

Az erősen kölcsönható anyagban keletkező részecskék eloszlásai és korrelációi CERN SPS energiákon

Pórfy Barnabás
barnabas.porfy@cern.ch
barnabasp@staff.elte.hu
porfy.barnabas@wigner.hun-ren.hu

Részecskefizika és Atomfizika PhD program
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

Témavezetők: Csanád Máté (ELTE, Atomfizikai Tanszék)
Társtémavezető: László András (HUN-REN Wigner FK, Részecske- és Magfizikai Intézet)

1. Bevezetés

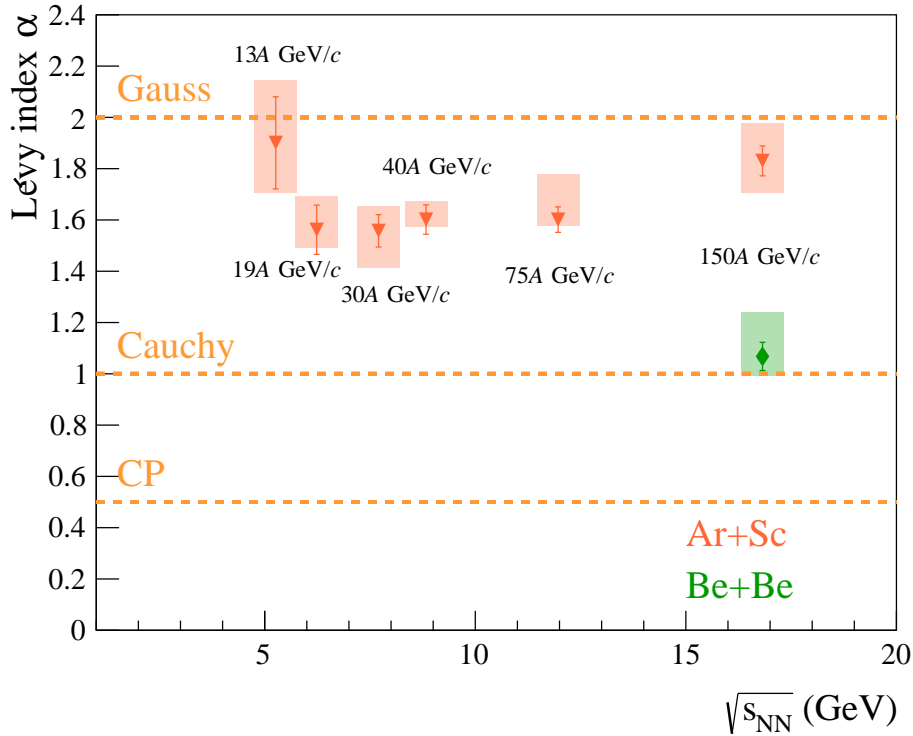
A doktori kutatásom alatt a CERN Super Proton Synchrotron egyik kísérleténél, az NA61/SHINE-nél végzek különböző atommagütközésekből felvett adatokon analízist. Ezen felül további kalibrációs tevékenységekben is részt veszek.

A kutatásom során kvantumstatisztikus kétreszecske-korrelációkat mértem, pontosabban femtoszkópikus-korrelációkat (Bose–Einstein- vagy HBT-korrelációkat), azonos töltésű pionpárookra építve. Ezzel a méréssel az erősen kölcsönható anyag femtométer skálájú téridőstruktúráját tudjuk feltérképezni. Az ultrarelativisztikus ütközések során kialakuló forrás leírásához szimmetrikus Lévy-eloszlást tételezek fel, amely a Gauss-feltevésnél általánosabb megközelítést enged meg. Emellett fontos kiemelni, hogy ezzel a leírással az erősen kölcsönható anyag fázisdiagramján feltételezetten megjelenő kritikus pontra is kaphatunk jeleket.

2. A négy félévben elvégzett kutatások ismertetése

A doktori iskola előtt megkezdett Lévy-típusú Bose–Einstein-korrelációs adataimat ${}^7\text{Be}+{}^9\text{Be}$ 150A GeV/c nyalábenergia felvett rendszerben véglegesítettem az első félévem során. Ez egy hosszabb procedura a nagyenergiás kísérleti fizikában, amely egy cikkben publikált eredménnyel zárult [1]. A félév alatt főként az adatok véglegesítése és a cikk szerkesztése voltak a főbb teendőim, amelynek következtében heti rendszerességgel, belső kollaborációs előadást kellett tartanom. Mindemellett az ${}^{40}\text{Ar}+{}^{45}\text{Sc}$ ütközőrendszerben elkezdtem két energia (40-75A GeV/c) felvett adatainak előzetes vizsgálatát (átlagos multiplicitás, rapiditáseloszlás, dE/dx , ...). Ezenfelül a félév végén belekezdtem egy kalibrációs projektbe, ahol az NA61/SHINE összes használatban lévő Time Projection Chamber (TPC) szinkronizálásával foglalkoztam. Ennek az analízisnek a fő célja az, hogy a lehető legnagyobb mértékben csökkentsem az elsődleges ionizációból érkező részecskék időmérésből származó hibáit.

A második félévben a kutatásom két irányba ment. Az egyik a kalibráció folytatása volt, amelyet a félév első felében be is fejeztem. Az eredményeket ezek után feltöltöttem a belső adatbázisba, amelyet így minden egyes további kalibrációs folyamatnál használnak. A másik a femtoszkópikus-korrelációk energiafüggésének mérése volt. A félév során több technikai akadályba ütköztem a két



1. ábra. Az α paraméter egyenessel illesztett értéke különböző energiákon, rendszerekben. Oszlopok a statisztikus bizonytalanságot, míg a téglalapok a szisztematikus bizonytalanságot jelölik.

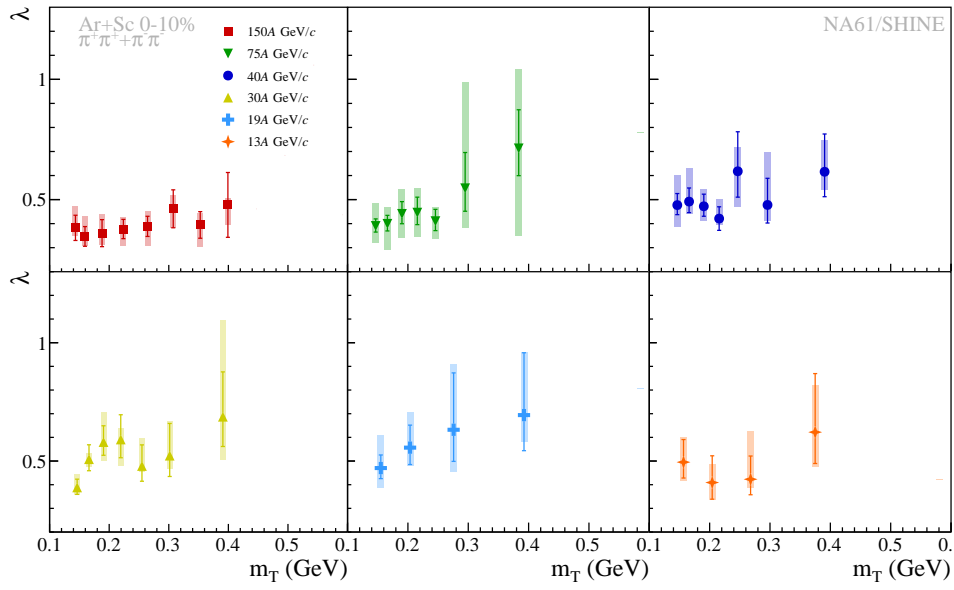
elkezdett adatsorral kapcsolatban. Az egyik ilyen volt az eseményenkénti átlagos multiplicitás drasztikus csökkenése. Emelett átalakítottam az analízis programomat, hogy a jövőben egyszerűbben lehessen kiegészíteni más energiákkal, rendszerekkel.

A doktori iskola harmadik féléve során az $^{40}\text{Ar}+^{45}\text{Sc}$ ütközőrendszerbeli femtoszkópikus méréseimet (a fent említett két energián felvett adatokon) gyakori belső kollaborációs előadásokon bemutattam, ahol tájékoztattam a csoport tagjait a haladásomról. A szorgalmi időszak végére elértem mindkét adatsorral az előzetes („preliminary”) státuszt. Tehát az eredményeim publikusak, de még módosíthatóak. Ezzel az eredménnyel az analízis energiafüggésének kutatása elérte a felét. A három hátralévő energián (13-19-30A GeV/c) felvett adatokat elkezdtem előkészíteni egyessével.

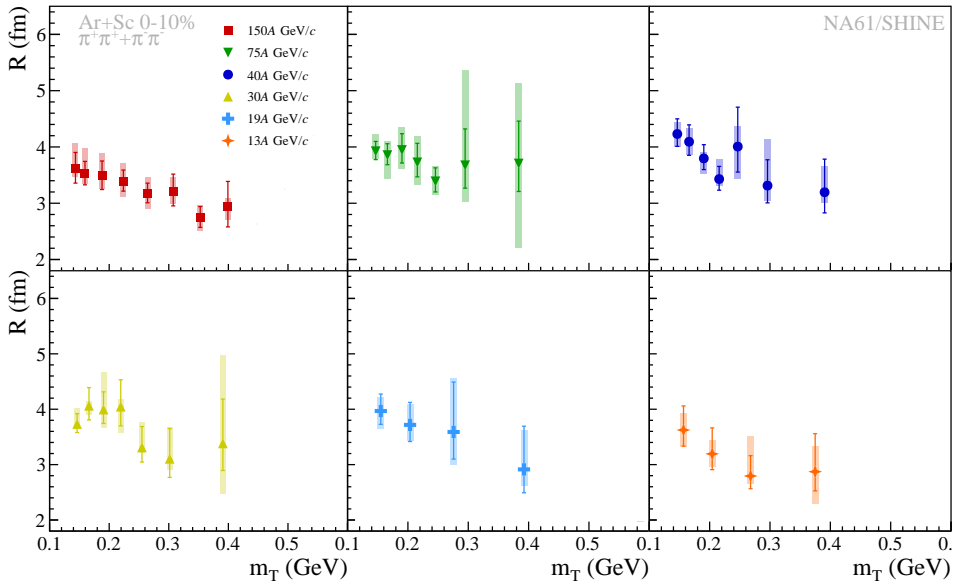
A negyedik félévben energiáról energiára haladtam a kutatással. A két legkisebb energiákon szintén akadályba ütköztem az alacsony statisztika miatt, amelyek így több időt vettek igénybe. A félév végére viszont sikerült előzetes státuszt elérnem a méréseimből. Az 1, 2 és 3. ábrákon látható eredmények közül az egyik legfontosabb számunkra az α paraméter. Látható, hogy az átlagos Lévy-exponens paraméter $\langle\alpha\rangle$ energiafüggése az $^{40}\text{Ar}+^{45}\text{Sc}$ esetén különösen érdekes trendet mutat. Az átlagos α értékek 1,4 és 2,0 között helyezkednek el. Észrevehető egy csökkenő trend csökkenő energiával, egészen nagyjából $\sqrt{s_{NN}} = 6 - 8$ GeV körül, ahol egy minimum jelenik meg, majd a csökkenő energiával a forrás újra Gauss alakot vesz fel. A megjelenő trendet a jövőben különböző szimulált modellekkel is szeretném megvizsgálni. A kapott α értékei továbbra is azt mutatják, hogy a Lévy-feltevés érvényes és érdemes megilleszteni az α paramétert is.

3. Publikációk

A négy félév alatt megírtam és beküldtem négy egyszerűs („for the NA61/SHINE Collaboration” típusú) konferenciakötetben megjelenő cikket [2–4], illetve egy sokszerzős cikket amely a European Physics Journal C folyóiratnál jelent meg [1]. A [2] cikk megjelent, és a [3, 4] cikkeket pedig



2. ábra. Illesztési paraméterek a transzverz tömeg függvényében, különböző energiákon, rendszerekben. Oszlopok a statisztikus bizonytalanságot, míg a téglalapok a szisztematikus bizonytalanságot jelölik.



3. ábra. Illesztési paraméterek a transzverz tömeg függvényében, különböző energiákon, rendszerekben. Oszlopok a statisztikus bizonytalanságot, míg a téglalapok a szisztematikus bizonytalanságot jelölik.

beküldtem a konferenciakötet szerzőinek, valamikor az idén fognak megjelenni. A negyedik egy-szerzős cikk pedig a beszámoló leadásáig nem lett elérhető, azonban az $^{40}\text{Ar}+^{45}\text{Sc}$ 40-75A GeV/c nyalábimpulzuson mért eredményekről számolok be.

Mindemellett szerző vagyok az NA61/SHINE publikációin is, a fentebb említett kalibrációs tevékenységeim, illetve a sokéves adatfelvételi program alatti munkáim eredményeképpen. Ennélfogva számos cikk jelent meg, amelyeket most nem sorolok fel.

4. Tanulmányi- és oktatási tevékenység az aktuális félévben

A félév során Csanád Máté által vezetett Nagyenergiás nehézionfizika, avagy a tökéletes kvarkfolyadék (FIZ/2/094E) nevű előadást hallgattam, illetve egy alkalommal helyettesítettem.

Május végén az ELFT Részecskefizika Nyáriiskolán vettem részt Mátrafüreden. Az iskolán számos általam is érdekelt előadó és téma került szóba.

5. Konferenciák a képzés alatt

- A femtoszkópia napja, Gyöngyös, 2022.11.15, előadás
- 22. Zimányi Téli Nehézionfizika Workshop és Iskolán, Budapest, 2022.12.05-09, előadás
- Együttműködési találkozó, Podlesice, Lengyelország, 2023.03.27-31, előadás
- ISOTDAQ2023 nyári iskola, Isztambul, Törökország, 2023.06.13-22
- Quark Matter 2023, Houston, Texas, USA, 2023.09.03-09, párhuzamos előadás
- Együttműködési találkozó, CERN, 2023.09.12-16, online előadás
- XVI. Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy és IV. Resonance Workshop, Catania, Olaszország, 2023.11.06-10, előadás
- 23. Zimányi Téli Nehézionfizika Workshop és Iskolán, Budapest, 2023.12.04-08, előadás
- Együttműködési találkozó, Szofia, Bulgária, 2024.04.15-19, előadás
- 42. International Conference on High Energy Physics, 2024.07.18-24, Prága, Csehország, (tervezett) párhuzamos előadás

6. Egyéb tevékenységek

2023 szeptember 24-től október 19-ig bekapcsolódtam az NA61/SHINE kísérlet adatgyűjtő (DAQ) csoport fejlesztői munkájába. Továbbá a kísérlet ólom-ólom adatfelvétele alatt adatfelvétel koordinátori (run coordinator) pozíciót töltöttem be, amely a fizikai program vezetője, illetve a detektor vezető alatt helyezkedik el. Főbb feladataim közé tartozott napi jelentést tartani a kísérlet és az adatfelvétel állapotáról, illetve a shifterek segítése, betanítása.

Továbbá 2024 június 24-től július 28-ig tervezek kint leszek az NA61/SHINE kísérletnél ahol az adatgyűjtő csoport munkáját fogom segíteni.

7. Elismerések

A doktori programom hátralévő részére elnyertem a Doktoranduszi Kiválósági Ösztöndíj Program ösztöndíját, amely keretében az NA61/SHINE kísérletben további adatanalízist végzem.

Hivatkozások

- [1] H. Adhikary *et al.*, [NA61/SHINE Collab.] *Eur. Phys. J. C* **83** no. 10, (2023) 919, arXiv:2302.04593 [nucl-ex].
- [2] B. Pórfy, [NA61/SHINE Collab.] *Universe* **9** (2023) 298, arXiv:2306.08696 [nucl-ex].
- [3] B. Porfy, [NA61/SHINE Collab.], „Femtосcopy analysis in small systems at NA61/SHINE,” in *30th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions*. 1, 2024. arXiv:2401.02553 [nucl-ex].
- [4] B. Porfy, [NA61/SHINE Collab.], „Femtосcopy with Lévy sources at NA61/SHINE,” in *XVIth Workshop on Particle Correlations and Femtосcopy and the IVth Resonance Workshop*. 5, 2024. arXiv:2405.01061 [nucl-ex].