

Úkol

1. Zpracujte přibližně 50 událostí z detektoru ATLAS programem Hypatia
2. Pomocí programu ROOT zobrazte histogram invariantních hmotností pro různě velké statistické soubory
3. Identifikujte výrazné píky a přiřaďte je očekávaným částicím
4. Zjistěte chybu střední hodnoty invariantní hmotnosti pro nalezené částice pro různě velké statistické soubory
5. Vyneste zjištěné chyby do grafu jako funkci počtu událostí a srovnejte je s Poissonovým rozdělením

Teorie

Elementární částice důležité pro toto praktikum jsou Z boson, Higgsův boson a J/ψ a Υ mesony. Z boson zprostředkovává interakci mezi neutriny, má hmotnost $91 \text{ GeV}/c^2$. Higgsův boson je poslední objevená částice standardního objemu, má hmotnost $125 \text{ GeV}/c^2$. Hmotnosti částic J/ψ a Υ jsou $3,01 \text{ GeV}/c^2$, resp. $9,46 \text{ GeV}/c^2$.

Tyto částice mají krátkou dobu života, detekují se tedy jen jejich rozpadové částice. Podle druhu těchto částic a jejich energií můžeme zpětně určit identitu původní částice. Je proto dobré energii rozpadových částic přepočítat na invariantní hmotnost

$$m_0 = \sqrt{\left(\frac{E}{c^2}\right)^2 - \left(\frac{\vec{p}}{c}\right)^2}. \quad (1)$$

Tuto hmotnost můžeme srovnat s hmotností původní částice.

Při zpracování událostí můžeme najít rozpady na dvě nebo čtyři částice: e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, $\gamma\gamma$, $e^+e^-e^+e^-$, $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$ a $e^+e^-\mu^+\mu^-$.

Výsledky

Pomocí programu Hypatia bylo zpracováno 100 událostí ze tří souborů.

Úkol 2 a 3

Pomocí makra dostupného v praktiku byly v programu ROOT zobrazeny histogramy invariantních hmotností částic určených v úkolu 1. Příloha 1 níže obsahuje histogramy pro částici Z, příloha 3 histogramy pro Higgsův boson. První tři grafy v obou přílohách ukazují invariantní hmotnosti všech zpracovaných událostí v různém přiblížení.

Oblasti hodnot invariantní hmotnosti odpovídající předpokládaným částicím byly fitovány gaussovou křivkou. Je zřejmé, že zatímco fity polohy částice Z byly úspěšné, fit histogramu s největším přiblížením pro Higgsův boson dává nesmyslné výsledky. To lze vysvětlit tím, že ve 100 událostech se Higgsův boson nevyskytuje dostatečně krát na to, aby byl jeho odpovídající pík v histogramu dobře definován.

Následujících 6 histogramů v příloze 1 a 3 zobrazují pouze události označené jako určitý typ interakce, viz teorie. Ačkoliv tyto histogramy v obou přílohách zobrazují tu samou informaci, z důvodu různého výchozího nastavení rozpětí horizontální osy a velikosti binu vypadají značně odlišně. Výchozí nastavení těchto histogramů byla ponechána z důvodu naší nedostatečné znalosti programu ROOT.

V příloze 2 a 4 jsou zobrazeny výsledky zpracování 3814 událostí. Zatímco je tento počet událostí dostatečný k pohodlné identifikaci píku částice Z, pík odpovídající Higgsové bosonu není zřetelný.

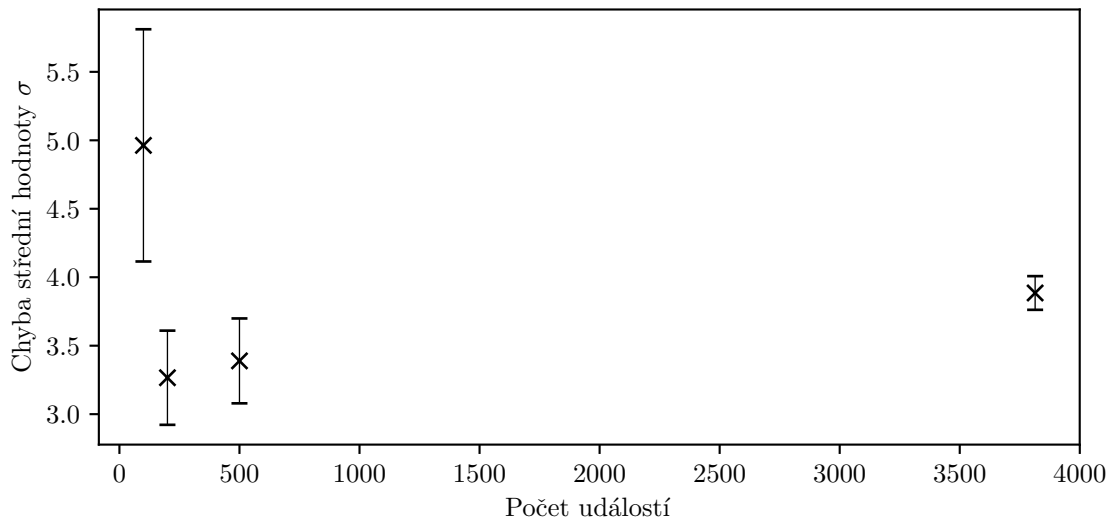
Příloha 5 obsahuje histogramy pro meson Υ a J/ψ , které jsou význačně výrazně menší invariantní hmotností než Z a Higgs. Histogramy jsou vytvořeny z 3814 událostí, pouhých 100 nestačilo na vytvoření definovaných píků.

Úkol 4 a 5

Jediná částice, jejíž pík je dobře definovaný už při 100 událostech je Z částice. Proto používáme tento pík pro určení chyby σ střední hodnoty invariantní hmotnosti pro soubory 100, 200, 500 a 3814 událostí. Použité histogramy jsou zobrazeny v příloze 6, závislost chyby na počtu událostí zaznamenaná v tabulce 1 a v grafu 1. Závislost v grafu 1 nepřipomíná Poissonovo rozdělení.

Počet událostí	Chyba střední hodnoty σ	Chyba chyby
100	4,963	0,848
200	3,266	0,344
500	3,389	0,310
3814	3,885	0,123

Tabulka 1: Tabulka chyb určení střední hodnoty invariantní hmotnosti pro různé velké soubory událostí



Obrázek 1: Graf závislosti chyb určení střední hodnoty invariantní hmotnosti na počtu událostí

Diskuse

Vzhledem k povaze úlohy byla veškerá diskuse provedena v sekci výsledků.

Závěr

Programem Hypatia bylo zpracováno 100 událostí, z těchto byly vytvořeny histogramy invariantních hmotností. Tytéž histogramy byly vytvořeny z 3814 předchozích zpracování.

Zjištěné chyby středních hodnot invariantní hmotnosti neodpovídají Poissonovu rozdělení.

Reference

- [1] Pokyny k měření “Objevování částic v detektoru ATLAS v CERN”, dostupné z https://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_401.pdf, 22. 10. 2018