

Hadronfizika kis p_T -s részecskékkel az LHC CMS kísérleténél

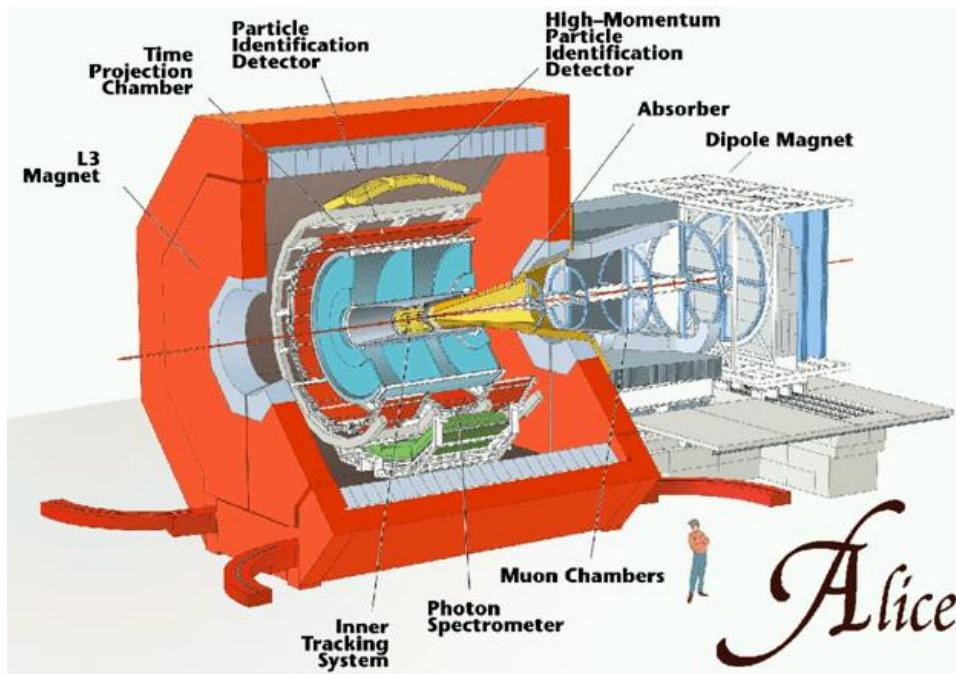
Siklér Ferenc (RMKI)

sikler@rmki.kfki.hu

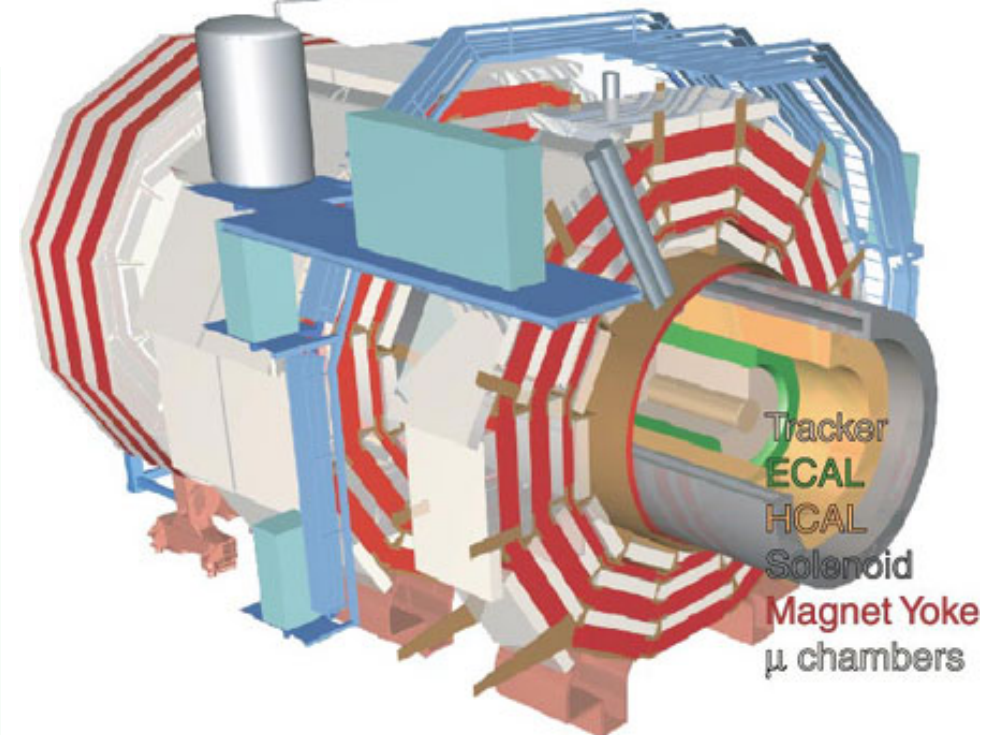
”Atommagok ütközései” nyári iskola
ELTE, 2006. július 20.

A nehézion-kísérletek az LHC-n

Alice

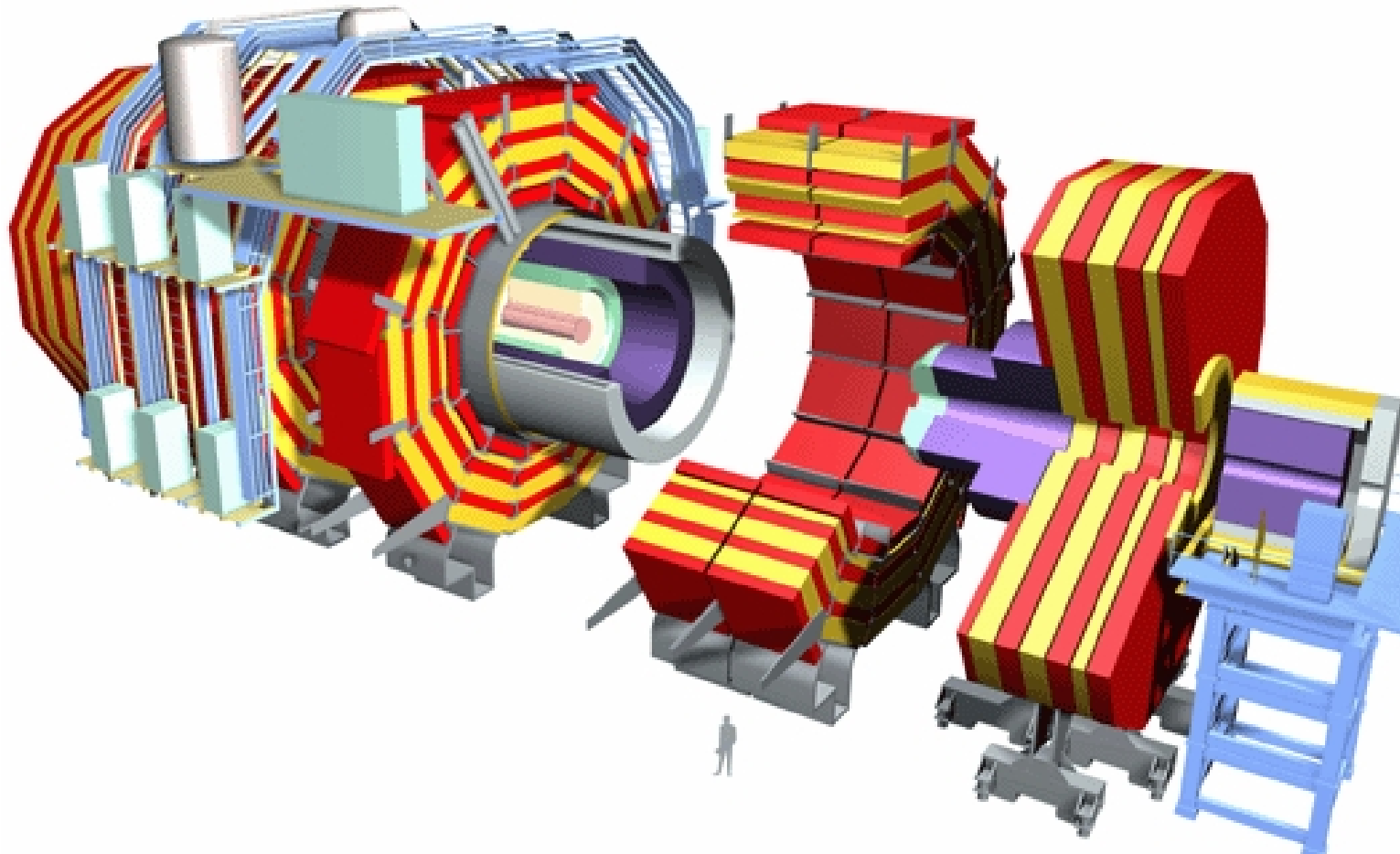


CMS

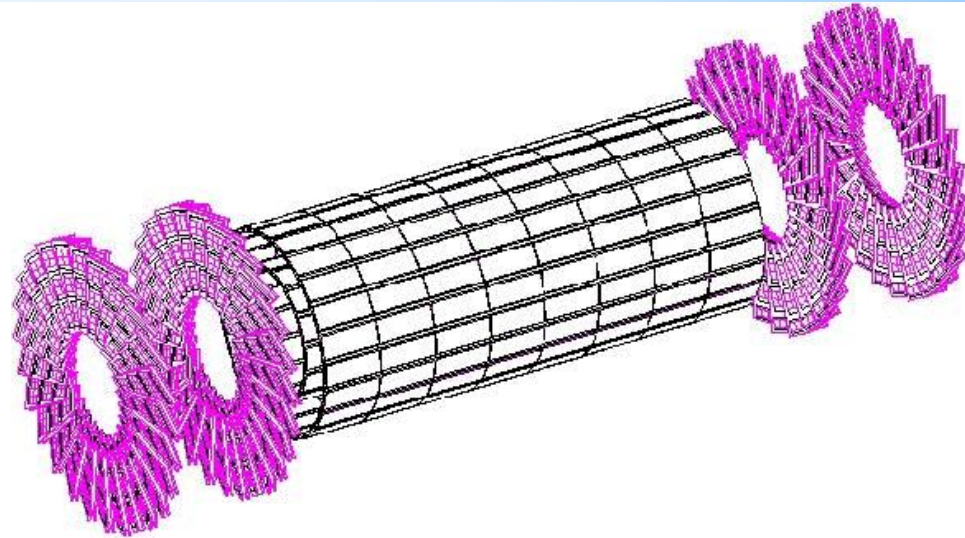


- **Alice:** Nagy akceptancia, többféle részecskeazonosítás, kisebb p_T
- **CMS:** Jó akceptancia, térbeli- és impulzusfelbontás, nagyobb p_T
- **Atlas:** Hasonló a CMS-hez

A kísérletek kiegészítik egymást – start 2008-ban – $\sqrt{s} = 5.5$ TeV A+A-ban



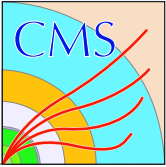
Analízis: Higgs, Standard Model, SUSY/otherBSM, Heavy Ions
 Nehézion program: hadronikus anyag extrém körülmények között
 Budapest, MIT, Moscow SU, UI Chicago
 Kis csoport, nagy lehetőségek: $p+p$, $A+A$ és $p+A$



- **Pixelek:** 3 barrel és 2 forward réteg, mindegyik oldalon
 - barrel: hengerek 4, 7 és 10 cm sugárral és ± 25 cm hosszal
 - forward: korongok ± 30 és 40 cm-nél z-ben
 - 300 μm vastag, téglalap alakú pixelek: $100 \mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$
 - kisebb, mint 1%-os betöltöttség még $dN/d\eta = 5000$ esetén is
- **Stripek:** 10 barrel és 9 forward réteg
 - nagy betöltöttség A+A-nál, $\mathcal{O}(10\%)$

Akceptancia: $-2.5 < \eta < 2.5$ és $p_T > 60 \text{ MeV}/c$ (4 T mágneses térben)

Alapvető eszköz a töltött részecskék nyomkövetésére



Kis p_T -s tracking



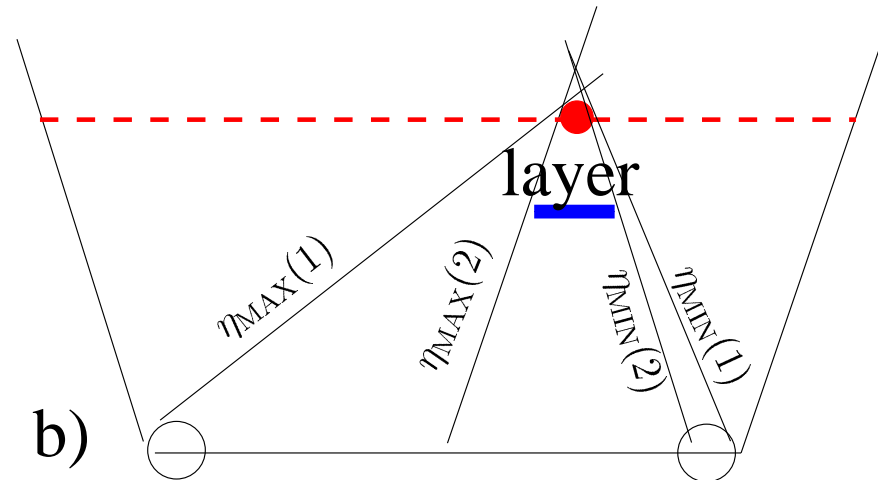
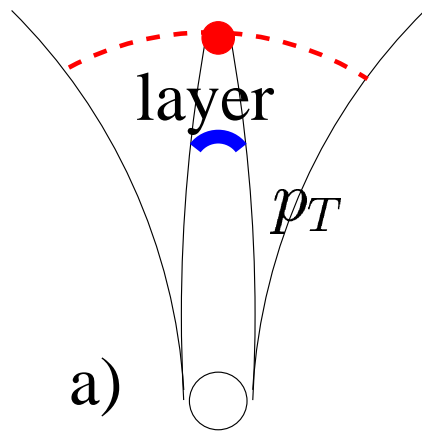
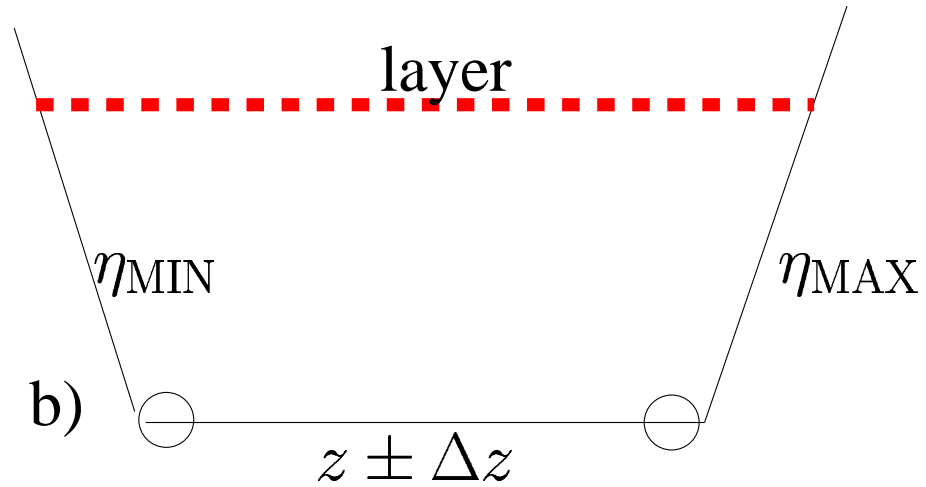
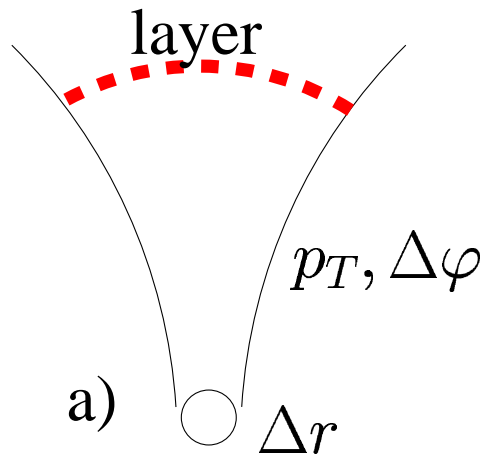
- Csak pixel tracker, miért?
 - Nagy betöltöttség a strip-eknél
 - Jó részecskeazonosítás dE/dx -szel kis/közepes impulzusnál
 - A detektor ugyanazon része, hasonló módon használható $p+p$, $A+A$ és $p+A$ ütközésekre (szisztematika)
- Szükséges (szoftveres) eszközök
 - ⇒ hit párok, hit tripletok
 - ⇒ pixel cluster alakja
 - ⇒ dE/dx analízis
 - ⇒ V0 rekonstrukció

Magyar csoport fizikai programja: kis/közepes p_T -jű ($< 2 \text{ GeV}/c$) azonosított töltött és semleges részecskék spektrumai és korrelációi

Ez mind új a CMS-ben: eddig csak a müonok és jetek "léteztek"

Fontossá vált mind a $p+p$, mind az $A+A$ analízisek számára

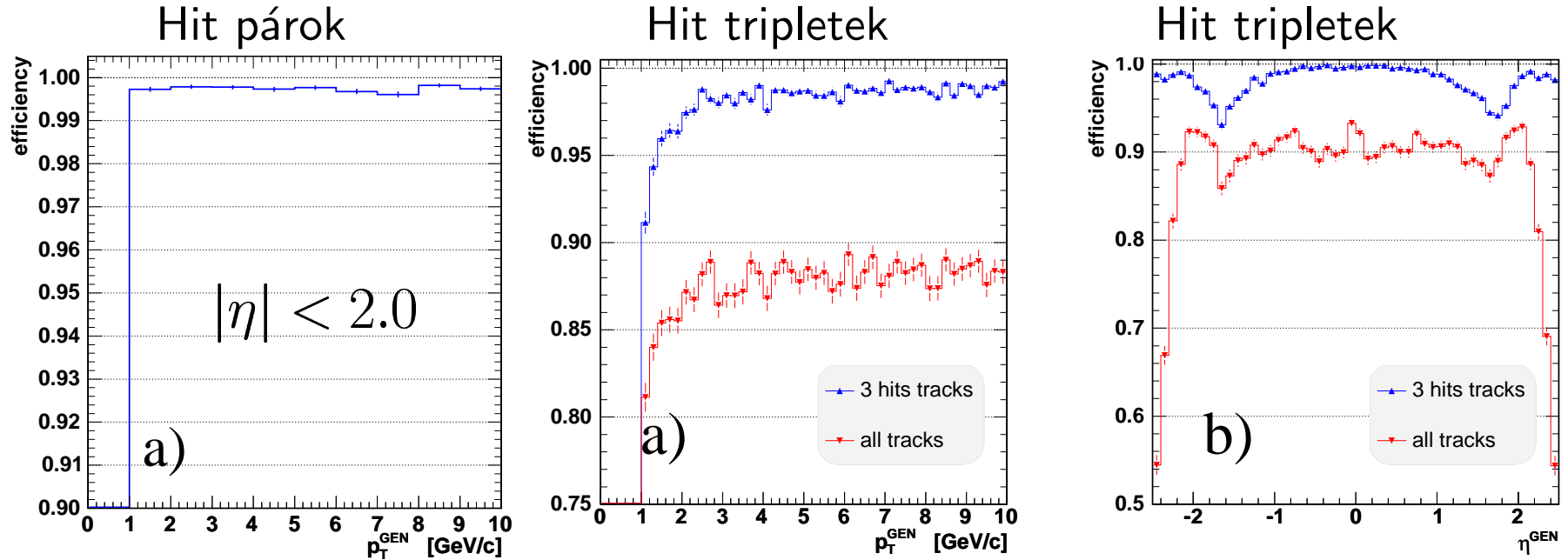
A tracking eddig – hit-párok



M. Konecki, CMS NOTE-2006/026

Teljes vagy csak helyi hit-pár és hit-hármas (triplet) keresés
 Minimális p_T , kiindulási henger ($r = 0.2 \text{ cm}$, $z = \pm 15 \text{ cm}$)

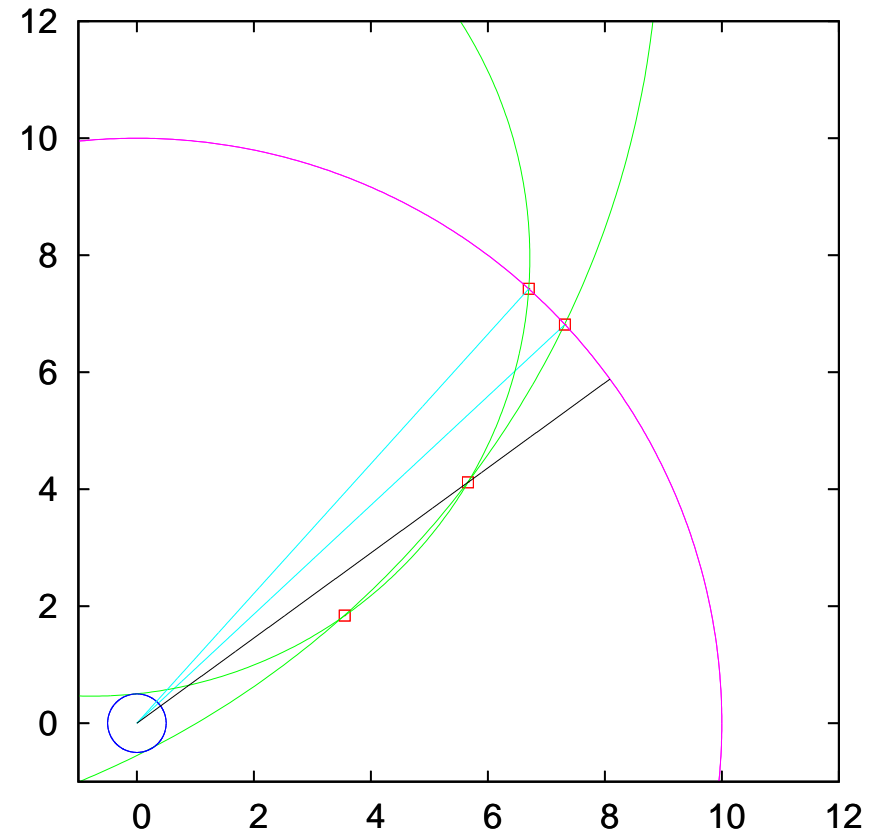
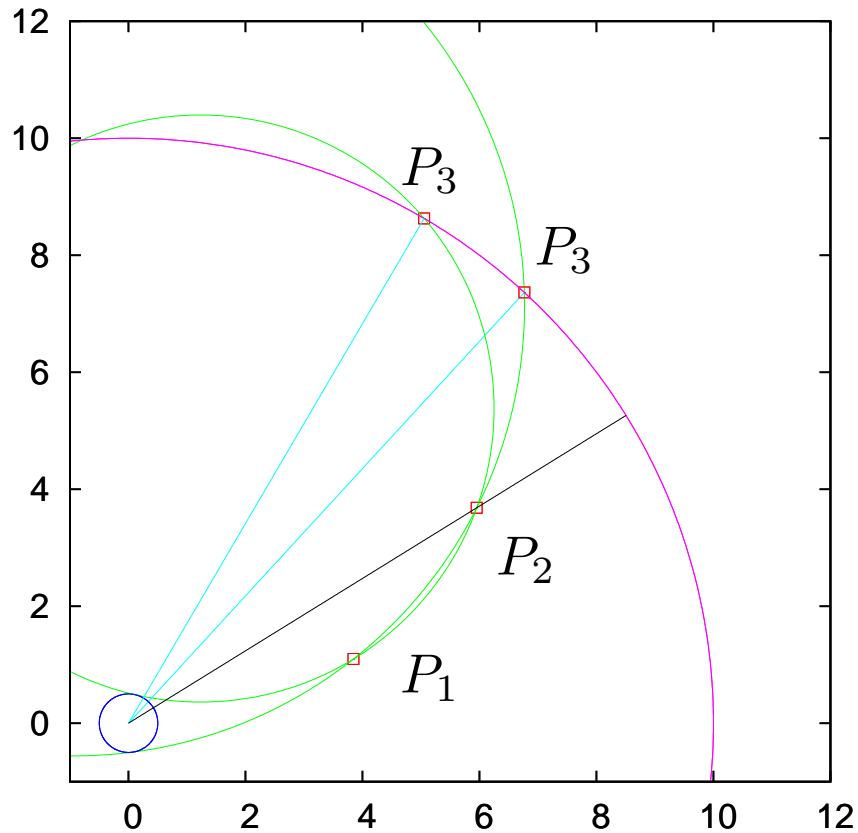
A tracking eddig – hatások



- Mit látunk?
 - Tripletetek kevésbé hatásosak, de sokkal tisztábbak: nincs más lehetőségünk
 - A hatásfok gyorsan esik, ha $p_T < 2 \text{ GeV}/c$, miért?
- A harmadik hit helyének jóslása:
 - r/z a hit-pár tagjain átmenő egyenes vonallal
 - ϕ jóslat pedig egyszerűen a külső hit ϕ értéke, kézzel beállított tűréssel

Egyenes trackekre működhet csak, nagy p_T

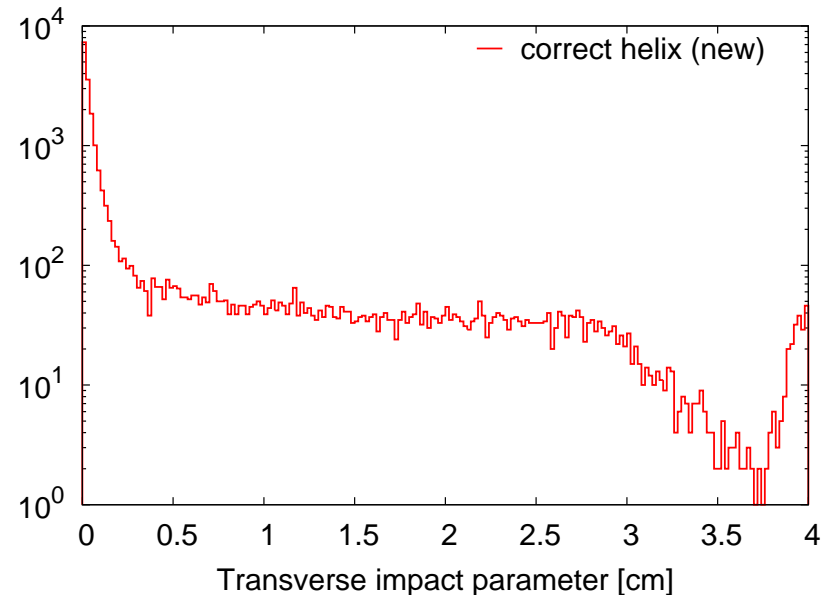
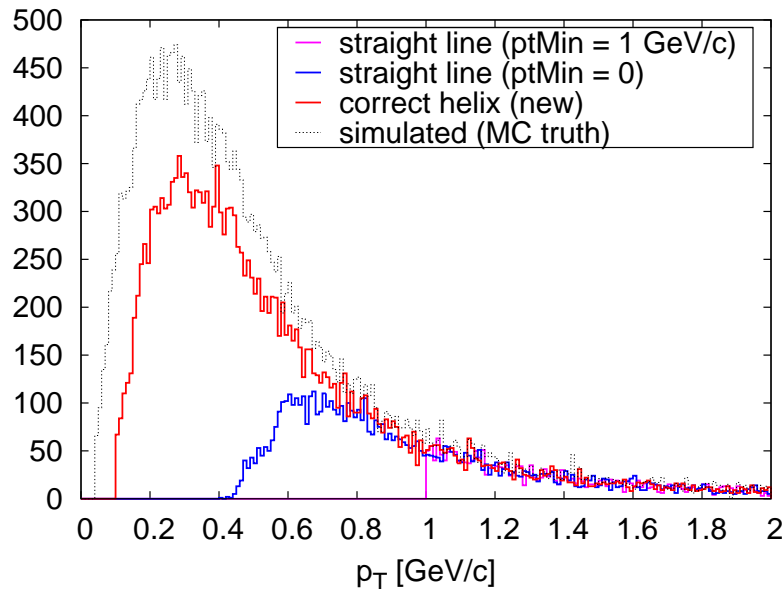
Megoldás: korrekt jóslat helixekkel!



Határoló körök

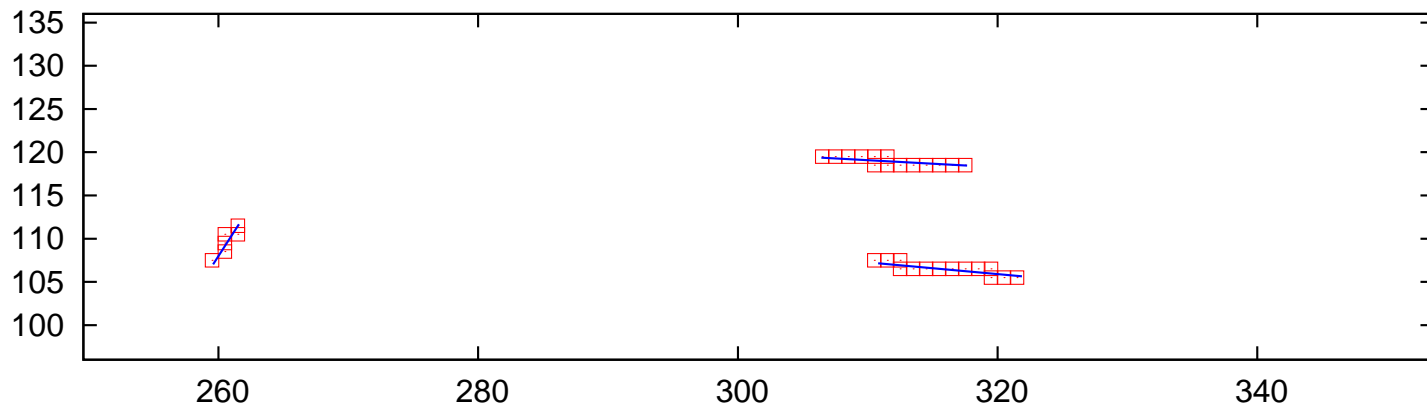
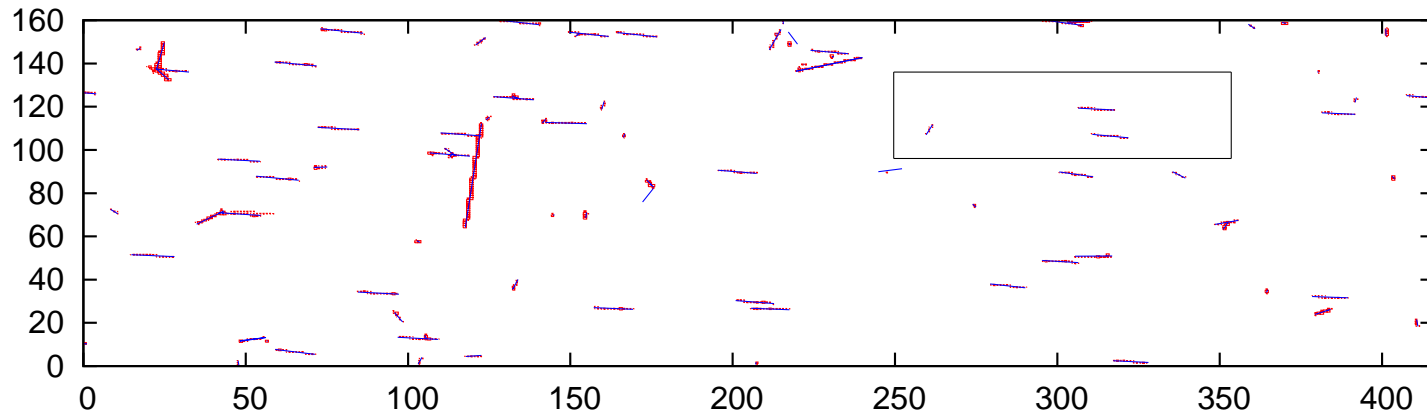
- a tracknek a kezdeti hengerből kell jönnie
- a track transzverz impulzusa a minimális p_T -nél nagyobb legyen
- a tracknek el kell érnie a harmadik barrel/forward réteget

A számítások geometriai feladatokra vezethetők vissza és inverzióval megoldhatók (P_1 középpont és P_1P_2 sugár)

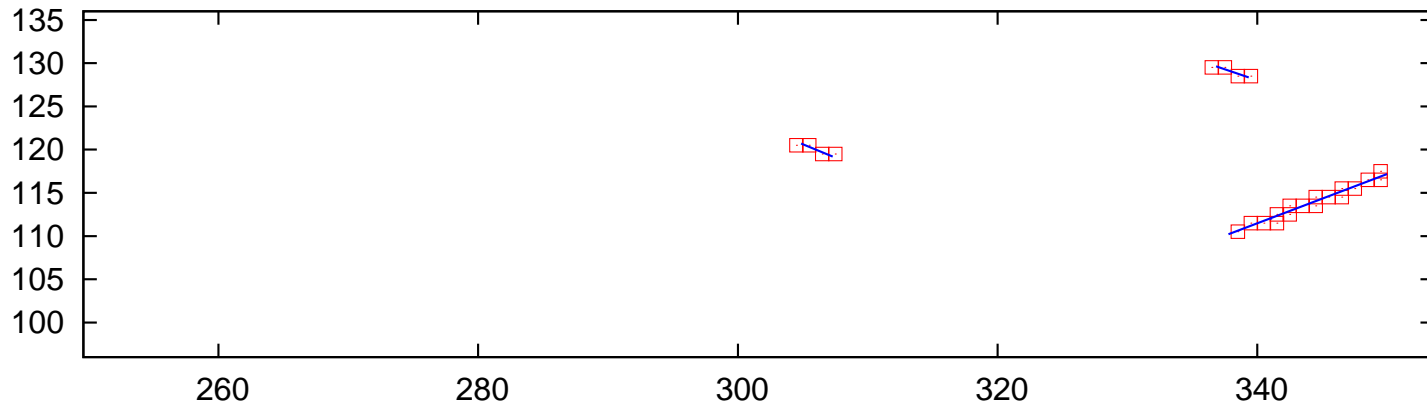
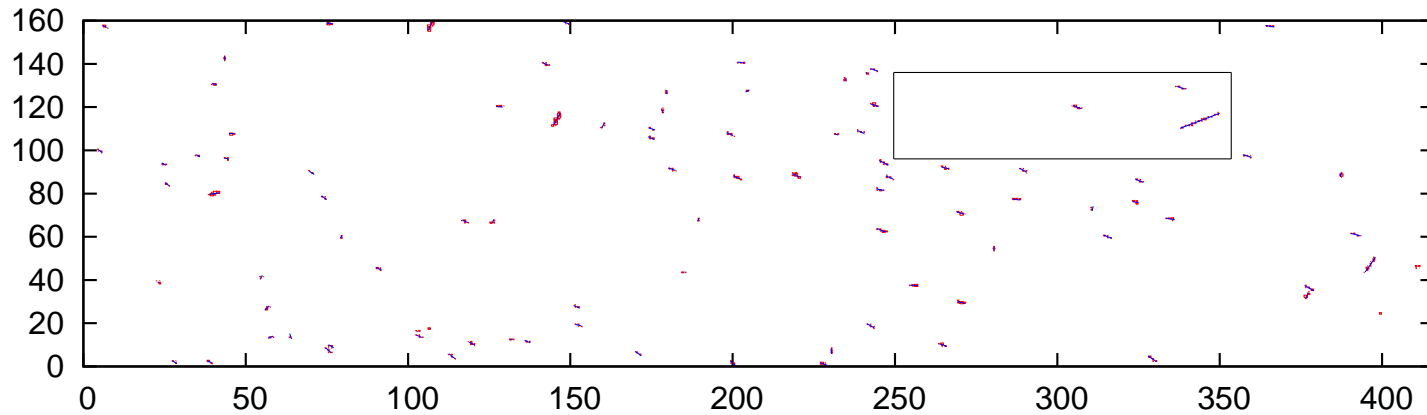


Megvan a kis p_T -s rész: a keletkezett részecskék java!

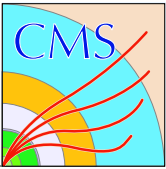
- Amire figyelni kell
 - többszörös szórás ($\propto 1/\beta p$)
 - duplán számolás, trackek elvesztése
- Impakt paraméter eloszlás
 - elsődleges részecskék; visszatérő részecskék (loopers)
 - $V0$ -ák (K_S^0 , Λ)
 - foton konverzió ($\gamma \rightarrow e^+e^-$)



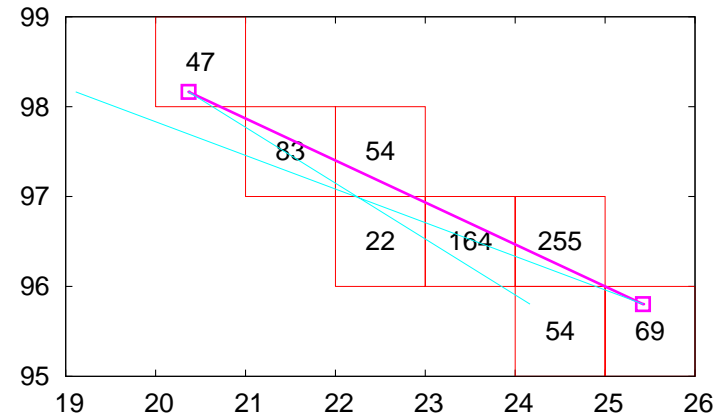
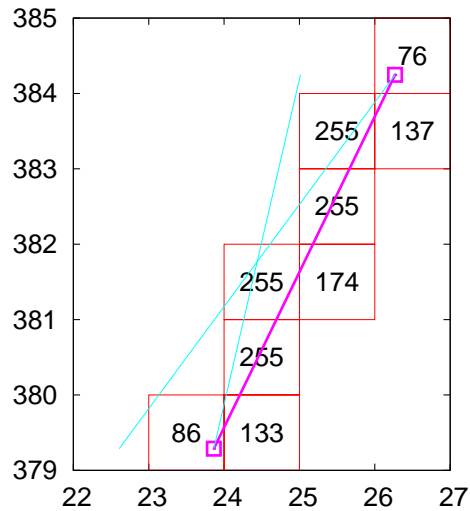
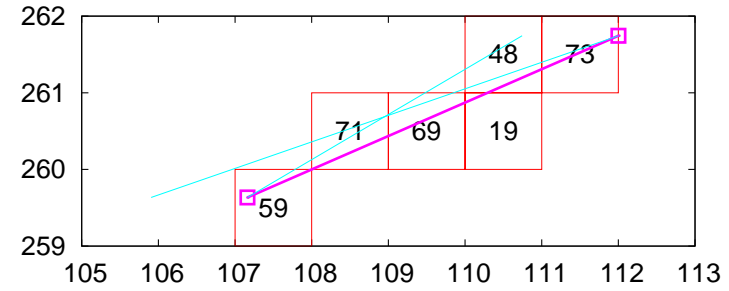
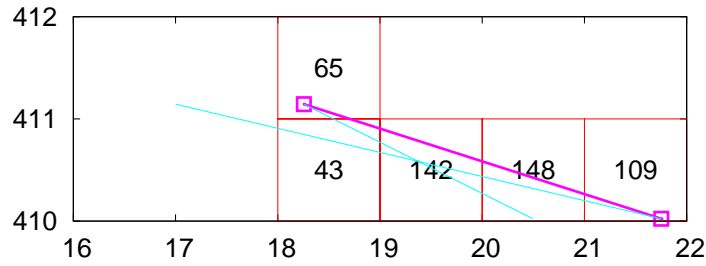
Egy hit nem csak egy pont: elnyújtott, van alakja



A tracking eddig csak a hit helyét használta
 Új információ: a részecske haladási iránya

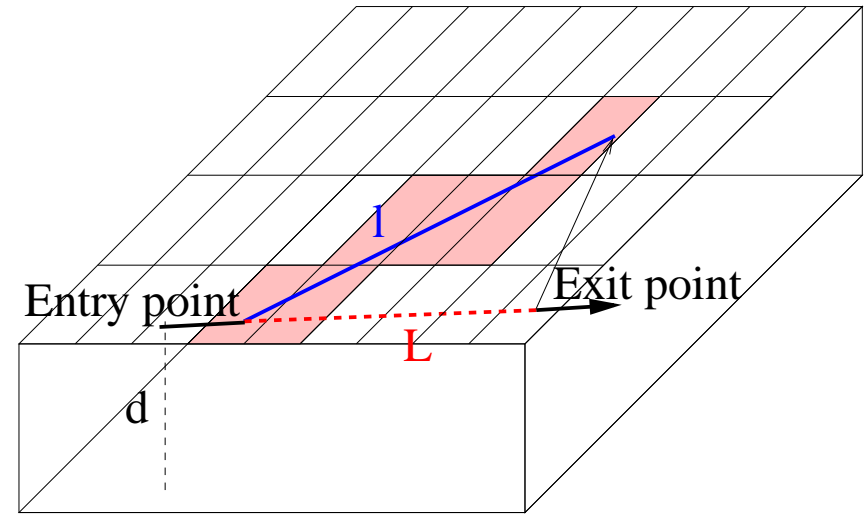
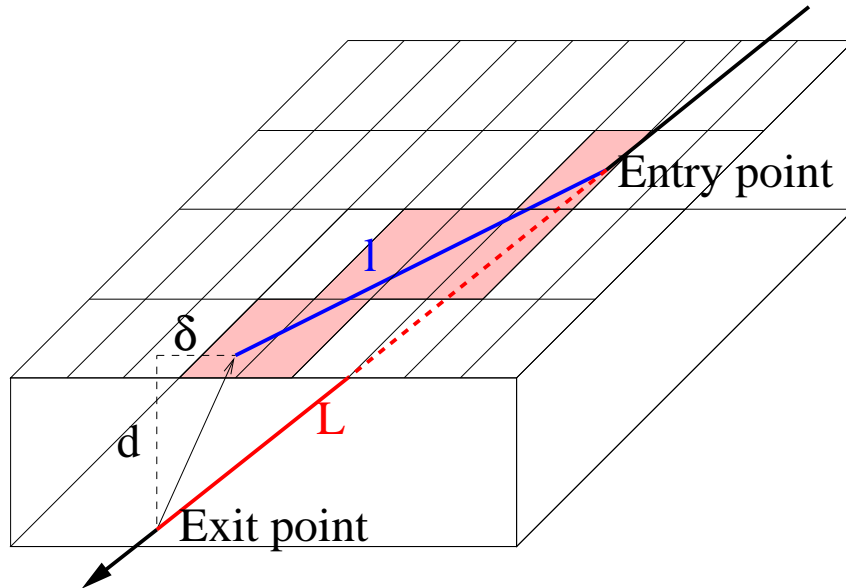


Cluster alak – fittelés



Mért ADC értékek (piros négyzetekben)
Illesztett levetített út (lila) és a két lehetséges track (világoskék)

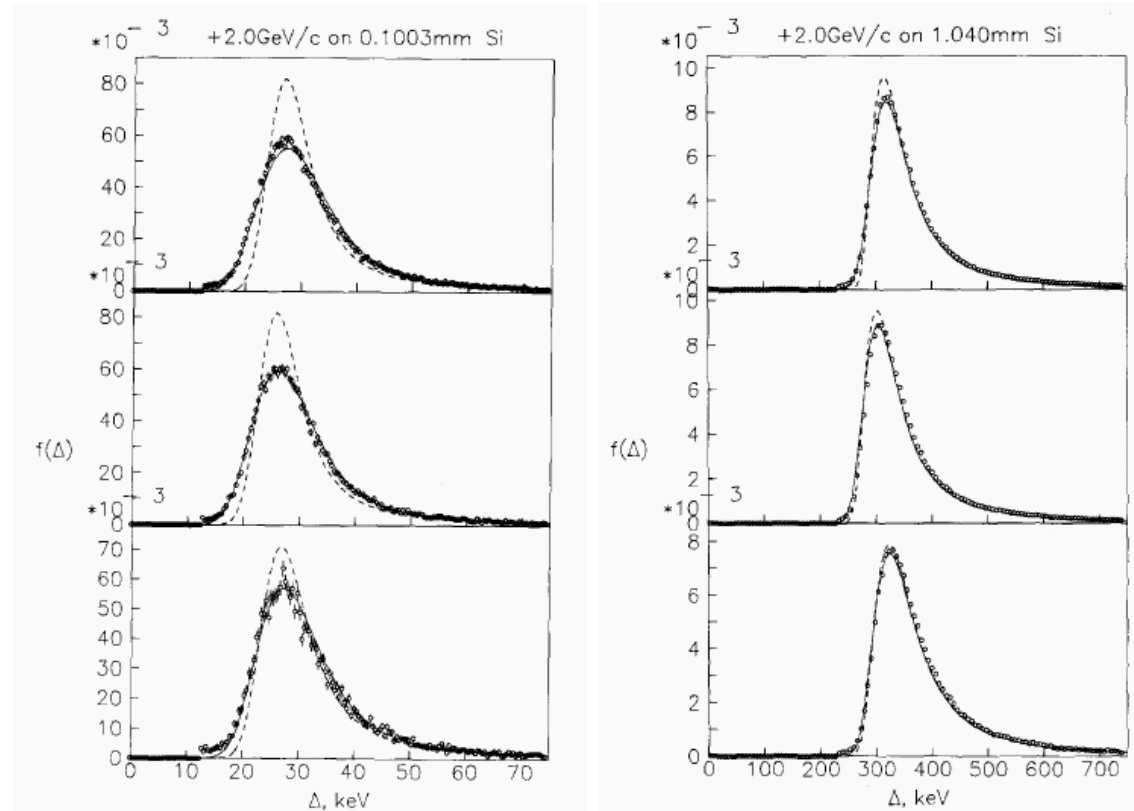
Lorentz-shift



- Mire jó a cluster alak?

- elsődleges vertex keresés
- hit párok és tripletok szűrése
- alternatív tracking a paraméter térben
(Hough-transzformáció vagy hierarchikus klaszterezés)
- V_0 keresés
- specifikus energiaveszteség meghatározása

J.F. Bak *et al.*, Nucl. Phys. **B288**, 681 (1987)

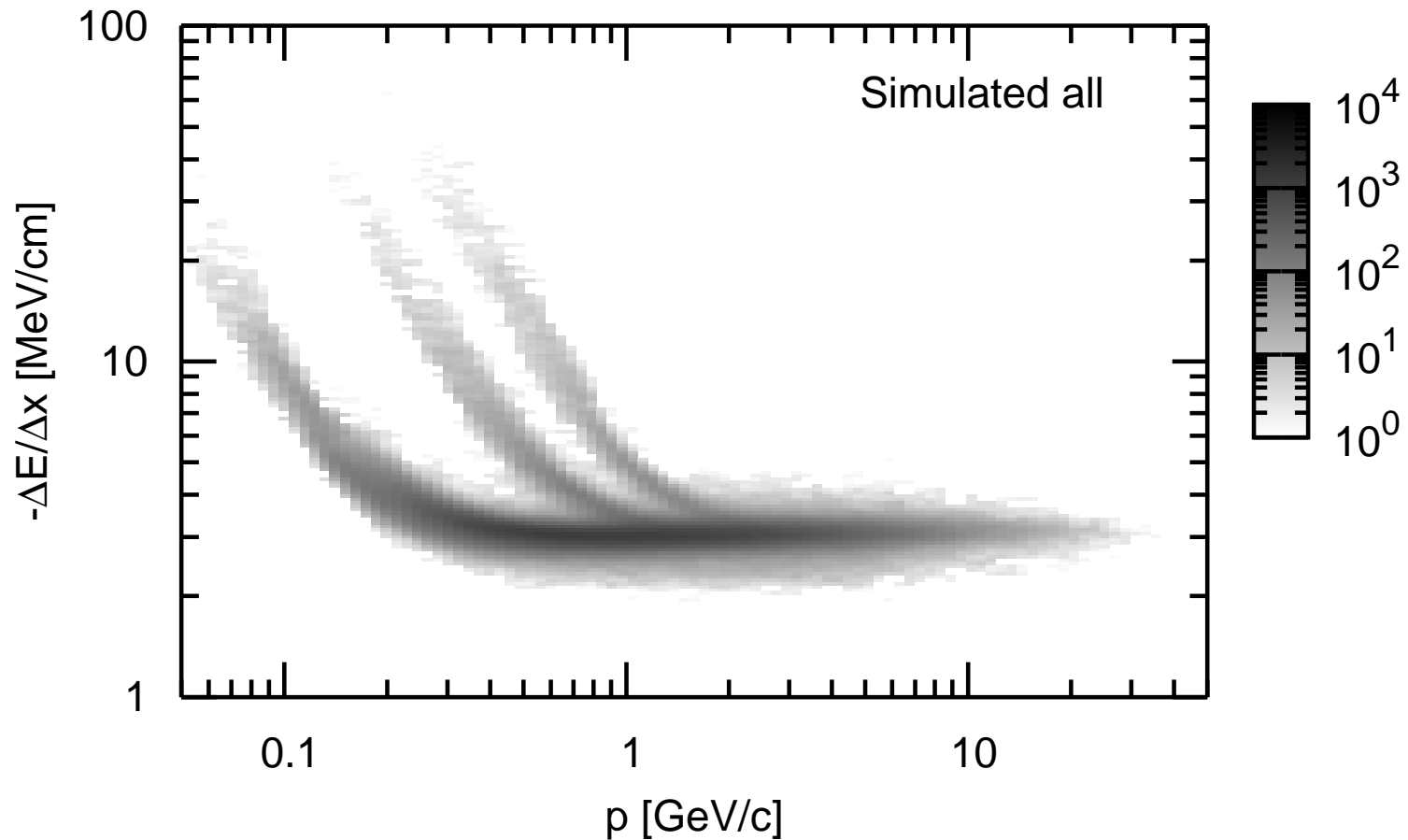


- **Hatáskeresztmetszet felosztható**

rezonáns gerjesztések: $f_r(\Delta_r | \bar{\Delta}_r, \sigma_r) = \frac{1}{\sigma_r \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\Delta_r - \bar{\Delta}_r)^2}{2\sigma_r^2} \right]$

Coulomb gerjesztések: $f_C(\Delta_C | \xi) = \frac{1}{\xi} \phi \left[\frac{\Delta_C}{\xi} - \left(\log \frac{\xi}{I} + 1 - C \right) \right]$

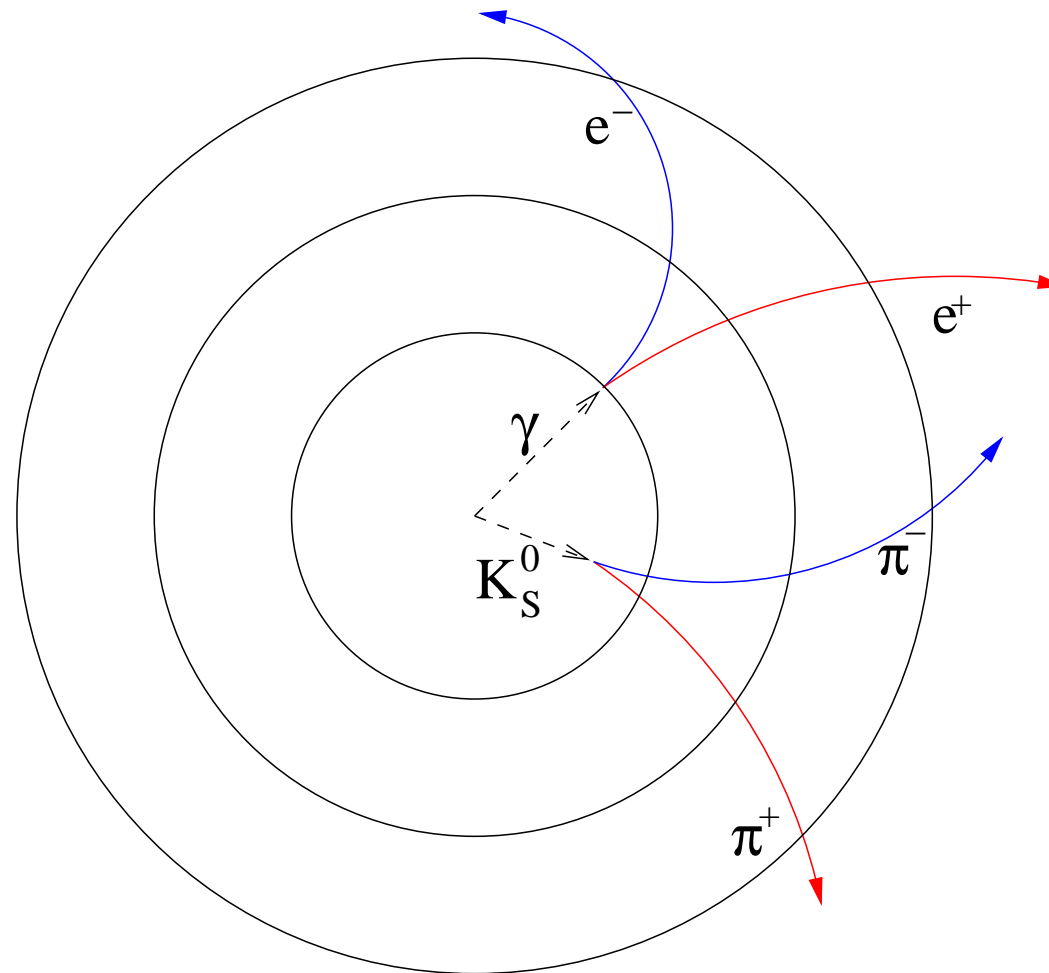
+ elektronika zaja: $f_e(\Delta_e | \sigma_e) = \frac{1}{\sigma_e \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\Delta_e^2}{2\sigma_e^2} \right]$



A konvolúciót gauss és exponenciális kombinációjával helyettesíthetjük

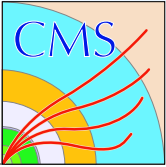
Kevés hit: nem truncated mean, hanem maximum likelihood fit!

Szétválasztás jó lehet 1 GeV/c és 2 GeV/c alatt

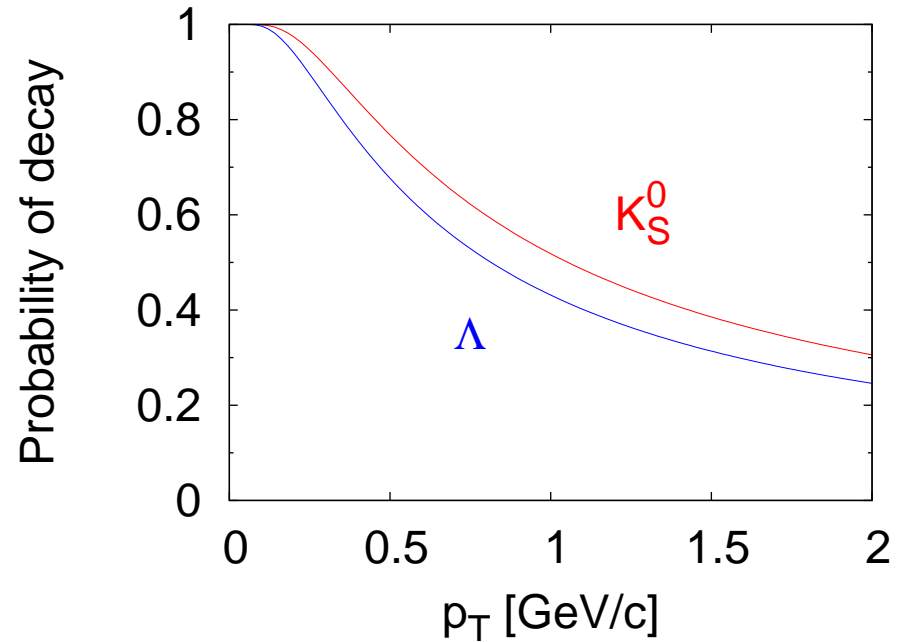
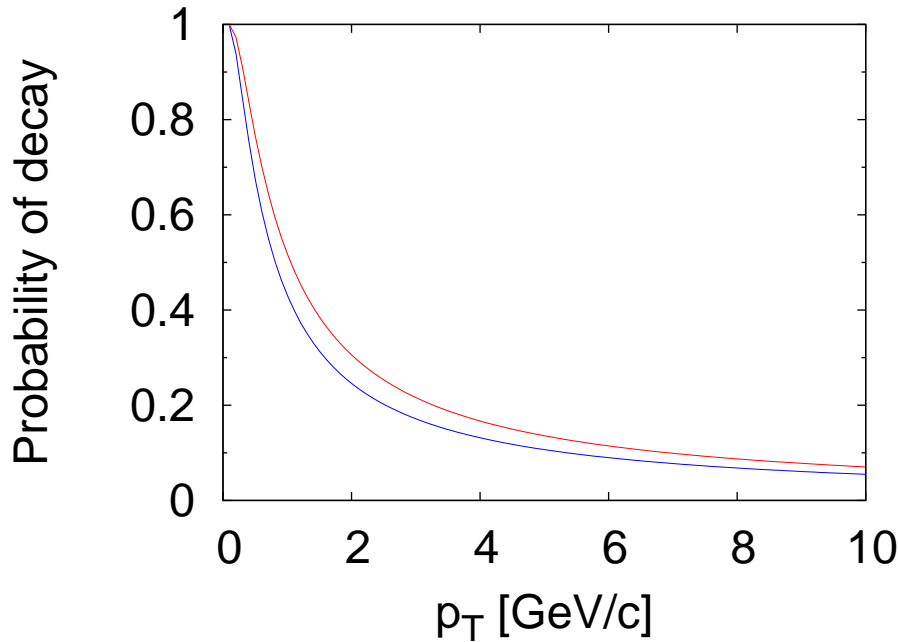


V0-ák: $c\tau_{K_S^0} = 2.7 \text{ cm}$ és $c\tau_{\Lambda} = 7.9 \text{ cm}$

γ konverzió valószínűsége $\mathcal{O}(1\%)$



V0 rekonstrukció – hatások



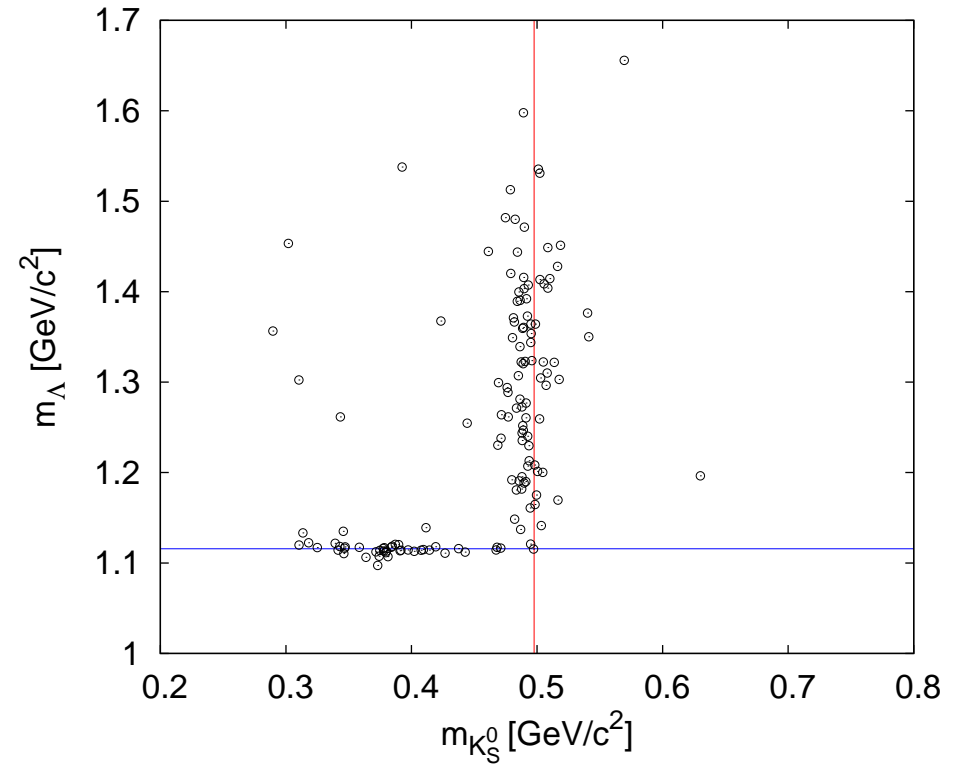
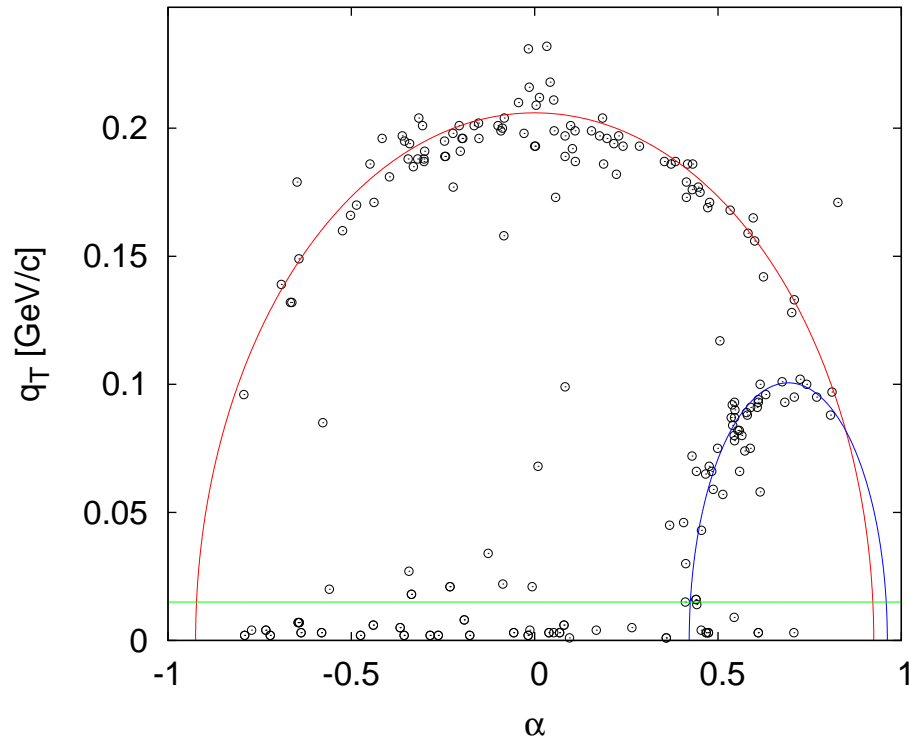
Az első pixel layer előtt elbomlik?

A valószínűség η -tól független

Hogyan? Megkeressük az elsődleges részecskéket

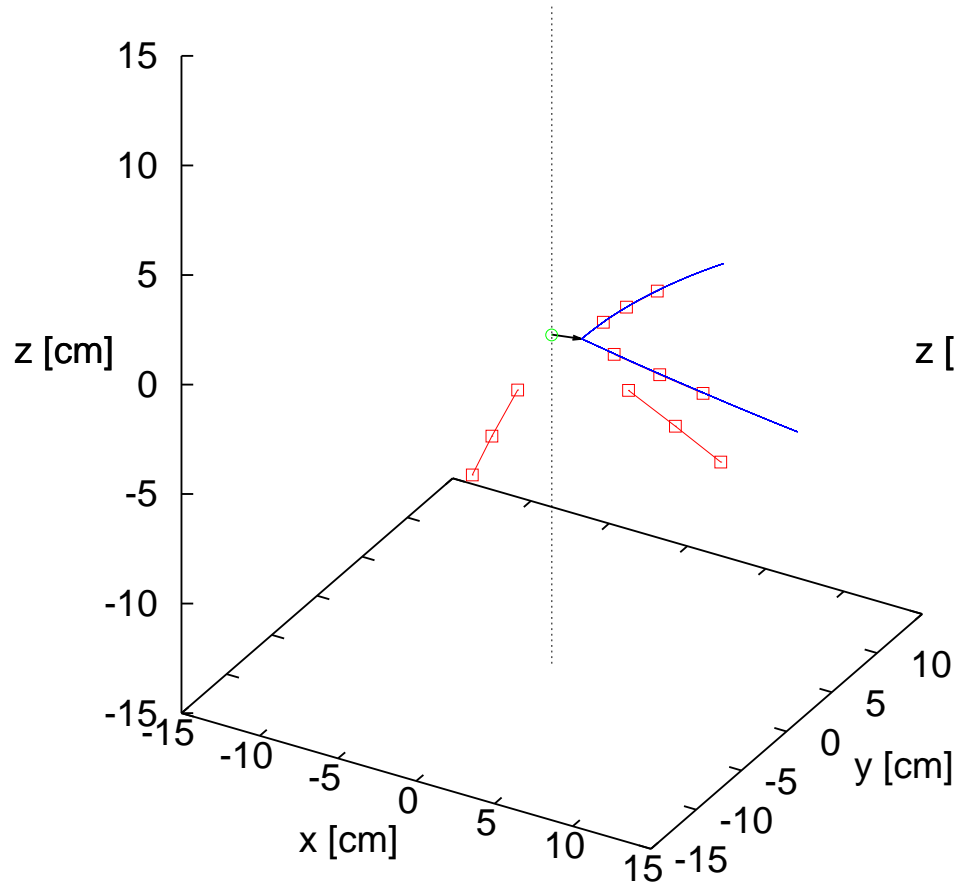
Utána kinyitjuk a hengert

Egymáshoz nagyon közel elhaladó helixeket keresünk

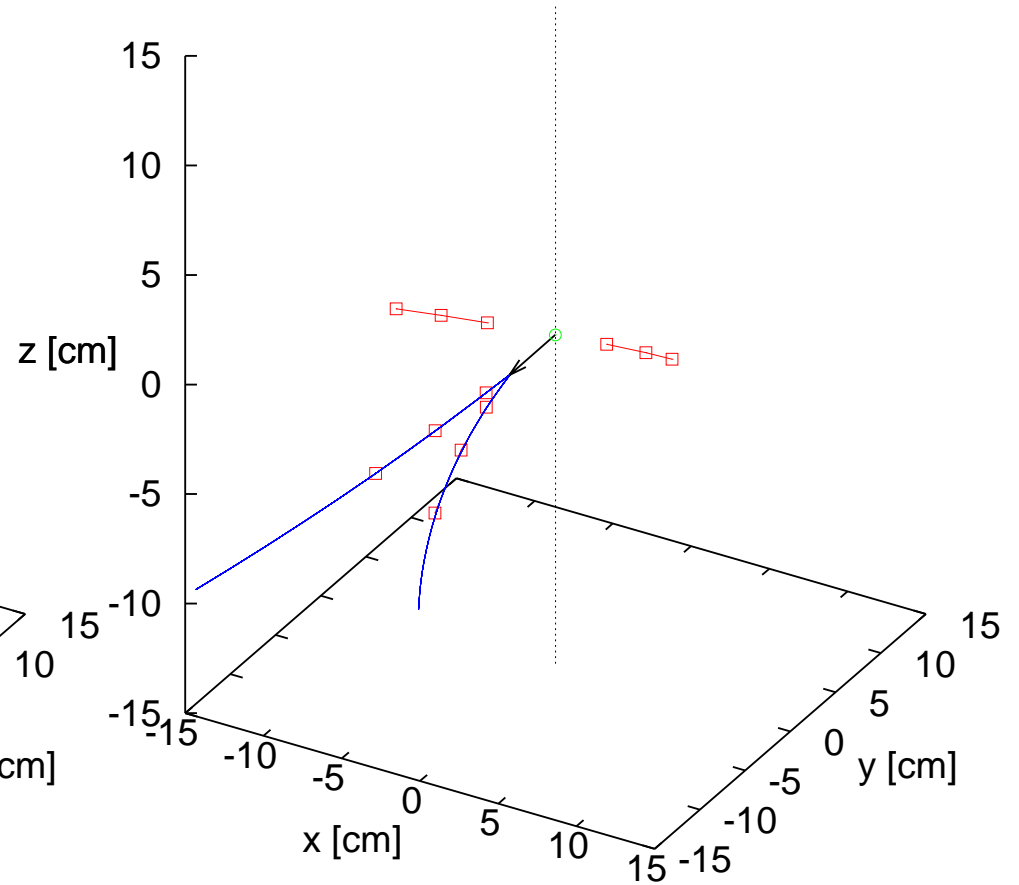


1000 speciális esemény: 1 π^+ , 1 π^- , 1 K_S^0 , 1 Λ , 10 γ
 Mindegyiknél $p_T = 1 \text{ GeV}/c$

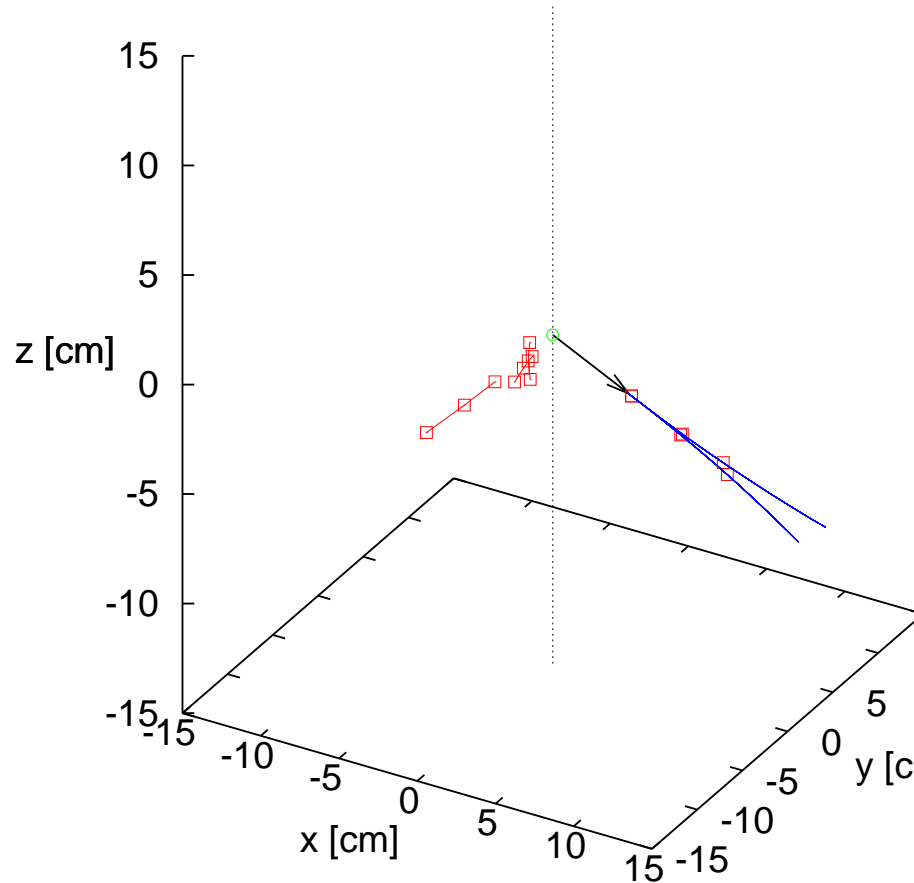
Armenteros plot és tömeg feltételezéssel: mind a K_S^0 , mind a Λ világos
 Foton konverziók is látszanak



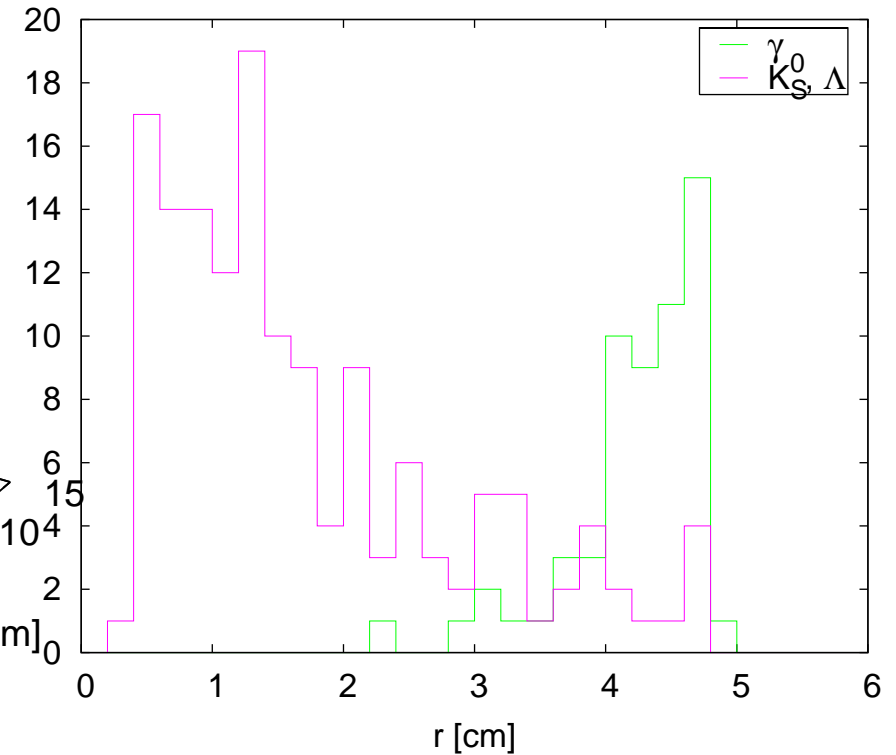
K_S^0 : nagy nyílásszög



Λ : kis szög, proton egyenesebb



$\gamma: \sim 0^\circ$, közös kezdőpont



Bomlási/konverziós távolság

A fotonok a nyalábcsővön (3 cm) és az első pixel hengeren (4-5 cm) konvertálnak
 A hadronok exponenciális jellegű bomlási eloszlást mutatnak



A kísérleti csarnok már kész (2005 február)

Hardver – hogy állunk?

cmseye01 2006-05-05 17:54:19



Detektor-bezárás: 2007 június végén
 Próbamérés: szilícium pixel nélkül, csak részleges ECAL, 2007 őszén