget, Hollandia. ”**Multiplicity dependence of the jet structures in pp collisions at LHC energies**”.

5 Külföldi tanulmányút

2018. novemberében 1 hónapot Wuhanban (Kína) töltöttem vendégkutatóként a CCNU egyetem Részecskefizikai Intézetében, ahol a nehézion-ütközésekben létrejövő jetek szerkezete módosulásának vizsgálatával és a kis rendszerekben előforduló kollektivitás kérdésével foglalkoztam.

A meghívásom egy kínai-magyar kollaboráció keretében történt. A kinti munka sikeresnek nevezhető, a jövőben folytatni kívánjuk az együttműködést, ami remélhetőleg már a közeljövőben olyan szintű eredményekhez vezet, amiből publikáció születhet.

6 Tanulmányi tevékenység

2018. szeptember 3. és 7. között részt vettem Prágában egy részecskefizikai nyári iskolán. Sokféle téma szerepelt, de idén a fő hangsúly a QCD fenomenológián volt. Itt az előadások és workshopok látogatása mellett az első napon posztert is bemutathattam, ahol a kis rendszerekben előforduló kollektivitásról beszéltem.

2018. október 10. és 12. között részt vettem a Jühlichi Kutatóintézetben (Németország) megrendezett rácstérelméleti workshopon. Az előadásokat mindig egy hosszú gyakorlat követte, amelyen aktívan részt vettünk és rögtön alkalmaztuk a tanultakat. Az előadások témái számomra kivétel nélkül nagyon relevánsak voltak: szimulációs algoritmusok, nukleonok szerkezeti vizsgálata, több-nukleon rendszerek, adat analízis, GPU programozás. Itt kiemelném az adat analízist, ahol kimondottan propagátorokkal dolgoztunk és nagyon sok olyan hasznos ismerettel gazdagodtam, amelyeket fel tudok használni a fentebb említett gluon-labdák vizsgálatánál.

Az idei félévben két tárgyat látogattam: Lévai Péter *”Az erősen kölcsönható anyag fázisszerkezete”* című kurzusát és Csanád Máté *”Nagyenergiás nehézionfizika, avagy a tökéletes kvarkfolyadék”* című kurzusát. A doktori beszámoló írásának időpontjában még nem kerültek kiírásra a vizsgaidőpontok.

7 Szakmai közéleti tevékenység

Ebben a pontban szeretném megemlíteni az egyetemen kívüli szakmai tevékenységemet. 2017 óta tagja vagyok a magyar ALICE együttműködésnek és aktívan részt veszek a csoport tevékenységeiben (alice.kfki.hu).

8 Konferenciák

2018. szeptember 7. és 14. között részt vettem a Hot Quarks 2018 nevezetű részecskefizikai konferencián a Texel-szigeten, Hollandiában. Ezen konferencia két évente kerül megrendezésre fiatal kutatók (40 év alatt) részvételével, aikket valamilyen eddigi eredményük alapján válogatnak ki a szervezők, amelyről előadást is kell tartaniuk a konferencián. A témák nagyon szerteágazóak voltak, szerepeltek többek között a kvantumszíndinamika fázisdiagramjának feltérképezésére irányuló kutatások, mind elméleti, mind kísérleti oldalról, így a rácsc QCD is terítékre került. Jómagam a jetszerkezetek multiplicitástól függő módosulásáról tartottam előadást.

2018. december 3. és 7. között részt vettem az évente megrendezésre kerülő Zimányi Téli Iskolán. Itt is nagyon sok olyan téma szerepelt, amely a doktori témám szempontjából is releváns, többek között az erősen kölcsönható anyag fázis szerkezetére vonatkozó előadások.

9 Oktatási tevékenység

Az adott félévben a Fizika BSc szakosoknak a Kvantummechanika B gyakorlatot tartottam. Ez heti két darab 45 perces óra megtartását jelentette (két csoport volt).

10 Hivatkozások

[1] Aoki Y., Endrődi G., Fodor Z., Katz S., Szabó K., Nature 443, 675 (2006), hep-lat/0611014.

[2] Katz S., A kvantum-színdinamika fázisdiagramja (2007). (MTA Doktori Értekezés)