



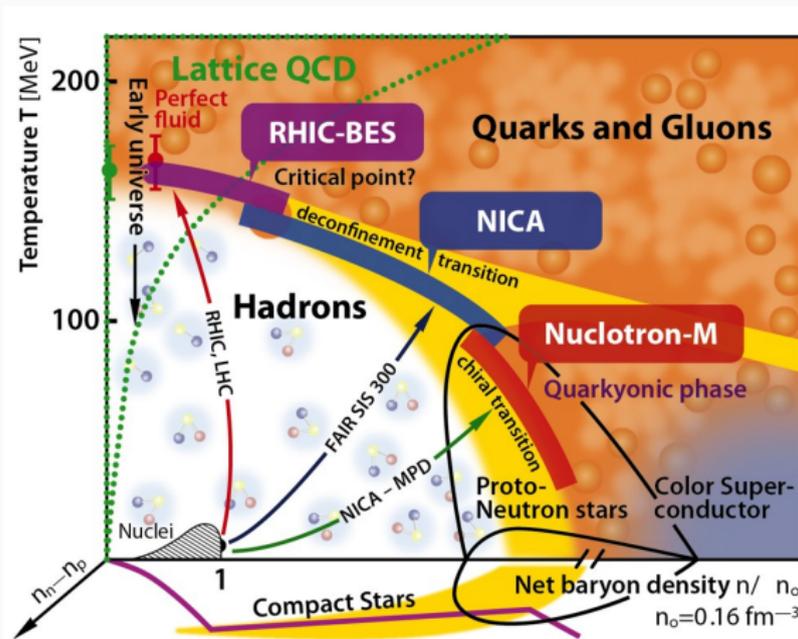
Анализ особенностей рождения
идентифицируемых заряженных адронов в
 V_i+V_i столкновениях при энергии

$$\sqrt{S_{NN}} = 9.2 \text{ ГэВ}$$

Д. Ларионова, Я. Бердников, Д. Котов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(СПбПУ)

- RHIC, LHC - $T \sim 170$ МэВ, $\mu_B = 29$ МэВ
- Определение области значений T , μ_B при энергиях NICA важны для определения экспериментальных признаков фазового перехода



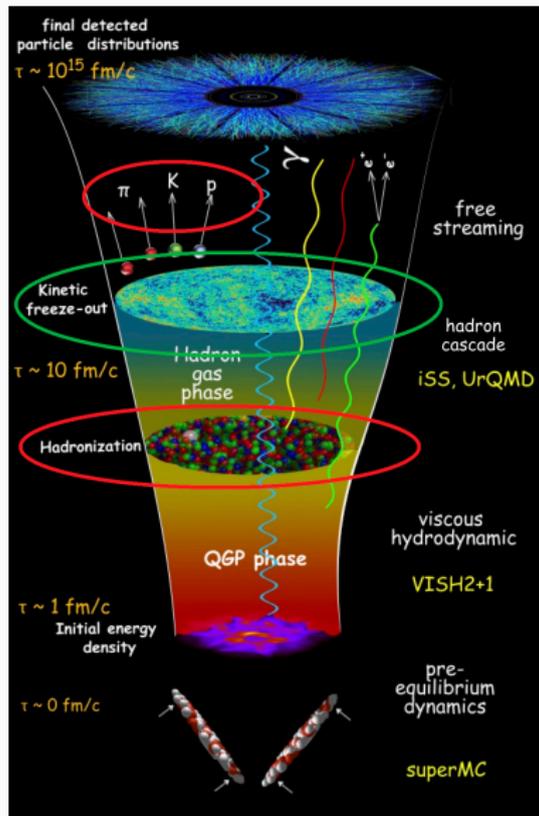
Заряженные адроны ($\pi^\pm, K^\pm, p, \bar{p}$)

Кинетическое вымораживание

T_0, β_T

Модель Blast-Wave

Адронизация и химическое вымораживание



Граница фазового перехода первого порядка может быть описана следующим образом:

$$T_c(\mu) = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{3}{34}} \sqrt{\sqrt{340\pi^2(220)^4 + 55\mu^4} - 15\mu^2}$$

Отношение \bar{p}/p из статистической модели:

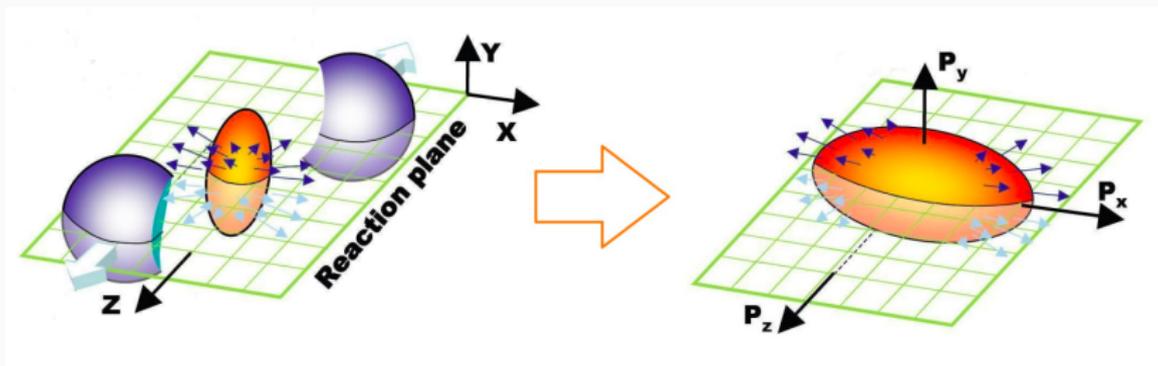
$$\frac{\bar{p}}{p} = \exp\left(\frac{-2\mu_B}{T}\right) \Rightarrow T = \frac{-2\mu_B}{\ln\left(\frac{\bar{p}}{p}\right)}$$

Кинетическое вымораживание. Модель Blast-Wave (ударной волны)



Разогретая материя обладает высокой температурой, распределенной неравномерно – в центре системы частиц температура выше, чем на ее периферии, что создает градиент давления. Согласно уравнениям гидродинамики, материя из центра устремляется наружу, формируя ударную волну.

Все адроны формируются из кварков и глюонов одновременно, вследствие чего приобретают одинаковую среднюю скорость радиального расширения β_T

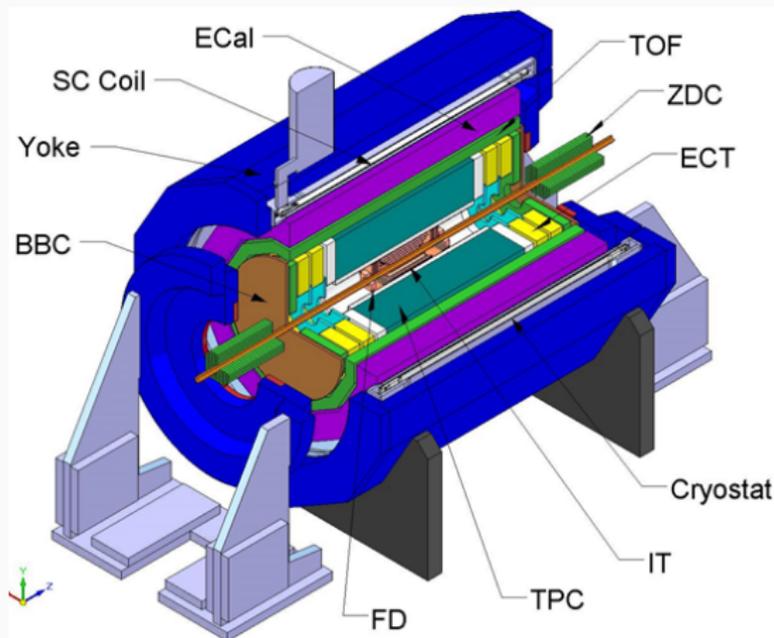


$$\frac{dN}{m_T dm_T} = C \int_0^R r dr \cdot m_T \cdot I_0 \left(\frac{p_T \sinh \rho}{T_0} \right) K_1 \left(\frac{p_T \cosh \rho}{T_0} \right)$$

- $m_T = \sqrt{p_T^2 + m_0^2}$
- β_T - средняя скорость радиального потока частиц
- T_0 - температура кинетического вымораживания
- R - максимальный радиус системы частиц на стадии кинетического вымораживания
- ρ - поперечное ускорение, определяемое радиальной координатой частицы: $\rho(r) = \tanh^{-1}(\beta_T) \cdot \frac{r}{R}$
- I_0 and K_1 - модифицированные функции Бесселя

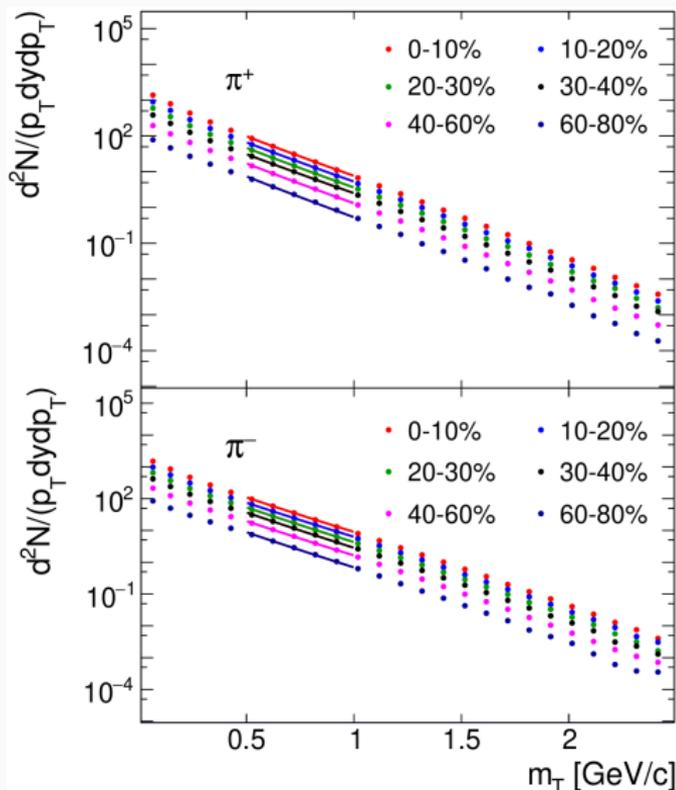
C, T_0, β_T - параметры аппроксимации

- гибридный генератор UrQMD
- Идентификация адронов: TOF и TPC
- Определение центральности столкновения по множественности заряженных частиц в TPC

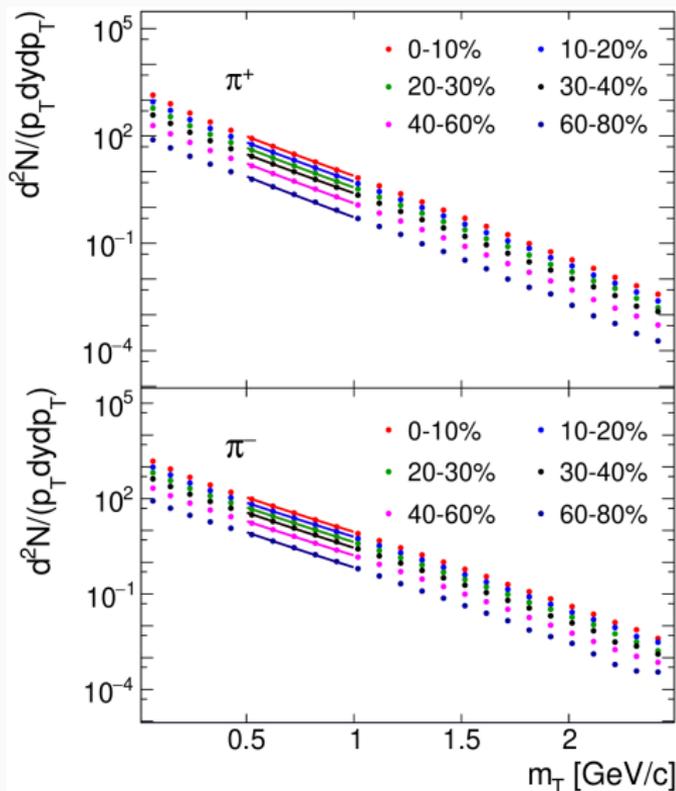




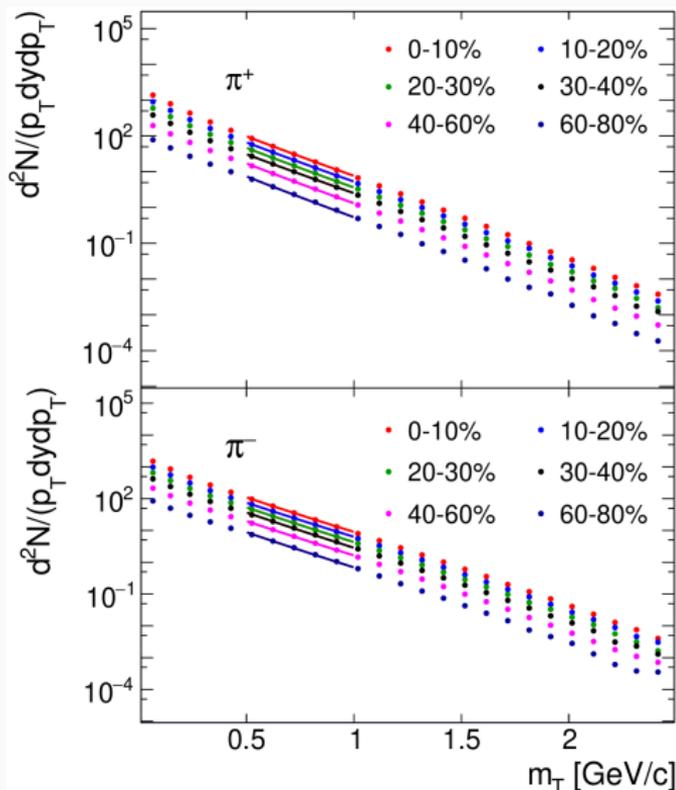
центр.	T_0 [МэВ]	β_T
π^+		
0-10%	121	0.57
10-20%	125	0.56
20-30%	120	0.58
30-40%	123	0.58
40-60%	117	0.60
60-80%	113	0.61
π^-		
0-10%	120	0.59
10-20%	123	0.59
20-30%	119	0.60
30-40%	117	0.60
40-60%	121	0.61
60-80%	118	0.61



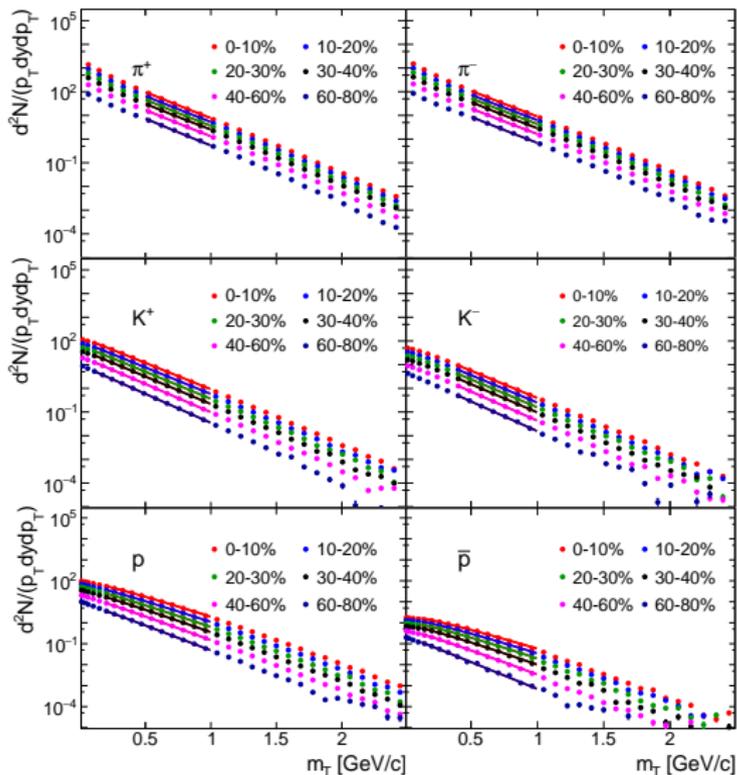
центр.	T_0 [МэВ]	β_T
K^+		
0-10%	101	0.61
10-20%	103	0.6
20-30%	99	0.6
30-40%	99	0.59
40-60%	97	0.59
60-80%	101	0.55
K^-		
0-10%	101	0.59
10-20%	99	0.6
20-30%	95	0.6
30-40%	100	0.57
40-60%	99	0.56
60-80%	110	0.49



Центр.	T_0 [МэВ]	β_T
ρ		
0-10%	105	0.6
10-20%	108	0.57
20-30%	108	0.55
30-40%	111	0.52
40-60%	106	0.51
60-80%	109	0.47
$\bar{\rho}$		
0-10%	101	0.63
10-20%	100	0.62
20-30%	99	0.6
30-40%	97	0.58
40-60%	100	0.53
60-80%	110	0.41



Глобальная аппроксимация (одновременно по всем типам частиц)



Диапазоны аппроксимации:

	π^+	π^-	K^+	K^-	p	\bar{p}
m_{Tmin}	0.5	0.5	0.12	0.4	0.2	0.12
m_{Tmax}	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Функция Blast-Wave является интегральной и может проявлять нестабильность. Диапазоны аппроксимации были выбраны произвольно для достижения оптимальных результатов.

Средние значения отклонений функции аппроксимации от данных моделирования составляют менее 1%.

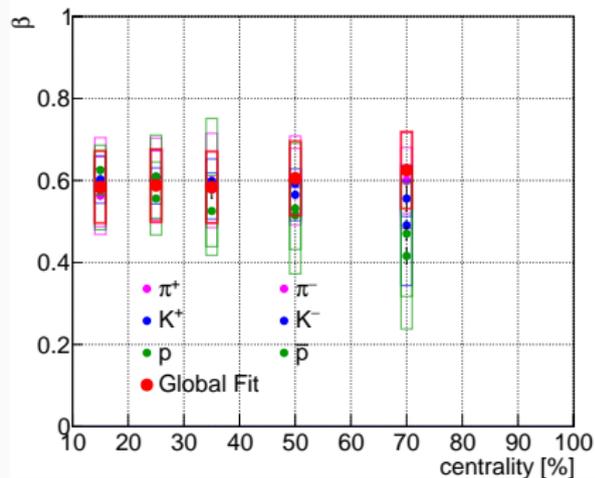
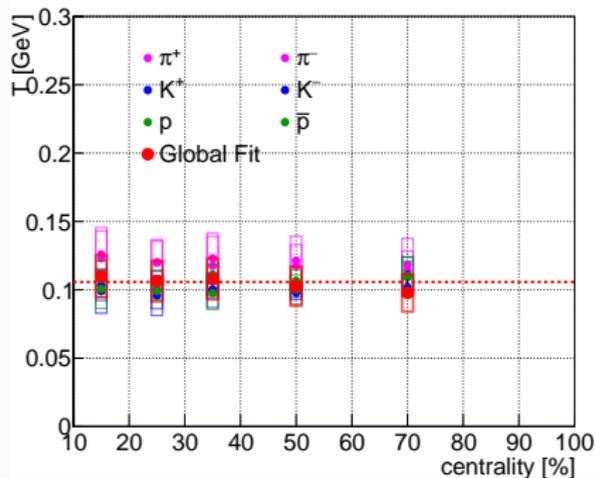


Свободные параметры C , T_0 , β_T чувствительны к диапазону аппроксимации, ограничениям этих параметров и их начальным значениям.

Систематические неопределенности определялись как процентное различие между конечными значениями параметров и значениями, полученными при различных условиях аппроксимации.

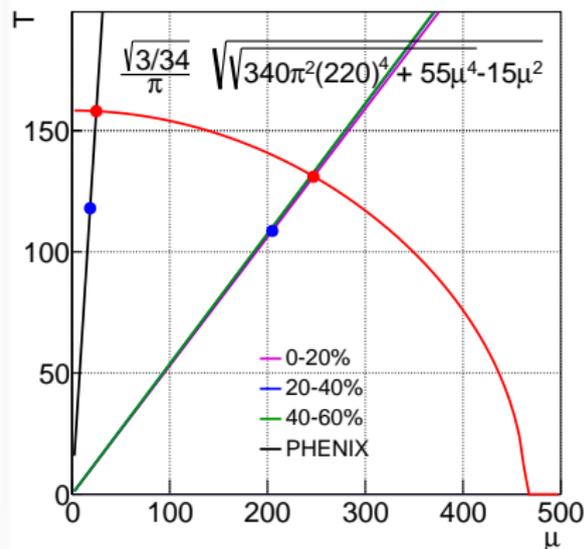
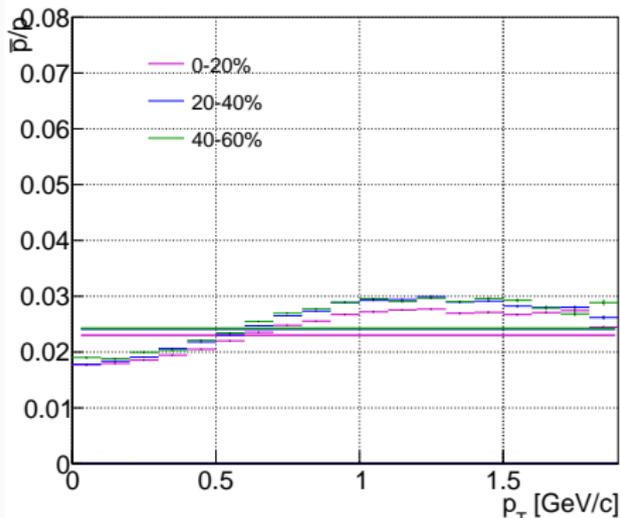
Параметры аппроксимации варьировались следующим образом:

- Диапазоны аппроксимации изменялись на $\pm 10\%$.
- Начальные значения параметров изменялись на $\pm 10\%$.
- Ограничения параметров были изменены на $\pm 10\%$.



$$T_0 = 0.109 \pm 0.002 \text{ ГэВ}$$

Значения T и β , полученные для разных частиц, согласуются в пределах неопределенностей.



Кинетическое вымораживание:

$$T_0 \approx 109 \text{ МэВ}, \mu_B \approx 205 \text{ МэВ}$$

Химическое вымораживание:

$$T_{ch} \approx 131 \text{ МэВ}, \mu_B \approx 247 \text{ МэВ}$$

$$\mu_B = -1/2 \cdot T \cdot (\bar{p}/p)$$

- Проведен анализ спектров заряженных адронов в рамках модели Blast-Wave.
- Вычислены значения T_0 и β_T в зависимости от центральности.
- Проведена оценка величин μ_B на основе полученного значения p/\bar{p} .

Кинетическое вымораживание: $T_0 \approx 109$ МэВ, $\mu_B \approx 205$ МэВ

Химическое вымораживание: $T_{ch} \approx 131$ МэВ, $\mu_B \approx 247$ МэВ

Выражаем благодарность В. Кирееву за помощь в получении результатов!

Работа выполнена в рамках Государственного задания на проведение фундаментальных исследований (код темы FSEG-2025-0009)



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

