

Fragmentáció vizsgálata nehéz- és könnyű kvarkok mérésein keresztül az ALICE kísérletben

Mikromásodpercekkel az ősrobbanás után az univerzumot részecskék rendkívül forró és sűrű keveréke töltötte ki, az ún. kvark-gluon plazma (QGP). Az anyag ezen extrém állapotát, amely a korai univerzumban létezett, nehézionok ütköztetésével létre tudjuk hozni. Habár kis rendszerekben, mint pl. a proton-proton ütközések, nem várható a kvark-gluon plazma jelentős térfogatban való kialakulása, olyan jelenségeket figyeltek meg, amelyek a kvark-gluon plazma jelenlétére utalhatnak. Ezen megfigyelések közé tartoznak a kollektív jelenségek, mint például a kis azimutszög-különbségnél megjelenő hosszú távú korrelációk és a végállapotú részecskék azimutális eloszlásának aszimmetriája, más néven elliptikus folyás. Egy lehetséges magyarázat az, hogy a kvark-gluon plazma kis térfogatban létrejöhet a kis rendszerek ütközéseinek egy részében. Azonban vannak alternatív magyarázatok is ezekre a megfigyelt jelenségekre, amelyek nem feltételezik a kvark-gluon plazmát. Vákuum-QCD effektusok a kemény-lágy folyamatok határán, mint például a sokparton-kölcsönhatások, képesek kollektív jelenségeket okozni.

Ezen dolgozat célja a kis rendszerekben fellépő kollektív viselkedéshez vezető részecskeképződési mechanizmusok megvilágítása proton-proton ütközésekben keletkező nehéz- és könnyűkvark-jetek fragmentációs és hadronizációs tulajdonságainak vizsgálatával. A jetek szerkezetének (impulzusprofiljának) jellemzése segítségével kerestem nem triviális kvantumszindinamikai hatások okozta módosulásokat. Továbbá megvizsgáltam a multiplicitás eloszlását a jetek transzverzális impulzusának függvényében. A legújabb eredmények alapján a multiplicitáseloszlások a Koba-Nielsen-Olesen (KNO) skálázáshoz hasonló viselkedést mutatnak, ami a jetek fragmentációjára vonatkozó fontos tanulságokkal szolgál. Tanulmányaimban a KNO-szerű skálázást kerestem a nehéz kvark jetek szimulációjával, valamint az ALICE kísérletben elsőként végeztem el a jetek részecskeszám eloszlásának impulzusfüggő mérését is.

A nagyenergiájú hadronütközésekben a nehéz kvarkok (charm és beauty) főként partonok kemény ütközéses folyamatai során keletkeznek. A nehéz kvarkokat tartalmazó hadronok bomlásából keletkező részecskék kétrészecske-szöggkorrelációs mérései lehetővé teszik a partonzápor és fragmentáció jellemzését. Az ALICE együttműködés megmérte a nehéz kvarkot tartalmazó hadronokból eredő elektronok töltött hadronokkal való azimutális korrelációs eloszlásait p-p és p-Pb ütközésekben $\sqrt{s}=5.02$ TeV energián. A fő hozzájárulásom az analízishez részletes szimulációk elkészítése volt, amelyek összehasonlítási alapot adtak a p-p és p-Pb ütközésekben mért azonos és átellenes oldali korrelációs csúcsok értelmezéséhez. Ez lehetővé tette a charm- és beauty-kvarkok keletkezési, fragmentációs és hadronizációs folyamatai modelljének ellenőrzését, amelyek hatással vannak az elemzésben vizsgált megfigyelhető mennyiségekre. Továbbá meghatároztam a charm és beauty kvarkokból jövő elektronok hozamát a FONLL perturbatív kvantumszindinamikai modellt felhasználva, és becslést adtam a korrelációs csúcsokhoz való járulékokra.

A dolgozatom másik fő témája, szintén a jetek fragmentációjához kapcsolódóan, a nehéz kvark hadronok proton-proton ütközésekben történő hadroprodukciónak megértése az LHC ütközési energiáin. A hadronok hatáskeresztmetszetét a faktorizációs tétel segítségével lehet kiszámítani, amely feltételezi, hogy a fragmentációs függvények univerzálisak különböző ütközési rendszerekre. Az olyan kísérleti eredmények, mint a charm barionok hozamának nem várt növekménye p-p ütközésekben, megkérdőjelezzik ezt a feltételezést. Egy olyan modellt használtam, amely színhúrok újrendezését tartalmazza a vezető rendű közelítésen túl, hogy magyarázatot találjak a charm tartalmú barionok növekményére, és új megfigyelhető mennyiségeket javasoltam a jövőbeli kísérleti mérésekhez. Az ütközéseket különböző esemény-aktivitást leíró mennyiségekkel jellemeztem, amelyek lehetővé teszik a vezető QCD folyamatok és a háttéresemény közötti kapcsolat vizsgálatát. Kutatásomat elsősorban a proton-proton ütközések kemény és lágy tartományai határterületének megértése motiválja, ami még nem teljesen feltérképezett terület.