

1. félévi beszámoló

Pethő Levente

petholevente2@gmail.com

Részecskefizika és csillagászat PhD program

Témavezető: Endrődi Gergely

Bevezetés: Véges hőmérsékletű rács QCD+QED

A kvantum-színdinamika (QCD) az erős kölcsönhatást leíró kvantumtérelmélet, amely egyszerre képes megmagyarázni a látható Univerzum 99%-nak a tömegét, valamint leírja a korai Univerzumot jellemző kvark-gluon plazma viselkedését. A magas hőmérsékleten jelen lévő kvark-gluon plazma a hőmérséklet csökkenésével fázisátalakuláson esik át, melynek következtében alacsony hőmérsékleten - a tapasztalattal megegyezően - a kvarkok hadronokba záródnak. Az erős kölcsönhatás és a hadronizáció jelensége a fizika több területén is kiemelkedően fontos: az erős kölcsönhatás és a fázisátalakulás paraméterei nagyban befolyásolják az Univerzum későbbi képét a kozmológiai modellekben, hozzájárulnak a neutroncsillagok pontosabb feltérképezéséhez, valamint az erős kölcsönhatás képes leírni a nehéz-ion ütközéseket is. A QCD perturbatíván nem kezelhető elmélet, így csak numerikus szimulációkkal vizsgálható - azaz a rács térelmélet segítségével.

A PhD projekt célja a véges hőmérsékleten erősen kölcsönható anyag vizsgálata, figyelembe véve a kvantum-elektrodinamika (QED) effektusait is rács térelméleti szimulációk segítségével.

Aktuális félévben elvégzett munka ismertetése

A rács térelmélettel kapcsolatos előzetes ismeretek hiányában ebben a félévben a rács térelmélettel ismerkedtem meg. Ebben segítséget nyújtott a rács-QCD standard bevezető tankönyve [1], amelynek tanulmányozása alatt folyamatosan konzultáltam a felmerülő kérdésekkel kapcsolatban témavezetőmmel és a kutatócsoport tagjaival.

A félév során sikerült betekintést nyernem a numerikus szimulációk futtatásának és az eredmények statisztikai kiértékelésének alapvető lépéseivel. A rács-QED korai irodalmának [2][3] alapvető eredményeit sikerült reprodukálnom, valamint rálátásom nyílt a szimulációs kód felépítésére: kompakt $U(1)$ rács térelmélet esetén vizsgáltam az egy plakettre jutó átlagos hatás csatolástól való függését [2], valamint kompakt rács-QED esetén a királis kondenzátum csatolástól való függését különböző fermiontömegek mellett [3]. A kiértékelésnél a Jackknife algoritmus segítségével határoztam meg a várhatóértékekhez tartozó statisztikus hibát. Ezentúl vizsgáltam termalizációhoz szükséges Monte Carlo lépésszám függését a csatolás erősségétől, valamint az autokerrelációs időt az autokerrelációs függvény segítségével.

Publikációk

Ebben a félévben nem jelent meg publikációm.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

- Algebrai térelmélet I. EA (FIZ/2/020E) - *jeles (5)*
- Asztro-részecskefizika (FIZ/2/132) - *jeles (5)*
- Rácstérelmélet I. EA (FIZ/2/007E) - *jeles (5)*

Oktatási tevékenység az aktuális félévben

A félév során a "Kvantummechanika A" gyakorlatvezetőjének segítetttem a beadandók és a zárthelyi dolgozatok javításában.

Szakmai közéleti tevékenység

2025. október 7-én az Eötvös Loránd Fizika Társulat Részecskefizika szemináriumán előadást tartottam a mesterszakos témámmal kapcsolatban *Exactly Solvable Potentials in Quantum Mechanics* címmel.

References

- [1] Christof Gattringer and Christian B. Lang. *Quantum chromodynamics on the lattice*, volume 788. Springer, Berlin, 2010.
- [2] K. J. M. Moriarty. Monte carlo study of compact $u(1)$ four-dimensional lattice gauge theory. *Phys. Rev. D*, 25:2185–2193, Apr 1982.
- [3] John B. Kogut and Elbio Dagotto. First-order phase transition in compact lattice qed with light fermions. *Phys. Rev. Lett.*, 59:617–620, Aug 1987.