

Co se stane, když se na LHC nebo na RHIC srazí dva protony?

J. Janda, Střední průmyslová škola strojnická, Olomouc

j.janda.org@gmail.com

A. Jíchová, Gymnázium Plasy

JichovaAneta@seznam.cz

A. Neoral, Gymnázium Hejčín, Olomouc

A.Neoral@seznam.cz

I. Pelikánová, Gymnázium Slovanské náměstí, Brno

pelikanovaivet@seznam.cz

D. Vít, Gymnázium Trutnov

dominik.vit@gmail.com

Abstrakt:

Tento miniprojekt byl zaměřen na seznámení s největším urychlovačem částic na světě LHC (Large Hadron Collider), který se nachází na hranicích Švýcarska a Francie. LHC urychluje protony či těžká jádra na neuvěřitelnou rychlost, takřka rychlost světla. Naším úkolem bylo nasimulovat pomocí počítačového programu PYTHIA srážku protonů a porovnat naše výsledky s daty první skutečné srážky v LHC. V této simulaci jsme zadali potřebné hodnoty energie urychlených částic a počet srážek, které jsme chtěli sledovat a výsledky jsme zadali do programu, který nám vytvořil histogram vzniklých částic. U nových částic jsme sledovali pouze jejich rapiditu, a to v rozmezí, které je detektorem ALICE nejpřesněji zachycováno.

Naším cílem bylo se co nejvíce přiblížit výsledkům z odborného časopisu The European Physical Journal C.

Úvod

Lidé se snaží již od pradávných dob zjistit, jak vznikl vesmír a jaká je jeho podstata. Za tímto účelem byla založena Evropská organizace pro jaderný výzkum se sídlem poblíž Ženevy. Úkolem laboratoře je porozumět tomu, z jakých součástí je hmota složena a jak tyto součásti spolu interagují. Pomocí detektorů lidé zjistili, že mimo základních elementárních částic – elektrony, protony a neutrony – na Zemi dopadá z kosmu velké množství dalších částic. V tomto bádání bylo navrženo, postaveno a spuštěno několik urychlovačů nabitých částic. V USA se nachází dva urychlovače Tevatron ve Fermilab a RHIC na výzkumném pracovišti Brookhavenské národní laboratoře. Tyto urychlovače umožnili objevení kvarků, které tvoří protony a neutrony, a množství dalších nabitých i nenabitých částic. V dnešní době se vědci snaží objevit Higgsov boson, který byl již vypočítán, ale nebyl zatím detekován. V rámci

tohoto snažení byl navrhnout a zkonstruován urychlovač LHC, který oproti dřívějším urychlovačům urychluje částice s nábojem na mnohem vyšší energii – až 1,4 TeV. LHC byl spuštěn v roce 2008.

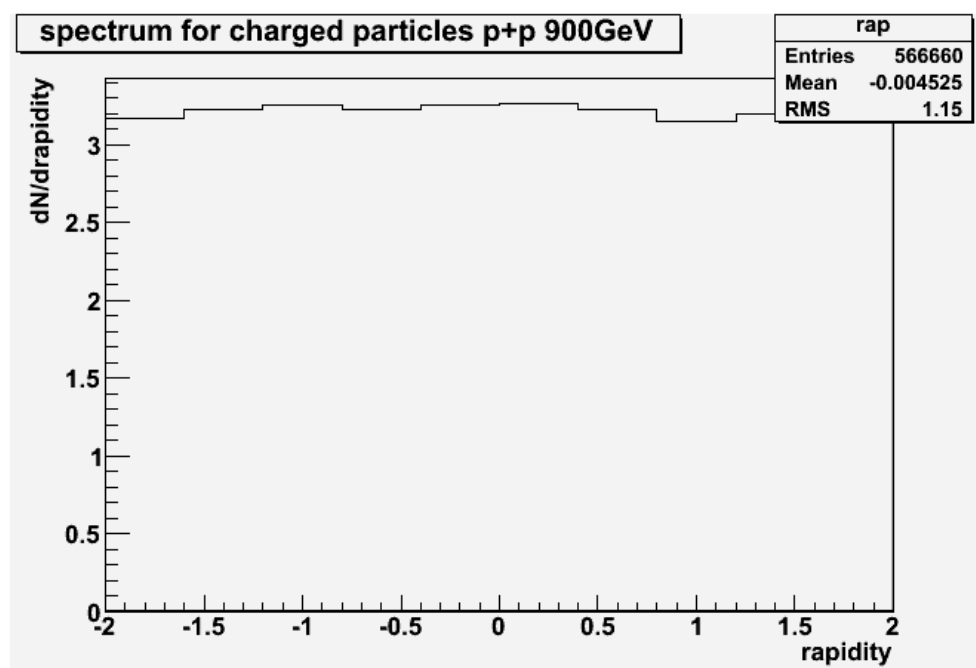
Simulace srážek na LHC

Základní kostru miniprojektu tvořil článek *First proton-proton collisions at the LHC as observed with the ALICE detector: measurement of the charged-particle pseudorapidity density at $\sqrt{s} = 900$ GeV*. Tento článek popisuje analýzu dat, které byly získány při prvním pokusu srazit protony v urychlovači. Na základě tohoto článku jsme získali data pro zadání simulace. Simulace na LHC se vytváří přes program PYTHIA, který pracuje s programovacím jazykem C++. V programovacím jazyku jsme definovali parametry částic účastnících se srážky a počet srážek. Dva svazky protonů měli každý energii 450 GeV. Výsledky srážek se zapisují do histogramů. Taktéž pomocí C++ jsme definovali, kterou část detektoru ALICE chceme v daném histogramu znázornit. Ve všech simulacích jsme se zaměřili na rapiditu vzniklých částic při srážce.

Rapidity částice je definována následujícím vzorcem:

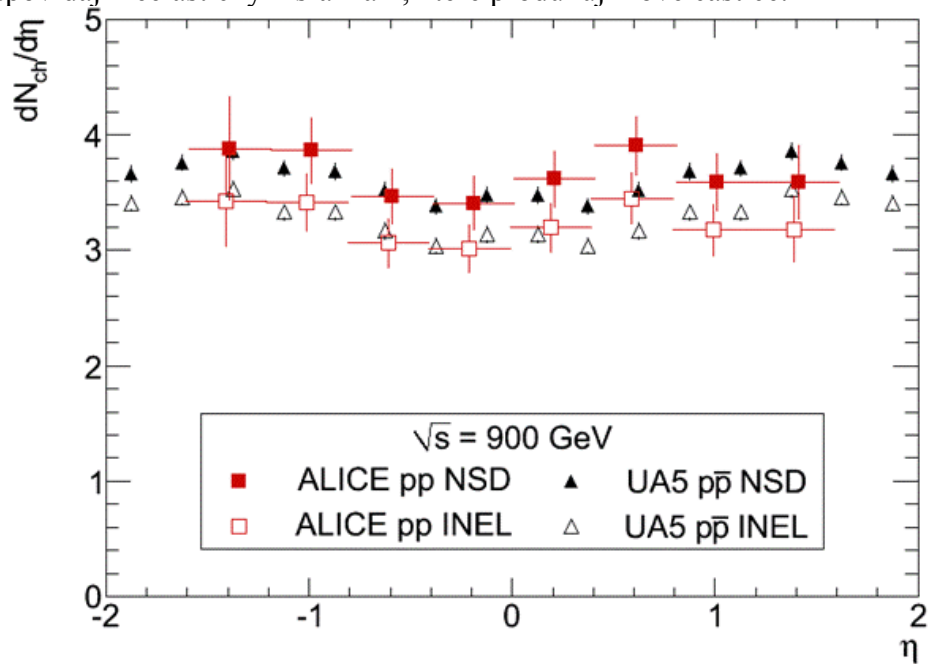
$$\eta = \log \left(\frac{E - P_z}{E + P_z} \right)$$

Základní simulace, kterou jsme prováděli byla pro srážku proton-proton (p-p) o energii 900 GeV a srážek bylo 10 000. V histogramu jsme nechali vyznačit pouze rapiditu částic od -2 do 2, protože detektor ALICE má v tomto rozmezí nejpřesnější měření. Při porovnání s histogramem reálné srážky, v naší simulaci vzniklo více částic. Abychom dostali požadovaný histogram, vyřadili jsme z histogramu částice, které jsou bez náboje a při srážce vznikly v největší míře. Tímto krokem jsme se více přiblížili k reálné srážce, ačkoliv se histogramy nerovnjají. Celkový počet nově vzniklých částic při simulaci byl 566 660.



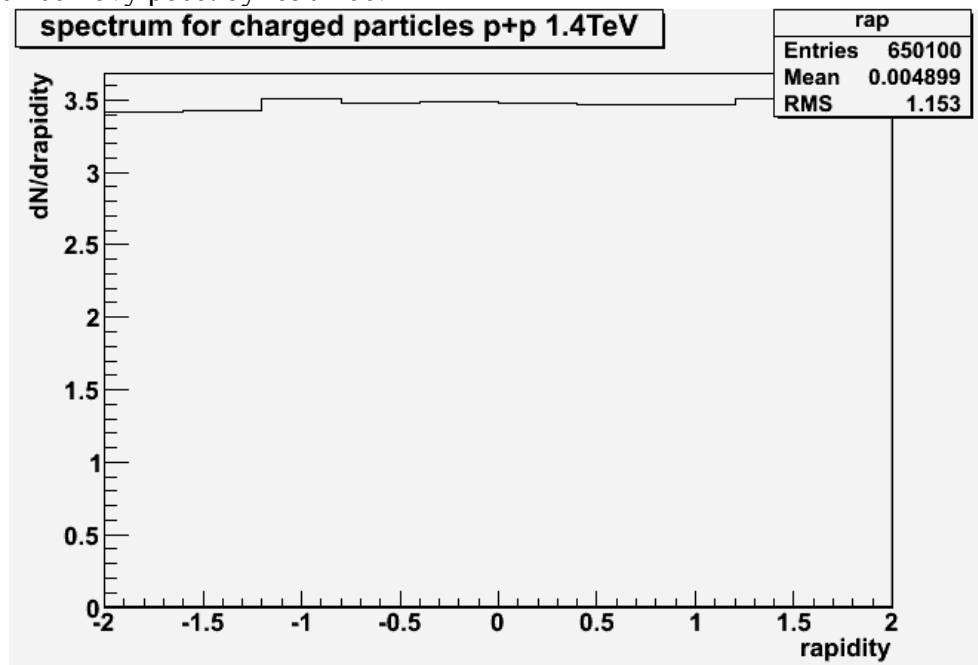
Námi vytvořený diagram p-p 900 GeV 10 000 srážek

V původním histogramu jsme sledovali bílé čtverečky ALICE p-p INEL, protože tyto hodnoty odpovídají neelastickým srážkám, které produkují nové částice.



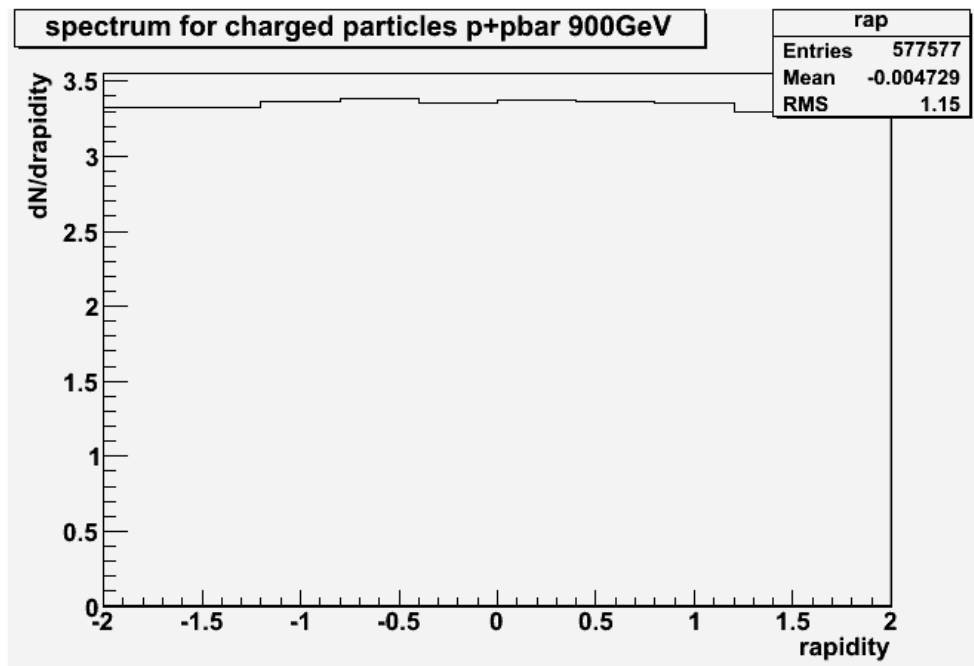
Histogram reálné srážky p-p 900 GeV, ALICE pp INEL

V dalším pokusu jsme si nasimulovali, jak by to vypadalo, kdybychom urychlily protony na maximální možnou energii LHC – 1,4 TeV, ostatní parametry jsme zachovali. Histogram rapidity byl vyhodnocen velmi podobně, jako v předcházejících případech pouze vzniklo více částic. Jejich celkový počet byl 650 100.



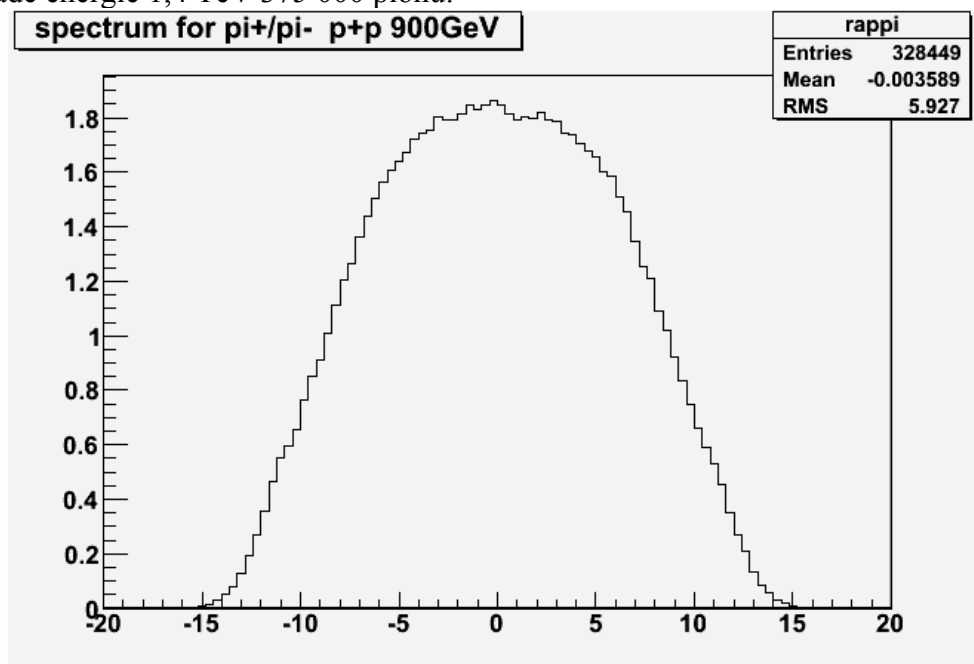
Histogram pp 1,4 TeV 10 000 srážek

Pro porovnání jsme nasimulovali také srážku protonu s antiprotonem (p-pbar), která není na LHC možná. Tato interakce je možná na urychlovači Tevatron ve Fermilab. Částice jsme simulačně urychlili na energii 900 GeV a provedli jsme opět 10 000 srážek. Histogram pro rapiditu od -2 do 2 vyšel obdobně, částice měli o něco vyšší rapiditu než při srážce p-p.



Histogram p-pbar 900 GeV 10 000 srážek

Podle předpokladu, že nejlehčí částice budou vznikat nejsnáze, jsme vytvořili také samostatné histogramy pro π^+ , π^- a π^0 , všechny histony vyšly velmi podobně jako vzorový. Z 10 000 srážek vzniklo v případě energie 900 GeV přibližně 300 000 pionů a v případě energie 1,4 TeV 375 000 pionů.



Histogram množství π^+ , π^- a π^0 na základě rapidity od -20 do 20

Mezi další nejčastěji vznikající částice patřili také kaony – K^+ , K^- a K^0 .

Shrnutí

V tomto miniprojektu jsme se seznámili s urychlovačem částic LHC. V rámci práce se simulačním programem PYTHIA jsme zjistili co se stane, pokud srazíme v LHC dva protony či proton a antiproton. Experimentálně jsme zjistili, že při jedné srážce vznikne přibližně 30 nových částic. Nejčastěji vznikají nejlehčí částice, tedy piony a kaony, a to asi ze 2/3. Při porovnávání našeho histogramu s histogramem reálné srážky, jsme se velmi přiblížili. Rozdíly ve výsledcích byly pravděpodobně zapříčiněny nepřesným vymezením sledovaných vznikajících částic. V našem histogramu jsme z malé části započítali neutrální částice, které originální histogram nezapočítává.

V histogramu pionů jsme se také přesvědčili, že nejvíce částic vzniká s rapiditou v rozmezí přibližně od -2 do 2, která je pro detektor ALICE charakteristická jako nejefektivnější ve snímání dat.

Naše pokusy nás přesvědčili, že problematika urychlovačů je velmi rozsáhlá a zpracování dat náročné, ale přesto nás toto téma zaujalo.

Poděkování

Na závěr bychom chtěli velmi poděkovat panu Mgr. Jaroslavu Bielčíku, Ph.D., především za velkou trpělivost při zasvěcování do tématu.

Reference:

- [1] EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C65:2010, 111-125
- [2] SCIENTIFIC AMERICAN ČESKÉ VYDÁNÍ: 2010, 36-59
- [3] CERN – CO JE TO LHC: Odbor komunikací CERN, 2008