

Studium substruktury jetů ve srážkách těžkých iontů

Autor: Monika Robotková

Vedoucí práce: RNDr. Jana Bielčíková, Ph.D.

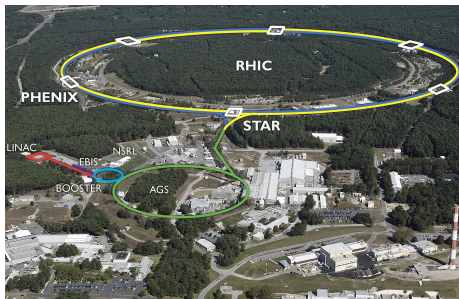
České vysoké učení technické
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Leden, 2019

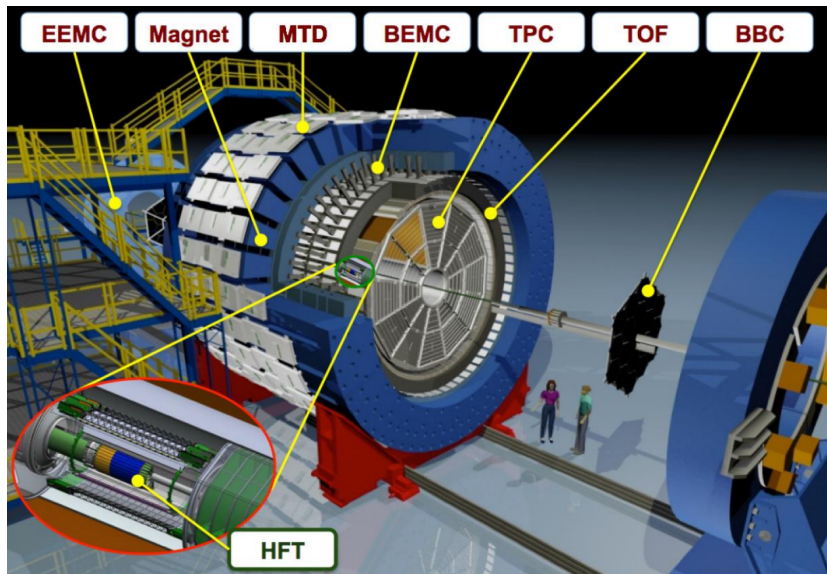
- jety jsou dobrým nástrojem pro studium kvark-gluonového plazmatu (QGP)
- doposud bylo na jety nahlíženo především z hlediska inkluzivních vlastností
- v současné době se studium posunulo k diferenciálním vlastnostem, kdy zkoumáme především substrukturu jetu
- substrukturu je možné popsat kromě jiných například pozorovatelnou z_g
- modifikace z_g může vyjadřovat změny, které probíhají v substruktuře jetu během jeho potlačení v důsledku vzniku QGP

Urychlovač RHIC a experiment STAR

- BNL - Brookhaven National Laboratory, Long Island, USA
- RHIC - Relativistic heavy-ion collider
 - obvod: 3834 m
 - maximální těžištvá energie na nukleon při srážce Au+Au: 200 GeV
 - možnost provádění nesymetrických srážek
 - měření prováděno v širokém rozsahu energií
- STAR - Solenoidal Tracker At RHIC
 - hmotnost: 1200 t
 - výška: 7 m

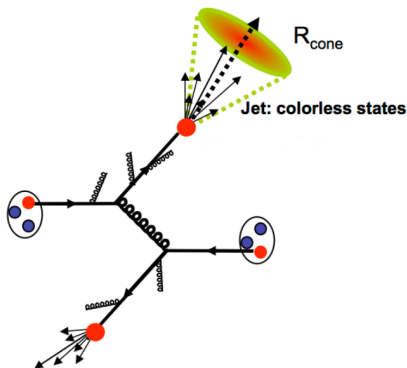


Detektor STAR



Jety

- kolimovaná sprška hadronů vznikající při hadronizaci kvarků nebo gluonů při tvrdém rozptylu
- jety definujeme pomocí algoritmů
- nejvíce používané sekvenčně rekombinační algoritmy
 - k_T algoritmus
 - anti- k_T algoritmus
 - Cambridge/Aachen (C/A) algoritmus



Inkluzivní vlastnosti

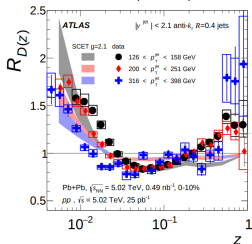
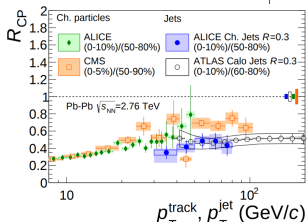
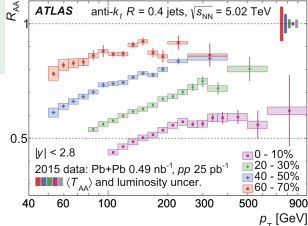
- jaderný modifikační faktor

$$R_{AA} = \frac{1}{\langle T_{AA} \rangle} \frac{d^2 N_{jet}}{d p_T dy} \Big|_{cent} \Big/ \frac{d^2 \sigma_{jet}}{d p_T dy} \Big|_{pp}$$

$$R_{CP} = \frac{\frac{1}{\langle T_{AA} \rangle} \frac{1}{N_{evt}} \frac{d^2 N_{ch jet}}{d p_{T, ch jet} d \eta_{ch jet}} \Big|_{central}}{\frac{1}{\langle T_{AA} \rangle} \frac{1}{N_{evt}} \frac{d^2 N_{ch jet}}{d p_{T, ch jet} d \eta_{ch jet}} \Big|_{peripheral}}$$

- jaderný modifikační faktor pro fragmentační funkci $D(z)$

$$R_{D(z)} = \frac{D(z)_{PbPb}}{D(z)_{pp}}, \quad D(z) = \frac{1}{N_{jet}} \frac{dn_{ch}}{dz}$$



- technika používaná k deklasterizaci jetu
 - 1 reklasterizace složek jetu C/A algoritmem
 - 2 rozdělení jetu na dva subjety zpětným provedením posledního kroku C/A algoritmu
 - 3 postupná deklasterizace větvící historie jetu a "zbavování" se subjety do chvíle, než splňují podmínku

$$\frac{\min(p_{T,1}, p_{T,2})}{p_{T,1} + p_{T,2}} > z_{cut}\theta^\beta,$$

$$\text{kde } \theta = \frac{\Delta R_{12}}{R}$$

p_{T1}, p_{T2} - příčné hybnosti příslušných subjety

z_{cut} - "threshold"

β - úhlový exponent

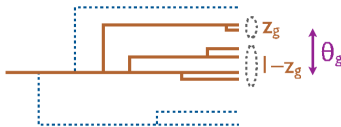
ΔR_{12} - vzdálenost mezi příslušnými subjety

R - velikost kuželu jetu definovaného anti- k_T algoritmem

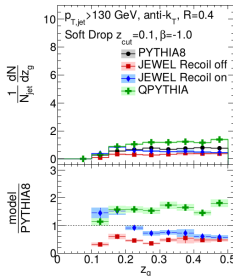
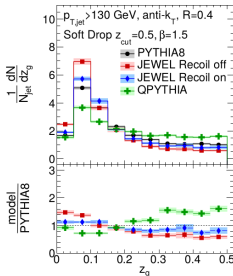
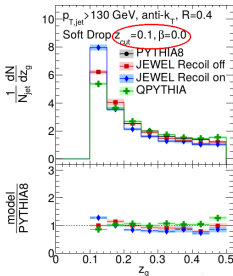
Pozorovatelná z_g

- "shared momentum fraction" nebo také "Jet Splitting Function"

$$\frac{\min(p_{T,1}, p_{T,2})}{p_{T,1} + p_{T,2}} \equiv z_g$$



J. Thaler - ALICE Jet Workshop (2015)

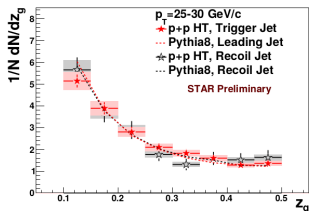
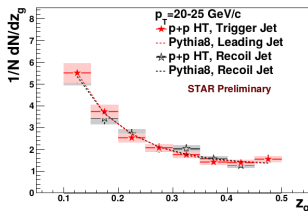
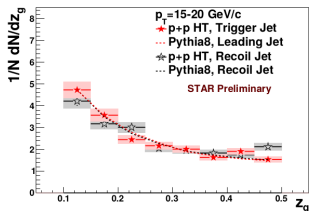
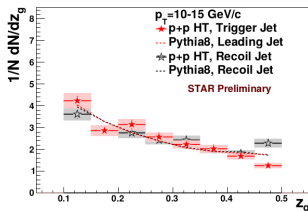


arXiv:1808.03689v1 [hep-ph] 10 Aug 2018

- grafy pro různé volby β a z_{cut} , kde $R = 0.4$

Hodnota z_g pro p+p srážky

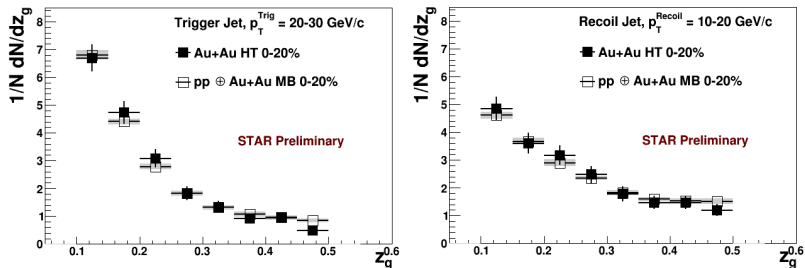
- HT - High Tower
 - neutrální částice s $p_T > 5.4$ GeV \rightarrow **Trigger Jet**
 - back-to-back jet \rightarrow **Recoil Jet**
- data z roku 2006



K. Kauder-arXiv:1704.03046v2 [nucl-ex] 13 Apr 2017

Hodnota z_g pro Au+Au srážky

- data z roku 2007

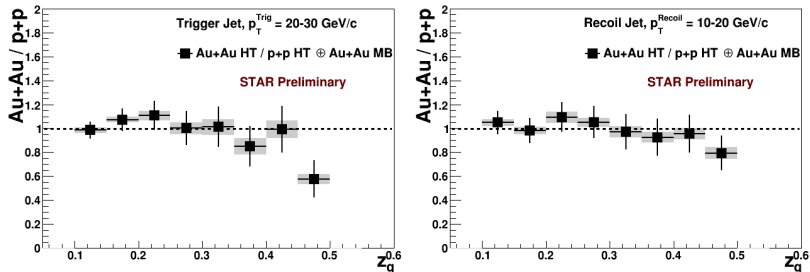


K. Kauder - Quark Matter 2017

- není pozorována žádná signifikantní modifikace z_g
 - místo, kde je měřeno z_g se možná nachází mimo médium
 - pozorovatelná z_g možná vůbec není ovlivněna médiem

Hodnota z_g pro Au+Au srážky

- data z roku 2007

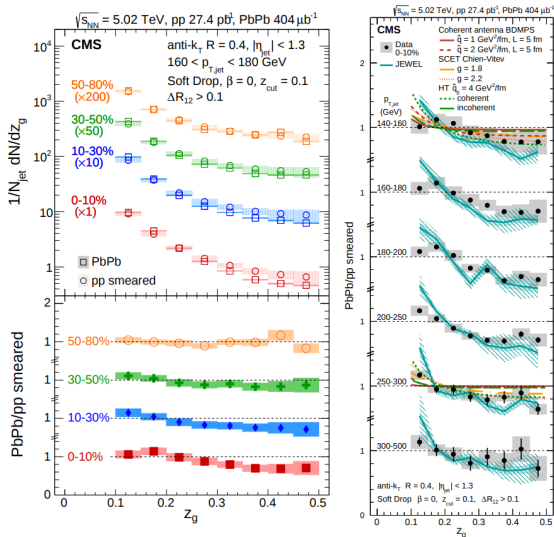


K. Kauder - Quark Matter 2017

- není pozorována žádná signifikantní modifikace z_g
 - místo, kde je měřeno z_g se možná nachází mimo médium
 - pozorovatelná z_g možná vůbec není ovlivněna médiem

Hodnota z_g pro Pb+Pb srážky v experimentu CMS

- měření pro vyšší příčné hybnosti a různé centrality
- v centrálních srážkách pozorována modifikace z_g



arXiv:1708.09429v2 [nucl-ex] 4 Apr 2018

Dosažené cíle a plány do budoucna

Dosažené cíle:

- seznámení se s kódem pro rekonstrukci jetů
- vytvoření vlastního seznamu špatných runů z Run16
- instalace doplňkových balíčků softwaru Fastjet s knihovnou SoftDrop

Plány do budoucna:

- implementace knihovny SoftDrop do kódu pro analýzu
- určení hodnot pozorovatelné z_g ve srážkách $Au+Au$ pro Run16, z důvodu lepší statistiky

Děkuji za pozornost!

Back up

Definice algoritmů

k_T

- inkluzivní i exkluzivní varianta
 - 1 pro každý pár částic i, j určíme vzdálenost

$$d_{ij} = \min(p_{Ti}^2, p_{Tj}^2) \Delta R_{ij}^2 / R^2$$

kde $\Delta R_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (\phi_i - \phi_j)^2$

- R - parametr, obvykle brát řádově 1
- pro každý parton i platí $d_{iB} = p_{Ti}^2$
- 2 nalezneme minimum d_{min} všech d_{ij} a d_{iB}
 - pokud d_{min} odpovídá d_{ij} , jsou částice i a j spojeny v jednu částici a jejich čtyř-hybnost je sečtena
 - pokud d_{min} odpovídá d_{iB} , částice i je považována za finální jet a odstraněna ze seznamu
- 3 celý postup se opakuje, dokud zbývají nějaké částice

Anti- k_T

- postup stejný jako při k_T , mění se pouze definice vzdálenosti

$$d_{ij} = \min(1/p_{Ti}^2, 1/p_{Tj}^2) \Delta R_{ij}^2 / R^2,$$

$$d_{iB} = 1/p_{Ti}^2$$

Definice algoritmů

Cambridge/Aachen

- formulace je stejná jako pro pp k_T algoritmus, opět se mění definice vzdálenosti

$$d_{ij} = \Delta R_{ij}^2 / R^2,$$

$$d_{iB} = 1$$

- dostaneme inkluzivní jety

Fragmentační funkce

$$z = p_T \cos \Delta R / p_T^{jet},$$

kde p_T^{jet} je příčná hybnost jetu, n_{ch} je počet nabitých částic a N_{jet} je počet uvažovaných jetů, $\Delta R = \sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2}$