

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

Кондратьев В.П.



6 марта 2018 г.

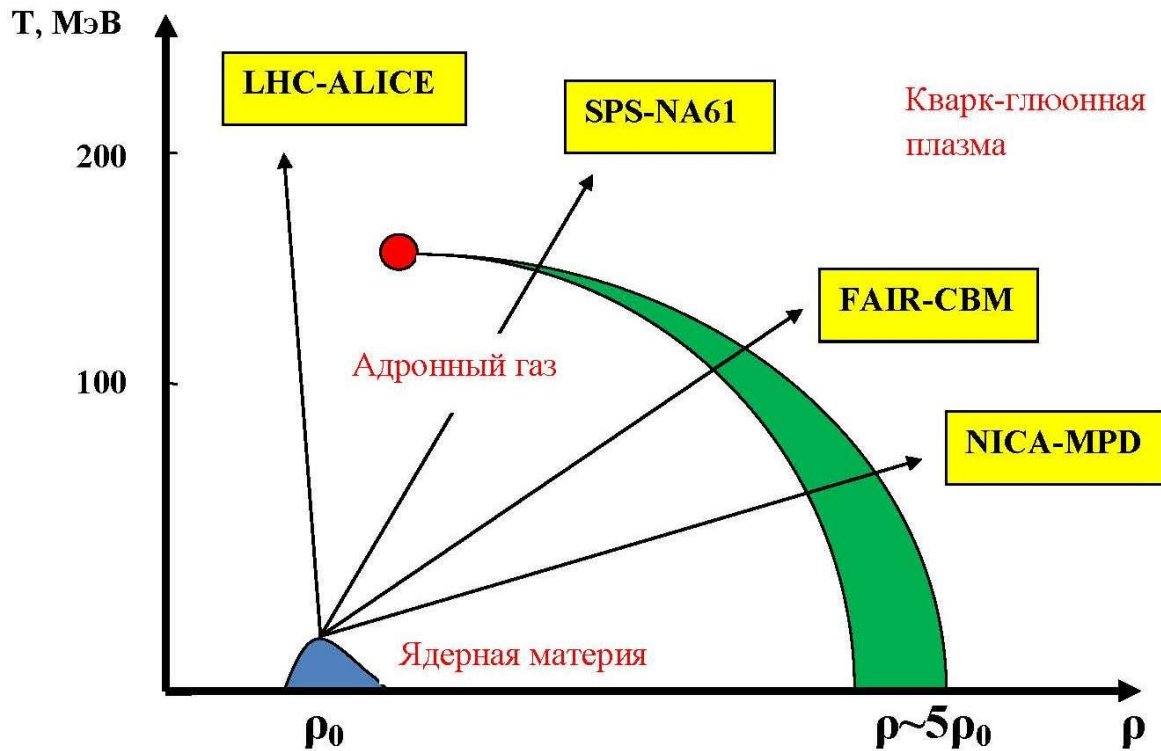
«Все, что возможно, происходит.
Возможно лишь то, что происходит.»

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

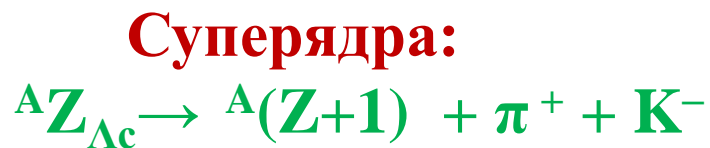
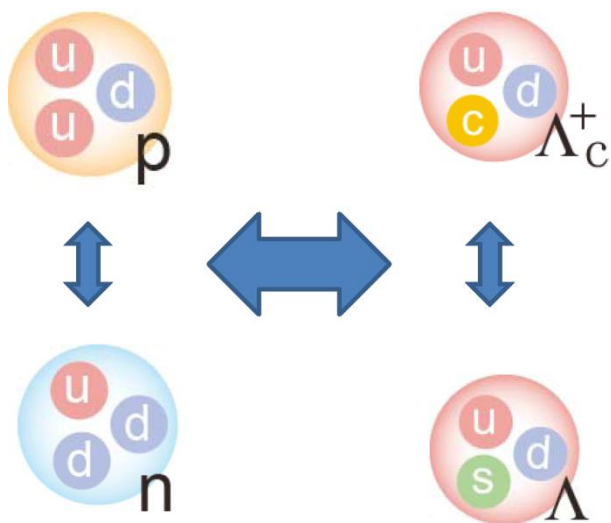
Будет происходить: в эксперименте MPD на коллайдере NICA



Важные объекты исследования

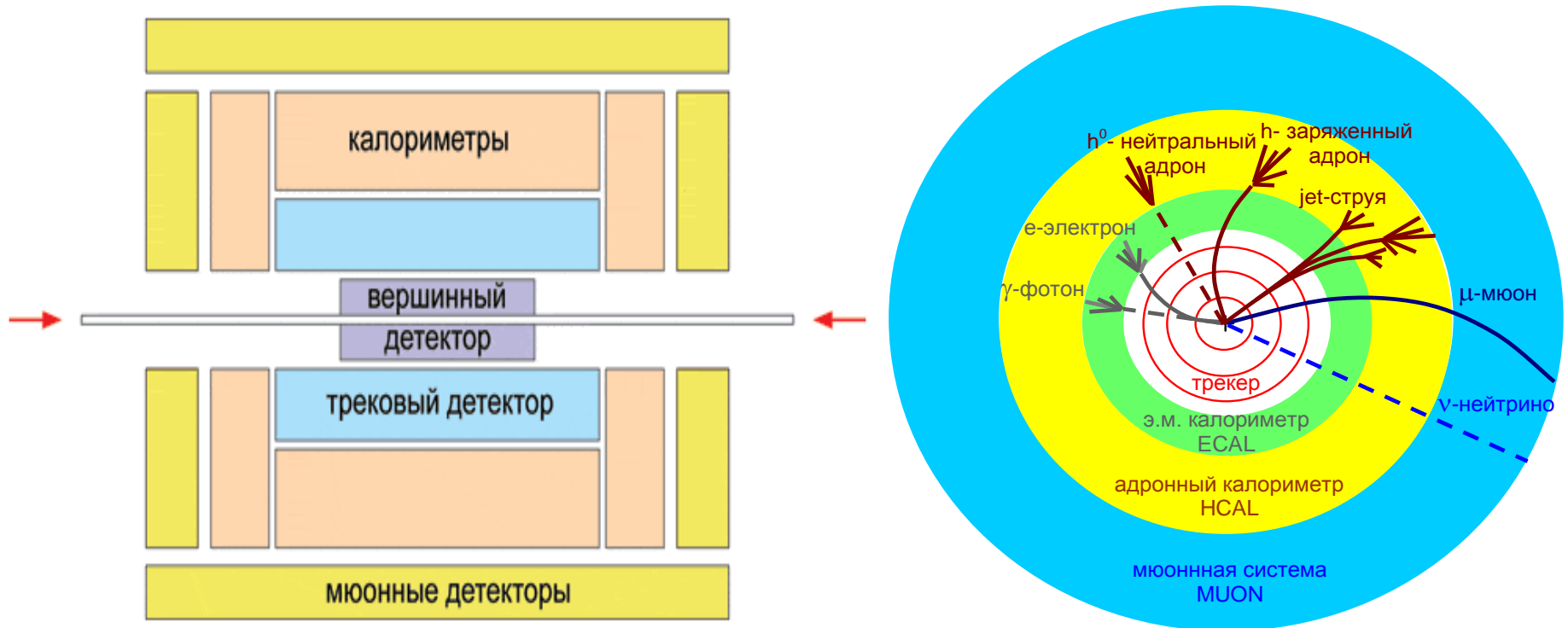
Странные и очарованные адроны

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



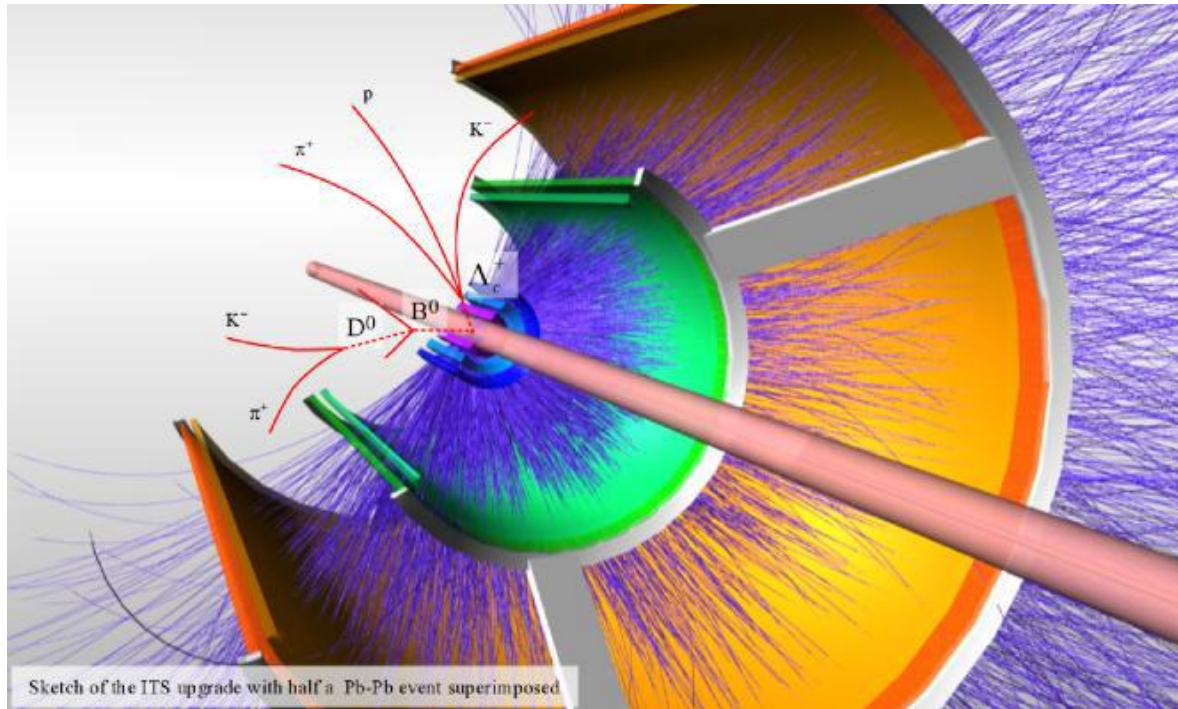
Регистрация странных и очарованных частиц осложняется малыми временами их жизни!

Схема типичной установки для экспериментов на коллайдере



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

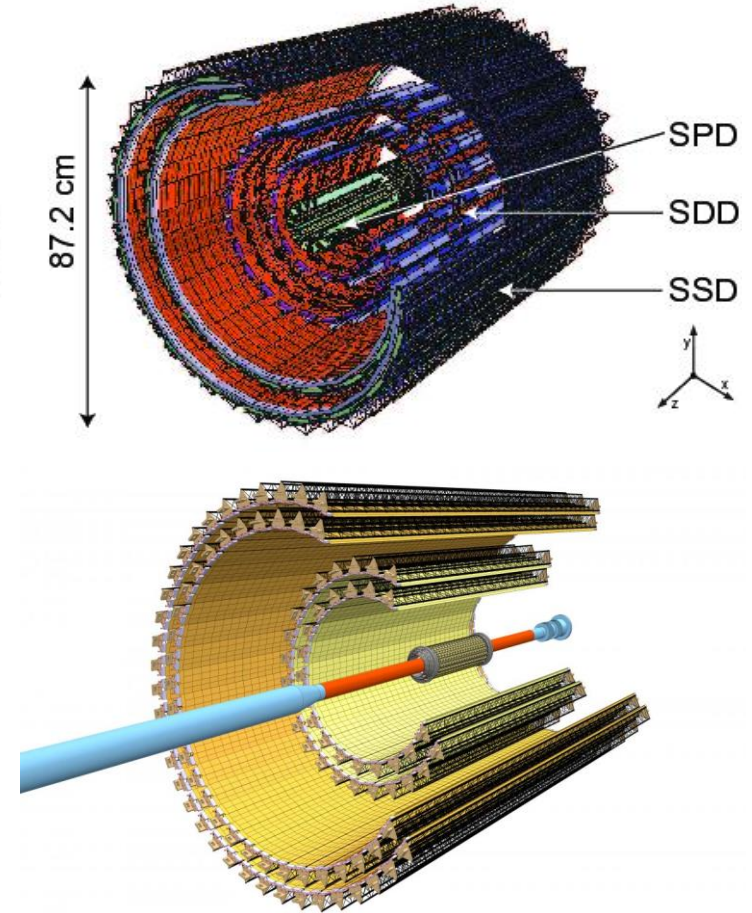
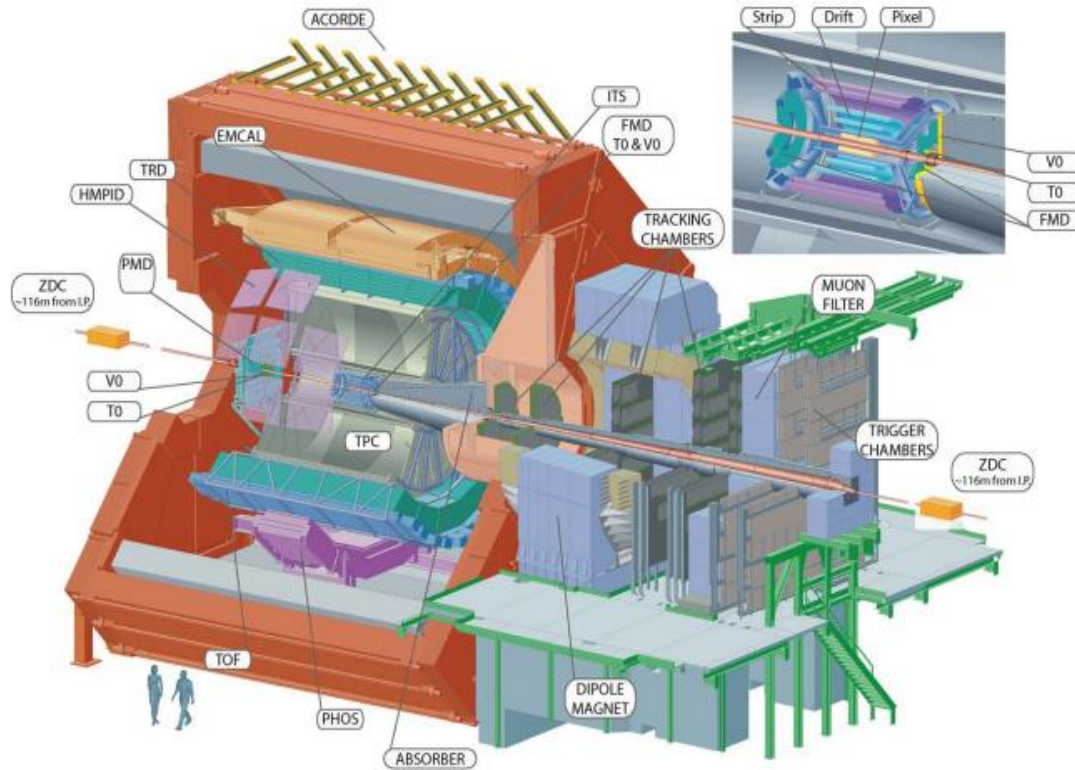
Вершинные детекторы современных экспериментов, изучающих АА-столкновения



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



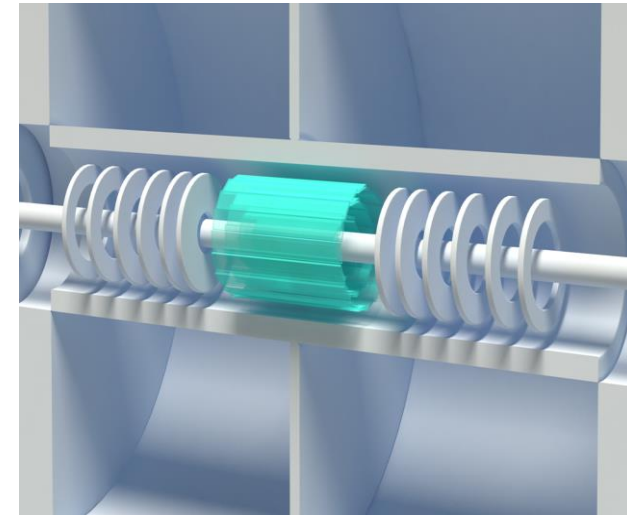
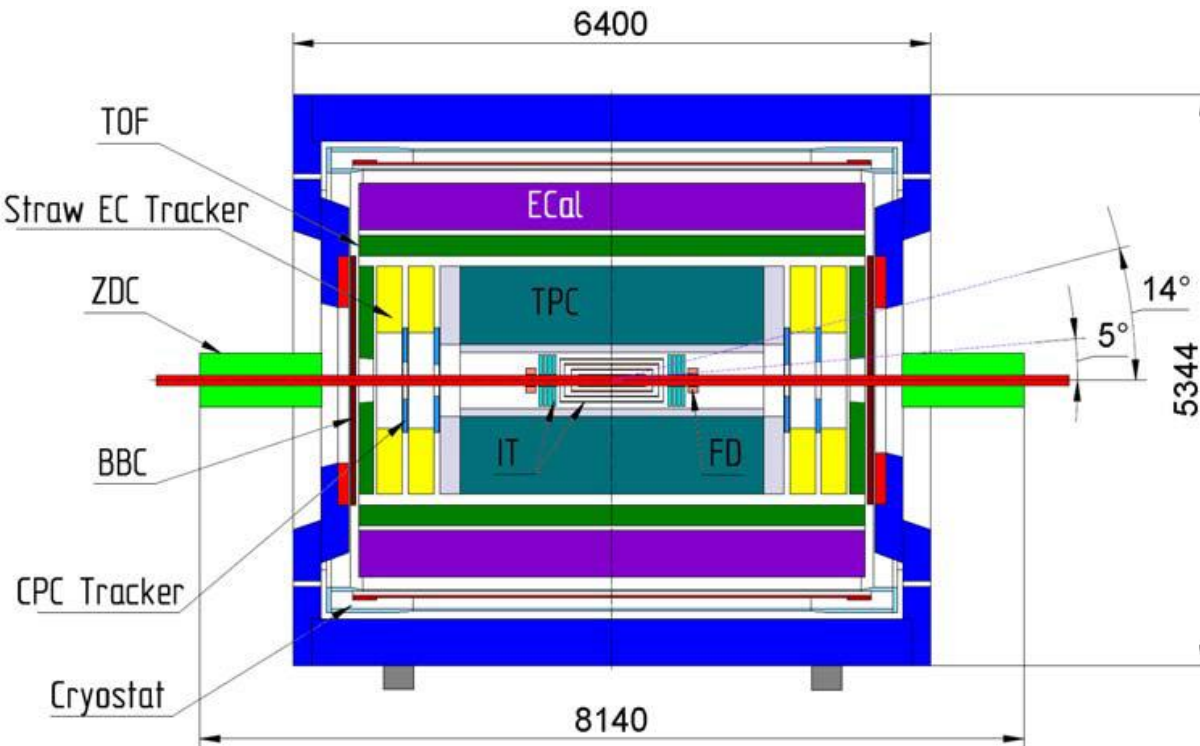
Внутренний трекер эксперимента ALICE



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**.

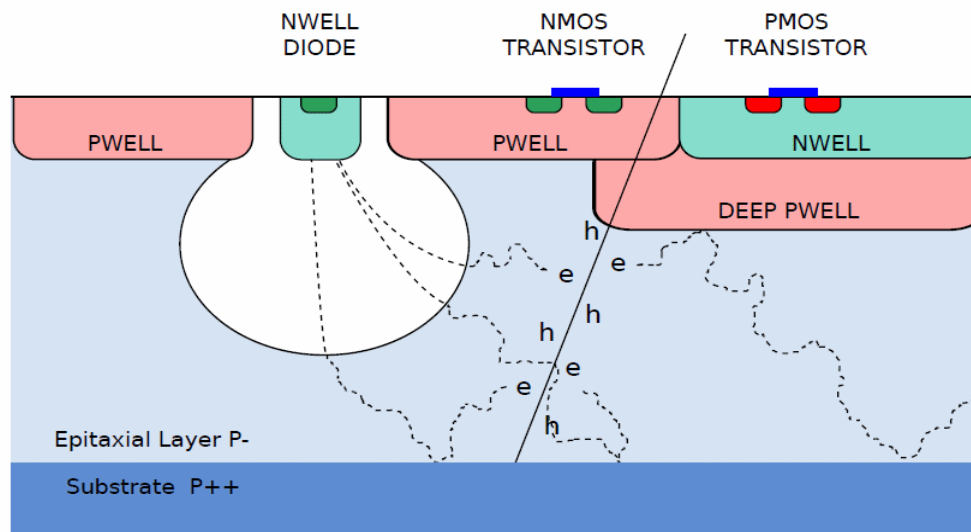


Трековая система эксперимента MPD



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

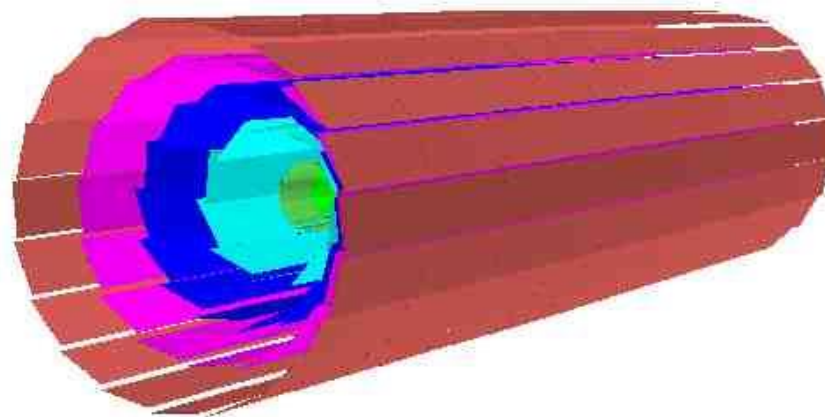
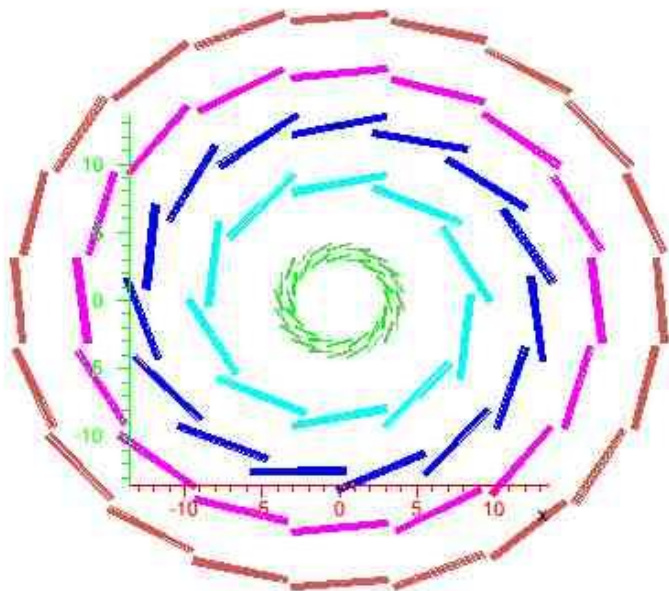


Монолитные активные пиксельные детекторы (**MAPS**)

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

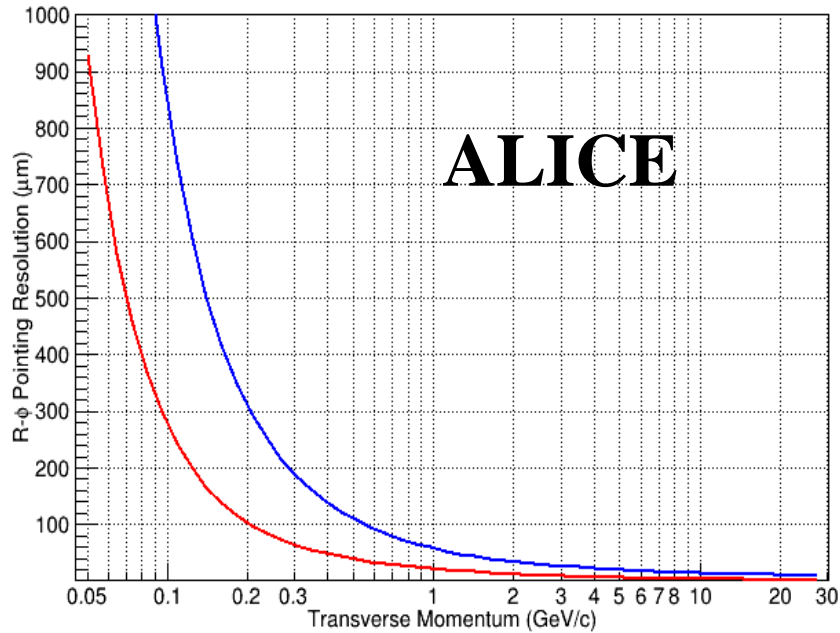


Диаметр ионопровода $\varnothing = 60$ мм

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

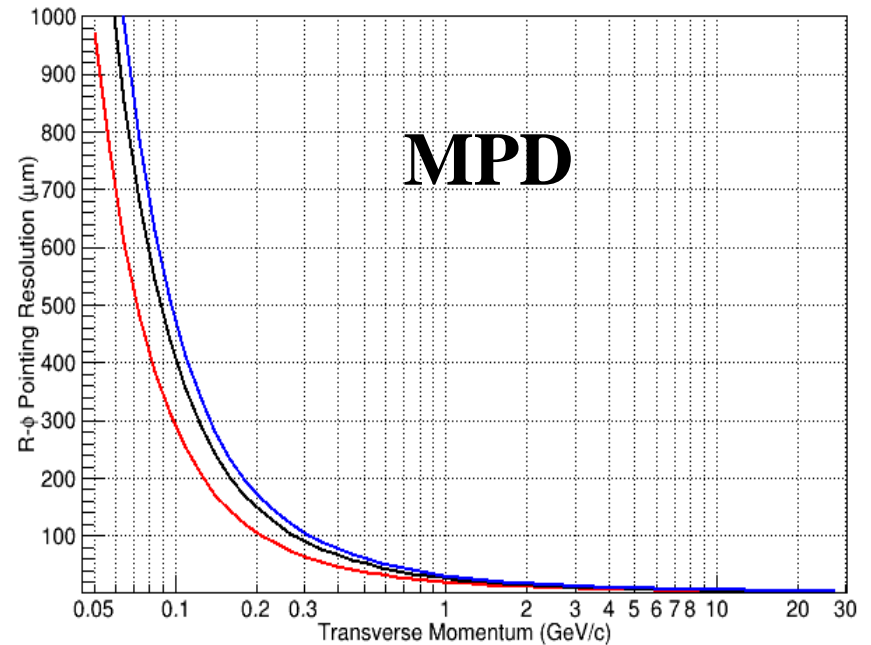
Пространственное разрешение внутреннего трекера

R- ϕ Pointing Resolution .vs. Pt



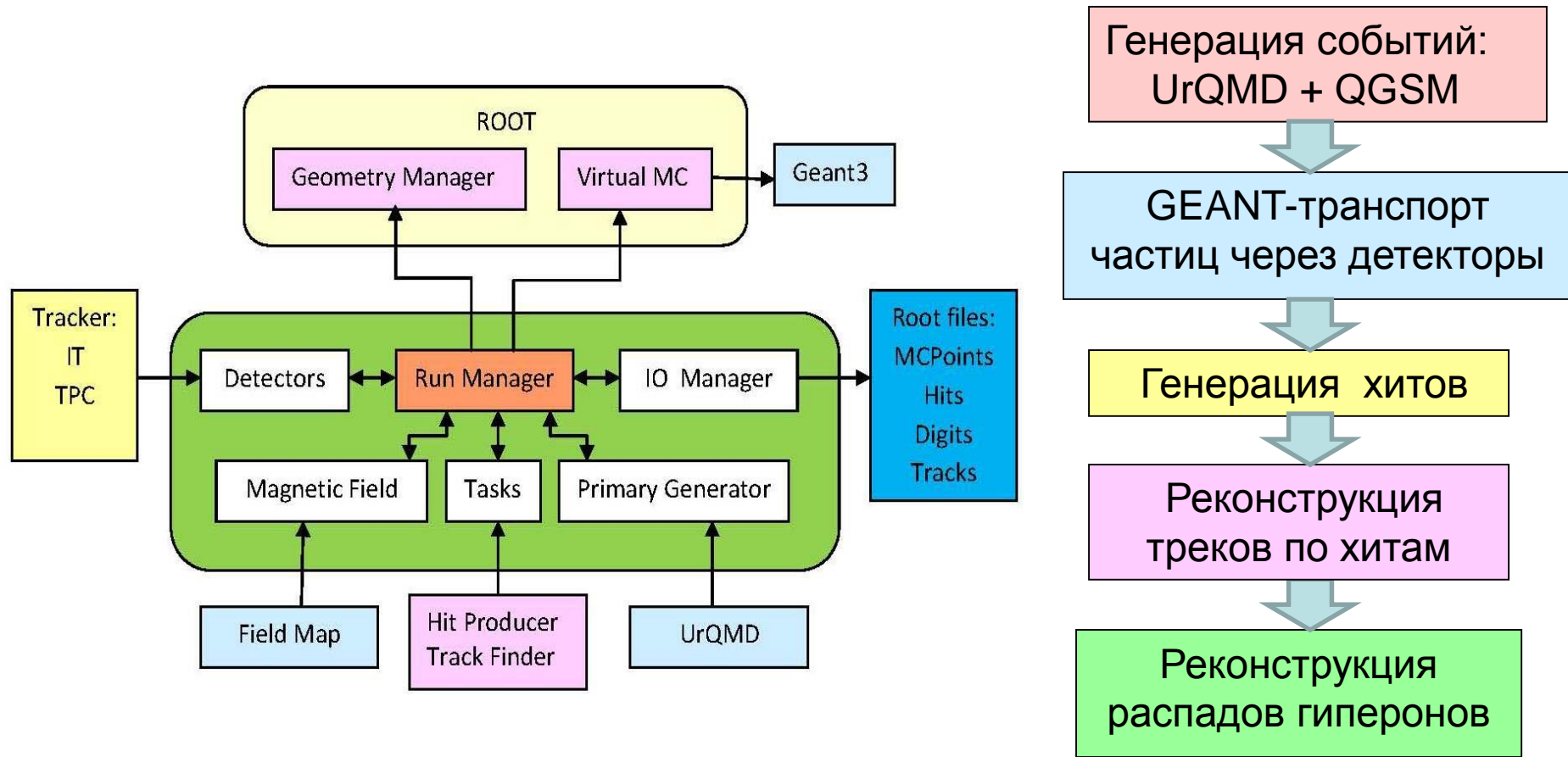
— Новая ITS
— Старая ITS

R- ϕ Pointing Resolution .vs. Pt



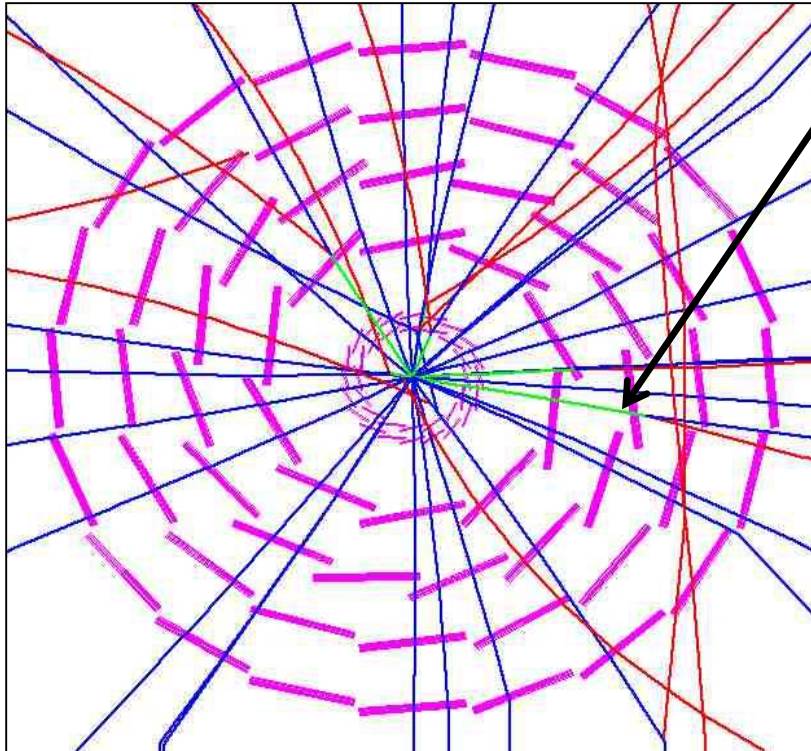
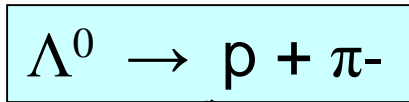
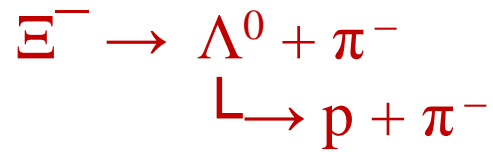
— $\varnothing = 40$ мм
— $\varnothing = 50$ мм
— $\varnothing = 60$ мм

Моделирование идентификационной способности трековой системы в mpdRoot

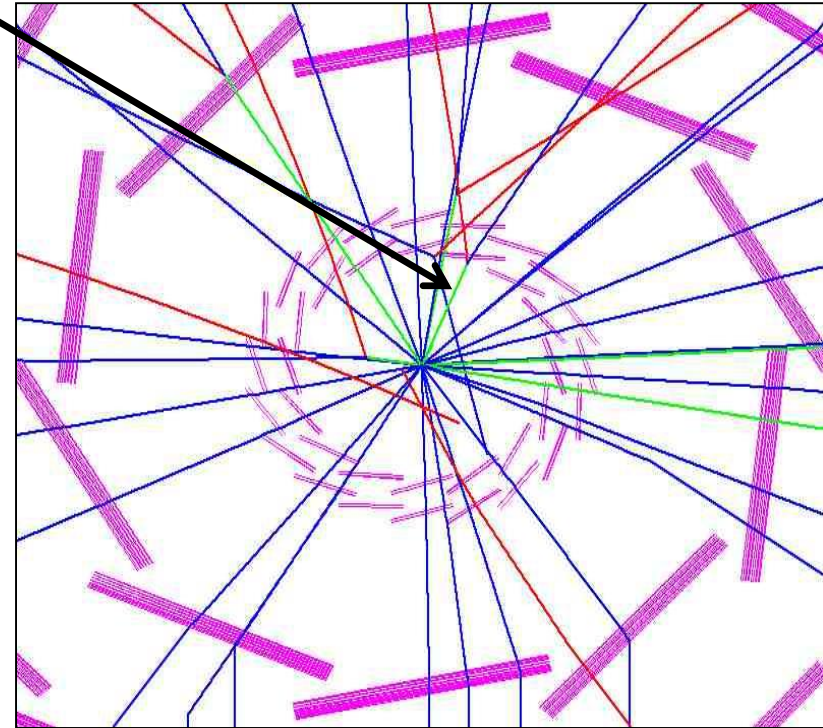


Идентификационная способность трековой системы MPD определяется эффективностью реконструкции распадов гиперонов и очарованных частиц в Au+Au столкновениях при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 9$ ГэВ

Реконструкция гиперонов



Распад долгоживущего Λ^0

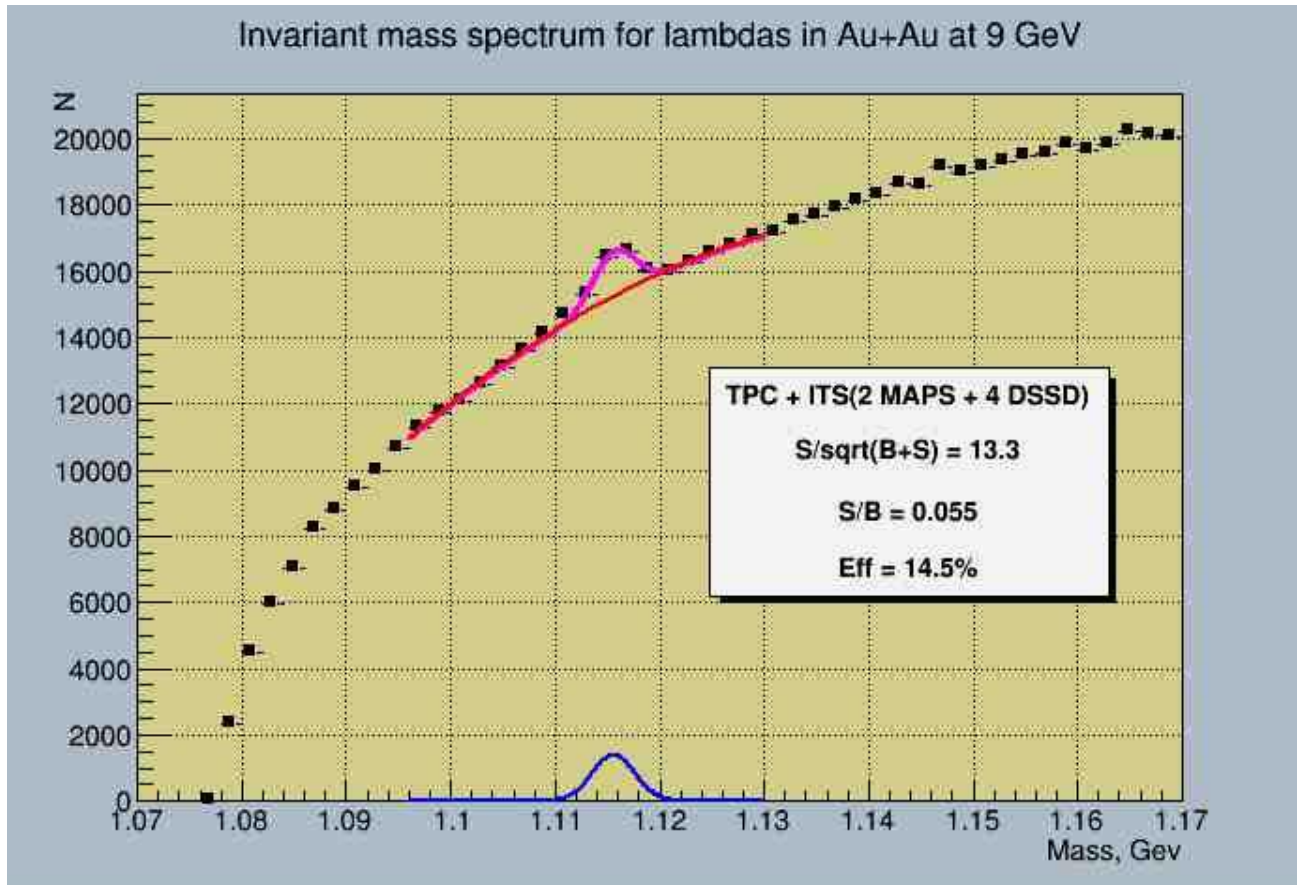


Распад короткоживущего Λ^0

Λ^0 – гипероны распадаются в основном в пределах внутреннего трекера

Реконструкция Λ^0 - гиперонов

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

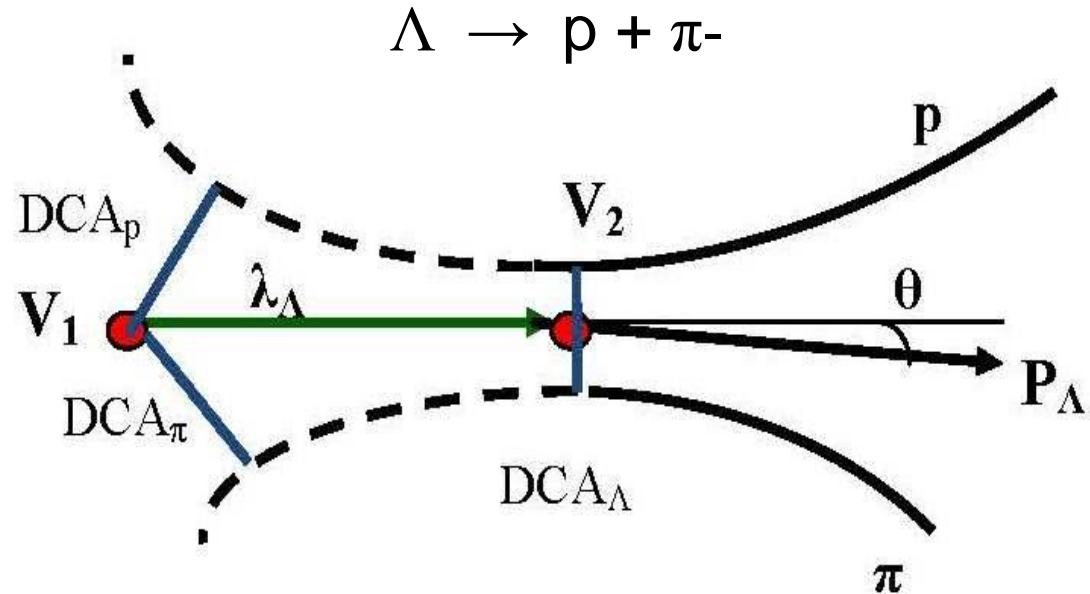


Чтобы добиться существенного подавления фона, необходимо использовать более **строгие критерии отбора** полезных событий.

Критерии отбора

Топология распада Λ^0 -частицы на заряженные адроны определяется следующими параметрами:

- расстояниями наибольшего сближения $DCA_{\pi,p}$ ($\chi^2_{\pi,p}$),
- расстоянием между двумя треками DCA_{Λ} (χ^2_{Λ}),
- длиной пробега гиперона λ ,
- углом θ .



Критерии отбора:

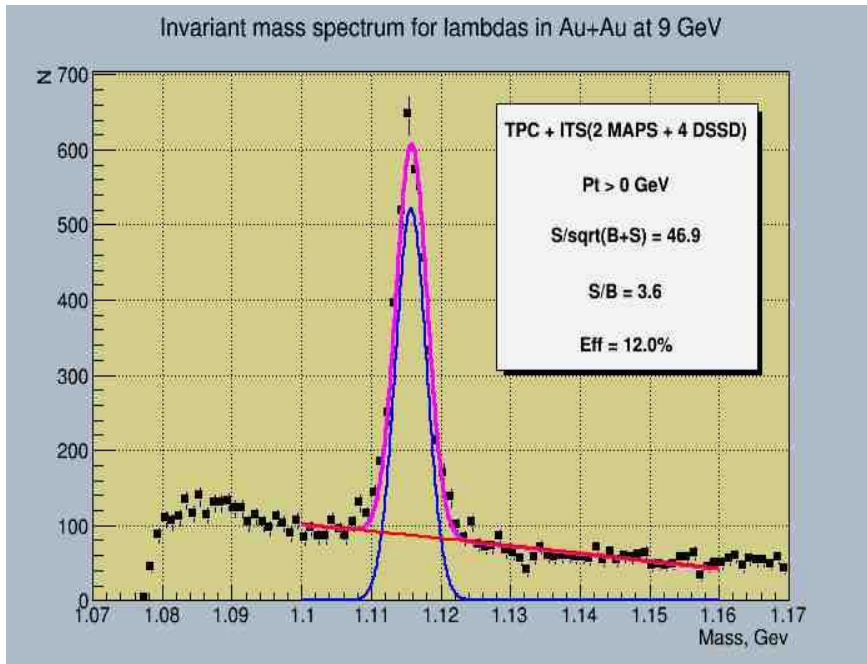
$$\chi^2_{\pi} > C_1 \ \&\& \ \chi^2_p > C_2 \ \&\& \ \chi^2_{\Lambda} < C_3 \ \&\& \ \lambda > C_4 \ \&\& \ \theta < C_5$$

Оптимальные значения C_i выбирались исходя из требования максимума значимости:

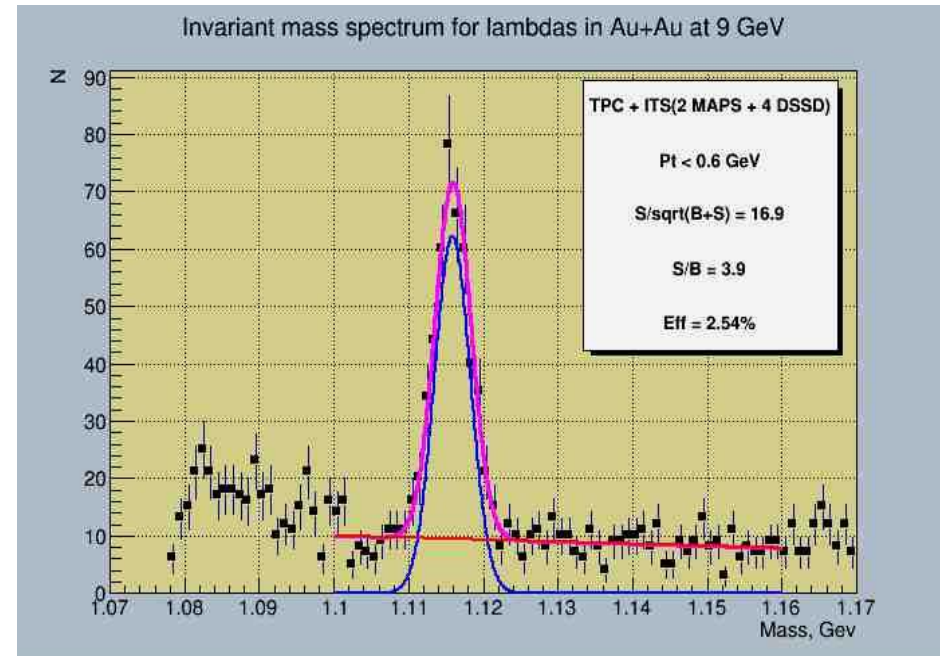
$$sign = \frac{S}{\sqrt{S + B}}$$

где S и B - число полезных и фоновых событий.

Λ^0 -спектры, полученные с использованием оптимизированных критериев отбора

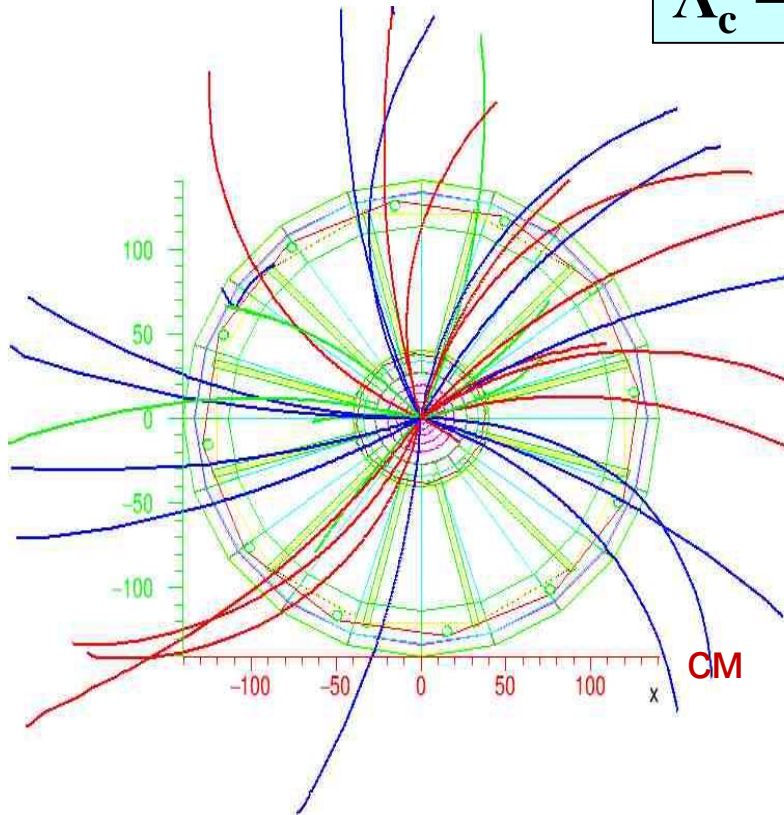
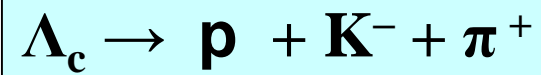


$P_t > 0.1$ ГэВ

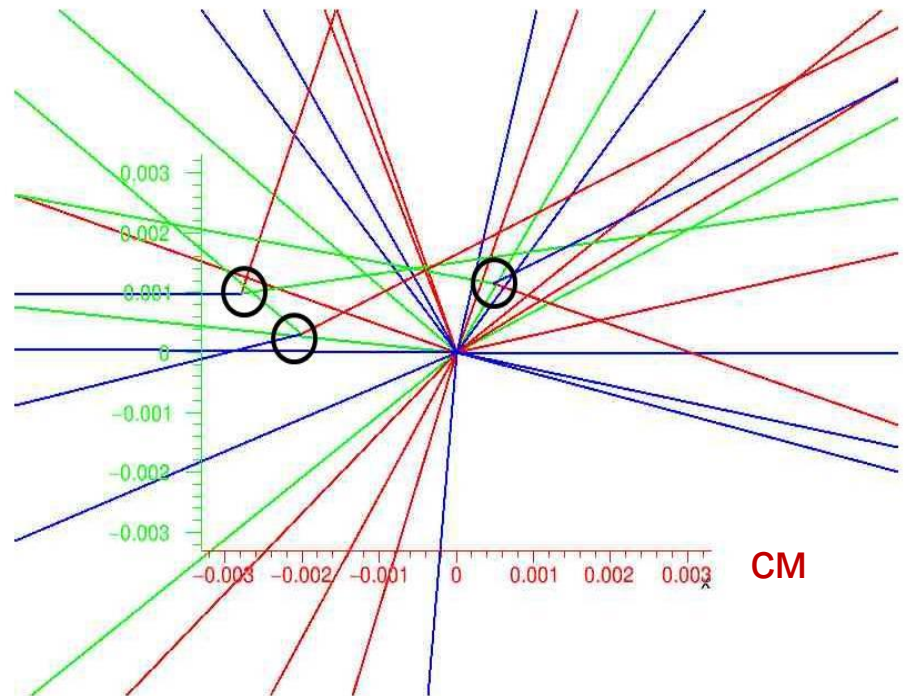


$0.1 < P_t < 0.6$ ГэВ

Реконструкция Λ_c

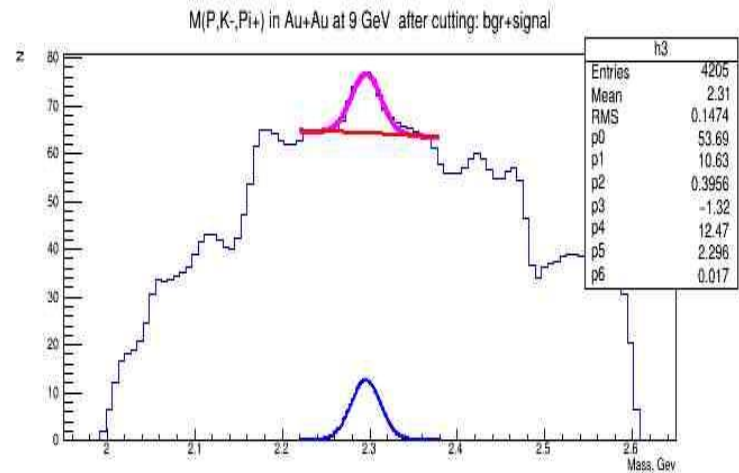
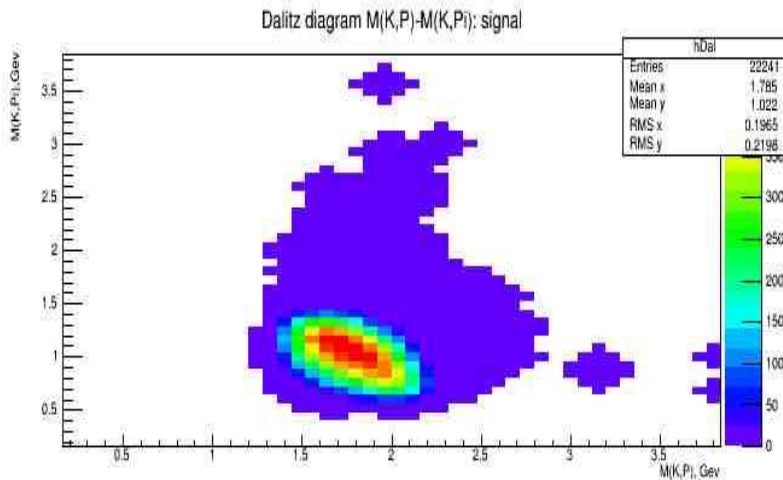
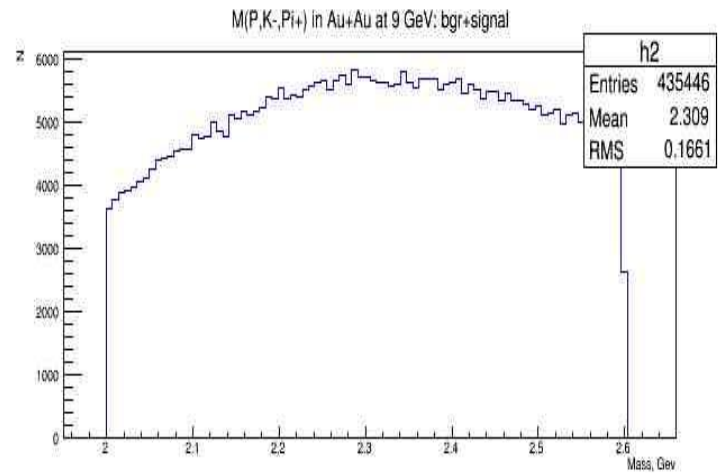
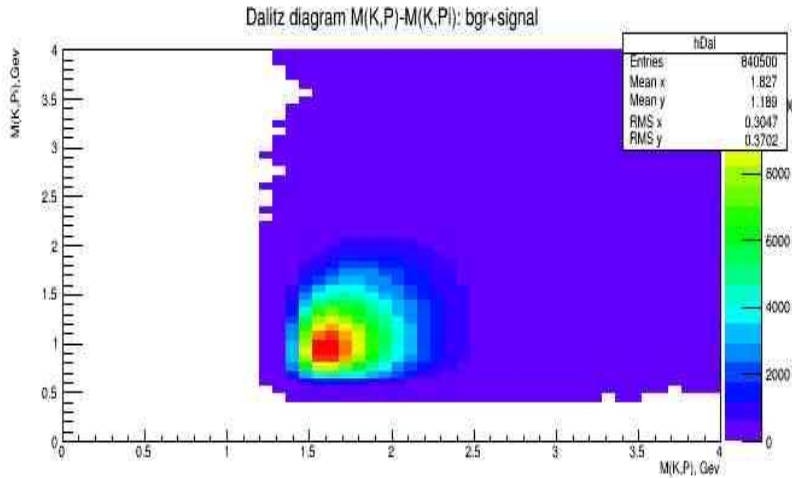


— протон
— пион
— каон



Сигнал: 3 Λ_c
Фон: 10 p + 5 K^- + 10 π^+

Реконструкция Λ_c - барионов



Дополнительное подавление фона обусловлено ограничением фазового пространства, соответствующего трёхчастичному распаду Λ_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