

Search for new Physics with the CMS detector at the LHC

4. féléves beszámoló

Farkas Krisztián (farkask4@gmail.com)
Részecskefizika és csillagászat PhD program
Témavezető: Dr. Pásztor Gabriella

1. Szuperszimmetrikus részecskék keresése

1.1 Trigger hatásfok mérés

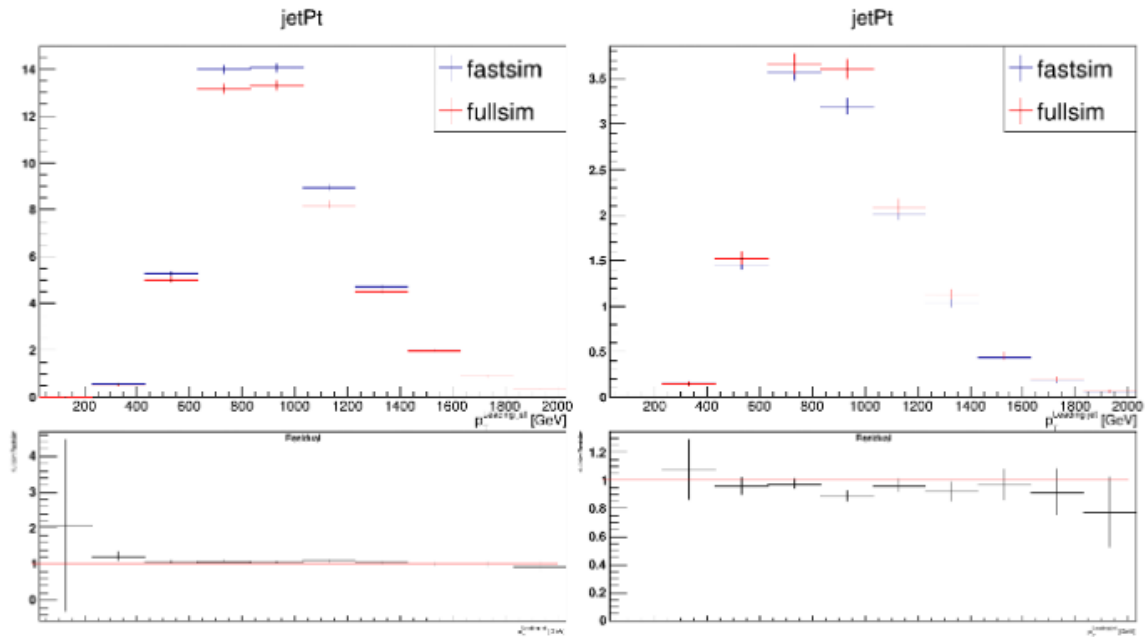
Doktori kutatásom megkezdéseként bekapcsolódtam Dr. Pásztor Gabriella, valamint Bartók Márton és Major Péter doktoranduszok szuperszimmetrikus részecskék utáni kutatásába.

Elsőként a 2016 és 2018 között felvett adatokban végeztem el az eseményrekonstrukciónál használt foton-triggererek hatásfokának mérését évenkénti bontásban. Ezek minél pontosabb ismerete fontos az eseményrekonstrukció és a keresett jel hatásfokának meghatározása szempontjából. Minden trigger hatásfokát meghatároztam a transzverzális impulzus, a pszeudorapiditás illetve a vertexek számának függvényében.

Fontos továbbá a különböző triggererek “vagy” operációval csatolt működése, mivel együttes teljesülésüket megkövetelve növelhető a hatásfok a $p_T = 250-400$ GeV régióban.

1.2 Fullsim – fastsim összehasonlítás

A 2020-2021. tanév őszi félévében elkezdtem az analízishez kapcsolódó teljes (fullsim) illetve gyors (fastsim) Monte Carlo szimulációk összehasonlítását a háttér, illetve a SUSY jel folyamatok esetén. Míg a teljes Geant4 szimuláció részletesen figyelembe veszi a detektor felépítését, addig a gyors változat a kísérleti felbontás paraméterezésére épít elsősorban. A szimulációk jóslatát több lépésben, az analízisnél használt vágások egyenkénti hozzáadásával végeztem el, így vizsgálva azok hatását külön-külön az esemény és az abban szereplő objektumok jellemző tulajdonságainak a függvényében.



1. ábra Fullsim - fastsim esemény ráták összehasonlítása az összes eseményre (bal oldalon) és az analízis vágások után a jel régióban (jobb oldalon) szimulált gluinópár eseményekben a jetek számának eloszlása a p_T függvényében 2017-ben. A szimuláció felgyorsítása csupán kis hatással van a SUSY jel modellezésére. Az ebből fellépő szisztematikus torzítás nem szignifikánsan p_T függő a jel tartományban, inkább a normalizációt befolyásolja.

A fullsim-fastsim összehasonlításhoz kapcsolódik egy további vizsgálat, ami a fastsim esetében használt különböző MET objektumok kiválogatásának összehasonlítását célozta meg. Ennél a szimulációnál két különböző MET létezik: pFMET (a particle flow algoritmus által rekonstruált összes részecske MET-je) illetve genMET (az összes szimulációban generált végállapotú részecske MET-je). A kérdés az volt, hogy ezek közül melyik használatának segítségével kapunk jobb egyezést a fullsim összehasonlítással. 2016-os adatokra a CMS által javasolt megoldás a két változat átlaga. Ezt az én vizsgálataim is igazolták, valamint, habár csekély a különbség, de 2017-18-ra alkalmazva is az hozta a legjobb eredményt.

1.3 b-jet tagging

A 2019-2020. tanév tavaszi félévében vizsgáltam továbbá b-jetek azonosításának határfokát, mivel ennek minél pontosabb ismerete kiemelten fontos a Higgs-bozont eredményező szuperszimmetrikus folyamatok vizsgálatánál (hiszen a $H \rightarrow bb$ bomlást követeljük meg), így mind a keresett jel, mind a háttér (pl. $t \rightarrow Wb$), folyamatok B-hadronokat tartalmazó jet-eket eredményeznek.

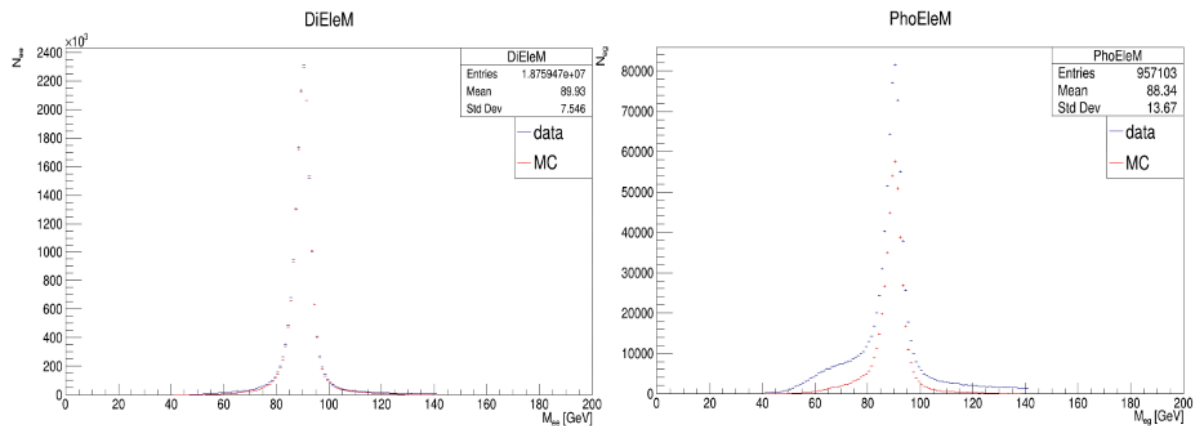
1.4 Foton félreazonosítási ráta

A vizsgált folyamat hatáskeresztmetszetének méréséhez pontosan kell ismerni a kiválasztott eseményekhez hozzájárulást adó háttér nagyságát. Az egyik háttérforrás az $e + bb + E_{\text{miss}}$ végállapot, ahol az elektront tévesen fotonként rekonstruáljuk. Ezen háttér meghatározása céljából, $Z \rightarrow ee$ eseményeket vizsgálva a CMS adatokban és Monte Carlo szimulációval készített mintában az elektronok félreazonosítási rátáját kezdtem el megmérni az úgynevezett "tag-and-probe" módszer segítségével. Ennek lényege, hogy először a „tag” részecskére egy szigorú, de nagy tisztaságú feltételt követelünk meg, majd ehhez a részecskéhez párosítunk egy lazább feltételekkel válogatott, de nagyobb hatásfokú „probe” részecskét úgy, hogy a párok invariáns tömegeloszlásainak csúcsa a Z-bozon tömegénél, 91 GeV körül van. Jelen esetben a

probe elektron vagy foton jellegét vizsgálva két eloszlást kaptam, egyet az elektron-elektron illetve egyet az elektron-foton párokra. A félreazonosítási ráta ezek után az alábbi egyenlet szerint számolható, ahol N a két eloszlásban szereplő részecskepárok száma:

$$f_{e \rightarrow \gamma} = \frac{N_{Z \rightarrow e\gamma}}{N_{Z \rightarrow ee}}$$

Az elektron-elektron illetve elektron-foton párokra kapott eloszlások a 2. ábrán láthatóak.



2. ábra A tag-and-probe válogatás utáni elektron-elektron (balra) és elektron-foton (jobbra) párok invariáns tömeg eloszlása 2016-os adatban, illetve Monte Carlo szimulációban.

2. CMS megépítendő TEPX detektorának kiolvasása

Az ELTE-n felállított laborban a HL-LHC fázishoz megépítendő TEPX precíziós nyomkövető és luminozitásmérő detektor kiolvasó elektronikájának tesztelését készítjük elő. Az eszközök összeállítása megtörtént és a mérések elkezdése folyamatban van.

3. Luminozítás kalibráció offset scan

A van der Meer (vdM) módszerrel lehet kalibrálni a részecskegyorsítók pillanatnyi luminozításának mérésére szolgáló detektorok látható hatáskeresztmetszetét. A vdM scan során a nyalábokat egymásra merőleges x-y irányokban szétválasztják, így meghatározható a nyaláb átfedési integrálja a luminométerek beütési rátájának méréséből. A módszer alapvető feltevése, hogy a nyalábproton-sűrűség eloszlás faktorizálható x-y komponensekre. Ennek a feltételezésnek a torzítását fogom megmérni a 2017-18-as CMS luminozításméréshez az ún. offset-scan analízissel.

4. Tanulmányi tevékenység 2020-21. 2. félév

- A Standard Modellen túl (6 kredit)
- Rácstérelmélet (6 kredit)
- Mélytanulás és gépi tanulás a tudományokban (6 kredit)
- Irányított kutatómunka – negyedik szemeszter (18 kredit)

5. Oktatási tevékenység

- Klasszikus fizika laboratórium 2020-2021 őszi félév – a mérések bemutatása, a hallgatók munkájának felügyelete, segítése, a jegyzőkönyvek javítása (heti 4 óra)
- Klasszikus fizika laboratórium 2020-2021 tavaszi félév – online mérésekben való részvétel, mérési adatok kiadása, jegyzőkönyvek javítása

6. Konferencia részvétel

- CMS SUSY Workshop 18-20 September, Santander, Spain
- 3rd Tracker Update DAQ School 7-9 October, 2019 CERN, Genf, Svájc
- 19. Zimányi School Winter Workshop on Heavy Ion Physics 2-6 December, 2019, Budapest
- LHCP 2020 Conference, 25-30 May, 2020, held online (originally planned to be in Paris, France)
- CMS Data Analysis School 2020 September 23-30, held online

7. Konferencia előadások

- SUSY measurements with photons (konferencia poszter), LHCP 2020 Conference, 25-30 May, 2020, held online (originally planned to be in Paris, France).
- SUSY measurements with the CMS detector 19. Zimányi School Winter Workshop on Heavy Ion Physics 2-6 December, 2019, Budapest

8. Publikációk

- CMS Collaboration, The Phase-2 Upgrade of the CMS Beam Radiation Instrumentation and Luminosity Detectors: Conceptual Design, CMS-TDR-19-003
- K. Farkas (on behalf of the CMS Collaboration), SUSY measurements with photons, in Proceedings of LHCP 2020 Conference, [PoS\(LHCP2020\)219](#)