

Modifikace spekter částic médiem

Ota Čapek (otacapek@seznam.cz,
Gymnázium, Roudnice nad Labem),
Viktor Skoupý (vskoupy@gmail.com;
Gymnázium, Moravská Třebová),
Lucie Švamberová (lucie.svamberova@seznam.cz;
Gymnázium Na Pražačce, Praha)

18.6.2013

Abstrakt

Seznámili jsme se s prací experimentálního částicového fyzika analyzujícího data ze srážek těžkých iontů na experimentu ALICE, ve které jsme identifikovali rozpadající se částice složené z podivných kvarků, a z následných výpočtů zjistili existenci kvark-gluonového plazmatu.

1 Úvod

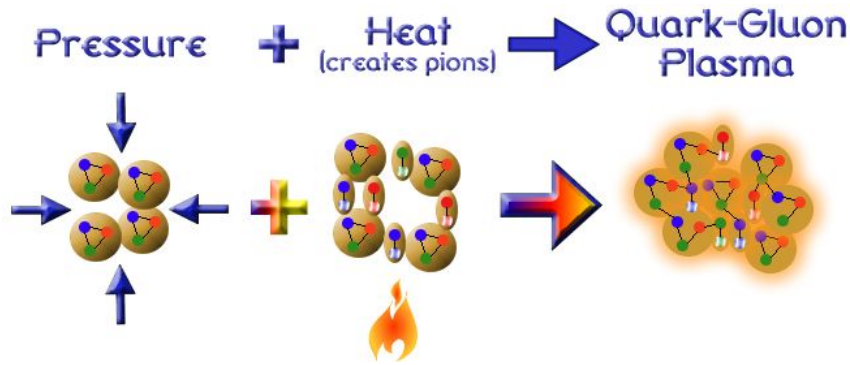
1.1 Kvarky

Za běžných okolností máme v atomovém jádře protony a neutrony, které jsou tvořeny kvarky. Celkově je známo šest typů kvarků, přičemž proton je tvořen dvěma kvarky up a jedním down, a neutron dvěma kvarky down a jedním up. Dalším typem je kvark strange (podivný). Tento kvark má kvantové číslo podivnost a částice, které jej obsahují, se nazývají podivné. Kvarky jsou drženy u sebe díky silné jaderné interakci, zprostředkované elementárními částicemi zvanými gluony. Gluony patří do skupiny částic s celočíselným spinem zvané bosony, a mají nulovou klidovou hmotnost i elektrický náboj. Jsou samy sobě zároveň antičásticí. Důsledkem jejich působení je vznik samotného atomového jádra, jelikož umožňují vytvoření vazby mezi protonem a neutronem.

1.2 Kvark-gluonové plazma

Obvykle jsou jak kvarky, tak i gluony vázány, nevyskytují se volně. Je nám však známý také zvláštní stav hmoty zvaný kvark-gluonové plazma (QGP), kdy kvarky a gluony nejsou vázané. Existence QGP byla potvrzena právě při experimentu ALICE v CERNu ve Velkém hadronovém urychlovači LHC (Large Hadron Collider), kterým jsme se zabývali v tomto projektu. Je pravděpodobné, že při velkém třesku byla hmota právě v tomto stavu. Vznikají při něm extrémní teploty a hustota, takže je obrovská i energie, a vzdálenosti mezi jednotlivými částicemi jsou velmi malé.

V laboratorních experimentech vydrží QGP pouze velmi krátkou dobu. Při experimentu ALICE se čelně srazí dvě jádra olova při energii 2,76 TeV na jeden nukleonový



Obrázek 1: *Kvark-gluonové plazma*

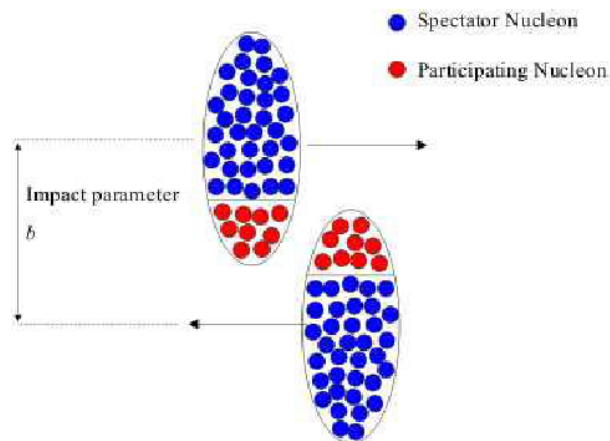
pár, neutrony a protony se na 10^{-22} s "roztaví", čímž vznikne kvark-gluonová koule, která se rychle rozpíná a ochlazuje, a nakonec se rozpadá na částice, které jsou zaznamenány v experimentu.

2 Náš výzkum

V našem miniprojektu jsme studovali závislost počtu podivných částic vzniklých při srážce jader olova v detektoru ALICE na způsobu srážky, tzv. centralitě. Podle této závislosti jsme určovali, zda se při srážce vytvořilo QGP.

2.1 Centralita

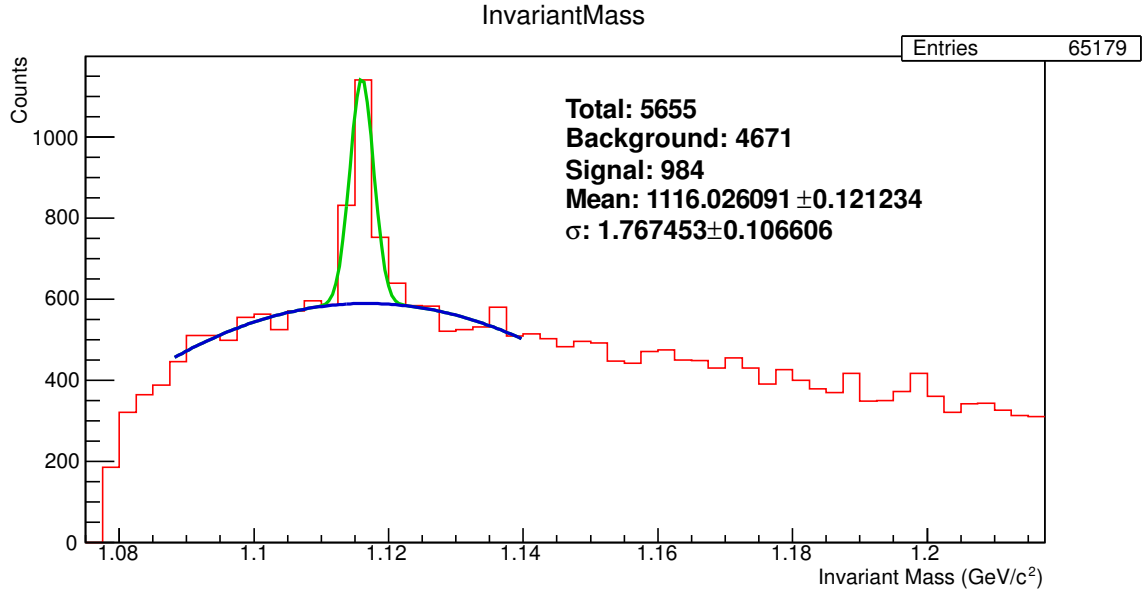
V detektoru se částice srážejí s určitou centralitou. Centralita udává, jak se jádra při kolizi překrývají (viz obr. 2), a podle rozložení nukleonů v jádře se z ní vypočítá počet nukleonů účastnících se kolize (N_{part} , červeně). Centralita se měří pomocí detektoru VZERO umístěného před detektorem ALICE.



Obrázek 2: *Centralita. Červená – účastníci kolize, modrá – diváci*

2.2 Fitování

Z rozložení hmotností částic pozorovaných v detektoru ALICE jsme získávali počet částic, které obsahují podivný kvark (kaon K^0 , lambda Λ , antilambda $\bar{\Lambda}$, kší Ξ^-). V histogramu



Obrázek 3: Rozložení hmotností pozorovaných částic. Modrá křivka udává fit kombinato-
rického pozadí a zelená fit částice Λ . Údaj Signal udává počet částic Λ , které nepatří do
pozadí.

jsme nafitovali zvláště pozadí a pík, čímž jsme získali počet podivných částic bez pozadí.
To jsme opakovali pro jednotlivé centrality a částice.

2.3 Zjišťování existence QGP

Ze získaných dat jsme vypočítali počet podivných částic na jednu srážku jader olova podle
vzorce

$$Yield_{Pb-Pb} = \frac{N_K}{N_{event} \cdot \eta},$$

kde N_K je počet pozorovaných podivných částic, N_{event} je počet událostí a η je účinnost
detektoru.

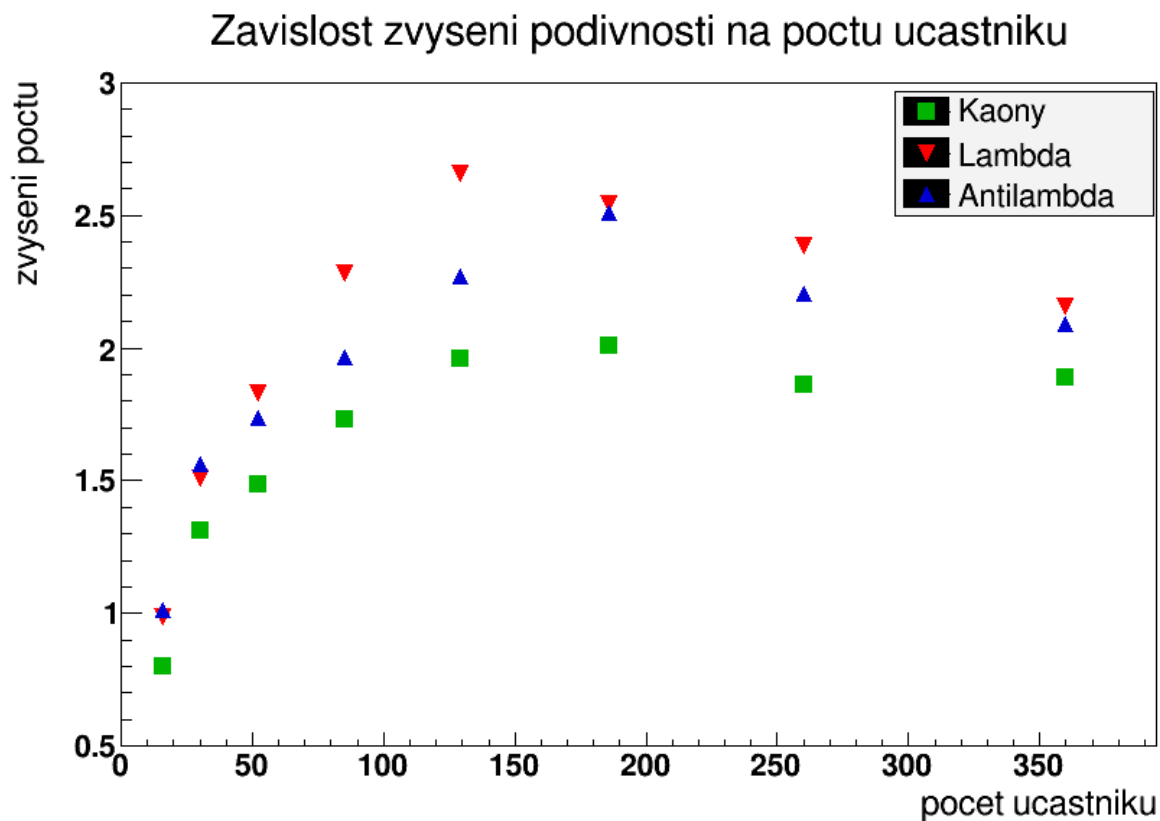
Dále jsme vypočítali kolikrát se zvýšil počet podivných částic při srážce jeder olova
oproti srážce protonů násobené počtem účastníků jaderné srážky.

$$R_{AA} = \frac{Yield_{Pb-Pb}}{\frac{N_{part}}{2} Yield_{p-p}},$$

kde N_{part} je počet nukleonů, které se účastnily srážky a závisí na centralitě a $Yield_{p-p}$ je
počet podivných částic na jednu srážku protonů. Výsledný graf je na obrázku 4.

3 Závěr

V QGP vzniká zdatelně více podivných částic než při srážkách, kde se QGP nevytvoří
(srážky protonů). Z grafu 4 lze vyčíst, že při zvýšeném počtu účastníku vzniká více po-
divných částic. To je způsobeno přítomností QGP, kterou jsme tím dokázali.



Obrázek 4: Závíslost zvýšení počtu podivných částic při srážce jader olova oproti srážce protonů

Poděkování

Rádi bychom poděkovali našim supervizorům Ing. Olze Hájkové a Ing. Jaroslavu Adamovi za vysvětlení a pomoc při našich experimentech. Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům Týdne vědy za možnost realizace tohoto projektu.

Reference

- [1] Olga Hájková. *Studium mezonu J/Ψ v experimentu STAR*. Praha. 2004.
- [2] Plamen Petrov. *CHARGED PARTICLE MULTIPLICITY, CENTRALITY AND THE GLAUBER MODEL IN $Pb-Pb$ COLLISIONS $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV WITH ALICE*. University of Birmingham, Birmingham B15 2TT, UK. 2012.