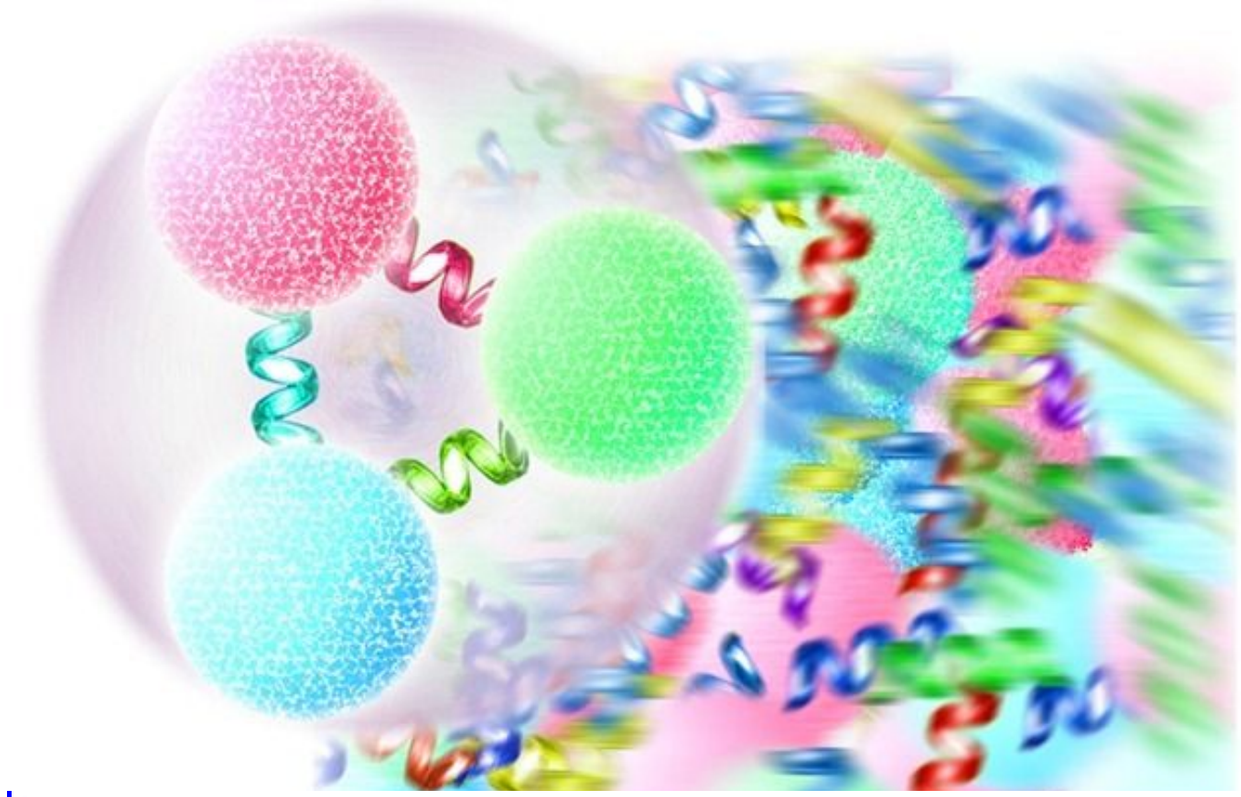
Az erős kölcsönhatás nyomában

Siklér Ferenc
MTA Wigner FK
sikler.ferenc@wigner.mta.hu

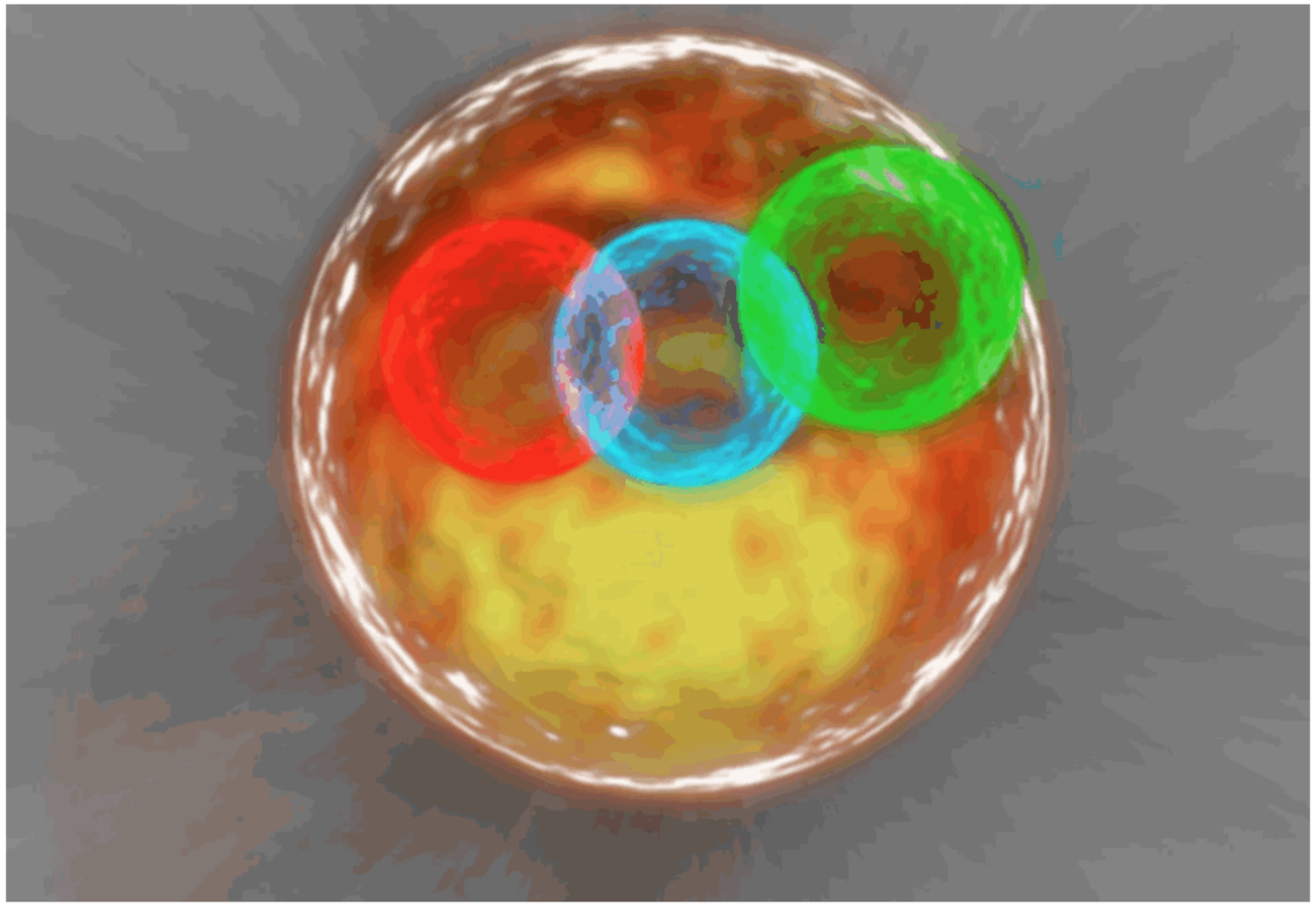
CERN25 – Magyarok a nagyenergiás fizika élvonalában
MTA, Budapest, 2018. november 14.

Erős kölcsönhatás



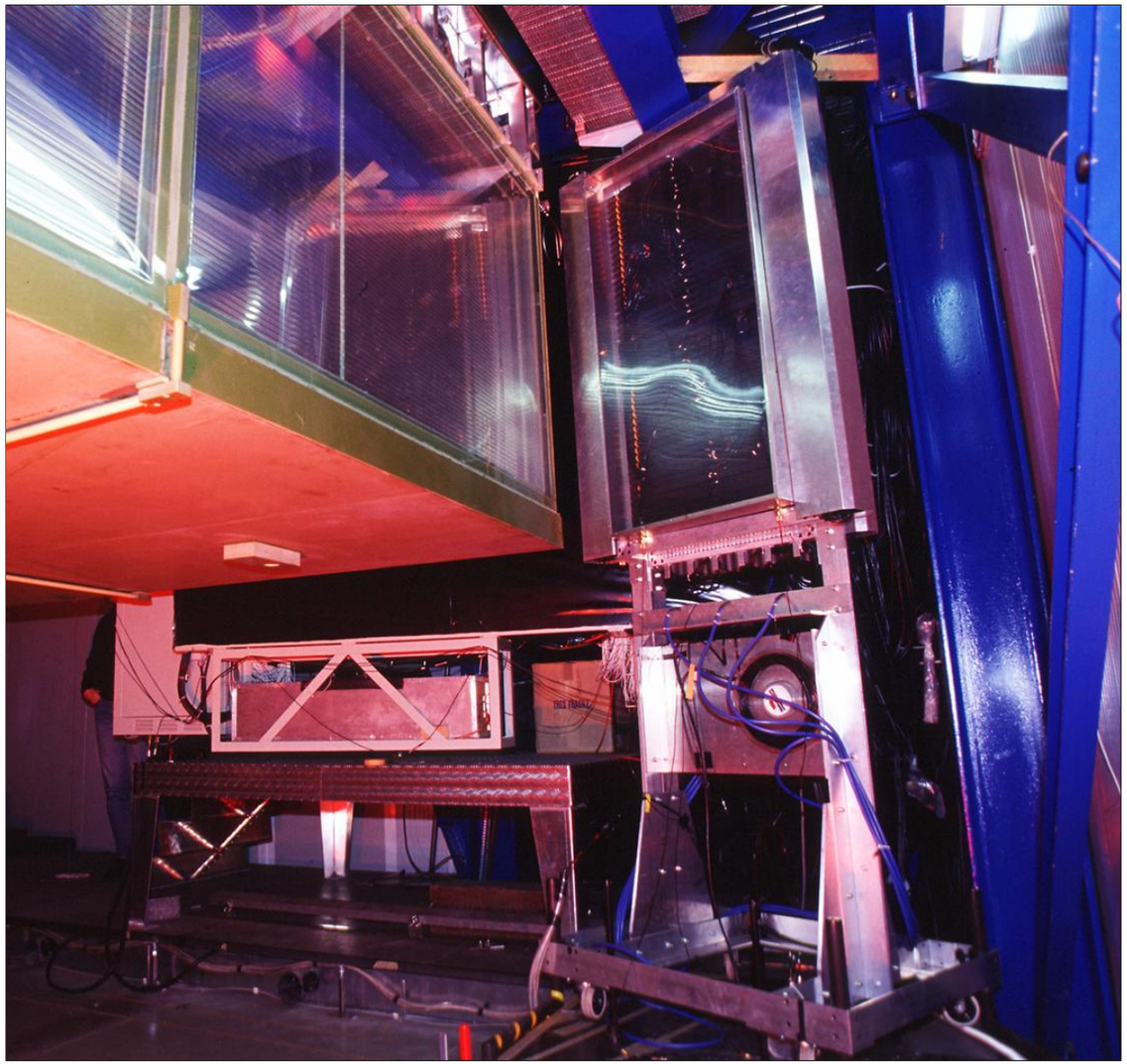
- Furcsa és bonyolult
  - a közvetítő részecske – a gluon –, maga is (szín)töltött
  - az erős kölcsönhatás a kvarkokat bezárja a hadronok belsejébe
  - nagyenergiás nehézion-ütközések, kvark-gluon plazma

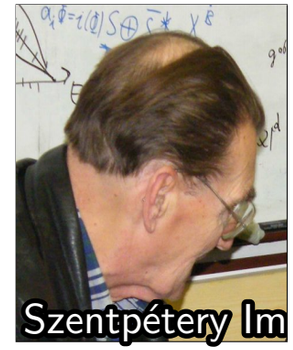
Proton

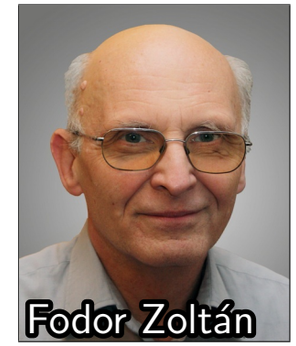


Összetett belső szerkezet – jól használható valami új felfedezésére

NA49 – Repülésiidő-spektrométer

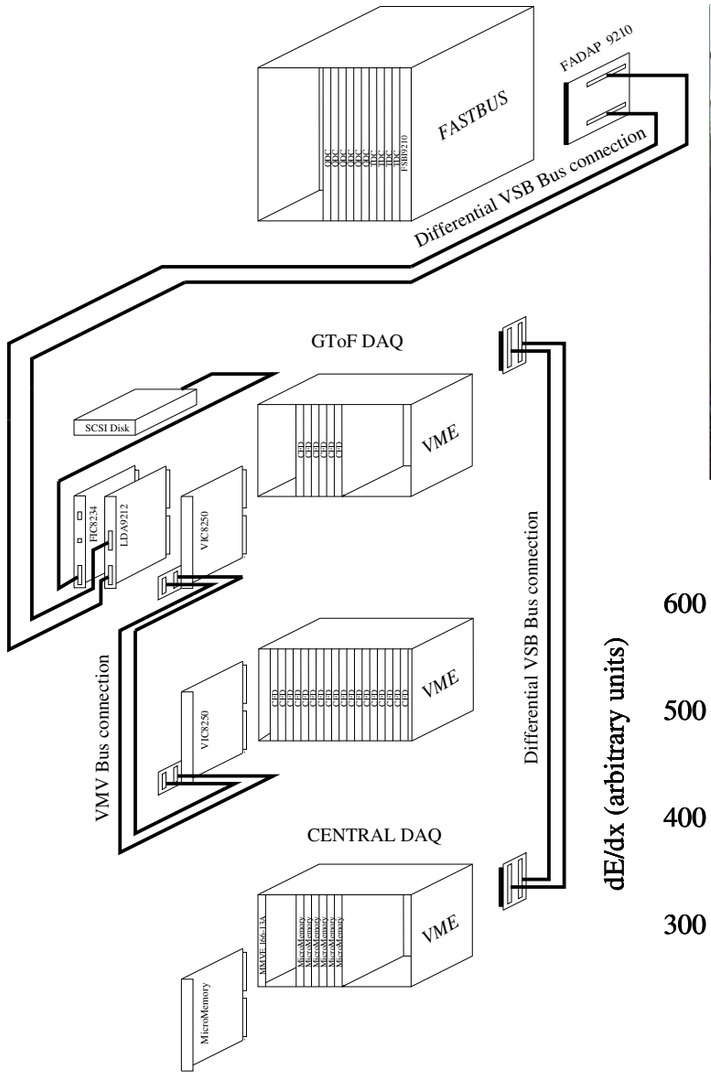


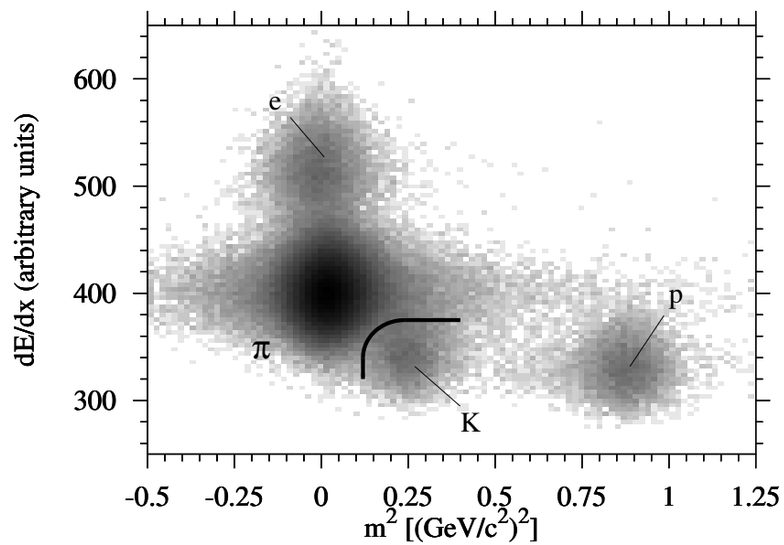




Két fal: plasztik szcintillátor rudak és fotoelektron-sokszorozók, két síkban; lézer

NA49 – Repülésiidő-spektrométer

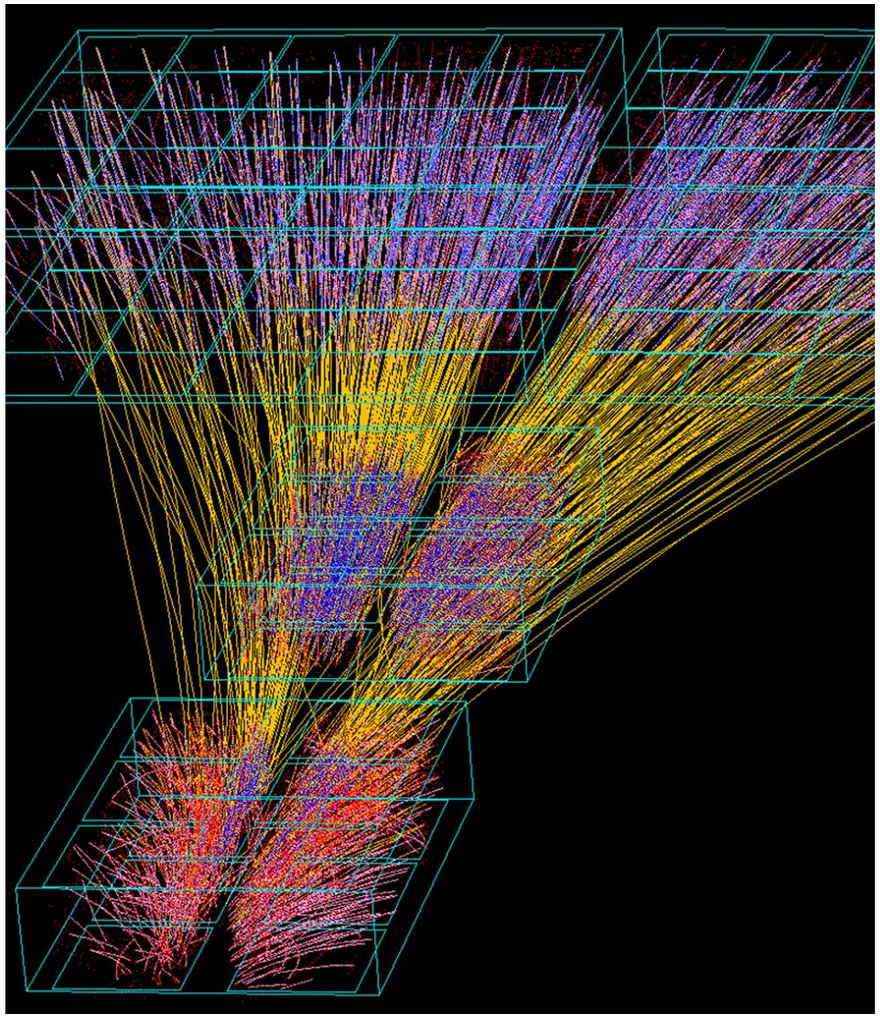


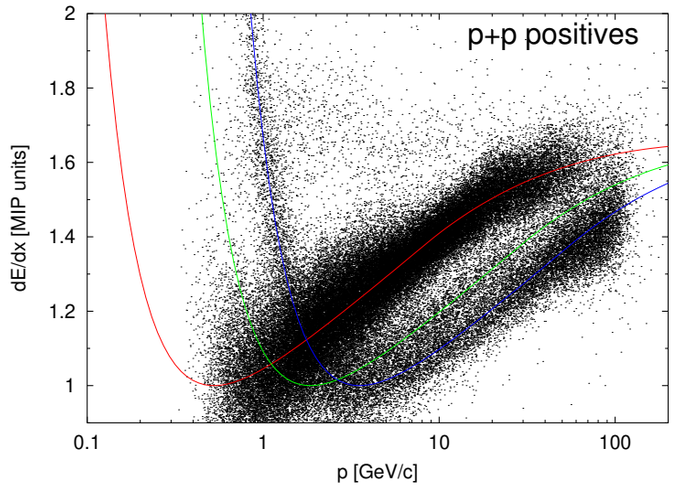


- trigger egység, időzítés
- a jelek diszkriminálása
- idő és amplitúdómérés
- kiolvasás, átlátható grafikus felület, felügyelet
- időfelbontás: 60 ps

G Pálla et al, Nucl Instrum Meth A **451** (2000) 406-413

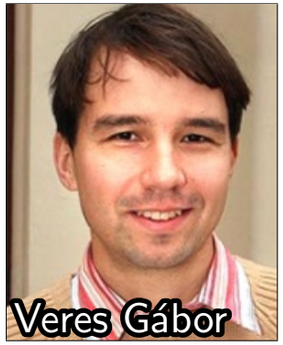
NA49 – Nyomkövetés és azonosítás





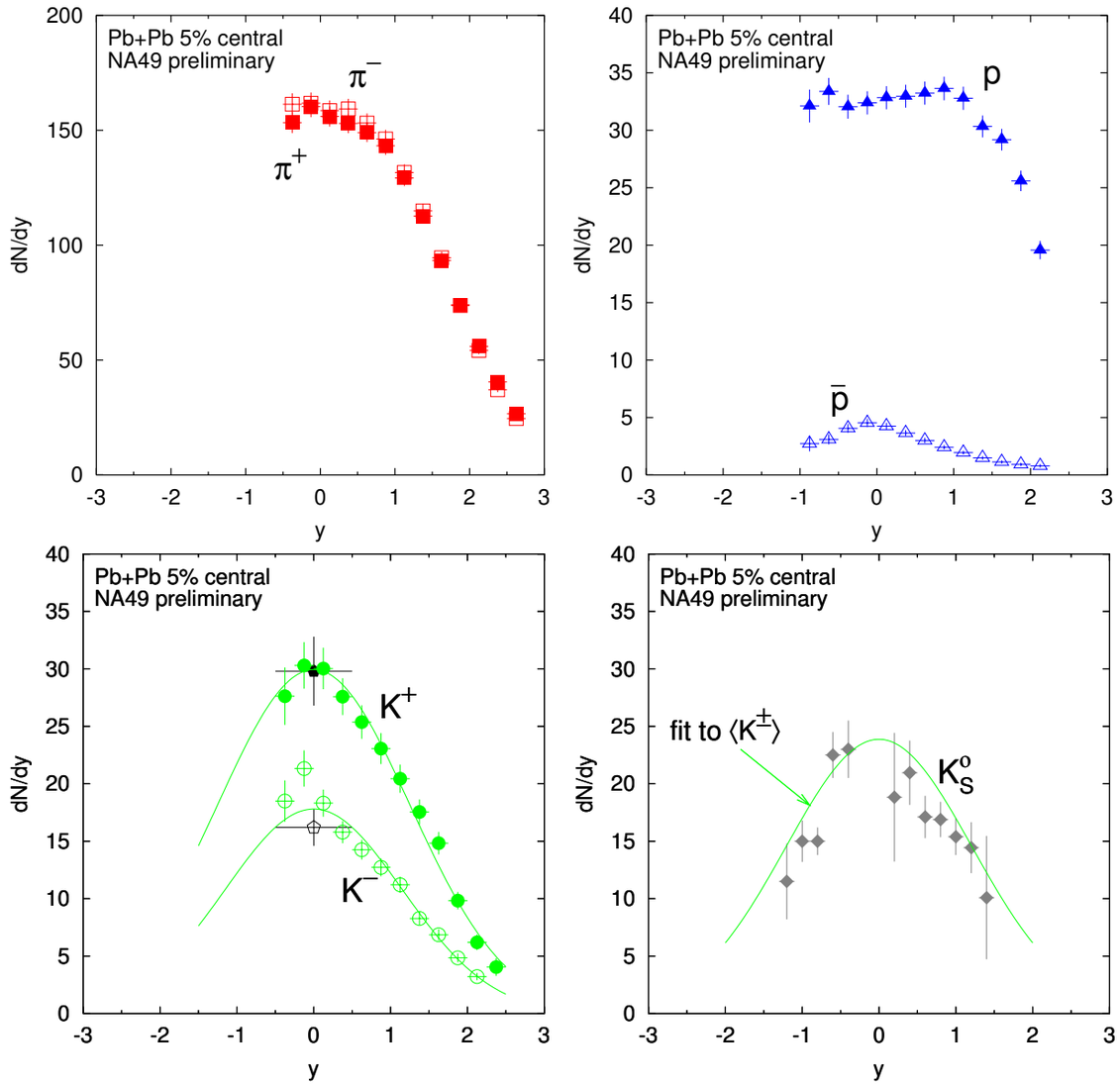
- Min dolgoztunk?
  - adatfelvétel
  - nyomkövetés javítása
  - energiaveszteség
  - részecskeazonosítás
  - bomló részecskék
  - előreszórt részecskék

  $\Rightarrow$ élvonalbeli fizika

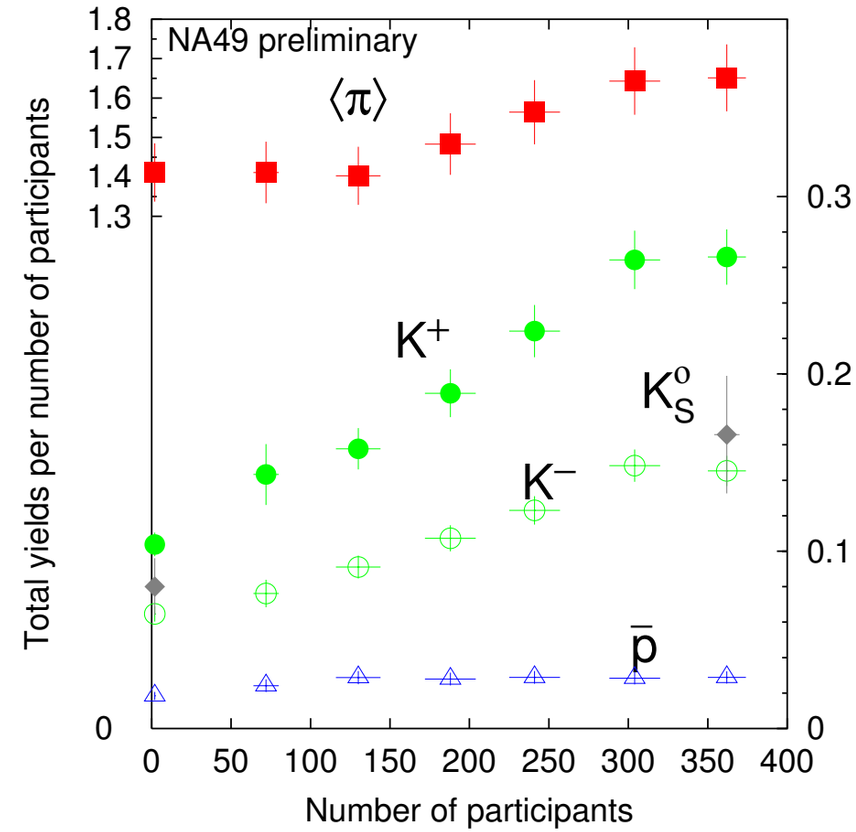


Fiatal magyar fizikusok „Kolumbusz hajóján”

NA49 – Azonosított hadronok



NA49 Coll, Nucl Phys A **661** (1999) 45-54



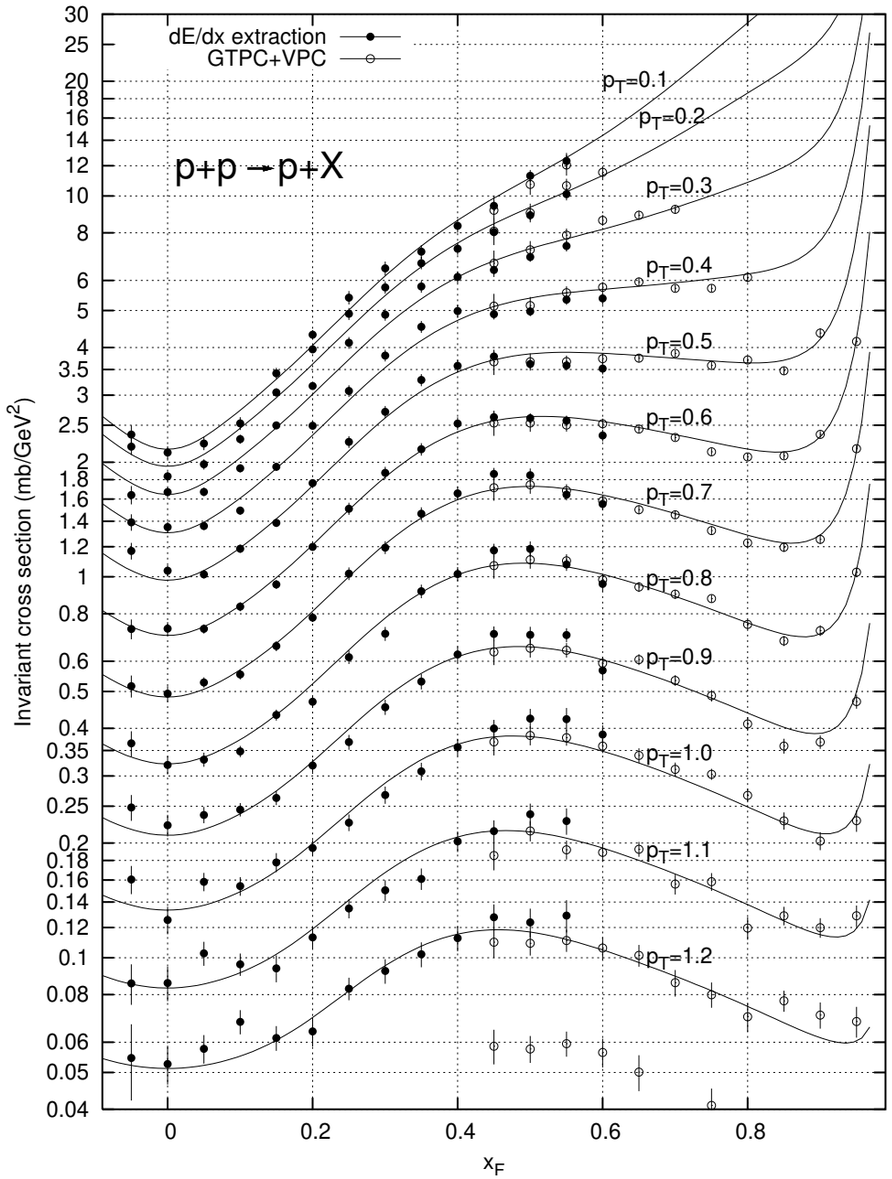
A ritka kvarkot tartalmazó hadronok részaránya megduplázódott

,,Evidence for a new state of matter", (Heinz & Jacob), CERN, 2000

NA49 – Quark Matter, 1999

Hans-Gerhard Fischer

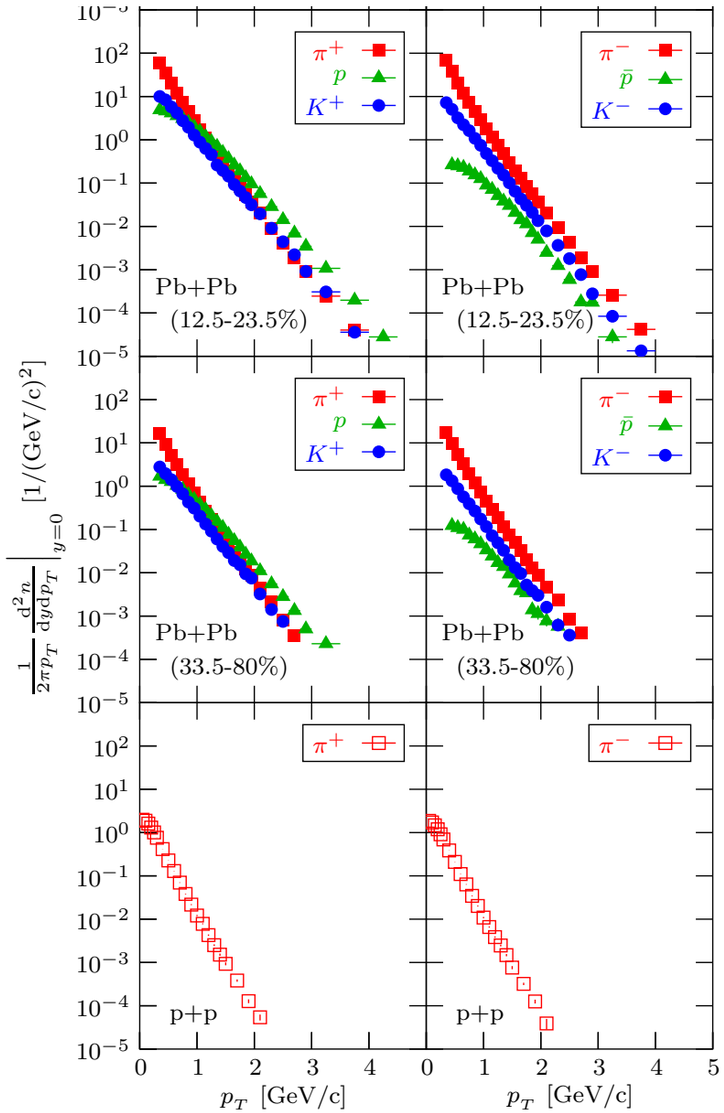
NA49 – Precíziós proton-proton fizika



- Korrelációk
  - a ritkaság keltése függ a bejövő proton lassulásától (Feyman-x)
  - belső korrelációk $\rightarrow$ a nehézion-ütközések méltányos referenciája
- Precíziós mérések
  - szisztematikus hibák korrekciója
  - nagy pontosságú dE/dx illesztések
  - p-p, p-C: pionok, protonok
  - előreszórt protonok (Gap-TPC, Veto-kamrák, Ring kaloriméter)

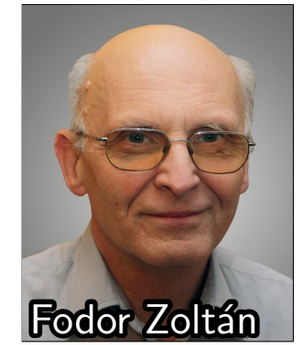
NA49 Coll, Eur Phys J C **45** (2006) 343-381
NA49 Coll, Eur Phys J C **49** (2007) 897-917

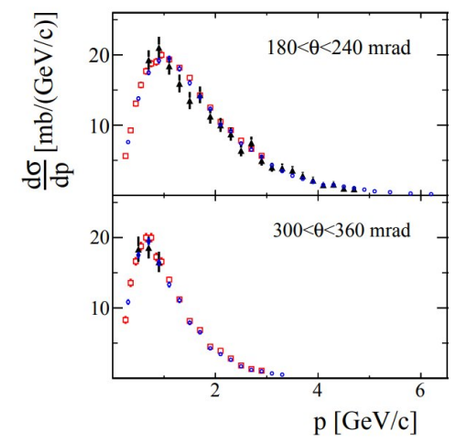
NA61/Shine



NA49 Coll, Phys Rev C **77** (2008) 034906

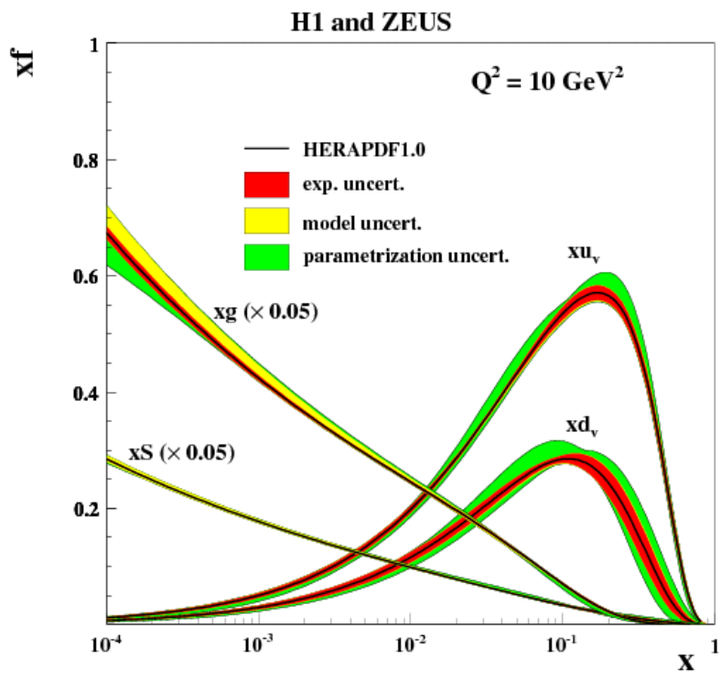
- Fizika
  - a hadronok elnyomása atommagok ütközésében
  - proton-proton és proton-mag ütközések, centralitás
  - kvantumos korrelációk vizsgálata
- Aktivitás
  - kiolvasórendszer, szoftverfejlesztés
  - detektorfejlesztés (gap- és tandem-kamrák)
  - p-C referenciamérések a neutrínóprogram számára (T2K)



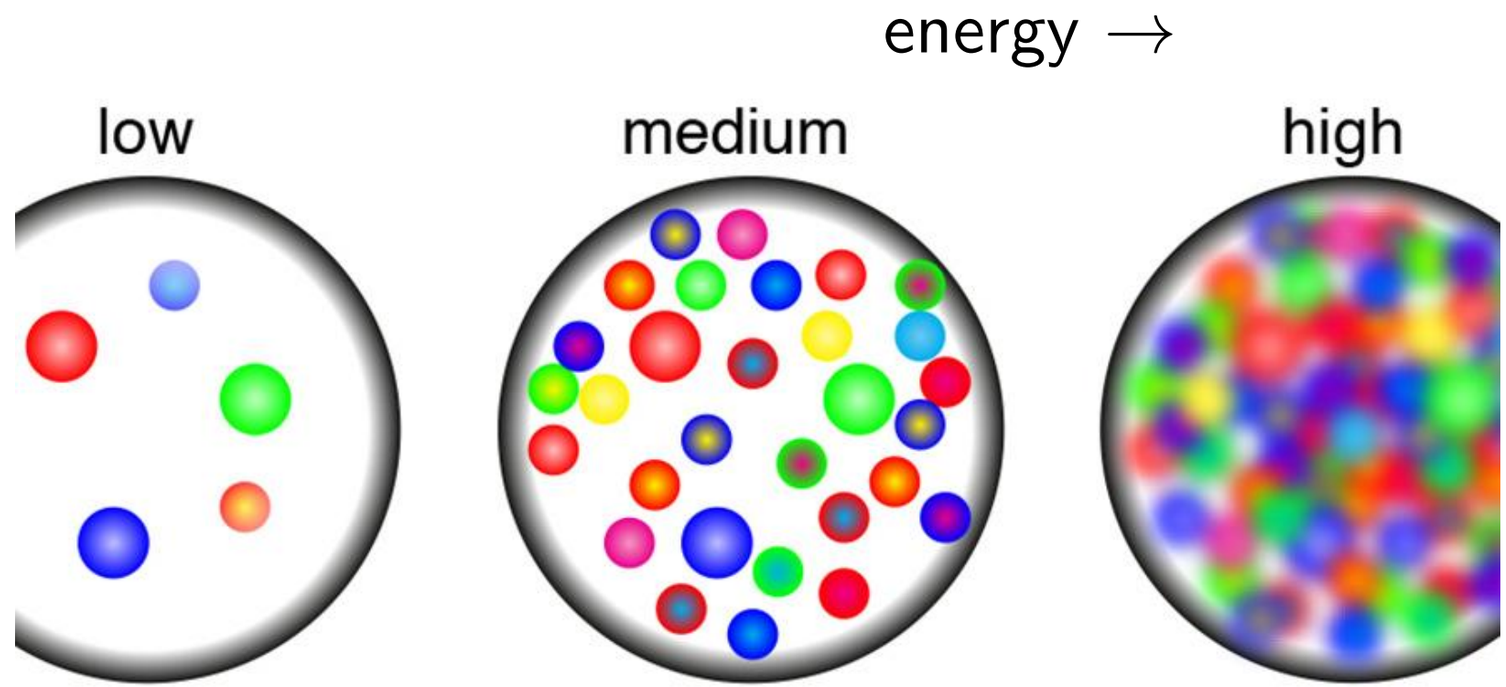


NA61 Coll, Phys Rev C **84** (2011) 034604

A proton szerkezete



H1 and Zeus Colls, J High Energy Phys **01** (2010) 109

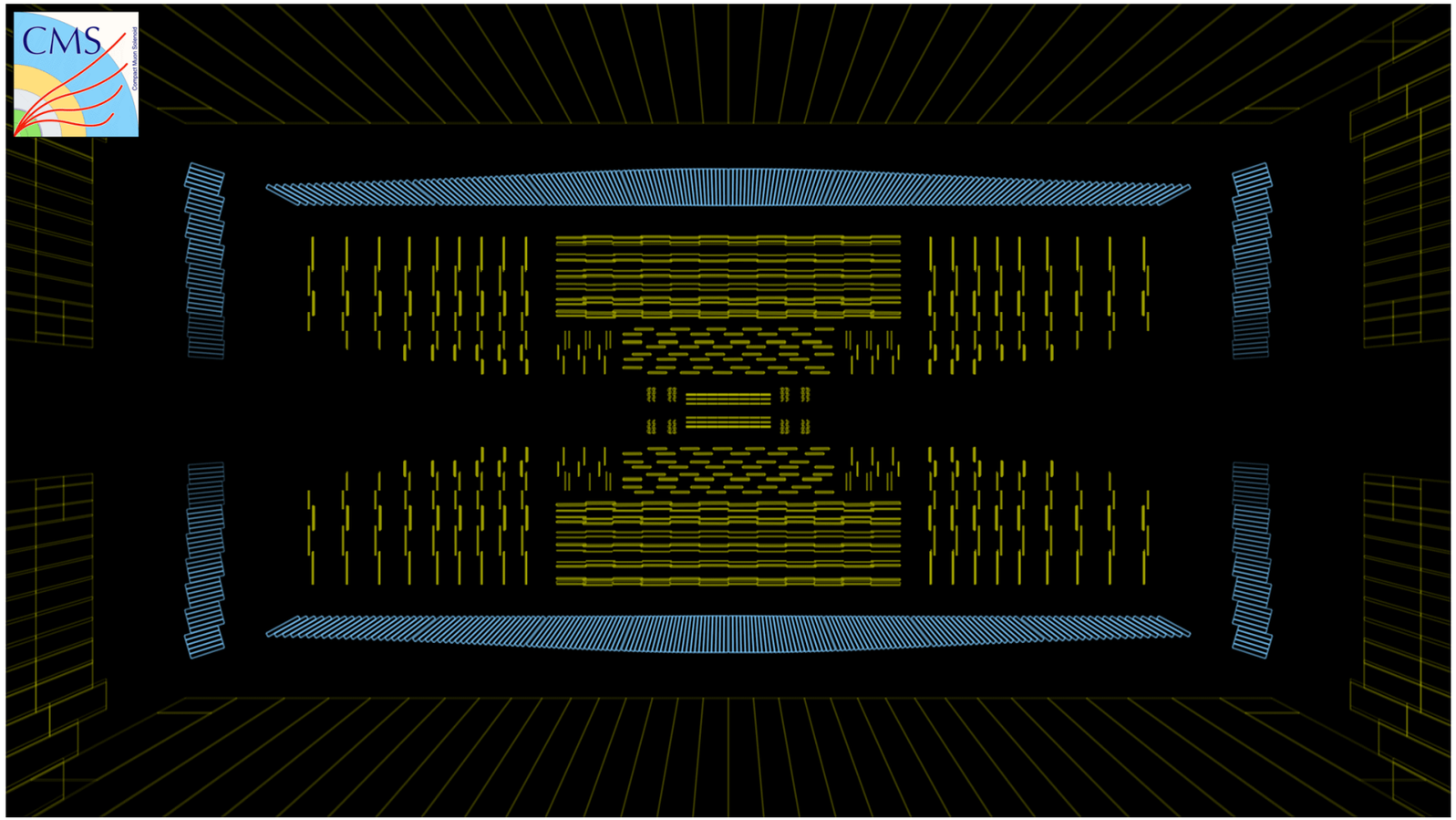


Nagyobb energia → egyre több kis impulzushányadú gluon

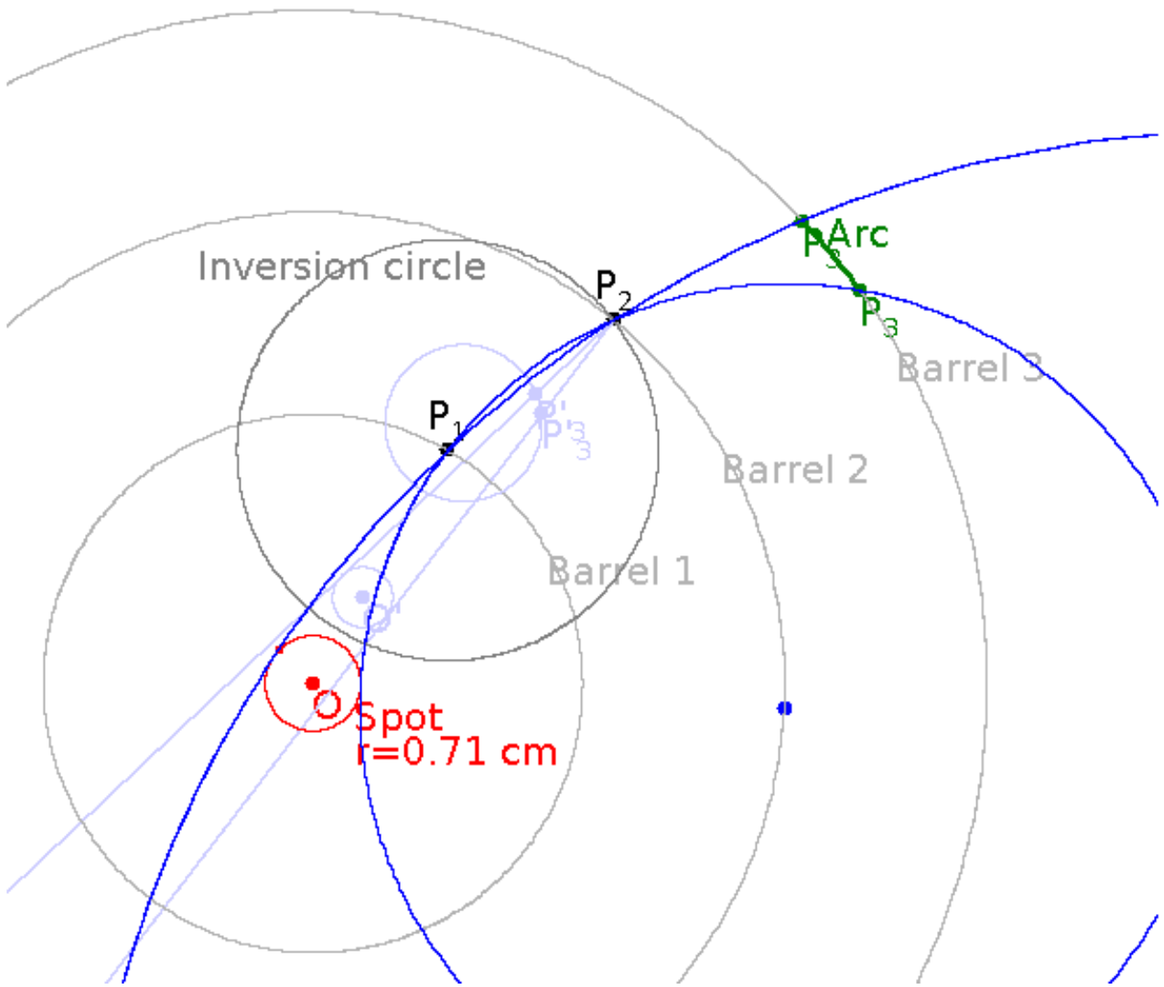
Meghatározó szerep az átlagos proton-proton ütközésekben?

Mi történik akkor, ha ,,betelik'', telítődik a proton?

CMS – Hadronfizika

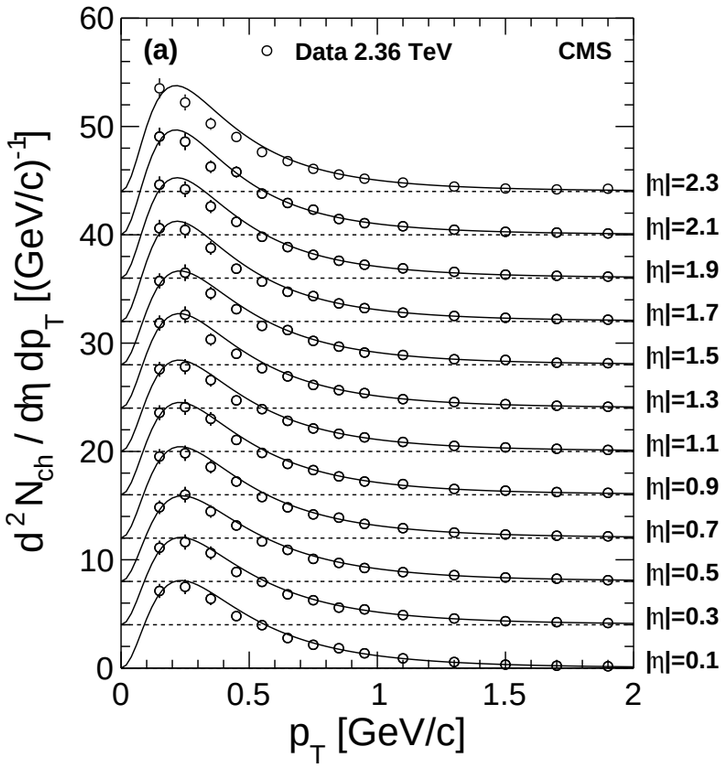


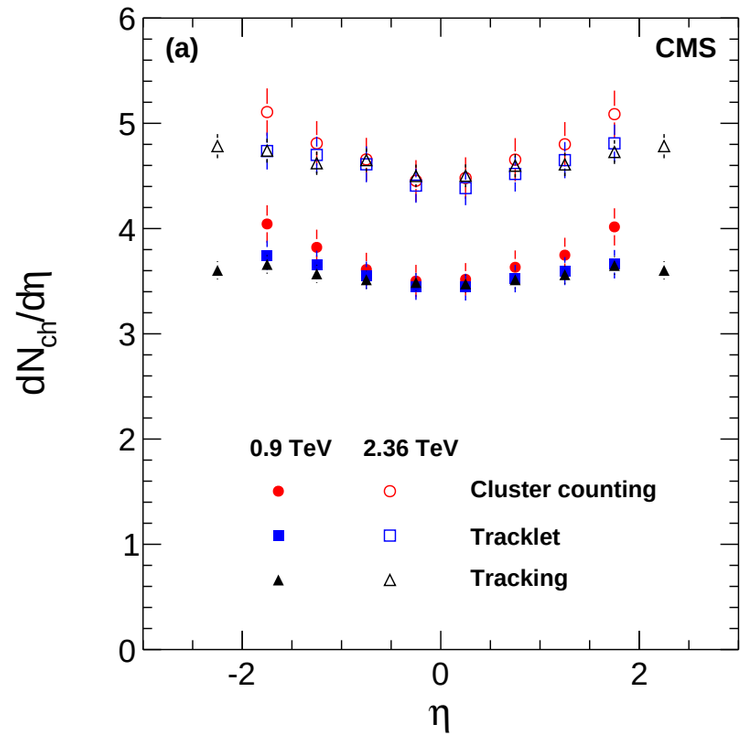
CMS – Új eszközök

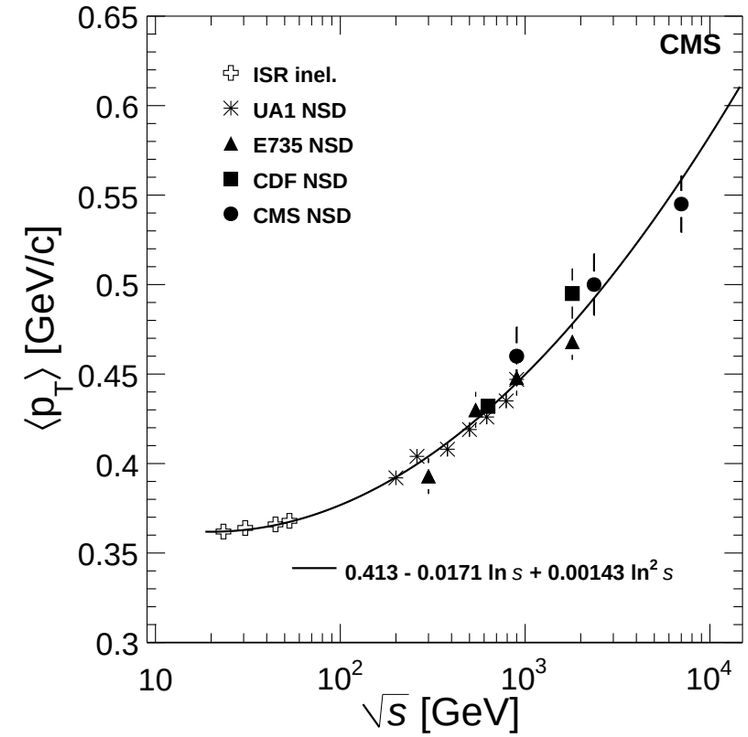


- Új eszközök
  - Megbízható trigger
  - Klaszterek megszámolása
  - Kis impulzusú nyomkövetés (0,9 GeV/c $\rightarrow$ 75 MeV/c)
  - Alacsony tévesztésű nyomkövetés (hibás pályák 1% alatt)
    CMS Coll, Int J Mod Phys E **16** (2007) 1819-1825
  - Újfajta kölcsönhatási pont keresés, átfedő ütközések esetén is
    F Siklér, Nucl Instrum Meth A **621** (2010) 526-533

CMS – Töltött hadronok eloszlásai







Szcintillátor trigger + gyors kiértékelés, differenciális spektrumok, 3 módszer

LHC: első impulzusmérés, első 2,36 TeV-es mérés

Tsallis-Pareto eloszlások, a vártnál meredekebb energiafüggés: $dN/d\eta$ és $\langle p_{\mathrm{T}} \rangle$

J High Energy Phys **02** (2010) 041 [CMS AN-2009/182]

Phys Rev Lett **105** (2010) 022002 [CMS AN-2010/069]

CMS – Első mérések – visszhang

index 2010. augusztus 30., hétfő - Rózsa.

Címlap | Belföld | Külföld | Bulvár | Gazdaság | Tech | Tudomá

Hírblog | Megyék harca | Brit tudósok | LHC

Tudomány

Magyarok publikálták először az LHC rekordját

Stöckert Gábor
2010. február 3., szerda 15:40

Az ELTE és a KFKI RMKI három kutatóját érte az a megtiszteltetés, hogy először publikálhattak 2,36 teraelektronvolton történt ütközéseket. A rekord energiaszintet a CERN gyorsítójában, az LHC-ben állították elő, ahol még magasabb energián fogják keresni a rejtélyes Higgs-bozont. A részecskevadászatban jól jönnek majd a magyarok mérései.

[origo] címlap | hírcentrum | komment.hu | [freemail] | videa | iWiW | keresés

[origo] tudomány

Világűr • Múlt-kor • terhesség • NASA • népszerű tudomány • magyar kutatók • evolúció • ősszejtek 365 zöld

Világelső magyar eredmény a CERN-ből

Simon Tamás | 2010. 02. 03., 17:35 | Utolsó módosítás: 2010. 02. 05., 8:43 |
CÍMKÉK: CMS, LHC, CERN, részecskefizika, magyar kutatók

Ez a cikk 206 napja frissült utoljára. A benne szereplő információk a megjelenés idején pontosak voltak, de mára elavultak lehetnek.

Megosztás:

A tavaly látványos sikerrel újraindított nagy hadronütköztető a világ legnagyobb részecskegyorsítója. Ennek működésére épül a világ egyik legnagyobb tudományos együttműködése, a CMS-kísérlet. Már csak ezért is büszkék lehetünk arra, hogy az első, a CMS-hez és a "világrekord energiához" kapcsolódó tudományos cikk döntően magyar kutatók eredményei alapján jelenik meg a szaksajtóban.

A mérést három független módon végezték, ezek közül kettőt magyarok javasoltak és dolgoztak ki. Az egymást megerősítő adatok meglepték a szakembereket. "A két energiaszint között 28%-kal több részecske keletkezett, ehhez képest az elméleti modellek 18-, illetve 15%-ot jósoltak. Vagyis a keltett részecskék száma az energia függvényében meredekebb, mint azt eddig gondoltuk. Ez egy nagyon fontos, alapvető mérés, amely megalapozza a későbbi méréseket is. Valószínű, hogy nagyobb energiákon is több részecske fog keletkezni, mint ahogy a modellek alapján várjuk" - mondja Siklér Ferenc, az egyik mérési módszer kidolgozója.

PRL 105, 022002 (2010) PHYSICAL REVIEW LETTERS week ending 9 JULY 2010

Transverse-Momentum and Pseudorapidity Distributions of Charged Hadrons in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV

V. Khachatryan *et al.*[*]
(CMS Collaboration)
(Received 18 May 2010; published 6 July 2010)

Charged-hadron transverse-momentum and pseudorapidity distributions in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV are measured with the inner tracking system of the CMS detector at the LHC. The charged-

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

HÍREK | TUDOMÁNYOS OSZTÁLYOK | AZ MTA KUTATÓHÁLÓZATA | A TUDOMÁNY VILÁGÁBÓL | KAPCSOLAT

MTA - Magyar Tudományos Akadémia ▸ Hírek

MENÜ

A Magyar Tudományos Akadémiáról

▸ HÍREK

VISSZA 2010.02.18.

Rekord energiájú ütközések a LHC-ben

A tanulmányban részletezett eredmények a részecskék eddigi legnagyobb, 7 teraelektronvolt energiájú ütközései alapján születtek. - Az LHC most egy ideig nem fogja túllépni ezt az energiaszintet, vagyis legalább egy évig stabilan 7 TeV-en működik majd a gyorsító – mondta Veres Gábor, hozzátéve: annak ellenére, hogy az LHC biztonsága sokat javult, és a mérnökök is nagyon elővigyázatosak a 2008-ban bekövetkezett sérülés óta, a gyorsító egyelőre nem lenne biztonságos a névleges energián, vagyis 14 TeV-en működtetve. A maximális energiára történő kapcsolást megelőzően az LHC valószínűleg egy évre teljesen leáll. Ebben az időszakban a technikai szakemberek

Az LHC CMS detektora

Tudomány

Magyarok vezetésével publikálták az LHC új rekordját

Stöckert Gábor
2010. július 8., csütörtök 14:32

Év elején magyar fizikusok közreműködésével készült el egy tanulmány, ami a világ legnagyobb részecskegyorsítójában, az LHC-ben rekord energiaszintű, 2,36 teraelektronvoltos ütközéseket írta le. Most az újabb, 7 teraelektronvoltos rekord ütközéseiről jelent meg egy tanulmány, amelynek a magyarok szintén szerzői.

MITnews

engineering | science | management | architecture and planning | humanities, arts, and social sciences | camp

Record-breaking collisions

Initial results from high-energy proton collisions at the Large Hadron Collider offer first glimpse of physics at new energy frontier.

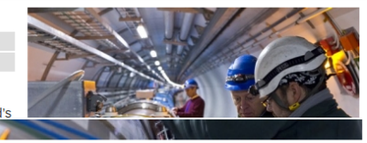
Anne Trafton, MIT News Office

today's news

From sponges, a potential cancer drug

February 5, 2010

email | comment | print | share



Workers examine a new Quench Protection System at CERN in January.
Image courtesy of CERN

In December, the Large Hadron Collider, the world's

This week, team led by researchers from MIT, CERN and the KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics in Budapest, Hungary, completed work on the first scientific paper analyzing the results of those collisions. Its findings show that the collisions produced an unexpectedly high number of particles called mesons — a factor that will have to be taken into account when physicists start looking for more rarer particles and for the theorized Higgs boson.

CERN COURIER

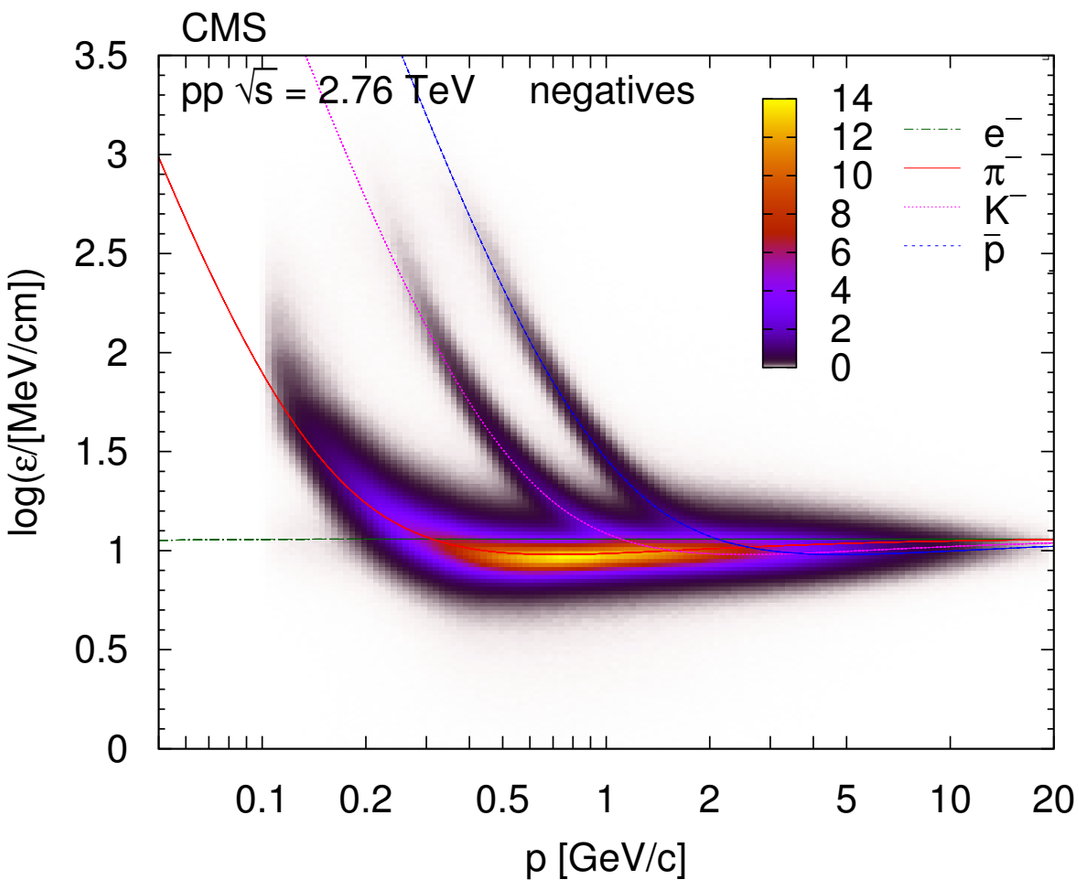
Jul 20, 2010

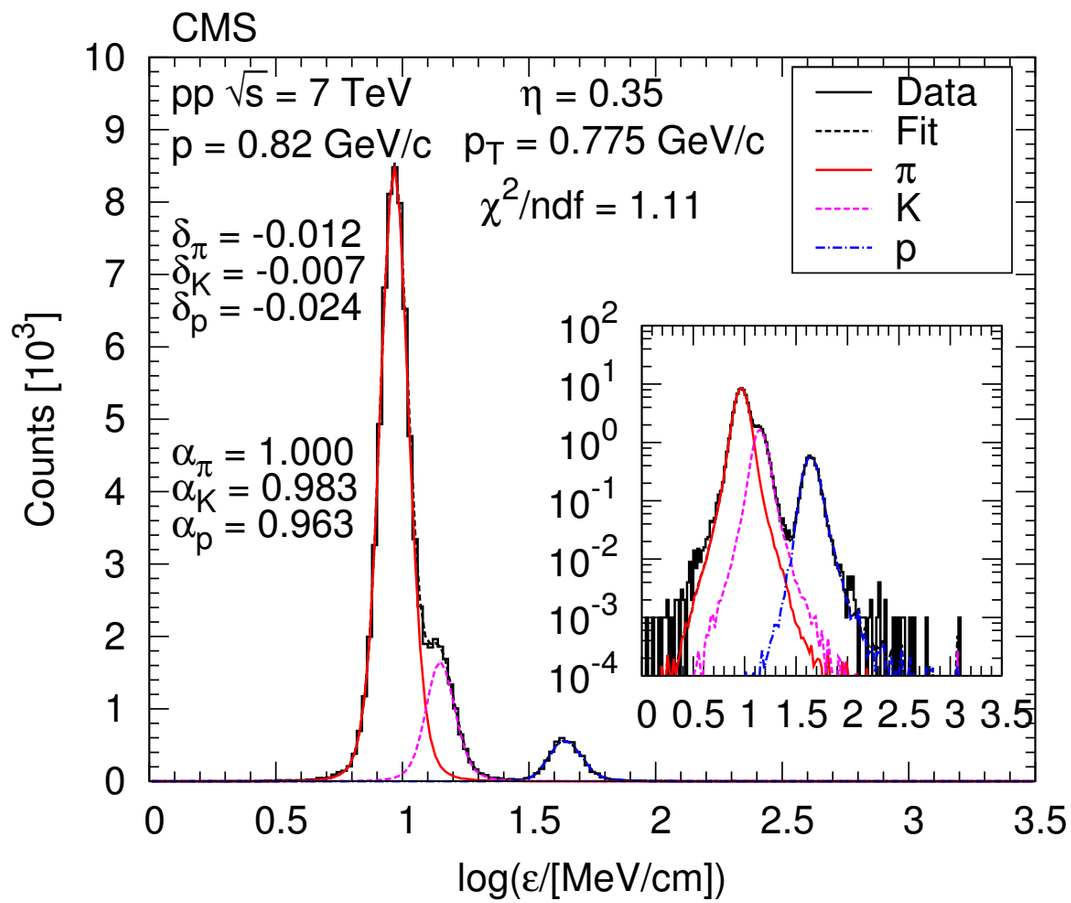
The DIS 2010 meeting in Florence covered a variety of collider results.

The DIS 2010 meeting in Florence covered a variety of collider results, despite the travel disruptions caused by ash from the Icelandic volcano. First measurements from the LHC at 7 TeV were one of the highlights.

progress in perturbative QCD. The session ended with the highlights from the ATLAS and CMS experiments at the LHC, with Thorsten Wengler of Manchester University and Ferenc Sikler of KFKI RMKI, Budapest, having the honour of showing the first published results on charged-particle spectra at 900 GeV and 2.36 TeV, as well as the first preliminary distributions at 7 TeV.

CMS – Az energiaveszteség-ráta kiszámítása





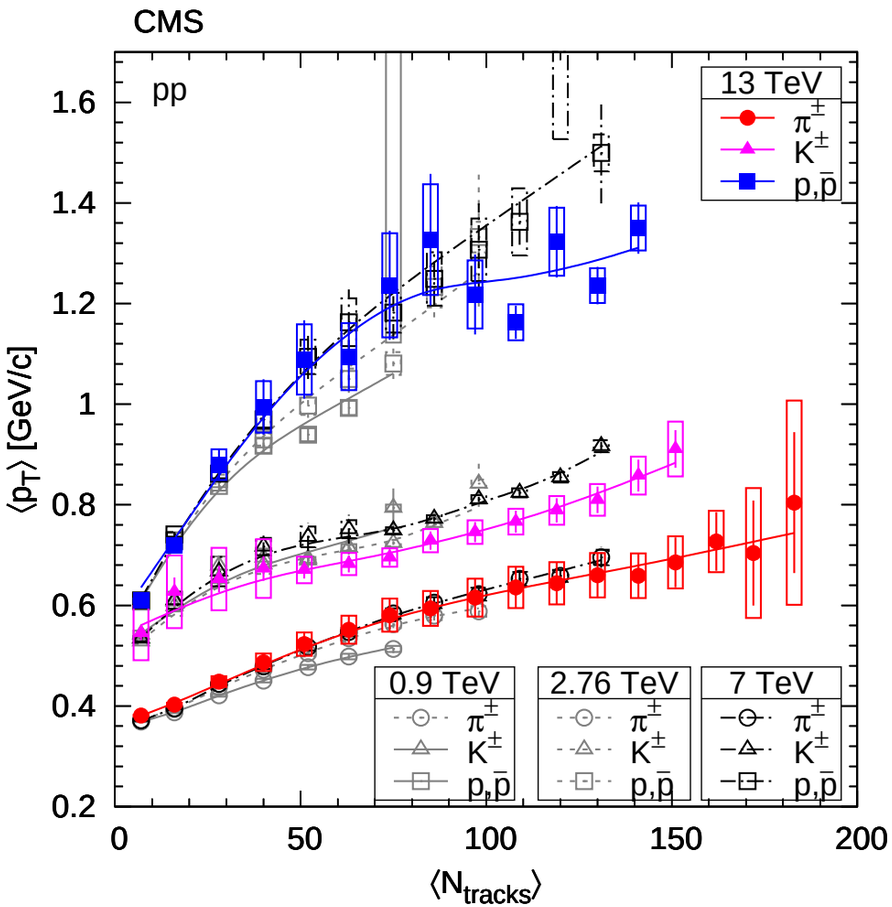
ε becslése mindegy egyes részecskepályára, téves beütések eltávolítása

A hozamok meghatározása illesztésekből, sablonokkal, szeletekben

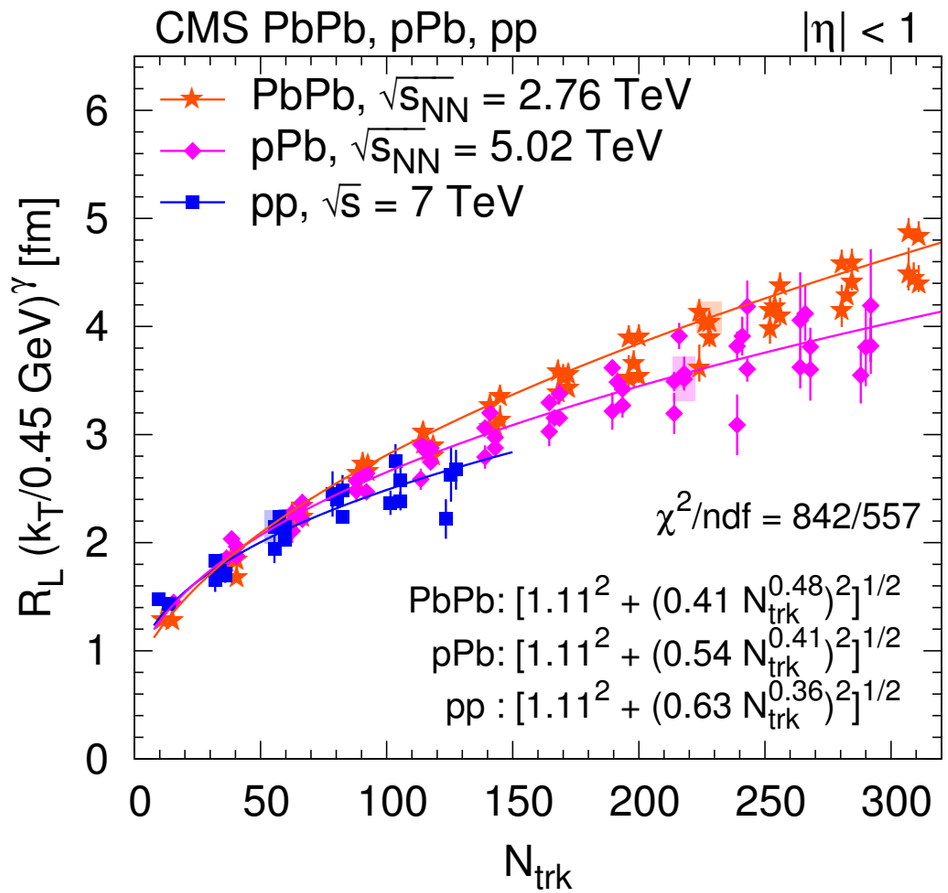
F Siklér, Nucl Instrum Meth A **691** (2012) 16-29

CMS Coll, Eur Phys J C **72** (2012) 2164 [CMS AN-2010/143]

CMS – Azonosított hadronok eloszlásai és korrelációi



CMS Coll, Phys Rev D **96** (2017) 112003 [CMS AN-2015/221]



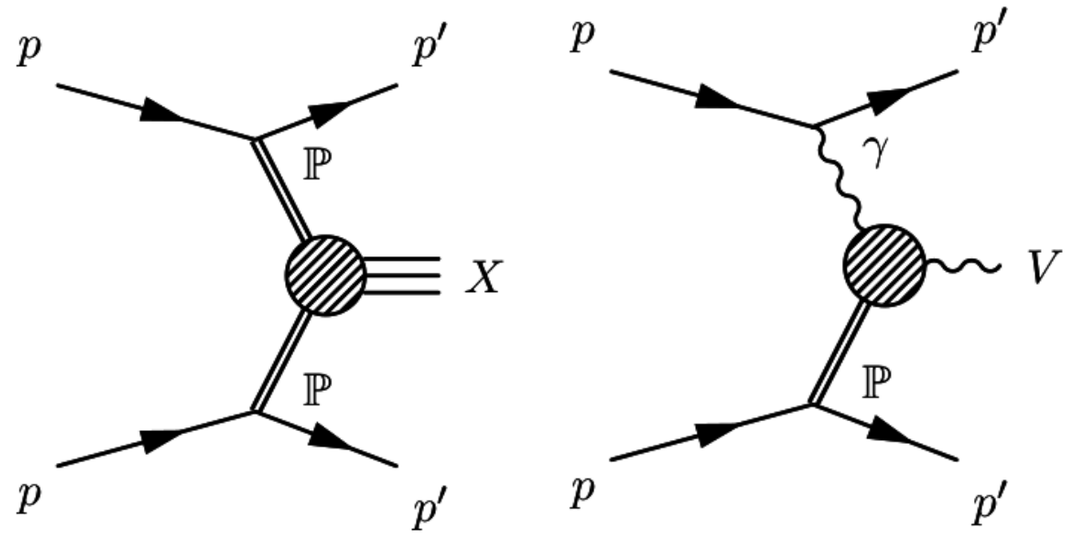
CMS Coll, Phys Rev C **97** (2018) 064912 [CMS AN-2014/042]

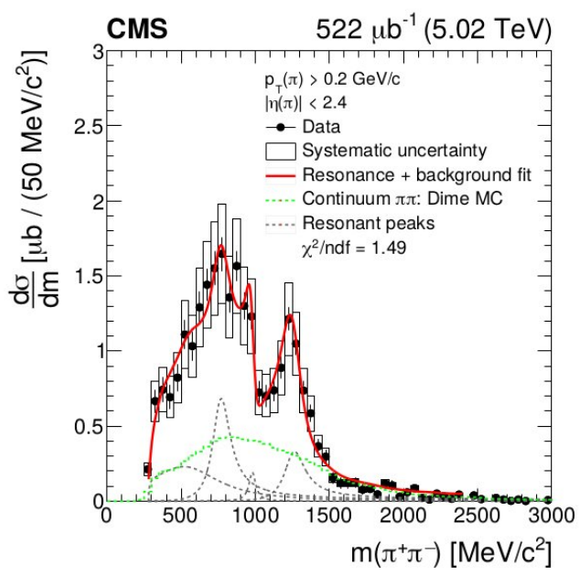
A mért jellemzők csak a részecskeszámtól függnek

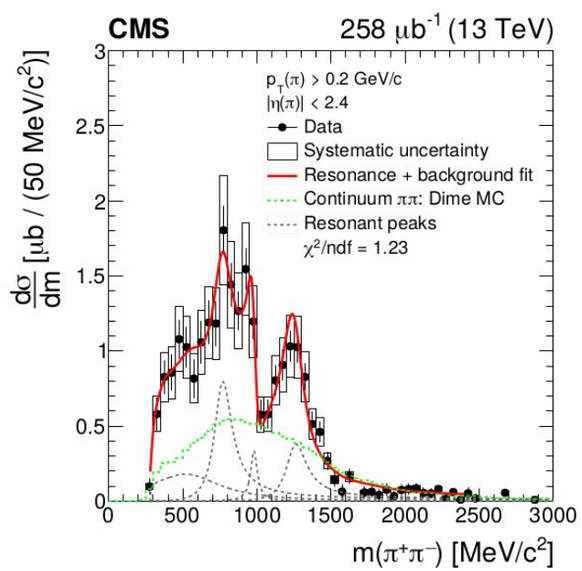
A részecskekeltés tulajdonságait a partonok kezdeti energiája határozza meg

Gluon telítés – klasszikus, erős térként viselkedik; skálázás

CMS – Nagyon kis részecskeszámú ütközések





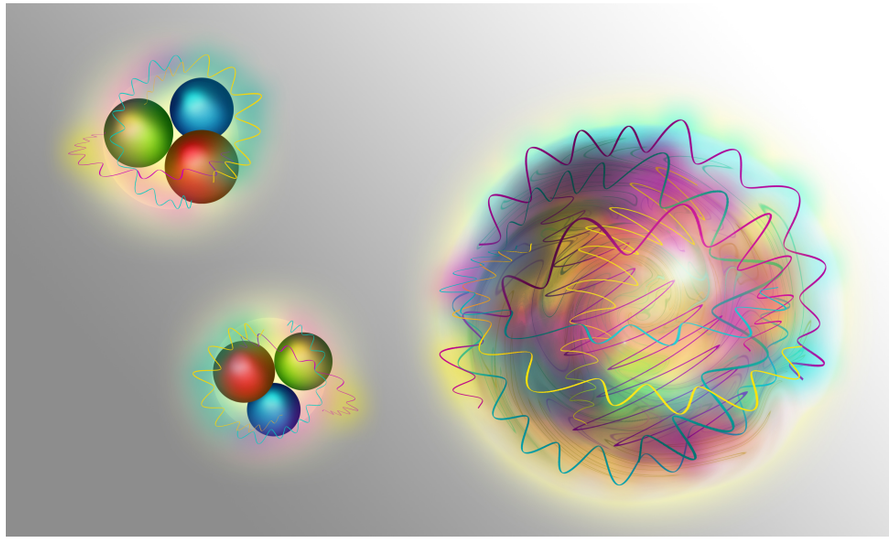


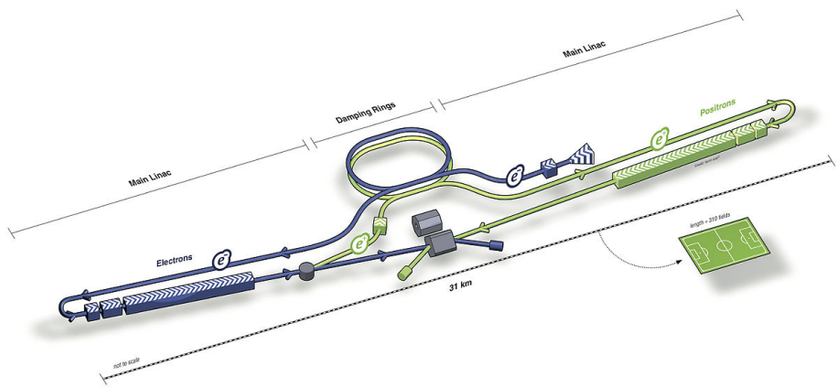
- Miért érdekes, mit tudunk?
  - az ütköző protonok csak eltérülnek, Pomeronok kölcsönhatásai
  - a központban keltett rendszert (X vagy V) szeretnénk megismerni
- Hogyan?
  - részecskepárok és -négyesek invariáns-tömeg eloszlásai
  - érdekesség: látunk-e új, eddig nem ismert folyamatokat?
  - $f_0(500)?, \rho(770), f_0(980), f_2(1270)$

Centrális exkluzív keltés

CMS FSQ-16-006, to be submitted to Eur Phys J C

Kitekintés





- Új kiértékelési módszerek
  - gépi tanulás? valami egészen más?
  - $\Rightarrow$ gluonlabdák? monopólus?
- Elektron-ion ütközések?
  - a partonok eloszlása kis impulzushányadnál
  - már az LHC-n (Pb atomokkal)?
  - egy új gyorsítón?
- Higgs-gyárak?
  - csatolások és ami mögöttük van
  - irány a Linear Collider?