

Modifikace spekter částic jadernou hmotou na experimentu ALICE v CERN

K. Charvátová

Gymnázium Boženy Němcové, Pospíšilova 324 Hradec Králové

katchar@gybon.cz

Abstrakt

Cílem tohoto článku je objasnit základní principy rekonstrukce částic na detektoru ALICE v CERN. V experimentální část byla věnována vykreslování histogramů (z dat naměřených v detektoru ALICE v CERN) pomocí programu ROOT.

1. Teoretický úvod

Částice dělíme podle jejich spinu na fermiony s poločíselným spinem a bosony s celočíselným spinem. Mezi fermiony patří leptony (elektron, mion, tauon, a k nim přidružená neutrína), kvarky (u,d,c,s,t,b) a jejich antičástice. Hmota okolo nás je složena primárně z částic první generace. Složené částice se nazývají hadrony. Dělí se na mesony (kvark + antikvark) a na baryony (3 kvarky - např. proton: uud, neutron: udd).

částice látky (fermiony)				kvanta polí (bosony)	
leptony	generace I	generace II	generace III	gravitační interakce	graviton G $q=0, m=0$
	elektron e $q=-1, m=0,511$	mion μ $q=-1, m=106$	tauon τ $q=-1, m=1780$	elektromag. interakce	foton γ $q=0, m=0$
	e-neutrino ν_e $m \leq 2 \text{ eV}$	μ -neutrino ν_μ $m \leq 0,27 \text{ MeV}$	τ -neutrino ν_τ $m \leq 20 \text{ MeV} ?$	slabé interakce	bosony $W^\pm; Z$ $q = \pm 1; 0$ $m = 80; 91 \text{ GeV}$
kvarky	"up" u $q=+2/3, m=2$	"charm" c $q=+2/3, m=1250$	"top" t $q=+2/3, \approx 170 \text{ GeV}$	silné interakce	gluony g (8) $q=0, m=0$
	"down" d $q=-1/3, m=5$	"strange" s $q=-1/3, m=100$	"bottom" b $q=-1/3, m=4200$		

Obrázek 1 : Standardní model částic. Převzaté z [1]

Bosony přenášejí základní interakce (foton – elektromagnetická interakce, gluon - silná i., W a Z bosony - slabá i.)

Shrnutí spolu s údaji o hmotnostech a nábojích se nacházejí na obrázku (1).

R_{AA}

Jaderný modifikační faktor R_{AA} určuje poměr částic vzniklých při srážce olověných jader a při srážce protonů, škálovaný na střední hodnotu binárních nukleon-nukleonových srážek. Je definován vztahem

$$R_{AA} = \frac{Y(PbPb)}{\langle N_{coll} \rangle Y(pp)}$$

kde $Y(PbPb)$ je počet částic vzniklých při PbPb srážce a $Y(pp)$ je počet částic vzniklých při pp srážce. $\langle N_{coll} \rangle$ je střední hodnota binárních nukleon-nukleonových srážek, která vyjadřuje počet pp srážek odpovídajících jedné PbPb srážce.

R_{AA} může být vyjádřena jako funkce příčné hybnosti, což je relativistický invariant definovaný jako $p_T = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$.

Centralita

Protože jsou jádra rozměrná, na rozdíl od protonů, musíme brát v potaz geometrii srážky. Z tohoto důvodu se měří srážkový parametr b , což je vzdálenost středů dvou kolidujících jader, která jsou relativisticky zploštělá. Na základě tohoto parametru se srážky dělí na centrální (malý parametr b – může být roven nule), semicentrální a na periferní (větší parametr b – až do $2r$).

Kvark-gluonové plazma

Při kolizi těžkých iontů, jako jsou jádra olova, dochází k extrémním podmínkám (vysoká teplota a hustota), že se hadrony rozpadnou na jednotlivé kvarky. Gluony, které byly předtím neustále vyměňovány mezi kvarky, a tím je drželi pohromadě, se také uvolní. Vzniklá hustá horká směs volně se pohybujících, silně interagujících kvarků a gluonů se nazývá kvark-gluonové plazma, které se objevilo také chvíli po Velkém třesku.

Kvark-gluonové plazma se rozpíná a ochlazuje se, vzniká hadronový plyn a následně dochází k vymrznutí (freeze-out). Dojde k ustálení počtu částic a jejich hybností.

Můžeme ho zkoumat jenom nepřímo, například pomocí zmiňovaného R_{AA} .

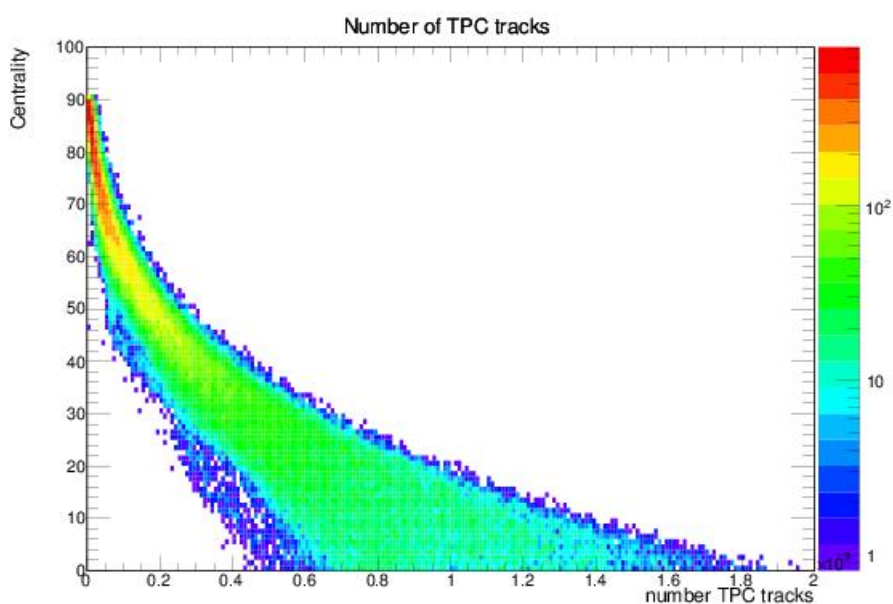
Detektor ALICE

ALICE (A Large Ion Collider Experiment) je velký detektor na LHC urychlovači v CERN. Používá se pro detekci vysokoenergetických srážek těžkých iontu (PbPb) a také pro srážky protonů (pp). Pro následující analýzu je nejdůležitější vnitřní dráhový systém (ITS) a časově-projekční komora (TPC). Detektor je chlazen kapalným heliem na teplotu 1,5 K.

2. Experimentální část

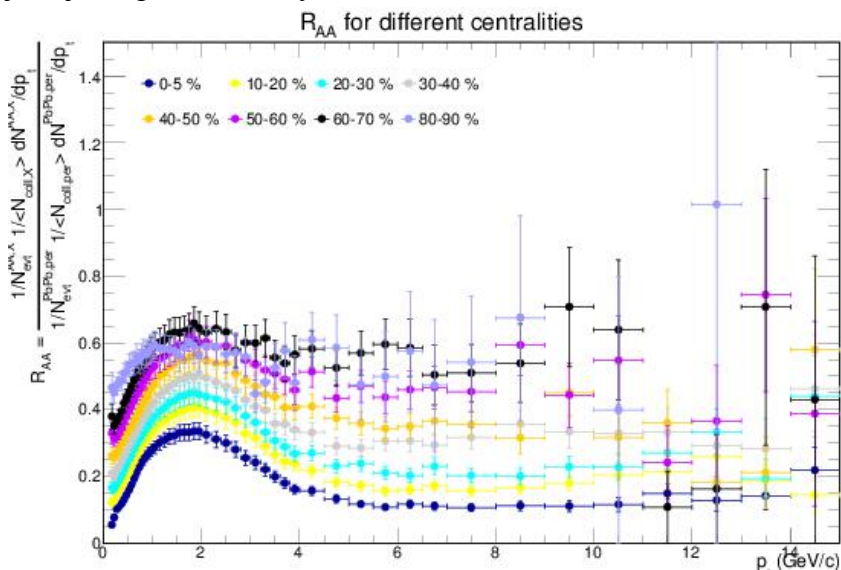
Zpracování dat probíhalo v programu ROOT. Skládalo se ze dvou částí. První byla vizuální analýza, kde jsem data zpracovávala ručně a analyzovat jen malé množství dat mi zabralo mnoho času. V druhé části experimentu jsem přešla na metodu, kterou lze zpracovat velké množství dat. Analýza probíhala v programovacím jazyce C++.

Obrázek (2) (histogram) ukazuje závislost centrality na multiplicitě. Na svislé ose je centralita vyjádřená v procentech (při 100% se jádra již minou). Na vodorovné ose je zobrazen počet drah. Počet srážek při daných parametrech je vyjádřen barvami (viz sloupeček vpravo).



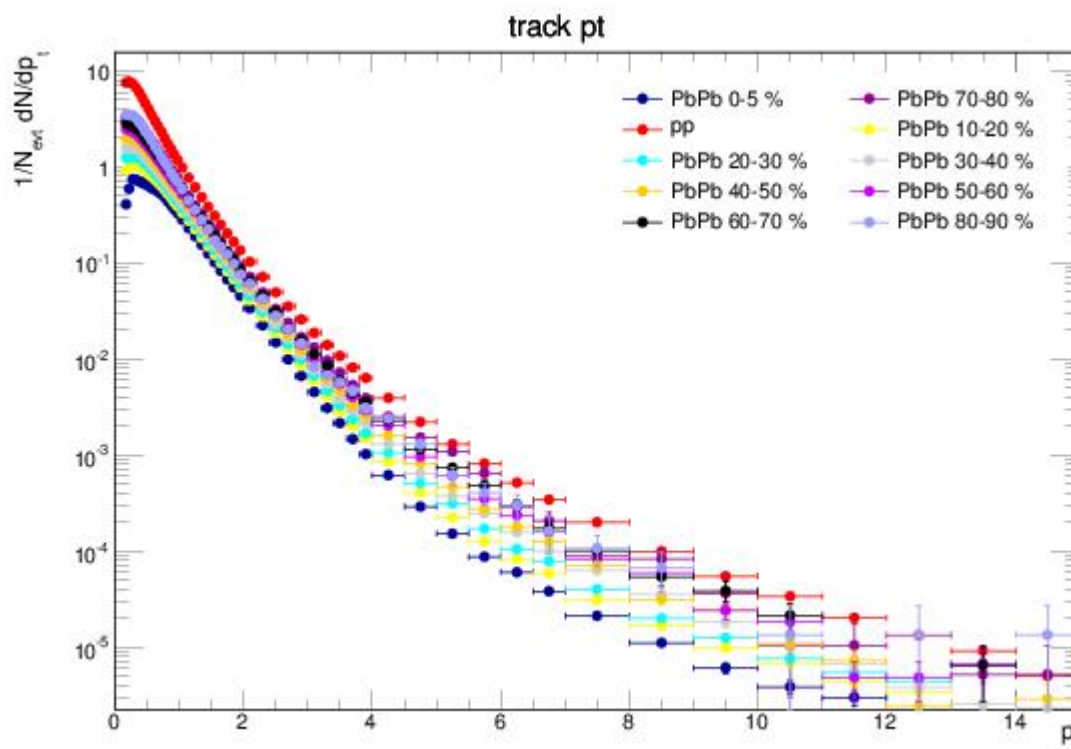
Obrázek 2 - Počet drah na TPC

Na následujícím obrázku (3) je zobrazen jaderný modifikační faktor R_{AA} v závislosti na příčné hybnosti p_T pro různé centrality. Pro těžké ionty pozorujeme potlačení produkce vlivem média (QGP), což je nejvíce patrné u malých centralit.



Obrázek 3- Jaderný modifikační faktor

Na posledním obrázku (4) je uvedena závislost počtu drah na příčné hybnosti při různých centralitách.



Obrázek 4- závislost počtu částic na příčné hybnosti

3. Shrnutí

Během projektu jsem se naučila základní pojmy a pravidla používané v částicové fyzice, seznámila se s funkcí detektoru ALICE a vyzkoušela si analýzu dat z tohoto detektoru na urychlovači LHC v CERN.

Poděkování

Velmi děkuji za trpělivost, konzultace a velkou pomoc při zpracovávání projektu Zuzaně Moravcové.

Reference

[1] <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>

[2] Measurement of the nuclear modification factor R_{AA} with ALICE – kolektiv autorů