A bírálóbizottság értékelése

Csanád Máté doktori disszertációban összegzett munkájában részletesen vizsgálta a nagyenergiás ütközésekben keletkező kvarkanyag dinamikáját és téridőstruktúráját a hidrodinamika és femtoszkópia módszereivel. Tudományos eredményeit 10 tézispontban mutatta be, amelyet a bírálóbizottság — a 2. tézispont kivételével — elfogadott. Eredményei az alábbiakban foglalhatóak össze:

Az egyetlen ismert 1+3 dimenziós, ellipszoidális szimmetriájú, relativisztikus megoldásból elsőként számította ki a hadronikus végállapot jellemzőit, és összevetette az ebből adódó megfigyelhető mennyiségeket az adatokkal, amelyekkel egyezést talált, amelyek a kifagyáskori állapotot adják meg.

Megvizsgálta, hogy, miként módosulnak a hidrodinamika egyenletei általános, hőmérséklet- vagy nyomásfüggő állapotegyenlet esetén. Több lehetséges egzakt, analitikus megoldást talált, amelyekből, a rács-QCD segítségével kapott állapotegyenlettel, a hőmérséklet időfejlődését is leírta.

Az azimut szögbeli eloszlásokban magasabb rendű anizotrópiák is megjelennek, ezek eredete pedig a kezdeti geometria és energiasűrűség eseményenkénti fluktuációja. Ezen anizotrópiákat egzakt, analitikus modellekkel korábban nem vizsgálták. Ezért a relativisztikus hidrodinamika fentebb említett 1+3 dimenziós megoldásosztályát kiterjesztette multipoláris szimmetriák esetére, amelynek segítségével a mért, magasabb rendű anizotrópiákat is leírta — a mérésekkel kompatibilisen.

Megvizsgálta a relativisztikus hidrodinamika perturbatív egyenleteit is és a Hubble-tágulás kis nyomásgradiens vagy gyorsulás nyomán adódó perturbációira analitikus megoldást talál, és egy konkrét esetet részletesen is megvizsgált.

Numerikusan megvizsgálta, hogy a nagyenergiás atommagütközésekben keletkező anyag kezdeti anizotrópiái hogyan fejlődnek az időben, különféle viszkozitások és állapotegyenleti paraméterek esetén a multipoláris megoldás sűrűségeloszlását használva kezdeti feltételnek (de megengedve a Hubble-áramlástól való eltérést). Eredményeiből kitűnik, hogy a nyomásanizotrópiák eltűnését a kis viszkozitás és a nagy hangsebesség segíti elő, a sebességanizotrópiákkal azonban éppen ellentétes a helyzet.

A sebesség- és a sűrűségtér anizotrópiái mind az impulzuseloszlások, mind a korrelációs sugarak azimutális anizotrópiájában megjelennek. Ezért a Buda–Lund hidrodinamikai modell segítségével kiszámította a korrelációs sugarak azimut szögtől való függését, és összevetette ezek aszimmetriáját az impulzuseloszlás azimutális anizotrópiájával, konkrétan az úgynevezett elliptikus folyással. Azt találtam, hogy a Buda–Lund-modellben az elliptikus folyás teljes egészében a végállapoti sebességtér-aszimmetriából adódik, míg a korrelációs sugarak azimut oszcillációját a koordinátatér-beli és sebességtérbeli anizotrópia egyfajta keveredése okozza.

Az időfejlődés, illetve a hadronkeletkezés téridőszerkezetének további aspektusait vizsgálva, a Buda–Lund-modell alapján, előrejelzést tett a Bose–Einstein-korrelációs sugarak részecsketípustól való függésére és megfigyelte a hidrodinamikai skálaviselkedést (transzverzális tömeg), amelyet időközben a PHENIX-nél meg is mértek kísérletileg.

A hadronkeltő forrás alakját vizsgálandó két-pion Bose–Einstein-korrelációkat mértem a RHIC PHENIX kísérletének 0–30% centralitású 200 GeV tömegközépponti energiás Au+Au ütközésekben felvett adatait felhasználva. Arra jutott, hogy az adatok a Lévy-eloszlásokkal történő általánosítása adja a megfelelő statisztikai leírását. Erre építve meghatározta a forrás Lévy-paramétereit és azok transzverzális tömegtől való függését. A Lévy-exponens a Gauss-esettől és a kritikus pontra vonatkozó jóslattól is távolinak bizonyult, de a Cauchy-forrás esetétől is eltérés mutatkozott, miközben a transzverzális

tömegre vonatkozó hidrodinamikai skálázás érvényesnek bizonyult. Fontos eredmény volt az is, hogy kis transzverzális tömeg esetén a korreláció erősségének statisztikailag szignifikáns csökkenését mutatták az adatok, amelyek nem inkonzisztensek az η^0 mezon közegbeli tömegcsökkenésével. Empirikus, ezidáig ismeretlen eredetű skálázást talált, amely szerint egy újonnan bevezetett paraméter lineárisan függ a transzverzális tömegtől, és lényegében korrelálatlan a többi Lévy-paraméterrel.

A királis szimmetria és a Bose–Einstein-hatás kapcsolatát vizsgálva kiderül, hogy korreláció mag-glória modellben értelmezett erőssége (λ) direkt kapcsolatban van az $\eta 0$ részecskék számával, amely viszont erősen függ a királis szimmetria esetleges helyreállásától. A fent is említett vizsgálatokból kiderül, hogy a λ paraméter mért impulzusfüggése összeegyeztethető az η^0 tömegcsökkenésével.

Csanád Máté munkásságával hozzájárult a hazai nagyenergiás nehézion-fizikai iskola hírnevének nemzetközi szintű fenntartásához, valamint ebben a témában egy új kutatógeneráció kineveléséhez. A nemzetközi Zimányi Téli Iskola több, mint egy évtizeden át tartó folyamatos szervezésével elősegítette a hazai kutatóközösségben a kutatók közötti szakmai kapcsolatokat.