

Prezentácia výsledkov pracovného pobytu v rámci dotácie MŠVVaŠ SR

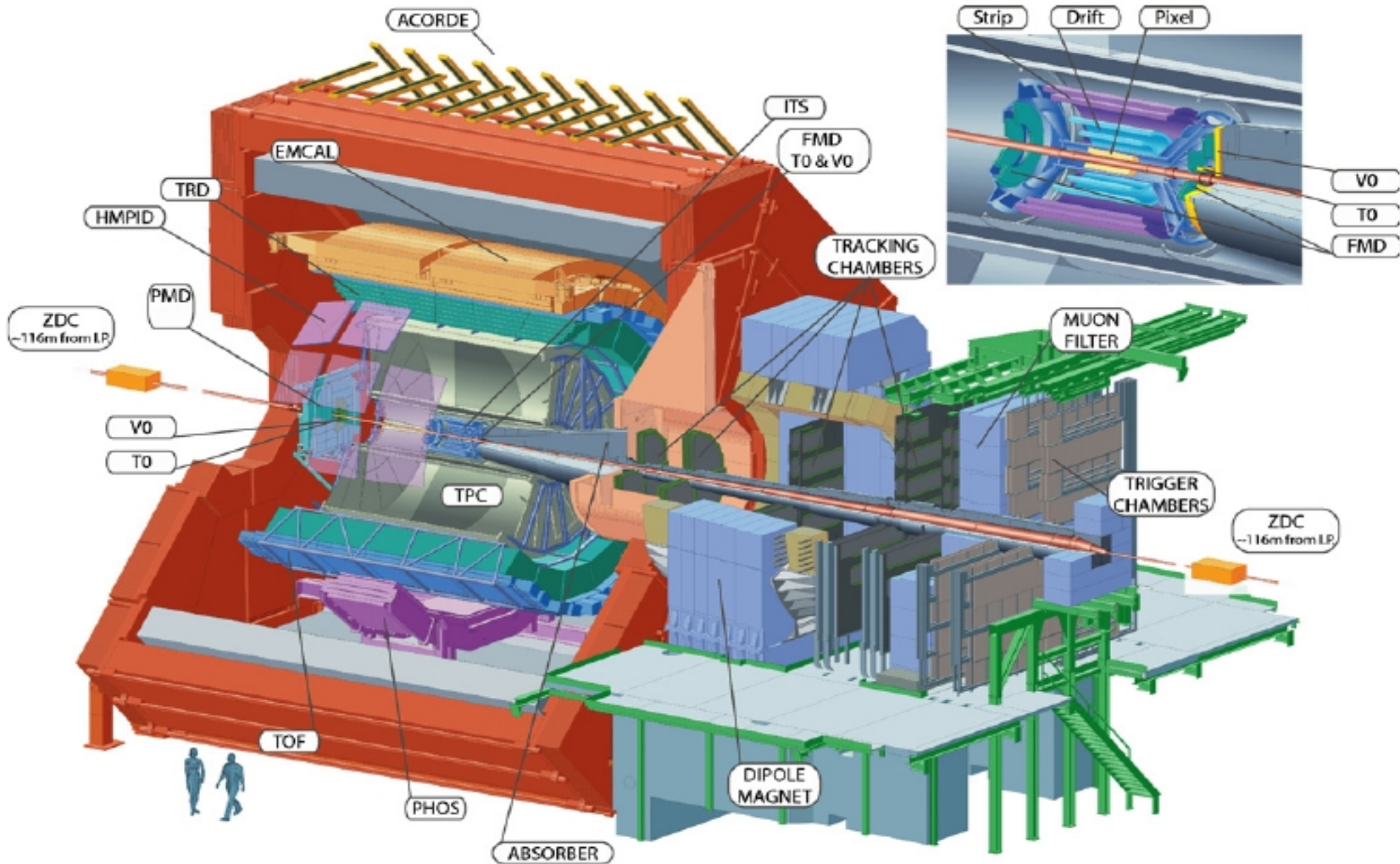
RNDr. Peter Kaliňák, PhD
Slovenská akadémia vied
Ústav experimentálnej fyziky
Oddelenie subjadrovej fyziky
(Október 2014)

Výsledky riešenia projektu podpory vedeckých pobytov v organizácii CERN (the European Organization for Nuclear Research) pre uchádzačov pôsobiacich na Ústave experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied (ÚEF SAV) boli dosiahnuté s podporou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR v rámci poskytnutia dotácie v zmysle § 8a zákona č.172/2005 Z. z. o organizácii štátnej podpory výskumu a vývoja a o doplnení zákona č. 575/2001 Z. z. o organizácii činnosti vlády a organizácii ústrednej štátnej správy v znení neskorších predpisov v platnom znení.

Obsah:

- **Stručný opis experimentu ALICE**
- **Použité experimentálne údaje**
- **Fyzikálna motivácia analýzy**
- **Pozorovanie a identifikácia podivných častíc**
- **Uhlové korelácie nabitých dráh**
- **Záver**

- Experiment ALICE je situovaný na urýchľovači LHC v Ženeve.
- Najdôležitejšie časti detektora z pohľadu analýzy sú: solenoidový magnet, ktorého rovnomerné magnetické pole zakrivuje trajektórie nabitých častíc a centrálné dráhové detektory.
- Hlavným dráhovým detektorom z pohľadu identifikácie dcérskych častíc pochádzajúcich zo slabých rozpadov podivných častí je plynová komora TPC – Time Projection Chamber, ktorá využíva zmes plynov a elektrické polia k určeniu strát energie a určeniu trajektórie častíc.
- k správnej rekonštrukcii dráh nabitých častíc je nevyhnutné poznať tzv. primárny vrchol. Primárny vrcholom je pozícia zrážky urýchlených nukleónov v priestore, ktorá je určovaná s pomocou dráh zrekonštruovaných v centrálnom dráhovom detektore ITS
- schéma detektora experimentu ALICE je znázornená na obrázku č. 1.



Obrázok č. 1: schéma detektora experimentu ALICE

V doterajšej analýze boli použité experimentálne údaje merané v zrážkach protónov s jadrami olova pri energii zväzkov 5.02 TeV na nukleón.

Použité údaje boli namerané a následne uložené v digitálnej podobe na diskových poliach v roku 2103.

Nameraných bolo približne 140 miliónov prípadov zrážok. Po selekcii vhodných kandidátov a vylúčení niekoľkých údajových setov kvôli zisteným nedostatkom, klesol počet použiteľných prípadov na ~ 100 miliónov.

Analýza využíva taktiež simulované Monte-Carlo údaje, ktoré slúžia na určenie Odozvy detektorovej sústavy a korekciu meraných experimentálnych údajov. Vyprodukovaných bolo ~ 134 miliónov simulovaných prípadov s využitím DPMJet generátora prípadov. Tieto simulované údaje sa použijú v budúcich fázach analýzy.

Súčasný výsledky experimentov využívajúcich k skúmaniu hmoty a jej fyzikálnych prejavov zrážky ťažkých jadier poukazujú na dve základné zložky produkcie sekundárnych častíc (častíc vyprodukovaných v zrážkach jadier).

Prvou zložkou sú „termálne“ častice – častice vyprodukované v termálnej rovnováhe systému a druhou zložkou sú častice pochádzajúce z procesov fragmentácie jetov, kde pod jetom rozumieme spršku častíc vyprodukovaných v tvrdej zrážke partónov v počiatkových momentoch zrážky urýchlených nukleónov (jadier).

Takto vyprodukované jety s vysokou energiou prechádzajú nízko-energetickým prostredím kvarkovo-gluónovej plazmy s ktorou interagujú.

Výsledkom takéhoto procesu, sú pozorovateľné vysoko-energetické častice, ktorých uhlové korelácie odrážajú geometrické vlastnosti jetov.

Táto analýza sa zaoberá práve uhlovými koreláciami medzi dráhami podivných častíc a dráhami neidentifikovaných nabitých hadrónov. Častice s nenulovou podivnosťou sa využívajú vďaka ich vlastnostiam zachovať informáciu z počiatkových stavov zrážky resp. evolúcie systému.

K určení uhlových korelácií sa využívajú podivné častice K_s^0 mezón a Λ hyperón. Tieto sa v experimente identifikujú na základe topológie ich rozpadu na nabitú dcérske častice:

kvark	hmotnosť (MeV)		kvark	hmotnosť (MeV)		kvark	hmotnosť (GeV)	
u	2.3	+0.7 -0.5	c	1275	± 25	t	173.5	$\pm 0.6 \pm 0.8$
d	4.8	+0.7 -0.3	s	95	± 5	b	4.18	± 0.03

Jedno-podivné V0 častice:

$$K_s^0 \quad (\sqrt{1/2}(d\bar{s} - \bar{d}s))$$

Hlavné rozpady:

$$K_s^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 \quad (30.69 \pm 0.05)\%$$

$$K_s^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- \quad (69.20 \pm 0.05)\%$$

$$\Lambda \quad (uds)$$

Hlavné rozpady:

$$\Lambda \rightarrow n + \pi^0 \quad (35.8 \pm 0.5)\%$$

$$\Lambda \rightarrow p + \pi^- \quad (63.9 \pm 0.5)\%$$

Súčasný stav analýzy a pravidlá kolaborácie nedovoľujú publikáciu predbežne dosiahnutých výsledkov pre analýzy nachádzajúca sa v ich „rannom štádiu“. Práca na tejto analýze sa začala zahájením pracovného pobytu a v priebehu dvoch mesiacov boli vyprodukované prvé predbežné výsledky. Z toho dôvodu je nižšie uvedený slovný opis dosiahnutých výsledkov bez grafického znázornenia.

1. Podivné častice K_S^0 mezón a Λ hyperón, ktoré sú využité k výpočtu korelácií boli úspešne identifikované na základe topologie ich rozpadu. Zojstrojené boli rozdelenia invariantnej hmotnosti týchto častíc, ktoré ukazujú jasný signál v očakávanom intervale hmotnosti podľa Particle Data Group. Tento signál vo forme píku je jasne odlíšiteľný od kombinatorického pozadia. Na základe tohto výsledku, môžeme s určitosťou povedať, že počítané korelácie sú korelácie od dráh podivných častíc vrátane pozadia, ktoré sa ale v ďalších krokoch analýzy odčíta.

2. Vypočítané bolo rozdelenie Armenteros-Podolansky, ktoré slúži ku grafickému znázorneniu fázového priestoru produkovaných dcérskych častíc. Z rozdelenia sú veľmi zreteľne viditeľné vyplnené oblasti fázového priestoru odpovedajúce dcerským časticiam pochádzajúcim z rozpadov K^0_S mezónov a Λ hyperónov. Toto dvojrozmerné rozdelenie je možné v budúcich krokoch analýzy využiť k selekciám odpovedajúcich častíc.
3. Kvôli previerke výsledkov boli napísané dva nezávislé programvé kódy analýzy využívajúce dva rôzne štruktúry uskladnenia experimentálnych údajov. Výsledky týchto nezávislých kódov boli porovnané a prezentované na poradách pracovnej skupiny kolaborácie. Za dva mesiace pobytu bolo napísaných približne 3000 riadkov kódu vrátane makier slúžiacich na grafickú interpretáciu výsledkov.

4. Vypočítané boli rozdelenia uhlových rozdielov medzi počiatočnými smermi dráh podivných častíc a počiatočnými smermi dráh neidentifikovaných nabitých hadrónov. Z týchto uhlových rozdelení sú jasne viditeľné uhlové korelácie, ktoré odpovedajú píkom charakterizujúcim prítomnosť jetov. Pozorované sú dva píky umiestnené oproti sebe, ktoré odpovedajú dvom protismerným jetom prechádzajúcim termalizovaným prostredím.

Výpočet bol uskutočnený pre všetky páry dráh podivných častíc vs. Hadrón ktoré sadajú do zadaných intervalov priechnej hybnosti:

$$6 \text{ GeV}/c < p_{t_{\text{Triger}}}$$
$$3 \text{ GeV}/c < p_{t_{\text{assoc}}} < p_{t_{\text{Triger}}}$$

Kde boli ako $p_{t_{\text{Triger}}}$ označené priechne hybnosti podivných častíc a ako $p_{t_{\text{assoc}}}$ priechne hybnosti neidentifikovaných hadrónov. Takéto uhlové rozdelenia boli vypočítané pre päť binov priechnej hybnosti podivných častíc a päť binov centrality zrážky protónu s jadrom olova.

Prezentované výsledky sú prvé svojho druhu pri takýchto energiách (5.02 TeV na nukleón) a v danom systéme zrážok (p-Pb). Aj napriek tomu, že táto analýza je na svojom počiatku a získané výsledky si vyžadujú ešte väčšie množstvo korekcií, je možné z uhlových korelácií vidieť jasnú prítomnosť jetov a im odpovedajúce korelačné štruktúry.

Dosiahnuté výsledky boli prezentované na dvoch pracovných poradách pracovnej skupiny kolaborácie a stretli sa s veľmi priaznivým ohlasom. A vyvolali konštruktívnu diskusiu medzi vedeckými pracovníkmi a špecialistami, ktorí sa danej problematike venujú. Za 57 dní pobytu bolo napísaných približne 3000 riadkov programvého kódu.