

# Трековые системы коллайдерных экспериментов: от ALICE(LHC) до MPD(NICA)

Кондратьев В.П.



6 марта 2018 г.

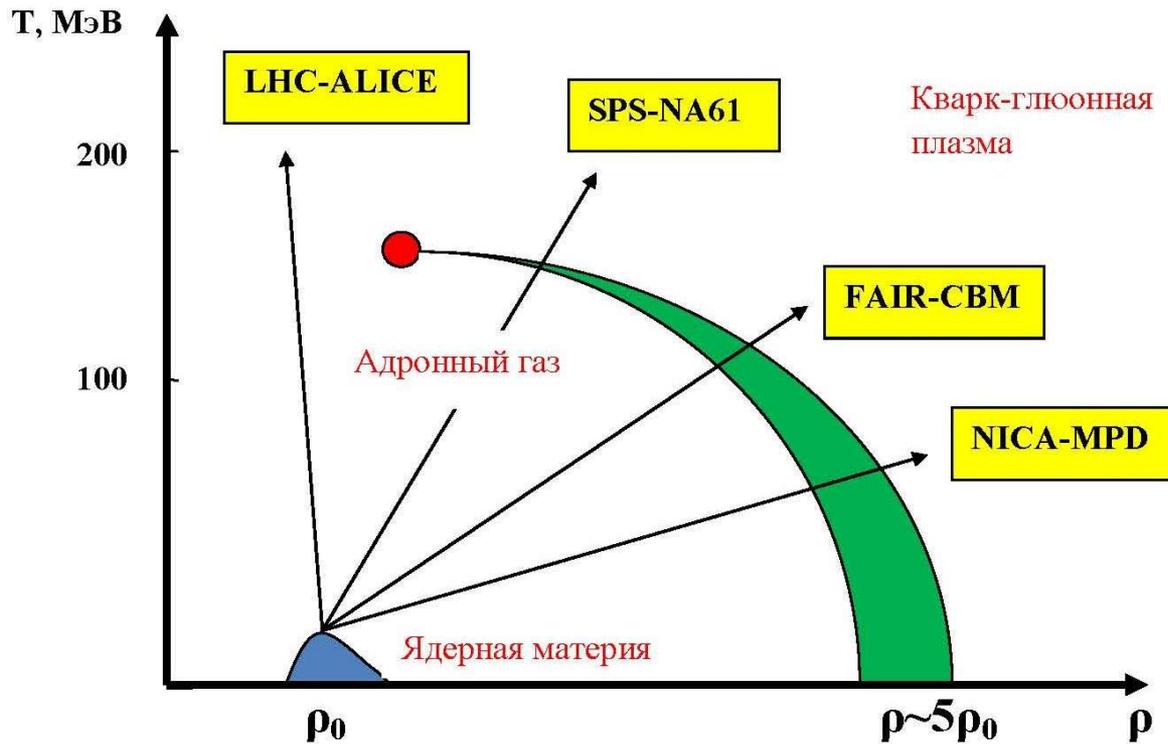
«Все, что возможно, происходит.  
Возможно лишь то, что происходит.»

Франц Кафка, из книги «Дневники (1910–1923)»

**Возможно:** изучение экстремальных состояний возбужденной ядерной материи, образующихся в релятивистских столкновениях ядер

**Происходит:** в эксперименте ALICE на коллайдере LHC

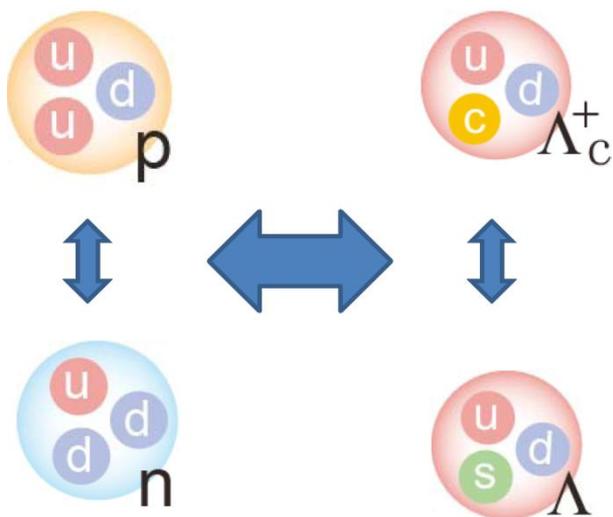
**Будет происходить:** в эксперименте MPD на коллайдере NICA



# Важные объекты исследования

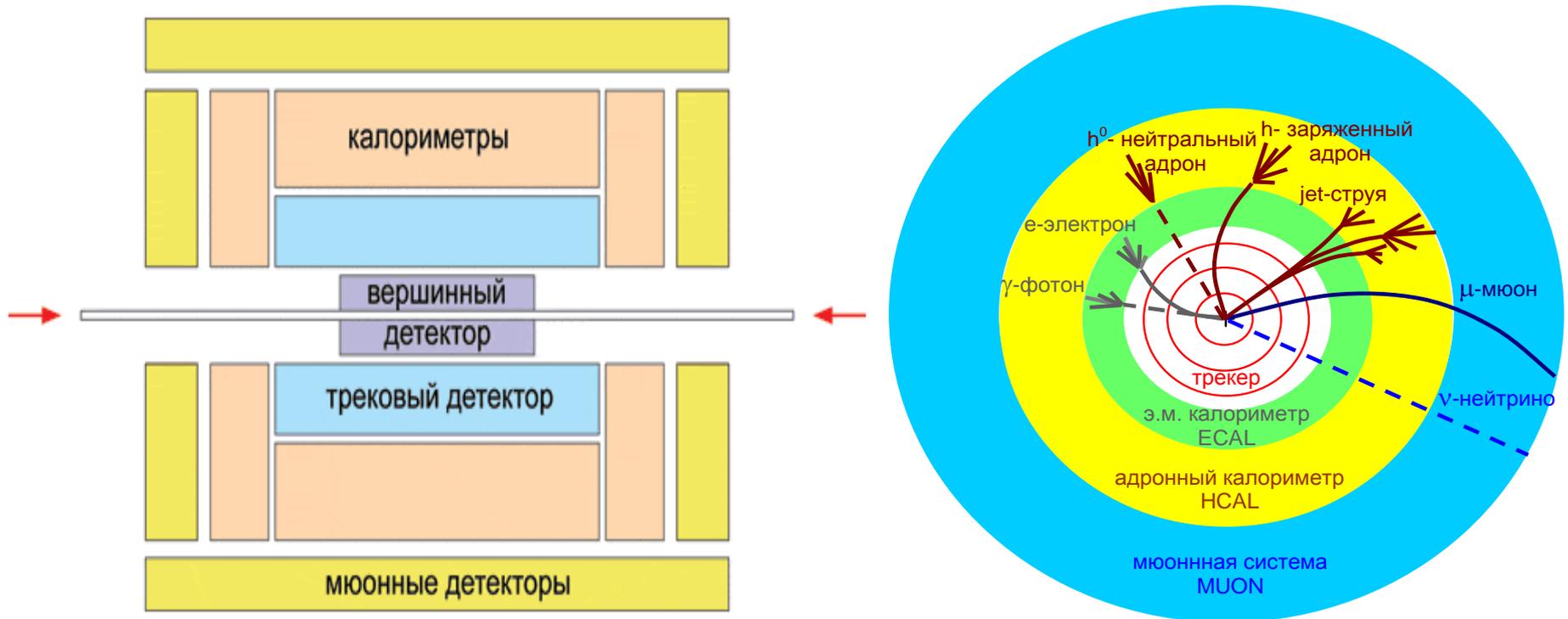
## Странные и очарованные адроны

- 1) как пробники различных фазовых состояний ядерной материи
- 2) как частицы, входящие в состав экзотических ядер:



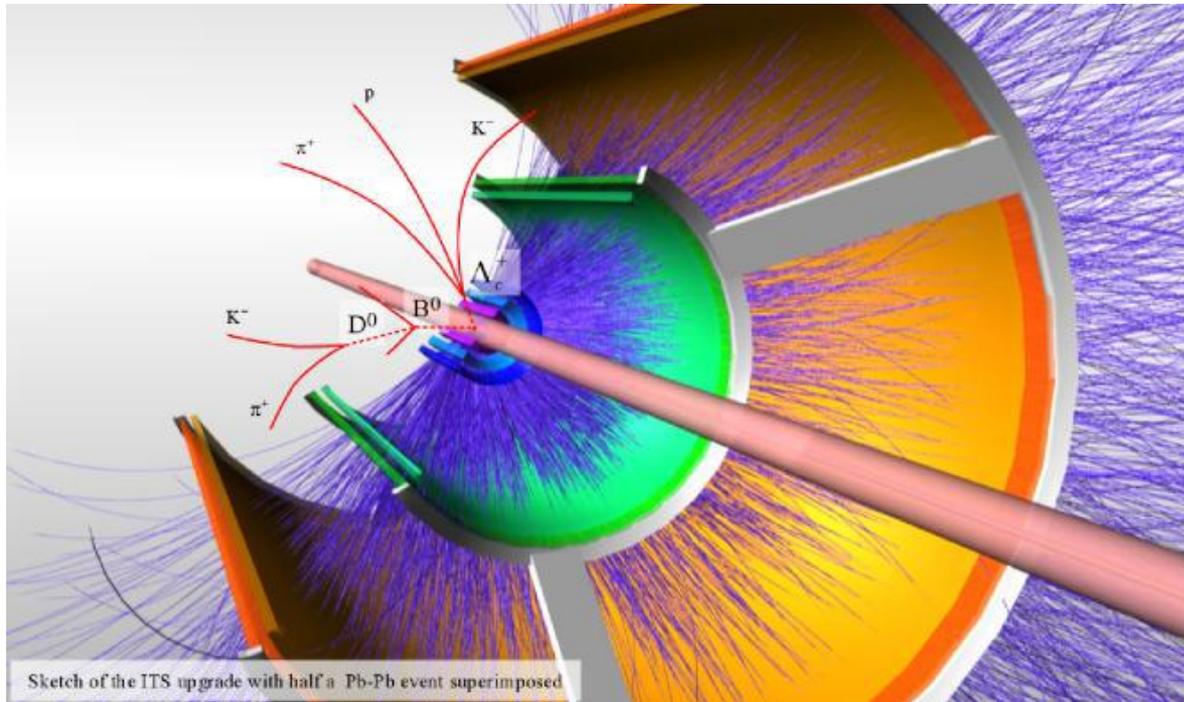
Регистрация странных и очарованных частиц осложняется малыми временами их жизни!

# Схема типичной установки для экспериментов на коллайдере



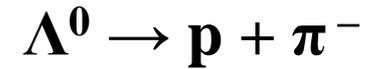
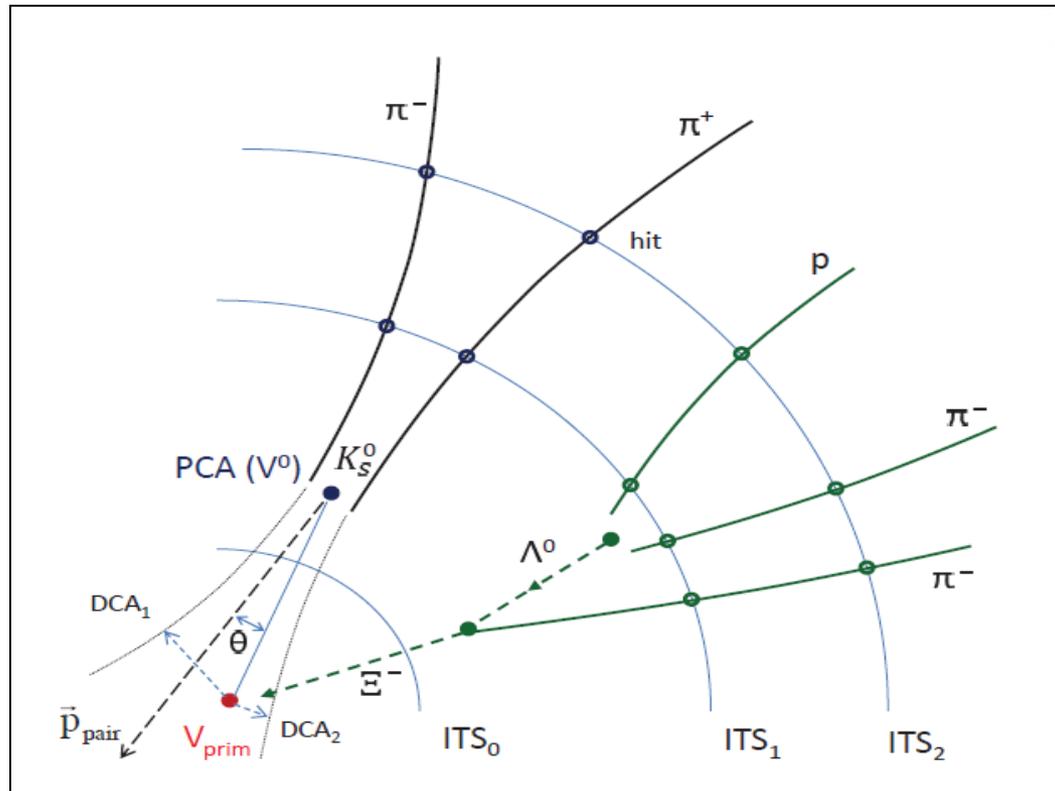
При регистрации короткоживущих продуктов ядро-ядерных столкновений ключевую роль играет **вершинный трековый детектор**.

## Вершинные детекторы современных экспериментов, изучающих АА-столкновения

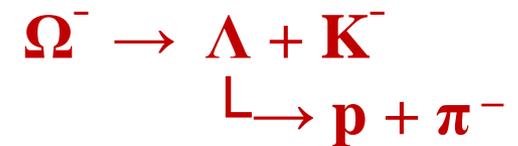
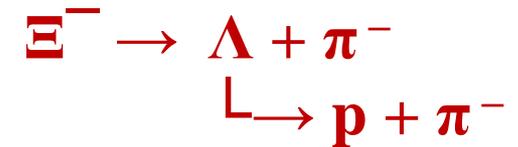


Вершинный трековый детектор современного эксперимента - это многослойная система **полупроводниковых координатно-чувствительных детекторов**, регистрирующих треки короткоживущих частиц вблизи вершин их рождения.

# Основная функции вершинного трекового детектора



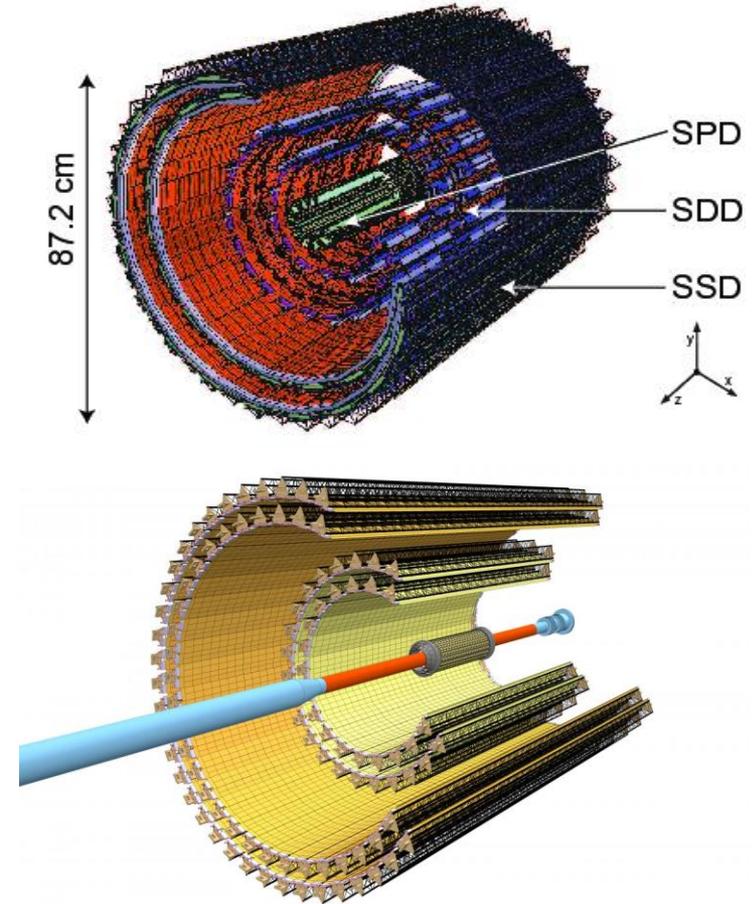
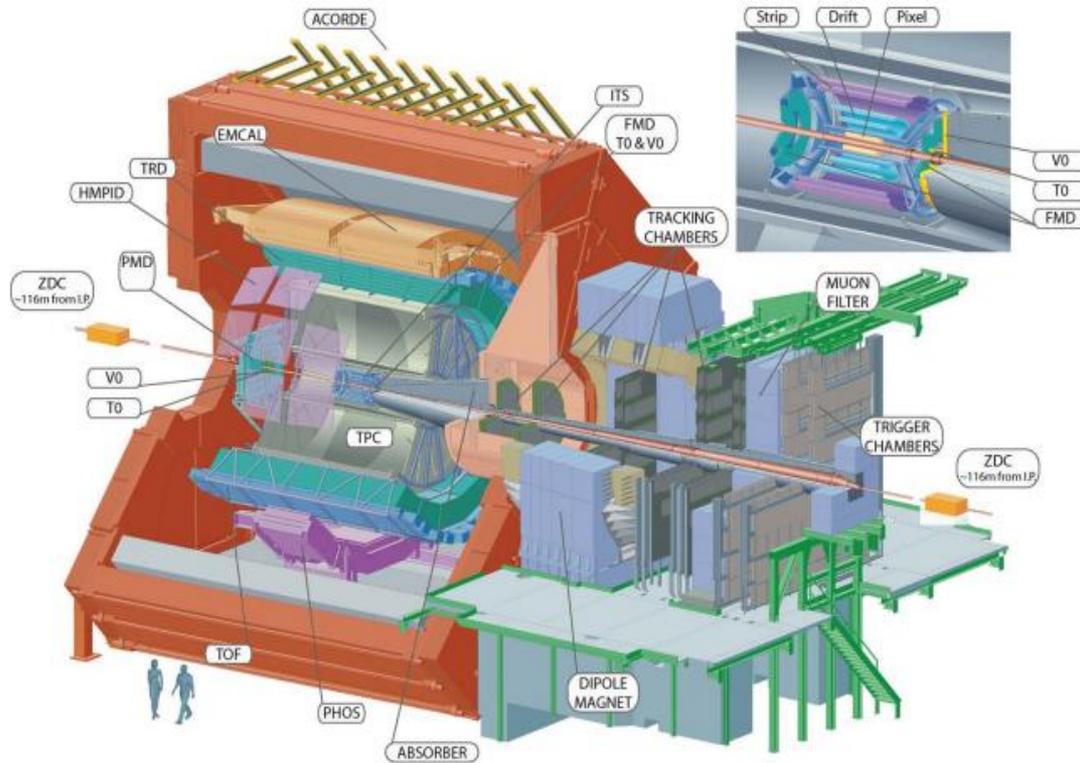
$$\tau c = 7.9 \text{ cm}$$



Идентификация **мультистранных гиперонов и гиперядер**, **очарованных адронов и суперядер** по инвариантной массе продуктов их распада.



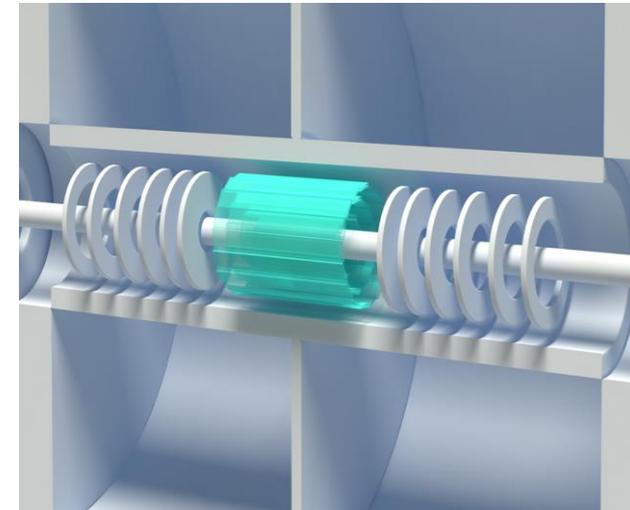
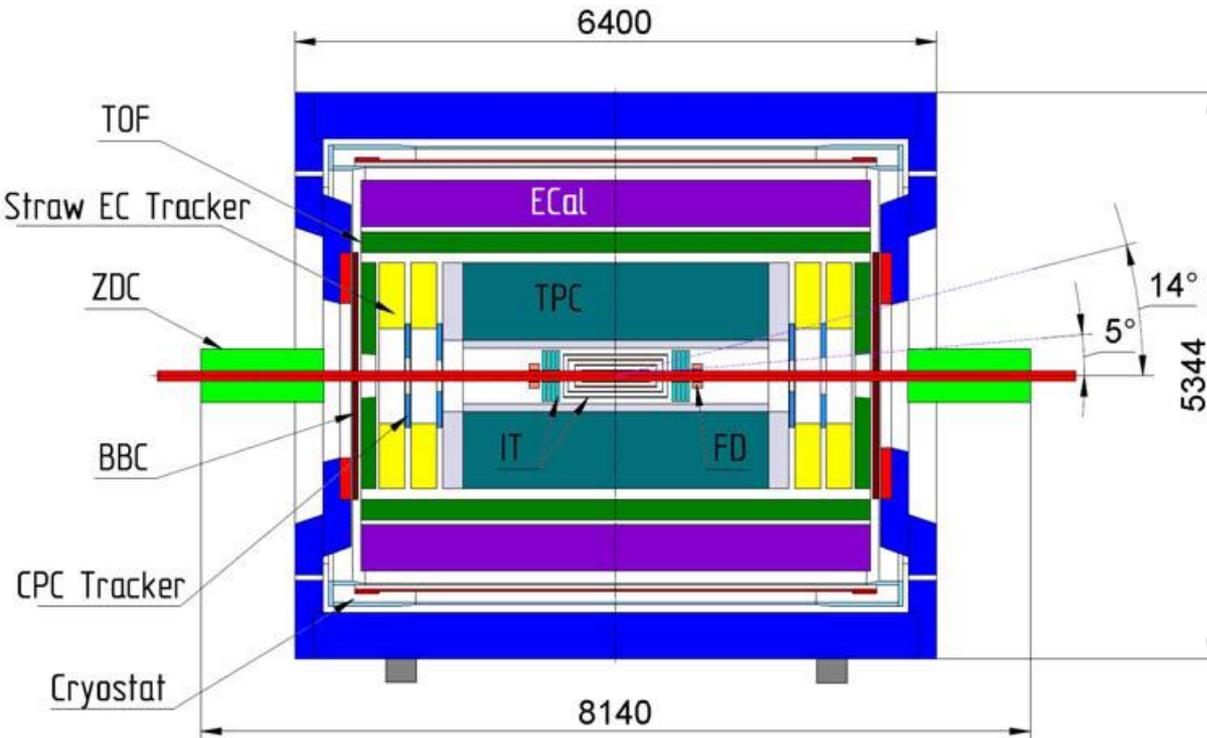
# Внутренний трекер эксперимента ALICE



Внутренняя трековая система (**ITS**) состоит из 6 цилиндрических слоев кремниевых детекторов: 2 слоя – SPD (пиксельные детекторы), 2 слоя – SDD (дрейфовые детекторы) и 2 слоя – SSD (микроstriповые детекторы). После модернизации ITS будет построен из 7 слоев **пиксельных детекторов**.

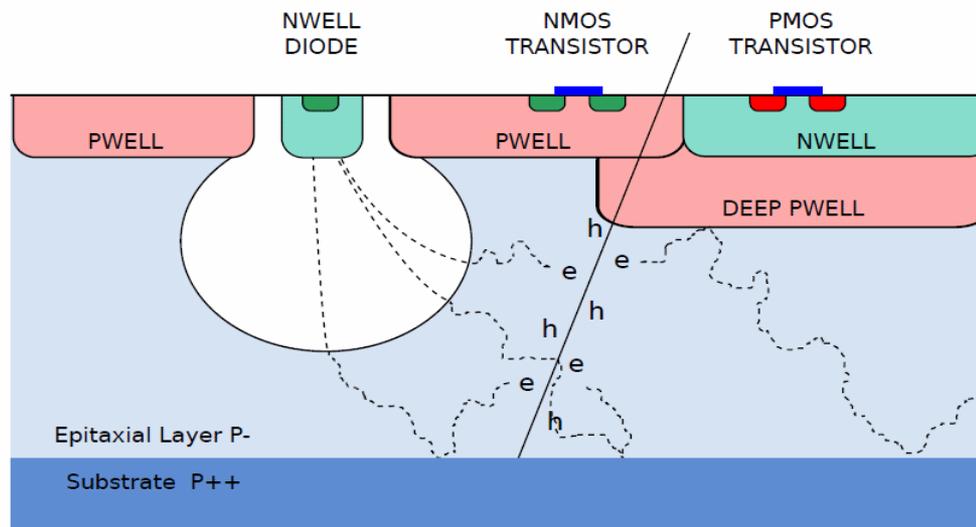


# Трековая система эксперимента MPD



Трековая система включает время-проекционную камеру (TPC) и кремниевый внутренний трекер (IT), который планируется построить из **пиксельных детекторов** (5 или 6 слоев) .

# Кремниевые позиционно-чувствительные детекторы для ИТ

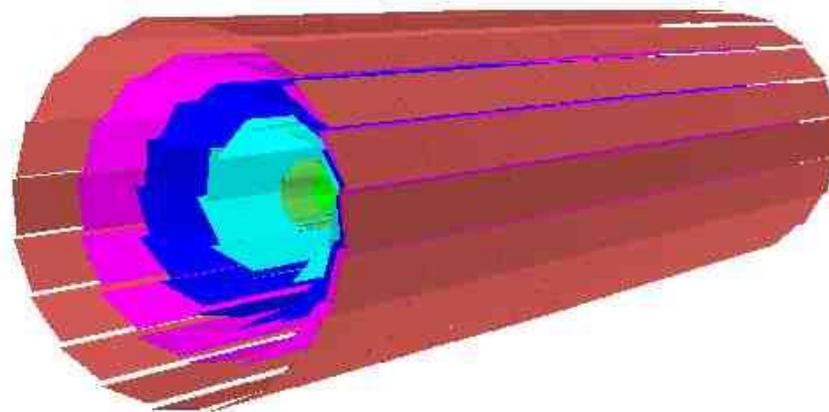
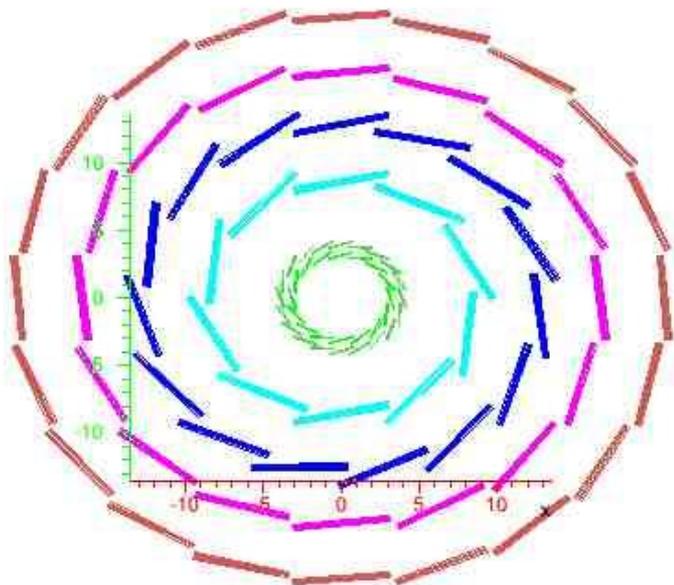


Монолитные активные пиксельные детекторы (**MAPS**)

Пиксельная матрица с активной площадью  $15,3 \times 30 \text{ мм}^2$  и толщиной  $50 \text{ мкм}$  состоит из  $512 \times 1024$  пикселей размером  $28 \times 28 \text{ мкм}^2$ .

**Пространственное разрешение:**  $\sigma_{r\phi} = 4 \text{ мкм}$ ,  $\sigma_z = 4 \text{ мкм}$

# Геометрическая модель ИТ на базе пиксельных детекторов

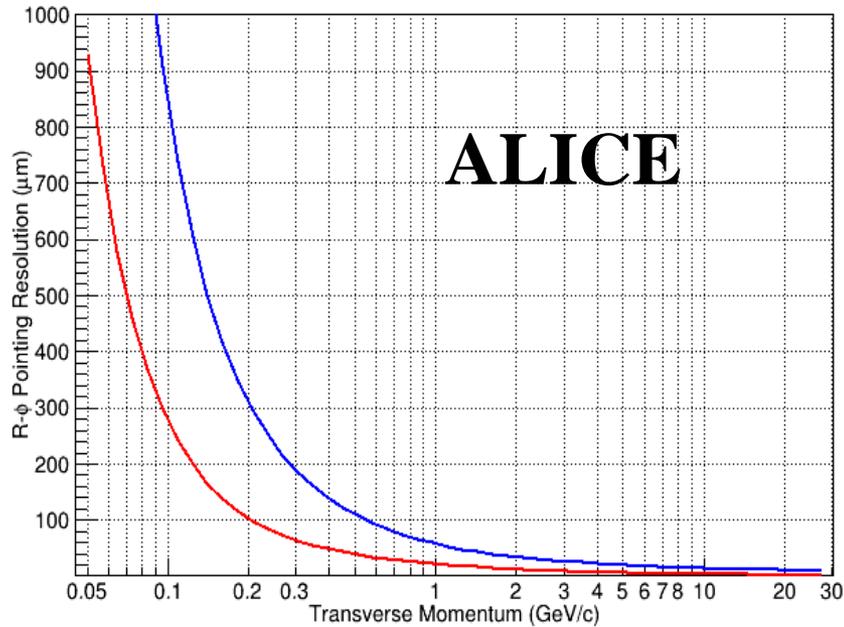


Диаметр ионопровода  $\varnothing = 60$  мм

Внутренний трекер из 6 цилиндрических слоев кремниевых пиксельных сенсоров **MAPS**.

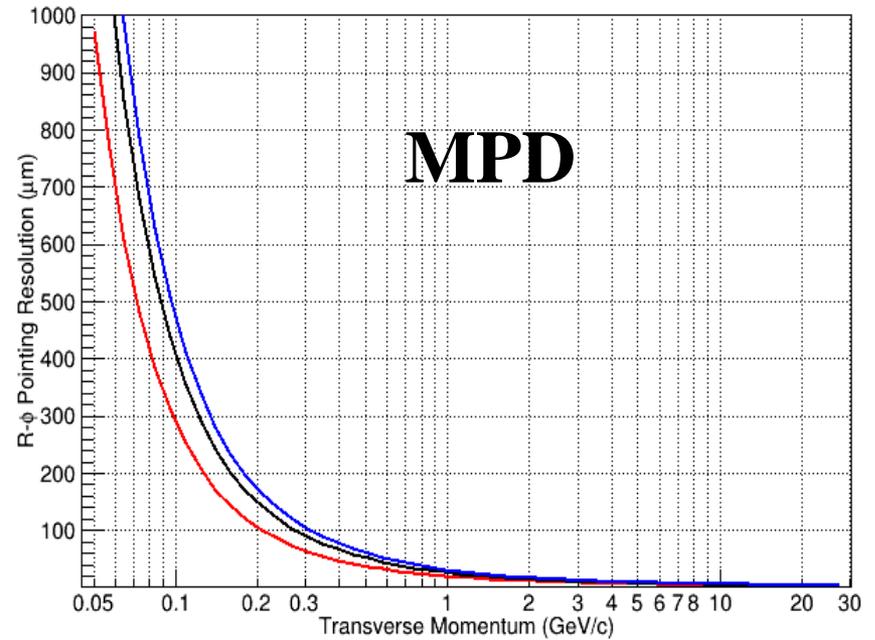
# Пространственное разрешение внутреннего трекера

R- $\phi$  Pointing Resolution .vs. Pt



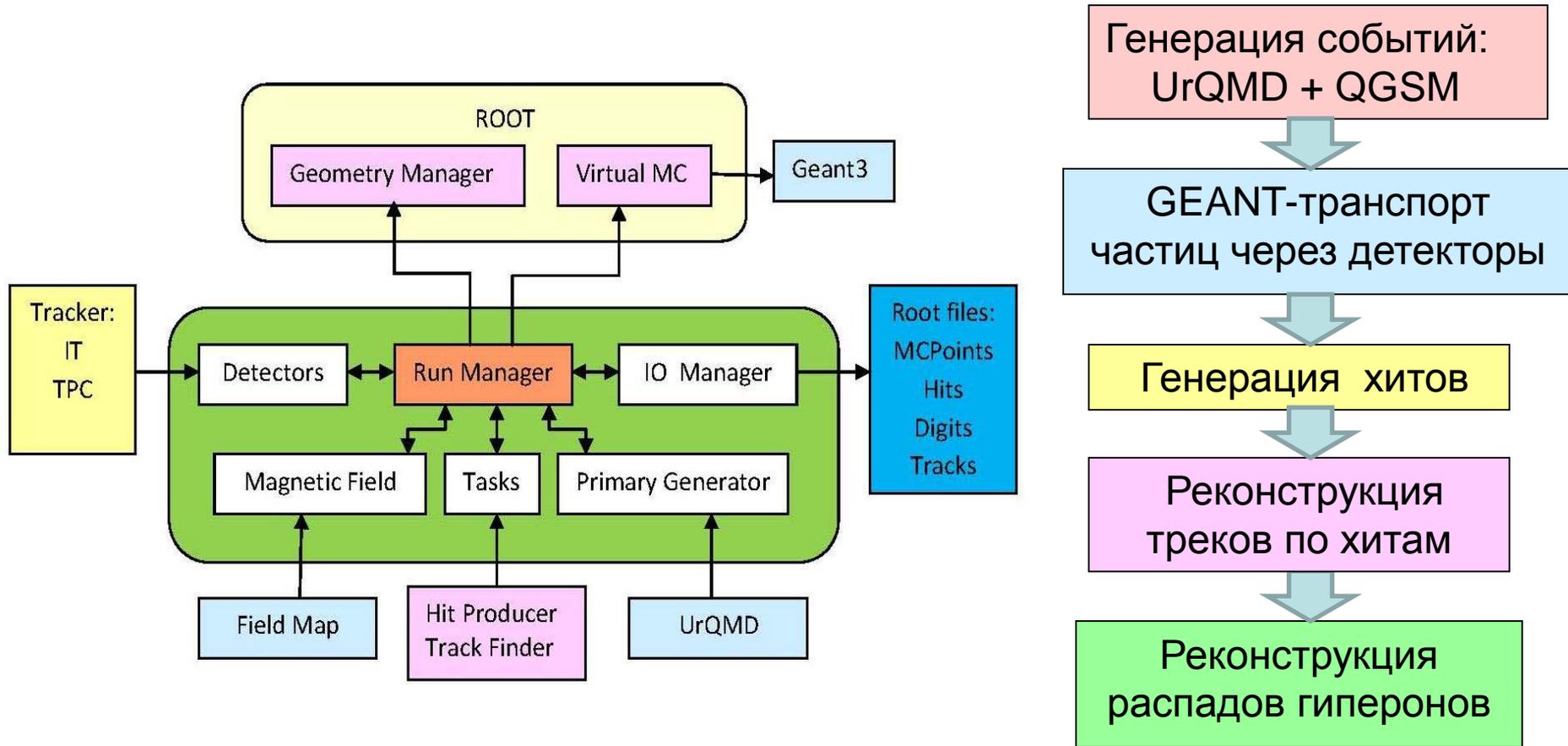
— Новая ITS  
— Старая ITS

R- $\phi$  Pointing Resolution .vs. Pt



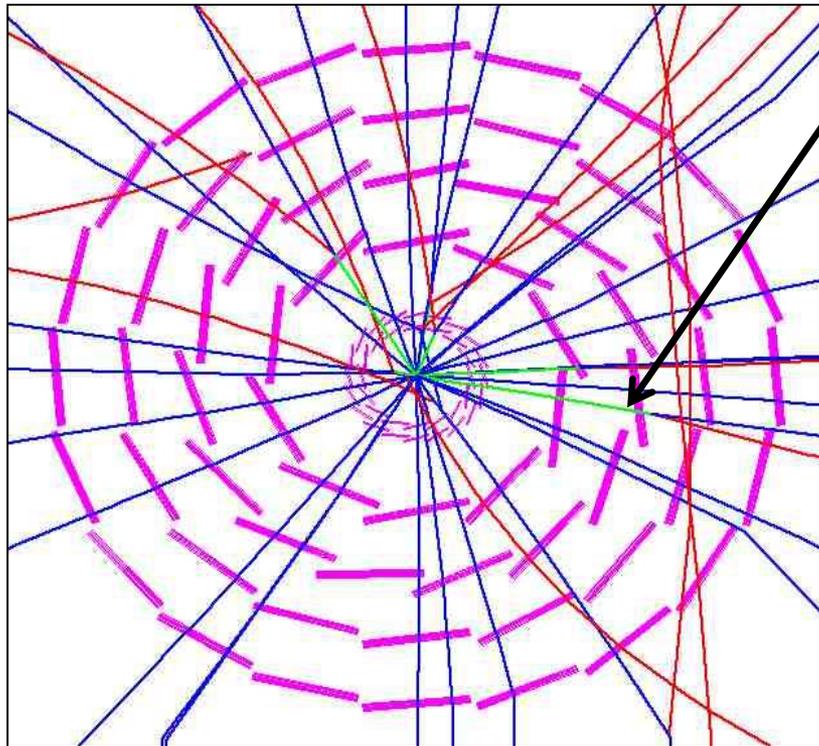
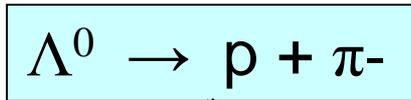
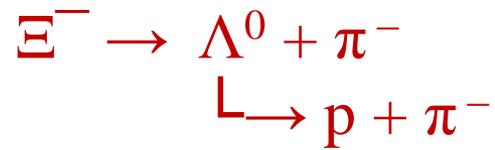
—  $\varnothing = 40$  мм  
—  $\varnothing = 50$  мм  
—  $\varnothing = 60$  мм

# Моделирование идентификационной способности трековой системы в mpdRoot

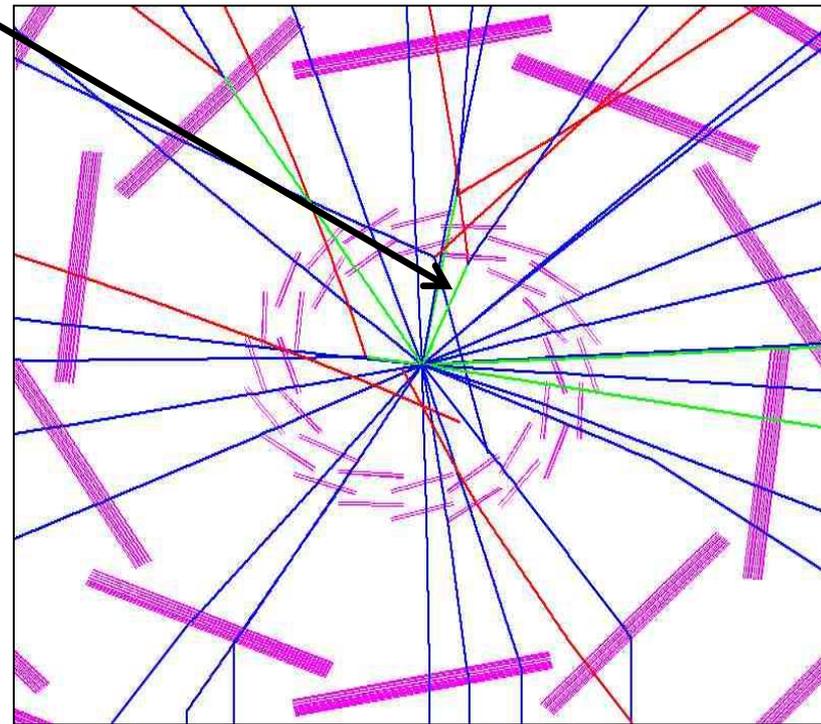


Идентификационная способность трековой системы MPD определяется эффективностью реконструкции распадов гиперонов и очарованных частиц в Au+Au столкновениях при энергии  $\sqrt{s_{NN}} = 9$  ГэВ

# Реконструкция гиперонов



Распад долгоживущего  $\Lambda^0$

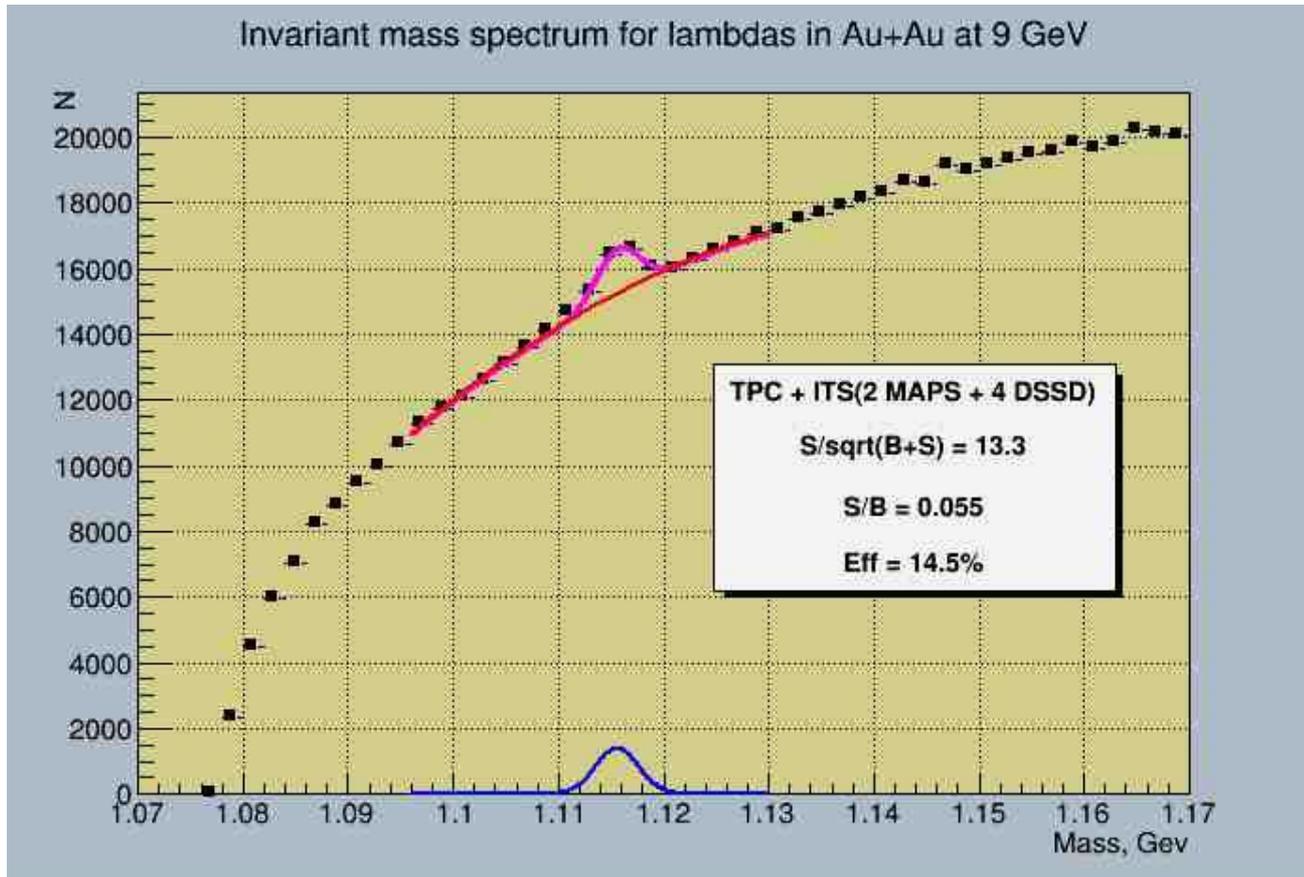


Распад короткоживущего  $\Lambda^0$

$\Lambda^0$  – гипероны распадаются в основном в пределах внутреннего трекера

# Реконструкция $\Lambda^0$ - гиперонов

$$M_{\Lambda} = \sqrt{(E_p + E_{\pi})^2 - (\vec{p}_p + \vec{p}_{\pi})^2}$$

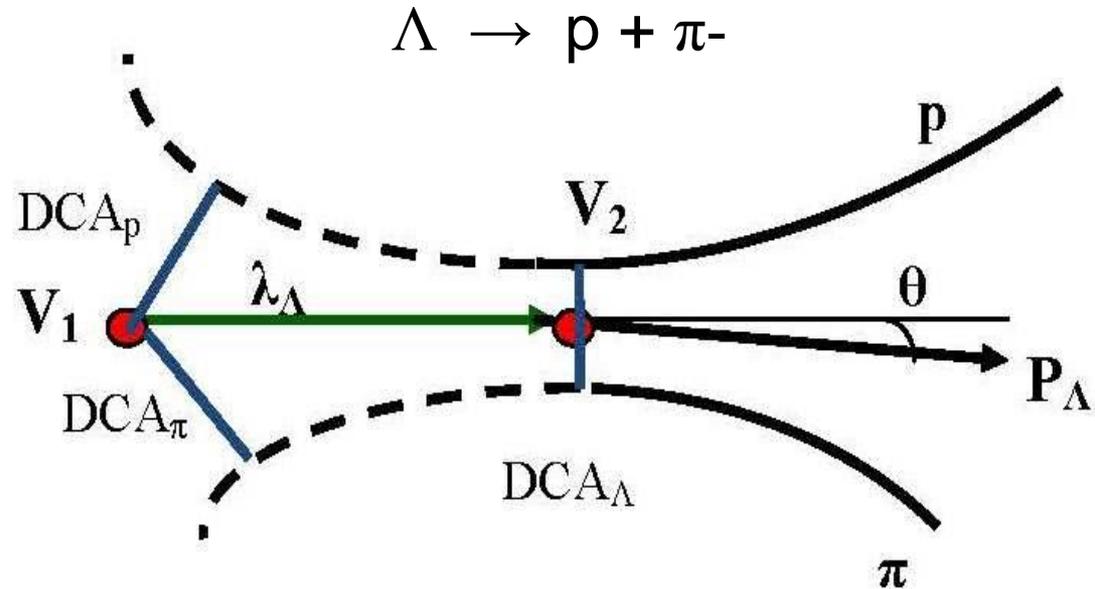


Чтобы добиться существенного подавления фона, необходимо использовать более **строгие критерии отбора** полезных событий.

# Критерии отбора

Топология распада  $\Lambda^0$ -частицы на заряженные адроны определяется следующими параметрами:

- расстояниями наибольшего сближения  $DCA_{\pi,p}$  ( $\chi^2_{\pi,p}$ ),
- расстоянием между двумя треками  $DCA_{\Lambda}$  ( $\chi^2_{\Lambda}$ ),
- длиной пробега гиперона  $\lambda$ ,
- углом  $\theta$ .



Критерии отбора:

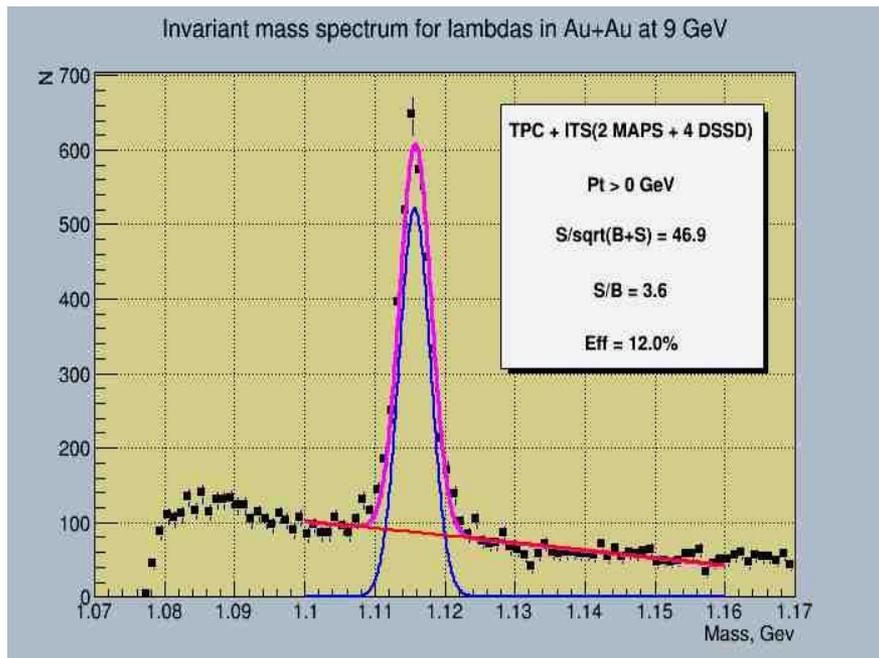
$$\chi^2_{\pi} > C_1 \ \&\& \ \chi^2_p > C_2 \ \&\& \ \chi^2_{\Lambda} < C_3 \ \&\& \ \lambda > C_4 \ \&\& \ \theta < C_5$$

Оптимальные значения  $C_i$  выбирались исходя из требования максимума значимости:

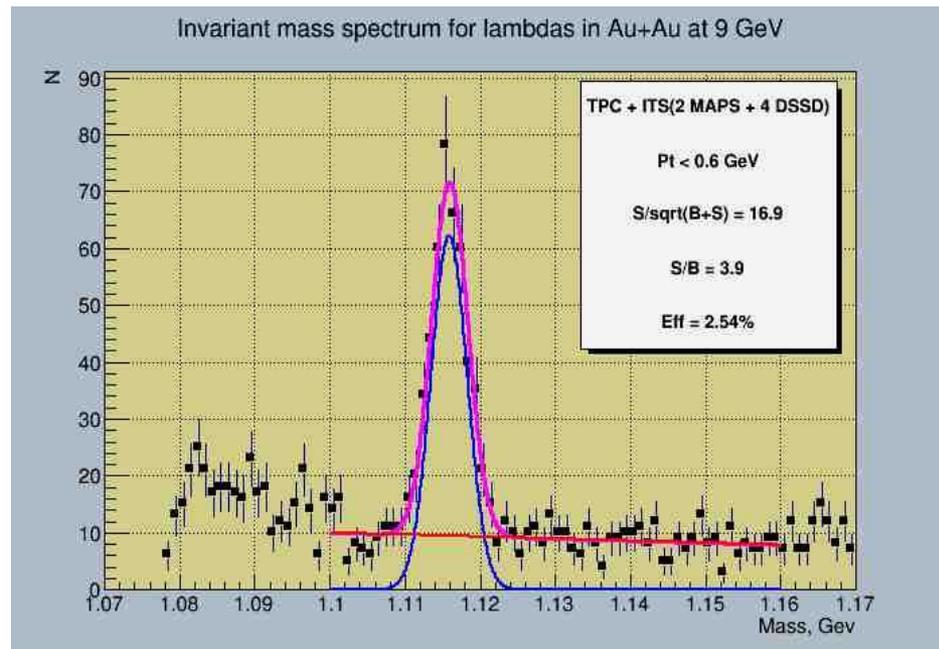
$$sign = \frac{S}{\sqrt{S + B}}$$

где  $S$  и  $B$  - число полезных и фоновых событий.

# $\Lambda^0$ -спектры, полученные с использованием оптимизированных критериев отбора

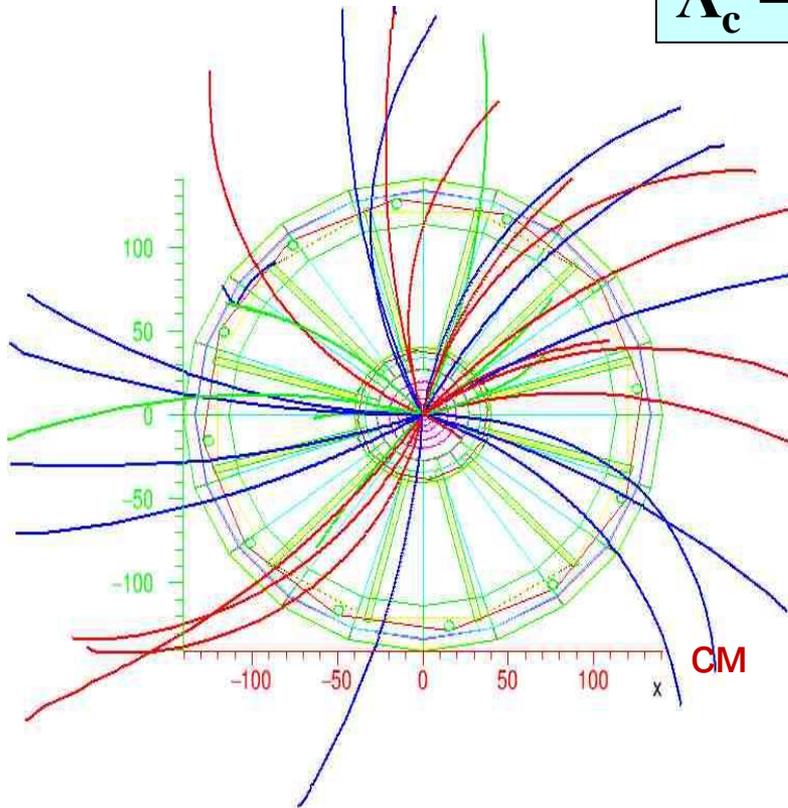
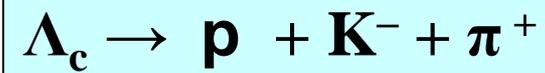


$P_t > 0.1$  ГэВ

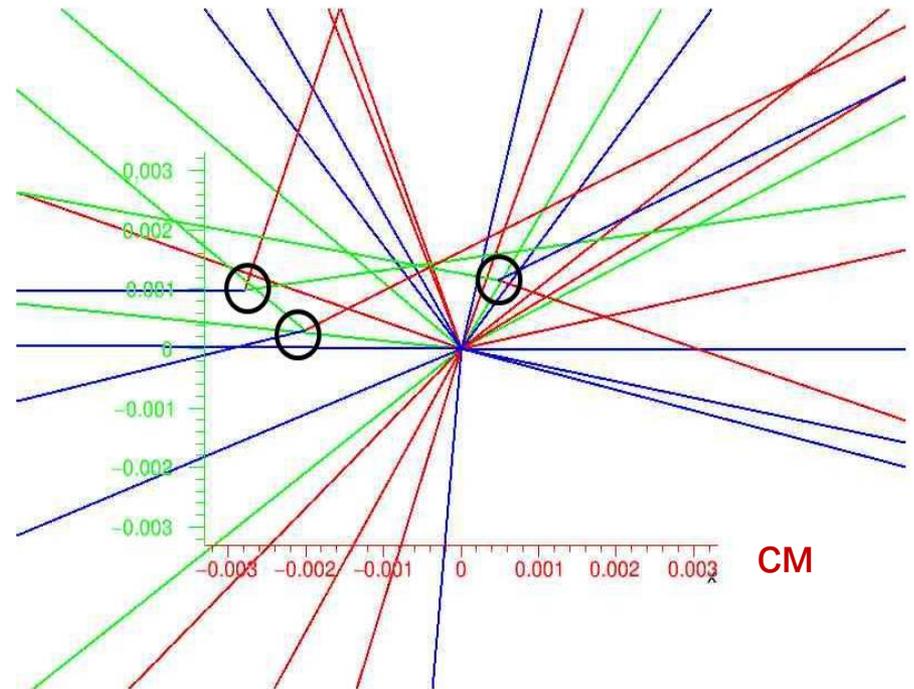


$0.1 < P_t < 0.6$  ГэВ

# Реконструкция $\Lambda_c$

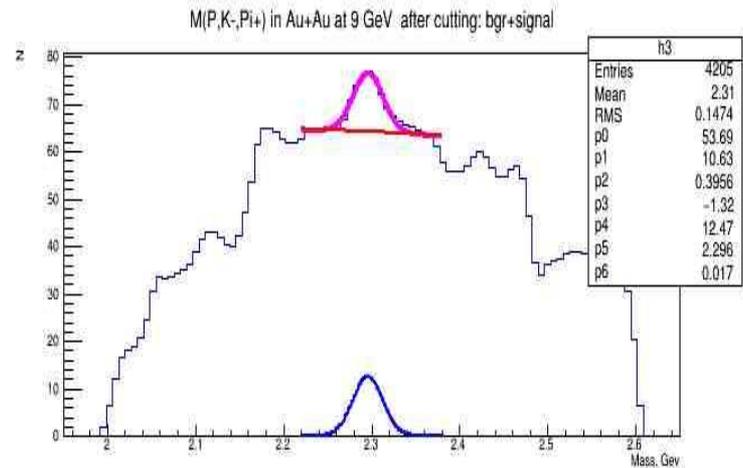
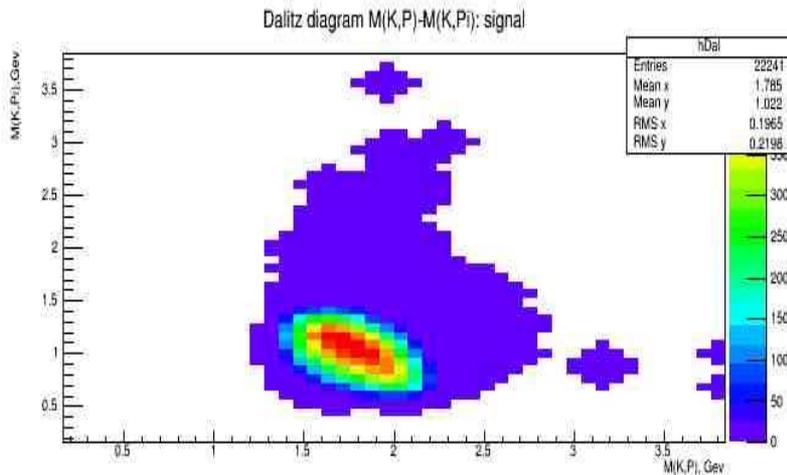
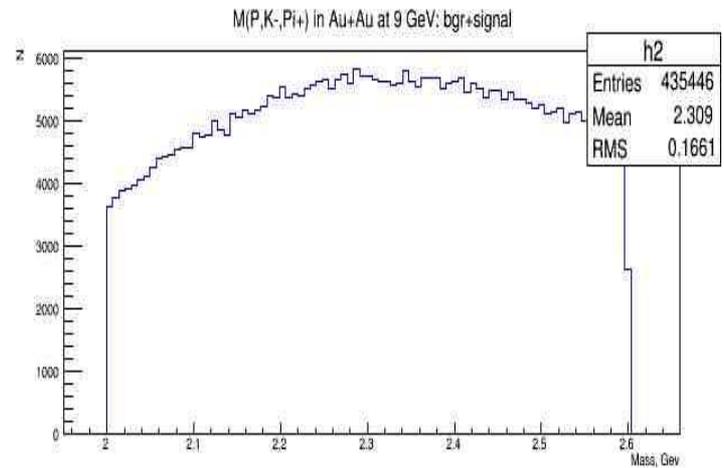
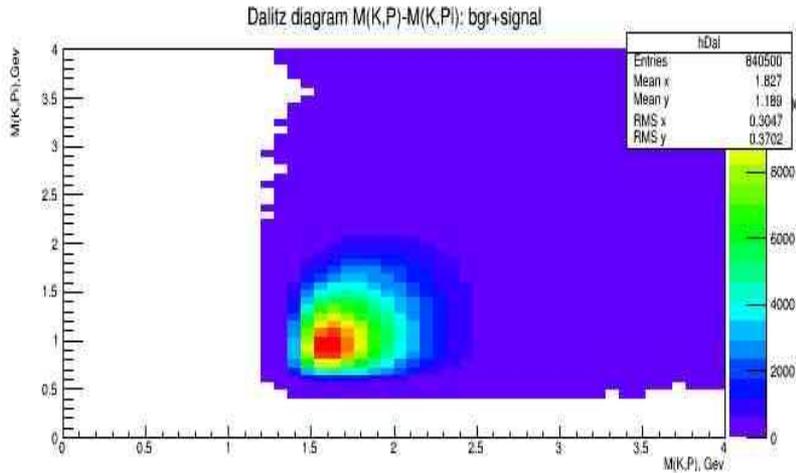


— протон  
— пион  
— каон



Сигнал: 3  $\Lambda_c$   
Фон: 10  $p$  + 5  $K^-$  + 10  $\pi^+$

# Реконструкция $\Lambda_c$ - барионов



Дополнительное подавление фона обусловлено ограничением фазового пространства, соответствующего трёхчастичному распаду  $\Lambda_c$ , на основе диаграммы Далитца.

**Спасибо за внимание!**

«Многие так называемые ученые транспонируют мир поэта в другую, научную сферу и добиваются таким путем славы и веса.»

Франц Кафка