

Válaszok Dr. Krasznahorkay Attila, az MTA doktora
„Új kiértékelési módszerek és alkalmazásuk az erős kölcsönhatás vizsgálatában”
című MTA doktori disszertációmmal kapcsolatos kérdéseire

Köszönöm Dr. Krasznahorkay Attila opponensnek disszertációm gondos áttanulmányozását, értékelését és hasznos észrevételeit.

A kérdésekre a válaszaim a következők:

1. Milyen pontosan ismert a mágneses tér eloszlása a VTX-1 és a VTX-2 vertex mágnesek közötti térben? Mennyire zavarta az esetleges pontatlanság a pályák újraegyesítését?

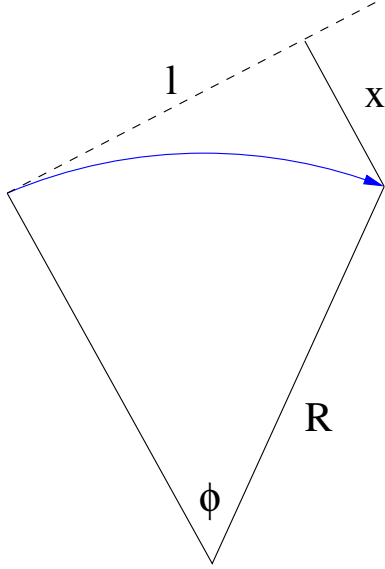
Válasz: A mágneses tér pontos térbeli eloszlását kétféle módszerrel határozhatjuk meg [1]. Egyrészt VTX-1 és VTX-2 mágneset alkotó vas és a tekercsek elhelyezkedésének ismeretében a tér a TOSCA végeselemes programmal volt számolható [2]. Másrészt Hall-szondák segítségével megmérték a mágneses tér eloszlását egy $4\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ -es rácson [3]. Annak érdekében, hogy a nyomkövető detektorok (TPC-k) teljes érzékeny térfogatát felderítsük, a mérést mintegy $16,5\text{ m}^3$ -es térrészre kellett elvégezni. A hosszú idejű mérésorozat közben óhatatlanul fellépő mechanikai és időfüggő elektromos ingadozásokat egy referencia NMR- és Hall-szonda adatainak figyelembe vételével korrigálták.

A számolt és a mért mágneses „térkép” összehasonlításával javíthattuk mind a TOSCA számolás pontatlanságait, mind a mérés során elvégzett kalibrációs eljárásokat is. Két módszerrel kapott mágneses tér értékek eltérése minden pontban jobb, mint 0,5%. Ez utóbbi érték felfogható a mágneses tér ismeretének szisztematikus bizonytalanságaként is.

A részecskepályák újraegyesítése során a pályarészletek geometriáját, meghosszabbított görbéjük térbeli távolságát használtam. A mágneses tér konkrét értékének – igen kis mértékű – bizonytalansága esetére a következő becslést tehetjük. Ha a pálya görbületi sugara R és a pályát további l hosszonszeretnénk a VTX-1 mágnesből a VTX-2 mágnesben meghosszabbítani, akkor a pálya egyenestől való x eltérésére (1. ábra, $l \ll R$ esetén)

$$x = R(1 - \cos \phi) \approx R \frac{\phi^2}{2}, \quad (1)$$

ahol $\phi \approx l/R$, vagyis $x \approx l^2/(2R)$.



1. ábra. A pálya egyenestől való x eltéréseinek becslése.

Esetünkben x bizonytalanságára $|\delta x| \approx \frac{l^2}{2R} \frac{\delta R}{R} = \frac{l^2}{2R} \frac{\delta B}{B}$. Itt $l = 0,5$ m és $R = 3$ m értékekkel számolva a bizonytalanságra $|\delta x| \approx 0.2$ mm adódik. (Ez megfelel egy nagyon kis impulzusú, $p \approx 1$ GeV/ c , töltött részecskének.) Így a TPC-ben hagyott klaszterek, majd a belőlük felépített térbeli pontok helyfelbontásához képest a mágneses tér ismeretéből származó bizonytalanság teljes mértékben elhanyagolható.

[Összehasonlításképpen, a VTPC-1 relatív impulzusfelbontása a $p = 0,5 - 8$ GeV/ c tartományban $\delta p/p \approx 7 \cdot 10^{-4}(\text{GeV}/c)^{-1}p$, melyhez főként a térbeli pontok helyfelbontása és a részecskék többszörös szórása járul hozzá.]

2. Hasonlítsa össze a felhasznált részecskeazonosítási módszerek hibáját.

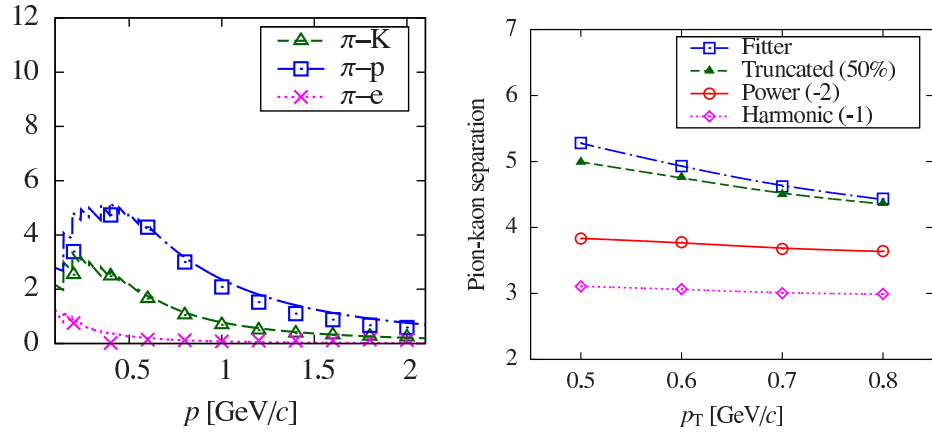
Válasz: A disszertációban alapvetően kétféle részecskeazonosítási módszerrel dolgoztam, illetve használtam fel: azonosítás a pálya-illesztés χ^2/ndf értékével (χ mérés, 10. fejezet), valamint azonosítás a detektorok érzékeny térfogatában leadott energiák segítségével. Ez utóbbi ismét két részre osztható:

- az energiavesztés-ráta becslése lineáris kombinációval (9. fejezet);
- a valószínűsűgssűrűség ismeretében egy maximum likelihood optimalizálással (11. fejezet).

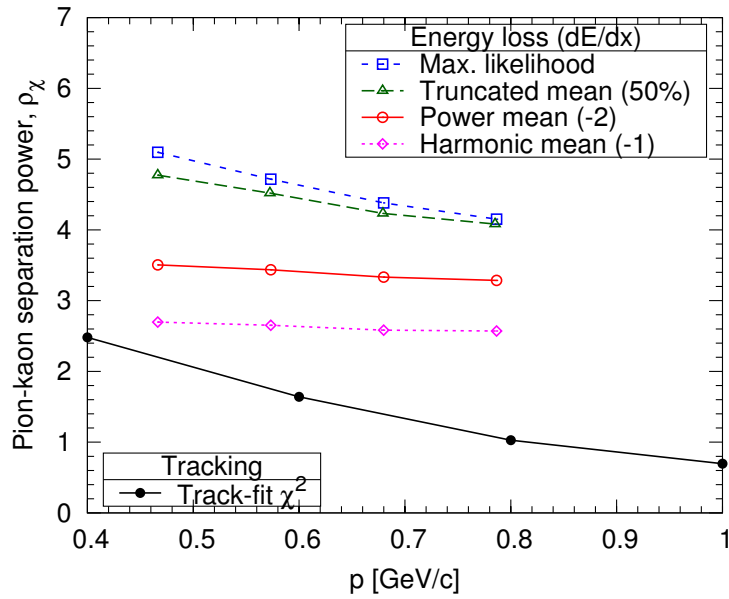
A két utóbbi módszer bizonytalansága (hibájuk) hasonló.

A χ mérés teljesítményét – hasonló detektorelrendezés esetén – jól jellemzi a ρ_χ pion-kaon szétválasztási erő (a részecske tömegére jellemző μ_χ mennyiségek távolsága a becslés különbségének szórásához képest):

$$\rho_\chi = \frac{2[\mu_\chi(m_\pi) - \mu_\chi(m_K)]}{\sqrt{\sigma_\chi^2(m_\pi) + \sigma_\chi^2(m_K)}}, \quad (2)$$



2. ábra. Balra: A χ mérés π -K szétválasztási ereje a CMS kísérletnek megfelelő összeállításra, az impulzus függvényében. Jobbra: Az energiavesztéséget használó módszerek π -K szétválasztási ereje a négy impulzus-beállítás mellett, többféle módszert vizsgálva: a bemutatott log-likelihood illesztés (Fitter), az 50%-os levágott átlag, egy hatványátlag (kitevő -2) és a harmonikus átlag (kitevő -1). A berajzolt görbék mindkét ábrán a jobb megértést segítik.



3. ábra. A χ mérés (Track-fit χ^2) és az energiavesztéséget használó módszerek (dE/dx) π -K szétválasztási erejének összehasonlítása az impulzus függvényében.

mely mennyiség impulzusfüggését a disszertációban két ábra mutatja be, itt egymás mellett, a 2. ábrán láthatók.

A kapott értékeket a közös impulzustartományon egy ábrán is megjelenítettem (3. ábra). Világosan látszik, hogy az energiaveszteséget használó eljárások – jelesül a maximum likelihood-ot alkalmazó – szétválasztási ereje sokkal, akár 4-szer is nagyobb a csak a pálya-illesztés χ^2 -ét felhasználó módszerhez képest. Ez utóbbi használata csak akkor ajánlott, ha más részecskeazonosítási módszer nem áll rendelkezésre: például a töltött részecskék nyomait rögzítő detektor kiolvasása nem analóg, hanem csak 0/1 választ ad. Erre jó, aktuális példa az ATLAS félvezető detektora, bár ott a ToT (time over threshold) módszert is használhatják a töltött részecske szilíciumban leadott energiája becslésére, és esetleges részecskeazonosításra [4].

Budapest, 2013. október 25.

Siklér Ferenc

Hivatkozások

- [1] NA49 Collaboration, „The NA49 large acceptance hadron detector,” Nucl. Instrum. Meth. A 430 (1999) 210–244.
- [2] F. Bergsma (CERN), private communication.
- [3] C. Blyth, B. Lasiuk, H. Stroebele, S. Trentalange, and C. Whitten, „The NA49 Magnet Mapping Programme.” Internal Report (1995).
- [4] T. Akesson, E. Arik, K. Assamagan, O. K. Baker, E. Barberio, *et al.*, „Particle identification using the time-over-threshold method in the ATLAS Transition Radiation Tracker,” Nucl. Instrum. Meth. A 474 (2001) 172–187.