

Podivnost na LHC

A. Lasica, Gymnázium F. V. Sasinka, Skalica, andrej.5@centrum.sk

J. Holas, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady,

jos.holas@centrum.cz

V. Okruhlicová, Gymnázium, Bratislava,

veronika.okruhlicova@gmail.com

Abstrakt:

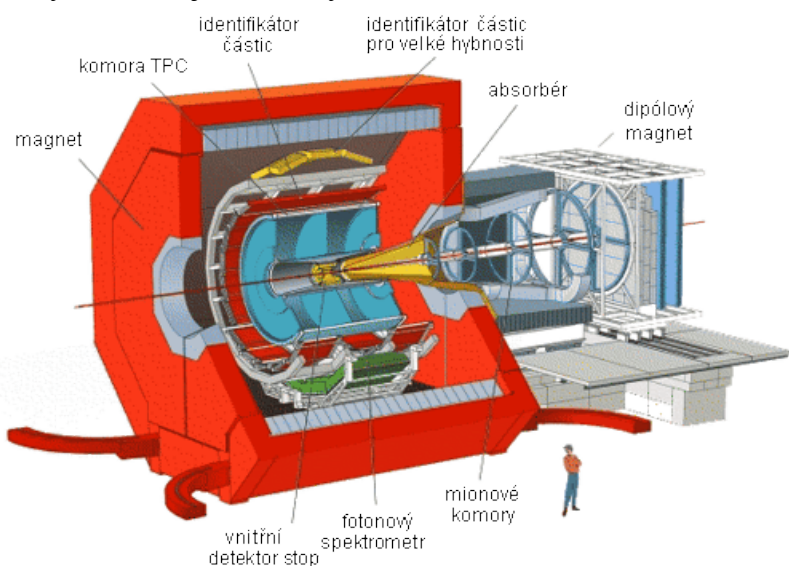
Náplní našeho cvičení bylo hledání podivných částic produkovaných v protonových srážkách na urychlovači LHC a zaznamenaných detektorem ALICE. Po analýze vlastností dceřiných částic jsme zjišťovali druh částice mateřské. Výsledky pozorování jsme zaznamenali do histogramů.

1 Úvod

Pracovali jsme s daty z urychlovače částic ALICE (A Large Ion Collider Experiment), jenž slouží ke studiu srážek těžkých iontů, je jedním ze čtveřice velkých experimentů umístěných na LHC (Large Hadron Collideru) v CERNu. Stejně tak zkoumá i proton-protonové srážky. Ty slouží primárně pro srovnání s výsledky jádro-jaderných srážek, mimoto poskytují data pro studium fyziky proton-protonových srážek jako takových.

| | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| u up | c charm | t top | γ photon |
| d down | s strange | b bottom | Z Z boson |
| ν_e electron neutrino | ν_μ muon neutrino | ν_τ tau neutrino | W W boson |
| e electron | μ muon | τ tau | g gluon |

Obrázek 2: Standartní model



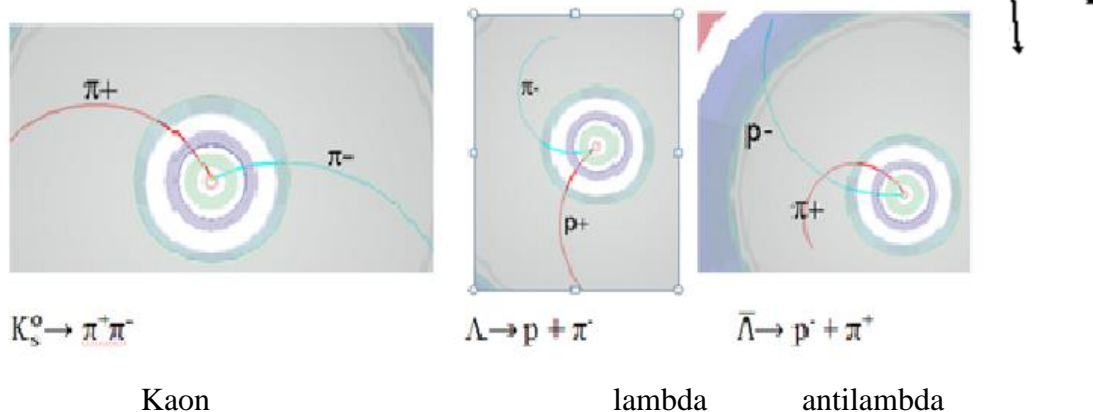
Obrázek 1: detektor ALICE

Částice jsme určovali podle Standartního modelu částicové fyziky, což je teorie popisující elementární částice. Tyto částice se dělí na kvarky a leptony, což jsou částice, které tvoří viditelnou hmotu a bosony, částice, které zprostředkovávají fundamentální interakce: silnou a slabou interakci mezi kvarky a leptony a elektromagnetickou.

2 Kinematika rozpadů částic

Při srážkách částic vznikají nestabilní a běžně se nevyskytující částice, které jsou často neměřitelné a postupně se rozpadají zpět na běžně se vyskytující částice.

Hledali jsme tyto rozpady:



3 Výpočet hybnosti a hmotnosti

Tyto vzácné částice tedy rozpoznáváme výpočtem jejich hmotností. Tu zjistíme z hmotnosti a složek hybnosti dceřiných částic.

$$m^2 = m_1^2 + m_2^2 + 2E_1E_2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2$$

m = hmotnost mateřské částice

E_1 = energie 1. dceřiné částice

m_1 = hmotnost 1. dceřiné částice

E_2 = energie 2. dceřiné částice

m_2 = hmotnost 2. dceřiné částice

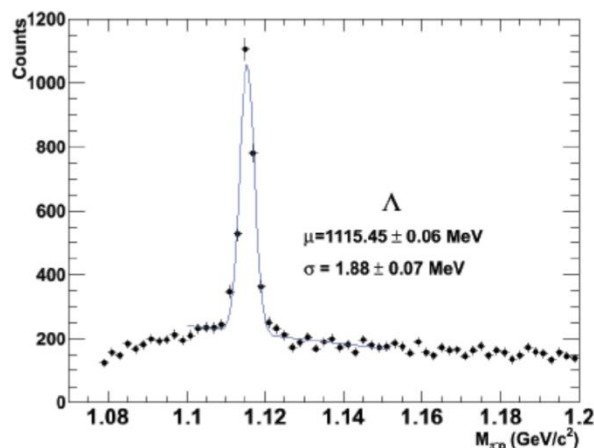
\mathbf{p}_1 = hybnost 1. dceřiné částice

\mathbf{p}_2 = hybnost 2. dceřiné částice

Hmotnosti m_1 a m_2 jsou známé, neboť dceřiné částice jsou identifikovány pomocí vícero detektorů na ALICE.

Hybnosti p_1 a p_2 lze zjistit změřením poloměru křivosti trajektorie příslušných částic v závislosti na známém magnetickém poli.

Z výpočtu invariantní hmotnosti získáme distribuce podobné těm na grafu. Představují rozložení hmotností v případě pion-protonových párů. Maximum odpovídá hmotnosti lambda, spojené pozadí vzniklo náhodnými kombinacemi pionů a protonů, tzv. pozadí. Ty byly buď špatně identifikovány, nebo nepocházejí ze stejného sekundárního vrcholu.

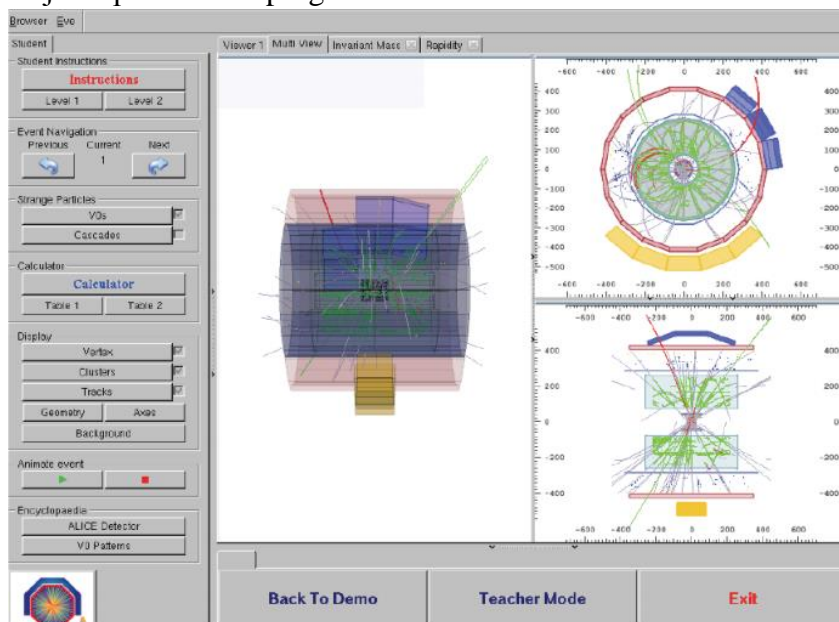


Obrázek 3: spektrum invariantní hmotnosti částice lambda

4 Popis experimentu

Naše práce spočívala v analýze dat získaných experimentem ALICE na urychlovači částic LHC v CERNu při proton-protonových srážkách.

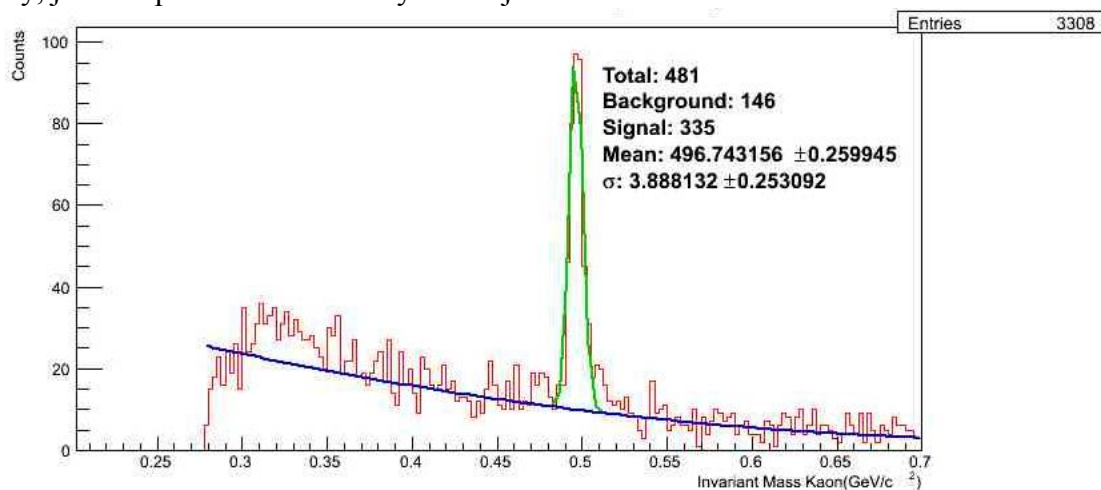
Analýzu jsme prováděli v programu ALICE MasterClasses.



Obrázek 4: program ALICE MasterClasses

Analýza spočívá ve vyhledání dvou částic, které vylétají ze stejného vertexu. Detektory ALICE zachytily jejich hybnost a hmotnost. Na základě těchto údajů jsme určili, z jaké mateřské částice pocházejí.

Výsledná data jsme zapsali do tabulek, ze kterých nám program vytvořil grafy, které ukazovaly závislosti počtu výskytů částic s danou klidovou hmotností částice. Pro to abychom potvrdili přesnost a měli jistotu, že se po srážce částice v detektoru vyskytovaly, je třeba provést těchto analýz co nejvíce.



Obrázek 5: spektrum invariantní hmotnosti kaonu

Je-li analýza správná, můžeme ve spektru klidové hmotnosti pozorovat kombinatorické pozadí, které je tvořeno chybami a jinými nežádoucími částicemi, a výrazný tzv. peak v oblasti klidové hmotnosti hledané částice.

5 Závěr

V rámci analýzy jsme zkoumali jednotlivé srážky dvou protonů vizuální metodou prostřednictvím programu ALICE MasterClasses. Poté jsme provedli podobnou analýzu na více než 21000 proton-protonových srážek, kde jsme našli 353 kaonů a 117 Λ . Klidové hmotnosti výše uvedených částic jsme určili: pro kaon $496,76 \pm 0,26 \text{ MeV}/c^2$ a pro Λ $116,597 \pm 0,28 \text{ MeV}/c^2$, což je v plném souladu s tabulkovými hodnotami. V poslední části jsme zkoumali vliv centrality na počet produkovaných částic.

Poděkování

Především děkujeme našemu supervizorovi Vojtěchu Pacíkovi za vedení a pomoc při našem mini projektu a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc za organizaci samotného projektu.

Reference

Podklady o problematice od Vojtěch Pacíka
Přednáška o kvark-gluonové plazmě od Vojtěch Pacíka
http://www.aldebaran.cz/bulletin/2009_46_lhc.php