

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

E. Korytiaková, Gymnázium M. R. Štefánika, Nové Zámky,
evula563@azet.sk

E. Svobodová, Karlínské gymnázium, Praha,
evasvobo@gmail.com

J. Táborský, Gymnázium Mladá Boleslav,
jiri1.taborsky@email.cz

M. Musilová, Gymnázium Dr. E. Beneše, Soběslav,
1Artemis1@seznam.cz

Abstrakt:

Náš miniprojekt byl zaměřený na simulace srážky částic, ke kterým dochází na urychlovačích částic. V praktické části jsme pomocí simulačního a analyzačního programu AliRoot simulovali a analyzovali srážky částic, které se vykonávají na urychlovačích částic jako LHC a RHIC.

1 Úvod

Do nedávných časů jsme si mysleli, že hmotu, která nás obklopuje tvoří atomy skládající se z elektronů, protonů a neutronů. Přibližně před 50 lety bylo zjištěno, že protony a neutrony jsou tvořené z kvarků. Byl to významný objev pro celý fyzikální svět, protože poskytl pohled do základní stavby světa. Každý jeden kvark má také svou antičástici zvanou antikvark. Za běžných podmínek jsou kvarky uvězněny v částicích. Můžou se nacházet ve skupině tří kvarků a takto tvoří baryon (např. protony a neutrony). Nebo jsou vázány tři antikvarky v podobě antibaryonu. V případě, že je vázána dvojice kvark-antikvark, vytvářejí tak částice zvané mezony. Přitažlivou silnou sílu mezi kvarky zprostředkovávají gluony (z angl. glue - lepidlo). Elektrický náboj, barevný náboj, izospin, podivnost, půvab, krása a pravda představují kvantová čísla kvarku. Jsou to jejich základní vlastnosti. Uvězněné kvarky můžeme při srážkách s vysokou energií studovat nepřímo. Kvantová chromodynamika a teorie silných interakcí předpovídají, že je možné vytvořit stav hmoty kde jsou kvarky a gluony volné: Na to je potřeba velké množství energie, kterou dokážou vyvinut například v Evropské organizaci pro jaderný výzkum, známa pod zkratkou CERN v urychlovači částic zvaném LHC. Cílem těchto projektů je také dosáhnout kvark-gluonového plazmatu, které existovalo zlomek sekundy po vzniku vesmíru.

2 Large Hadron Collider

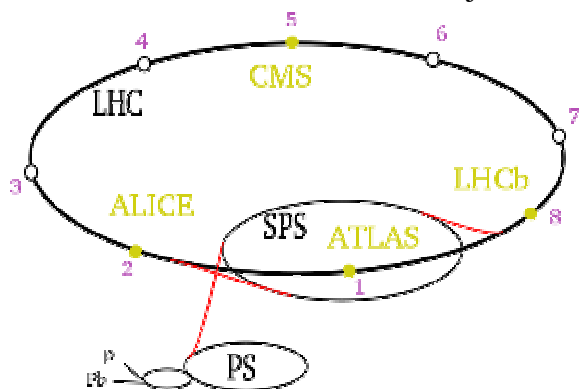
LHC je největší urychlovač částic na světě, pracovat začal 10. září 2008. Po nehodě při jeho spuštění se v současnosti opravuje. Je umístěn v podzemí na území mezi pohořím Jura ve

Francii a Ženevským jezerem ve Švýcarsku. Na jeho návrhu se podílelo přes 2000 vědců ze 34 zemí světa.

LHC je instalován v kruhovém tunelu o obvodu 27 km v hloubce 50-150 m pod zemí. Tunel byl postaven roku 1980 pro předchozí velký urychlovač Large Electron-Positron (LEP). Zajímavostí je, že tunel není umístěn vodorovně, ale má mírný sklon, protože tehdejší technologie nebyly schopny zajistit hloubení tunelů skrz některé horniny. Tunel přechází mezi hranicemi Francie a Švýcarska ve čtyřech místech, nicméně jeho většina leží ve Francii.

Experimenty

- ALICE – Pro tento experiment se budou srážet olověné ionty, aby se tak vytvořily podmínky podobné s těmi po Velkém třesku a proto se to někdy nazývá „Malý třesk“. Získaná data umožní fyzikům studovat stav hmoty zvaný kvark-gluonová plazma, která nejspíše při velkém třesku existovala.
- ATLAS – Je to víceúčelový detektor, jehož hlavními úkoly je najít Higgsův boson, a supersymetrické částice, které by mohly tvořit temnou hmotu.
- CMS – Má podobnou funkci jako ATLAS, ale místo soustavy magnetů má pouze jeden elektromagnet cyklického tvaru.
- LHCb – Jeho hlavním cílem je určit rozdíly mezi hmotou a antihmotou.

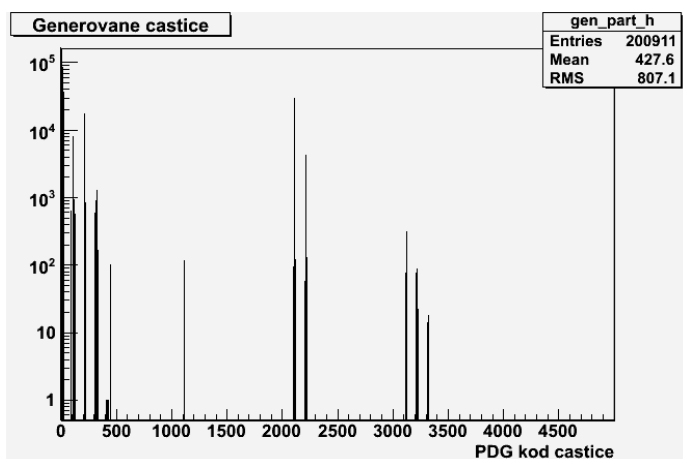


Obr. 1: Schéma urychlovače LHC v CERN.

3 Průběh pokusu

V našem pokusu jsme se snažili nasimulovat prostředí experimentu ALICE. Naším cílem bylo nasimulovat srážku dvou protonů p+p s celkovou energií 14TeV (7TeV každý). Naprogramovali jsme 100 srážek, nastavených tak, aby každá ze srážek vyprodukovala právě jeden mezon J/ψ . Dále jsme studovali, jaké další částice ve srážce vznikly (Obr. 2.). Zaměřili jsme se na všechny vzniklé elektrony a pozitrony.

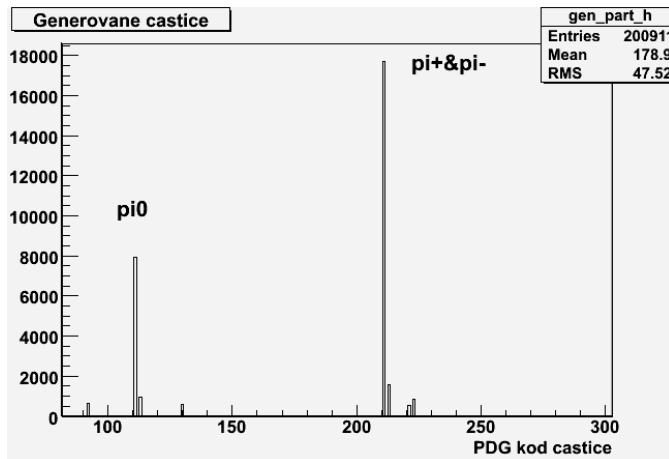
Obr.2: Simulované částice v p+p 14TeV.



Na prvním histogramu můžeme vidět všechny vygenerované částice, které vznikly ve 100 simulovaných srážkách. Číslo na ose x určuje typ konkrétní částice, kterou můžeme určit podle kódu PDG (Particle Data Group je mezinárodní sdružení fyziků, které sbírá a analyzuje publikované výsledky

z oblasti vlastností částic a sepisuje očíslovaný seznam všech známých částic).

Obr.3: Příklad určení částic podle PDG kódu.



Příklad hledání částic π^0 , π^+ , π^- podle kódu PDG.

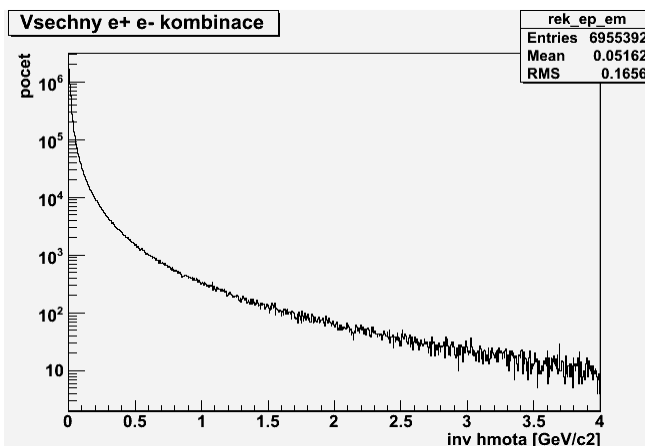
LIGHT I = 1 MESONS	
π^0	111
π^+	211
$a_0(980)^0$	9000111
$a_0(980)^+$	9000211

Studium J/ ψ

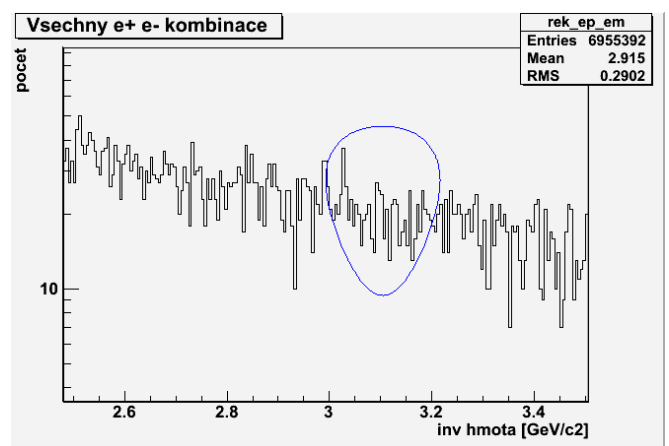
Částice J/ ψ je mezon skládající se z půvabného (charm) kvarku a půvabného antikvarku. Jeho objevení bylo oznámeno 11. listopadu 1974 a to hned dvěma týmy. První tým vedený Burtonem Richterem pracoval v Stanford Linear Accelerator Center, zatímco druhý tým vedený Samuelem Tingem pracoval v Brookhaven National Laboratory. Richterův tým tento mezon pojmenoval „ ψ “, zatímco Tingův tým zvolil název „J“. Protože vědecké komunitě připadalo nespravedlivé upřednostnit jeden název před druhým, tak se rozhodla pro nestandardní dvoupísmenný název J/ ψ . Za tento objev dostali jak Richter, tak Ting Nobelovu cenu za fyziku v roce 1976.

Tento objev později vedl k nalezení půvabného kvarku a antikvarku. Tyto kvarky byly již dříve předpovězeny, avšak nikdo nepředpokládal existenci částice, která je vázaným stavem těchto kvarků a která by měla právě tyto naměřené vlastnosti. Především se očekávalo, že se J/ ψ mezon rozpadne mnohem dříve.

Možnost rozpadu J/ ψ mezonu na hadrony je silně potlačen podle „OZI pravidla“ (OZI rule), které je součástí kvantové chromodynamiky. Proto se tento mezon nejčastěji rozpadá na leptony (např. na elektron-pozitronové páry) a právě tohoto faktu se hlavně využívá při jeho určování v detektorech.

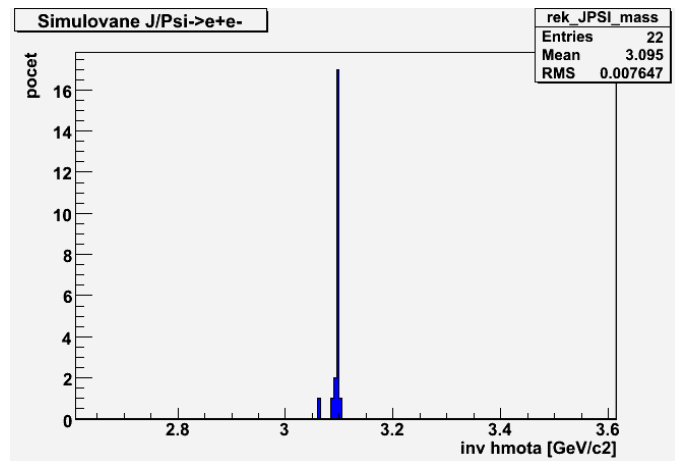


Obr.4a: U tohoto histogramu jsme skombinovali všechny dvojice elektronů a pozitronů nezávisle na jejich vzniku.



Obr.4b: V zakroužkované oblasti se nacházejí e+ a e- páry, které vznikly rozpadem J/ ψ . Jejich počet je z histogramu nerozpoznatelný.

Je nutné najít v částicích ze srážky ty správné kombinace e^+ a e^- z rozpadu J/ψ , aby jsme mohli určit jejich počet. V simulacích máme kontrolu co se na co rozpadá, ale ve skutečných srážkách nikoliv a proto se hledající algoritmy trénují na simulovaných datech. Na Obr.4a jsou zobrazené všechny páry e^+ a e^- v simulovaných srážkách, bez ohledu jestli k sobě patří nebo ne. Ani při detailním pohledu (Obr.4b) není možné vidět J/ψ vrchol. Když v simulacích vybereme jen ty správné kombinace s J/ψ vidíme vrchol se správnou hmotností. To je na obrázku Obr.5. V typické analýze je nutné najít způsob, který fyziky dovede od situace na Obr.4 k situaci na Obr.5. Na obrázcích Obr.4 a Obr.5 je vyobrazena invariantní hmotnost páru, která je vypočítaná z energií a hybností produktů (např. e^+, e^-) na které se mateřská částice (např. J/ψ) rozpadla.



Obr.5: Na tomto histogramu je vidět počet částic J/ψ , které se rozpadly na elektron a pozitron.

4 Shrnutí

Při srážkách vzniká velké množství různých částic díky obrovské energii, kterou mají sražené částice. Není možné v detektoru zachytit všechny částice, protože jejich doba trvání je příliš krátká anebo vletí mimo plochu snímání detektoru. Vědci se snaží vyvinout dokonalejší technologie pro zachycení všech částic a tím objevit nové předpokládané částice.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našemu supervizorovi Mgr. Jaroslavu Bielčíkovi, PhD, který nás uvedl do tajů částicové fyziky. Dále také organizátorům Fyzikálního týdne.

Reference:

- [1] MARTINUS VELTMAN: *Fakta a záhady ve fyzice elementárních částic* Akademia, 2007, str. 66.
- [2] <http://cs.wikipedia.org/wiki/LHC>
- [3] <http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/plazma/plazmanova.html>