

Detektorok

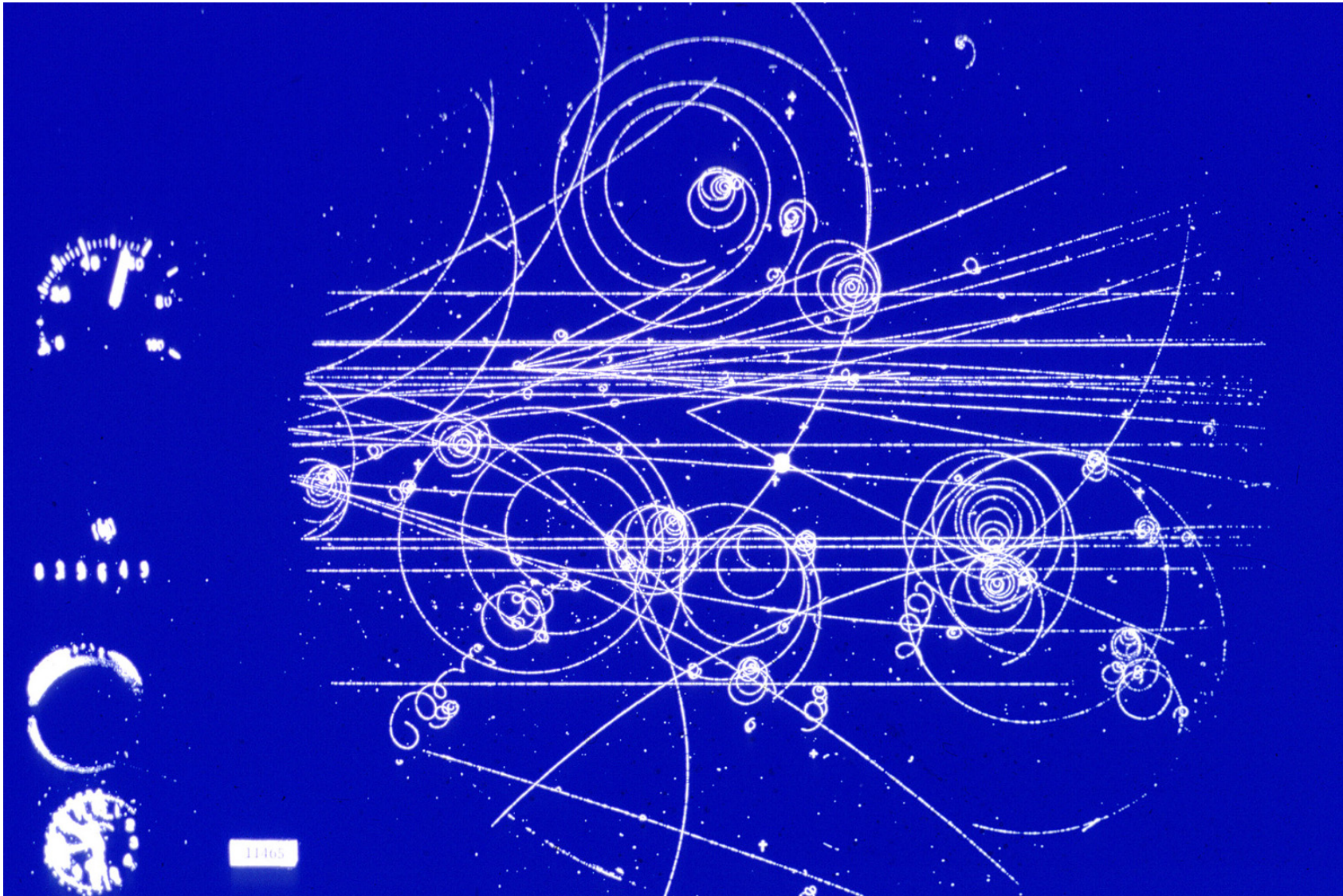
Siklér Ferenc
sikler@rmki.kfki.hu

*MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet
Budapest*



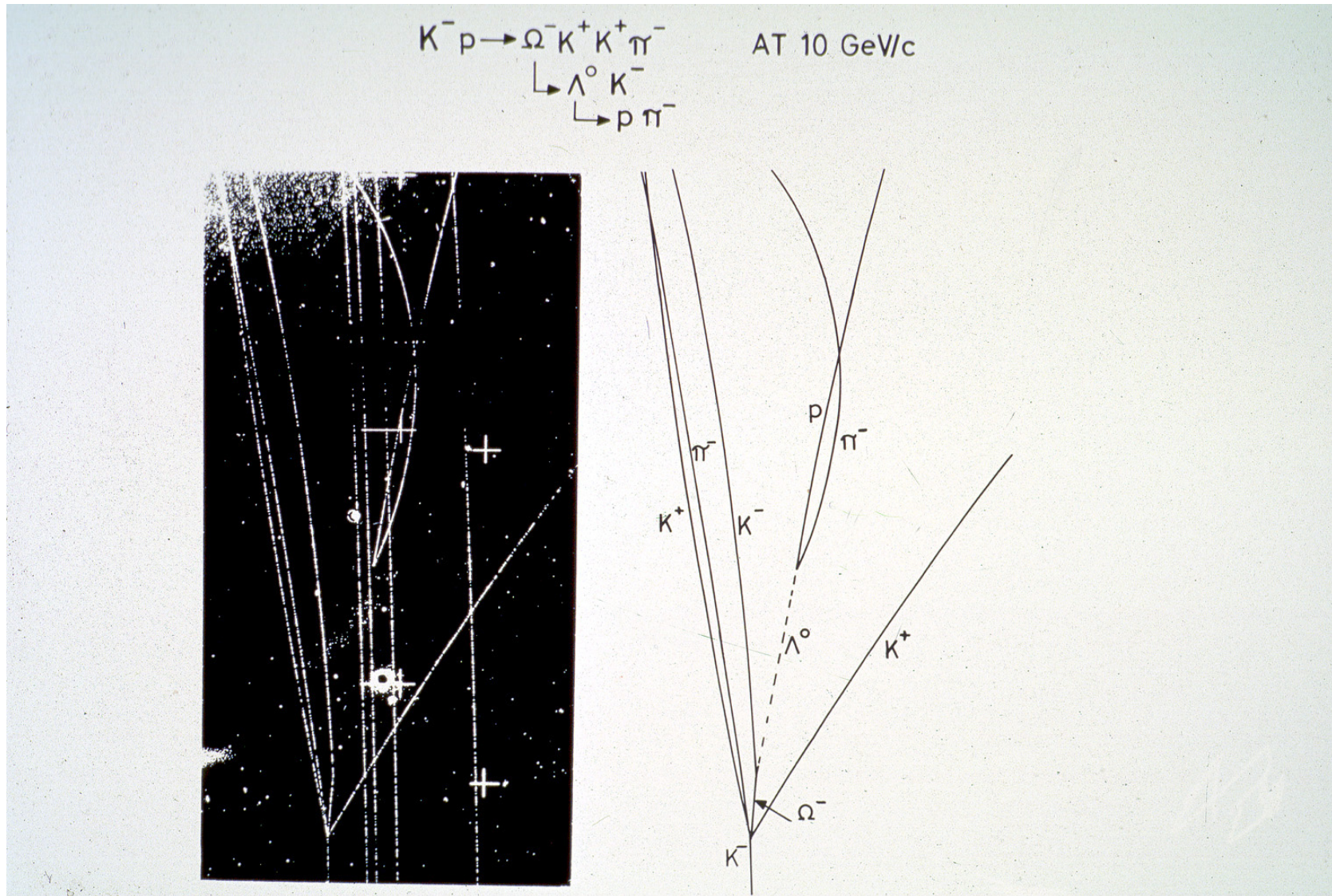
Hungarian Teachers Programme 2008
Genf, 2008. augusztus 19.

Detektorok – 1970



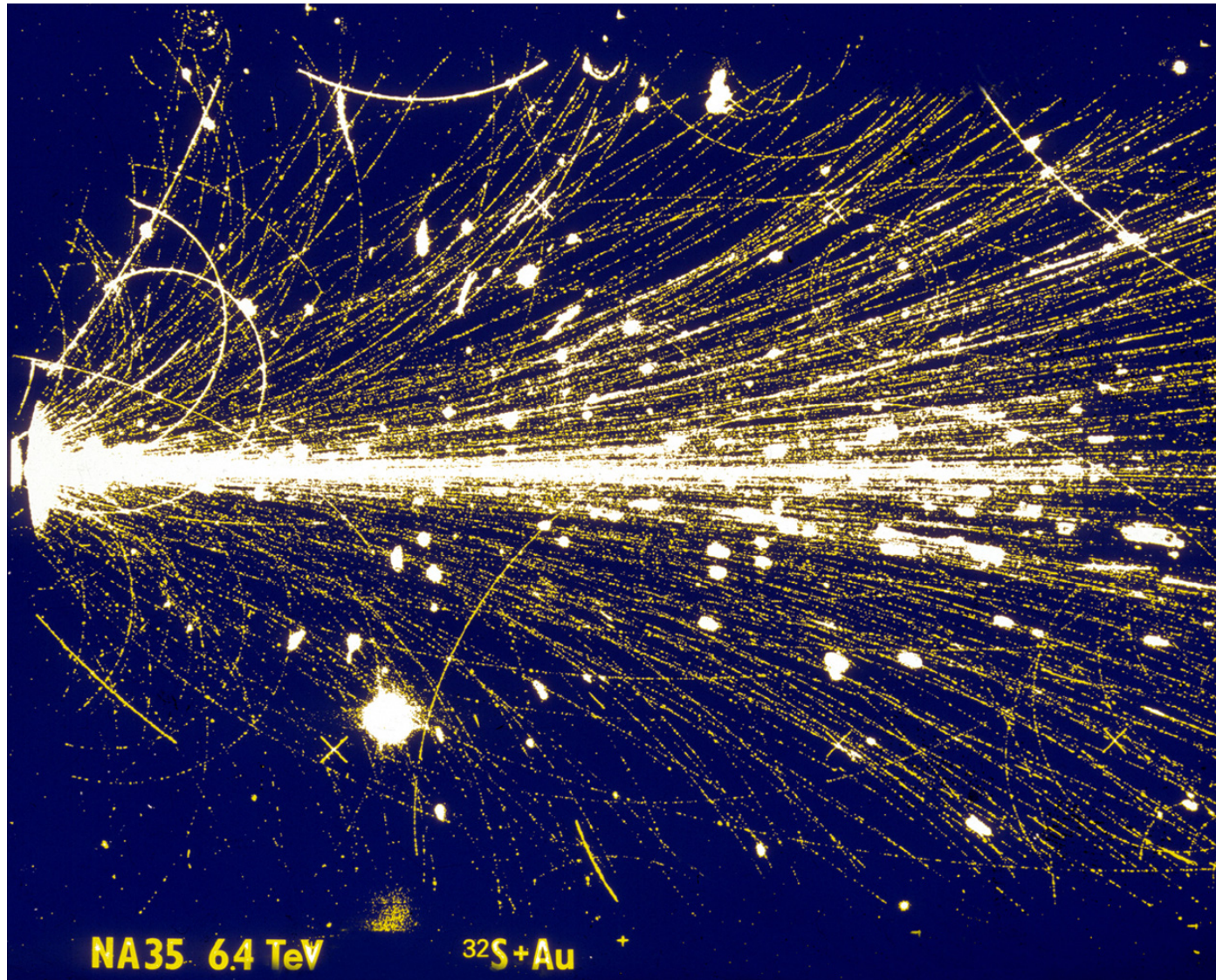
16 GeV π^- nyaláb, folyékony hidrogén buborékkamra

Detektorok – 1973



Az Ω^- részecske keltése és bomlása, buborékkamra

Detektorok – 1991

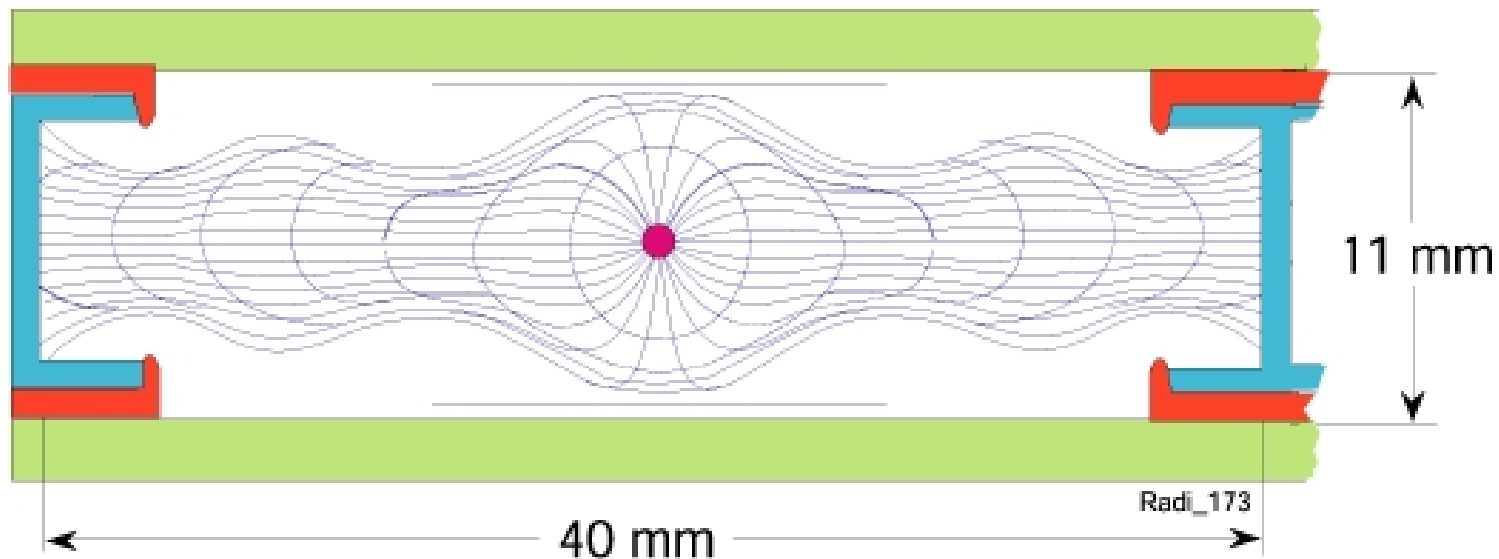


6400 GeV energiájú kénmagok arany céltárgyon, szikrakamra

Drift cső (DT)

- Röviden

- Gázzal töltött cső, közepében egy vékony szál (20-100 μm)
- Az átmenő töltött részecske ionizál, 100 elektront kelt cm-enként
- A szál felé sodródnak (driftelnek), másodlagos ionizálás, lavinák
- Akár 10^5 erősítés, a kezdeti ionizációval arányos
- Túl nagy feszültség: szikra; Geiger-Müller kisülés; lokalizált streamer kisülés
- Drift cső = proporcionális cső + időmérés



Drift cső (DT)



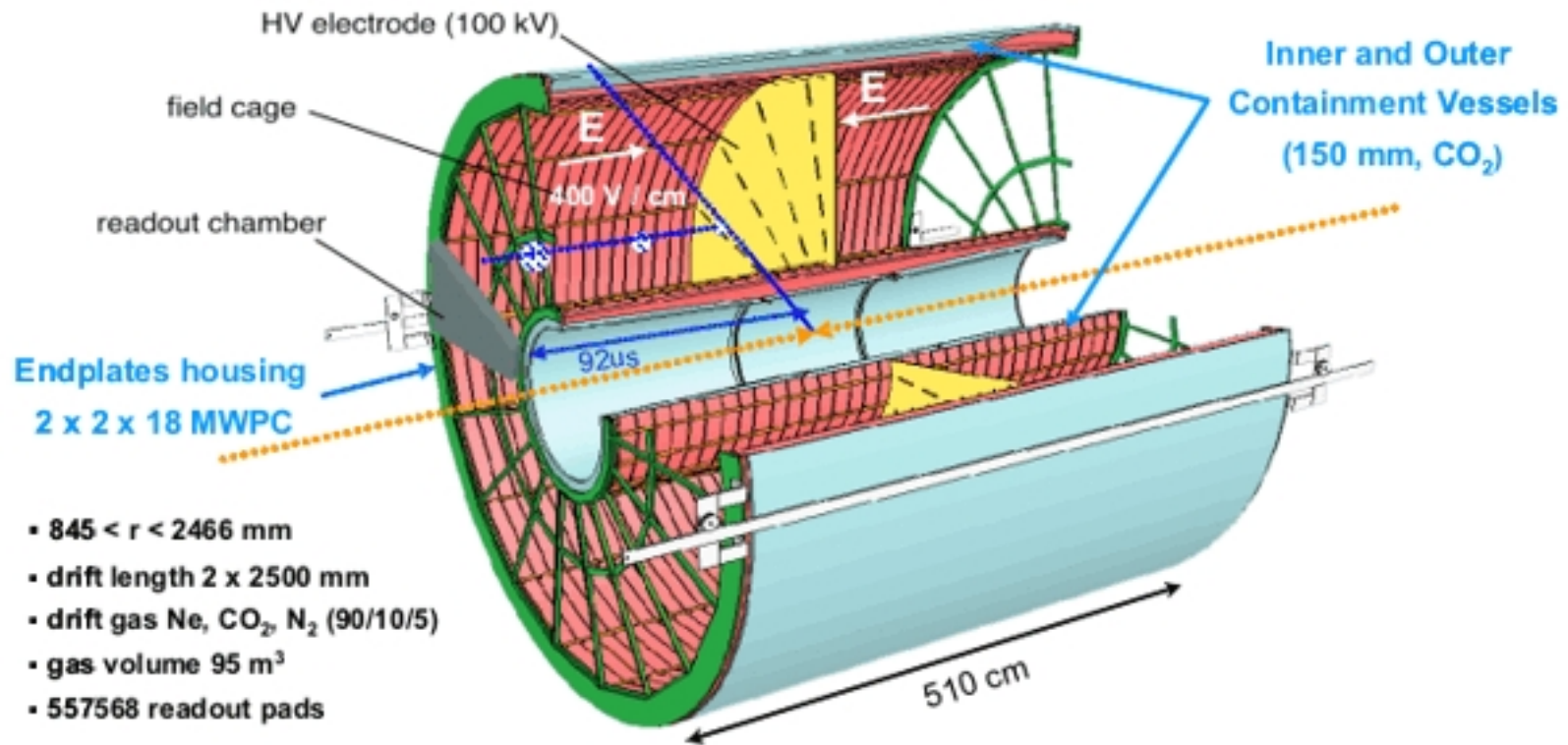
ATLAS

Müon detektor

Time Projection Chamber (TPC)

- Röviden

- Gáz + sokszálas proporcionális kamra
- Az átmenő töltött részecske ionizál
- Elektronok sodródnak az elektromos térrel, felosztott kiolvasó sík
- Sok mérési pont, jó helyfelbontás, energiaveszteség mérése (dE/dx)



Time Projection Chamber (TPC)



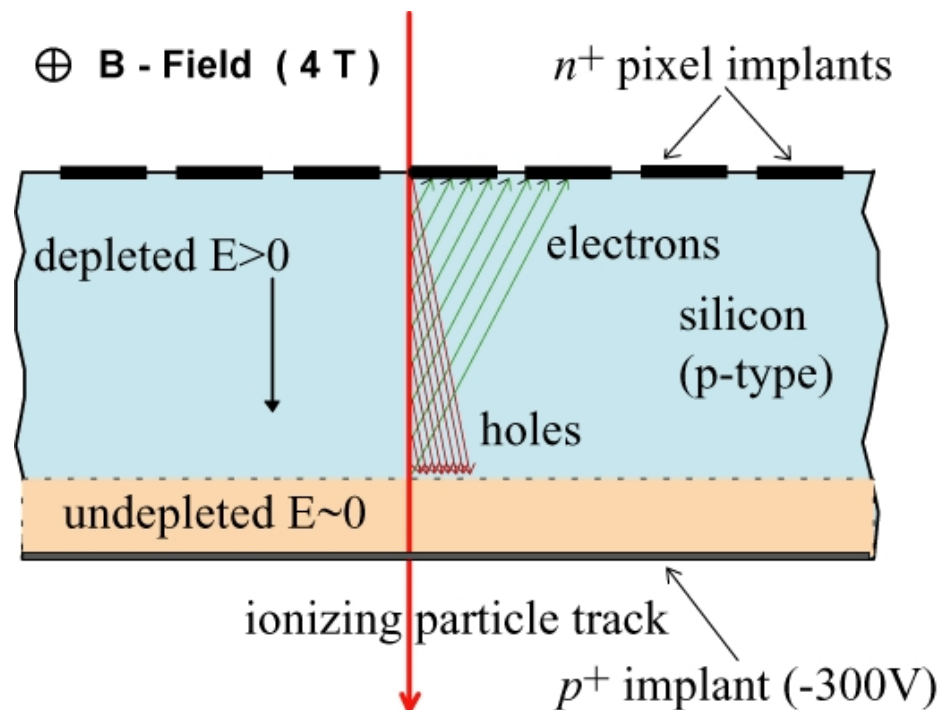
Gáztöltésű kamra, idő és hely 3D

ALICE

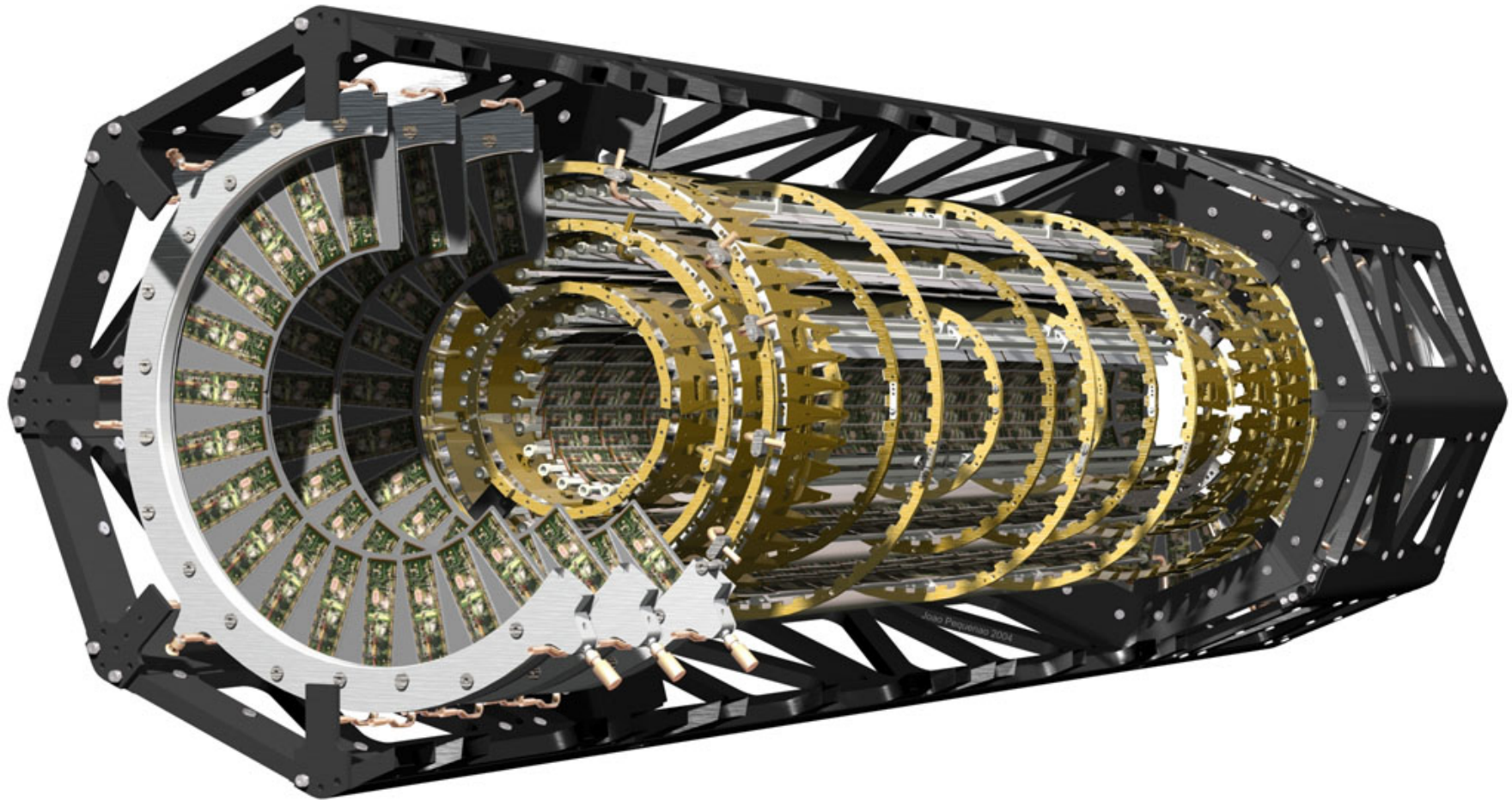
Szilícium alapú félvezető detektor

- Röviden

- Nagyfelbontású vertex és nyomkövető detektorokhoz
- Anyagok: szilícium, germánium, gallium-arzenid, gyémánt
- Kis sűrűsége és kis ionizálása miatt megfelelő nagyságú jelek 100-300 μm vastagsággal elérhetők, gyors jelek $\mathcal{O}(10 \text{ ns})$
- Dióda $p - n$ átmenettel, inverz kapcsolásban



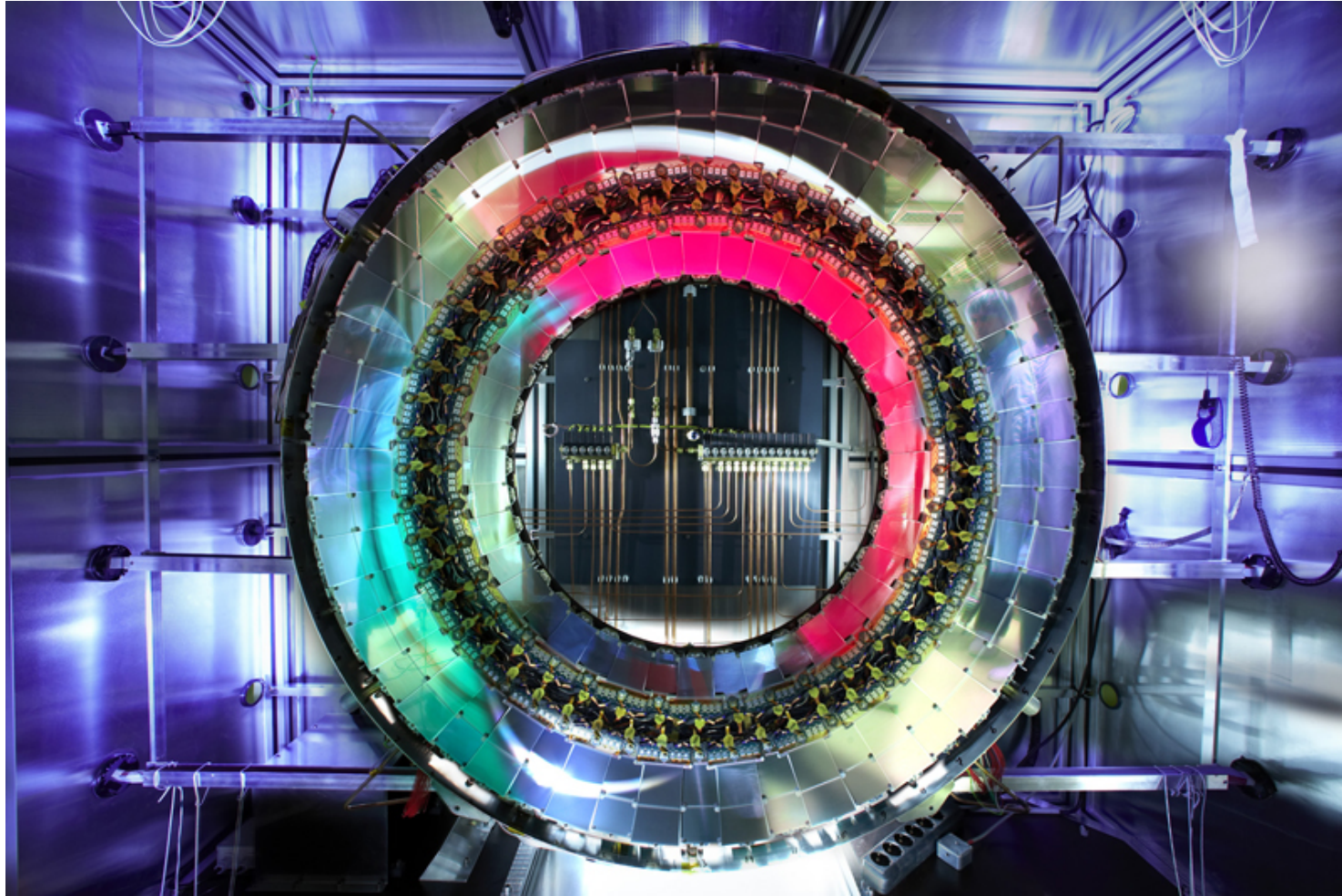
Szilícium alapú félvezető detektor



5, 9 és 12 cm sugár, 3 henger és 3 körlap
80 millió pixel

ATLAS

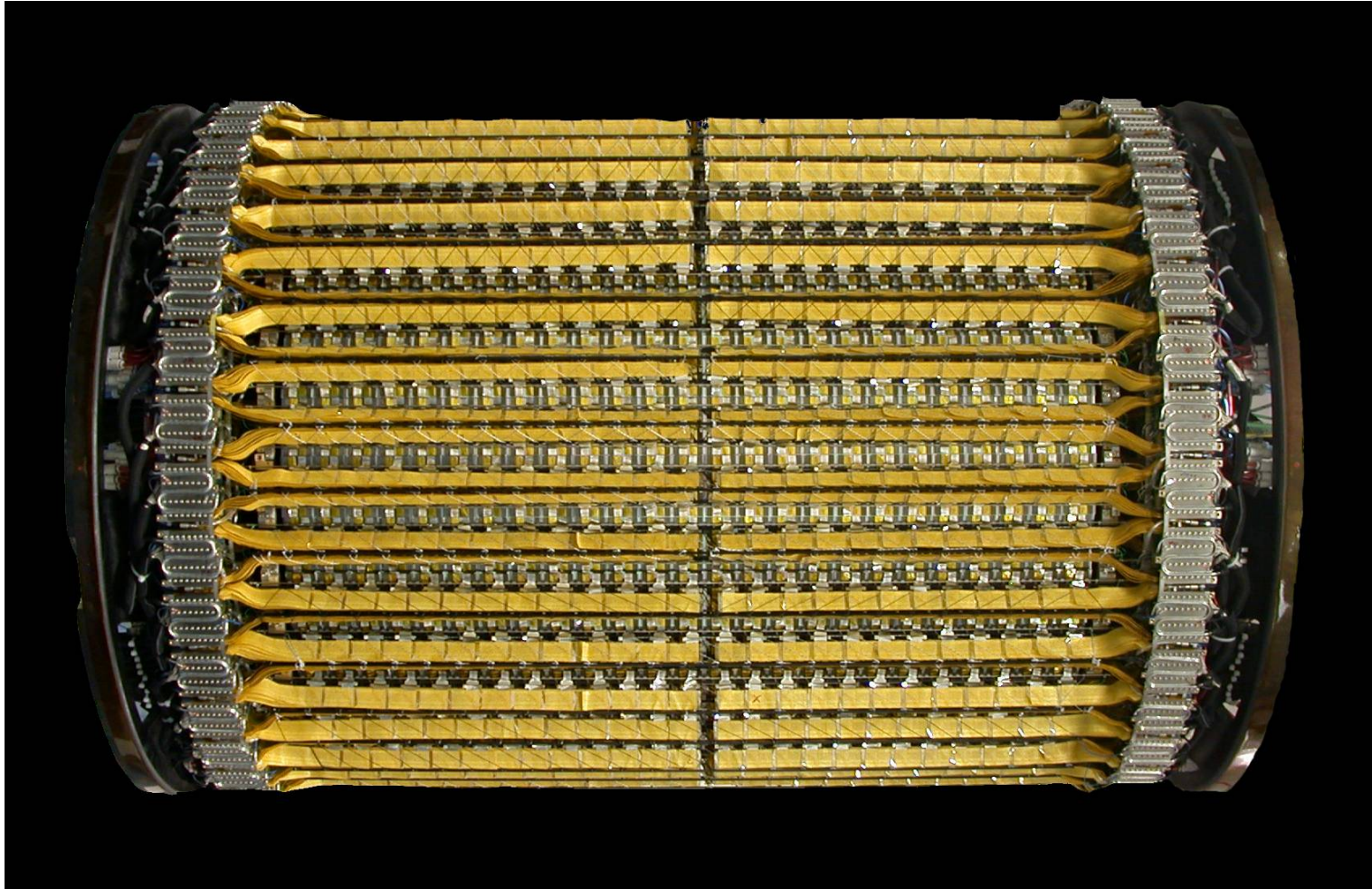
Szilícium alapú félvezető detektor



8 megmért pont, $80 \mu\text{m}$ széles csíkok

ATLAS

Szilícium alapú félvezető detektor



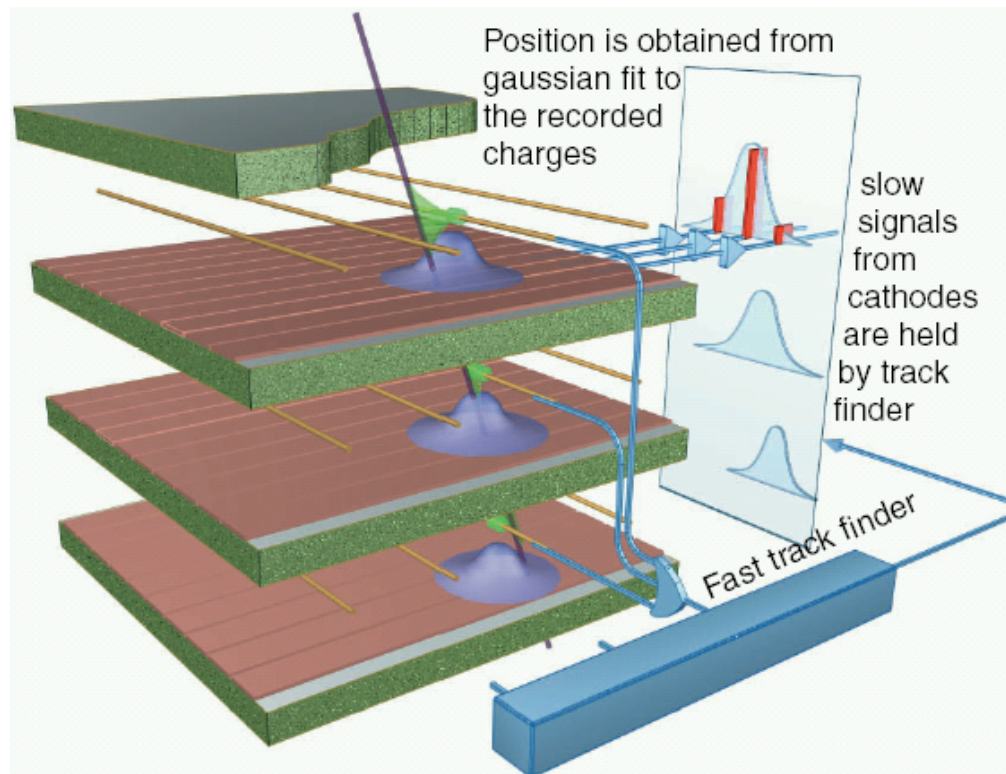
Pixel/drift/strip detektor (SPD, SDD, SSD)

ALICE

Katód-csík kamra (CSC)

- Röviden

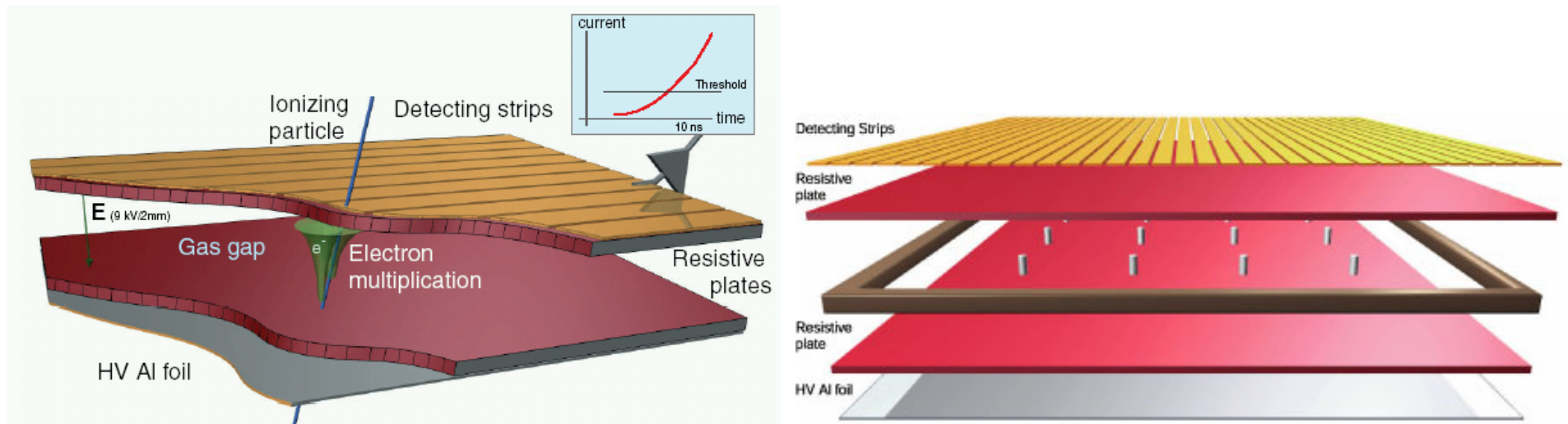
- Töltött részecske ionizál
- Lavina az anódszálak körül
- Indukált töltés a katódon



Resistive Plate Chamber (RPC)

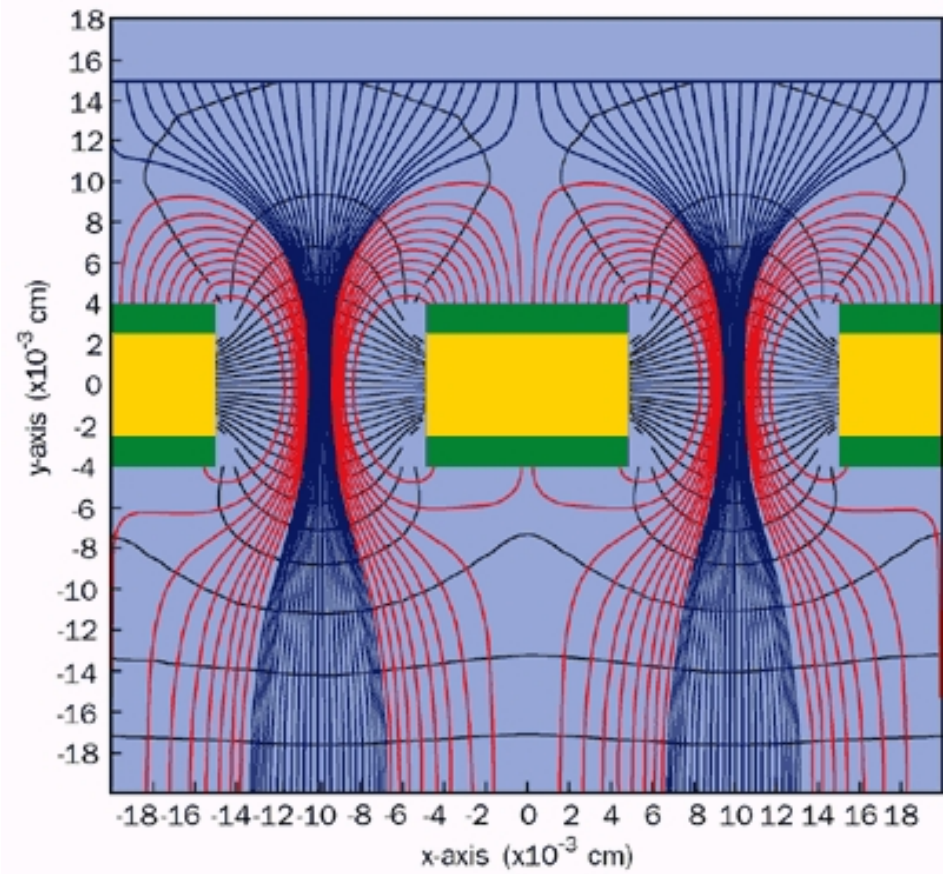
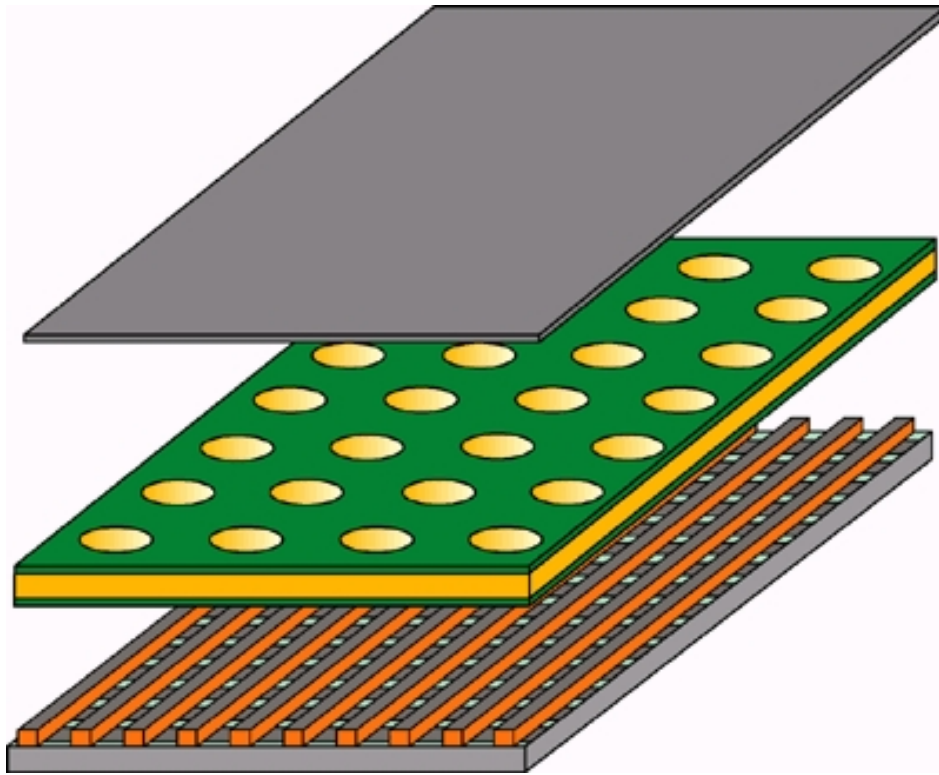
- Röviden

- Jó helyfelbontás és jó időfelbontás
- Hely és idő együttes mérése, nyomkövetés, pl müonok
- Nincsenek benne drótok, egyszerű megépíteni



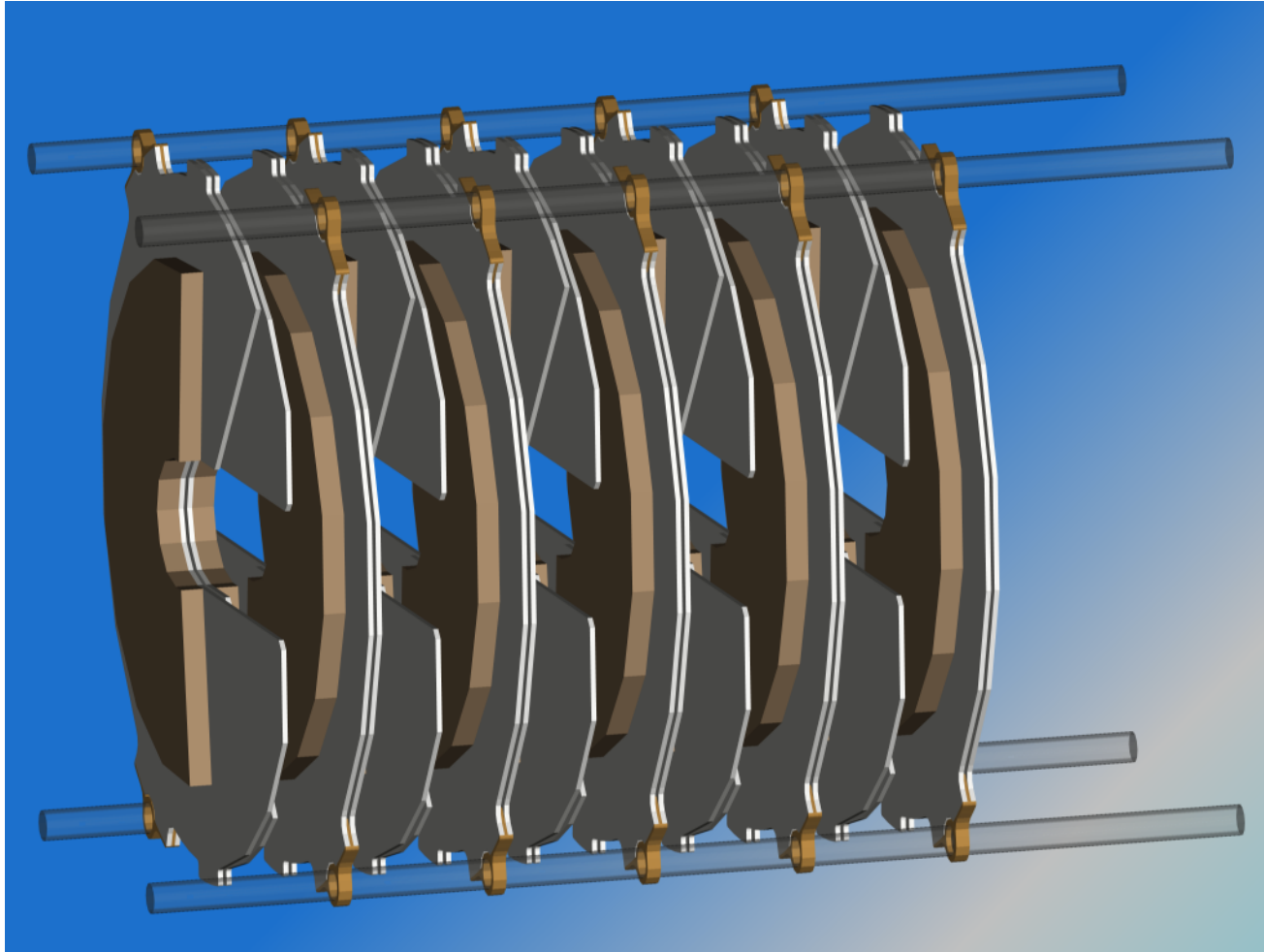
Müon detektor, repülési idő mérése

Gáz elektron sokszorozó (GEM)



Vékony polimer lap (50-70 μm), mindkét oldalán réz bevonattal
Nagy elektromos tér a lyukakban (30-50 μm), lavina
100-1000-szeres erősítés, az elektronokat kilövi

Gáz elektron sokszorozó (GEM)



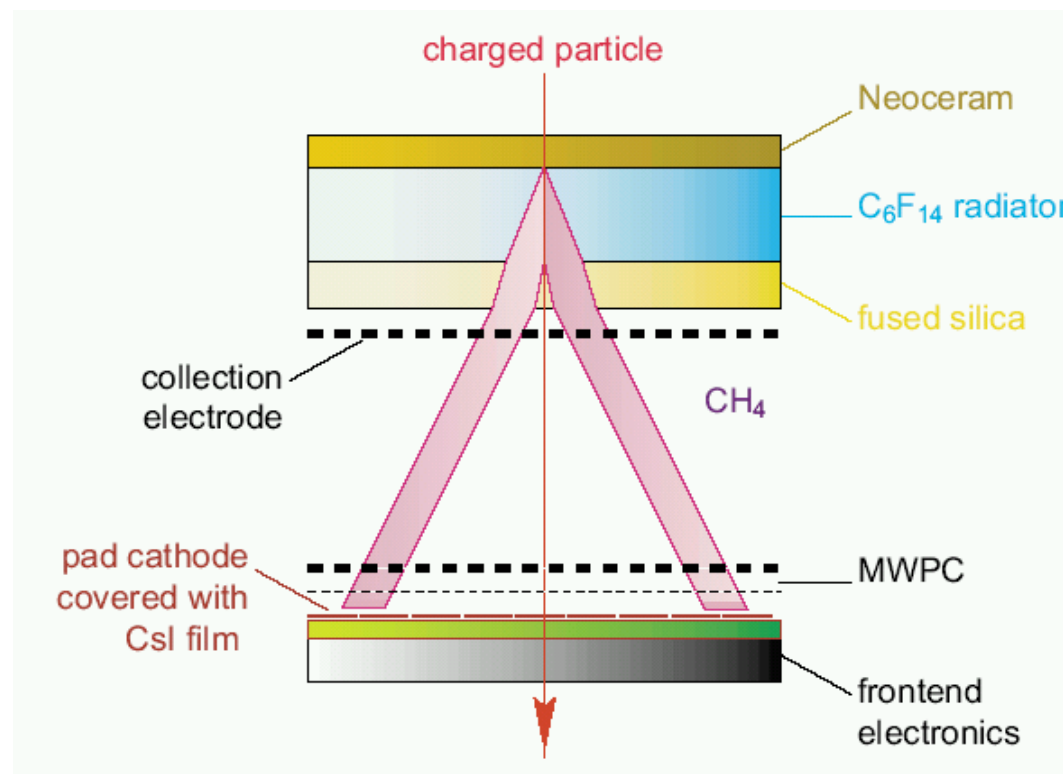
TOTEM

Nyomkövetés

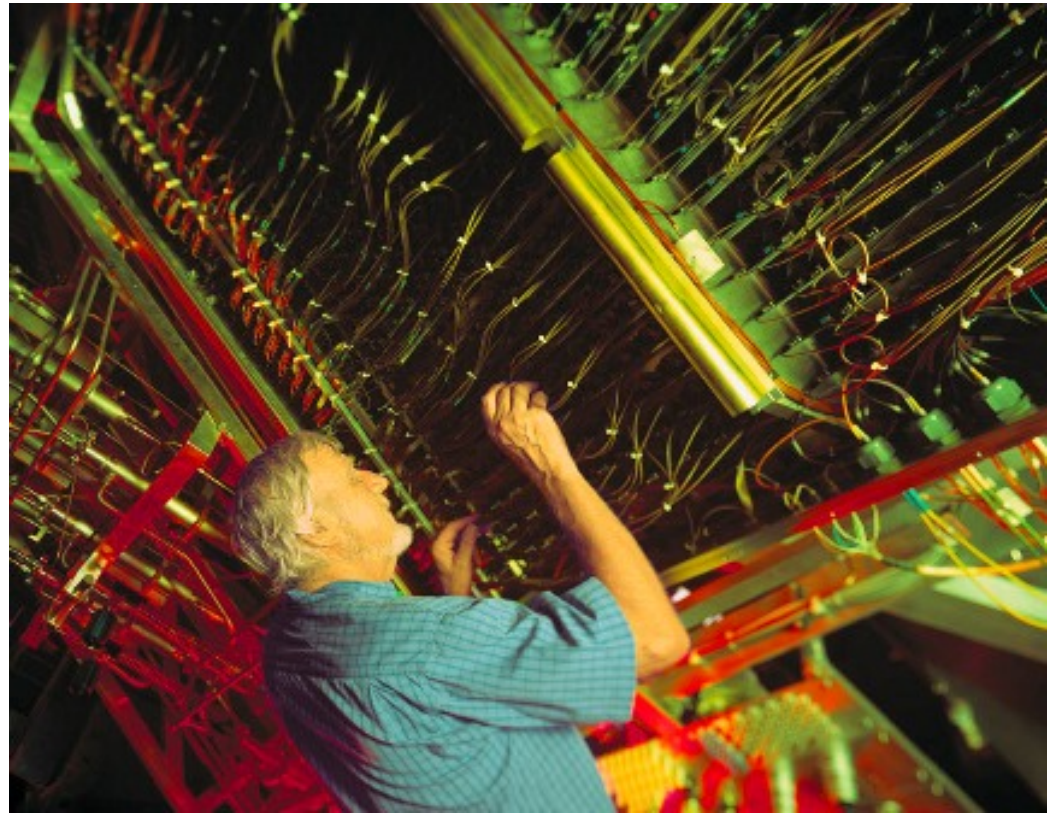
Cserenkov detektor

- Röviden

- Szög $\theta_c = \arccos(1/n\beta)$, küszöbsebesség $\beta_t = 1/n$, $\gamma_t = 1/\sqrt{1 - \beta_t^2}$
- Elemek: a sugárzó, melyen a töltött részecske áthalad, valamint a fotodetektor
- Küszöbdetektorok: igen/nem válasz, a részecske a $\beta_t = 1/n$ küszöb felett?
- Képképző detektorok: pl Ring-Imaging Cherenkov (RICH)



Cserenkov detektor



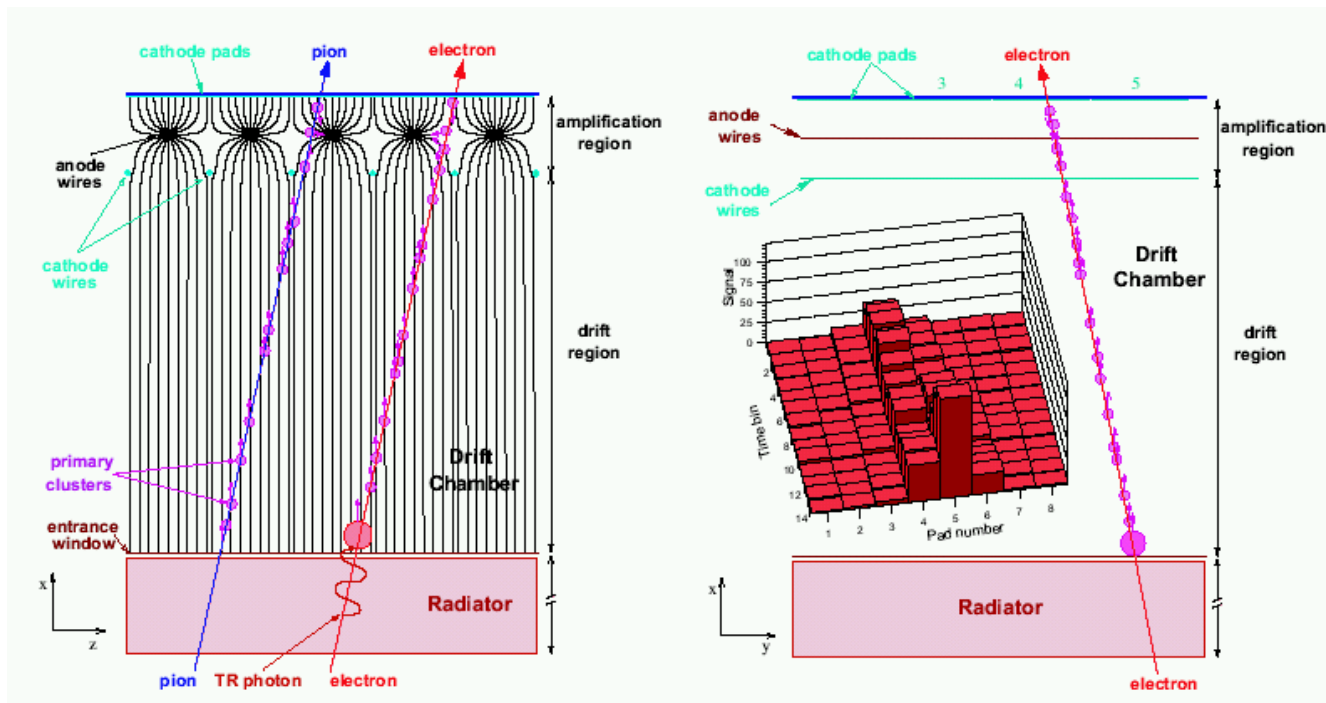
ALICE

Gyors részecskék azonosítása, gyűjtő tükörrel
Részecskeazonosítás

Átmeneti sugárzás detektor (TRD)

- Röviden

- A részecske két különböző anyag (vákuum és anyag) közti határon halad át
- A kisugárzott energia $I \propto z^2 \gamma \omega_p$
- Röntgensugár (2-20 keV) a részecske haladási irányában
- A sugárzás esélye 1% átmenetenként, több száz határfelület alkalmazása
- Fóliák, szálak, alacsony Z-jű anyagok (polipropilén, lítium) gázban

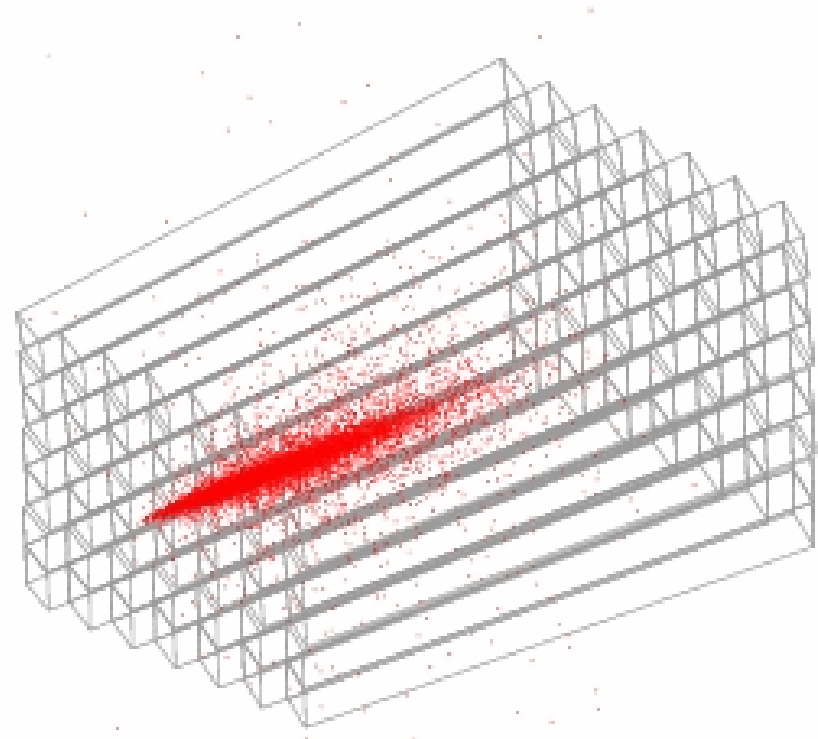
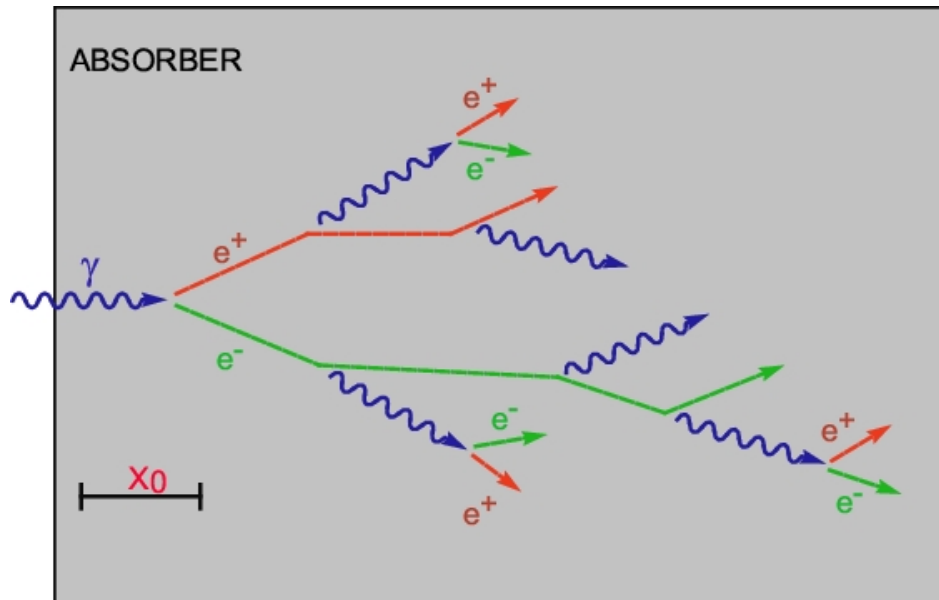


Elektronok azonosítása

Elektromágneses kaloriméter (ECAL)

- Röviden

- Elektromágneses záporok: párkeltés és fékezési sugárzás
- Homogén: az egész térfogat érzékeny (pl BGO, CsI, NaI, ólomüveg)
- Mintavevő: aktív anyag (szcintillátor, "nemes" folyadék) és passzív elnyelő (ólom, vas, réz, urán) síkok egymás után



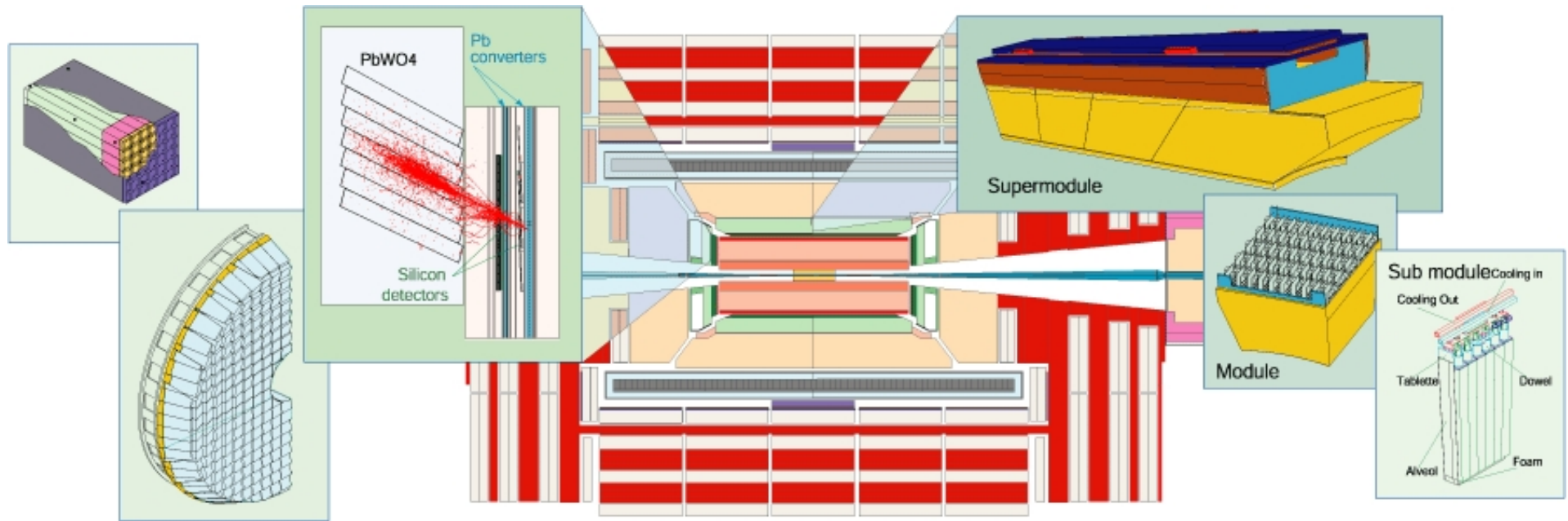
Elektromágneses kaloriméter (ECAL)



Folyékony argon, belső kaloriméter

ATLAS

Elektromágneses kaloriméter (ECAL)



CMS

Ólom-wolframát (PbWO₄) kristályok

Energia-felbontás: $2.7\% / \sqrt{E[\text{GeV}]}$ plusz 0.55%

Elektromágneses kaloriméter (ECAL)



ALICE

Foton spektrométer, Ólom-wolframát (PbWO_4) kristályok

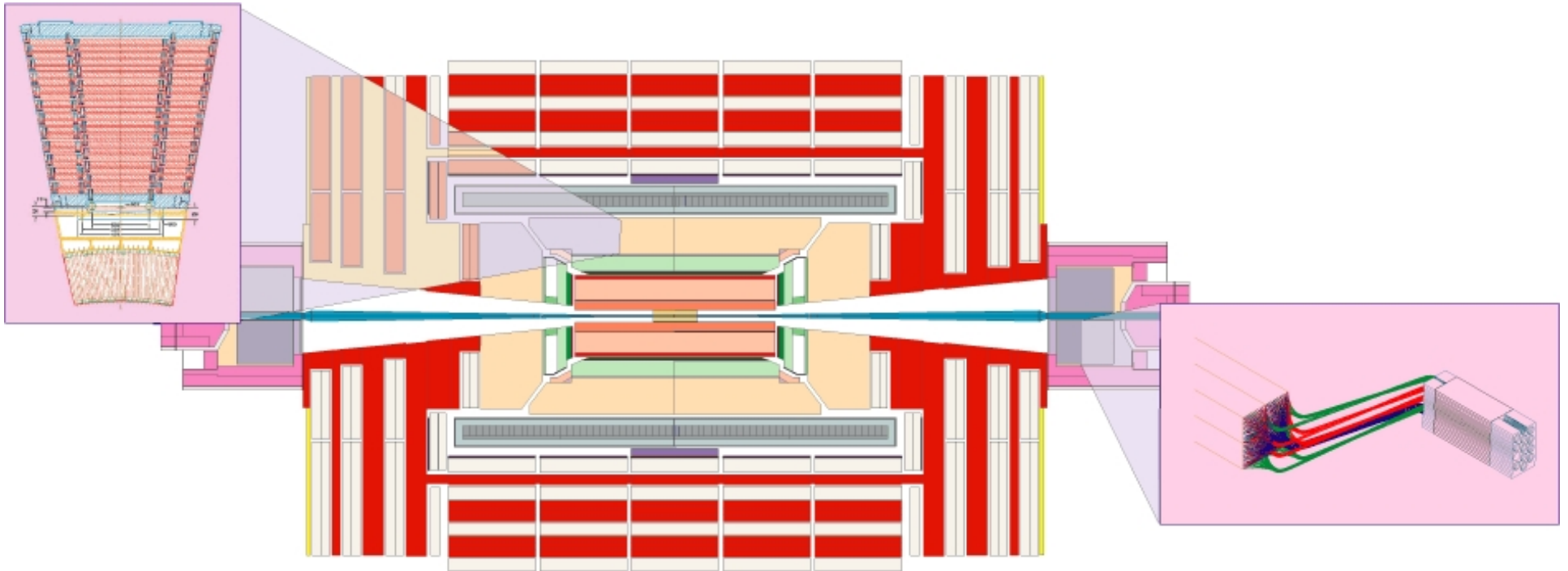
Hadron kaloriméter (HCAL)

- Röviden

- Többféle lehetőség (ólom lapok + szcintillátor, vas + kvarc szálak)
- Hosszanti energialeadás eloszlása: két komponens
- Éles csúcs az első kölcsönhatás pontja körül (az ott keltett π^0 k miatt)
- Lassabb az alacsony energiás hadronikus összetevő



Hadron kaloriméter (HCAL)



CMS

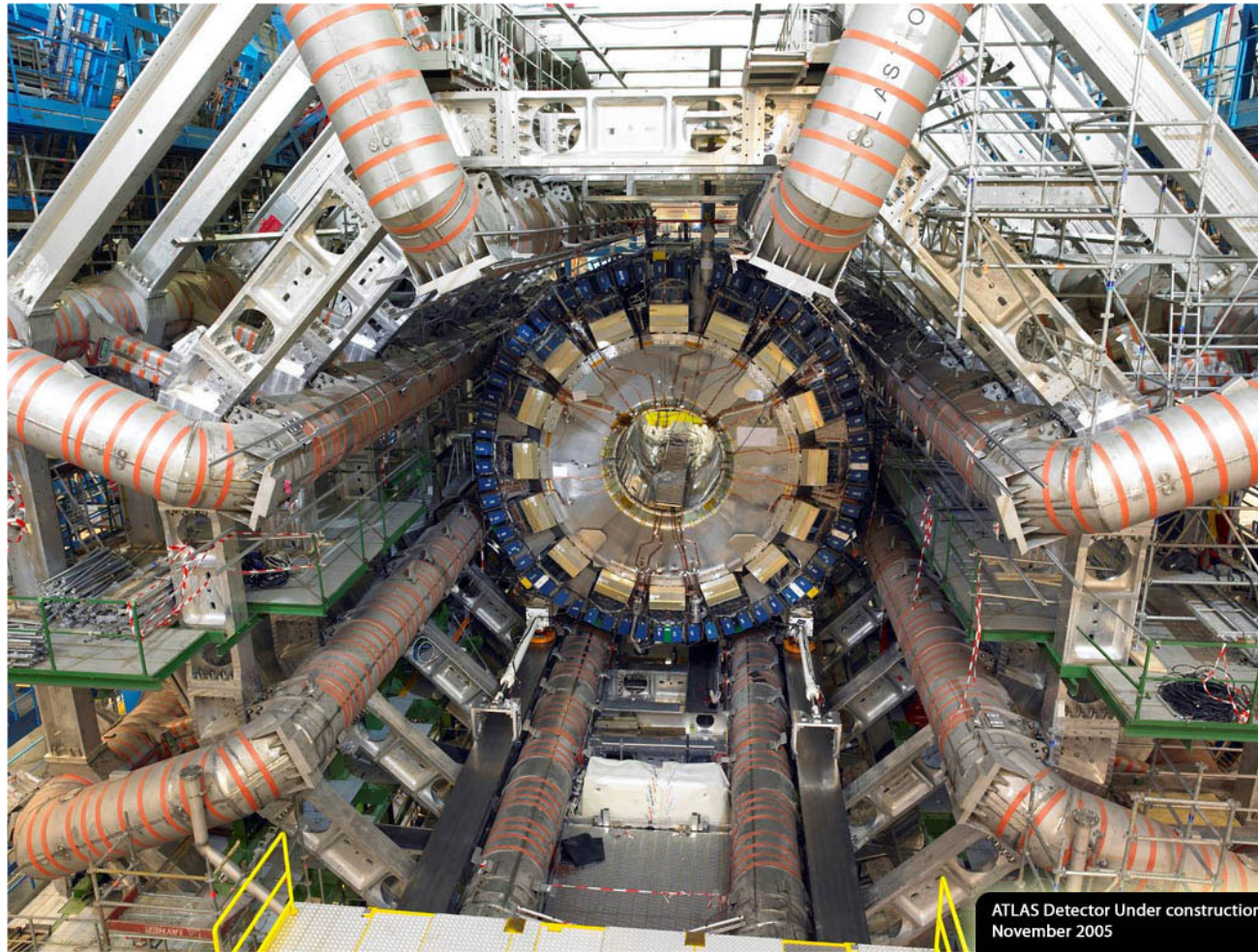
Mintavevő kaloriméterek

50 mm Cu abszorber lemezek 4 mm szcintillátor síkokkal

5 mm W abszorber lemezek 2 mm kvarc síkokkal

Energia-felbontás: $116\% / \sqrt{E[\text{GeV}]}$ plusz 5%

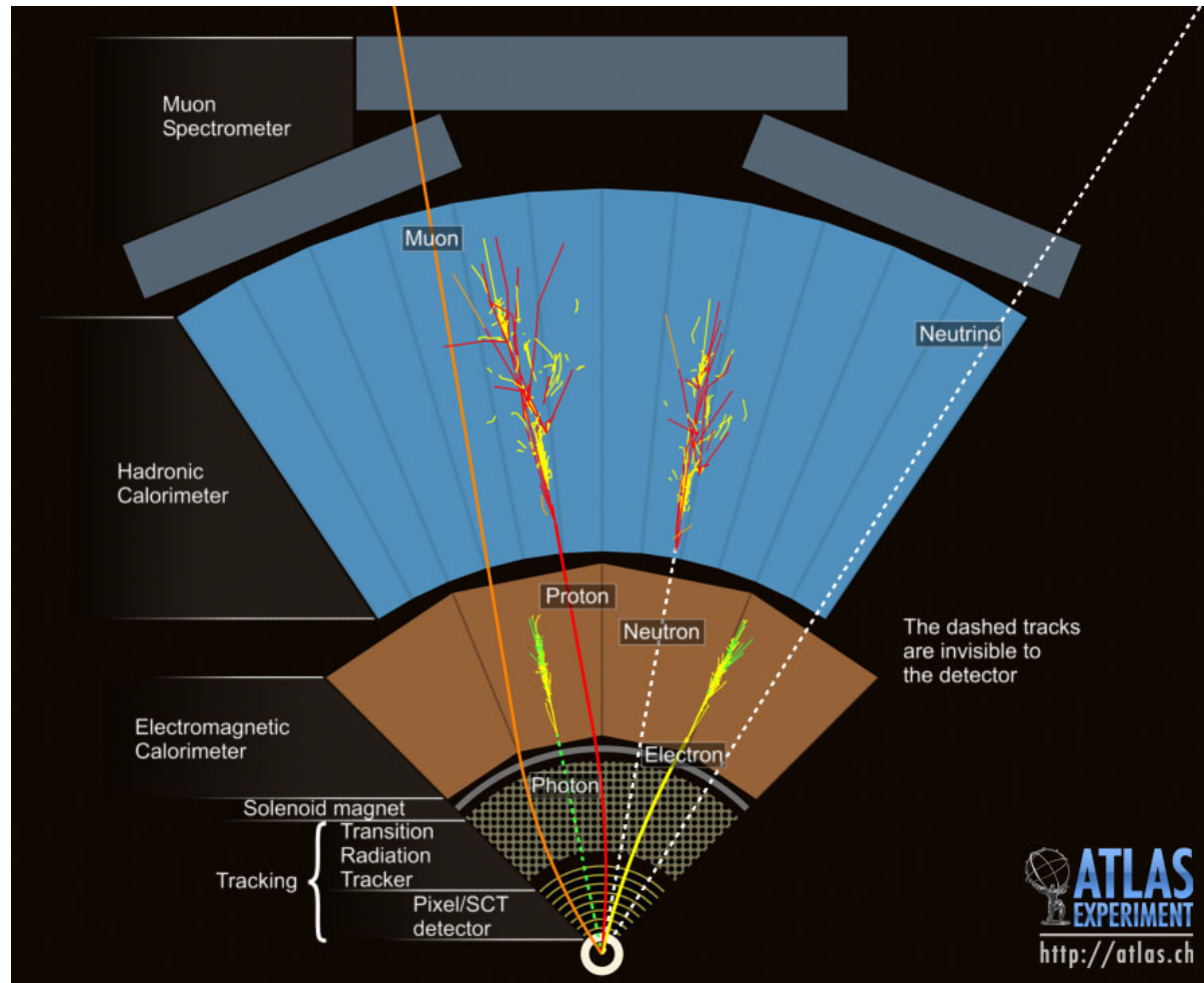
Mágnesek



Szolenoid, vagy szolenoid + toroid

ATLAS

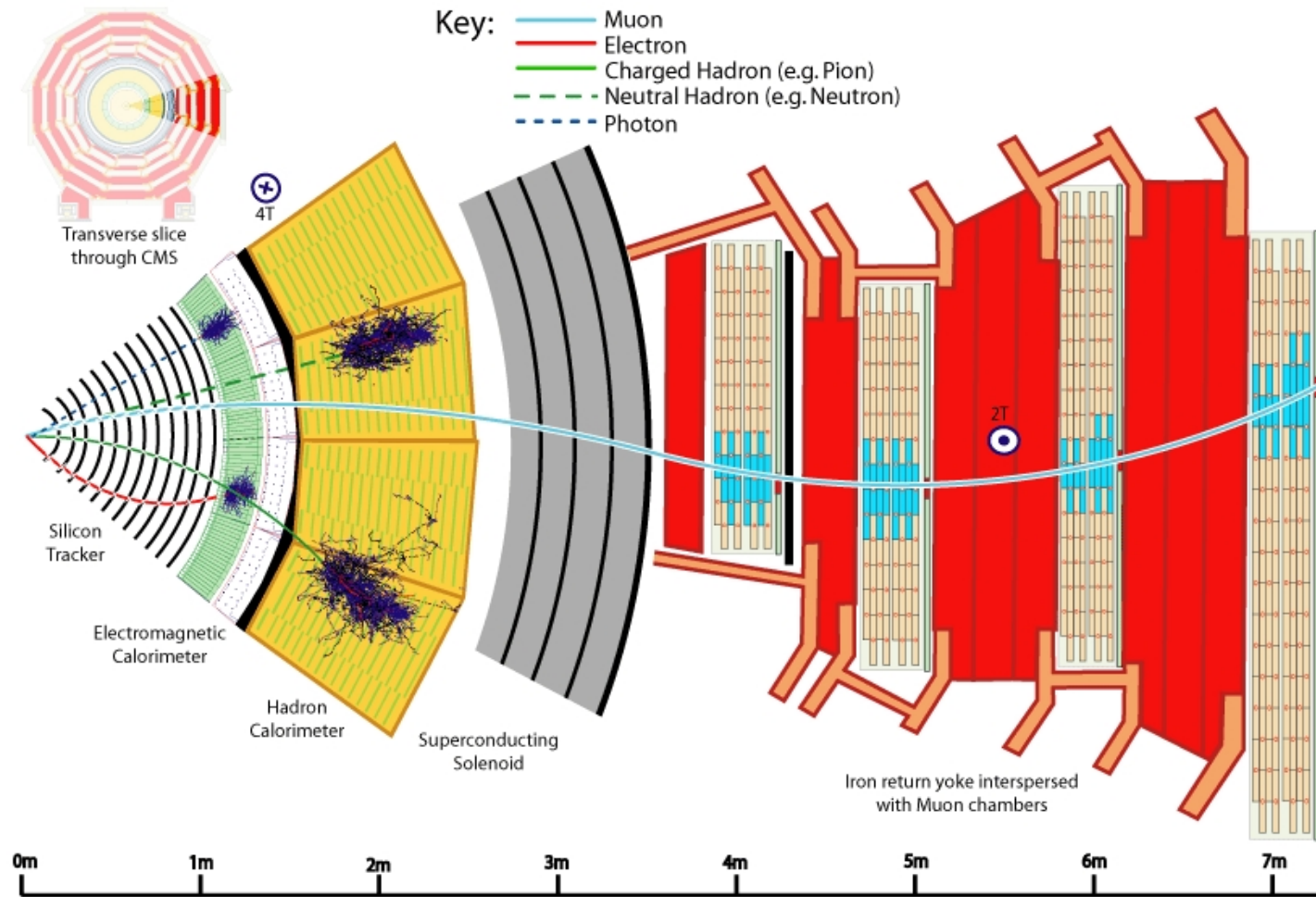
Keresztmetszet



ATLAS

Szilícium nyomkövető: pixelek és csíkok
Elektromágneses és hadronikus kaloriméterek, müon kamrák

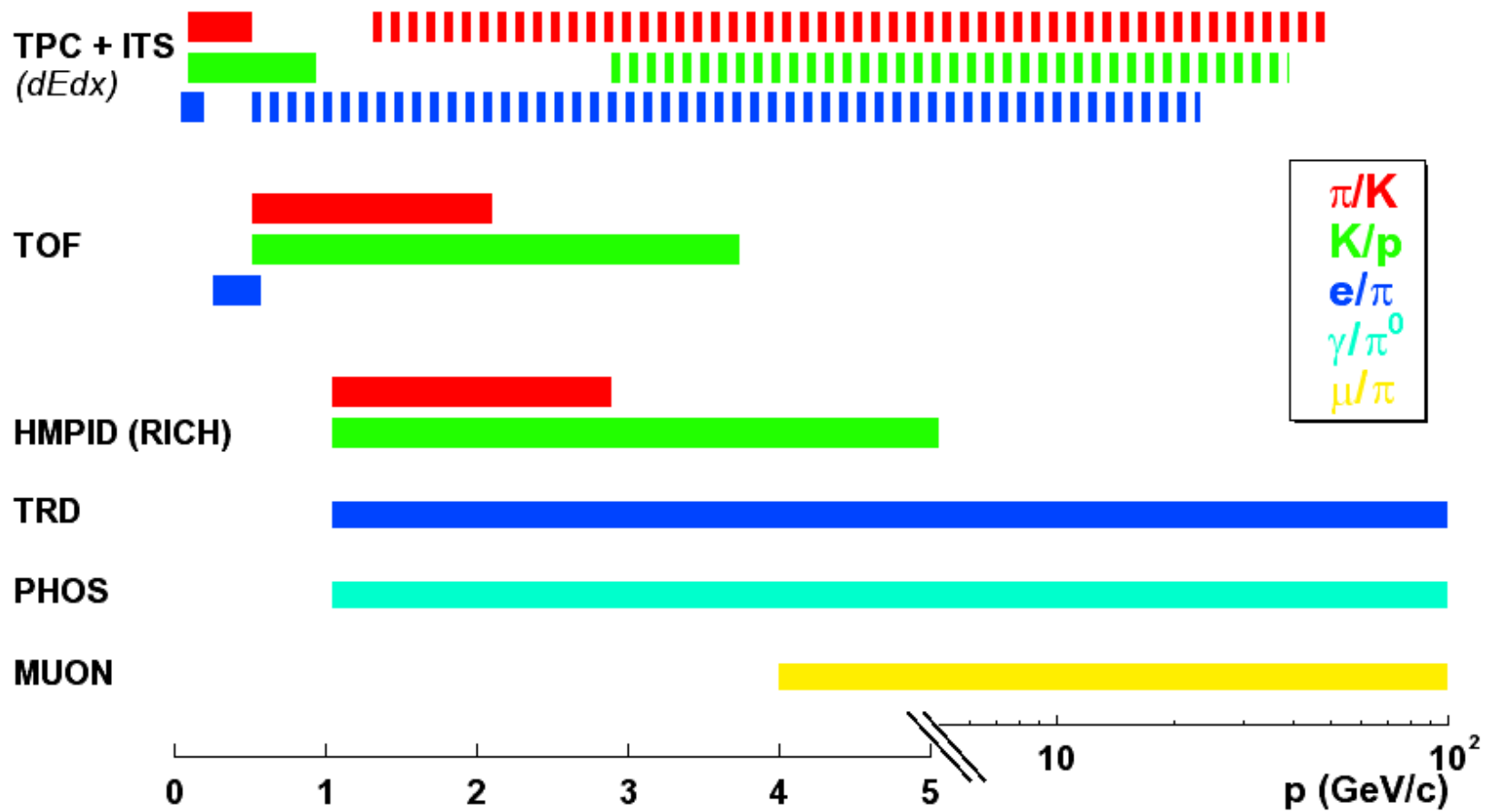
Keresztmetszet



CMS

Szilícium nyomkövető: pixelek és csíkok
Elektromágneses és hadronikus kaloriméterek, müon kamrák

Részecskeazonosítás



ALICE

Széles tartomány