

Részecskék keresése az LHC CMS detektorában

*Jancsó Gábor, Vértesi Róbert
összeállítása alapján*

Galgóczi Gábor

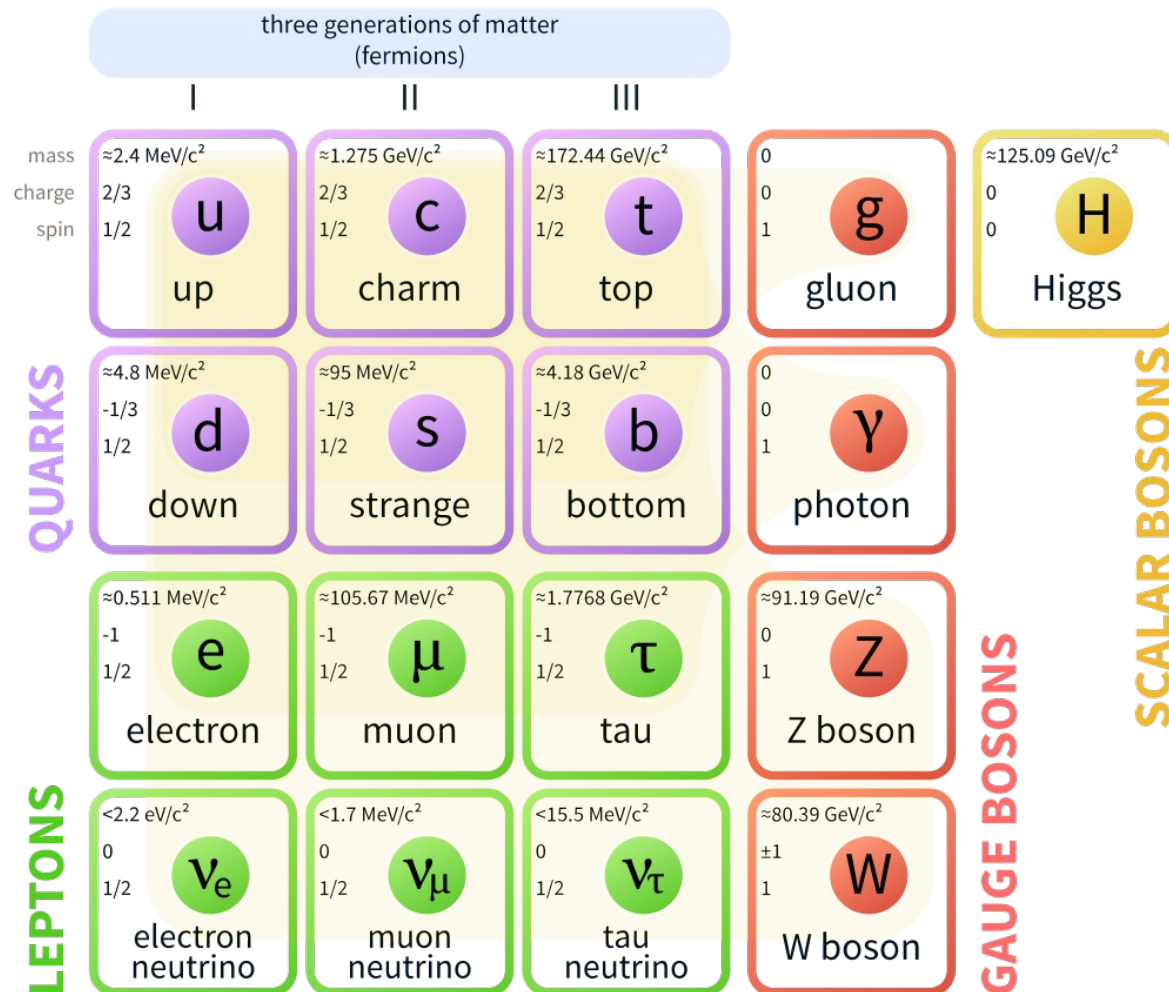
galgoczi.gabor@wigner.mta.hu



MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont
Részecske- és Magfizikai Intézete

Elemi részecskék (emlékeztető)

Standard Model of Elementary Particles



A W és Z bozonok szerepe

- A gyenge kölcsönhatás közvetítői
- Elméleti jóslat: **Nobel-díj 1979**
- Kísérleti kimutatás: **Nobel-díj 1984**
- Igen nagy a tömegük
 - $m_W \approx 80 \text{ GeV}/c^2$ (85 protonnyi tömeg)
 - $m_Z \approx 91 \text{ GeV}/c^2$ (97 protonnyi tömeg)
- Élettartamuk rendkívül rövid: 10^{-25} s
 - Csak a bomlásaik alapján azonosíthatjuk őket
 - **Ez lesz a mai feladatunk is!**

A **H**iggs-bozon



Francois Englert & Peter Higgs

- Az ő –sok évvel korábbi– elméleti „jóslatuk” alapján indult meg az izgalmas kísérleti kutatás a Standard Modell hiányzó részecskéje, a Higgs bozon után

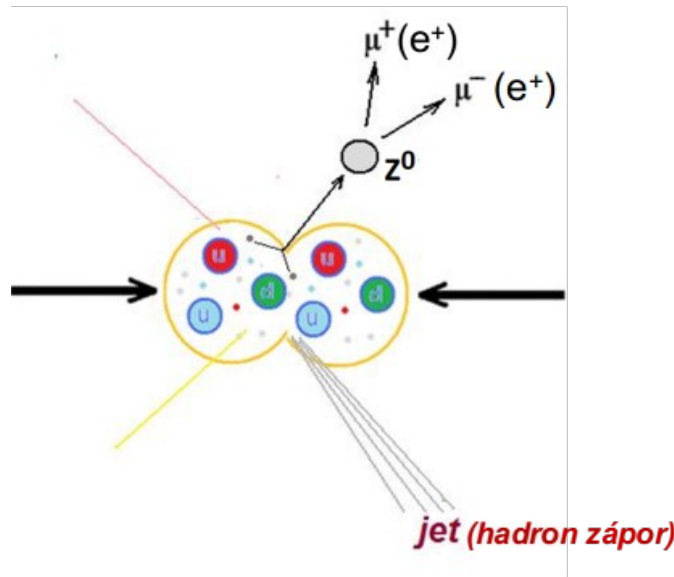
A **H**iggs-bozon



Francois Englert & Peter Higgs

- Az ő – sok évvel korábbi – elméleti „jóslatuk” alapján indult meg az izgalmas kísérleti kutatás a Standard Modell hiányzó részecskéje, a Higgs bozon után ***Nobel-díj 2013***
- **2012. július 4.: a CERN LHC két kísérlete (ATLAS, CMS) bejelentette a H^0 felfedezését**

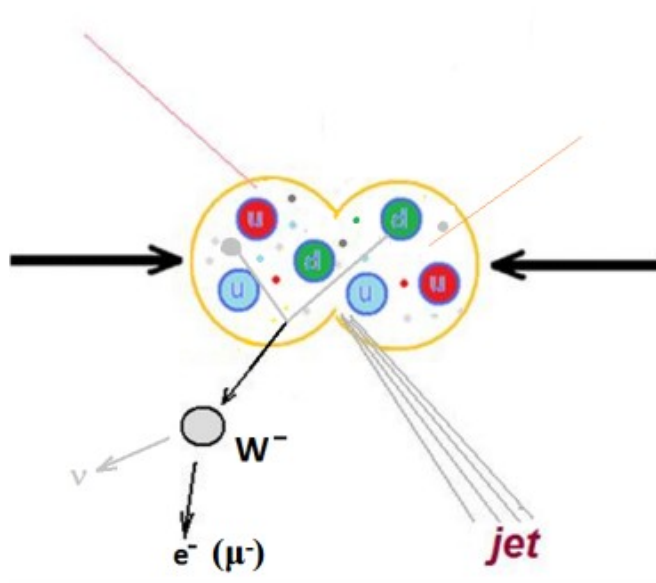
A **Z bozon** bomlásai



$$Z^0 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} e^+e^- \\ \mu^+\mu^- \end{array} \right.$$

- Az elektronos és müonos bomlást vizsgáljuk
 - Melyikből mennyi van?
- A keletkező Z-bozon tömegét szeretnénk megismerni
 - A Z-bozonból keletkező leptonpárt a detektorunk elcsípi
 - A leptonok impulzusait ismerjük
 - Ezekből az adatokból **a Z bozon tömege kiszámítható**

A W bozon bomlásai

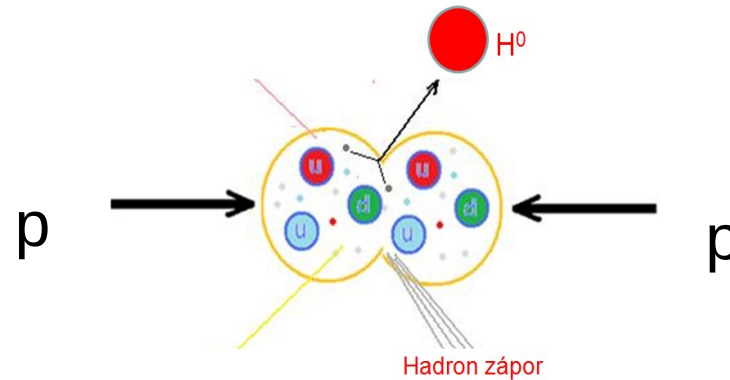


$$W^\pm \rightarrow \begin{cases} e^\pm \nu \\ \mu^\pm \nu \end{cases}$$

- Az elektronos és müonos bomlást vizsgáljuk
 - Melyikből mennyi van?
- A W bozon tömege
 - Probléma: a neutrínó "megszökik"
 - Csak a hiányzó energiát észleljük
 - A leptonos bomlásból a W tömegét nem tudjuk meghatározni!

A Higgs-részecske bomlásai

- Rendkívül rövid élettartam: $\sim 10^{-25}$ s



- A Higgs-bozon különböző bomlási csatornái:

$$H^0 \rightarrow \gamma\gamma$$

$$H^0 \rightarrow Z^0 + Z^{0*}$$

$$\rightarrow$$

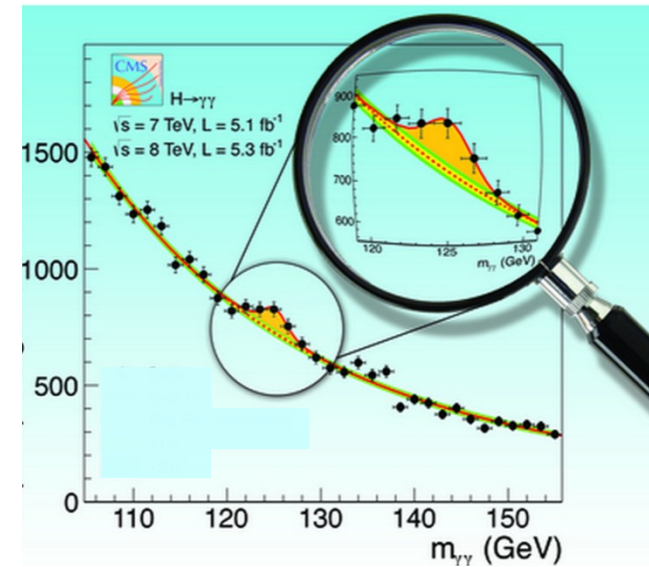
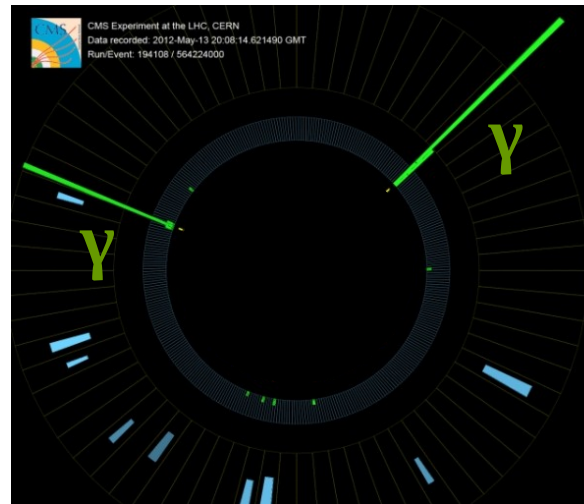
$$\left\{ \begin{array}{l} e^+e^- + e^+e^- \\ \mu^+\mu^- + \mu^+\mu^- \\ e^+e^- + \mu^+\mu^- \end{array} \right.$$

- A fotonok és leptonok adatait mérhetjük és ebből a Higgs-bozon tömege meghatározható
- Méréseink során a fenti két bomlási móddal találkozhatnak a szerencsések.

A Higgs bozon felfedezése a CERN LHC-nál

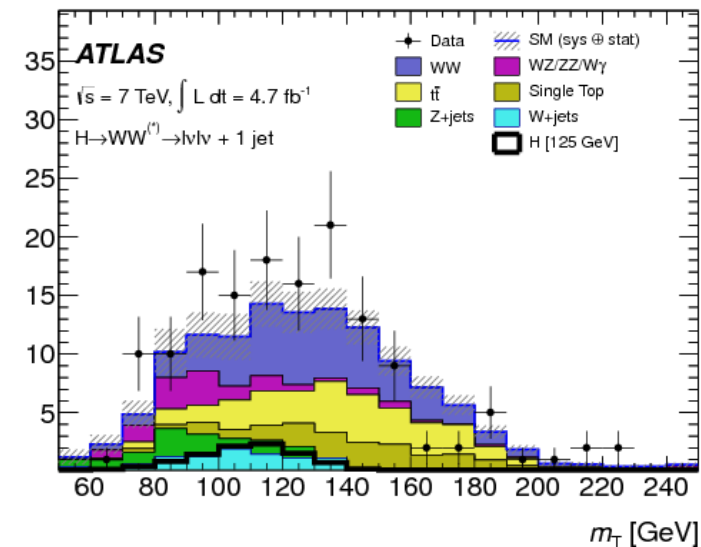
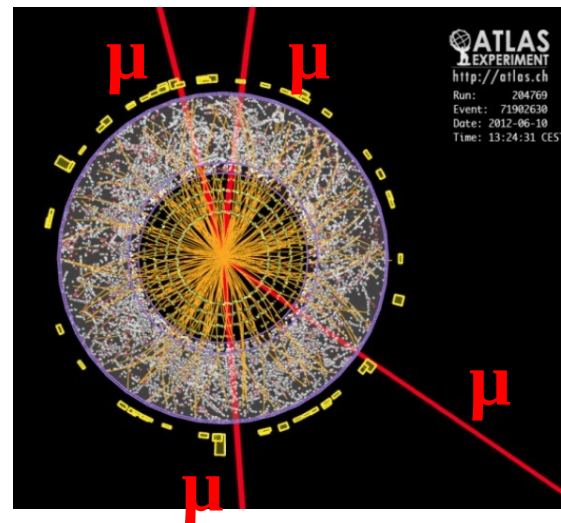
CMS
kísérlet

$$H^0 \rightarrow \gamma\gamma$$

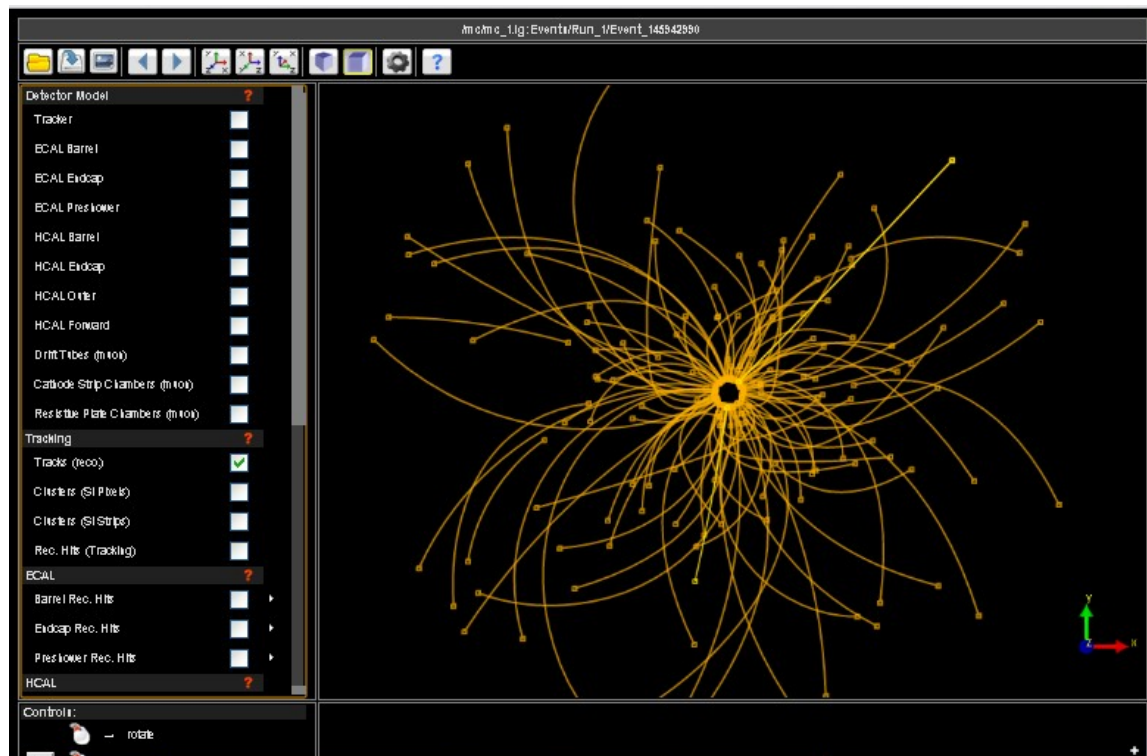


ATLAS
kísérlet

$$H^0 \rightarrow Z^0 Z^{0*} \rightarrow (\mu^+ \mu^-) + (\mu^+ \mu^-)$$

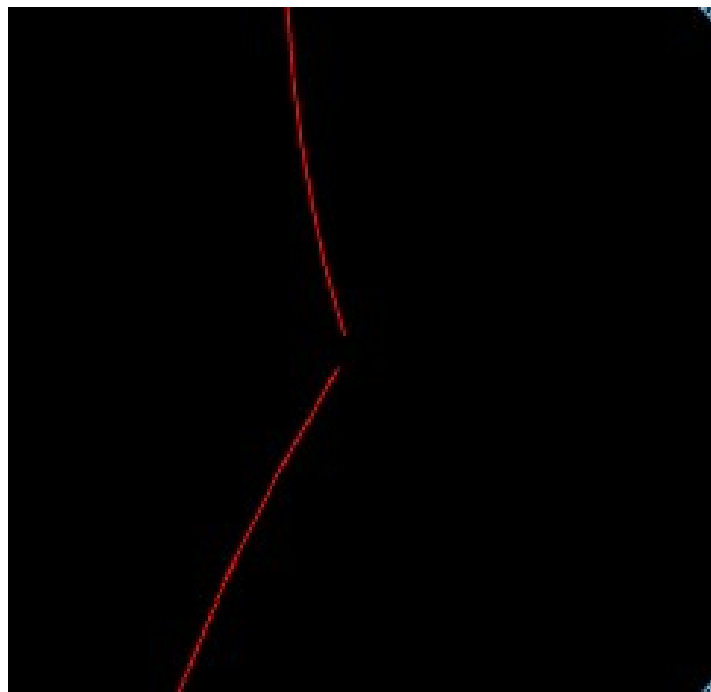


A "valóság" jóval bonyolultabb



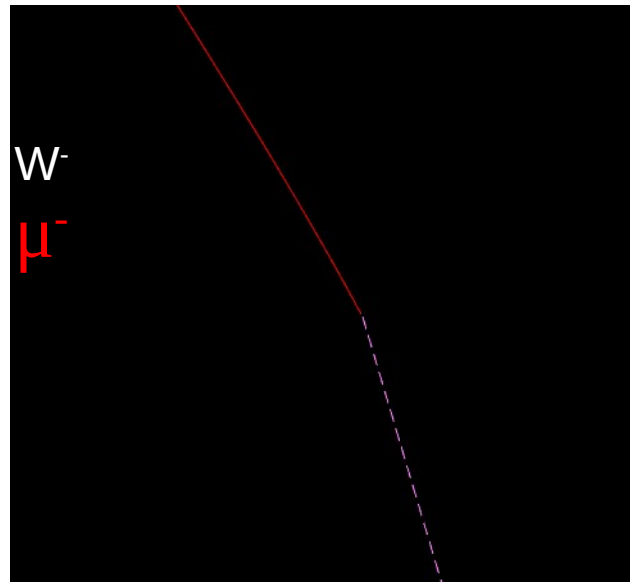
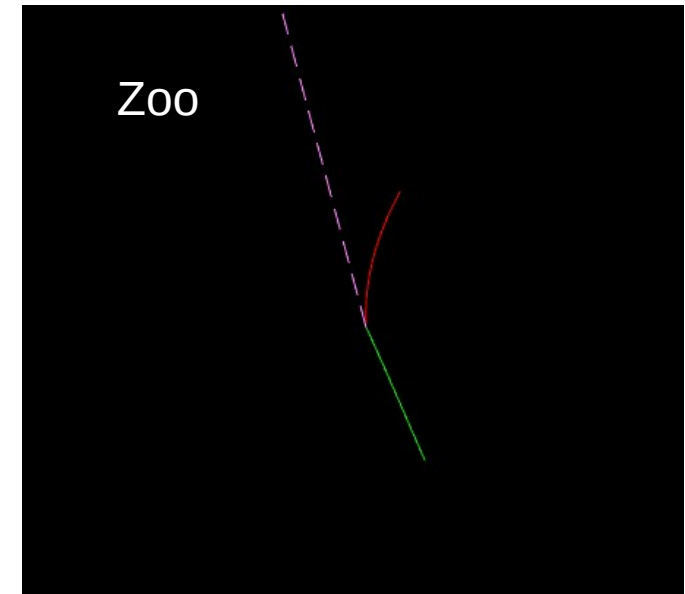
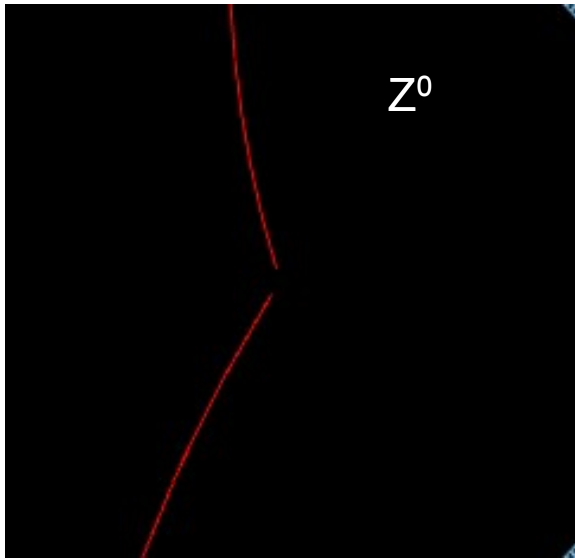
- Részecskepályák dzsungele - hogy találunk itt W-t vagy Z-t?
 - Szerencse: a részecskék nagy többsége hadron
 - Minket az elektronok (vagy müonok) érdekelnek

A "valóság" jóval bonyolultabb



- Részecskepályák dzsungele - hogy találunk itt W-t vagy Z-t?
 - Szerencse: a részecskék nagy többsége hadron
 - Minket az elektronok (vagy müonok) érdekelnek
- Szoftveres azonosítás segítségével kiválogathatóak a nekünk kellő részecskék - könnyebben rekonstruálható a W, Z ...

Néhány jellemző kép



A mérés menete

- A CMS kísérlet egy-egy eseményéről kell döntést hoznunk
 1. Milyen részecskéket látunk/sejtünk?
 W^+ , W^- , Z^0 , vagy valami egyéb ("zoo")?
 2. Elektronos vagy müonos bomlást látunk?
 3. Mekkora a talált részecskepárból (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$) *rekonstruált tömeg*?
Ezt a számítást a program elvégzi
 4. Az eredményeket egy táblázatba rögzítjük
- A mérések végén összesítjük a mérőpárok adatait
(Akár 1000 körüli esemény is lehet)
- A következő fontos kérdésekre keressük a választ:
 1. Mi a W/Z elektronos és müonos bomlásainak az aránya? ($W^\pm \rightarrow e^\pm \nu$ / $W \rightarrow \mu^\pm \nu$)
 2. Mi a W^+ és a W^- bozonok aránya? (W^+/W^-)
 3. Látunk-e a semleges részecskék *tömegspektrum*-diagramján olyan jeleket, amikből Z^0 vagy más részecske keletkezésére következtethetünk? Mennyi a tömege, ha igen?

A mérés menete

- A CMS kísérlet egy-egy eseményéről kell döntést hoznunk
 1. Milyen részecskéket látunk/sejtünk?
 W^+ , W^- , Z^0 , vagy valami egyéb ("zoo")?
 2. Elektronos vagy müonos bomlást látunk?
 3. Mekkora a talált részecskepárból (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$) *rekonstruált tömeg*?
Ezt a számítást a program elvégzi
 4. Az eredményeket egy táblázatba rögzítjük
 - A mérések végén összesítjük a mérőpárok adatait
(Akár 1000 körüli esemény is lehet)
 - A következő fontos kérdésekre keressük a választ:
 1. Mi a W/Z elektronos és müonos bomlásainak az aránya? ($W^\pm \rightarrow e^\pm \nu$ / $W \rightarrow \mu^\pm \nu$)
 2. Mi a W^+ és a W^- bozonok aránya? (W^+/W^-)
 3. Látunk-e a semleges részecskék *tömegspektrum*-diagramján olyan jeleket, amikből Z^0 vagy más részecske keletkezésére következtethetünk? Mennyi a tömege, ha igen?
- Az elméleti fizikusok ezeket kiszámolták (Standard modell)
 - **Az elmélet helyességének próbája a kísérlet!**
Ezért is fontosak az ilyen kísérleti válaszok.
 - A pontos értékek meghatározásához események millióit kell megvizsgálni!
Nekünk csak néhány százra lesz egyesített erőnk

Eredmények

- A mérések végeztével egyesítjük a helyi és többi intézet eredményeit
- A videokonferencián a CERN szervező moderátora fogja ismertetni a kapott adatokat, és közösen elemezzük őket

A visualization of particle tracks from a detector, likely a bubble chamber or cloud chamber. Numerous bright, glowing lines radiate from a central point, representing the paths of ionizing particles. The tracks are primarily yellow and white, with some red and blue highlights. The background is dark, and the overall effect is one of a complex, energetic event.

Köszönöm a figyelmet!

Ebéd után látogatás a Van-de-Graaf gyorsítónál.