

PhD kutatási beszámoló (2019/2020 2. félév)

Részecskefizika és csillagászat képzési program

A tűzgömb hidrodinamika új egzakt megoldásainak keresése és az LHC és a RHIC gyorsító mérési adatainak értelmezése

Kasza Gábor

Témavezetők: Csanád Máté, Csörgő Tamás

2020. június 4.

1. Bevezetés

A 2000-es évek első felében a RHIC mérései kimutatták, a 2010-es években pedig az LHC kísérletei megerősítették, hogy a nagyenergiás nehézion-ütközésekben, megfelelő körülmények között, létrejöhét a kvark-gluon plazma (QGP). A RHIC gyorsító négy kísérletének az eredményei igazolták, hogy a QGP tulajdonságainak jelentős része nem írható le a kvantum-színdinamika perturbatív tárgyalásmódjában, illetve a szabad úthossz nem a végtelenhez, hanem a nullához tart ebben az anyagban, amely nem ideális gázként, hanem közel tökéletes kvarkfolyadéként viselkedik.

Kutatásaim fő célja új egzakt és analitikus, relativisztikus hidrodinamikai megoldások keresése, melyek lehetővé teszik a nagyenergiás nehézion-ütközésekben mérhető, hadronikus mennyiségek leírását. Ennek része a rács-QCD állapotegyenlet alkalmazása és további realisztikus, akár forgó egzakt megoldások feltárása is.

2. Kutatási előzmények

Az előző félév folyamán két egzakt, analitikus, viszkózus hidrodinamikai megoldást találtunk ugyanazzal a feltételezésekkel: a bulk-viszkozitás és a nyomás hányadosa konstans, valamint a sebességtér Hubble-típusú. Utóbbinak előnye, hogy az egyenletekből kiesik a nyírási viszkozitás, tehát ily módon a megoldásaink bármilyen nyírási viszkozitás értékre érvényesek. A két talált megoldás között a különbség, hogy egyikben a kémiai potenciál véges ($\mu > 0$), viszont a másiktól ez nem mondható el, mivel ott a kémiai potenciált közelítőleg 0-nak tekintettük. E két megoldás fő érdekessége a $\tau \rightarrow \infty$ határesetben látható igazán: a termodinamikai változók kezdeti értékének átskálázásával tökéletes

folyadék megoldásokat kapunk. Ez alapján elképzelhető, hogy a hadronikus végállapotból nem határozható meg egyértelműen, hogy a tűzgömb magasabb kezdeti hőmérsékletből indulva tökéletes folyadékként fejlődött, vagy kezdetben alacsonyabb kezdeti hőmérséklettel rendelkezett és viszkózus folyadékként tekinthettünk rá.

3. Az aktuális félévben végzett tevékenységek

A félév folyamán főként a "Kutatási előzmények" pontban bemutatott eredményeink publikálásán dolgoztam, amit a "Publikációk" részben feltüntettem. A megoldásainkat általánosítottuk hőmérsékletfüggő hangsebesség esetére, hiszen eddig azok csak átlagos, konstans értékű hangsebesség mellett voltak érvényesek. Ezen felül megvizsgáltuk a kinematikai bulk viszkozitás hatását olyan esetekben is, amikor annak hőmérséklet függése a QGP kritikus hőmérséklete körüli keskeny, magas csúccsal jellemezhető. A hőmérséklet evolúciójában ez egy érdekes effektust okoz, ami leginkább az elsőrendű fázisátalakulások során tapasztalható viselkedéshez hasonló.

Ezen felül a félév további részét egy Monte-Carlo szimuláción alapuló programcsomag megismerésével töltöttem. A töltött pionok Bose-Einstein korrelációs függvényének λ_* paramétere az η' részecske $U_A(1)$ szimmetria sérülése során fellépő tömegmódosulására érzékeny megfigyelhető mennyiség. Első lépésként a $\lambda_*(m_T)$ adatsor (RHIC, Au+Au, 200 GeV) egy korábbi analízisét reprodukáltam és ellenőriztem az említett Monte Carlo szimulációval, 6 különböző hadronikus multiplicitás modell esetére.

4. Publikációk

A félév során egy kéziratot küldtünk be publikálásra és hoztunk preprintként nyilvánosságra:

- T. Csörgő, G. Kasza: *New, multipole solutions of relativistic, viscous hydrodynamics*, submitted to The European Physics Journal A
Preprint verzió: arXiv:2003.08859 [nucl-th]

5. Tanulmányi tevékenység

A félév során három kurzuson vettem részt:

- A magfizika kísérleti eljárásai
- Fejezetek a modern csillagászatból és kozmológiából
- Válogatott fejezetek a nagyenergiás kísérleti fizikából

6. Előadások

A félév során egy nemzetközi online konferencián vettem részt, ahol angol nyelvű előadást tartottam:

– 17th International Scientific Days, Gyöngyös, 2019. június 5.

Az esemény honlapja: <https://ntn2020.uni-eszterhazy.hu/>