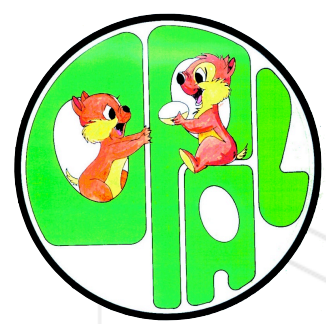
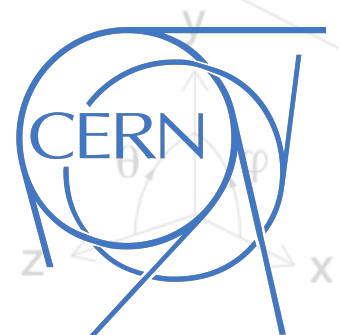




Felbomlott fotonok a LEP-nél

Ifj. Krasznahorkay Attila



CERN25 - Magyarok a nagyenergiás fizika élvonalában

Presamplers¹

Solenoid and
pressure vessel



Visszatekintés



- Az előadás főként egy visszatekintés lesz
 - Az egyik legutolsó OPAL / LEP adatfeldolgozásként is már több mint 10 éve végetért amiről beszélni fogok
- Ez ugyanakkor ad némi költői szabadságot azzal, hogy pontosan miről beszéljek... 😊

Jet chamber

Vertex chamber

Microvertex chamber

Z chambers

Solenoid and pressure vessel

Presamplers²



Én és a részecskefizika



- Részecskefizikáról először Horváth Dezsőtől tanultam
 - A Debreceni Egyetem “Bevezetés a részecskefizikába” tárgyában
- Negyedéves hallgatóként Dezső javasolta, hogy pályázzam meg a CERN nyári diák programját
 - <https://home.cern/summer-student-programme>
- A program keretében 2 hónapot töltöttem a CERN-ben 2003 nyarán
 - Itt kezdtem neki az OPAL utolsó években gyűjtött adatait analizálni, az első dologként amit a részecskefizika körül tettem
- Ez az adatfeldolgozás lett az alapja a diplomamunkámnak, és részben a későbbi doktori értekezésemnek is
- Az OPAL-ban megismert nyári diák témavezetőm javaslatára pályáztam meg azután egy doktori ösztöndíjat az ATLAS kísérlethez, ahol változó minőségekben azóta is dolgozom
 - <http://careers.cern/career-level/doctoral-students>

Jet chamber

Vertex chamber

Microvertex detector

Z chambers

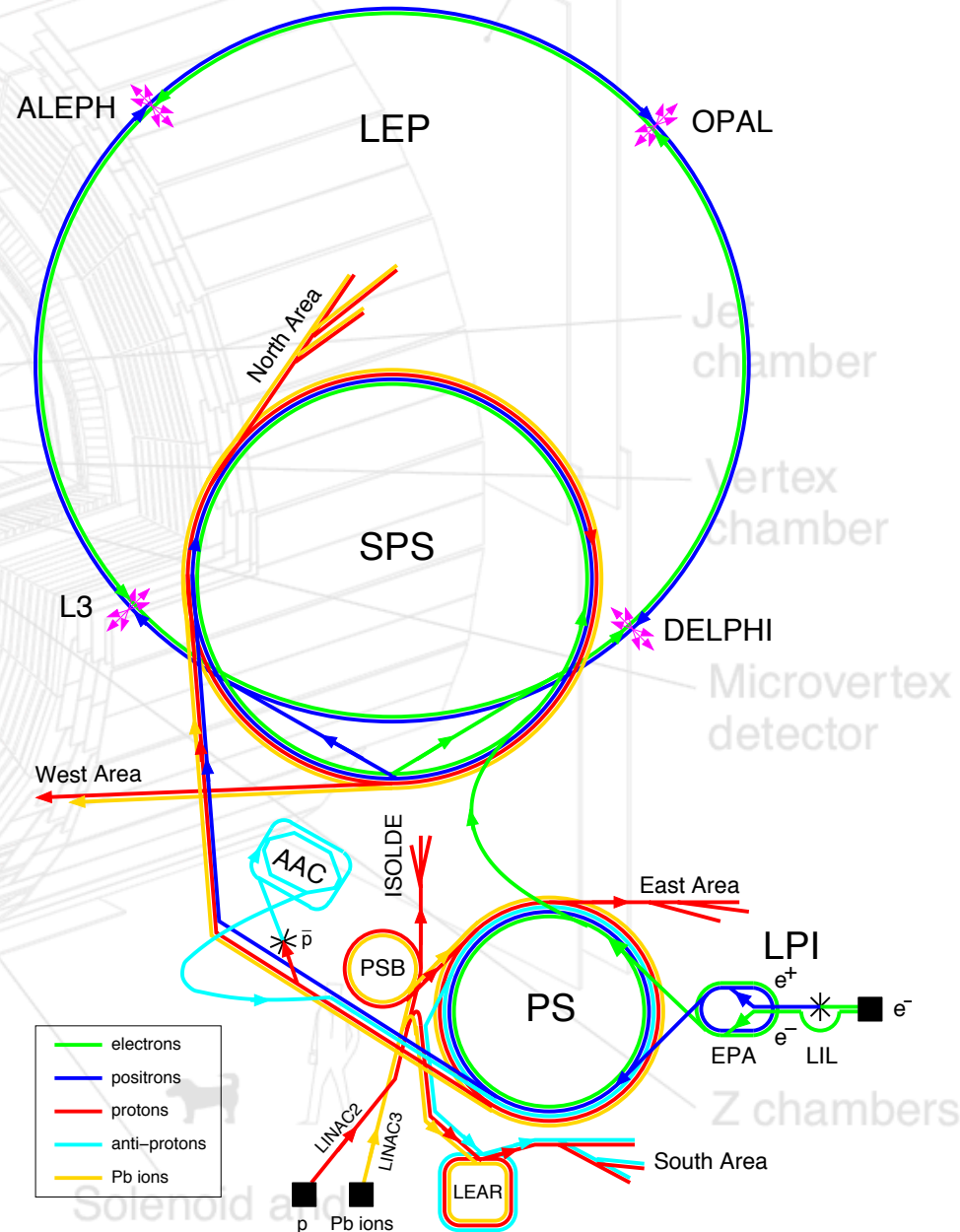
Solenoid and pressure vessel

Presamplers

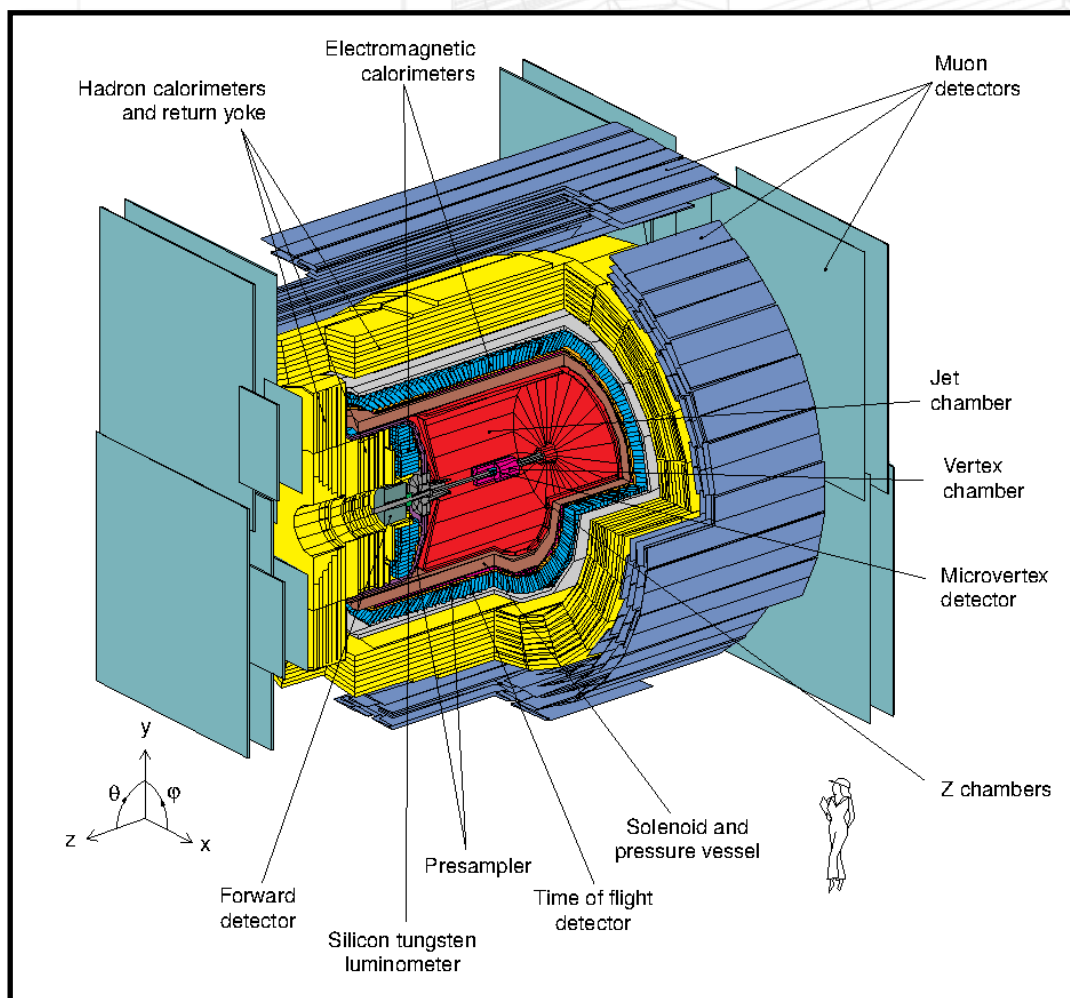
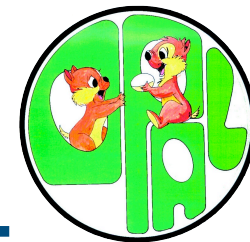
A LEP



- A CERN zászlóshajó gyorsító komplexuma volt 1989 és 2000 között
 - Elektronokat ütköztetett pozitronokkal 90 GeV-es tömegközépponti energiától egészen >200 GeV-es energiáig az életideje alatt
- Sok elemében ugyanazokat az előgyorsítókat használta mint az LHC is jelenleg
- Magyarország az L3 és az OPAL kísérletekben vett részt főként (amennyire tudom...)



Az OPAL detektor

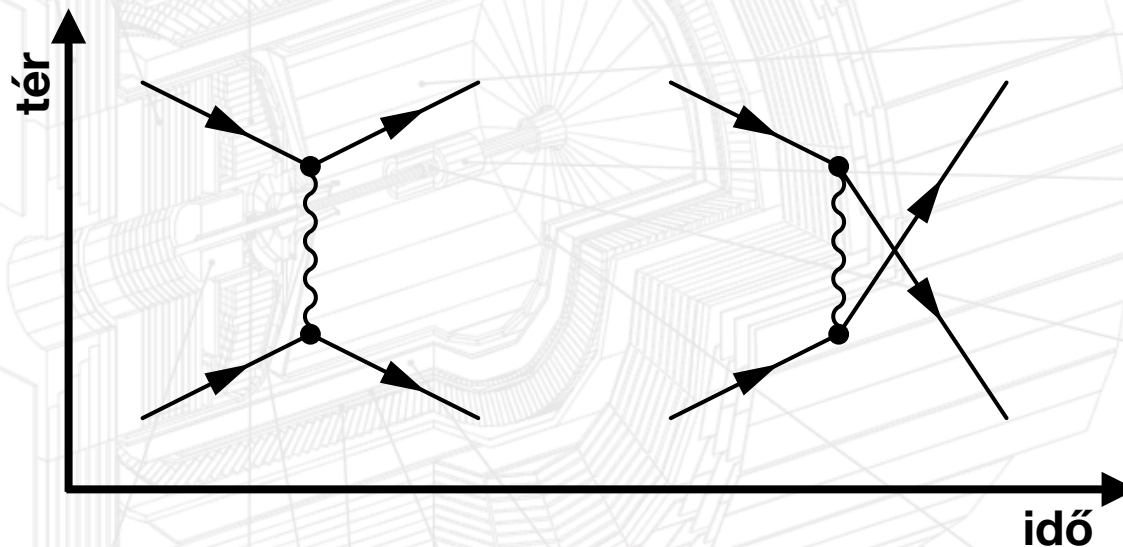


- A mai nagy LHC detektorokhoz nagyon hasonló felépítésű volt
 - A legbelső nyomkövető detektorokat kaloriméterek, azokat pedig müon detektorok vették körbe
- Mivel 2003-ra már lebontották, sajnos sosem láttam magát a detektort
 - De az adatainak feldolgozása még javában zajlott 2003-ban...

Virtuális fotonok



- A kvantumtérelmélet keretei között úgy írjuk le két fermion kölcsönhatását, hogy azok (egy) virtuális bozont cserélnek egymással



Jet chamber

Vertex chamber

Microvertex detector

- A kicserélt bozonok “virtuálisak”, mivel nem kell egy valódi bozon tömegével rendelkezniük

- Például a kicserélt fotonok négyesimpulzusában tömeg tartozik hozzájuk

chambers

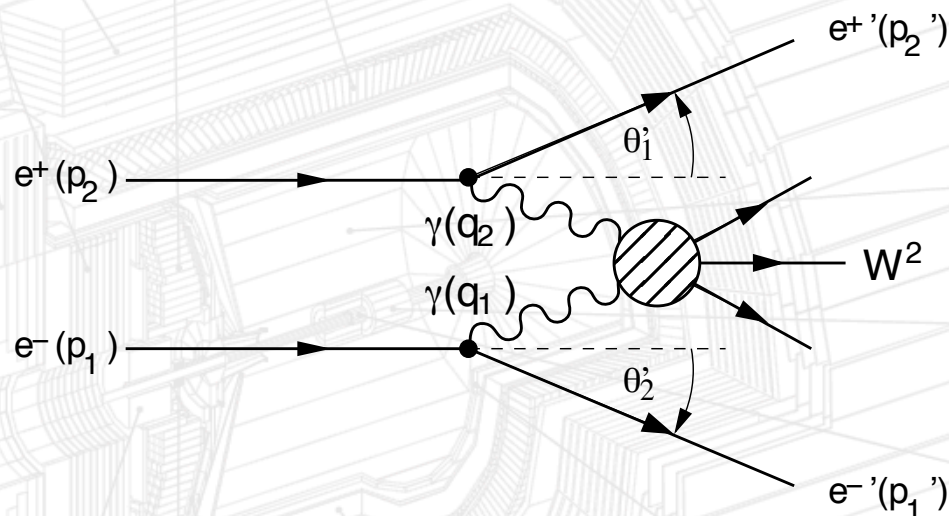
Solenoid and pressure vessel

Presamplers

Rugalmatlan szóródás



- A következő folyamatot kerestük/vizsgáltuk:



- Eseményeket amikben a gyorsított elektron-pozitron pár nem semmisül meg, hanem rugalmatlanul szóródik egymáson
- A folyamat valójában nagyon gyakori volt a nagyenergiás LEP-nél gyűjtött adatokban. A gyorsított elektronok sokkal nagyobb valószínűséggel szóródtak egymáson, mint hogy megsemmisüljenek

Jet chamber

Vertex chamber

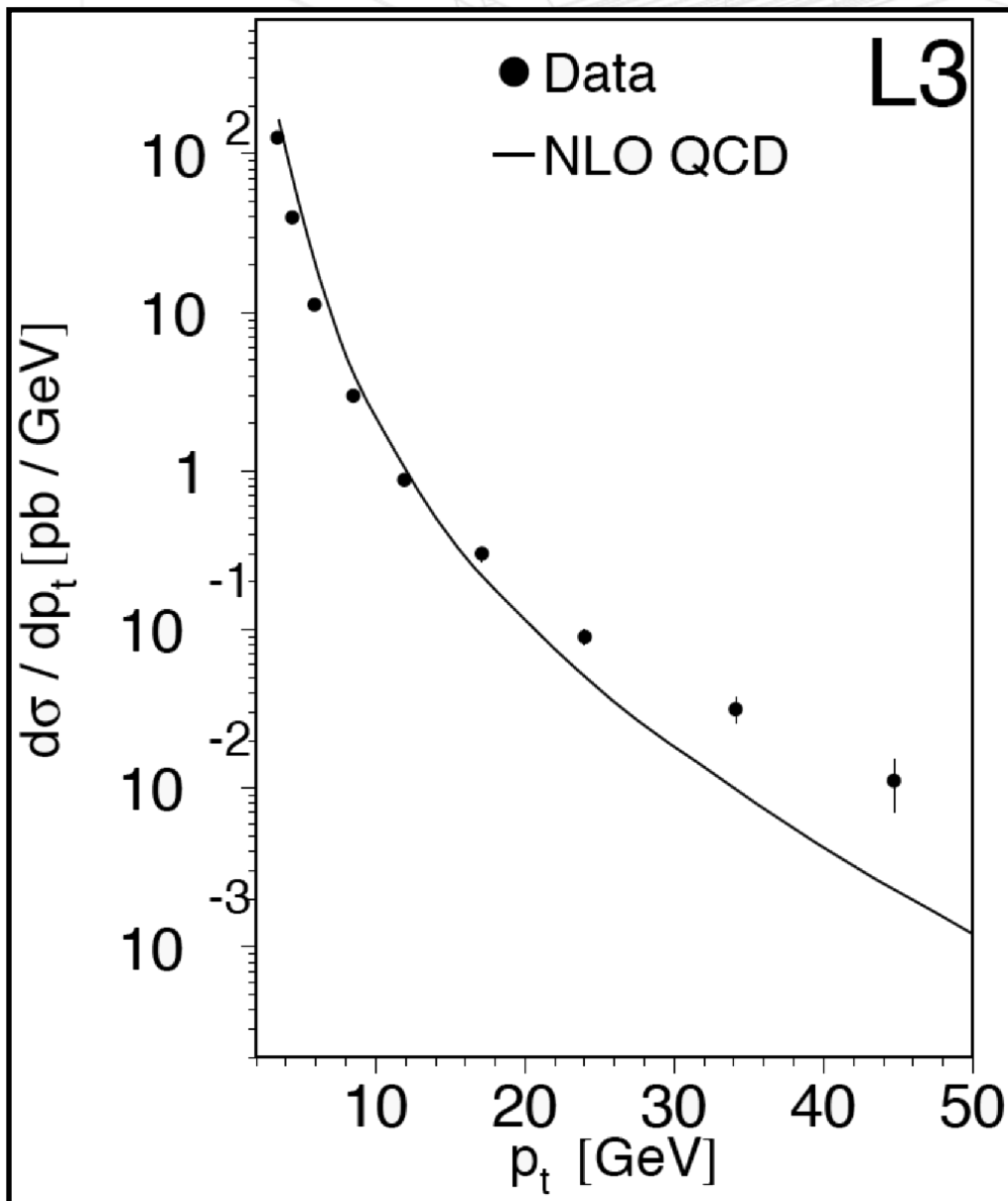
Microvertex detector

Z chambers

Solenoid and pressure vessel

Presamplers

Az L3 eredménye

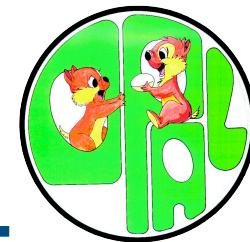


- Az L3 kísérlet arról számolt be röviddel az analízisem megkezdése előtt, hogy kevés “látható energiát” produkáló foton-foton kölcsönhatásokban több hadronzáport látnak nagy energiánál mint várták

- [arXiv:hep-ex/0410012](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0410012)

- Ezt a mérést kaptam meg, hogy megismételjem az OPAL adataival

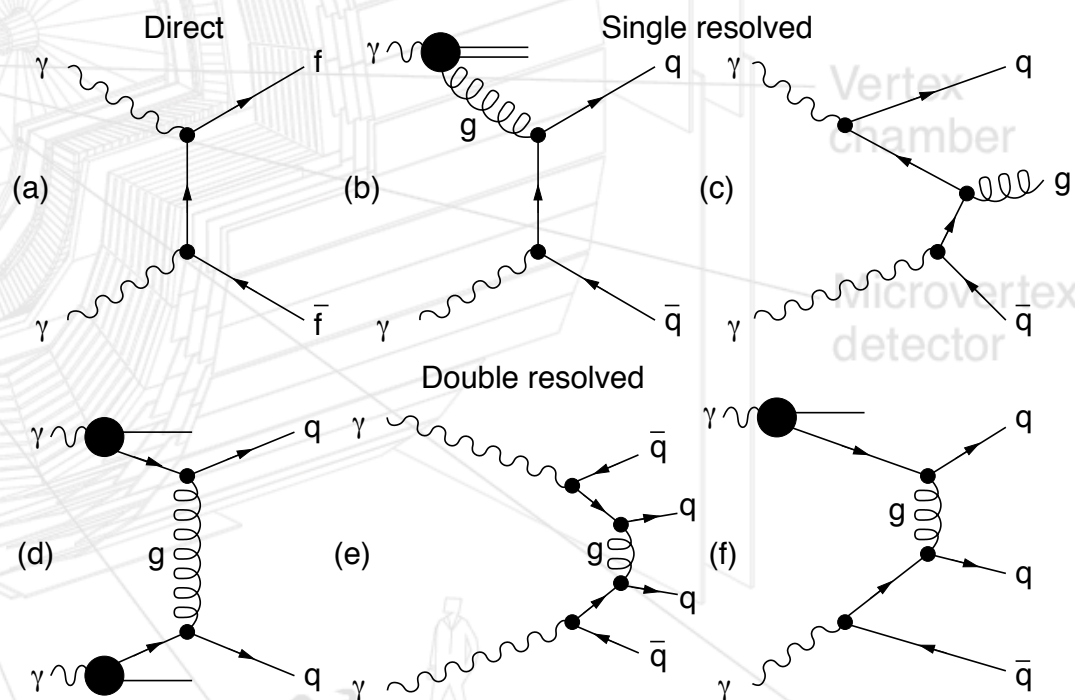
Felbomlott fotonok



- De hogyan jönnek létre a hadronzárporok foton-foton kölcsönhatásokban?
- A Heisenberg féle határozatlansági tétel értelmében a fotonok rövid ideig felbomolhatnak egy fermion - antifermion párra
 - Virtuális fotonok esetén megengedett, hogy a létrejött fermionok kölcsönhassanak egy másik fotonnal
 - A folyamatban új fermionok (kvarkok) jelenhetnek meg a gyorsított elektronok energiaveszteségének kárára

$$\gamma = \text{wavy line} + \text{wavy line} \begin{array}{c} \bar{f} \\ \bullet \quad \bullet \\ f \end{array} \text{wavy line} + \text{wavy line} \bullet \text{wavy line} + \dots$$

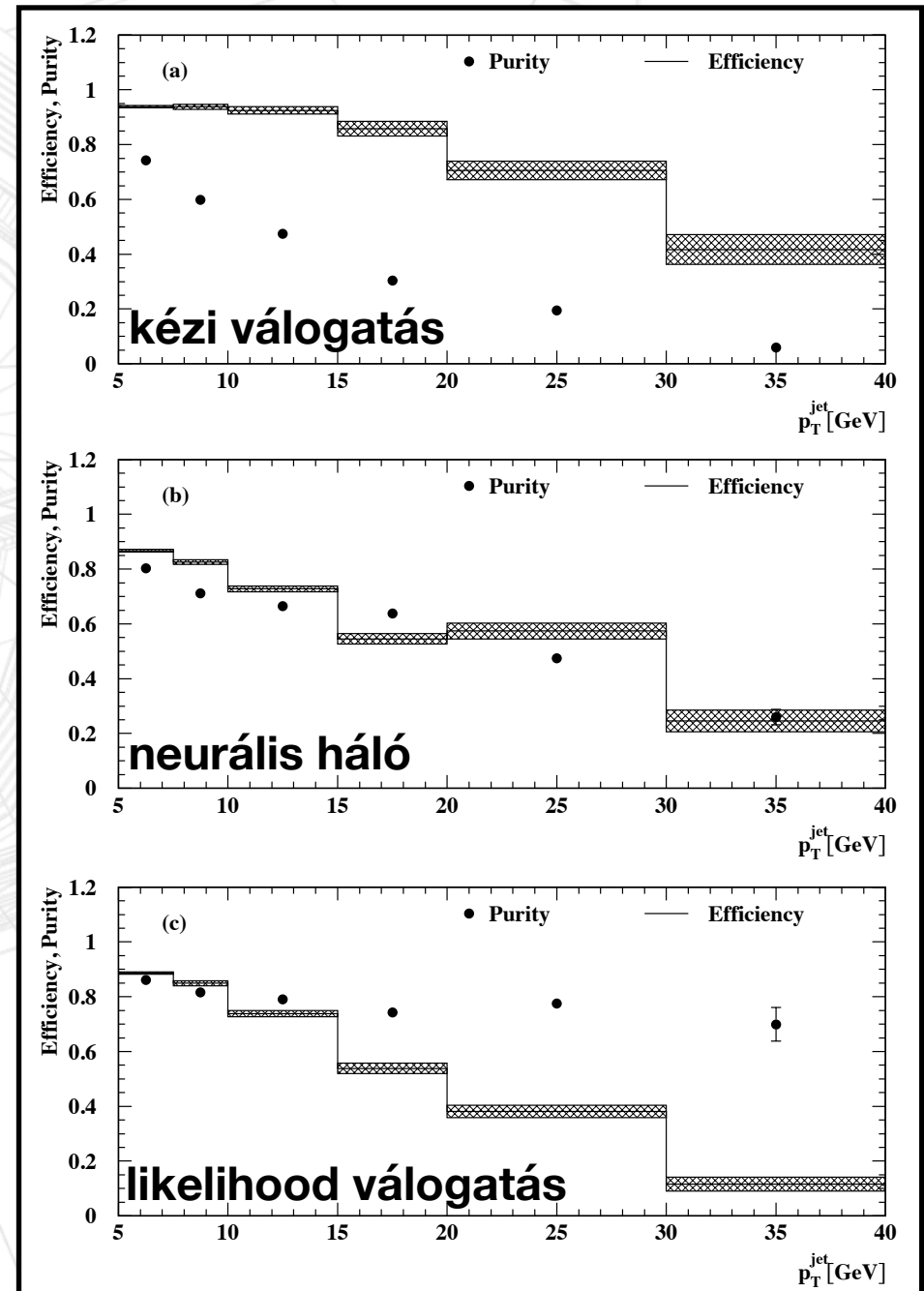
$\rho, \omega, \phi, J/\psi$



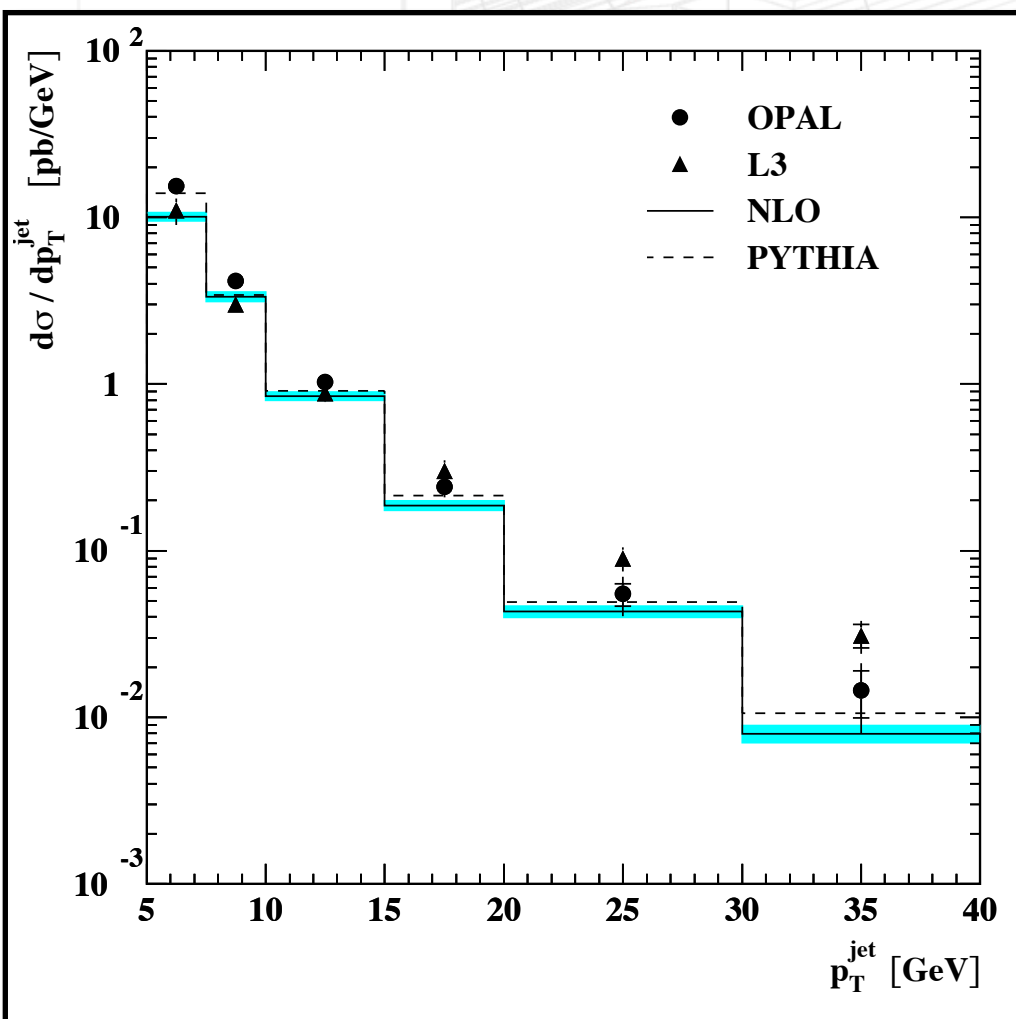
Gépi tanulás Fortranban



- Ezeket a fajta eseményeket nem könnyű azonosítani
 - Az elektronok elég kis szögben szóródnak, hogy ne hagyjanak nyomot az előremeneti detektorokban
- Kipróbáltam néhány különböző típusú gépi tanulási módszert a gyűjtött események osztályozására
 - Mégmielőtt a “gépi tanulás” kifejezés megjelent volna a köztudatban... 😊
 - Végül egy likelihood alapú válogatás bizonyult a legjobbnak



Eredmény



- Sajnos az L3 által mért eltérést nem sikerült reprodukálnunk a végső OPAL analízisben
 - [arXiv:0706.4382](https://arxiv.org/abs/0706.4382)
- Számomra végső soron a legnagyobb haszna annak volt, hogy saját magam mehettem végig egy teljes adatfeldolgozáson
 - Az LHC analízisekben nagyon ritka, hogy valaki egymagában csinálna mindent

Adatfeldolgozás akkor és most



- Az előadás elkészítése nagyon elgondolkoztatott...
 - Lenyűgözőnek találom, hogy a LEP életideje alatt mekkora változásokon esett át a számítástechnika amivel az adatokat feldolgoztuk
 - Ehhez képest mennyire nehéz manapság akár csak kis változtatásokat is véghezvinni a szoftvereinkben 🤔
- Ez mindenképpen azt mondja nekem, hogy mernünk kell radikális új dolgokat kipróbálnunk
 - Hiszen olyan sokszor bejött már a számításunk...



Konklúzió



- A Debreceni Egyetemről többünknek is a LEP két-foton programja adott diplomát és doktori címet
- Remélhetőleg az LHC fizika programja ugyanígy fogja (továbbra is) segíteni a jelenlegi diákokat
 - Mint most hétfőn emlékeztettek, a foton-foton fizika továbbra is szolgáltat analíziseket... az LHC/ATLAS nehézion programjában legalábbis.

beam chamber

Vertex chamber

Vertex chamber

Microvertex detector

Z chambers

Solenoid and pressure vessel

Presamplers