Отчет по научно-исследовательской работе на тему:

«Изучение образования Σ^0 гиперона в pp-столкновениях при энергии $\sqrt{s} = 13\ TeV$»

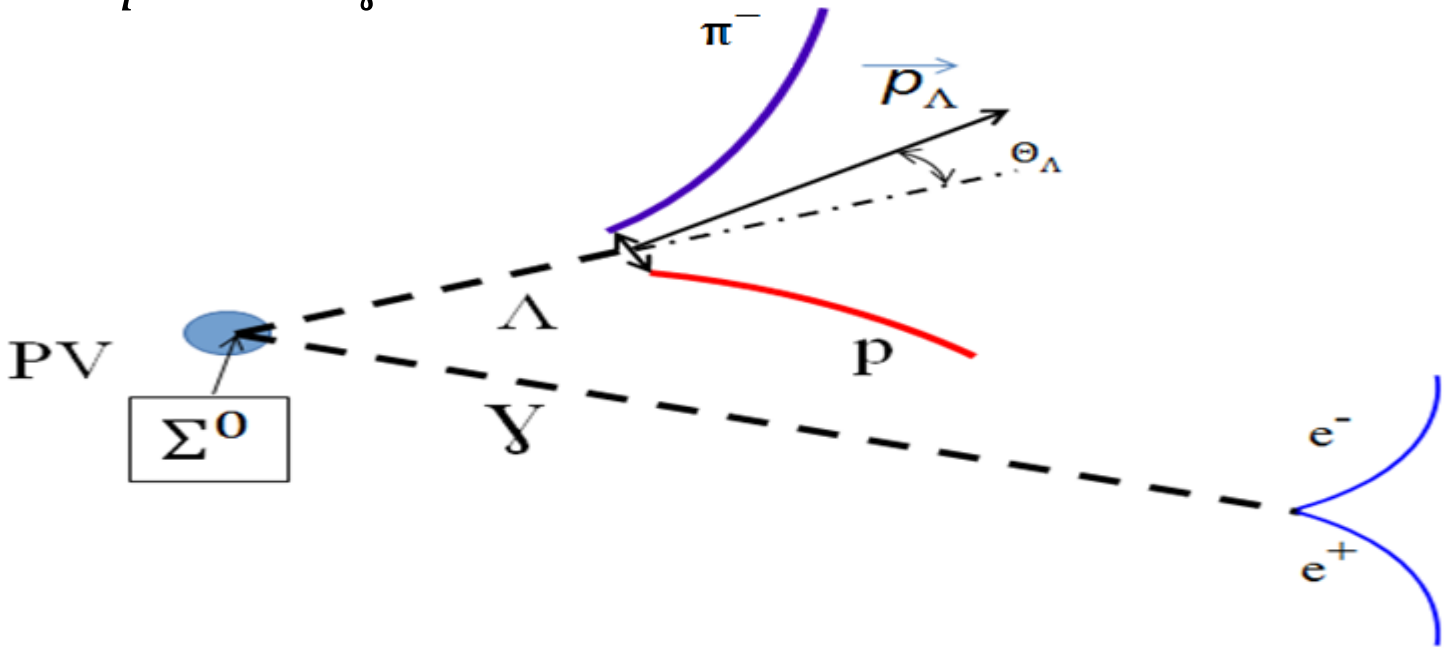
Выполнил студент группы М16-115: Прохоров С.В.

Научный руководитель: профессор, к.ф-м.н. Борисов А.Б.

Москва 2017

Введение

Данная научно-исследовательская работа посвящена изучению Σ^0 гиперона. Она представляет собой подготовительный этап к предстоящей дипломной работе. Регистрация Σ^0 осуществлялась по V0 методу, где восстанавливалась первичная точка распада исследуемого гиперона: по 4-импульсам продуктов распада $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$ (100%, m_{Σ^0} = 1192,642 ± 0,024 MeV) на заряженные треки $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ и $\gamma \rightarrow e^+e^-$.



Постановка задачи

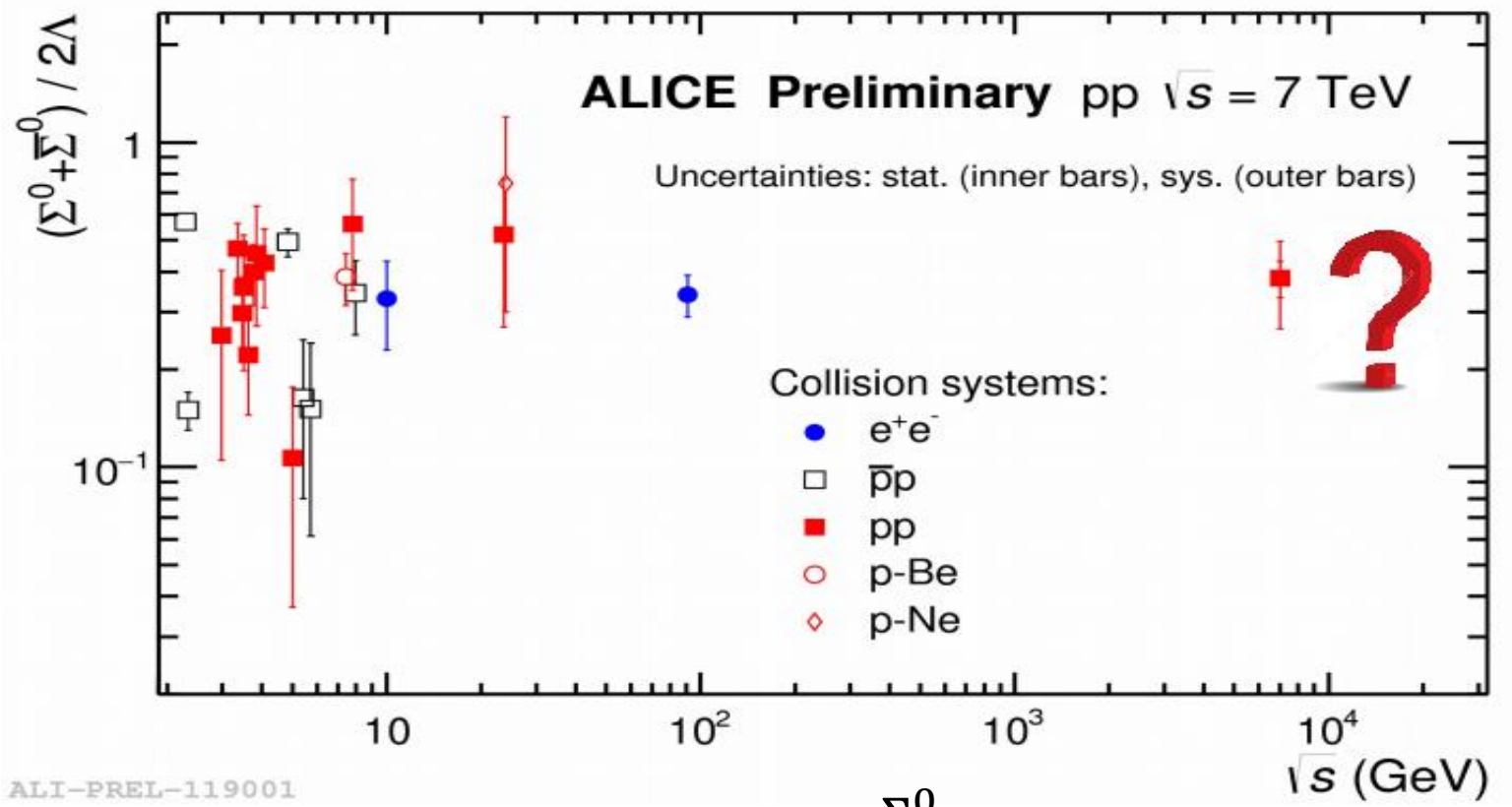
Проверка пакета программ на тестовых данных 2010 года при энергии $\sqrt{s} = 7\ \mathrm{TeV}$

Получение и анализ сечения образования Σ^0 гиперона в pp-столкновениях при энергии $\sqrt{s} = 13\ \mathrm{TeV}$:

1. Обработка реальных данных с БАК. Получение и подсчет выхода Σ^0 гиперона.
2. Обработка данных полученных с помощью Монте-Карло моделирования. Определение эффективности регистрации Σ^0 гиперона.
3. Нахождение сечения образования Σ^0 гиперона.
4. Анализ отношения сечений $\frac{\Sigma^0}{\Lambda}(\sqrt{s})$.

Для данного анализа будут использованы данные pp-столкновения 2016 года. Ожидаемый набор статистики в районе 600M событий. Отбор поперечного импульса: $1.1 < p_t < 8.0$ (GeV/c)

Изотопический спин - как новая степень свободы



Анализов отношений сечений $\frac{\Sigma^0}{\Lambda}$ при энергии, начиная с 91 ГэВ нет, поэтому данная работа уникальна. Точка на энергии 7 ТэВ есть данные ALICE, в данный момент по этим результатам пишется статья.

Λ^0= {uds}

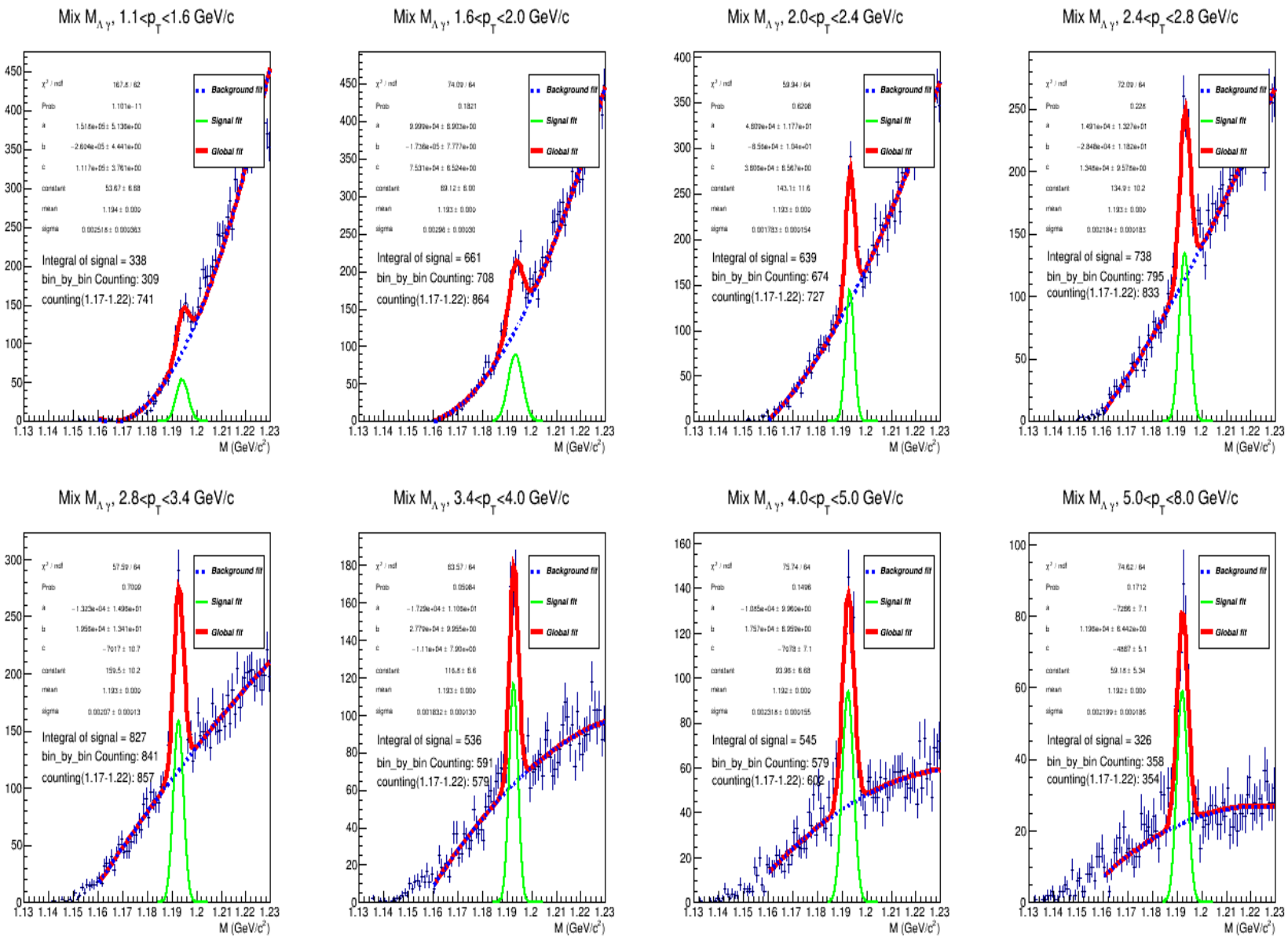
I_{Λ^0}=0

Связь?

Σ^0= {uds}

I_{Σ^0}=1

Тестирование программы на данных с энергией $\sqrt{s} = 7$ TeV



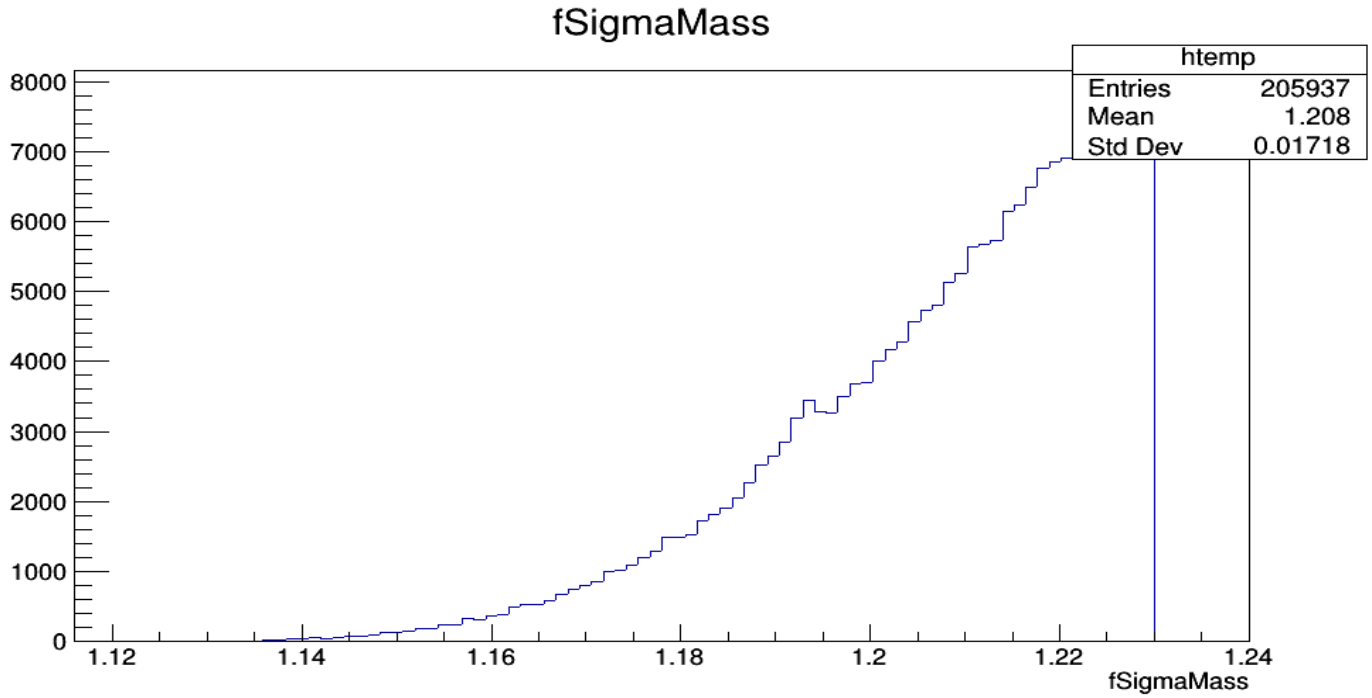
План анализа данных

1) Обработка реальных данных с БАК. Получение и подсчет выхода Σ^0 гиперона.

На данном этапе будет осуществлен подсчет выхода (yield) Сигмао гиперона. Данные представляют собой распределение по инвариантной массе Σ^0 (по распаду на $\Lambda^0 + \gamma$) в зависимости от поперечного импульса p_t.. Выход частиц будет определяться двумя независимыми методами: 1) Аппроксимацией (фитированием) инвариантного пика простой функцией Гаусса, с последующим отделением его от фона (Integral of peak метод). 2) Bin-by-bin counting метод.

Промежуточные результаты

На данный момент обработано порядка 60M реальных данных периода LHC16K и порядка 26M MC-данных того же периода.



На рисунке представлено инвариантное распределение Σ^0 гиперона; в ожидаемой области 1.19 по массе уже можно различить инвариантный пик. Для более отчетливого пика ожидается значительное увеличение статистики.

План анализа данных

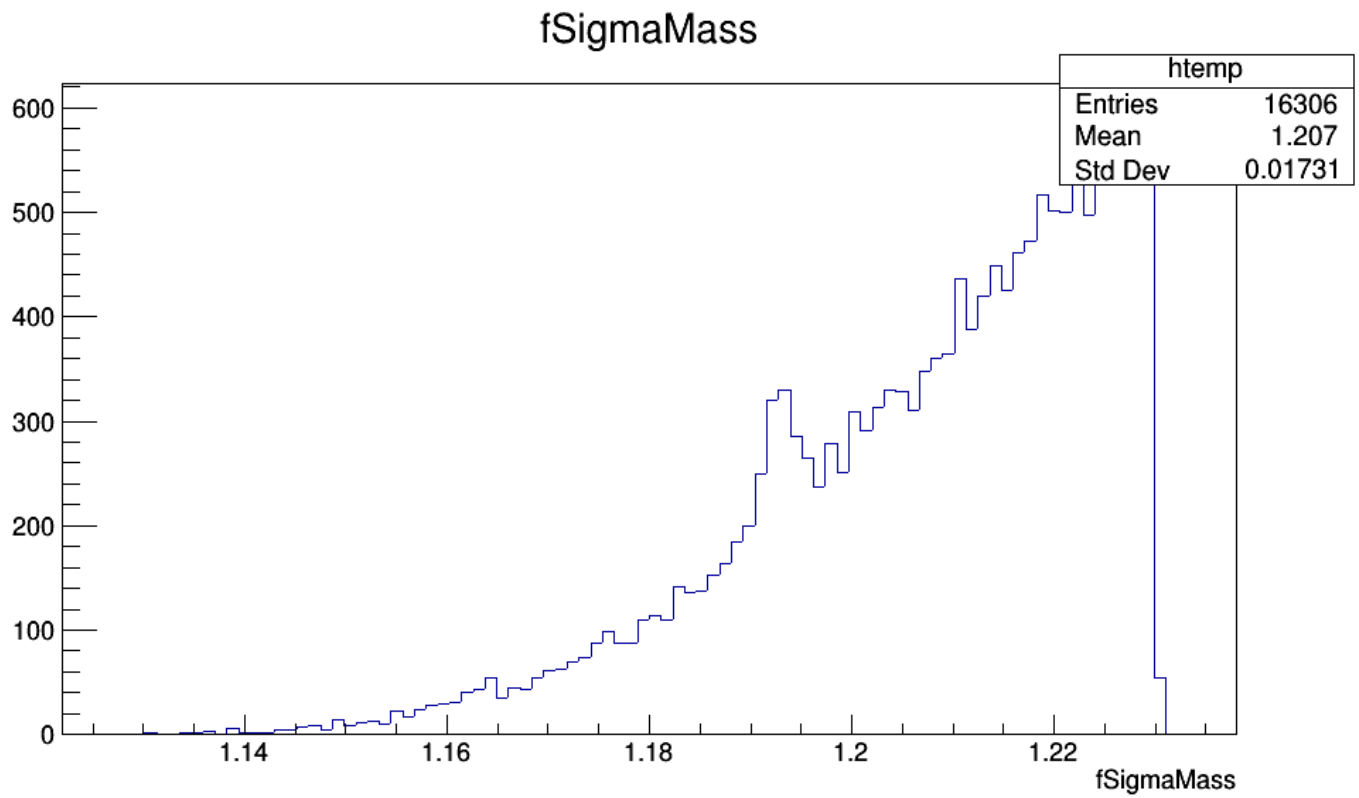
2) Обработка данных полученных с помощью Монте-Карло моделирования.

На данном этапе будет проходить обработка данных полученных с помощью Монте-Карло моделирования. Входные параметры будут такими же, как и у реальных данных: Обработка МС данных необходимо для нахождения эффективности регистрации Σ^0 гиперона.

$$eff = {N_{\Sigma^0_{rec}}}\Big/{N_{\Sigma^0_{gen}}}, \text{при } p_t > 1\ (GeV/c)$$

Такой отбор поперечного импульса связан с тем, что при $p_t > 1\ (GeV/c)$ технически невозможно идентифицировать Σ^0 гиперона.

Промежуточные результаты



На рисунке представлено инвариантное распределение Σ^0 гиперона для МС данных. В отличие от реальных данных, инвариантный пик здесь более отчетливо виден. Есть предположение, что это связано с тем, что фон реальных данных фон выше. Требуется введение дополнительных критериев отбора тданных. Данный вопрос требует более детального изучения.

План анализа данных

3) Нахождение сечения образования Σ^0 гиперона

Сечение образование Сигмао гиперона будет находиться по результатам обработки реальных и МС данных, а именно произведением выхода Сигмо на эффективность отнесенную на количество рассматриваемых событий:

$$\sigma_{\Sigma^0}^{tot} = \frac{yield \times eff}{N_{event}}$$

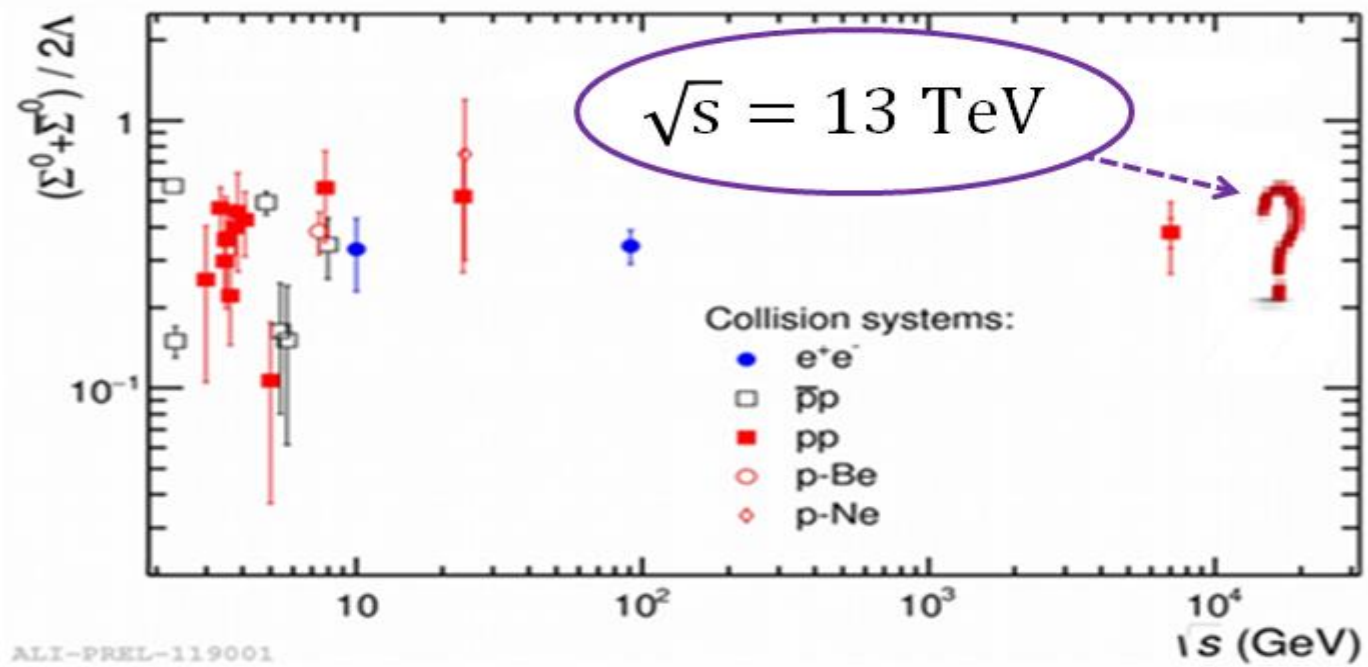
План анализа данных

4) Анализ отношения сечений $\frac{\Sigma^0}{\Lambda}(\sqrt{s})$.

На данном этапе будет найдено и проанализировано отношение сечений полных Сигмо к Лямбдам

$$\sigma^{tot}_{\Sigma/\Lambda^0} = \frac{\sigma^{tot}_{\Sigma^0+\bar{\Sigma}^0}}{\sigma^{tot}_{2\Lambda}}$$

Будет впервые проведен анализ зависимости сечения сигмы к лямбде от энергии 13 ТэВ, он будет поставлен в сравнение с другими зависимости с меньшими энергиями.



Заключение

Данная научно-исследовательская работа является подготовительным этапом к предстоящей дипломной работе. Он включает в себя работу с *big data*: получение доступа и обработка больших объемов данных, отладка программ на тестовых данных, промежуточный мониторинг обработанных данных.

Приложение

Понятие изотопического спина

Изотопи́ческий спин (изоспи́н) — одна из внутренних характеристик (квантовое число), определяющая число зарядовых состояний адронов. В частности, протон и нейтрон (нуклоны) различаются значением проекции изоспина, тогда как абсолютные значения их изоспина одинаковы. Последнее выражает свойство изотопической. Изоспин сохраняется во всех процессах, обусловленных сильным взаимодействием, однако нарушается в слабом и электромагнитном взаимодействии. Сохранение изоспина в сильных взаимодействиях позволяет приближённо вычислять сечения реакций и предсказывать структуру ядерных уровней в случаях, когда эффекты несохраняющих изоспин взаимодействий малы.

Новая степень свободы – изотопический спин

Σ^0 = {uds} Λ^0 = {uds}

m_{Σ^0} = 1192,642 ± 0,024 MeV

m_{Λ^0} = 1115,683 ± 0,006 MeV

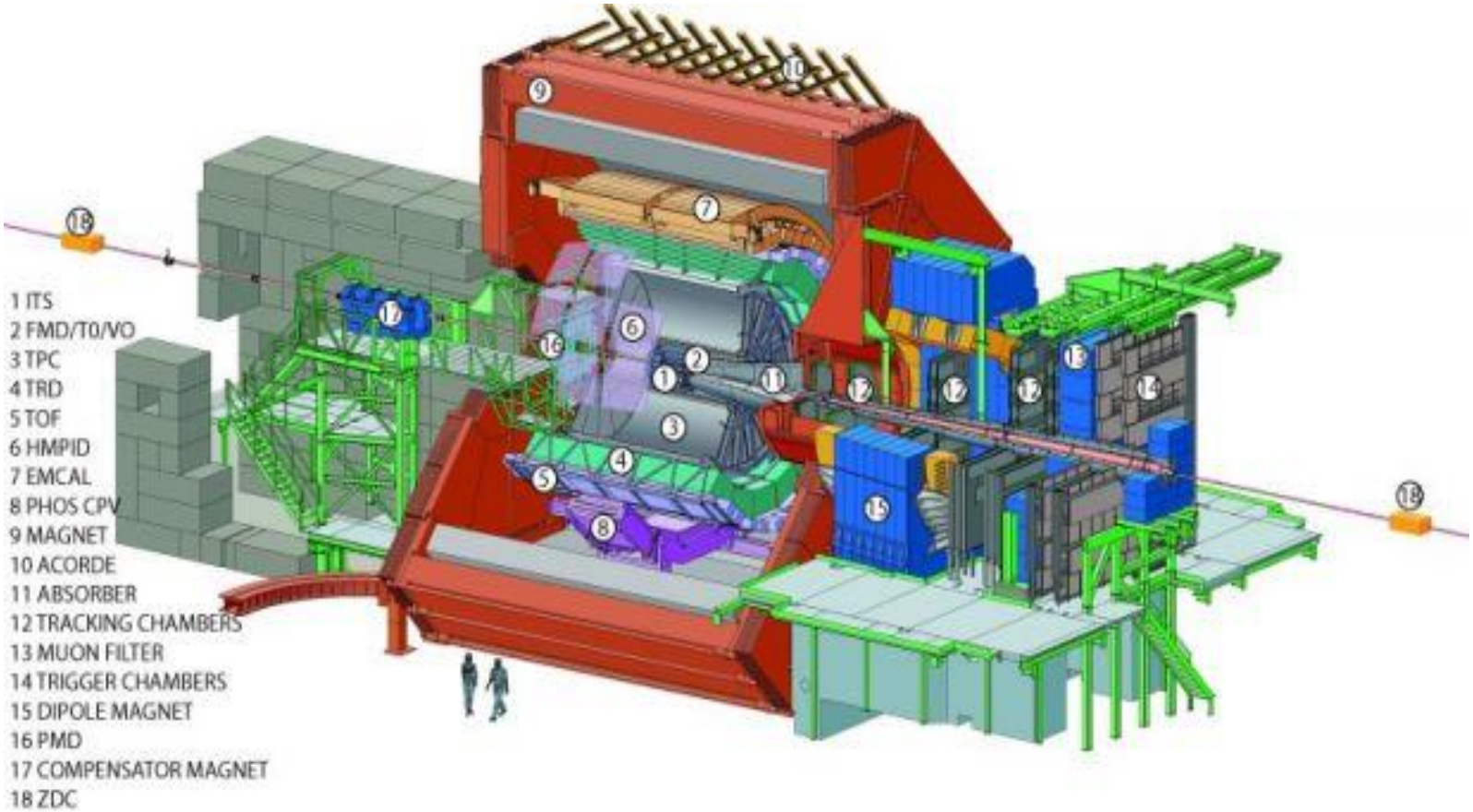
I_{Σ^0} = 1 есть ли отличия? I_{Λ^0} = 0

Анализ Σ^0 гиперона позволит расширить базу данных независимого исследования образовывающегося в столкновениях вещества (КГМ) по новой степени свободы – изотопическому спину.

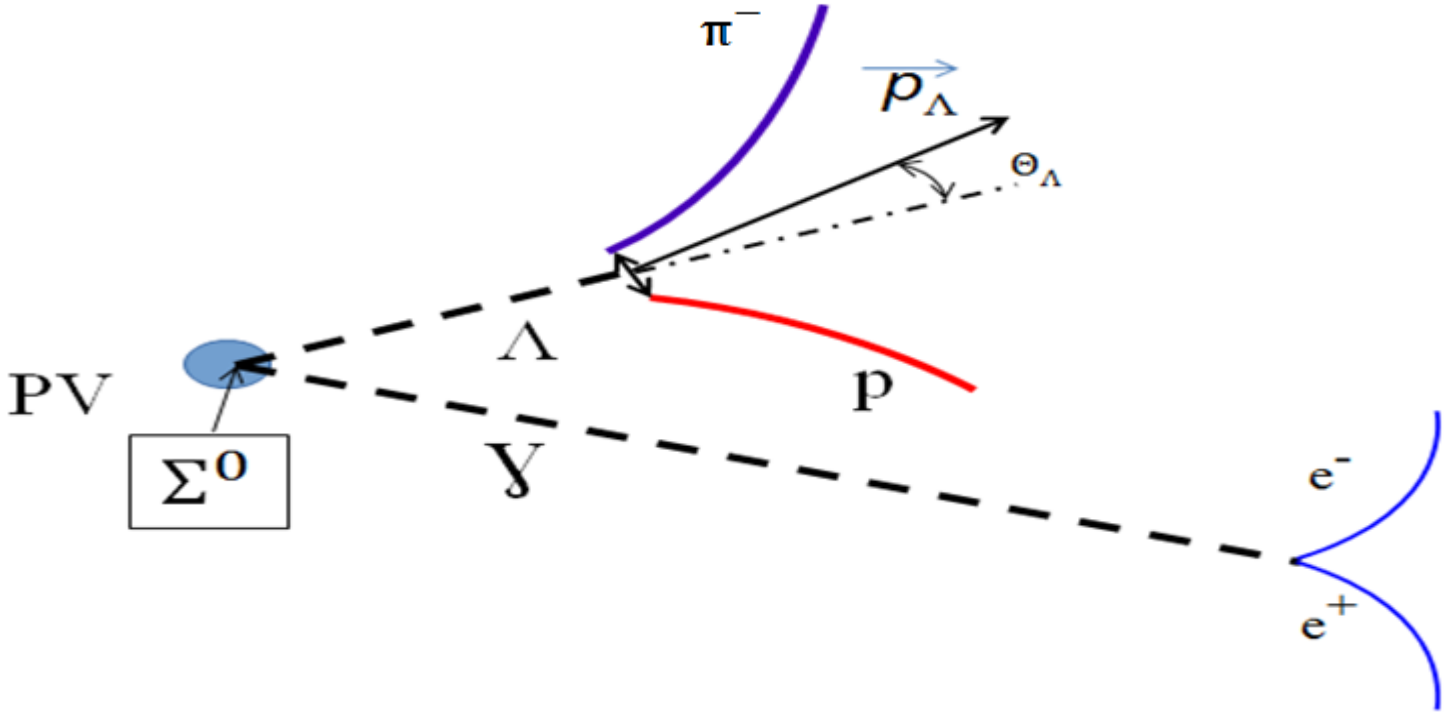
На данный момент последние результаты по Λ, Ξ и Ω гиперонам опубликованы в:

NATURE PHYSICS DOI: 10.1038/NPHYS4111

Эксперимент ALICE



Эксперимент ALICE является одним из основных экспериментов на Большом адронном коллайдере (БАК). Физическая программа эксперимента включает в себя изучение свойств среды, образующейся в столкновениях тяжелых ядер при энергиях БАК.

Регистрация Σ^0 гиперона

Для регистрации Σ^0 гиперона использовалась время-проекционная камера (TPC). В ней по V0 методу восстанавливалась первичная точка распада исследуемого гиперона: по точкам распадов нейтральных частиц (продуктов распада $\Sigma^0 \to \Lambda^0 + \gamma$) на заряженные треки $\Lambda^0 \to p + \pi^-$ и $\gamma \to e^+e^-$.