

Részecskedetektorok

Szerző:

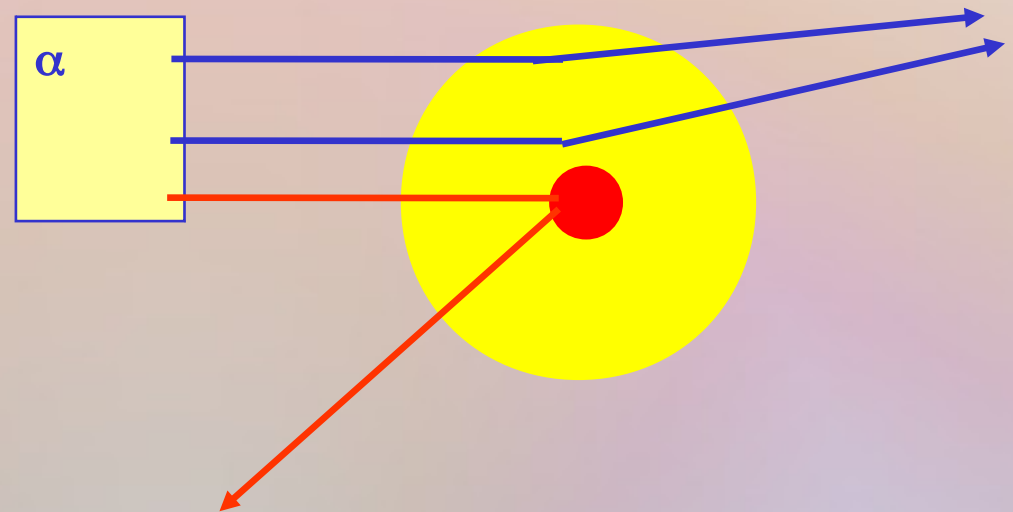
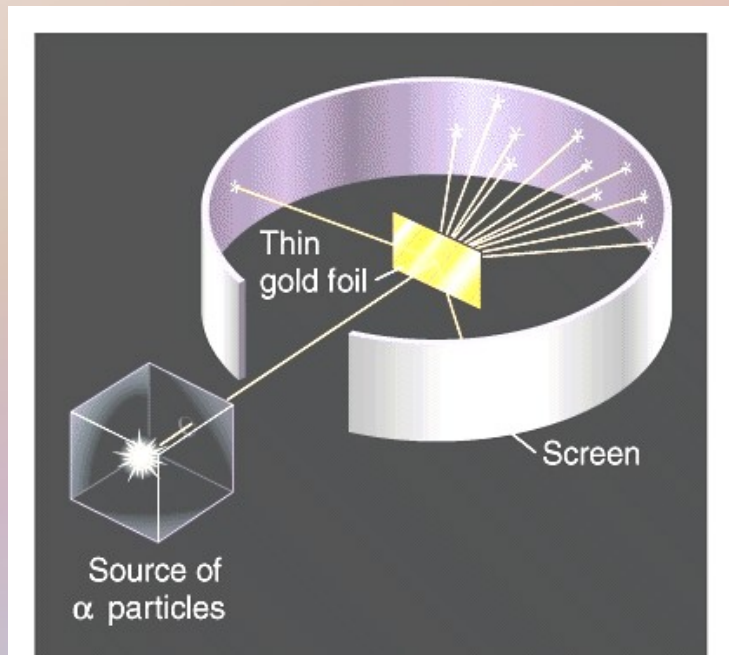
Varga Dezső, Wigner Fizikai Kutatóközpont, RMI NFO

Előadóművész: Barna Dániel (Wigner FK)

- Kölcsönhatások megfigyelése: észleljük a szóródási folyamatot
- Buborékkamra: a részecskefizika hőskora
- Anyag és részecskék kölcsönhatásai
- Modern detektorelemek
- Összetett detektorok felépítése
- Speciális folyamatok megfigyelése: keressük a „tűt a szénakazalban”

Szóródási folyamat: információt ad a belső szerkezetről

- Rutherford kísérlet: atommag létezése



Buborékkamra

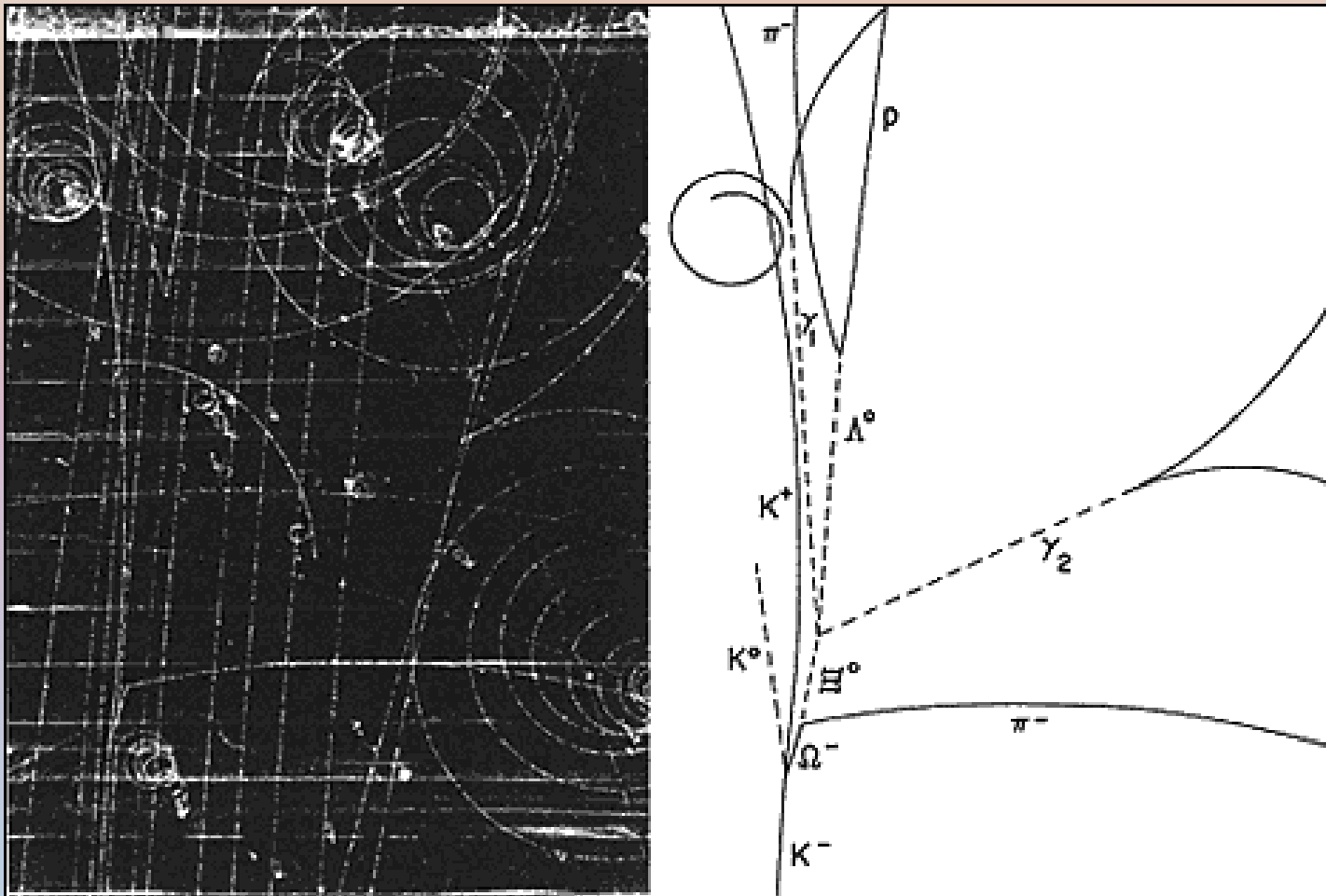
BEBC (Big European Bubble Chamber)



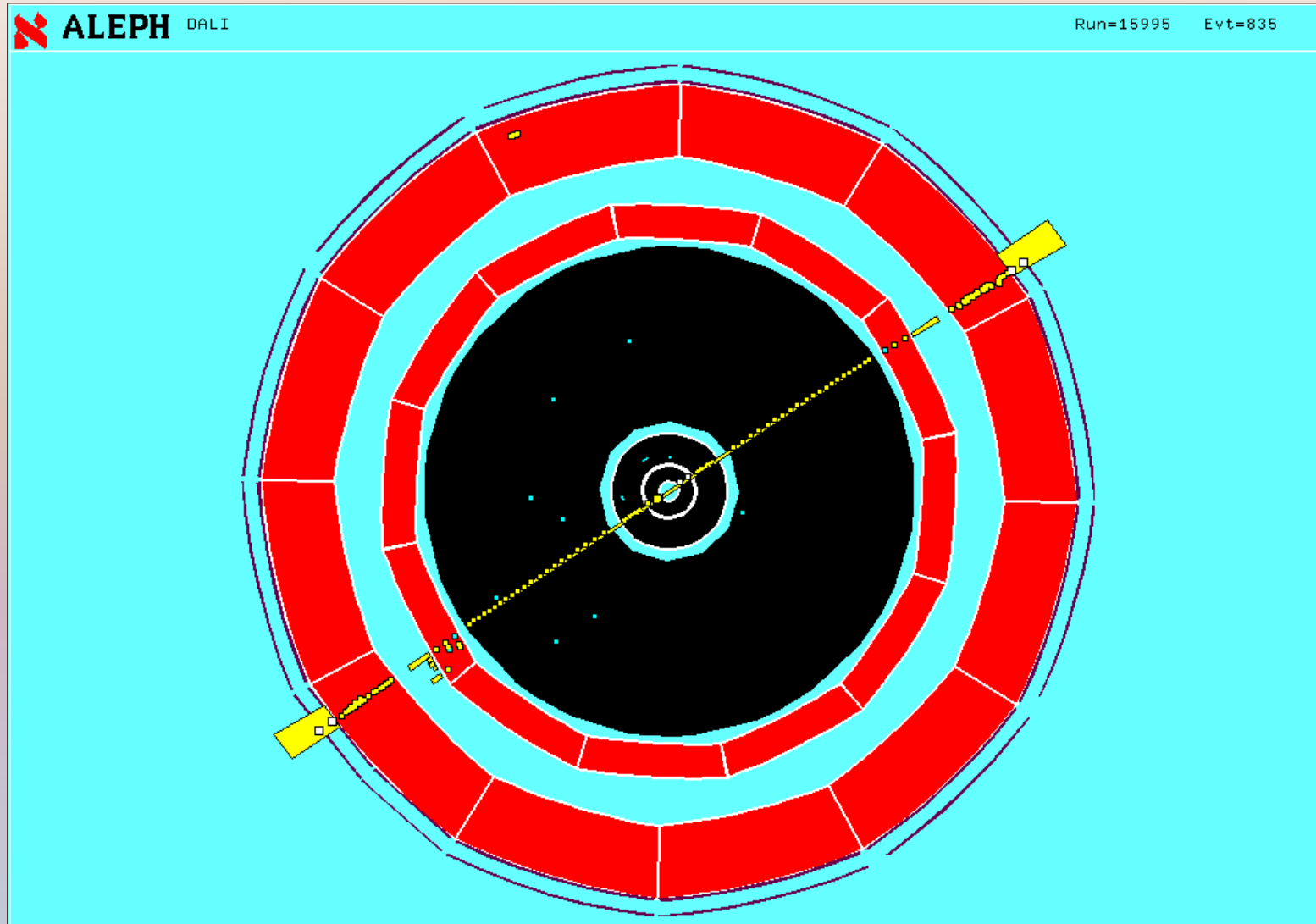
- Túlfűtött folyadék (pl. folyékony hidrogén), túlnyomás alatt
- Céltárgy és detektor egyben
- Nyaláb áthaladásakor 2 tonnás dugattyút megrántanak, nyomás leesik
- Ionizáló részecskék nyomán kezd el forni (buborékok)
- Gyors fotó, és a nyomást visszaállítják

A detektorok egyik klasszikusa: buborékkamra

- Az instabil részecske bomlási folyamata rekonstruálható!

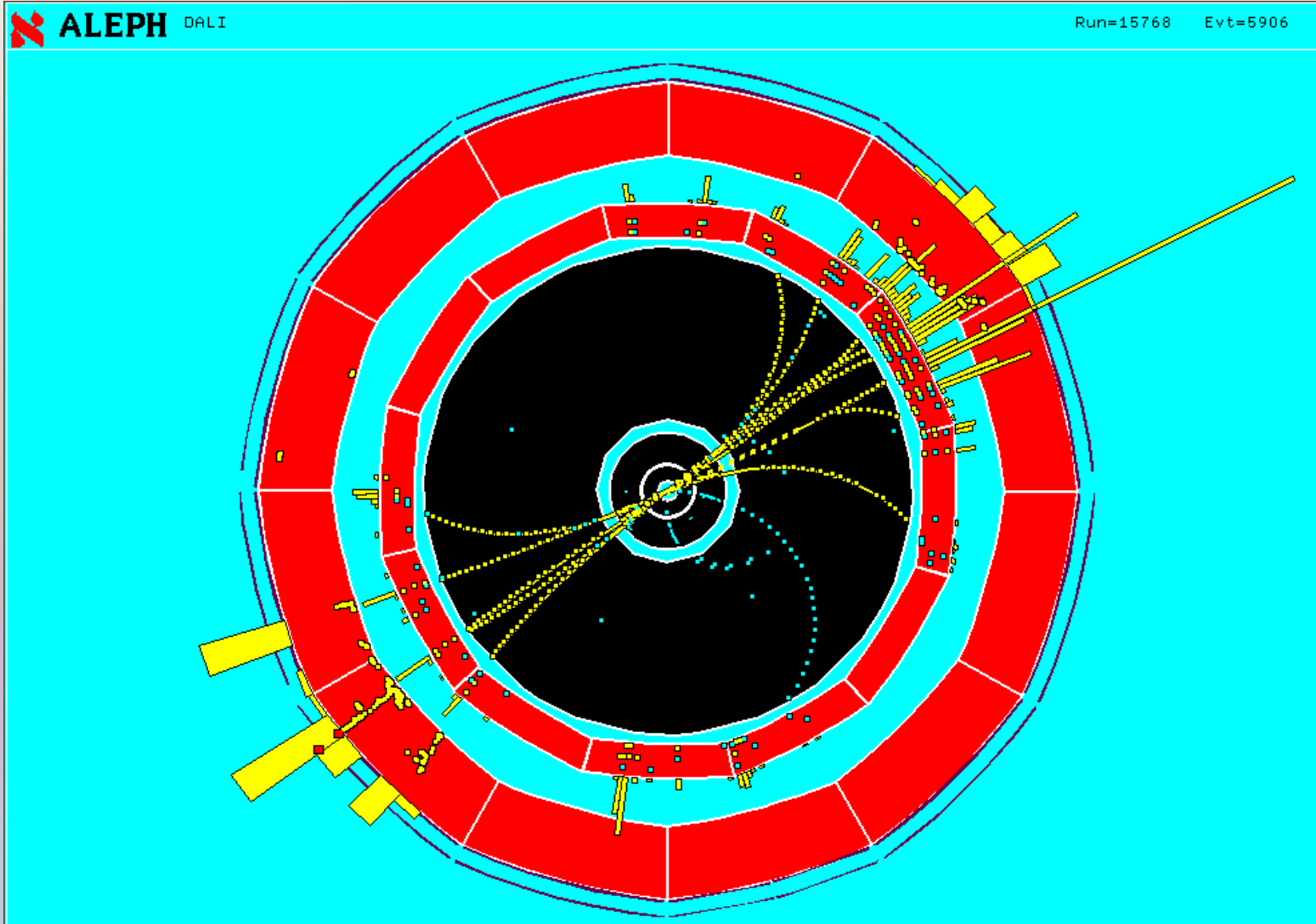


Instabil részecskék megfigyelése: bomlás



- Z részecske bomlása két müonra (e^+ és e^- ütközés) ⁴

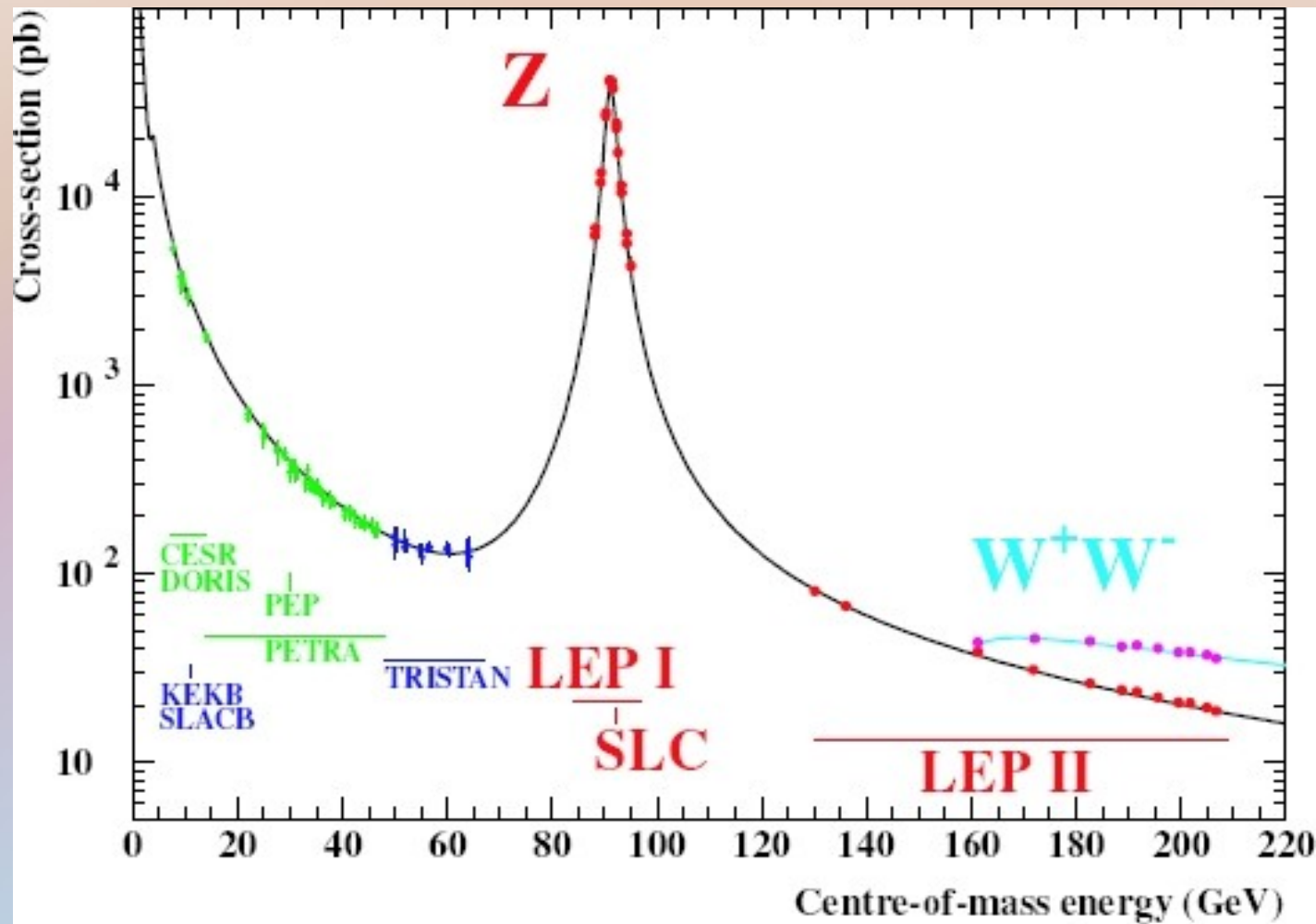
Z részecske bomlása két kvarkba



- részecskezápor – kvarkok nem léteznek szabadon... 5

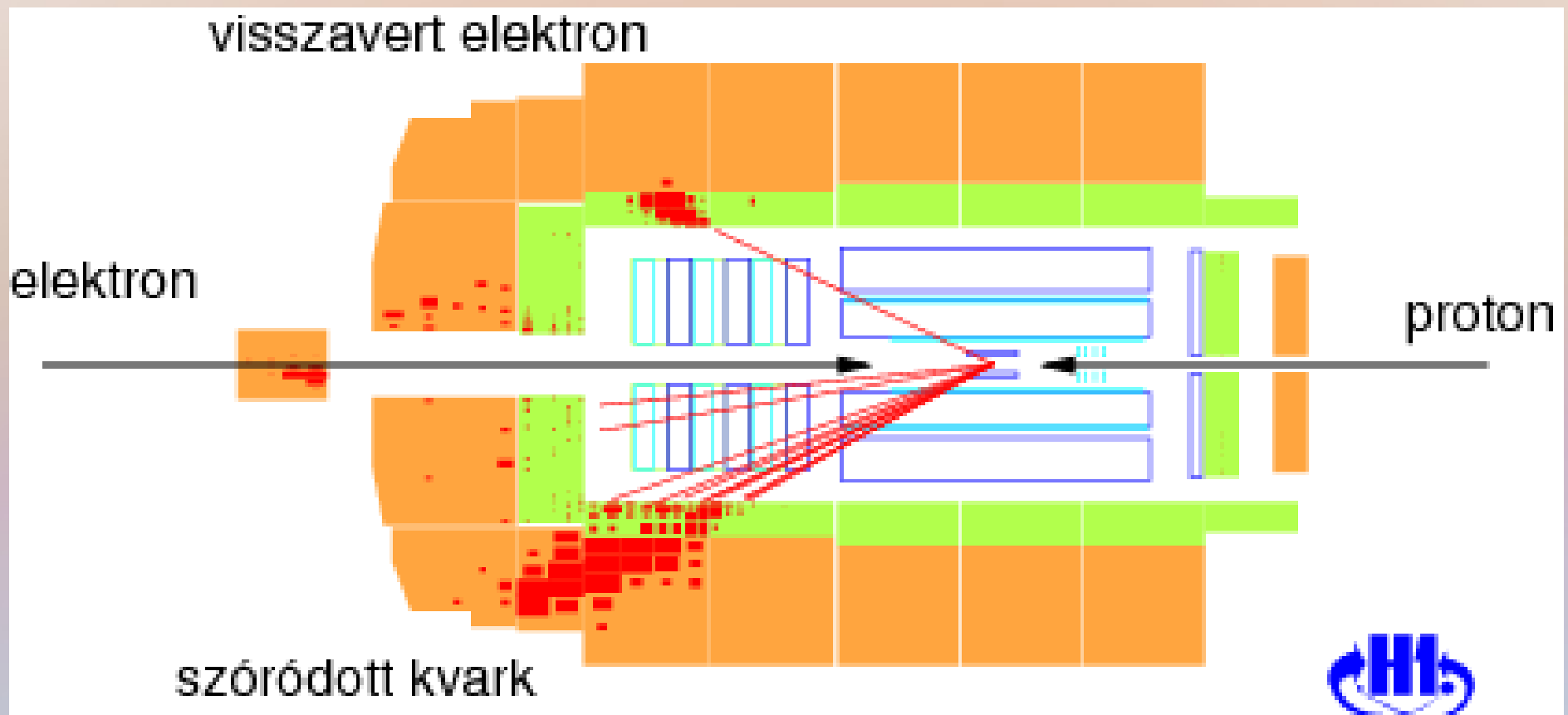
Z részecske (gyenge kölcsönhatás egyik közvetítője) mint „maximum” látható

- Szóródás valószínűsége az energia függvényében



Kvarkok felfedezése: „elektronmikroszkóp”

- Rutherford kísérlet analógiája, nagy energián



Mit szeretnénk (tudunk) mérni?

(A keletkező részecskékről minél több mindent)

- Darabszám, **irány, impulzus, részecske fajtája, energiája, ...** nem függetlenek

töltés, detektálás időpontja

- Impulzus (és irány): pálya iránya és görbülete
mágneses térben: **nyomkövető (tracking)**
- Teljes leadott energia: **kaloriméterek**
- Részecske típusa: **azonosítás (identification)**

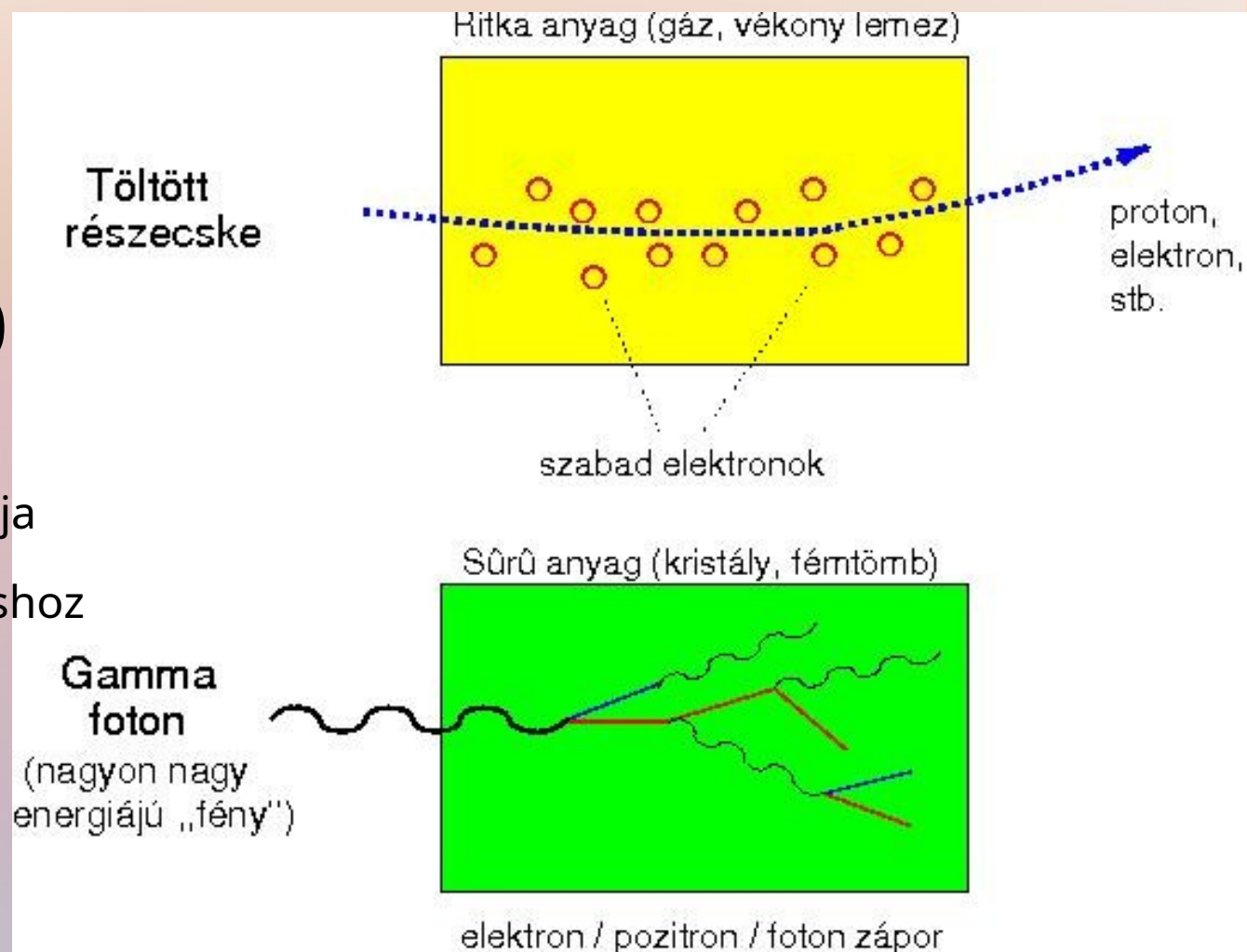
- Nyomkövető:
ritka anyag

(cél: áthaladás)

Kompromisszum:

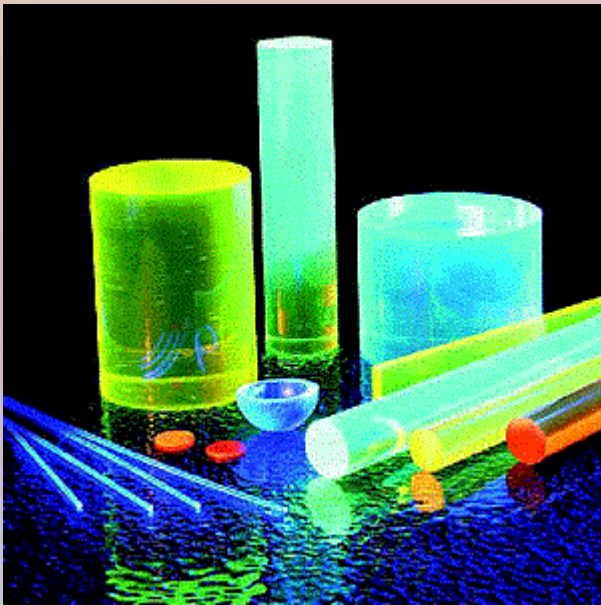
- Minimális kölcsönhatás (ritka anyag), hogy ne szóródjon, ne befolyásolja a pályát
- Költsönhatás a detektáláshoz

- Kaloriméter:
sűrű anyag
(cél: elnyelés)



Nyomkövető: szcintillátorok

- Fényfelvillanás megfelelően adalékolt anyagban
- Gyors jel, nagyon jó hatásfok, rossz helyfelbontás



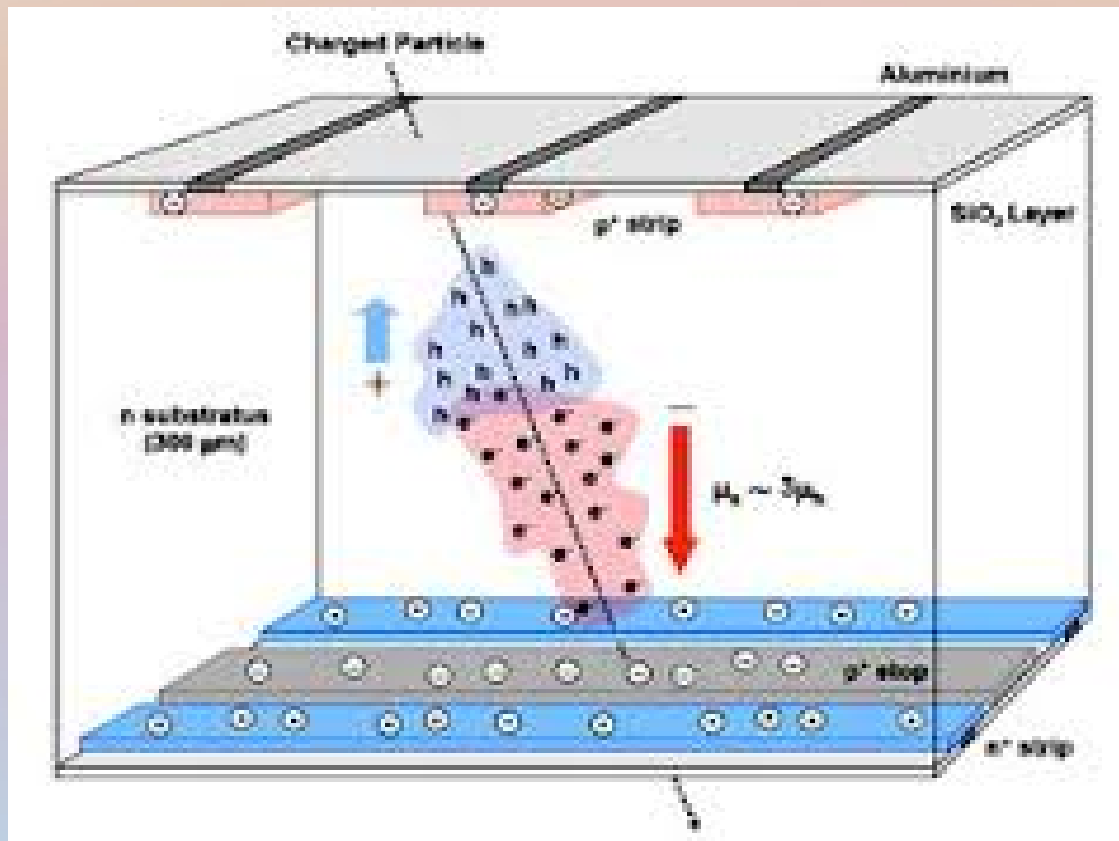
Nyomkövető: félvezetők

- Hasonlóan a CCD kamera érzékelőjéhez, csak az áthaladó részecske által keltett jelet méri
- Rendkívül ^(helyfelbontás) pontos és rendkívül drága



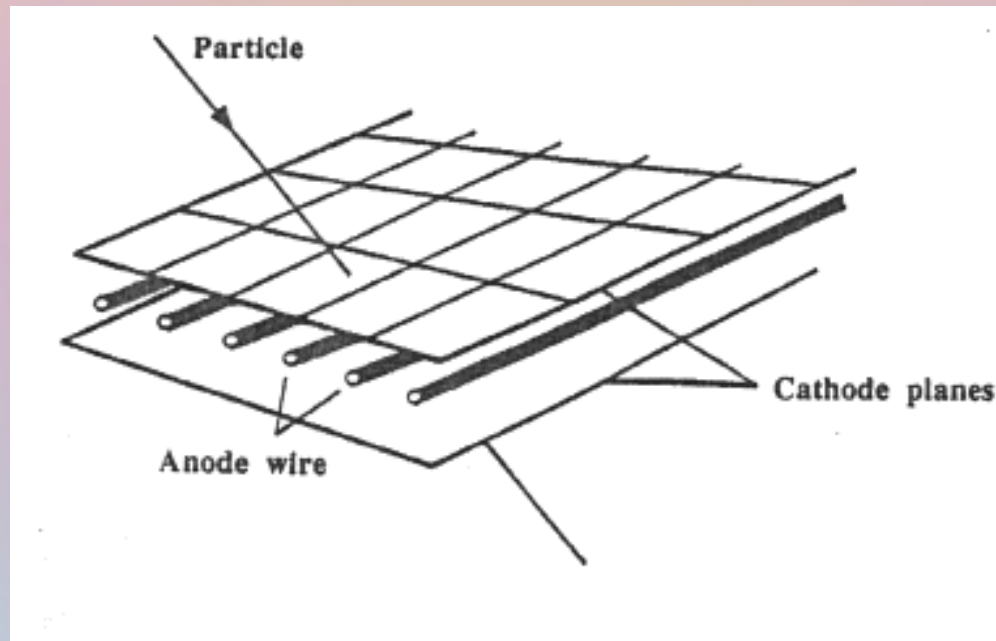
Félvezető detektor felépítése

- Mint egy jókora dióda, a töltések (lyuk-elektron párok) szétválnak, és begyűjtésre kerülnek



Nyomkövető: gáztöltésű detektorok

- Gázban szabad elektronokat kelt az áthatló részecske; ezeket vékony szál közelében sokszorozzuk (G. Charpak, Nobel-díj 1992)

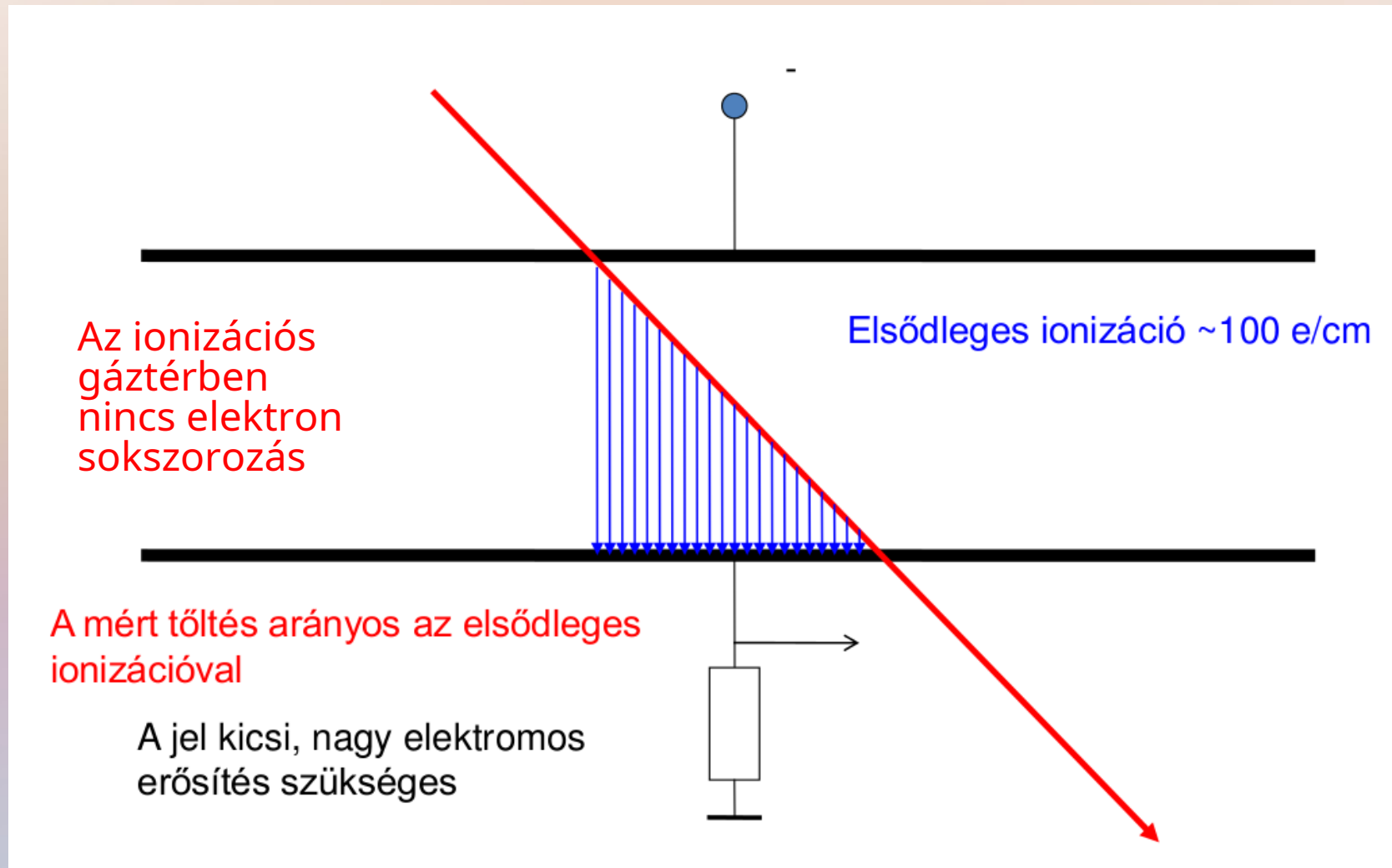


Gáztöltésű detektorok működési tartományai

Növekvő feszültség szerint:

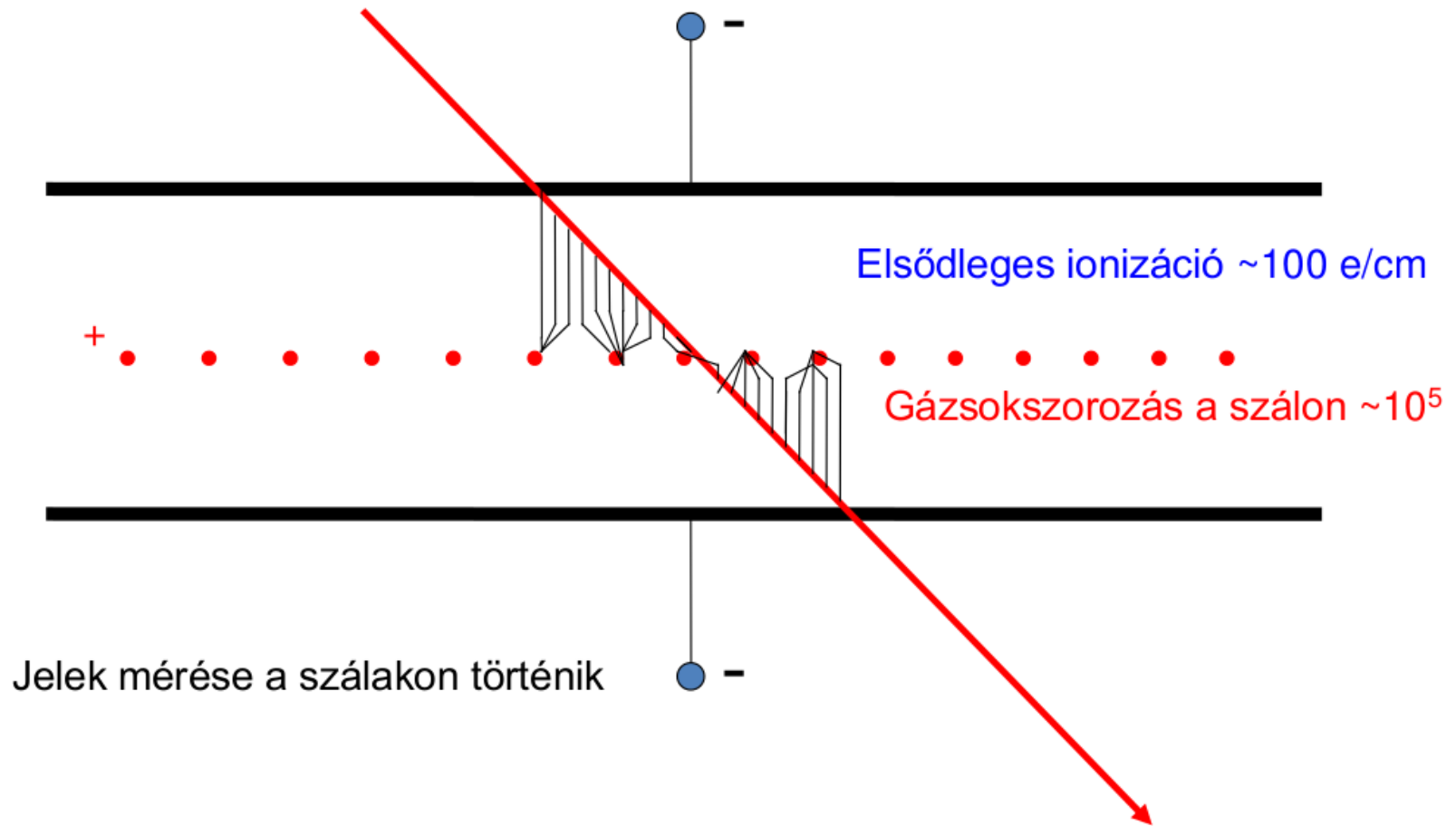
- Ionizációs kamra: nincs elektron sokszorozás (elsődleges ionizáció elektronjai gyűjtődnek be). Kicsi jel, arányos a leadott energiával
- Proporciónális kamra: elektron sokszorozás a szálak közelében a gáztérben. Jel arányos a leadott energiával.
- Geiger (szaturációs) működési tartomány: a teljes gáztérfogat kisül. Ugyanakkora jel minden áthaladó részecskére (csak számláló)

Ionizációs kamra



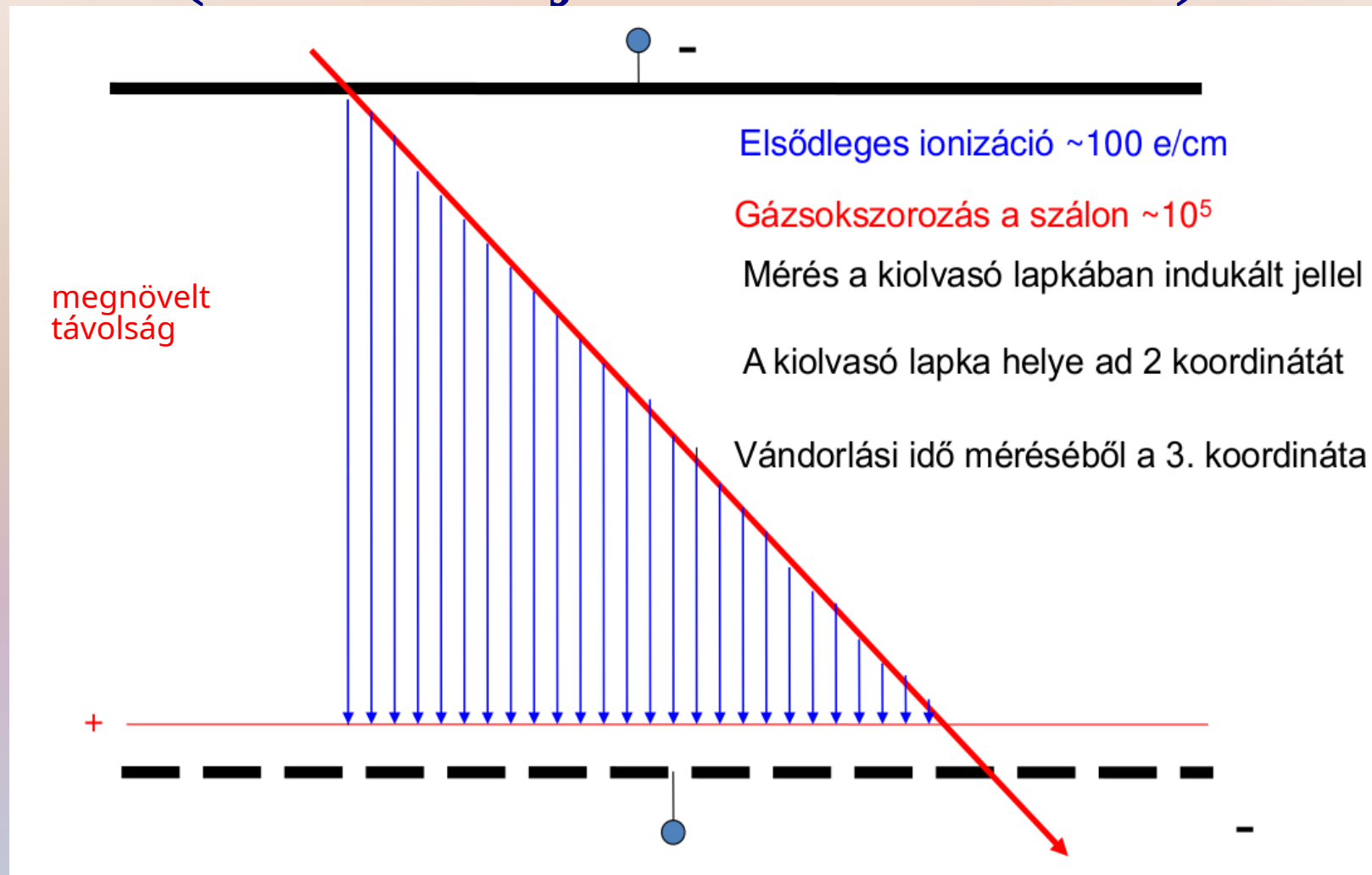
(Fodor Zoltán gondolatmenete)

Proporcionális detektor



(Fodor Zoltán gondolatmenete)

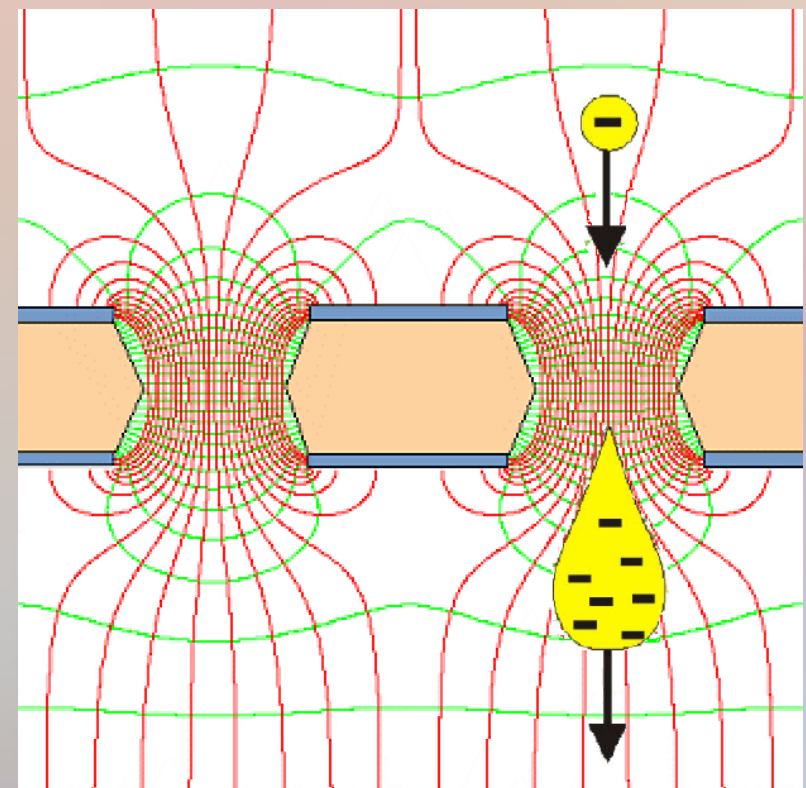
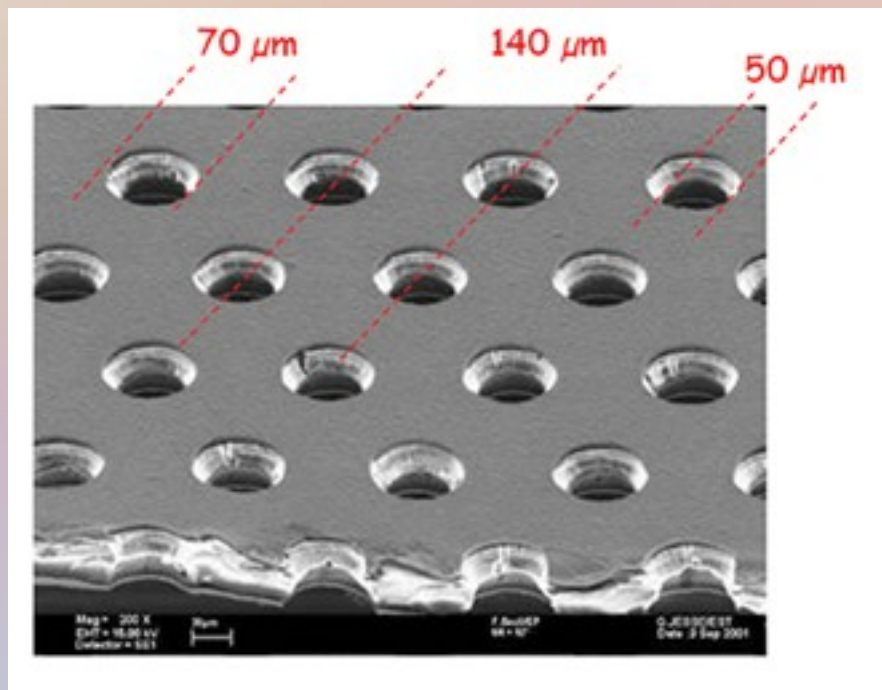
Időprojekciós kamra (Time Projection Chamber) TPC



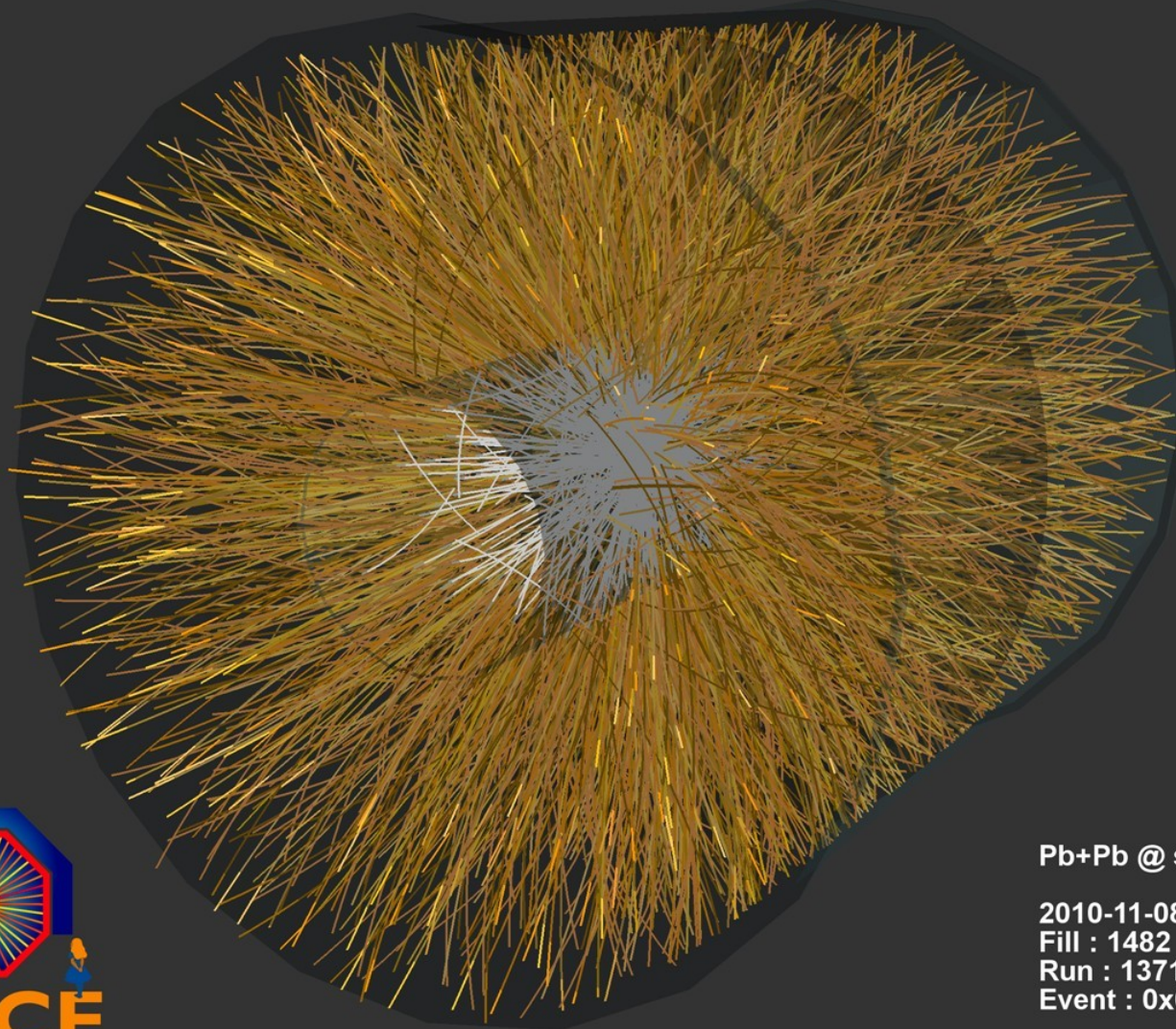
(Fodor Zoltán gondolatmenete)

Nem csak szál közelében lehet nagy elektromos térerősség...

- GEM: fólia két vezetővé tett oldala között nagy feszültség; lyukakban sokszorozás lép fel



3 dimenziós fényképezőgép: TPC



Pb+Pb @ $\sqrt{s} = 2.76$ ATeV

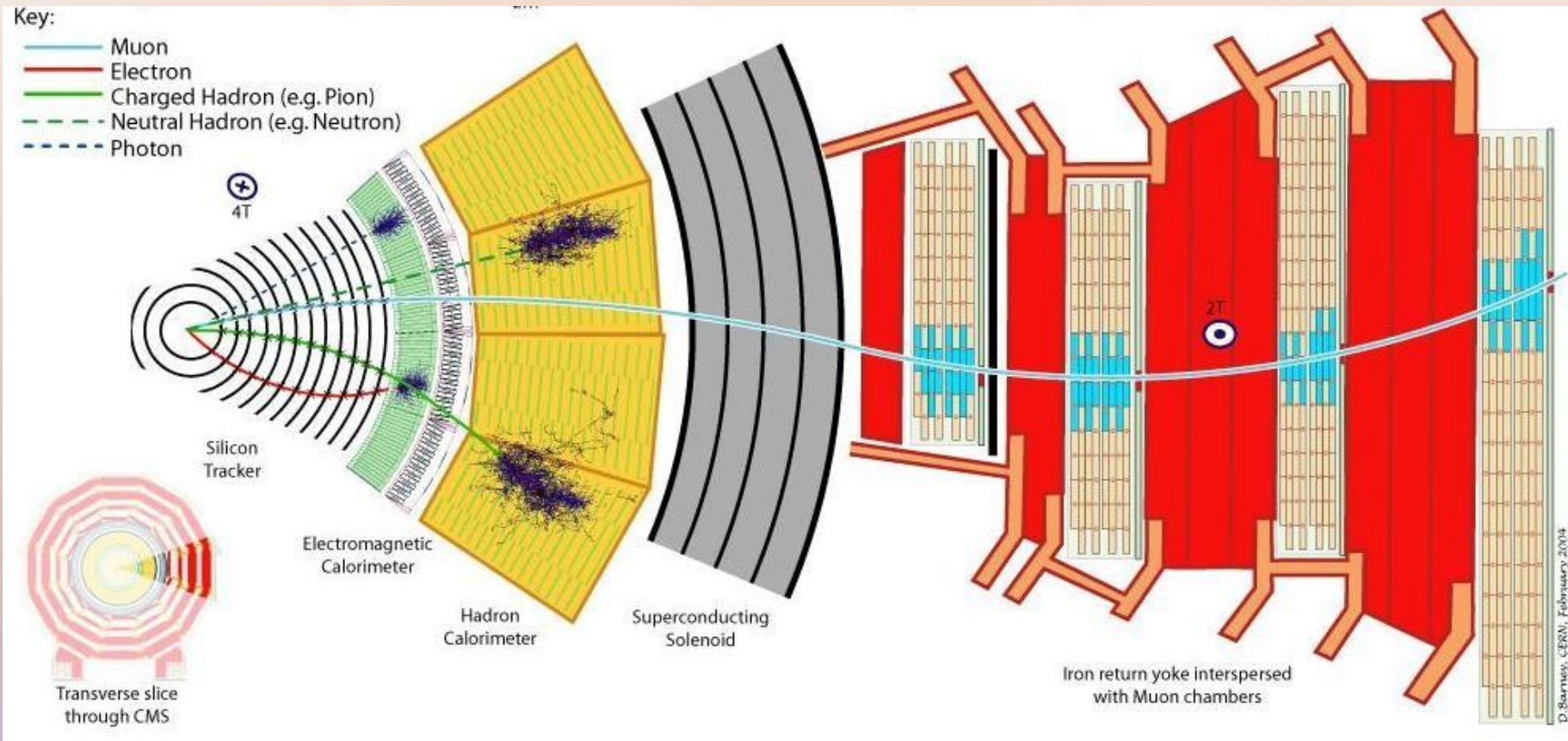
2010-11-08 11:29:52

Fill : 1482

Run : 137124

Event : 0x0000000042B1B693

Tipikus detektor: réteges szerkezet



gamma foton,
elektron



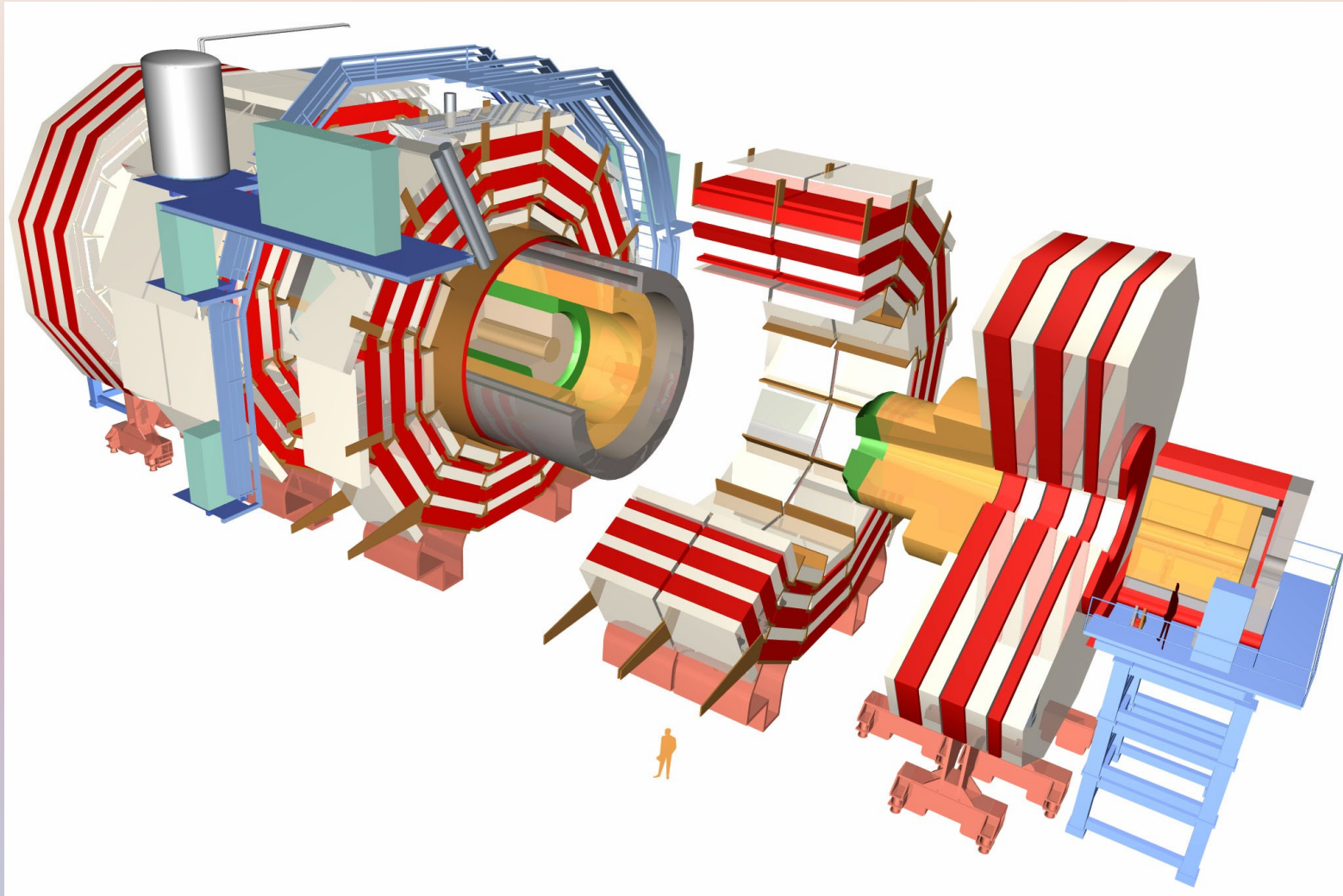
kvarkokból álló
részecskék



Muon



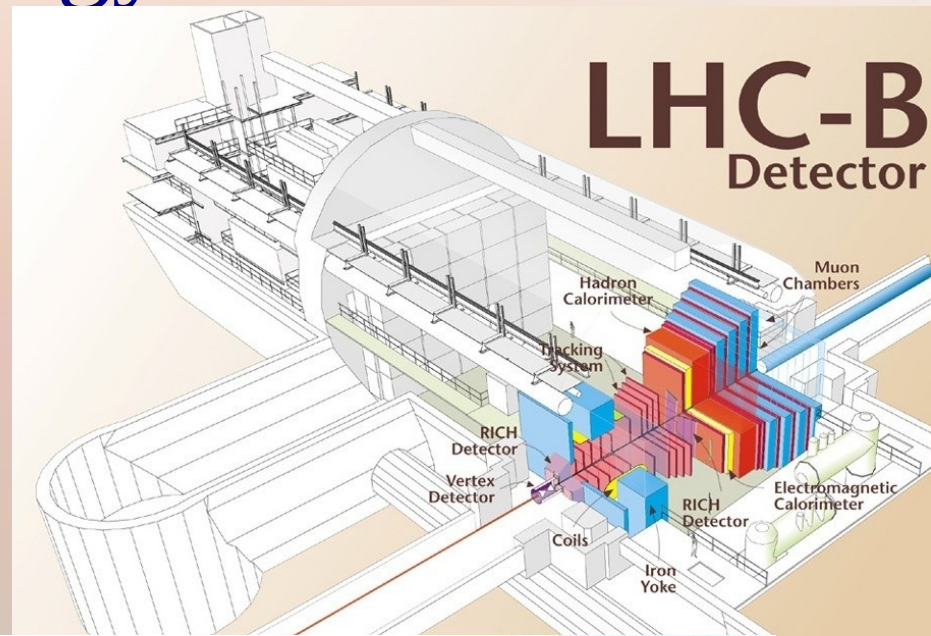
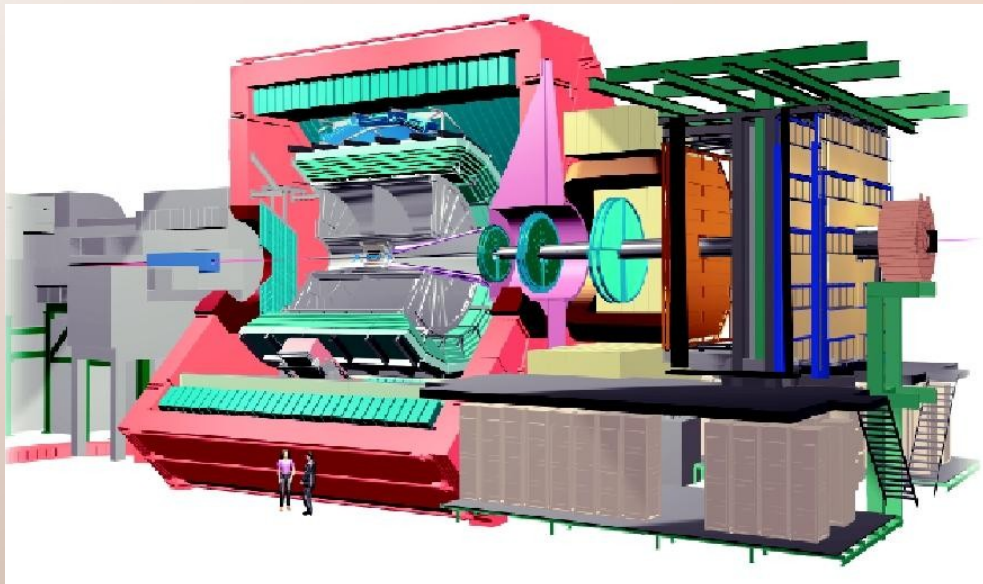
A CMS detektor: hagymahéj-szerkezet



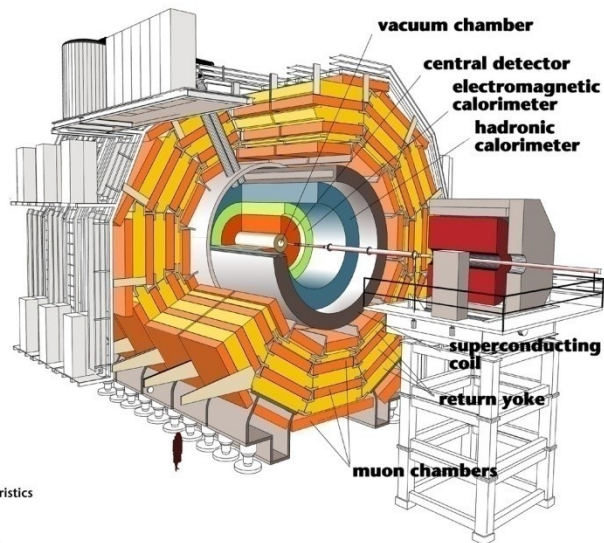
CMS építése: mérnöki csúcsteljesítmény



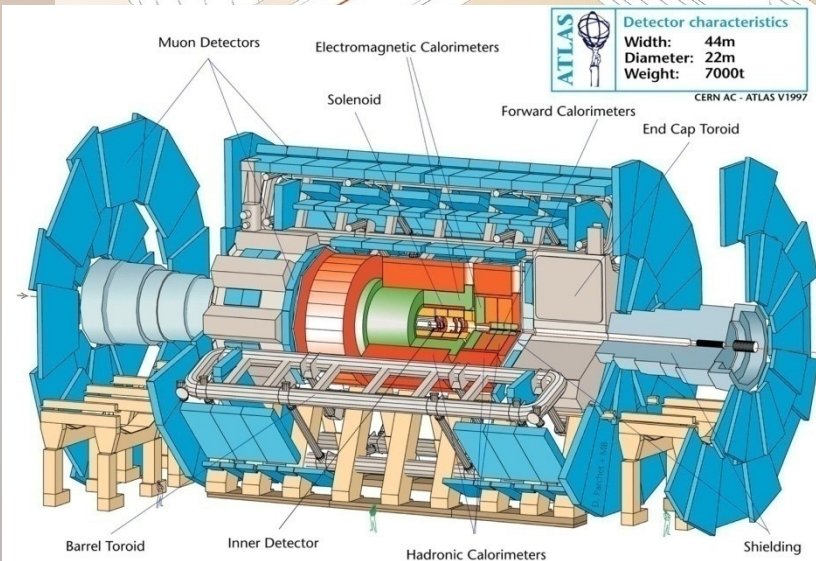
Az LHC négy nagy detektora



LHC-B Detector



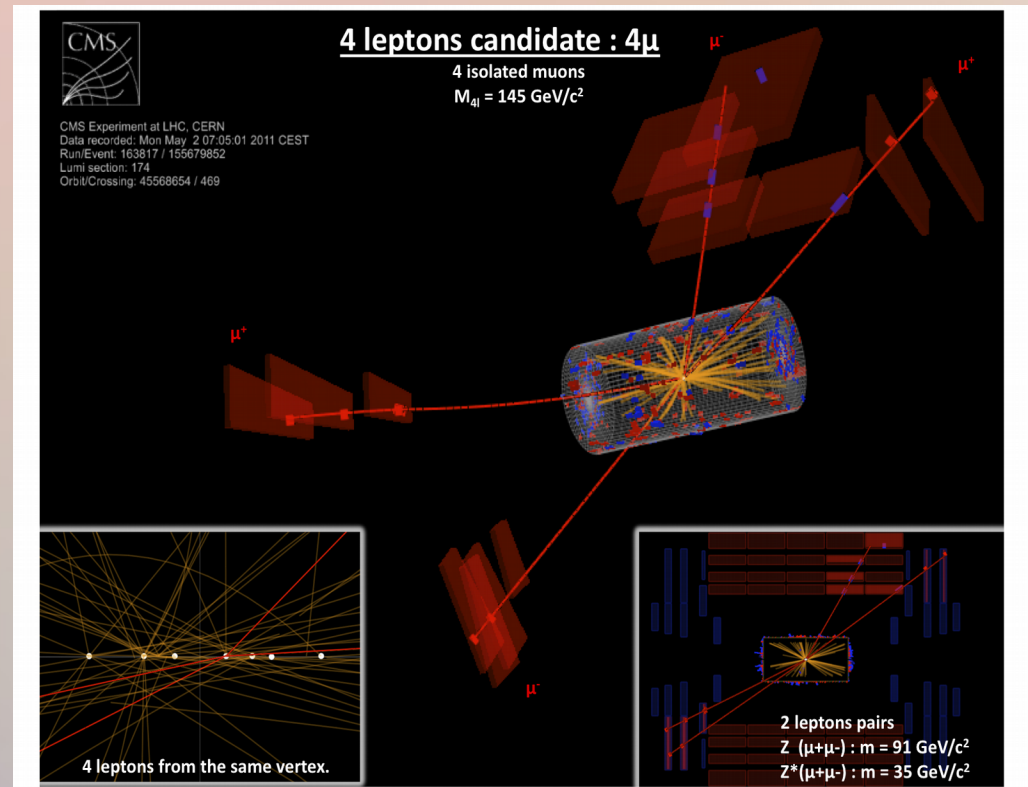
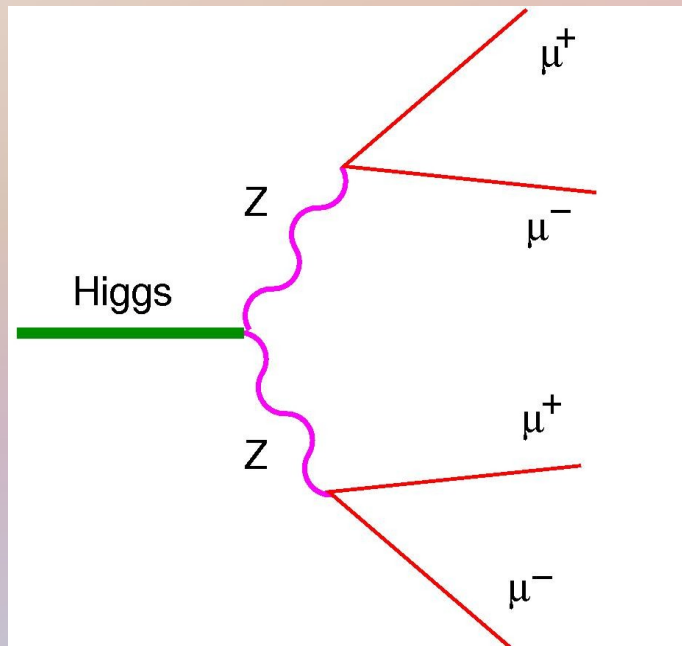
Detector characteristics
 Width: 22m
 Diameter: 15m
 Weight: 14'500t



Detector characteristics
 Width: 44m
 Diameter: 22m
 Weight: 7000t
 CERN AC - ATLAS V1997

Keressük a tűt a szénakazalban: az érdekes események kiválogatása

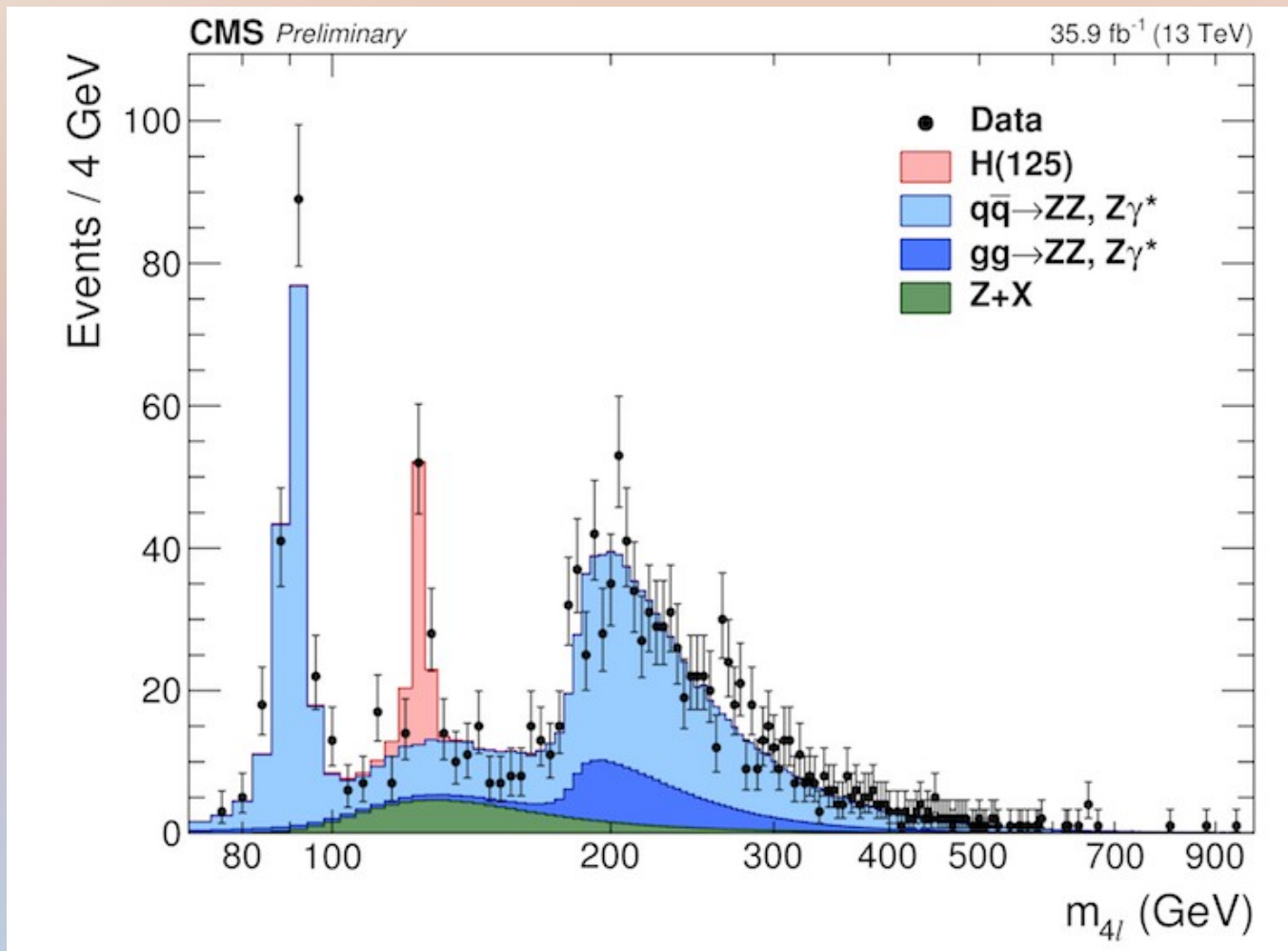
- Okosan választott fizikai folyamat (ehhez kell a fizikus) sok-sok érdektelen közül is előbújik



Az érdekteleneket örökre eldobjuk, nem rögzítjük...

A Higgs-részecske: bomlás 4 leptonba

- Markáns csúcs az egyéb bomlási lehetőségek mellett



Összefoglalás

- Detektorok célja: a kölcsönhatási folyamatban keletkező részecskékről minél többet megtudni
- Pályakövető: impulzus (mágneses térben)
- Kaloriméter: energiaelnyelődés
- Hagymahéj szerkezet: különböző áthatolóképesség „szűrése”
- Eseményválogatás (trigger): érdekes események megjelölése és rögzítése