

Az elemi részecskék titkainak nyomában az LHC CMS kísérletével

Pásztor Gabriella

**MTA – ELTE Lendület CMS
Részecske- és Magfizikai Kutatócsoport**

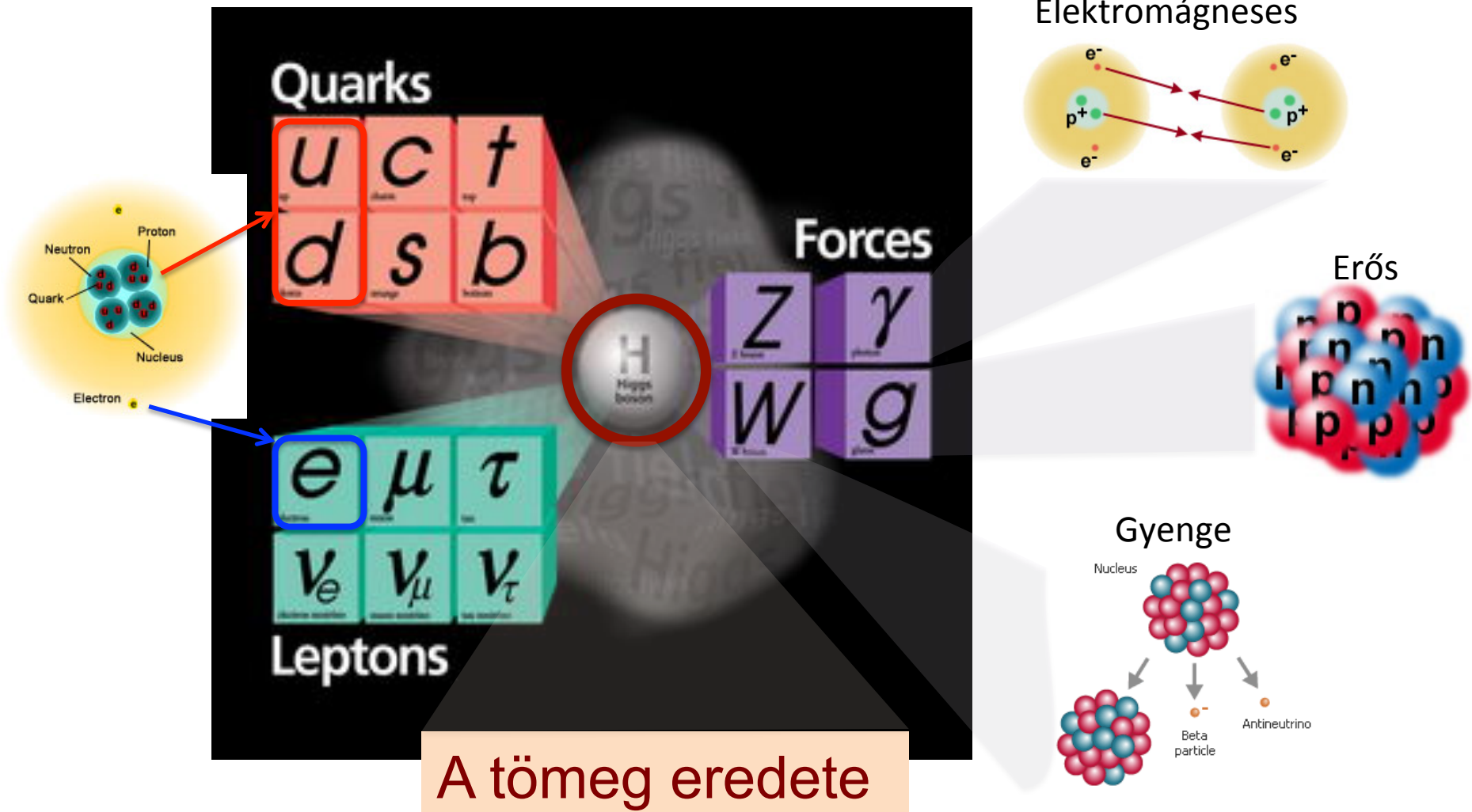
ELTE TTK Atomfizikai Tanszék

<http://gpasztor.web.cern.ch/gpasztor/>
E-mail: gpasztor@caesar.elte.hu

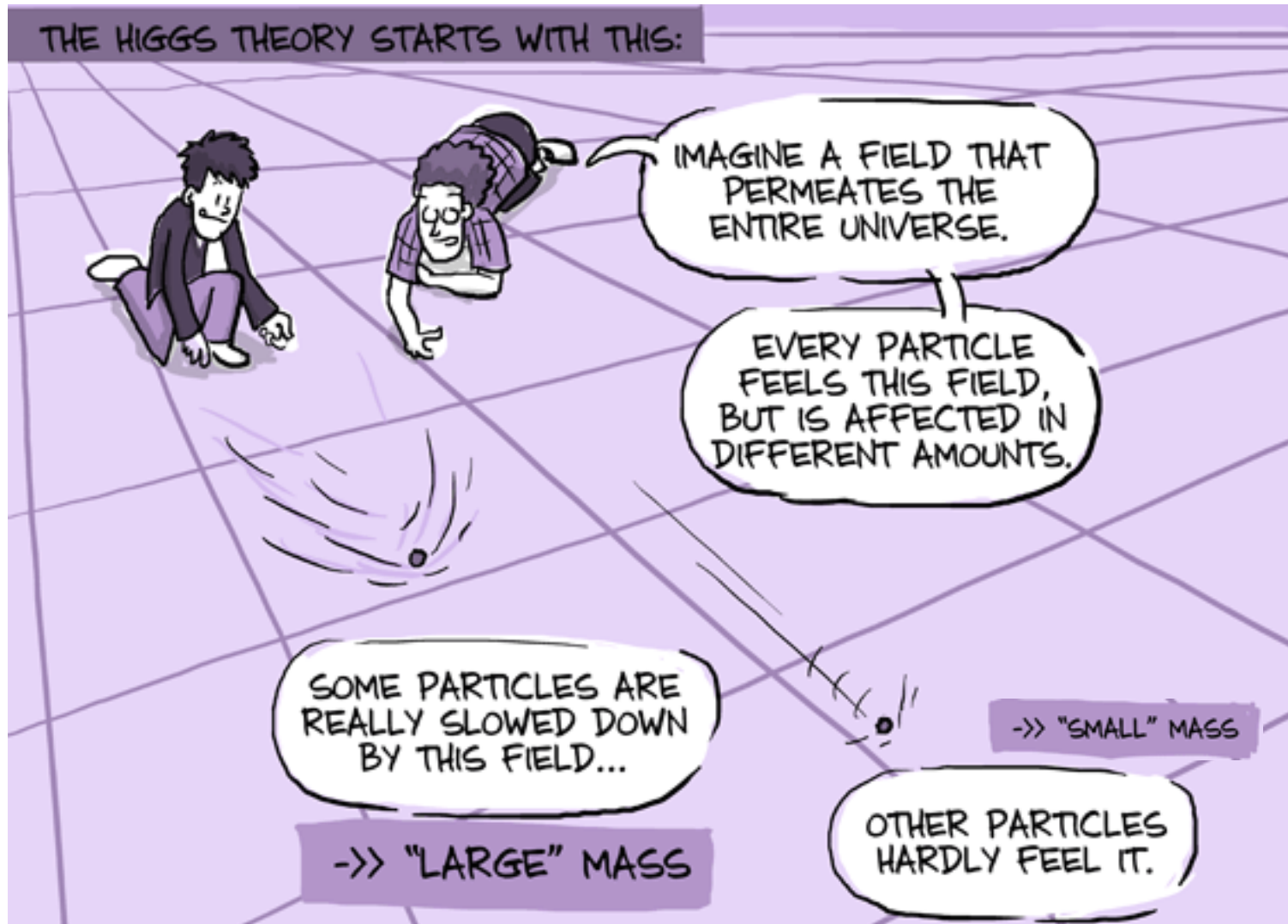
Fókuszban: Elemi részecskék és kölcsönhatásaik

Az anyag építőkövei

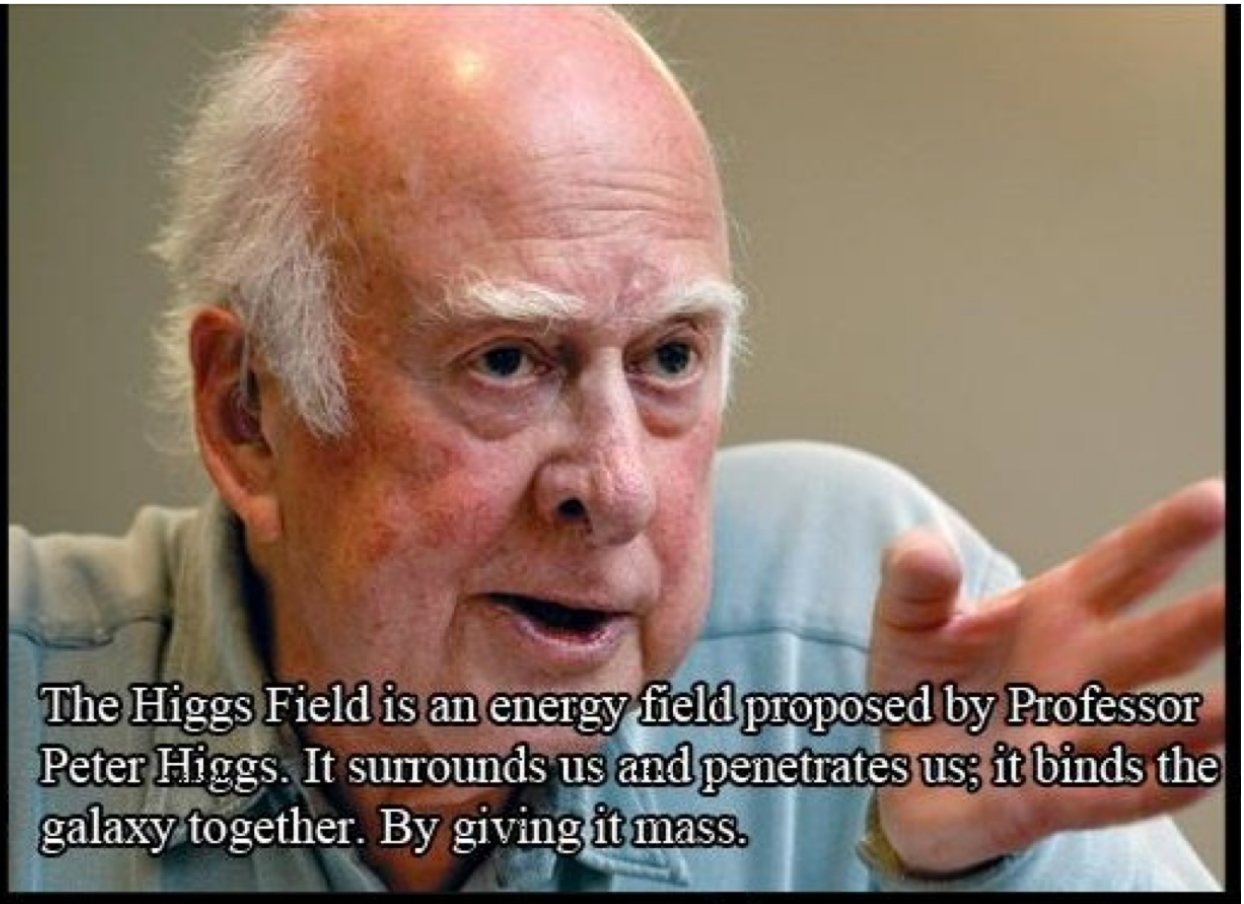
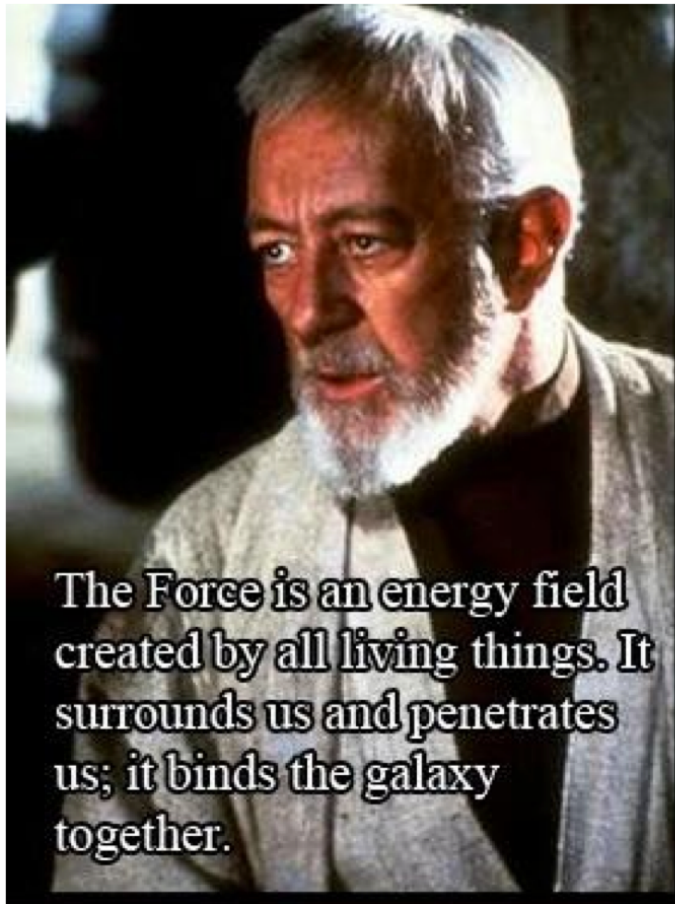
Kölcsönhatások közvetítői



A Higgs-tér és a tömeg



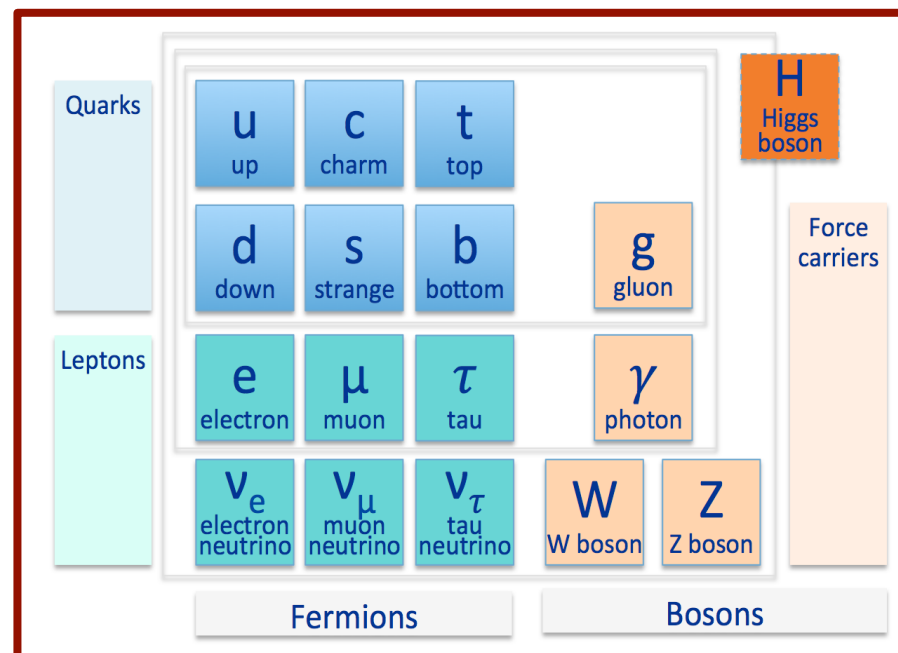
A Higgs-tér



Ha nincs Higgs-tér → az elektron tömege nulla → nem képződhetnek stabil atomok
→ nem alakulhat ki élet az Univerzumban

A Standard Modell és a Higgs-bozon

- A részecskefizika **Standard Modeljében** a Brout-Englert-Higgs (BEH, 1964) mechanizmussal a **skalár Higgs-tér dinamikusan sérti az elektrogyenge szimmetriát**, és ezzel az elméletet renormalizálhatóvá teszi
- A Higgs-tér longitudinális szabadsági fokai adnak tömeget a **gyenge W és Z bozonoknak**
- Az **elemi fermionok** a Yukawa kölcsönhatáson keresztül nyerik a tömegüket a Higgs-tértől
- A Higgs-tér a **gyenge vektor-bozon szórás hatáskeresztmetszetét** is regularizálja, így téve a SM-t egy konzisztens elméletté
- A SM-ben a **Higgs-bozon** az egyetlen elemi skalár részecske, míg bizonyos **kiterjesztései több skalár részecskét jósolnak**
- A 2012-es felfedezés óta, az LHC ATLAS és CMS együttműködései a **Higgs-bozon tulajdonságait** egyre pontosabban mérik, így is ellenőrizve a Standard Modellt



2012. július 4.

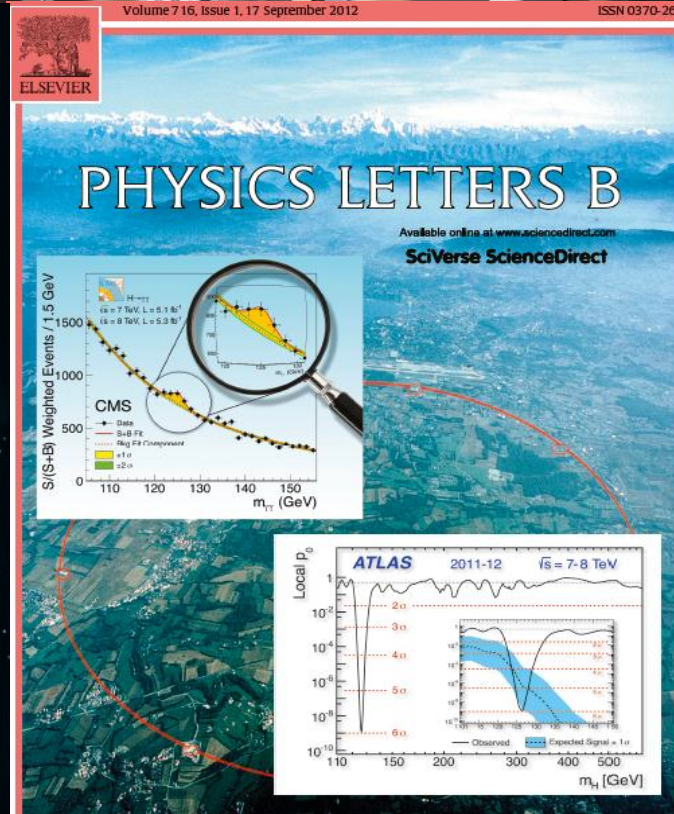


The Economist
 JULY 27th - 31st 2012
 Economist.com

In praise of charter schools
 Britain's banking scandal spreads
 Volkswagen overtakes the rest
 A power struggle at the Vatican
 When Lonesome George met Nora

A giant leap for science

Finding the Higgs boson



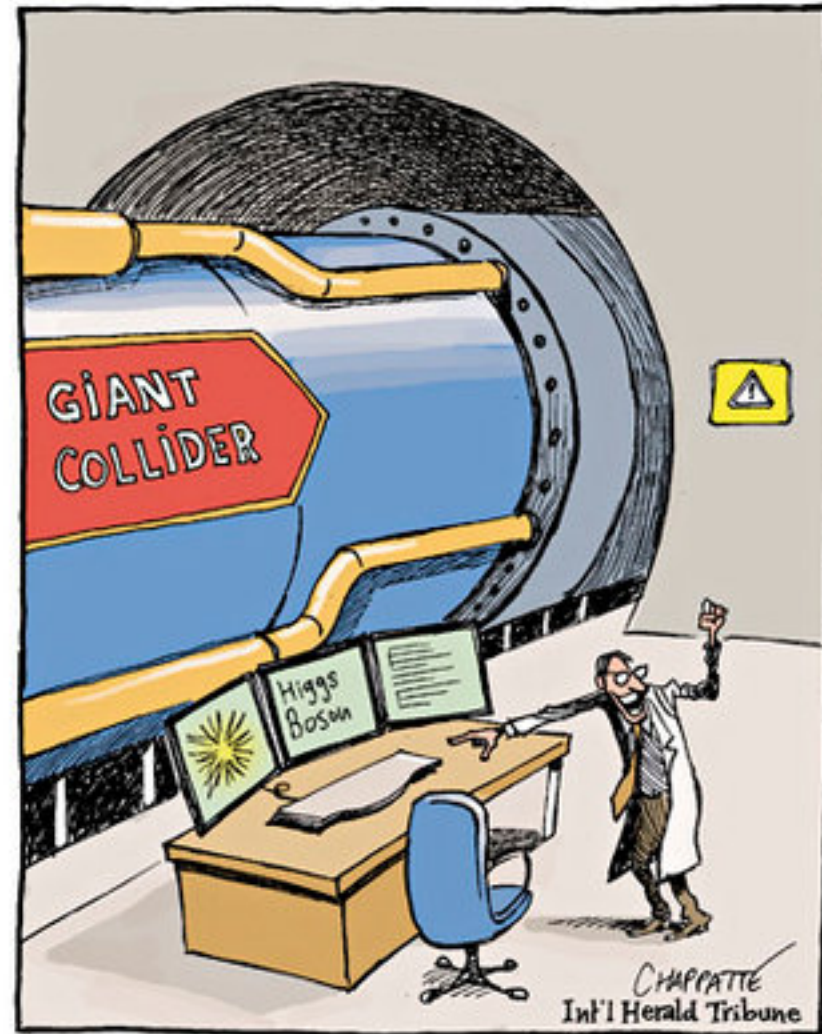
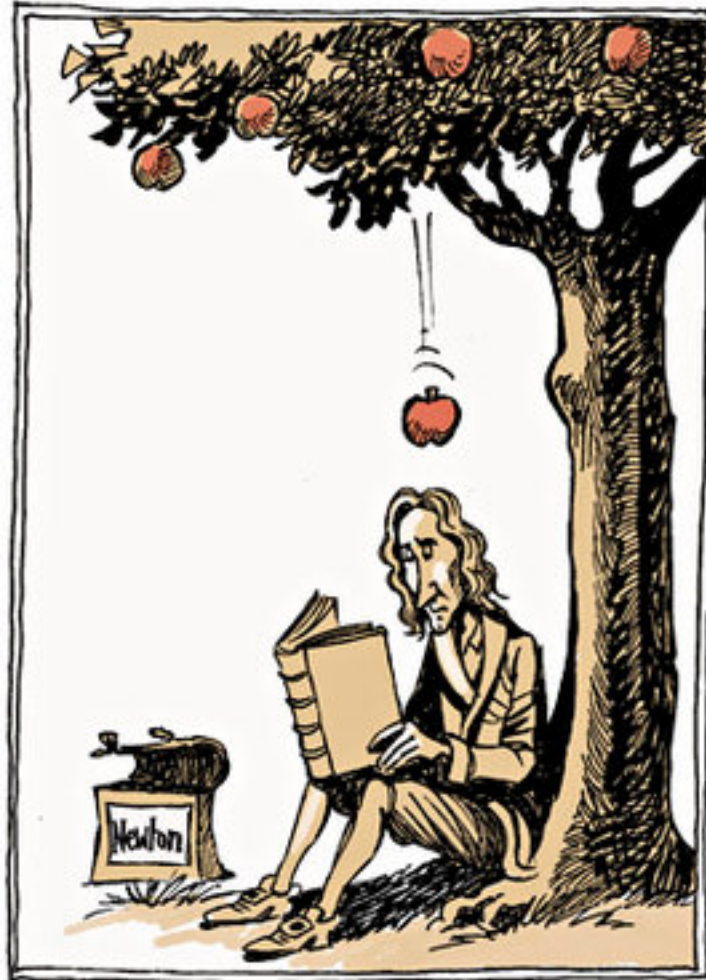


The Nobel Prize in Physics 2013 was awarded jointly to François Englert and Peter W. Higgs "for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"



2013. október 8.

Collisions That Changed The World



CERN Accelerator Complex

Lake Geneva

Large Hadron Collider
(LHC)

Geneva
Airport

CERN LAB 2 (France)

Super Proton Synchrotron
(SPS)

27km long
150m underground

Proton Synchrotron
(PS)

CERN LAB 1 (Switzerland)

A kísérleti berendezés: CMS @ LHC

Tömegközépponti energia: 14 TeV

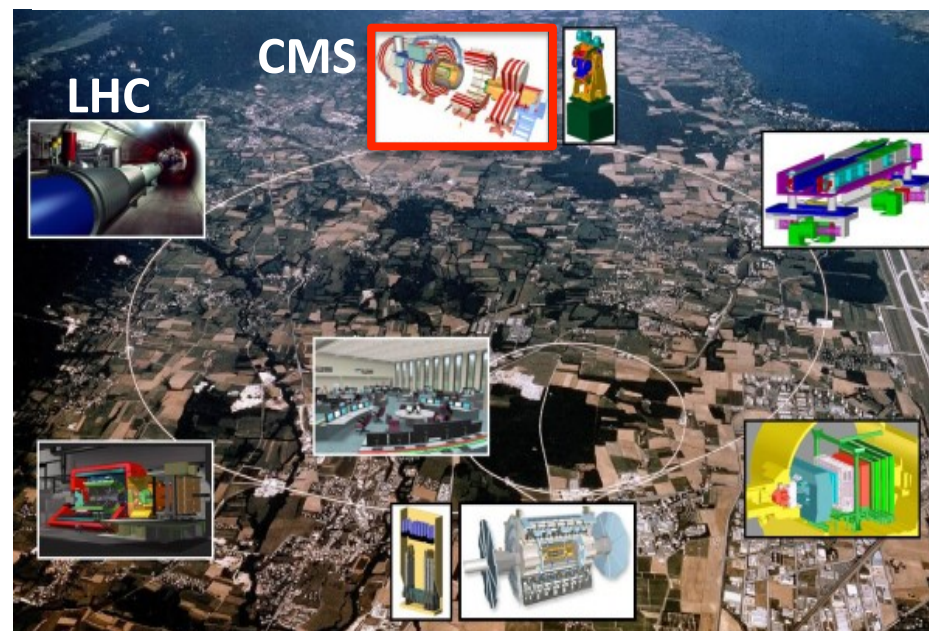
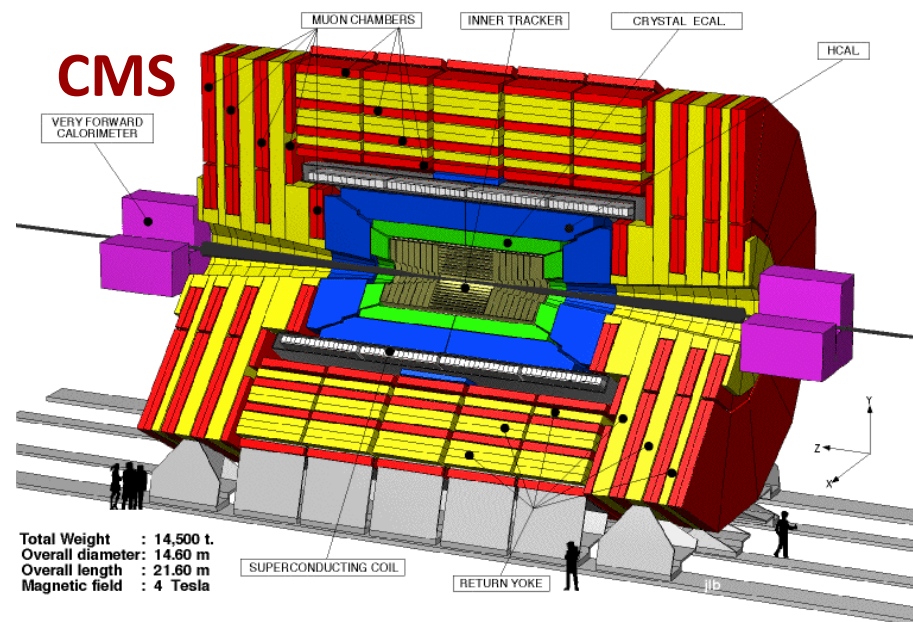
13 TeV @ 2015

Csomag találkozás: 40 MHz

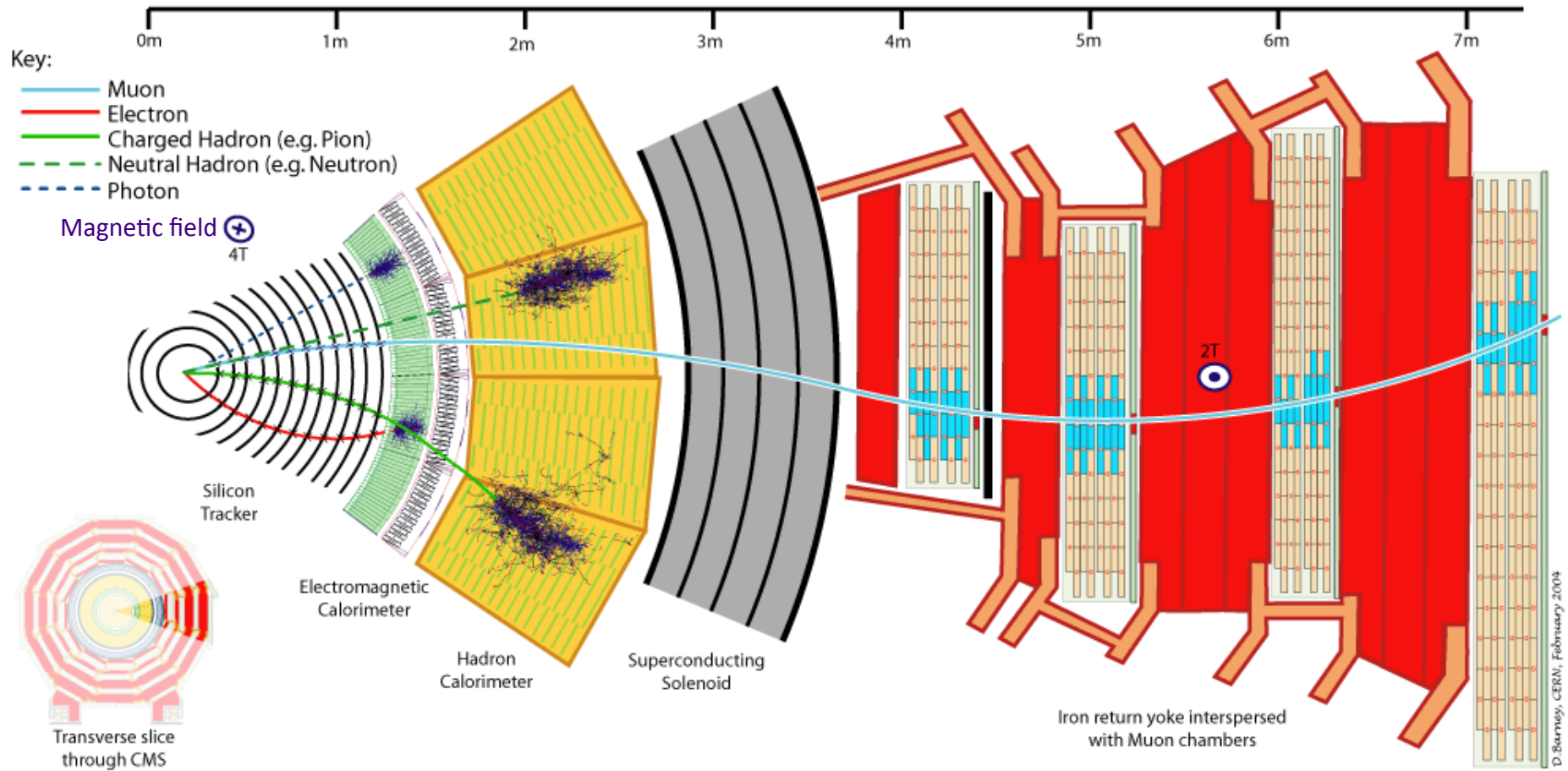
Csomag/nyaláb: 2808

Proton/csomag: $1.15 \cdot 10^{11}$

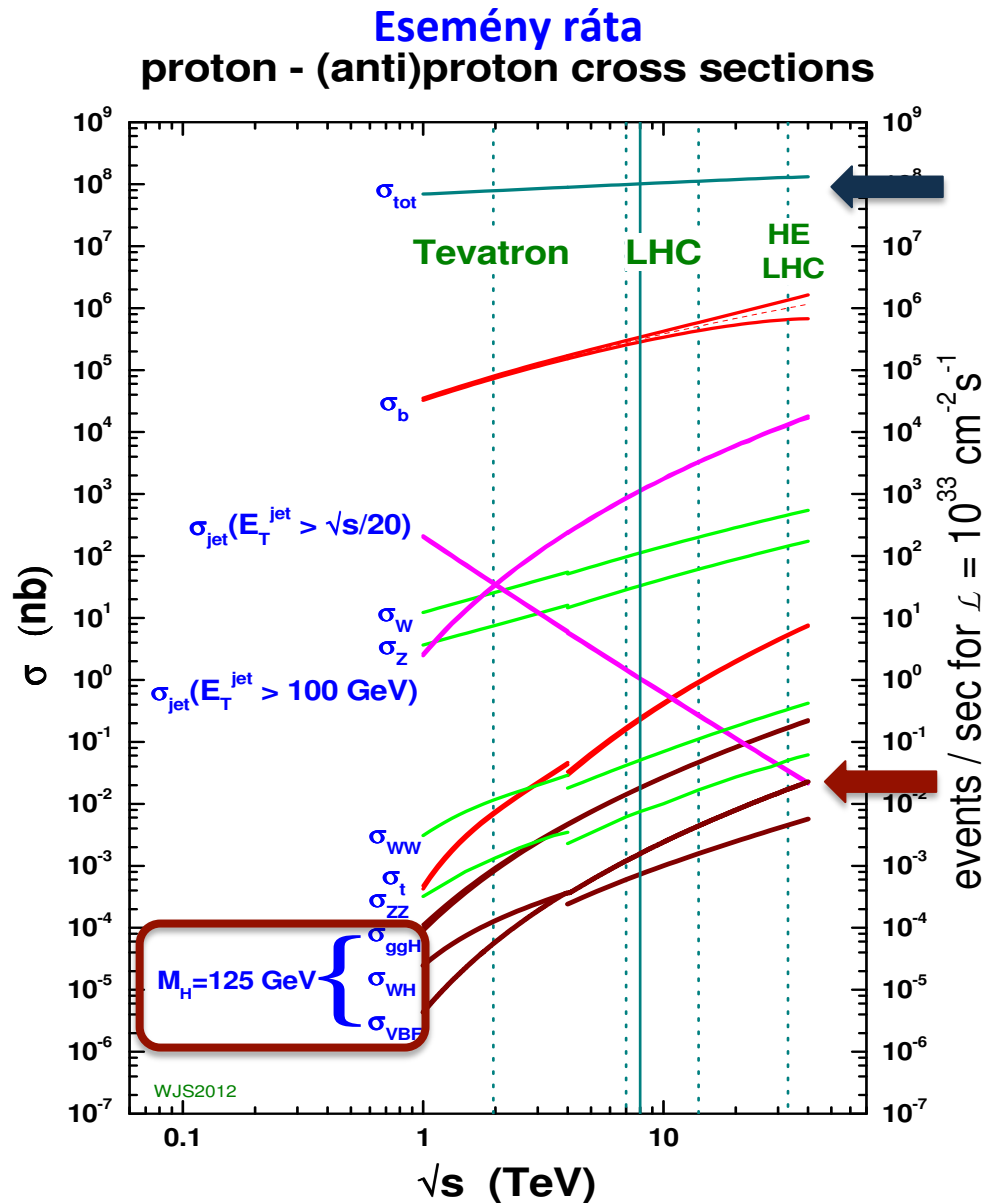
Pillanatnyi luminozitás: $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



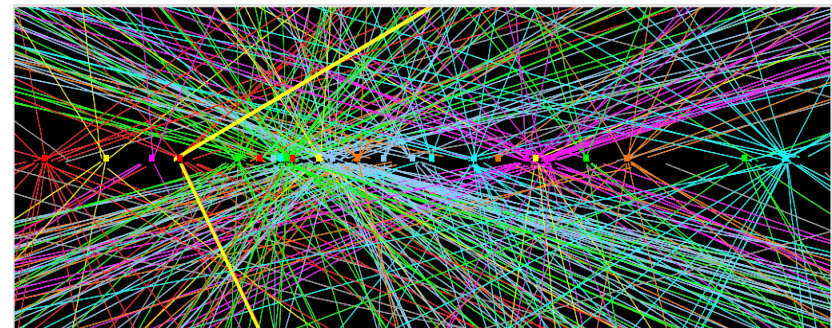
Részecske detektálás és azonosítás



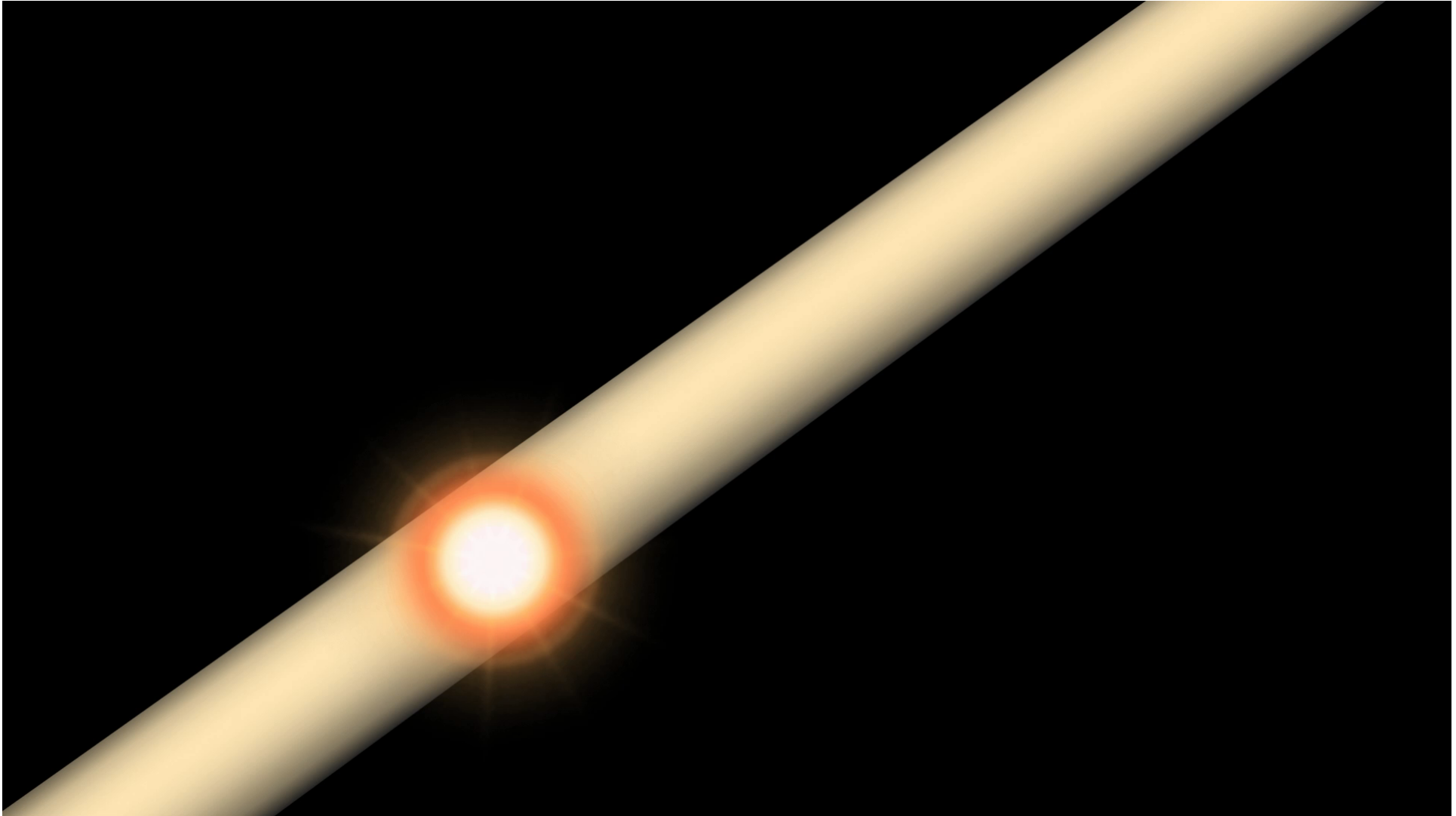
A kihívás



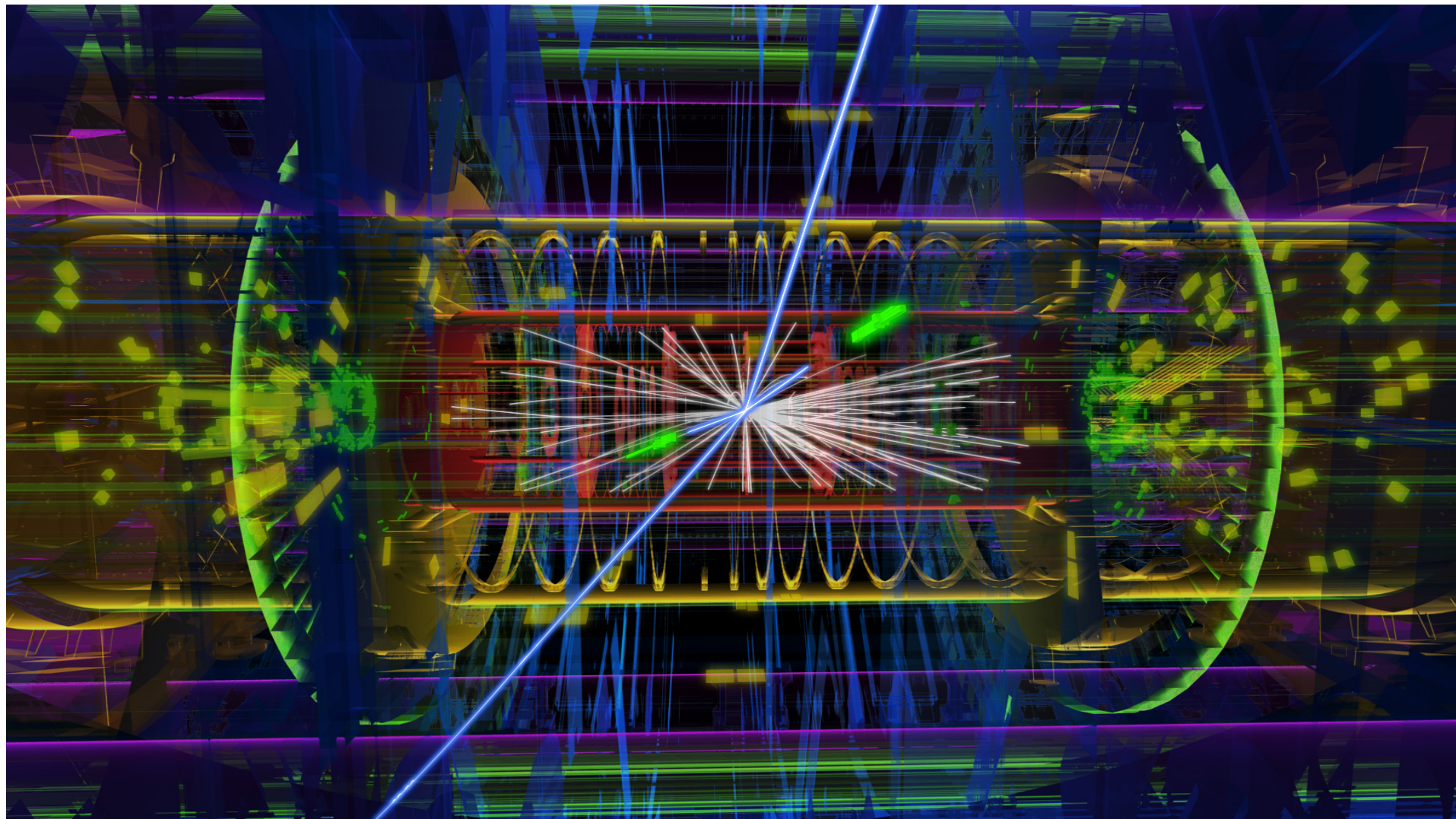
- Mindössze ~ 3 Higgs-bozon keletkezik 10^{10} p-p ütközésben
- Csupán ~ 2 esemény tárolható el 10^5 p-p csomag találkozásból
 → gyors és hatékony **trigger rendszer**
- Több p-p ütközés nyalábcsomag találkozásonként
 – 2012/15-ben átlagosan ~ 20



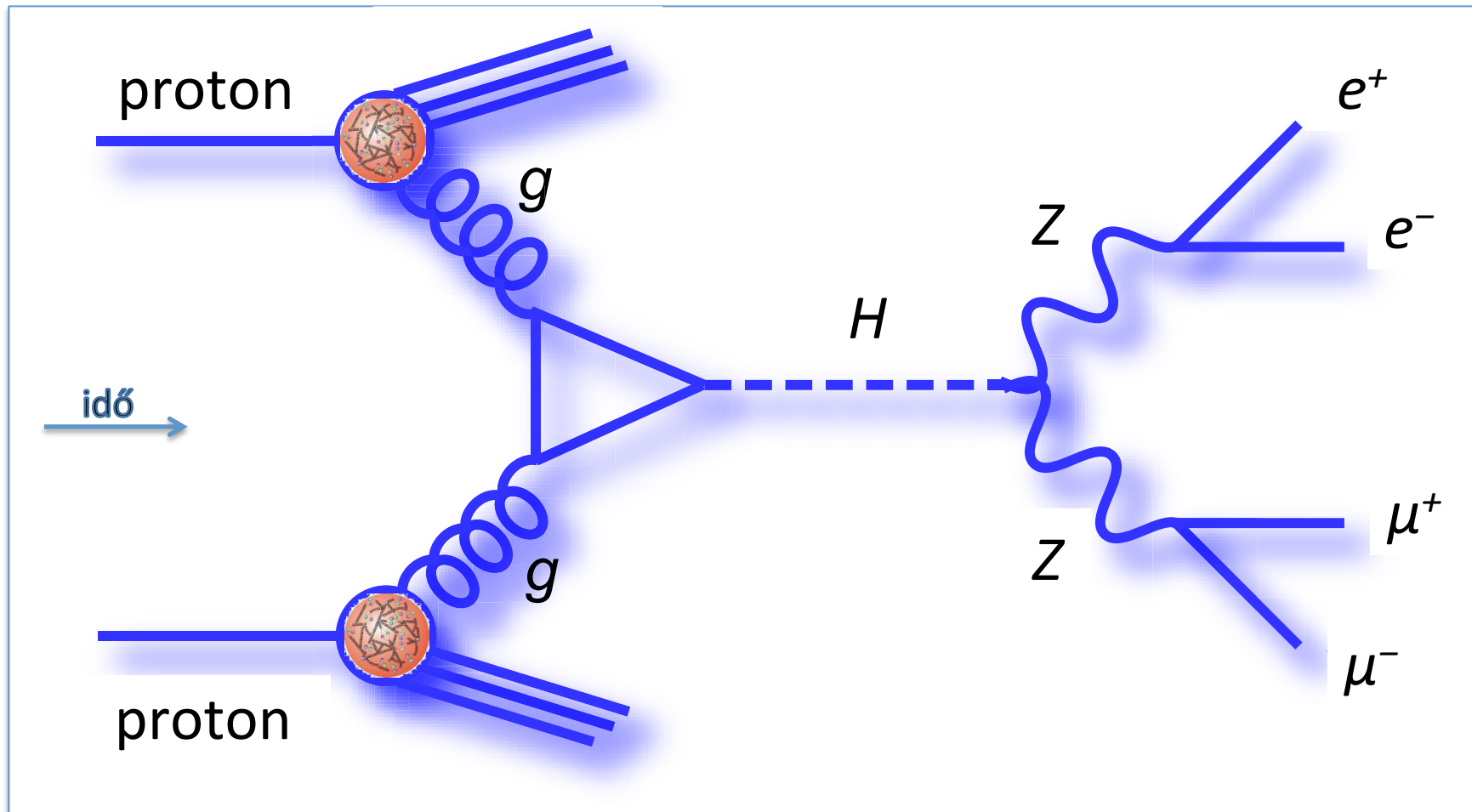
Nagyenergiás ütközések az LHC-ben



Nagyenergiás ütközések az LHC-ben

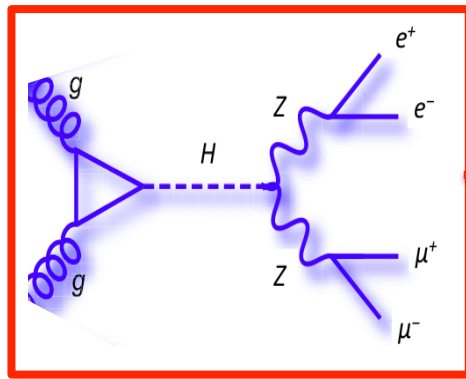


Higgs-boson keletkezés

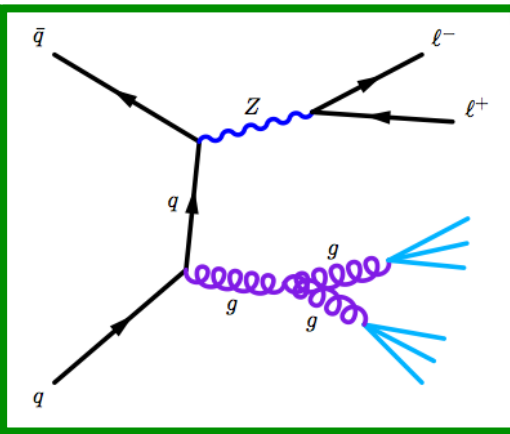
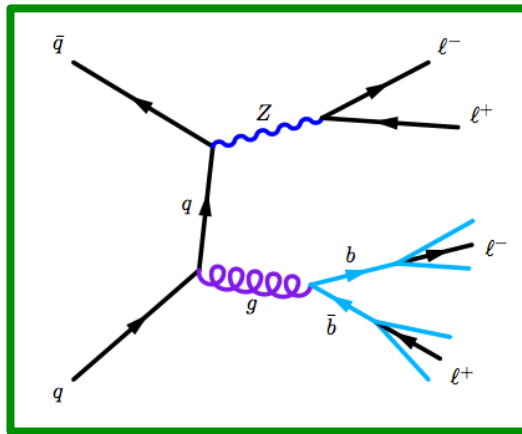
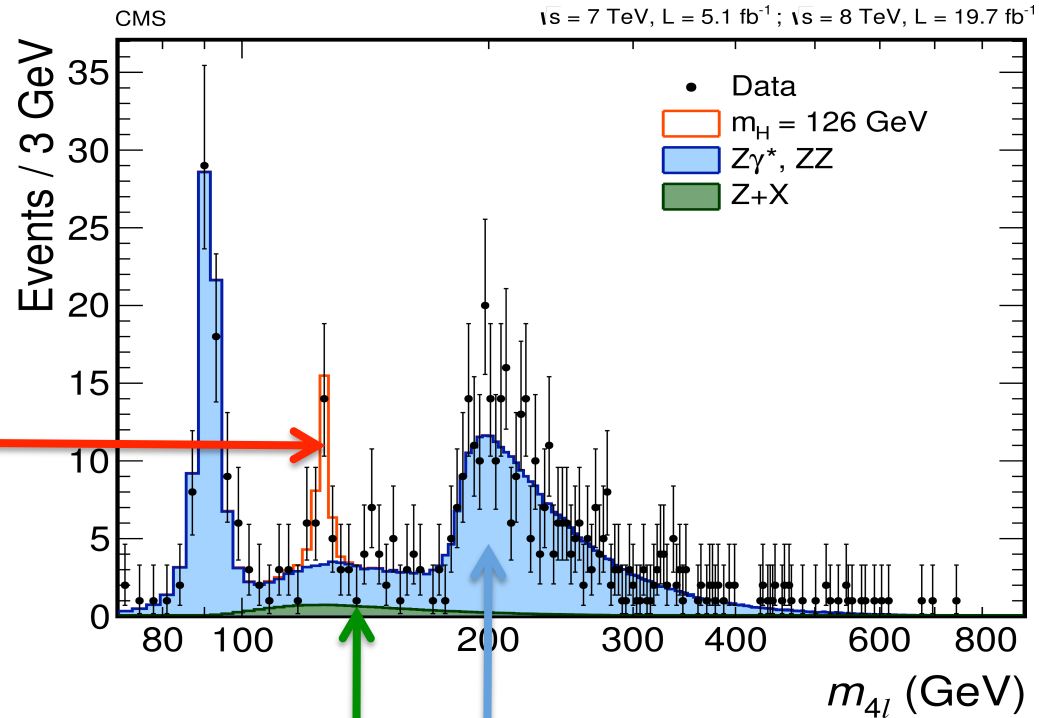


Adatbányászat: jel és háttér

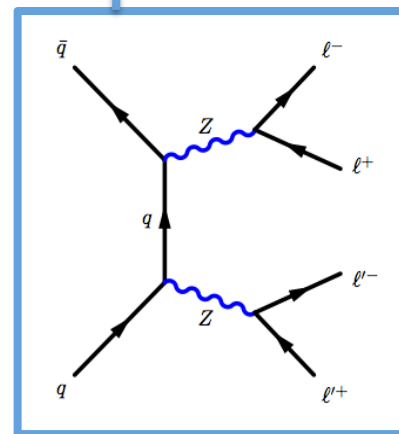
Több folyamat is vezethet ugyanahhoz keresett végállapothoz: jel vs. háttér



Jel (Higgs keletkezés)



Háttér (csökkenthető)

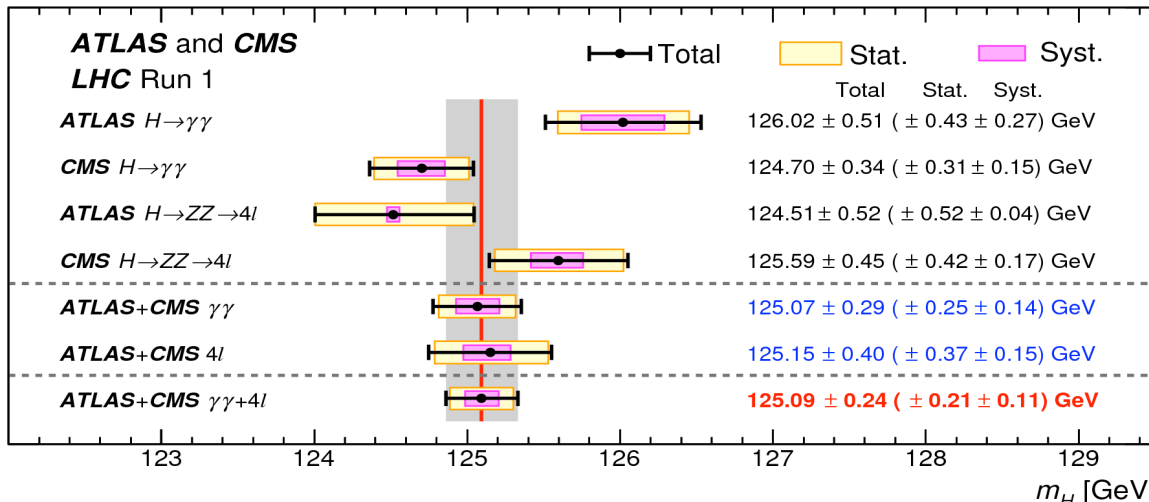


Háttér (azonos végállapot)

Higgs-bozon eredmények

Spin-paritás

Tömeg

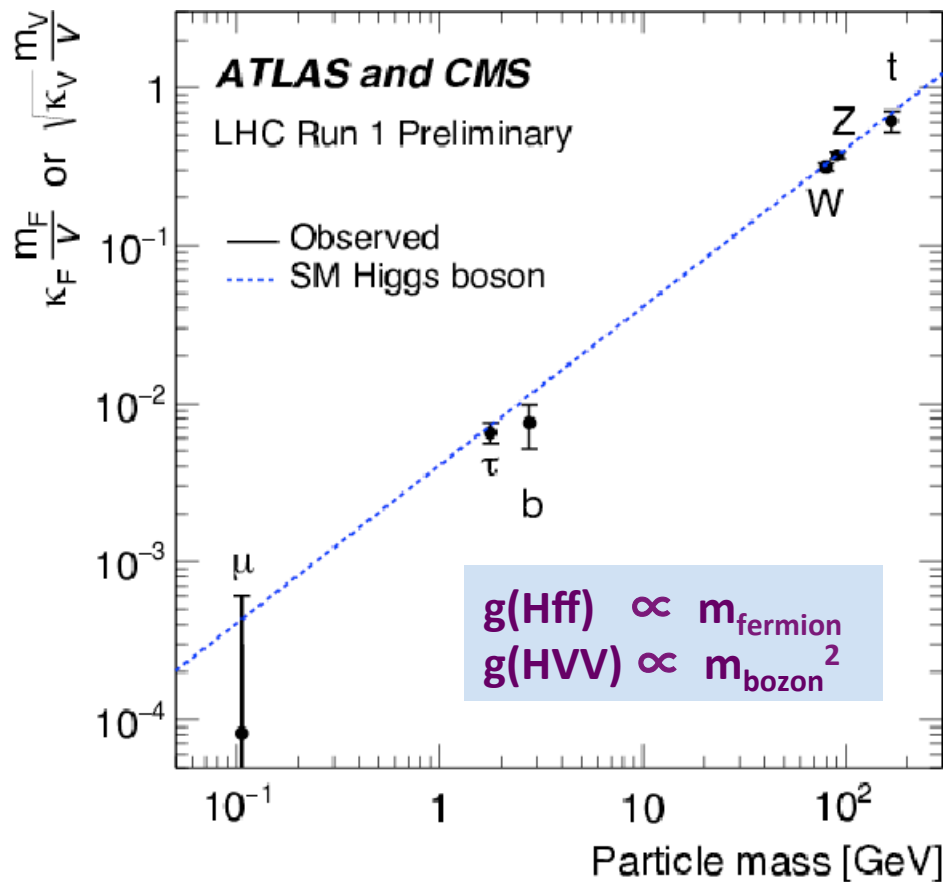
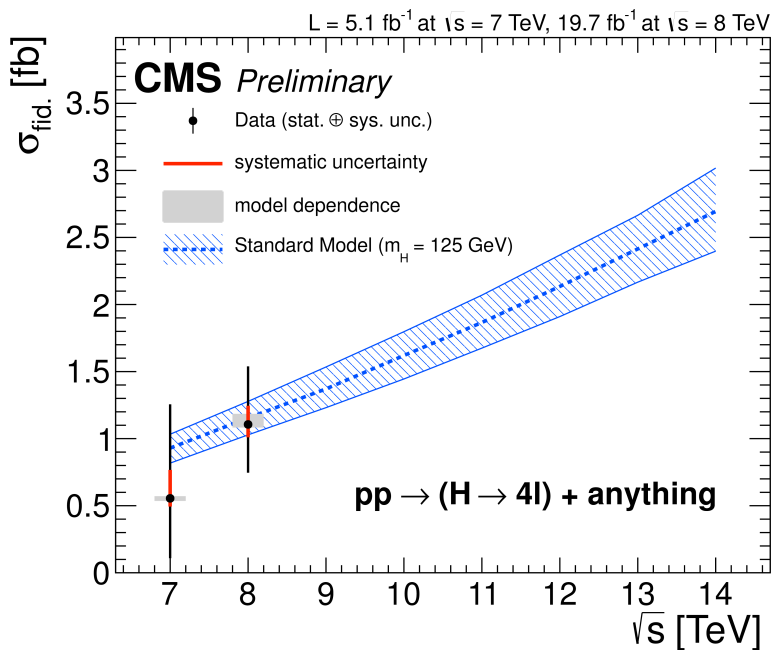


Szélesség

Élettartam

Csatolások

Hatáskeresztmetszet



És most?

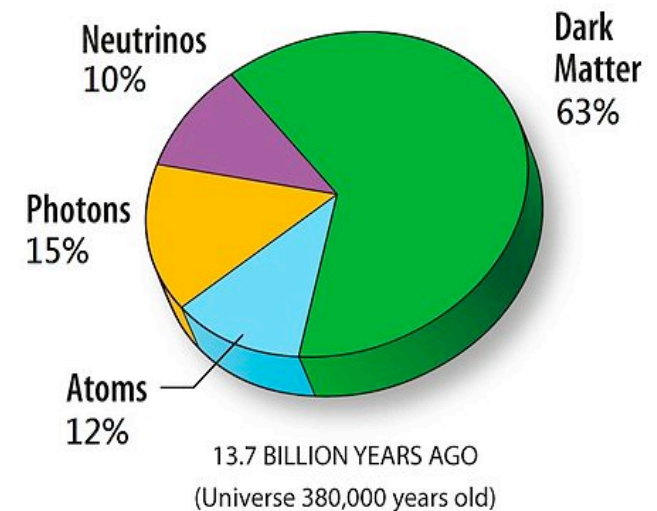
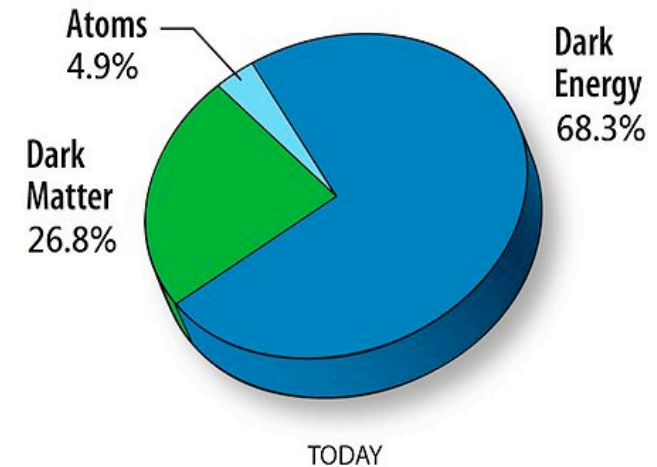
- A részecskefizika Standard Modellje immár teljes a nemrég felfedezett Higgs-bozonnal és jól leírja a laboratóriumokban észlelt jelenségeket
- Az Univerzumot (egészen) jól értjük?!?



NEM!!!!

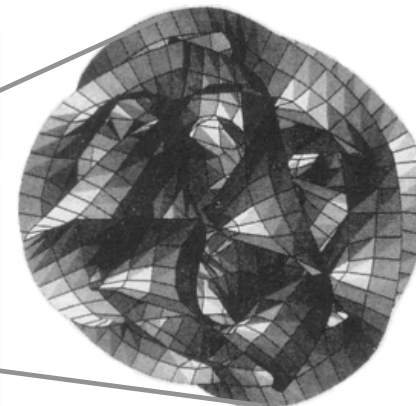
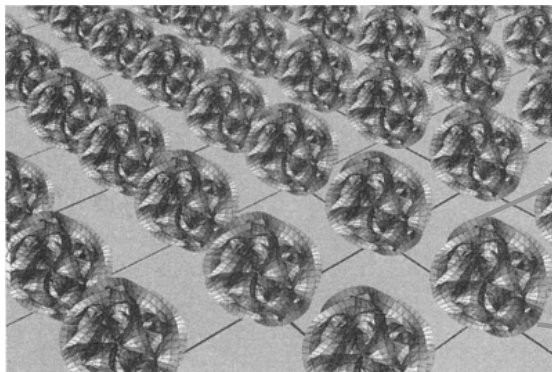
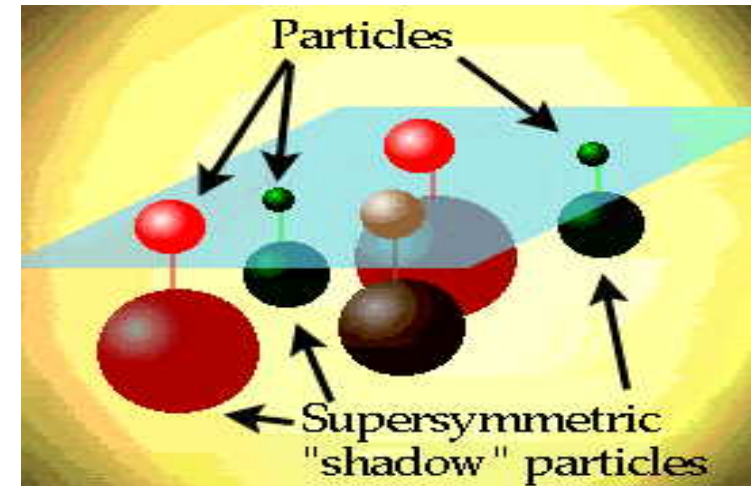
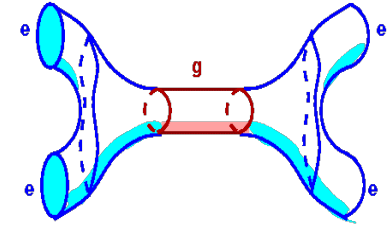
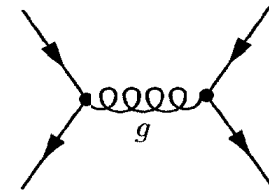
Nyitott kérdések az Univerzumról

- Mi teszi ki az Univerzum 95%-át? Mi a sötét anyag és a sötét energia?
- Miért dominál az anyag az antianyag fölött a természetben?
- Hogyan nézett ki a Világegyetem néhány pillanattal a születése után?
- Miért olyan gyenge a gravitációs kölcsönhatás (a többi kcsh-hoz képest)?
- Vannak további térbeli dimenziók?
- Szuperszimmetrikus a természet?
- Megkonstruálhatunk egy olyan elméletet (Theory of Everything), amely magába foglalja a gravitációt is?



Húr-elmélet?!?

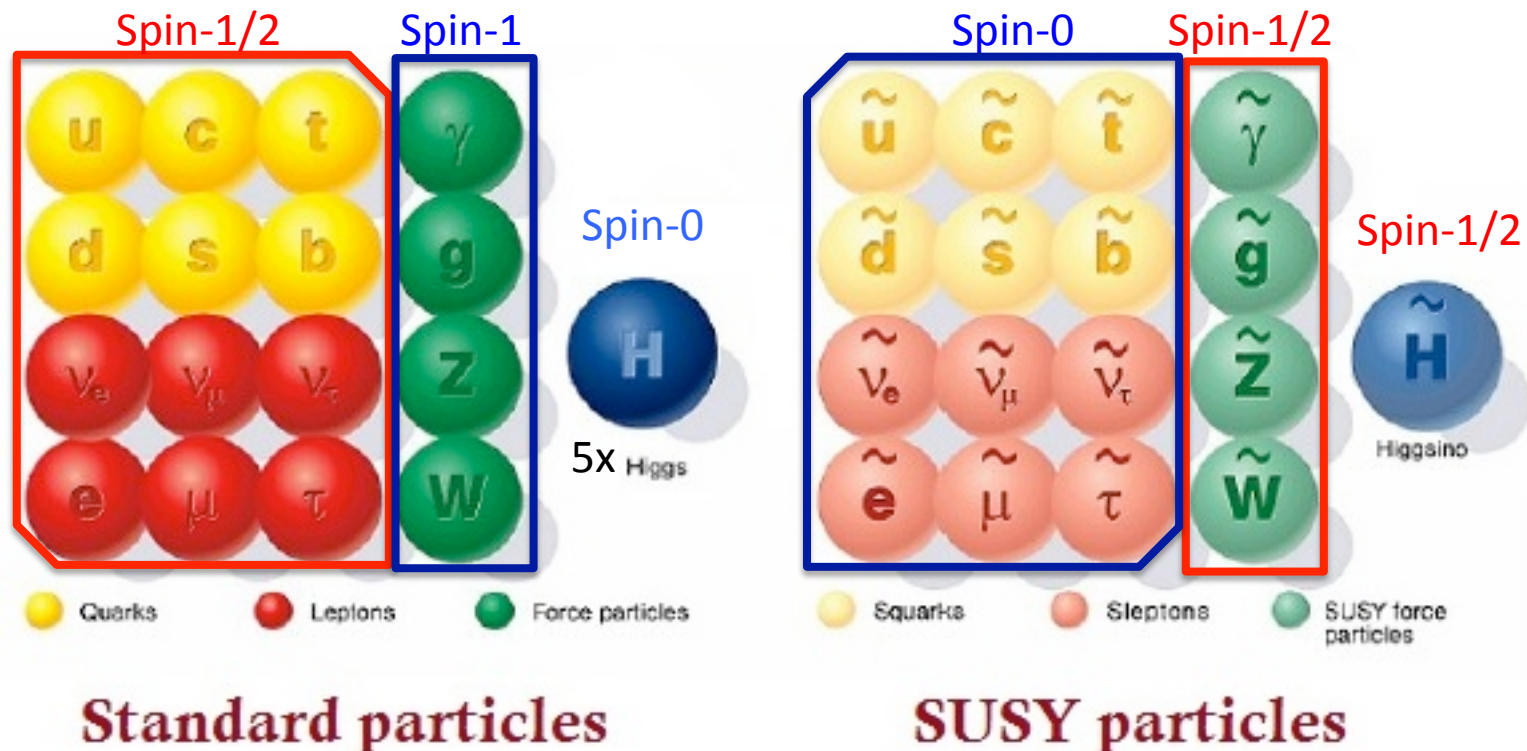
- Egy lehetséges jelölt a relativisztikus kvantummechanika és a gravitáció egyesítésére
- Természetes energia skála:
Planck energia $\sim 10^{19}$ GeV
- Nem tanulmányozható közvetlenül az LHC-n (sem jövőbeli részecskegyorsítóknál)!!!
- Általános jóslatok
 - Szupeszimmetria
 - További térbeli dimenziók (11-dimenziós tér-idő)



Extra spatial dimensions:
artistic representation of
6D Calabi-Yau space

Szuperszimmetria (SUSY)

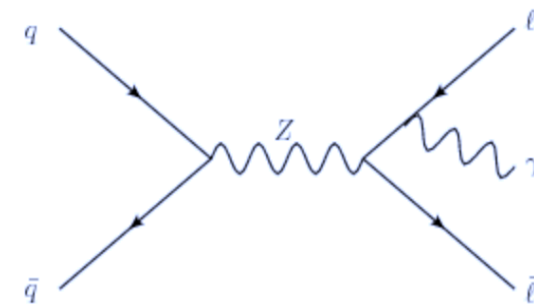
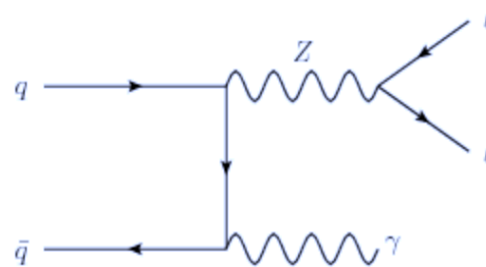
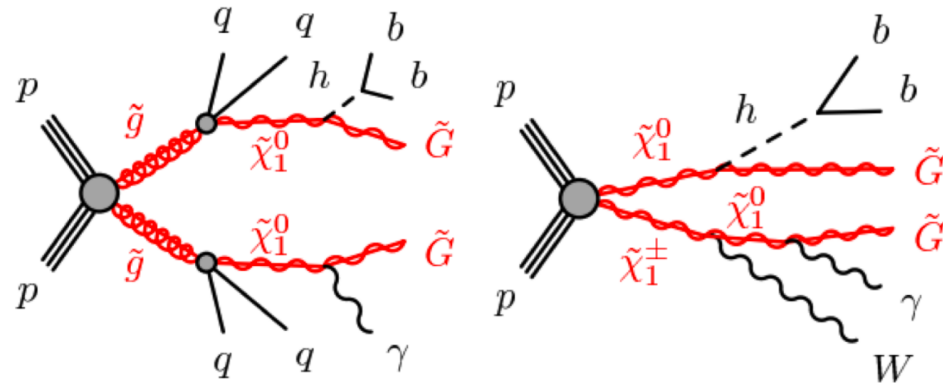
- Szimmetria a fermionok (a SM anyag-részecskéi) és a bozonok (a SM kölcsönhatásközvetítői) között
- A tér-idő legáltalánosabb szimmetriája
- Minden ismert részecskének jóval egy eddig még nem észlelt pártját
- A legkönnyebb SUSY partner ideális sötét anyag jelölt!



Elektrogyenge mérések, új fizika keresése: néhány ELTE CMS projekt

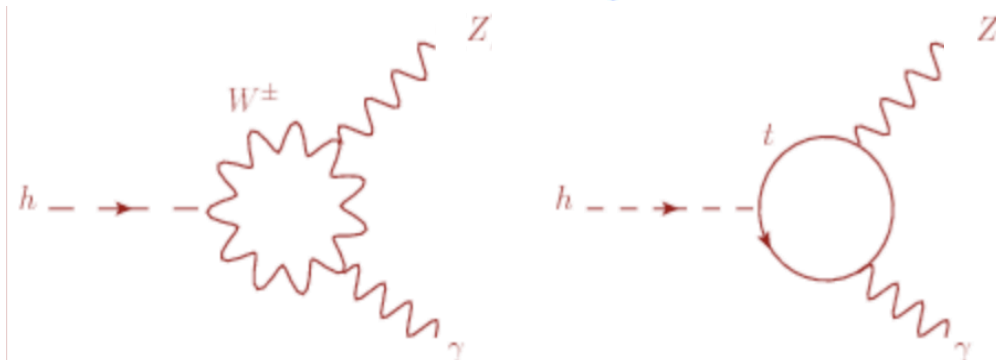
- Higgs-bozon keletkezés keresése SUSY részecskék kaszkád bomlásában

- Legkönnyebb SUSY részecske semleges, gyengén kölcsönható
→ remek sötét anyag jelölt

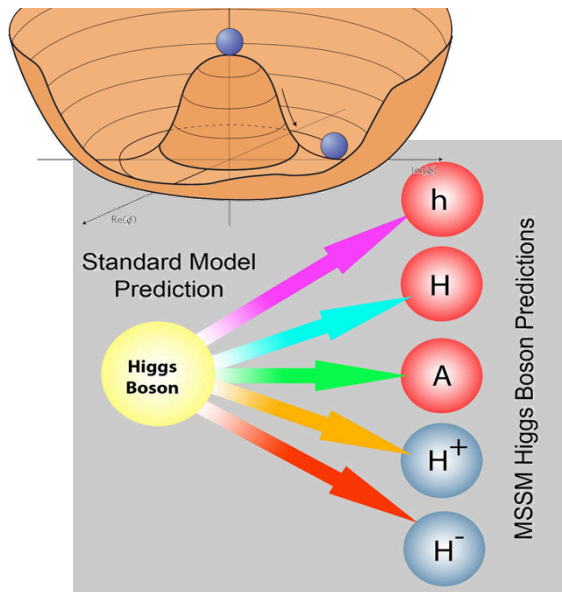


- Bozon-pár keletkezés vizsgálata

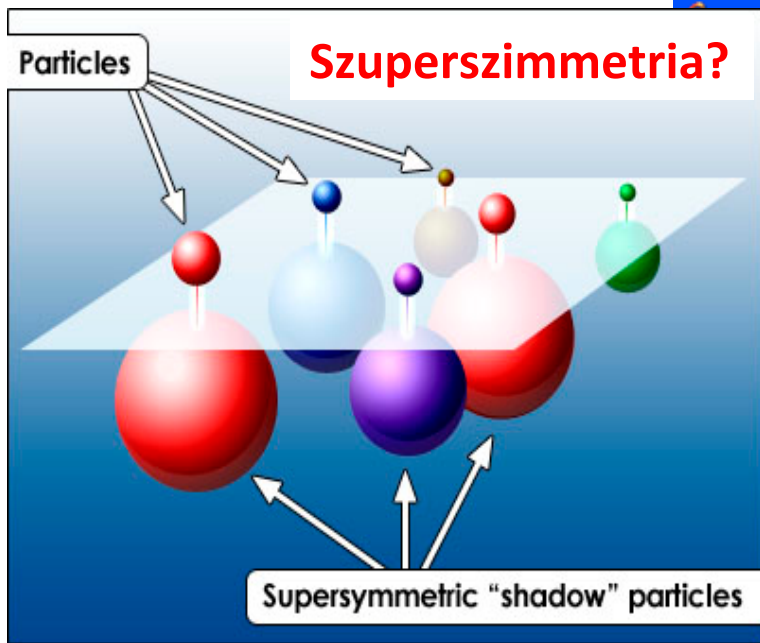
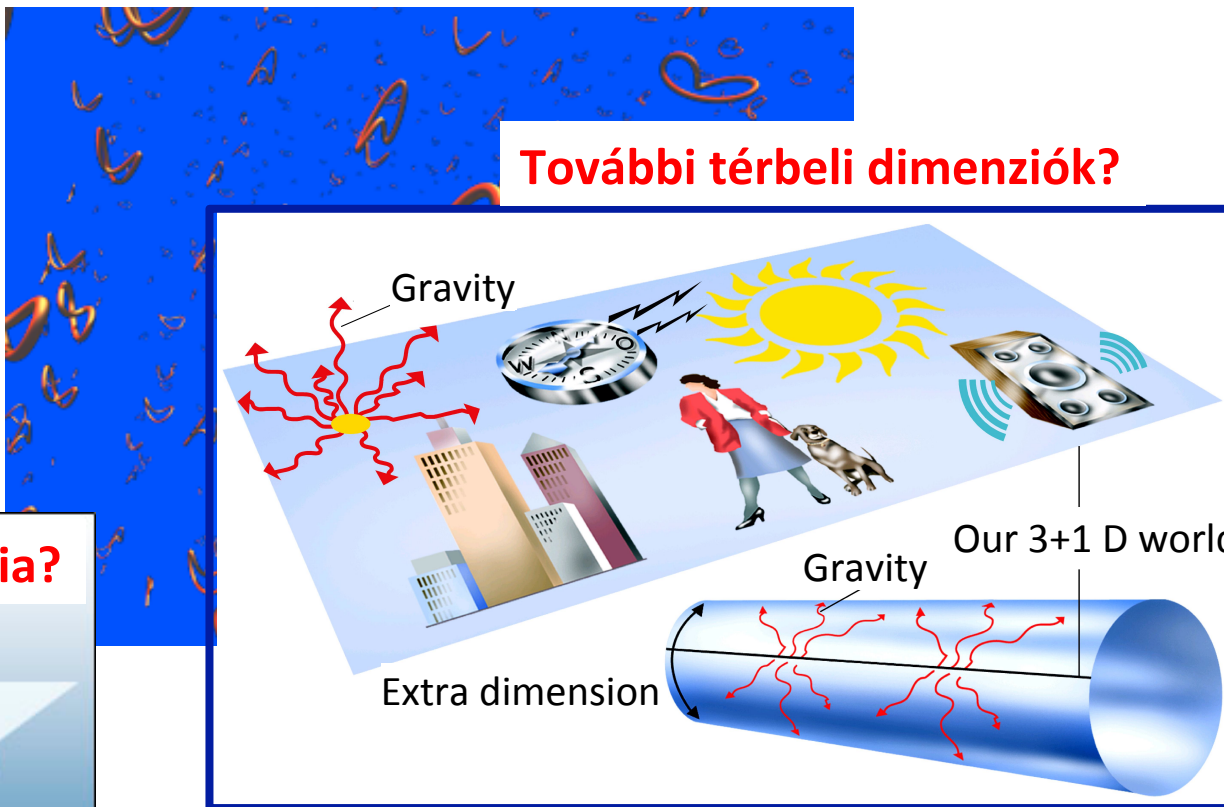
- A hurkokban új eddig ismeretlen részecskék is hozzájárulhatnak a folyamathoz



Új Higgs részecske?

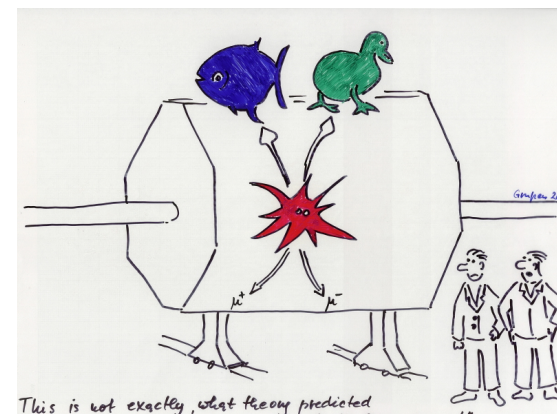


Mit hoz a jövő?



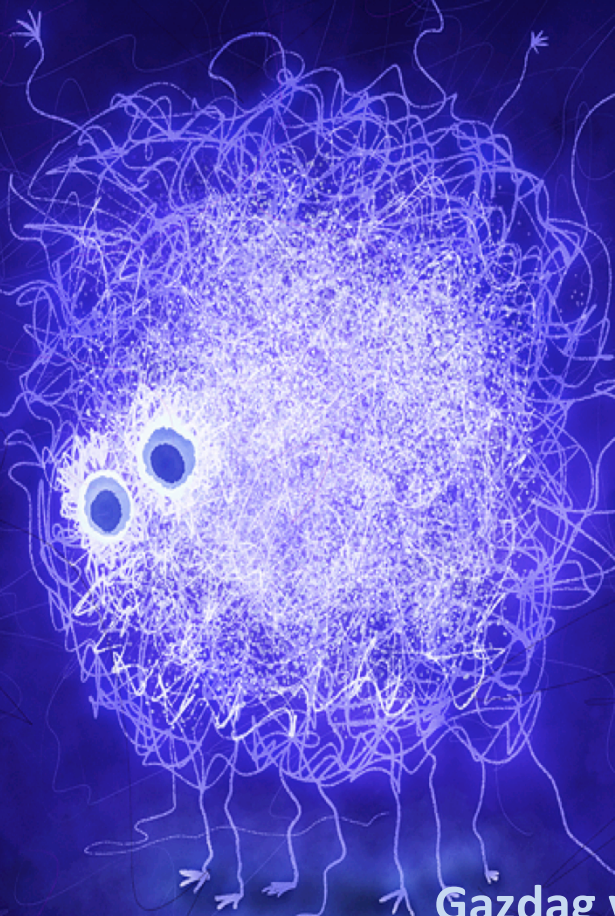
Új kölcsönhatások?

Nem várt meglepetés?



Kapcsolódj be új felfedezéseket megcélzó kutatásainkba az MTA – ELTE Lendület CMS csoportban!

- A Higgs-bozon tulajdonságainak tanulmányozása
- Vektor-bozon szórás vizsgálata
- Szuperszimmetrikus és más egzotikus részecskék keresése
- CMS trigger rendszer
- Lepton, foton, nehéz-kvark-zápor (b) azonosítás



Élvonalbeli kutatások a CERN-ben
Nemzetközi együttműködés
Részecskefizikai ismeretek
Kísérleti módszerek
Komplex detektorrendszerek
Adatbányászat (big data)
Statisztikus módszerek

Gazdag választék további témákban is:
QCD extrém körülmények között
Nehézion fizika