

*1. félévi beszámoló*  
Részecskefizika és Csillagászat Doktori Program  
A királis fázisátmenet vizsgálata effektív modellekben  
**Kovács Győző**  
Témavezetők: Wolf György, Kovács Péter<sup>1</sup>  
2020. január 24.

## 1. Bevezetés

Az erősen kölcsönható anyag fázisszerkezetében a hadronikus anyagot és a királis szimmetriát mutató quark gluon plazmát a királis fázisátmenet választja el. Rács (LQCD) számolások azt mutatják, hogy zérus  $\mu_B$  bariokémiai potenciálon (sűrűsége) ez az átmenet folytonos, crossover jellegű. Ugyanakkor feltételezhető, hogy magasabb  $\mu_B$  esetén elsőrendű az átalakulás. Ebben az esetben az elsőrendű és crossover tartományok között egy kritikus végpontnak (CEP) kell lennie. Sajnos az a tartomány, ahol a CEP és az elsőrendű fázisátalakulás feltételezhető nem tanulmányozható sem a csupán zérus bariokémiai potenciálon egzakt, és kis  $\mu_B$ -re kiterjeszhető LQCD, sem a túl nagy energiákon jól működő perturbatív QCD számolásaival, így csak az effektív modellek eredményeire hagyatkozhatunk. Az egyik effektív modellt, amellyel már a mesterképzés során is dolgoztam az (axiál)vektor-mezonokkal és Polyakov hurokkal kiterjesztett lineáris szigma modell (EL $\sigma$ M) [1]. Ebben már korábban sikerült többek között a CEP helyére jóslatot adni ( $[T = 0,052, \mu_B = 0,885]$  GeV), azonban a jelenlegi modell bozon szektora inkonzisztens és lehetőség is van a további fejlesztésére.

Az effektív modellek relevanciáját az is növeli, hogy az általuk vizsgált tartomány kísérletileg sem jól lefedett. A nagyenergiás részecskegyorsítók, mint például a CERN csak a kis kémiai potenciálhoz tartozó részét tudják felfedezni a fázisdiagramnak. Jelenleg a kurtosisra vonatkozóan  $\sqrt{s} = 7,7$  GeV energiáig (ami körülbelül  $\mu_B = 0,4$  GeV bariokémiai potenciálnak felel meg) van mérésből származtatott eredmény [2]. Ugyanakkor a közeljövőben elinduló FAIR kísérletek során lehetőség nyílik ennél alacsonyabb energiák vizsgálatára [3].

Két fő célkitűzésem volt a  $T(\mu_B)$  fázisdiagram effektív modellekkel történő vizsgálatánál. A rendelkezésre álló modellek fejlesztése, valamint ezen modellekben kísérleti eredményekből is származtatható mennyiségek meghatározása.

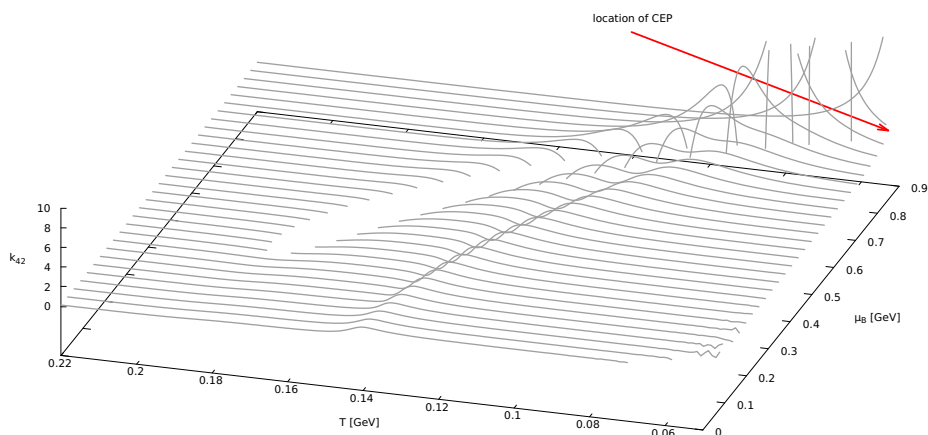
## 2. Kutatási tevékenység

A félév során, az EL $\sigma$ M-ben dolgoztam, ahol több lehetőség kínálkozott a továbblépésre. Az egyik, hogy az axiálvektor- és vektormezonokhoz tartozó görbületes tömegeket is figye-

---

<sup>1</sup>Társ témavezetőként való megjelölése folyamatban van.

lembe vegyük, amihez kiszámoltam a szükséges járulékokat. A másik feladat a modell konzisztens módon történő kiterjesztése. A jelenleg használt közelítésben a mezonokat átlagtér közelítésben, míg a fermionokat egyhurok rendben vesszük figyelembe az effektív hatásban, azaz a fermionikus determinánst kvadratikusan, de eltűnő fluktuáló mezonikus terekkel számoljuk, míg a mezonokat fa szinten kezeljük. A következő lépés a mezonok egyhurok szinten való figyelembe vétele lehetne. Ezzel azonban még mindig nincs kölcsönhatás figyelembe vétele, amit legkönnyebben a mezon propagátorhoz fermionikus egyhurok rendű korrekcióval lehetne elérni. Mindezeket a közelítéseket először egyszerűbb modellekben próbáljuk ki. Ez a munka még folyamatban van és az első eredmények a következő félév során várhatók.



1. ábra. A kurtosis a  $T(\mu)$  fázisdiagramon az  $EL\sigma M$ -ben.

Fontos lenne olyan mennyiségeket meghatározni amelyeknek a segítségével lehetővé válik az elméleti eredmények tényleges összehasonlítása a kísérletekkel. A királis fázishatár, és annak feltételezett kritikus végpontjának esetében ilyen mennyiségek a barionfluktuációkat jellemző barionszám susceptibilitás ( $\chi_n = T^{4-n} \cdot \partial^n p / \partial \mu^n$ ) arányok, például a skewness ( $\chi_3/\chi_1$ ) vagy a kurtosis ( $\chi_4/\chi_2$ ), amelyek információt szolgáltathatnak a CEP létezéséről és esetleges helyéről a fázisdiagramon. Ezek  $EL\sigma M$  modellben történő számolásánál a meglévő, C-ben írt megoldó kódot fejlesztettem. A cél az, hogy a modell jelenlegi szintjén meghatározott mennyiségeket (például az 1. ábrán látható kurtosis) a későbbi fejlesztett verziókban illetve más modellekben is meghatározzuk. Továbbá fontos kérdés, hogy milyen módon vethetők össze az így kapott adatok a kísérleti eredményekkel (és csupán kvalitatívan vagy kvantitatívan is) illetve milyen további fejlesztésekre van szükség (pl.: véges méret effektusok figyelembe vétele) annak érdekében, hogy realiztikusabb modellünk lehessen.

### 3. Tanulmányok

A félév során a következő négy kurzuson vettem részt,

- Véges hőmérsékletű kvantumtérelmélet és asztrofizikai alkalmazásai (FIZ/2/016E)
- Algebrai térelmélet I. (FIZ/2/020E:2)
- Fázisátalakulások (FIZ/3/032E)
- Integrálható térelméletek (FIZ/2/084E)

### 4. Konferenciák és iskolák

A félév során egy konferencián vettem részt, ahol angol nyelvű előadást tartottam.

- Zimányi School 2019 Winter Workshop on Heavy Ion Physics, Budapest, 2019. dec. 2-6.  
A konferencia honlapja: <https://indico.cern.ch/event/867085/>

Egy további konferenciára és egy iskolába is elfogadták a jelentkezésemet, amik a következő félév elején kerülnek megrendezésre.

- Excited QCD 2020 Krynica Zdrój, Poland, 2020. február 2-8.  
A konferencia honlapja: <https://indico.cern.ch/event/827578/>
- Frontiers in Nuclear and Hadronic Physics 2020 Firenze, 2020 febr. 24. - márc. 6.  
A konferencia honlapja: <http://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=341>

### 5. Pályázatok

A februárban megrendezésre kerülő Excited QCD 2020 konferencián való részvétel kapcsán pályáztam a European Cooperation in Science and Technology (COST) konferencia támogatási programjában (Action: CA15213) a konferencia költségeire. A pályázatomat elfogadták és jelenleg "Imported" státuszú.

### Hivatkozások

- [1] P. Kovács, Z. Szép and G. Wolf, Phys. Rev. D **93**, no. 11, 114014 (2016)
- [2] A. Adare *et al.* [PHENIX Collaboration], Phys. Rev. C **93**, no. 1, 011901 (2016)
- [3] M. Durante *et al.*, Phys. Scripta **94**, no. 3, 033001 (2019)