ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ«МИФИ»
Кафедра экспериментальной ядерной физики и космофизики

Спектры заряженных частиц и термодинамические характеристики системы в столкновениях ArAr при энергиях $\sqrt{s_{NN}}$ =4, $\sqrt{s_{NN}}$ =10 и $\sqrt{s_{NN}}$ =14.5 ГэВ в эксперименте SPD на NICA

Место выполнения: Кафедра №7, Лаборатория фундаментальных взаимодействий

Студент Б21-105 Карпова Ю.Д.

Научный руководитель Краева А.Ю.

Москва 2025 г.

Моделирование

Система столкновения $ArAr$

Энергия столкновения в СЦМ

$\sqrt{s_{NN}}$ *=4, 10, 14.5 ГэВ*

Статистика $\approx 10^6$

Прицельный параметр $b \in [0, 9.7]$ *фм*

Ограничения на частицы

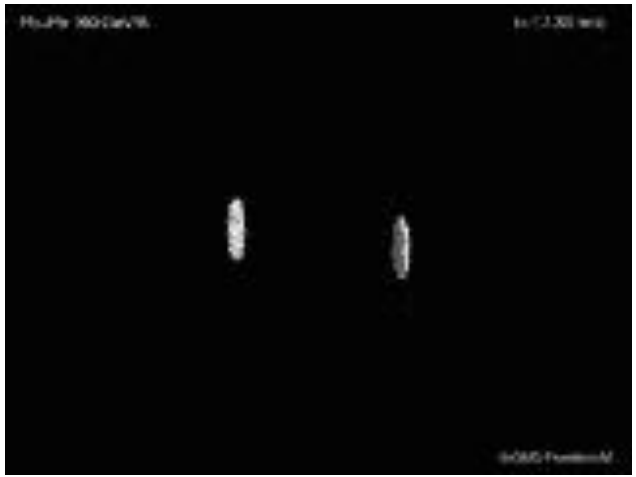
$$PDG\ (\pi\pm = \pm 211, K\pm = \pm 321, p\ (p^-) = \pm 2212)$$

$$|p_T| > 0.15 GeV/c$$

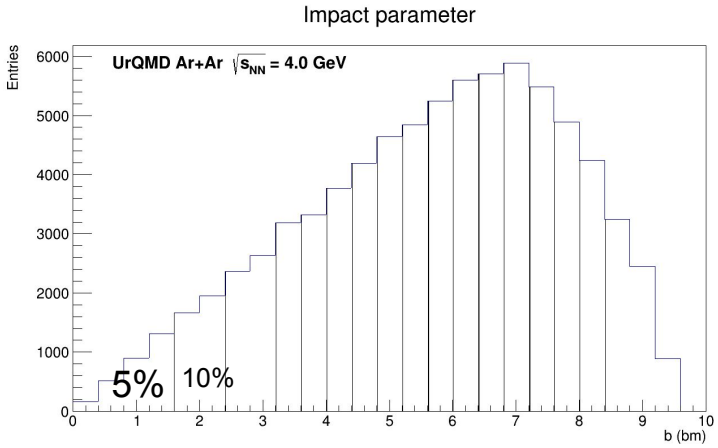
$$|\eta| < 2.4$$

$$|y| < 0.1$$

UrQMD - это уникальный инструмент для исследования и получения представления о динамике столкновений тяжелых ионов и их взаимодействии с помощью **метода Монте-Карло** с учетом имеющегося в настоящее время диапазона энергий и достижимой в будущем. UrQMD включает микроскопическую теорию переноса со столкновительным членом, учитывающим рассеяние разных частиц.



Определение центральности столкновений по прицельному параметру и множественности заряженных частиц



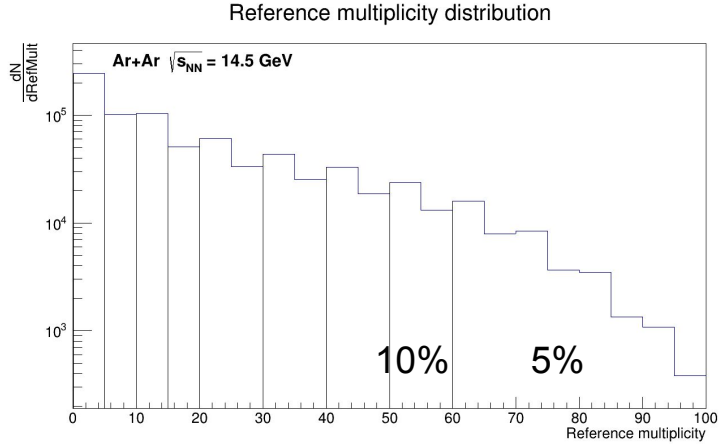


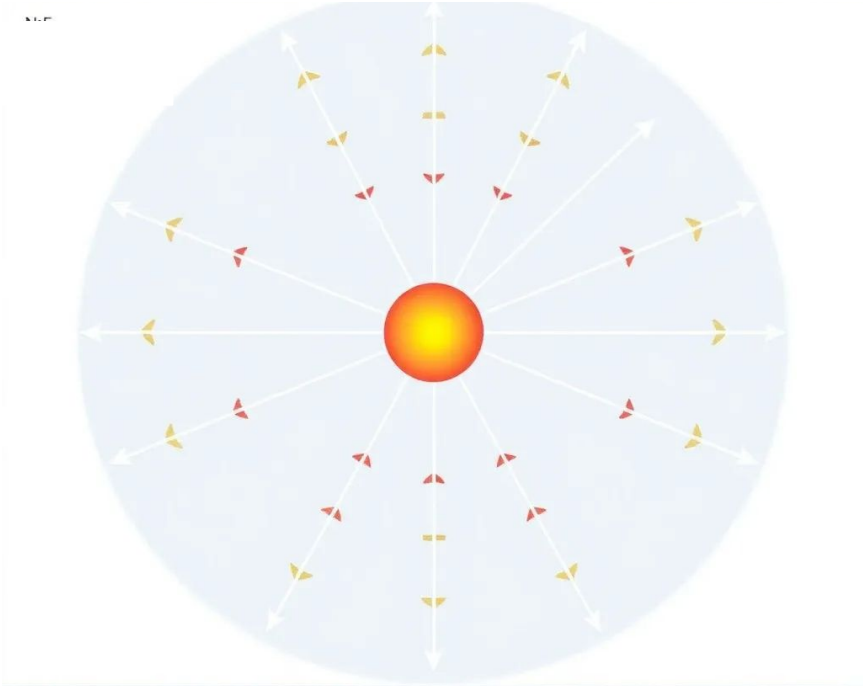
Таблица 1 — Диапазоны прицельного параметра для разных центральностей для столкновений Ar-Ar при энергиях 4 ГэВ, 10 ГэВ и 14.5 ГэВ.

Центральность, %	4 ГэВ (b, фм)	10 ГэВ (b, фм)	14.5 ГэВ (b, фм)
0 - 5	0 - 1.86	0 - 1.86	0 - 1.86
5 - 10	1.86 - 2.65	1.86 - 2.59	1.86 - 2.65
10 - 20	2.65 - 3.73	2.59 - 3.73	2.65 - 3.73
20 - 30	3.73 - 4.51	3.73 - 4.51	3.73 - 4.57
30 - 40	4.51 - 5.23	4.51 - 5.29	4.57 - 5.23
40 - 50	5.23 - 5.89	5.29 - 5.83	5.23 - 5.89
50 - 60	5.89 - 6.43	5.83 - 6.37	5.89 - 6.43
60 - 70	6.43 - 6.97	6.37 - 6.97	6.43 - 6.97
70 - 80	6.97 - 7.51	6.97 - 7.57	6.97 - 7.57

Модель взрывной волны

$$\frac{dN}{2\pi p_T dp_T} \propto \int_0^r r\,dr\,m_T\,I_0\left(\frac{p_T \sinh\rho(r)}{T_{kin}}\right) \times K_1\left(\frac{m_T \cosh\rho(r)}{T_{kin}}\right)$$

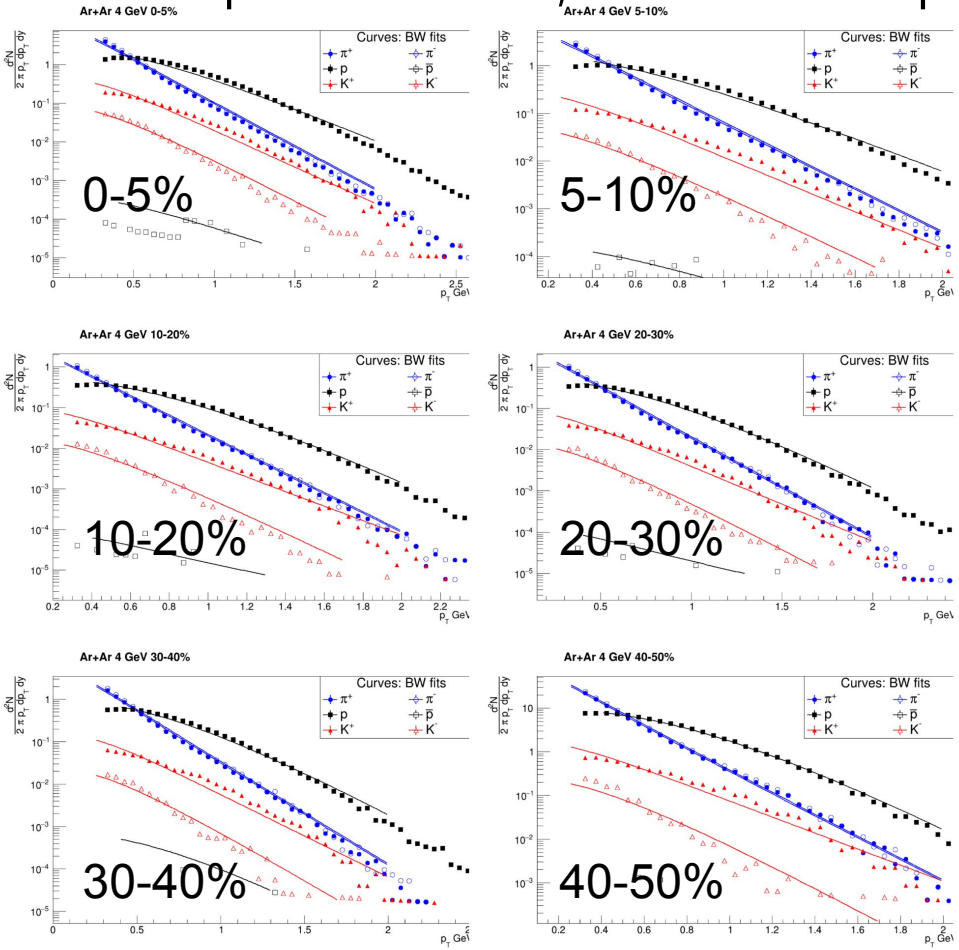
$$\rho(r) = tanh^{-1}\beta \qquad \beta = \beta_s\left(\frac{r}{R}\right)^n$$



1. Коллективное расширение с общей температурой
2. Радиальный поток с общей скоростью
3. Локальное тепловое равновесие
4. Эмиссия частиц

E. Schnedermann, J. Sollfrank, and U. W. Heinz, Phys. Rev. C 48, 2462 (1993).

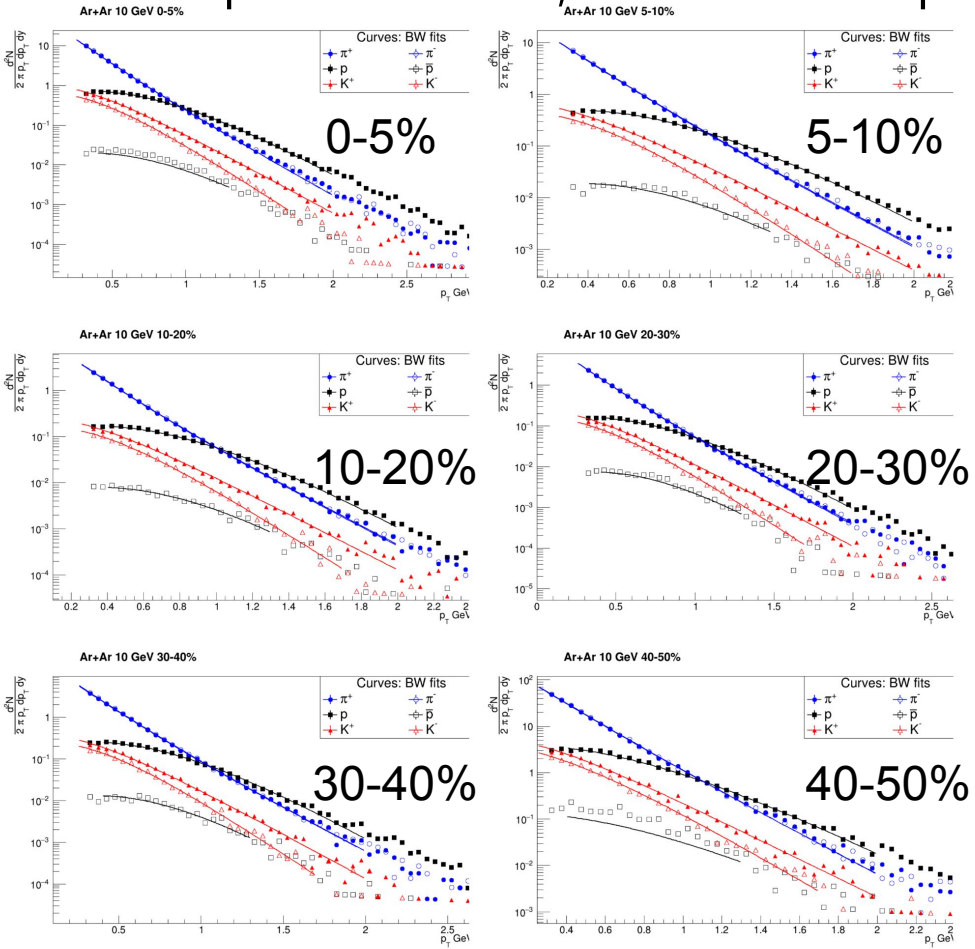
Спектры пионов, каонов и протонов и их античастиц



$\sqrt{s_{NN}} = 4GeV$

Центральность (%)	β	T (МэВ)
0–5%	0.2926 ± 0.0004	145.522 ± 0.03
5–10%	0.307 ± 0.001	138.57 ± 0.03
10–20%	0.3775 ± 0.0007	122.84 ± 0.03
20–30%	0.3703 ± 0.0008	121.86 ± 0.03
30–40%	0.326 ± 0.001	128.53 ± 0.04
40–50%	0.409 ± 0.001	103.64 ± 0.04
50–60%	0.443 ± 0.003	88.0 ± 1.0

Спектры пионов, каонов и протонов и их античастиц

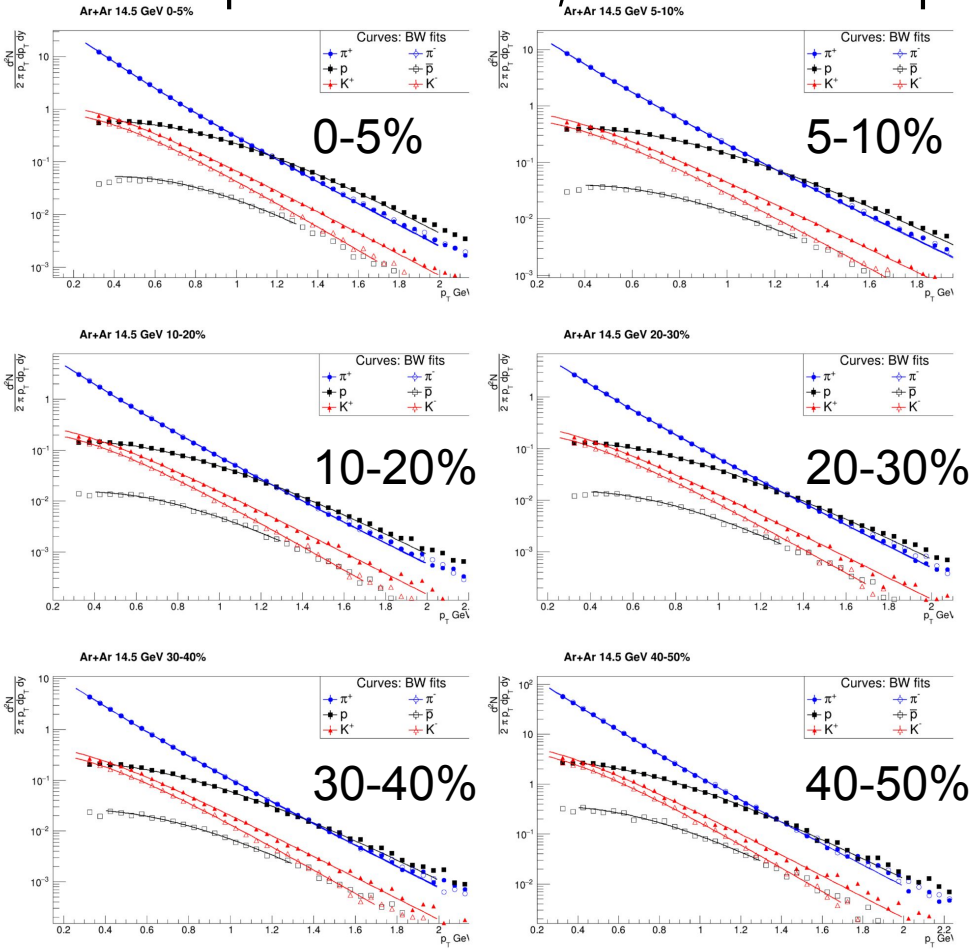


$\sqrt{s_{NN}} = 10GeV$

Центральность (%)	β	T (МэВ)
0–5%	0.490 ± 0.001	93.3 ± 0.3
5–10%	0.487 ± 0.002	92.5 ± 0.3
10–20%	0.483 ± 0.003	88.0 ± 1.0
20–30%	0.474 ± 0.004	91.0 ± 1.0
30–40%	0.475 ± 0.004	91.4 ± 1.0
40–50%	0.422 ± 0.006	108.0 ± 1.0
50–60%	0.449 ± 0.008	96.0 ± 2.0

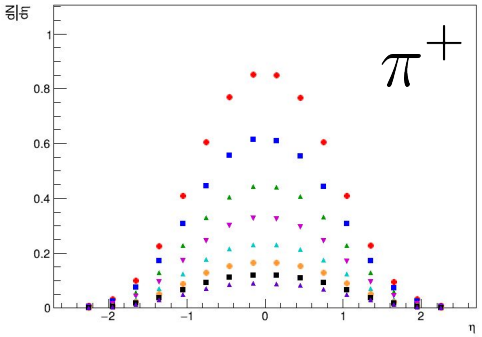
Спектры пионов, каонов и протонов и их античастиц

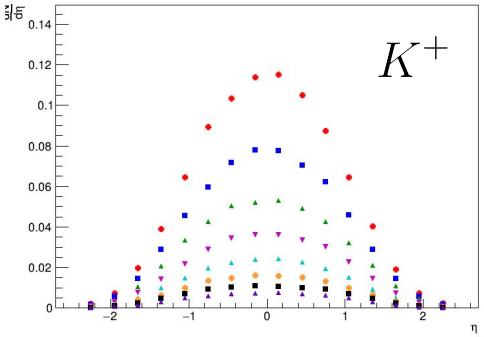
$\sqrt{s_{NN}} = 14.5GeV$

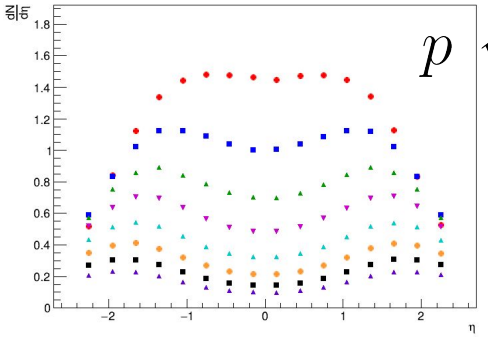


Центральность (%)	β	T (МэВ)
0-5%	0.5005 ± 0.0002	86.112 ± 0.01
5-10%	0.490 ± 0.001	89.5 ± 0.5
10-20%	0.478 ± 0.002	91.3 ± 0.6
20-30%	0.463 ± 0.003	95.2 ± 0.8
30-40%	0.450 ± 0.003	98.0 ± 0.9
40-50%	0.445 ± 0.004	101.0 ± 1.0
50-60%	0.437 ± 0.002	101.7 ± 0.2

Выходы пионов, каонов и протонов и их античастиц



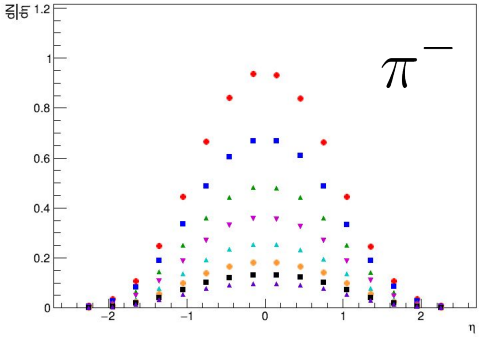


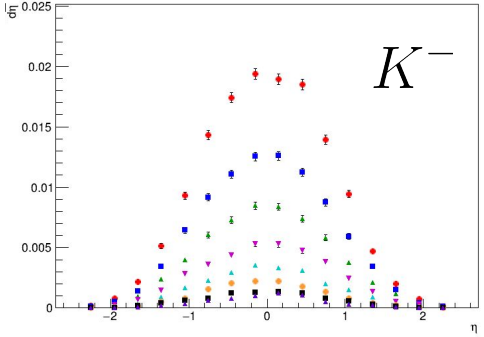


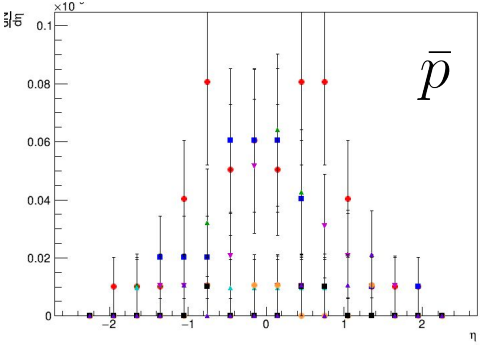
$\sqrt{s_{NN}} = 4GeV$

Центральность

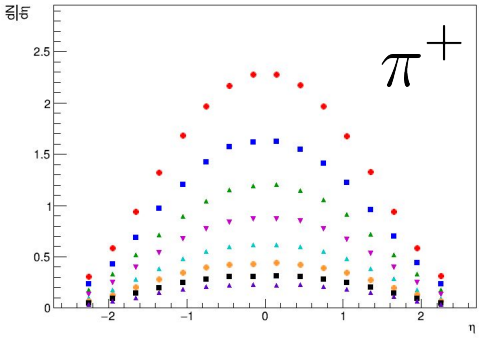
- 0-5%
- 5-10%
- 10-20%
- 20-30%
- 30-40%
- 40-50%
- 50-60%
- 60-70%

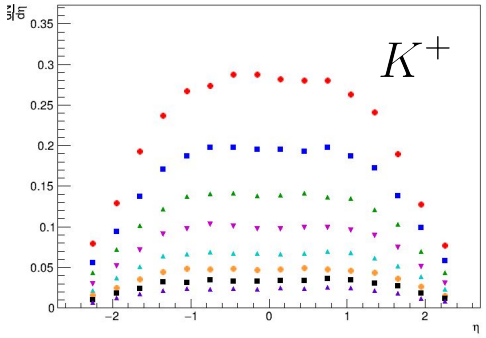


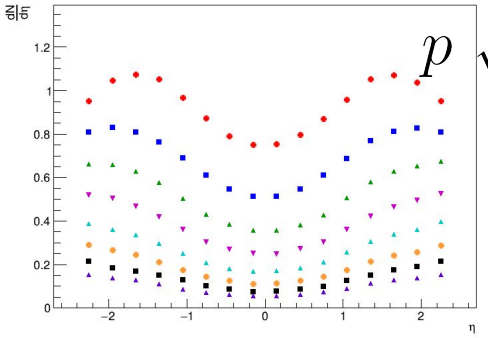


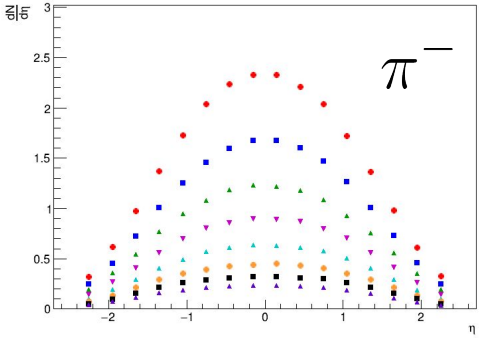


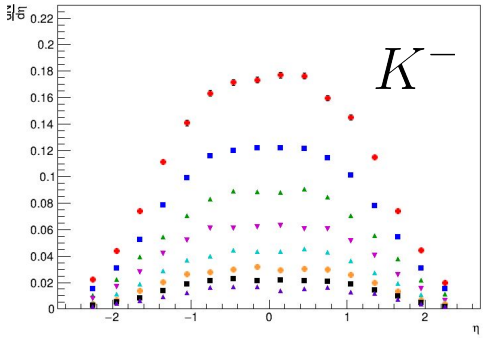
Выходы пионов, каонов и протонов и их античастиц

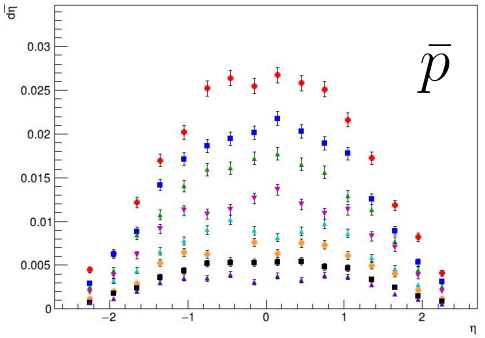










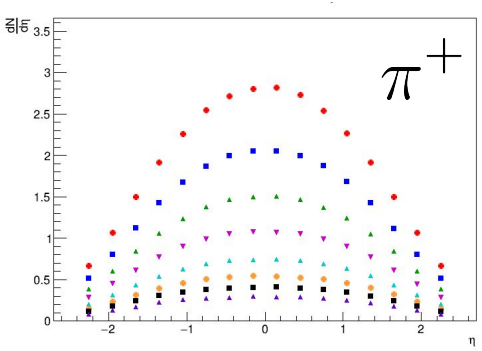


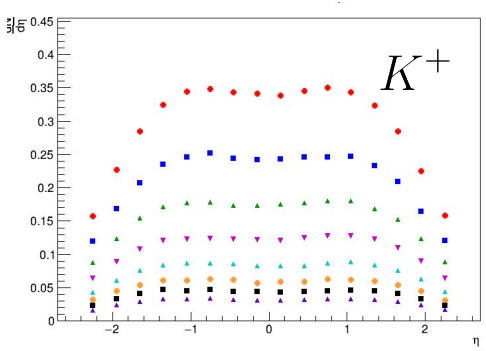
$\sqrt{s_{NN}} = 10GeV$

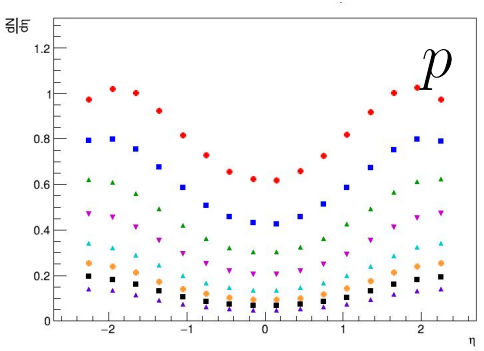
Центральность

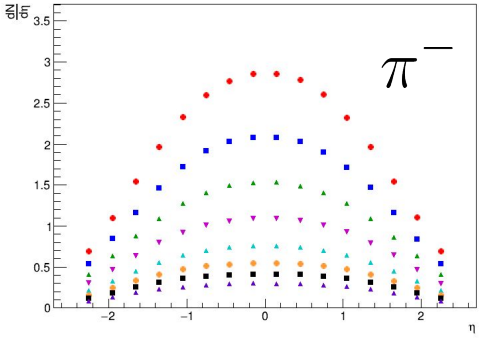
- 0-5%
- 5-10%
- 10-20%
- 20-30%
- 30-40%
- 40-50%
- 50-60%
- 60-70%

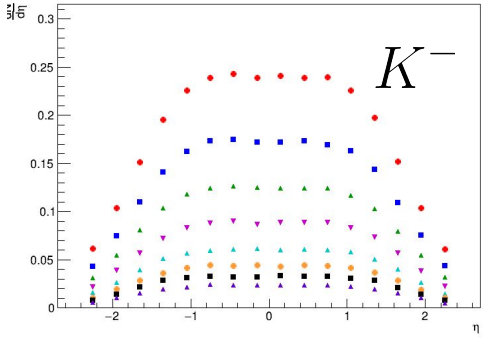
Выходы пионов, каонов и протонов и их античастиц

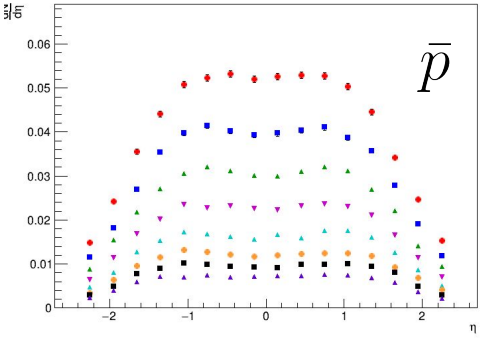












$\sqrt{s_{NN}} = 14.5GeV$

Центральность

- 0-5%
- 5-10%
- 10-20%
- 20-30%
- 30-40%
- 40-50%
- 50-60%
- 60-70%

Результаты

1. Сгенерированы события для системы в столкновениях ArAr при энергиях $\sqrt{s_{NN}}$ =4, $\sqrt{s_{NN}}$ =10 и $\sqrt{s_{NN}}$ =14.5 ГэВ в эксперименте SPD на NICA
2. Определена центральность по прицельному параметру и множественности
3. Построены спектры протонов, каонов и пионов и их античастиц
4. Извлечены термодинамические характеристики среды с использованием модели взрывной волны
5. Определены выходы частиц в зависимости от центральности события и псевдобыстроты

Планы: Оценить эффективности реконструкции заряженных частиц и восстановить спектр p_T с учетом эффективностей