

# Studium podivných částic na experimentu ALICE

Václav Skála<sup>1</sup>, Marek Raja<sup>2</sup>, Eva Wohlgemuthová<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Jaroslava Vrchlického, Klatovy

<sup>2</sup>Gymnázium Bohumila Hrabala, Nymburk

<sup>3</sup>Gymnázium Litoměřická, Praha

skala.vaclav96@seznam.cz

RajaMarek@seznam.cz

eva.wohlgemuth@seznam.cz

## Abstrakt:

Tato práce se věnuje studiu podivných částic na experimentu ALICE. V rámci práce byly analyzovány srážky proton-proton a olovo-olovo a vznik nových subatomárních částic obsahujících podivný kvark.

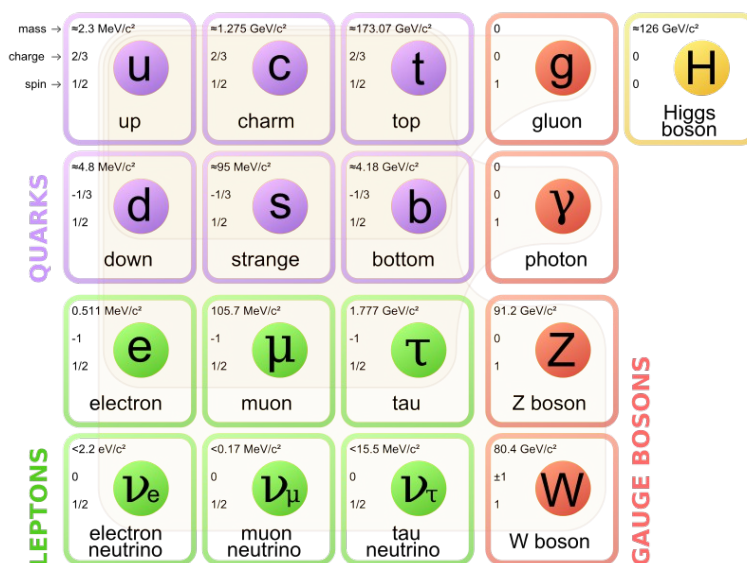
## 1 Standartní model částic

Standartní model částic je teorie, která popisuje silnou, slabou a elektromagnetickou interakci a elementární částice, které tvoří veškerou hmotu.

Základní principy:

- v přírodě se vyskytuje 6 druhů kvarků (u,d,s,c,b,t) a každý kvark má jednu ze tří barev, resp. antibarev.
- 6 druhů leptonů – podle současných znalostí dále nedělitelné
- všechny jevy lze vysvětlit pomocí 4 základních interakcí (slabá, silná a elektromagnetická)

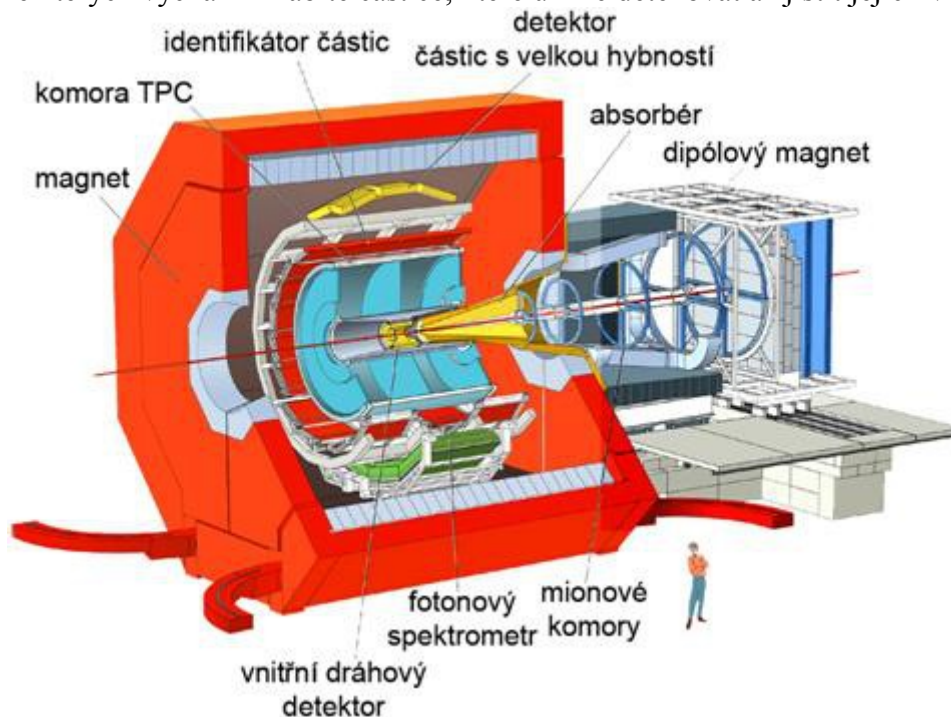
Podivná částice je ta, která obsahuje alespoň jeden podivný kvark (s). Nejlehčím podivným mezonem je kaon.



Ilustrace 1: Standartní model částic

## 2 Detektor ALICE

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) je jedním z experimentů na LHC, který má za úkol zkoumat srážky protonů nebo jader olova. Na základě získaných dat lze studovat vlastnosti kvark - gluonového plazmatu, která existovala ve vesmíru v jeho raných fázích a je to jediné známé skupenství hmoty, kde se vyskytují volné kvarky. Detektor ALICE není schopen detekovat neutrální částice, proto jsou pro jejich studium důležité V0 body, což jsou místa rozpadu, ze kterých vychází 2 nabitě částice, které už lze detekovat a zjistit jejich vlastnosti.



Ilustrace 2: Detektor ALICE.

## 3 Teorie

Částice obsahující podivný kvark a které jsme sledovali:

- Kaon, který se rozpadá na 2 opačně nabitě piony.  $K_s^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$
- Lambda, která se rozpadá na proton a záporně nabitý pion  $\Lambda \rightarrow p^+ + \pi^-$
- Antilambda, která se rozpadá na antiproton a záporný pion  $\Lambda \rightarrow p^- + \pi^+$

Jádra atomů neobsahují podivné kvarky, proto všechny podivné kvarky zjištěné na detektoru musejí vzniknout až při srážce. Množství vzniklých podivných částic závisí na podmínkách reakce, a proto vysoké množství podivných částic indikuje, že vznikly v kvark-gluonovém plazmatu.

## 4 Měření a výsledky

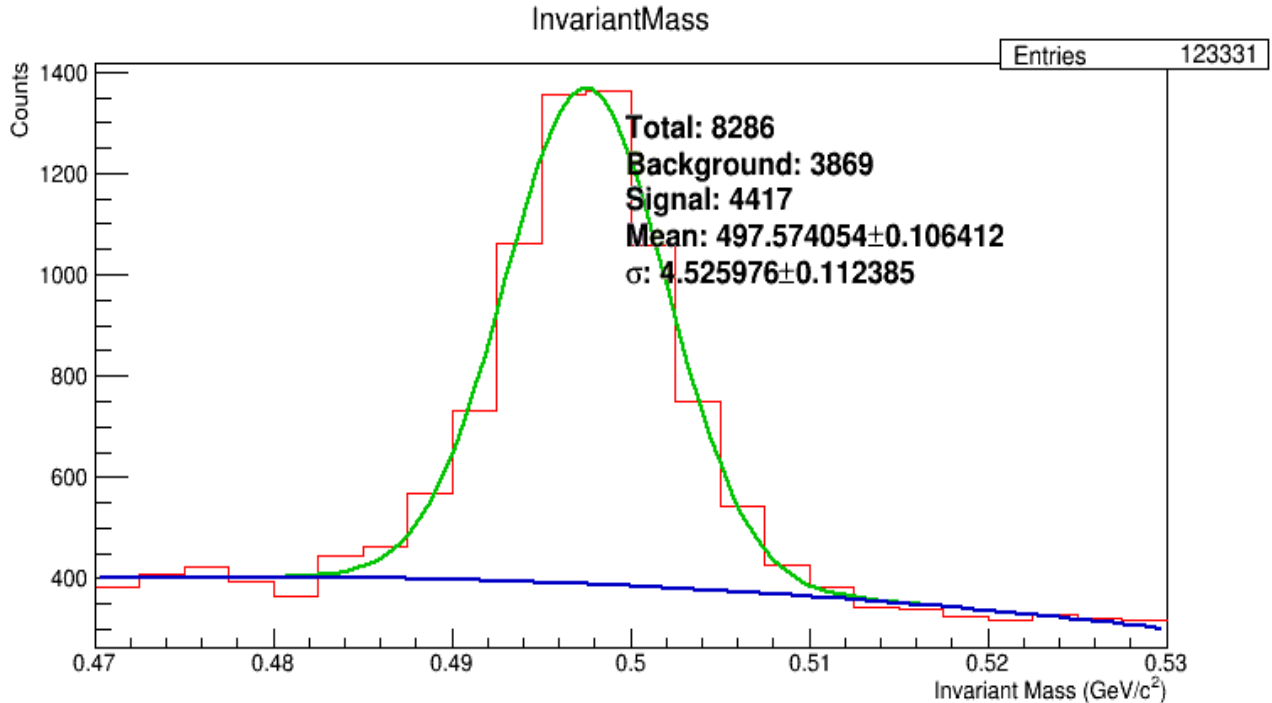
Zpracovávali jsme data, která byla naměřena na experimentu ALICE a byly vybrány srážky, při kterých vznikají podivné částice. Tyto srážky jsme zpracovávali v programu ROOT a zjišťovali počty jednotlivých částic při srážkách.

Podivné částice jsme určovali podle vzniklých, nabitých produktů, které je ALICE schopna detekovat. Zjišťovali jsme invariativní hmotnosti produktů, podle kterých jsme pak určili invariativní hmotnost původní částice. Podle hmotnosti částice a produktů jsem poté určili, o jakou částici se jedná nebo zda se jedná jen o pozadí.

Ve druhé části jsme nepracovali s jednotlivými srážkami, ale s celými soubory srážek.

Program zpracoval data a výsledkem byly histogramy, které zobrazovaly závislost množství částic na jejich hmotnosti. Z těchto histogramů jsme poté zjišťovali počty částic v pozadí a počty hledaných částic.

Program spočítal hmotnost nalezených částic, kterou jsme poté porovnávali se správnou hodnotou. Experimentálně ověřená hmotnost kaonu je  $493,667 \pm 0,013$  a námi zjištěná hmotnost je  $497,574 \pm 0,106$ . Z těchto hodnot je patrné, že odchylka od skutečné hodnoty je minimální.



*Ilustrace 3: Histogram hmotností*

Histogram na obrázku 3 ukazuje rozložení hmotností detekovaných částic při srážkách Pb-Pb s maximální centralitou srážek. Podle zjištěné hmotnosti jsme zjistili, že toto naměřené maximum odpovídá částici kaon. V grafu je modrou barvou označeno pozadí a zelenou barvou označena Gaussova křivka, která označuje částice, které v rámci přesnosti spadají svojí hmotností do kaonů.

Počet hledaných částic je rozdíl počtu částic pod Gaussovou křivkou a pozadím.

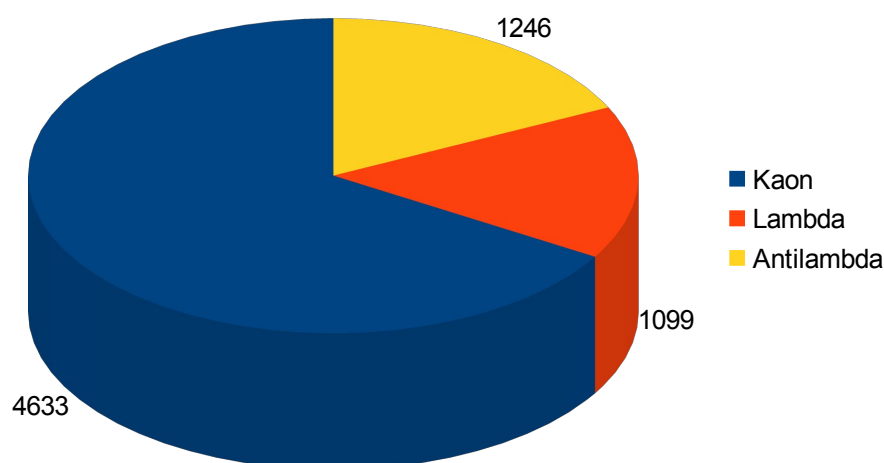
Poměry hledaných částic jsme spočetli dle tohoto vzorce:

$$\frac{\Lambda + \bar{\Lambda}}{2K_s^0}$$

Srážky:

- p-p 0,654
- Pb-Pb 0,476
- Pb-Pb 10-20% 0,253
- Pb-Pb 20-30% 0,235
- Pb-Pb 50-60% 0,239

Konkrétní zastoupení částic při srážkách Pb-Pb 10-20%.



Ilustrace 4: Graf zastoupení částic

## 5 Shrnutí

Při miniprojektu jsme zopakovali skutečnou práci fyziků v CERNu, jen s tím rozdílem, že my jsme zpracovávali jen pár tisíc strážek a analyzovali je ručně, ale vědci v CERNu k tomu používají nejvýkonnější počítače. Nicméně i na malém vzorku dat jsme ověřili, že při srážkách vznikne přibližně stejné množství  $\Lambda$  a  $\bar{\Lambda}$ . Také je vidět, že při srážkách p-p je mnohem větší podíl lambda oproti srážkám Pb-Pb.

Zkoumání kvark-gluonové plasmy pomocí podivných kvarků má využití při zkoumání velkého třesku, protože v tomto stavu se vesmír nacházel prvních 20 $\mu$ s své existence. Také nám tento výzkum možná přinese odpověď na otázku, proč jsou kvarky uvězněny a co způsobuje jejich hmotnost.

## 6 Poděkování

Rádi bychom poděkovali Vojtěchu Pacíkovi za vedení celého miniprojektu, příjemnou komunikaci a vstřícnost. A za pomoc při zpracování dat. Dále Ing. Vojtěchu Svobodovi za celkovou organizaci Týdne vědy a možnost nahlédnutí do vědecké práce.

## Reference:

<http://alice.cern.ch/>

<http://alice.physicsmasterclasses.org/MasterClassWebpage.html>