

1. félévi beszámoló

Takács Ádám (adamtakacs0@gmail.com)

Részecskefizika és Csillagászat PhD program

Témavezető: Jakovác Antal és Barnaföldi Gergely Gábor

A dolgozat címe: Investigations of Particle Production and Hadronization in High-energy Heavy-ion Collisions

Nagyenergiás részecskeütközésekben keletkező hadronok eloszlásának elméleti leírása napjaink nyitott kérdésköre. A CERN Nagy Hadronütköztető és az amerikai Relativisztikus nehézion ütköztető kísérleteiben mért azonosított hadroneloszlások elméleti analízise lehetővé teszi számunkra, hogy következtessünk a hadronizációt leíró folyamatok mikro és makroszkopikus tulajdonságaira. Doktori kutatómunkám során, a hadronkeltést és a hadronizáció folyamatát fogom vizsgálni különböző elméleti modelleken keresztül.

Az elsőéves terveim között szerepelt, hogy összegzem és ismertetem az előző munkáim eredményeit. Ide tartozik a diplomamunkám témája, amely során nem-extenzív alakú fragmentációs függvényeket parametrizáltam a hadronizáció statisztikus leírására. Ezt számos helyen és módon publikáltam, amiket a beszámoló végén tételesen is összefoglaltam. A leírásomat egyelőre elektron-pozitron ütközésekre használtam, de a publikáció elkészülte után az új függvények egyszerűen beleépíthetők lesznek a perturbatív QCD alapú kódokba, amelyekkel proton-proton, proton-atommag és atommag-atommag ütközésekben is tesztelhetem a modellt.

Későbbi tervem, hogy a részecskekeltést és hadronizációt anyag jelenlétében is megértsem, ezzel kiterjesztve a meglévő vákuum fragmentációs ismereteimet. Erről tanulhattam a Bergeni egyetemen, ahol Konrad Tywoniuk meghívottjaként, aki a témakör egyik fő képviselője szemináriumi előadást is tartottam. A találkozó során megegyeztünk a jövőbeli közös munkánkról, amelyben olyan részecskefizikai eseménygenerátort szeretnénk csinálni, amelyben keletkező jetek kölcsönhatnak az ütközésben megkeletkezett kvark-gluon plazmával. Ehhez tartozik a részvételem és előadásom a 2019 januári Jetscape Winter School és workshopon Texasban, ahol a jet és kvark-gluon plazma kölcsönhatásának leírásához szükséges elméletről tanultam, illetve egy már létező eseménygenerátor működéséről, ami tartalmazza ezt a kölcsönhatást is. A workshopon előadtam a Non-Extensive Parton Fragmentation Functions című előadásomat.

Augusztusban (2018.08.03-2018.09.03) vendégkutató voltam az amerikai Stony Brook egyetemen, ahol az ottani PHENIX csoporttal együtt dolgoztam a nagyenergiás ütközésekben keletkező fotonok leírásán, amelyhez szintén fragmentációs függvényeket használnak. Elméleti kutató révén, az volt a feladatom, hogy az irodalomban használt Jetphox és INCNLO szoftvereket vizsgáljam és felmérjem azok eredményeinek a bizonytalanságát. A munkám során megértettem, hogy az eddigi függvényeim itt is használhatók ha a parametrizálásra szolgáló kódomat kiterjesztem a fotonok leírására. Az ottani munkám során olyan ábrákat készítettem, amelyeket a későbbi foton analízist tartalmazó cikkekben fel tudnak használni referenciaként.

Doktori kutatási témám más modellek részecskekeltésének megértése is. Nagyenergiás nehézion ütközésekben a nukleonokat alkotó kvarkok kiszabadulnak és egy új anyagi fázis, a kvark-gluon plazma jelenik meg. A plazma vizsgálata során kiderült, hogy annak folyadékszerű tulajdonságai vannak, így relativisztikus hidrodinamikai és transzport számolásokkal is leírható Ezeknek, mint minden elméletnek, tartalmaznia kell a részecske keltést, így a hadronizációt, így ezen modellek megértése is a céloim. A témával kapcsolatos külön vizsgálataimra ÚNKP támogatást kaptam,

amelyben megvizsgáltam miként befolyásolja a részecskekeltés a számolások eredményét. Ehhez az amerikai Molnár Dénes segítségével, a hidrodinamikai terek részecskékké konvertálását végző Cooper-Frye formalizmust általánosítottam nem-egyensúlyi eloszlások segítségével és megmutattam, hogy ekkor akár ideális folyadék esetén is viszkózushoz hasonló tulajdonságokat adhat a mért részecskék eloszlása. Ezzel tágabb értelmezést adható a kicsi de mérhető viszkozitásra. Ezeket az eredményeimet mutattam be a Zimányi Winter Workshopon és a publikáció készületben van. Az eredmények azt motiválják, hogy a későbbiekben a plazma egyensúlyiságát részletesebben is megvizsgáljuk, mivel egyes szakirodalmak és az eredményeink alapján ez kérdéses. Eközben, az amerikai utam során megismert Ismail Zahed és Derek Teaney vezetésével, egy relativisztikus hidrodinamikai kódba új állapotegyenletet implementáltam, ami a kémiai potenciált is figyelembe veszi. A véges kémiai potenciál segítségével alacsonyabb energiájú ütközéseket jobban lehet modellezni, ami motivált az amerikai RHIC Beam Energy Scan projekt miatt, ahol éppen az ilyen méréseket végzik. Ismail Zahed segítségével direkt foton és dilepton számolásokat szeretnénk csinálni a jövőben, amiket összehasonlíthatunk az alacsonyabb energiás RHIC eredményekkel.

A doktori kutatásaim egyik fontos alapja a részecskefizikai ismereteim mellett a statisztikus fizikai ismeretem Ennek a mélyítésére kezdtem el dolgozni Kocsis Bencével galaxismagok szerkezetének átlagtérelméleti leírásán, amiből már van egy publikációm. Az első félévben a nem-extenzív statisztikus fizikai ismereteimet igyekeztem alkalmazni a galaxismag leírására, egy nem-extenzív alapú átlagtérelmélet definiálásával. Ezt az motiválja, hogy a gravitációs rendszerek, feltehetően másképp töltik be a fázisteret a hosszútávú kölcsönhatás miatt, ezzel szembe menve a Boltzmanni és ergodikus leírással. A meglévő számolásokat így kiterjesztettem és vizsgáltam a következő cikkhez. Eközben együtt dolgoztam Máthé Gergellyel is, aki ugyan ennek a rendszernek az átlagtérelméleti leírása helyett numerikus szimulációval vizsgálja a rendszert. A tervem, hogy a két projektet összekapcsolva eltérést találjunk a Boltzmann átlagtérelmélet és a numerikus szimuláció között. Azt várjuk, hogy a nem-extenzív leírás megmagyarázza a lehetséges eltéréseket. A meglévő cikken felül még egy-egy cikk van előrehaladott állapotban.

Szintén az első féléves időszak alatt sikerült befejezni egy régi TDK-s munkámat összefoglaló cikket, amit be is küldtem a Phys.Rev.B folyóirathoz.

Összefoglaló az eredményekről:

Szemináriumok:

- Meghívott szemináriumi előadás az amerikai Stony Brook egyetem (2018. augusztus), ahol a fragmentációs függvényekről és az azokhoz kapcsolódó eredményeimről beszéltem
- Meghívott szemináriumi előadás az norvég Bergeni egyetemen 2018.10.17-21, ahol előadtam a Non-Extensive Motivated Parton Fragmentation Functions című előadásomat.

Konferenciák:

- Részvétel az ELFT Summer School: Astroparticle Physics konferencián. Mátraháza 2018.09.03-07
- Részvétel a Young Astronomer on Galactic Nuclei 2018 konferencián Budapest, 2018.10.29–31.
- Részvétel és előadás a Hot Quarks 2018 school és konferencián Texel, Hollandia 2018.09.07-
- Részvétel és előadás a budapesti Zimányi Winter Workshop on Heavy Ion Physics 2018.12.02-06. Ezen a konferencián előadtam a Do we need viscosity to suppress v_2 ? című előadásom.
- Részvétel és előadás az amerikai 2nd Jetscape Winter School and Workshop, 2019.01.08-13, Texas.

Publikációk:

Előkészületben lévő publikáció:

- Á. Takács, G.G. Barnaföldi, Non-Extensive Motivated Fragmentation Functions. Ebben a témában már egy konferencia kivonatot bekültem. A cikk nagy része így már megvan, ami még hiányzik, hogy a meglévő fragmentációs függvényt egy parton modell alapú számolásba is implementáljuk és teszteljük proton-proton ütközésekre is.
- Á. Takács, D. Molnár: The Suppression of flow with Ideal Hydrodynamics. A cikk legtöbb minden eredménye megvan, az elméletben lévő paraméterek beállítását kell még elvégezni, hogy olyan ábrákat lehessen mutatni, amelyekre a kísérleti pontokat is rá lehet tenni.
- Á. Takács, G. Máthé, B. Kocsis, Gravitational System Driven by Non-Extensive Entropy. A publikáláshoz szükséges eredmények nagy része már megvan. Ami még hiányzik, a számolások kiterjesztése forgó rendszerekre és az új eredmények értelmezése.
- G. Máthé, Á. Takács, B. Kocsis, A numerical study of the statistical physics of vector resonant relaxation. A publikáláshoz szükséges numerikus kód és az eredmények nagy része már megvan. Ami még hiányzik, az nem-extenzív mennyiségek tesztelése.

Beküldött publikáció:

- Á. Takács, G.G. Barnaföldi Non-Extensive Motivated Parton Fragmentation Functions, proceedings a Hot Quarks 2018 konferenciáról, beküldve az MDPI Proceedings folyóiratához.
- Á. Takács, P-D. Ispánovity, G. Tichy, Strain distribution in polycrystals: Theory and Application for Diffraction Experiments, beküldve a Phys. Rev. B folyóiratba.

Szakmai tevékenység:

- Interjú adtam és részt vettem a Kutatók Éjszakája reklámkampányában
- Ismeretterjesztő cikk írása a Természet Világába.
- Előadás az ELTE szervezésében a Kutatók éjszakáján 2018.09.29.
- Interjú adás a Duna és M5 televízió Magyar Krónika című műsorának a kutatási témámról.

Elismerések:

- A Természet Világába beküldött cikkem 2. helyezést ért el az MTA TIT pályázatán.
- ÚNKP 5 hónapos ösztöndíj. Téma címe: A hadronizáció és termalizáció kapcsoltának vizsgálata nagyenergiás ütközésekben