

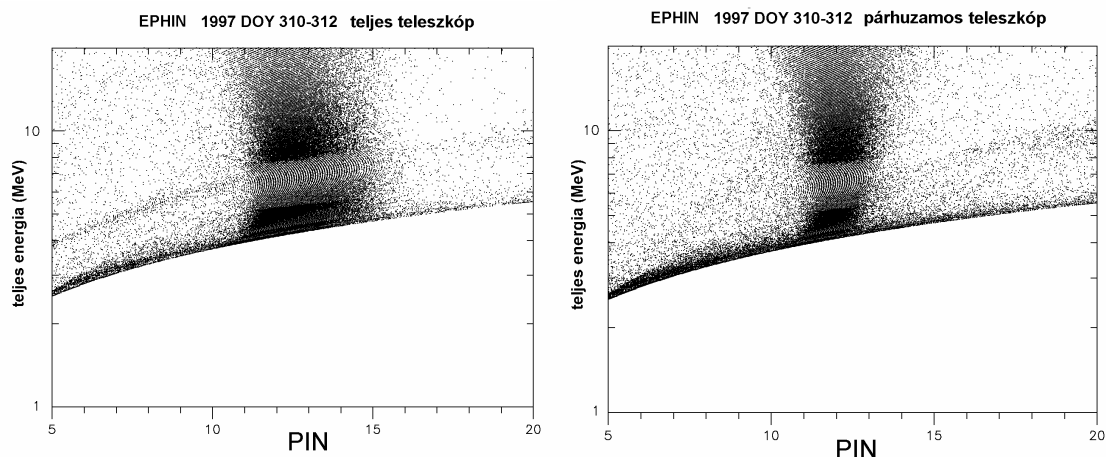
## Válasz Csabai István opponens kérdéseire

Megköszönöm Csabai István opponensnek a disszertációm gondos olvasását és a hasznos megjegyzéseit, kritikáit. Egyetértek azzal az általános észrevétellel, amelyben hiányolja az egyes részeredmények után az értelmezést, illetve visszahivatkozásokat a fontosabb eredményeket mutató ábrákra az összefoglalóban. Az elírásokért, a pontatlan ábraszámokért, a hibás 4.4 ábráért (részletezve alább) és nyomtatásért valamint a színezésért elnézést kérek.

Az egyes kérdésekre a válaszaim a következők:

1. A 4.4 ábra alapján 9 MeV fölött már nem látható adatpont. Valóban ebben az energiasávban készült a hisztogram? Ha igen, miért nem láthatóak adatpontok? A 4.4 ábra alapján az eloszlás maximuma jóval a 12 PIN érték fölött látszik, mind az esemény során mind a nyugodt periódusban, míg a 4.5 ábrán mindkét eloszlás csúcsa 12 körül van. Miért?

Az 50. oldalon közölt 4.4 eloszlás ábrák, ill. az 51. oldalon látható 4.5 ábrák hisztogramjai valóban nincsenek összhangban. Itt azt a hibát követtem el, hogy nem az eredeti, a Valtonen et al. (2001) cikkben (pdf formátumban mellékelve) közölt scatter-plotokat használtam (az eredeti scatter-plotok filejai elvesztek), amelyek az ún. párhuzamos geometriával kapott mérések PIN eloszlását mutatják, hanem tévesen a teljes teleszkópra kapott eloszlásokat. (Párhuzamos geometria esetén az első két, A és B detektornak csak a középső, kör alakú szegmensei közötti koincidenciákat vesszük figyelembe.)



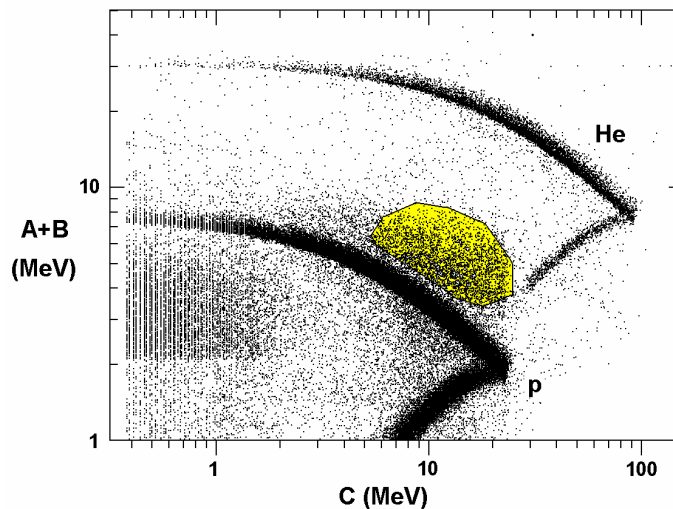
*1. ábra PIN eloszlások összehasonlítása teljes és párhuzamos geometriánál (ABC hármas koincidenciákra)*

További hiba, hogy az első 3 detektor ABC hármas koincidenciái helyett a 4.4 ábrákon az AB(Cnem) koincidenciákat tüntettem fel, azaz, ahol a C detektor már nem szólal meg, ez

pedig letiltja a 8 MeV-nél nagyobb energiájú részecskéket (protonokat feltételezve). Emiatt a 9-10,5 MeV tartományban nincsenek események. Az összehasonlítás kedvéért a fenti két ábra közül a bal oldalon a teljes, a jobb oldalon pedig a párhuzamos geometriából kapott eloszlás látszik nagy fluxusú esemény során ABC koincidenciák esetén. Nyilvánvalóan a bal oldali, széles látószög esetén a PIN eloszlás jóval szélesebb, kissé aszimmetrikus és a maximuma is 12 helyett kb. 12,6-re esik. Ezt az eltérést a szélesebb szögnél megengedett ferdebb beesésű részecskék okozzák. (Ugyanezt a hibát követtem el a 4.4 ábra nyugodt periódusú eloszlásánál is.)

2. „... jól leírható lognormális eloszlással a 10.5-14 PIN intervallumban, az intervallumon kívül pedig ez lineáris függvényel ... ” A 17 PIN után jelentős eltérés van a lineárisnak várt háttértől. Kérdés: Mi okozhatja ezt? Nem befolyásolja az illesztést?

A 4.5 ábra baloldali hisztogramja a maximum közelében jól leírható Gauss-eloszlással, de a 17-es PIN érték fölött jelentős emelkedés látszik a háttérben a nagy fluxusú eseményben, míg a nyugodt időszakban a háttér jó közelítéssel végig lineáris 5 és 20 PIN között.



2. ábra Az A és B detektorokban leadott energiák összege a C-ben leadott energia függvényében. Sárga tartomány: a 17 PIN érték fölötti többlet háttér

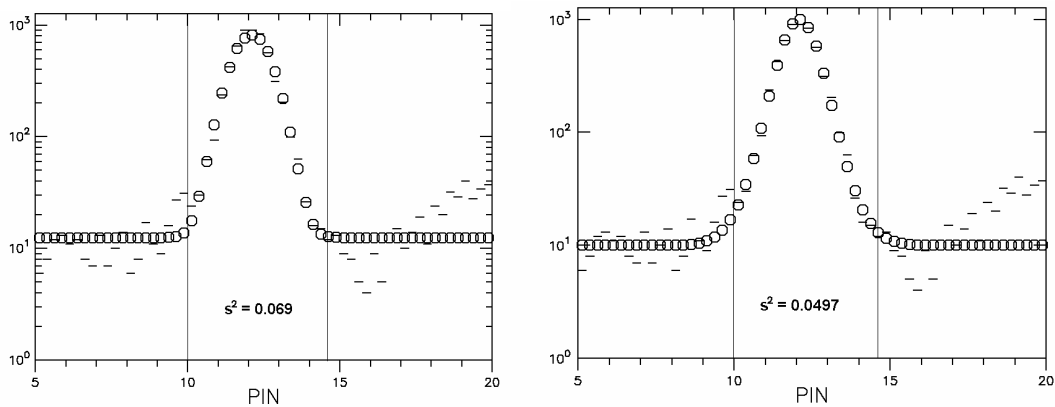
Az említett magasabb háttér azonosítható a fenti szokásos  $dE/dx - E$  2. ábrán, jelen esetben ha az A és B detektorokban leadott összes energiát ábrázoljuk a C detektorban leadott energia függvényében. Az alsó nyom a protonokat, a felső a  $\text{He}^{++}$  ionokat reprezentálja. A 4.5 bal oldali hisztogramján a  $\text{PIN} > 17$  értékeknek ezen az ábrán nagyjából a protonnyom feletti sárgával színezett tartomány felel meg. Ezek kis része feltételezhetően deuteron, amelyek nominális nyomvonala a protonokéval párhuzamosan itt halad, többségük azonban valószínűleg szekunder részecske, illetve az alacsony energiájú ionok nagy fluxusa következtében fellépő hamis koincidencia.

A hisztogramokhoz 5 paramétert illesztettem, ha ezt az emelkedést le akarnánk írni, még legalább egy szabad paraméterre lenne szükség. A feltételezés azonban csak az, hogy a maximum környékét leíró  $h$  és  $n_0$  paraméterek függetlenek a fluxustól,  $g$  pedig normálási faktor. Ugyanakkor a háttérrel leíró  $a$  és  $b$  paramétereknek már nem kell azonosnak lenniük a nagy és a kis fluxusú eloszlásoknál, ennél fogva a nagy fluxusnál a háttérnek a lineáristól való eltérése nem befolyásolja az alacsony eloszlás háttérére kapott becslést és ezáltal a valódi fluxus nagyságát. A nyugodt időszaki fluxusok sok adatsorozatában a PIN eloszlások háttérében ilyen anomáliát általában nem találtam.

3. A „lognormális eloszlás” fogalmat általában olyan értelemben használjuk, hogy a valószínűségi változó logaritmus normális eloszlású. Itt nem erről van szó, hanem a lineáris skálán vett PIN változó eloszlása olyan hogy a sűrűségfüggvény értékének logaritmus illeszthető Gauss-görbével. Indokolja valami elméleti megfontolás a logaritmus használatát? Kellő átskálázással az  $\exp(\exp(-x^2))$  típusú függvény nem sokban különbözik a  $\exp(-x^2)$ -től (pl. Gnuplot: `plot [-3:3] exp(-x*x), (exp(exp(-x*x*0.8))-1)/1.72`). Egyszerű Gauss-görbe nem illeszthető ugyanilyen jósággal?

A lognormális eloszlás használata valóban nem szerencsés, a logaritmus használatát az indokolja, hogy feltételezhetjük, hogy a  $dE/dx$ -E és így a PIN szerinti eloszlás is független a fluxustól. Ekkor a  $\log(\text{fluxus})$ -PIN függvény alakja változatlan, önmagával párhuzamosan tolódik el függőleges irányban. Az eseményszámok logaritmusának Gauss-görbével való illesztését lényegében csak a kísérleti igen pontos illeszkedés indokolja. Elméletileg az eloszlás igen bonyolult, tekintve, hogy már a fenti  $dE/dx$ -E ábrán a nyomvonalak egyrészt a ferde beesés, másrészt az ionizáló részecskék véletlenszerű ütközései következtében fellépő irányváltások (straggling) miatt kiszélesednek. Ehhez hozzájárul a PIN értékekre való átszámításnál egy bonyolult transzformáció és a bejövő részecskék egymás utániségének Poisson eloszlása. Multiplikatív folyamatoknál várhatnánk a határeloszlás-tétel következtében lognormális eloszlást, itt felmerül a mágneses tér turbulenciája, amely a töltött részecskék terjedésében játszik szerepet és a spektrum hatványfüggvény alakjában jelenik meg.

Az egyszerű Gauss és a logaritmuson vett értékeknek a hisztogramokkal való kvantitatív összehasonlításához elvégeztem az illesztést a 4.5 bal oldali ábráján látható hisztogram értékeihez. A 3. ábrán a bal oldalon a lineárisan vett eseményszámokhoz illesztettem egy 3 paraméteres függvényt  $A \exp[-(p-p_0)^2] + C$  alakban és a mért értékekkel együtt logaritmus skálán ábrázoltam. A jobb oldalon lényegében ugyanaz szerepel, mint a 4.5 ábrán, vagyis a hisztogram értékek logaritmusaihoz készült illesztés. A két illesztés ránézésre ugyanolyan jó, a lineáris az intervallum két szélénél „sarkosabb”. A számított és mért értékek közötti négyzetes eltérésre a  $10 < \text{PIN} < 14,6$  intervallumban lineáris esetben 0,0690, logaritmusnál 0,0497 adódott, a különbség, ha a logaritmus javára is, de elhanyagolható.



3. ábra A lineárisan vett eseményszámokhoz legjobban illeszkedő Gauss-eloszlás logaritmus (bal oldalon) és a logaritmus értékekhez illesztett Gauss (jobb oldalon). A számok a mért és illesztett értékek között négyzetes eltérést adják meg a 10-14,6 PIN intervallumban.

Ezek szerint a valódi beütésszámokra az lineáris illesztés lényegében ugyanolyan jó eredményt ad, mint az általam használt logaritmus. Mindamelllett céлом az alacsony fluxusú időszakokban a háttér PIN eloszlásának megbízható meghatározása és a valóditól való szétválasztása volt, ennél fogva a nominális nyomvonalához közeli valódi beütésszámok PIN szerinti eloszlásának függvényalakja csak annyiban számít, hogy jó becslést kell adnia a háttér és a valódi eloszlás határának a közelében, hogy extrapolálhassuk a maximum tartományára.

Budapest, 2013. június 20.

Kecskeméty Károly