

Dimionové spektrum na LHC

T. Kmenta (Gymnázium Frýdlant nad Ostravicí) kmentat@gmail.com

J. Marek (Gymnázium Česká Lípa) jiri.marek.nb@volnz.cz

J. Kubát (Gymnázium Česká Lípa) hokunb@email.cz

S.Tomašec(Gymnázium Varšavská cesta 1, Žilina) samueltomasec@gmail.com

Abstrakt:

Cílem našeho miniprojektu bylo zjistit, co se vlastně stane při proton-protonové srážce v urychlovači částic LHC, konkrétně při jeho maximální energii 14TeV. V programu Pythia jsme nasimulovali milion takovýchto srážek a poté analyzovali vznikající částice. Ve hmotnostním spektru se nám podařilo určit několik známých částic.

1 Úvod

Postupem času a lidského vývoje bylo potřeba neustále zdokonalovat a zpřesňovat přístroje a zařízení, které vědcům pomáhaly odhalovat nové obzory. Ve zkoumání ovských kosmických těles vědcům pomáhal už v 17. st. dalekohled. V 19. st. se objevily první teorie o existenci atomů, v průběhu času se vědci dostávaly stále hlouběji do struktury hmoty. V dnešní době zkoumáme na LHC částice 10^{13} krát menší než je průměr lidského vlasu.

2 Standardní model částic

• *Interakce:*

Základní interakce umožňují popsat všechny známé způsoby vzájemného silového působení částic a pole. Základní interakce je gravitace, elektromagnetická síla, slabá interakce a silná interakce. V tomto projektu jsme se zaměřili hlavně na silnou interakci. Tato síla k sobě váže například kvarky a vytváří tak protony a neutrony. Elektromagnetická interakce je o něco slabší síla a váže například elektrony k jádru či určuje vlastnosti pevných látek, kapalin a plynů. Ještě slabší interakce je Slabá interakce, která způsobuje Beta záření a má důležitou funkci v jaderných reakcích. Gravitační interakce je asi 10^{-39} x slabší interakce než silná interakce, tudíž tato síla nemá v mikrosvětě téměř žádný vliv. Tyto interakce jsou zprostředkovávány přes „Lepidla“.

• *Lepidla mikrosvěta:*

Gluony, jsou částice, které zprostředkovávají silnou interakci mezi kvarky. Což má například za důsledek to, že se spojí v nějakou vazbu proton a neutron v jádře atomu a tím jsou potřeba pro existování vesmíru. Dále mají nulovou klidovou hmotnost a nulový elektrický náboj. Mezi lepidla se dále řadí Fotony, které zprostředkovávají elektromagnetickou interakci, W a Z bosony, které zprostředkovávají slabou interakci. Gravitační se zatím nepodařilo tímto způsobem vysvětlit.

• *Kvarky:*

Kvarky jsou elementární částice a hlavní složky hmoty, tvoří takzvané hadrony, což jsou například protony a neutrony. Je celkem 6 typů kvarků - Up, Down, Strange, Charm, Top, Bottom, z nichž každý má svůj antikvark. Různé kombinace tvoří hadrony a mesony.

- **Leptony:**

Leptony jsou elementární částice, tedy další stavební částice hmoty. Dělí se na nabitě leptony (elektron, mion, tauon) a neutrina (Elektronové, Mionové, Tauonové). Každý lepton má také svůj antilepton. My jsme se při srážkách protonů zaměřili na vzniklý mionový pár (Mion a Antimion).

- **Energie částic:**

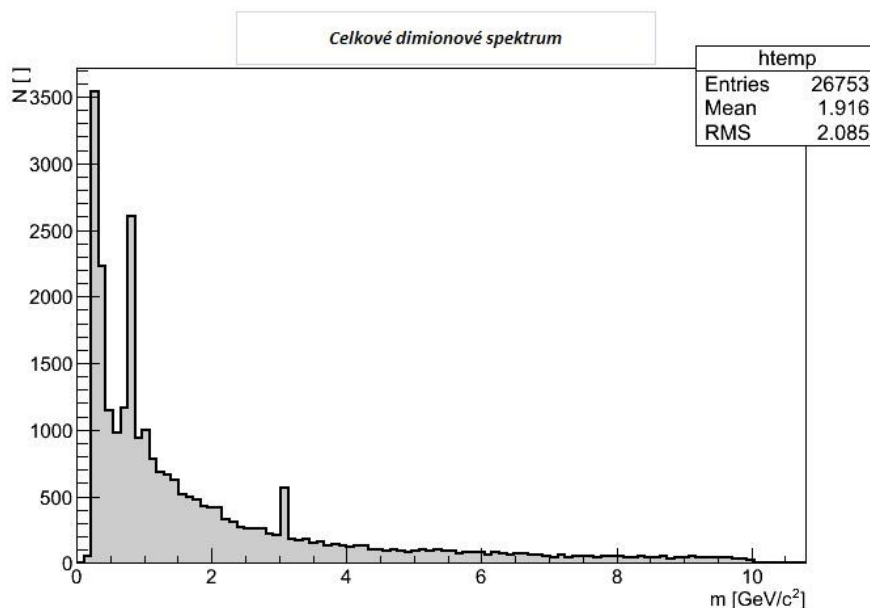
Energii částic vyjadřujeme v elektronvoltech (eV), jelikož v Joulech by to bylo velmi malé číslo. Jeden eV je energie, kterou získá elektron urychlený v elektrickém poli s rozdílem potenciálů jeden Volt. $1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19}\text{J}$.

3 CERN

CERN je výzkumné středisko v pohoří Jura na pomezí Francie a Švýcarska. Provádí se zde již řadu let výzkumy týkající se aplikované částicové fyziky a to na zařízeních jako jsou například LHC. Urychlovací komplex v CERNu byl postupně modernizován ve prospěch urychlení částic na vyšší energii a tím i větší šance na vytvoření jiných dosud nepoznaných částic. Z počátku urychlovač tvořila pouze lineární část, kde částice dosahovaly energie 50MeV, následně byl přistavěn kruhový urychlovač, který částice urychloval na vyšší energii, pozdější další větší urychlovač a nyní je přistavěn největší urychlovač na světě LHC o délce skoro 30km. Při prvním spuštění byly částice urychlovány na energii 900MeV, následně na 3,5 TeV a v současnosti běží na 4TeV na jednom protonu. Celková energie je tedy 8 TeV. Do budoucna se plánuje maximální výkon, který činí 7TeV na jednom protonu. Pro představu 1TeV je roven energii letícího komára, ovšem tento proton je trilionkrát lehčí.

4 Metoda měření

Nyní zpět k našemu problému. Údaje o srážkách jsme používali ze simulátoru Pythia, který vychází z reálných údajů z mnoha částicových experimentů. Program pochází ze Švédska a je nejpoužívanější ve svém oboru pro svoji všestrannost. Pro tento program bylo potřeba naprogramovat algoritmus, který se z požadovaných srážek protonů (v našem případě 1000000 srážek) zaměří se pouze na výpočet invariantní hmotností (1) mionových páru a následně je převede do grafu.



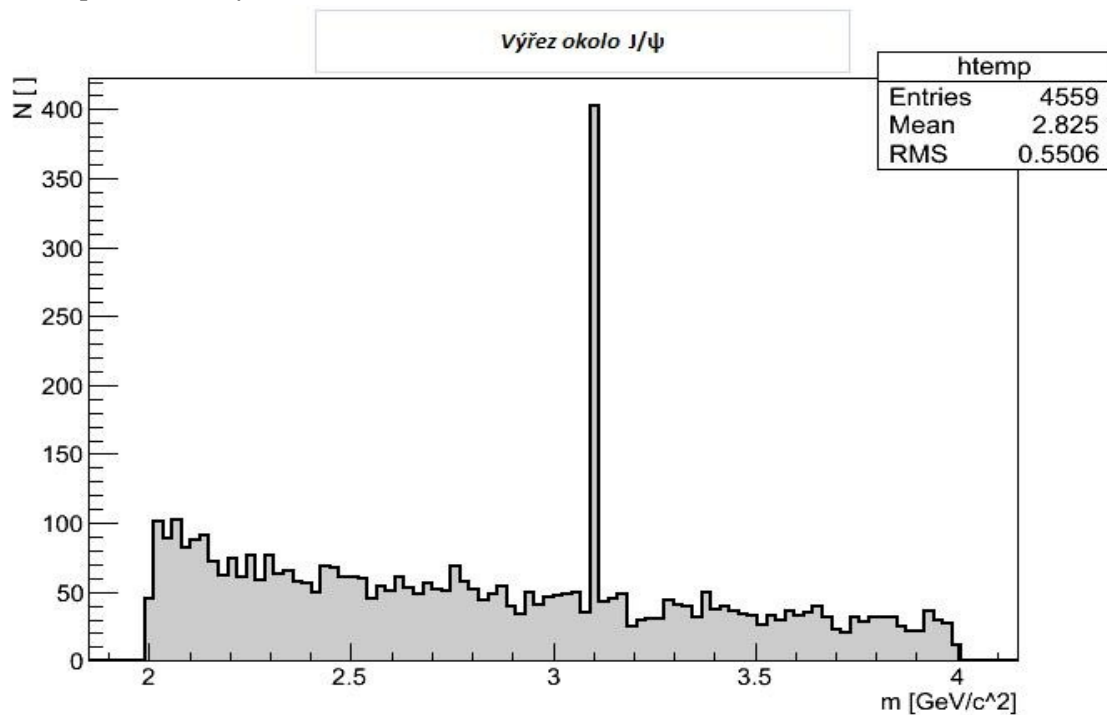
Obr.1 Spektrum invariantních hmotností mionového páru - celkový pohled

$$(1)$$

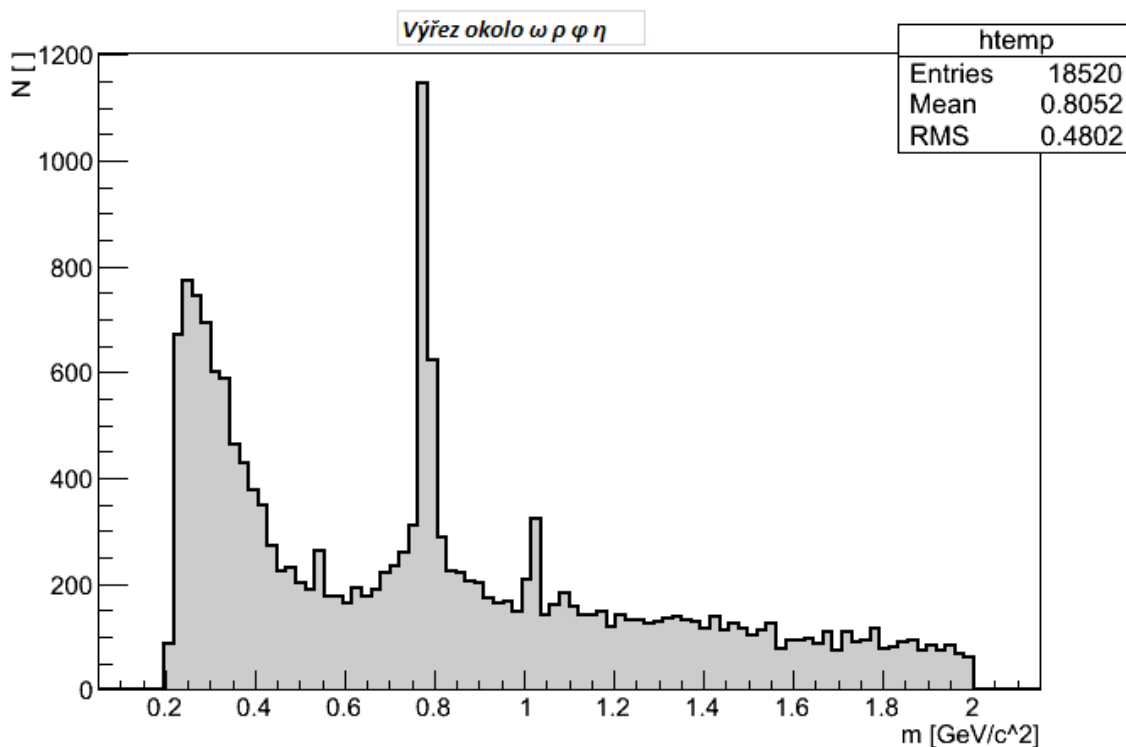
Přičemž m je invariantní hmotnost E_1 je energie prvního mionu, E_2 je energie druhého mionu, p_1 je hybnost prvního mionu a p_2 je hybnost druhého mionu.

Graf

Graf nám ukazuje počet mionových párů s danou energií. Největší část tvoří tzv. pozadí, které má exponenciální průběh. V grafu jsou ale místa, kde se mionové páry s danou energií vyskytují častěji než v ostatních energiích. Podle této hmotnosti, můžeme s použitím tabulek zjistit, jaká neznámá částice se rozpadla na onen mionový pár. Třeba energii 3096 MeV odpovídá J/ψ . Tím jsme tedy ověřili, že jednou z nejčastějších částic, která vyniká po srážce dvou protonů je opravdu J/ψ . Dále můžeme například vidět ρ či ω .



Obr.2 Spektrum invariantních hmotností mionového páru – výřez od 2 GeV do 4 GeV



Obr.3 Spektrum invariantních hmotností mionového páru – výřez od 0.2 GeV do 2 GeV

5 Shrnutí

Podářilo se nám nasimulovat dimionové spektrum a nalézt v něm 4 typy částic.

6 Poděkování

Chtěli bychom srdečně poděkovat Ing. Tomáši Jakoubkovi za trpělivost s námi.

Reference:

- [1] J. Beringer *et al.* (Particle Data Group), Phys. Rev. D**86**, 010001 (2012)
- [2] Lefevre, C ,CERN CO JE TO LHC,*Odbor komunikací* CERN 2008