

BM@N – первый шаг в реализации проекта NICA



Сергей Мерц

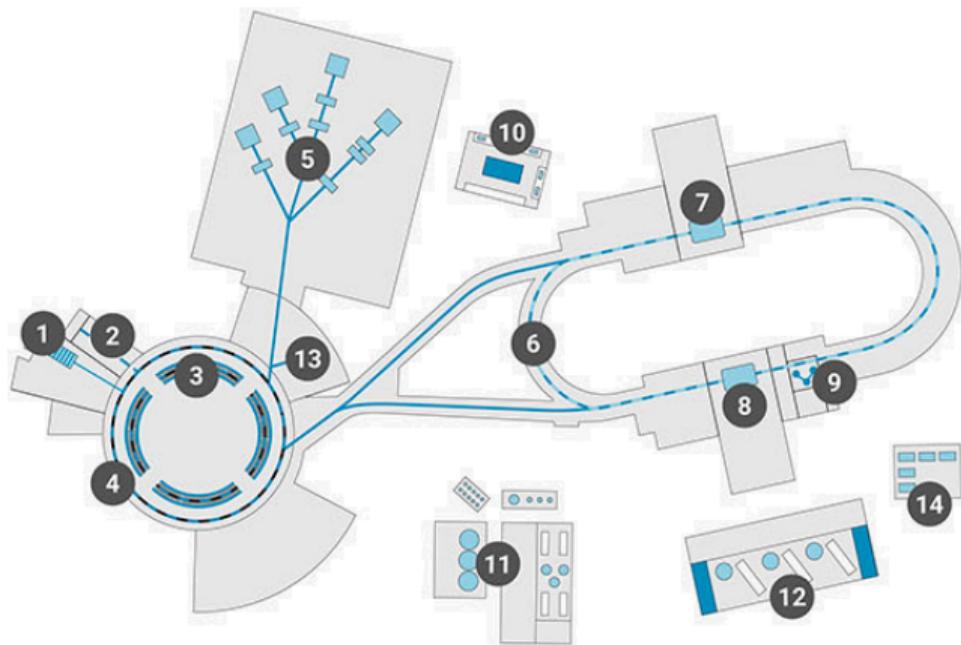
ЛФВЭ

29/03/2023

## Несколько замечаний по формату лекции

- Лекция больше популярная, чем научная
- Если есть вопросы, меня можно перебивать
- Если отлучитесь за кофе, то прихватите и мне





1. Лу-20
2. HILac
3. Бустер
4. Нуклотрон
5. Установка BM@N
6. Коллайдер
7. Детектор SPD
8. Детектор MPD
9. Электронное охлаждение
10. Технологические линии и чистые комнаты (создание детекторов)
11. Криогенный комплекс
12. Фабрика магнитов
13. Зона прикладных исследований
14. Пользовательский центр NICA и IT инфраструктура



## Основные параметры

- Энергия до 11 АГэВ ( $\text{Au}^{+79}$ )
- Площадь всего комплекса **более 5 га**
- Периметр коллайдера  **$\approx 500$  м**

## Статус

- Официальный старт строительства:  
**март 2016 года**
- Регистрация первых столкновений в коллайдере:  **$\approx 2024$  год**
- На данный момент строительные работы завершены на **97%**



# Какие бывают эксперименты?

## На фиксированной мишени



- $E_{cm} \approx \sqrt{2E_1 m_2}$
- Ограниченное фазовое пространство
- Светимость ( скорость набора данных) можно увеличить толщиной мишени
- Есть возможности для детекторного апгрейда
- Можно сталкивать разные системы

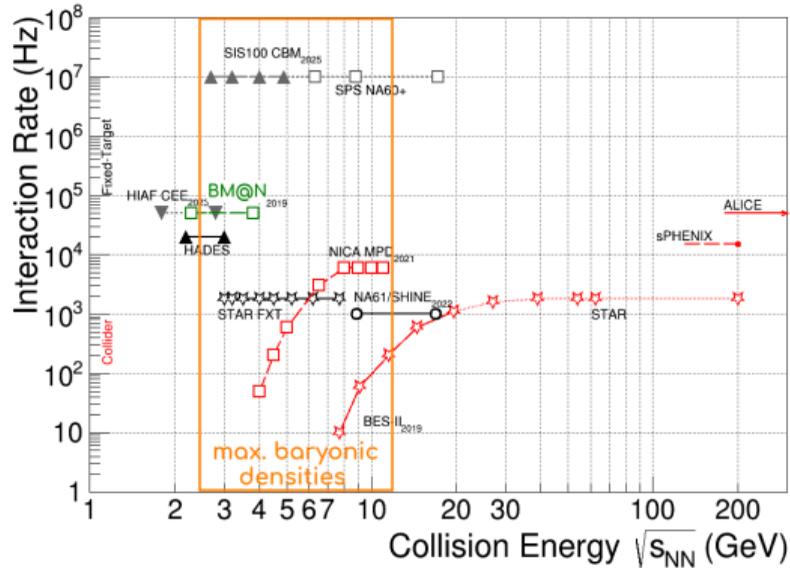
## На встречных пучках



- $E_{cm} = 2E$
- Покрывает максимальное фазовое пространство
- Светимость определяется параметрами коллайдера
- Нельзя впихнуть невпихуемое
- Сталкиваем только то, что дает ускоритель

BM@N – Baryonic Matter at Nuclotron

# Сравнение с другими экспериментами

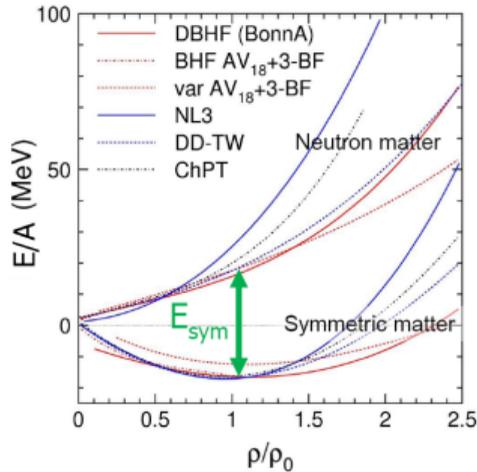


## Основные партнеры-конкуренты BM@N:

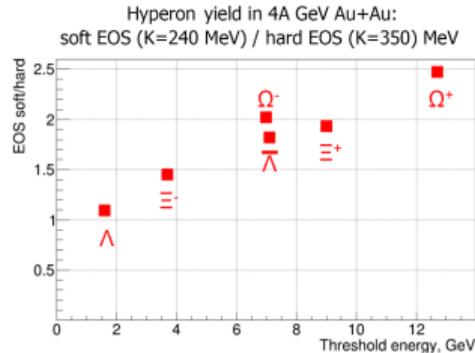
- HADES BES (SIS) Au+Au,  $\sqrt{s_{NN}} = 2.42$  GeV
- STAR BES (RHIC) Au+Au,  $\sqrt{s_{NN}} = 3 - 200$  GeV (10<sup>9</sup> событий на энергии 3 GeV в 2021)
- Будущий эксперимент CBM Au+Au,  $\sqrt{s_{NN}} = 2.7 - 4.9$  GeV

# Физическая программа эксперимента BM@N

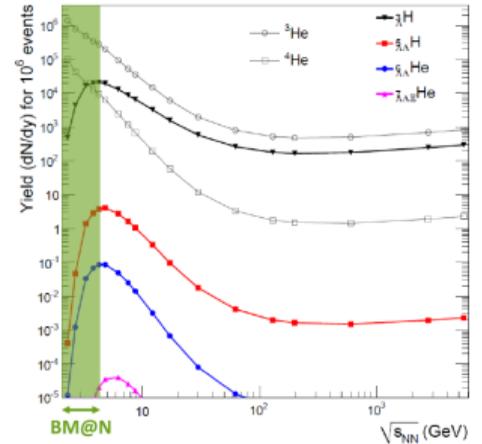
- Уравнение состояния материи высокой плотности
- Материя с сильной изоспиновой асимметрией
- Гипероны и гиперядра
- Фазовый переход



Ch.Fuchs, EPJA 30 (2006) 5



Phys. Lett. B697 (2011) 203



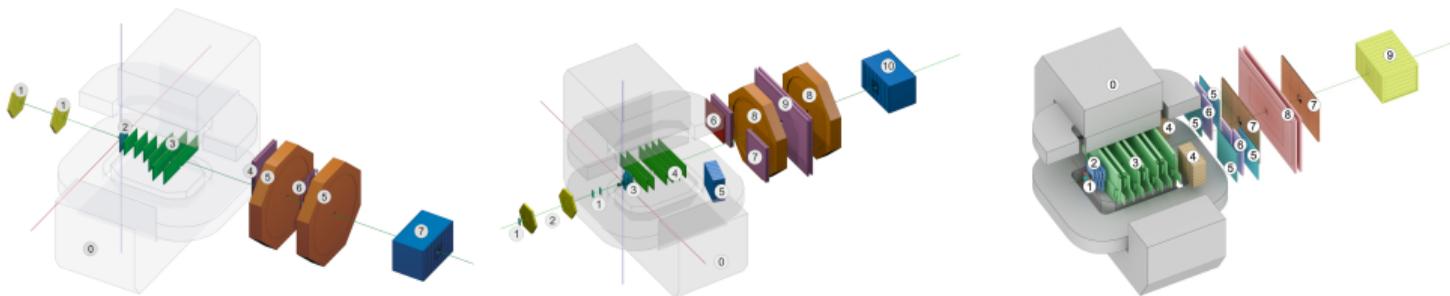
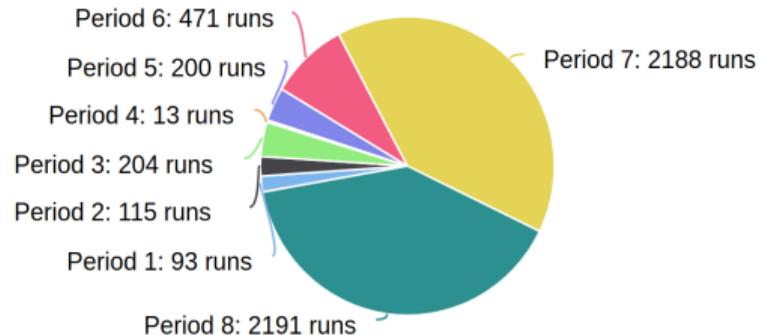
Phys. Rev. C 101 (2020) 044905

## Сравнение HADES, STAR FxT и BM@N

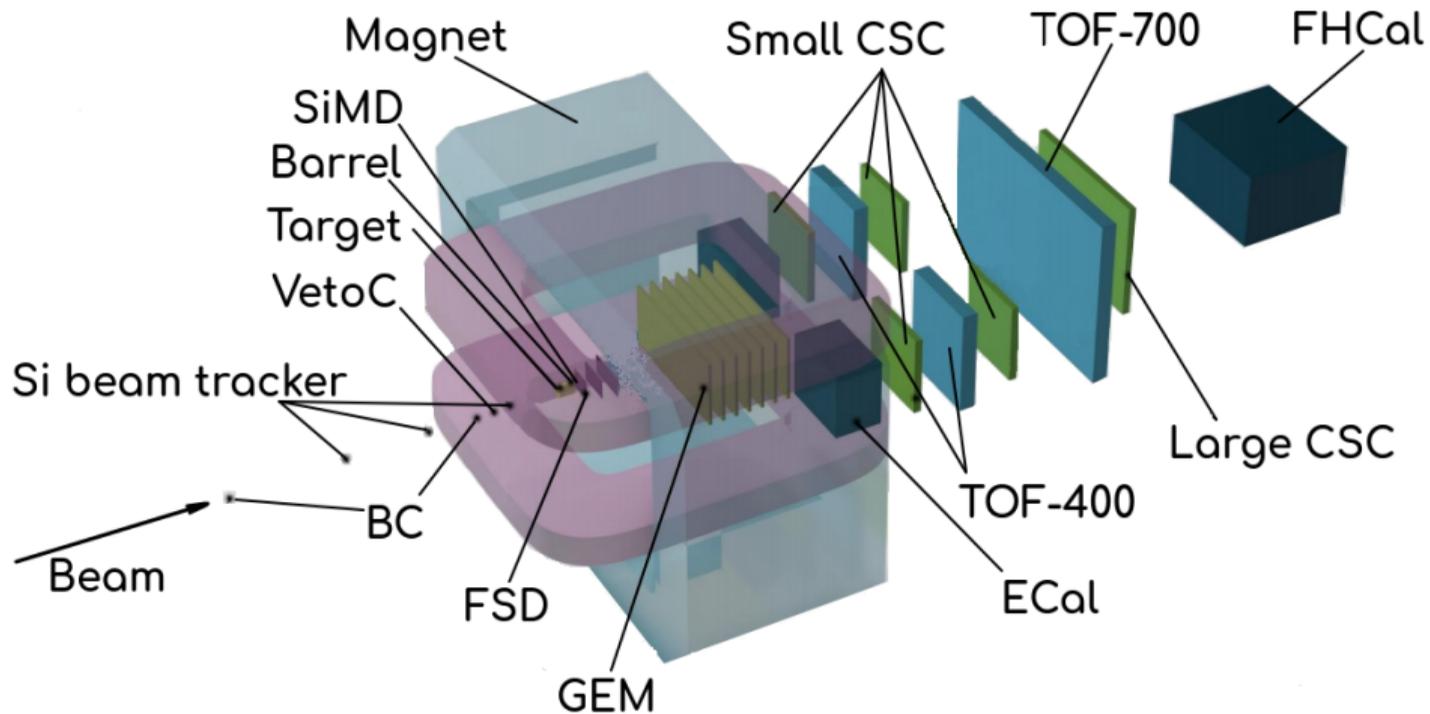
Exp.	year	A+A	$E_{kin}$ AGeV	Statistics	$\Xi^-$	$\Omega^-$	Hypernuclei
HADES	2012	Au+Au	1.23	$7 \cdot 10^9$	$\times$	$\times$	$\times$
HADES	2019	Ag+Ag	1.58	$1.4 \cdot 10^{10}$	$\times$	$\times$	$800 \text{ }^3_{\Lambda} \text{H}$
STAR FxT	2018	Au+Au	2.9	$3 \cdot 10^8$	$10^4$	$\times$	$10^4 \text{ }^3_{\Lambda} \text{H}$ $6 \cdot 10^3 \text{ }^4_{\Lambda} \text{H}$
STAR FxT	2021	Au+Au	2.9	$2 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^4$	$\times$	$7 \cdot 10^4 \text{ }^3_{\Lambda} \text{H}$ $4 \cdot 10^4 \text{ }^4_{\Lambda} \text{H}$
BM@N full program	sim.	Au+Au	3.8	$2 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^6$	$10^5$	$10^6 \text{ }^3_{\Lambda} \text{H}$ $^4_{\Lambda} \text{H}, ^5_{\Lambda} \text{He}$ $^7_{\Lambda} \text{Li}, ^7_{\Lambda} \text{He}$ $10^2 \text{ }^5_{\Lambda\Lambda} \text{H}$

## На установке VM@N прошло 8 сеансов

- Сеансы 1-5 никто не помнит
- Сеанс 6: 2017,  $C^{+6} + X$
- Сеанс 7: 2018,  $Ar^{+16} + X$
- Сеанс 8: 2022-2023,  $Xe^{+54} + CsI$

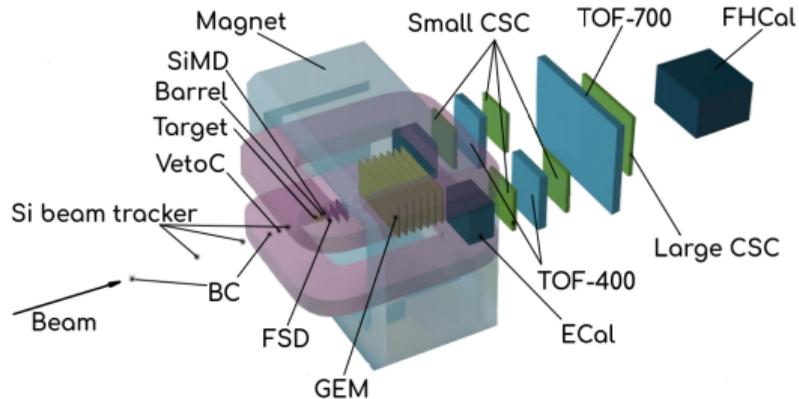


## Экспериментальная установка в 8 сеансе (почти)



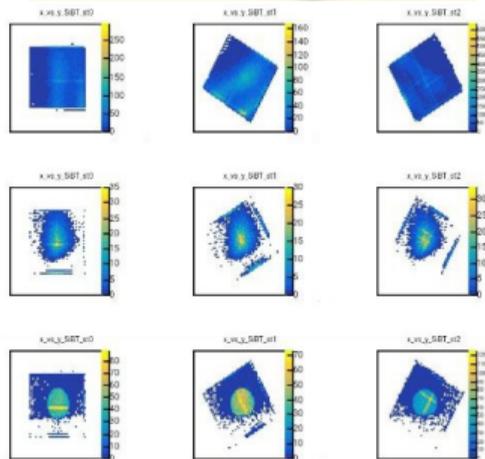
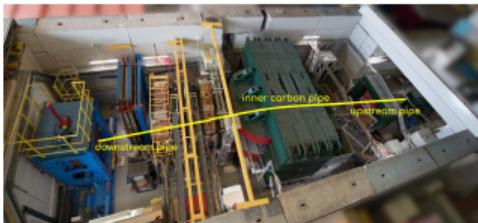
## Подсистемы

- **Триггерная система:**  
BC1, BC2, VC, BD, SiMD, FD
- **Внутренняя трековая система:**  
FSD, GEM
- **Внешняя трековая система:**  
SiBT, CSC, DCH, sGEM
- **Система идентификации частиц:**  
TOF-400, TOF-700
- **Калориметрия:**  
FHCaI, Hodo, ScWall, NDET



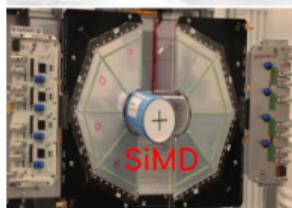
## У пучка, как у самурая, нет цели - только путь

- Специально к сеансу создали вакуумный ионопровод почти **170 м**
- Есть еще воздушный промежуток сразу за Нуклотроном примерно **2 м**
- В самой установке **внутри магнита** установлена секция ионопровода из **углепластика**
- Ионы пучка, которые не проваимодействовали в установке, попадают в **бетонную стену**



Нужно дать пучку цель!

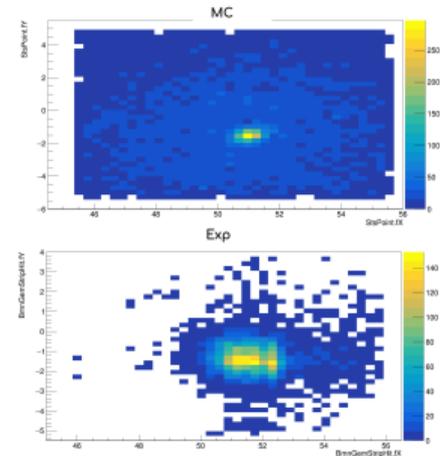
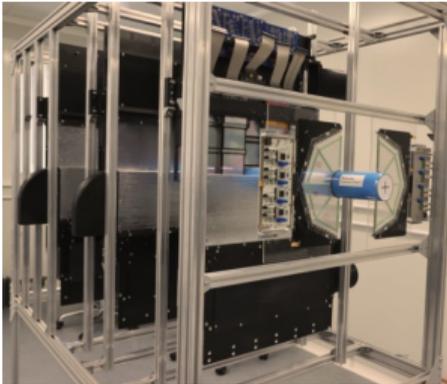
## Триггеры



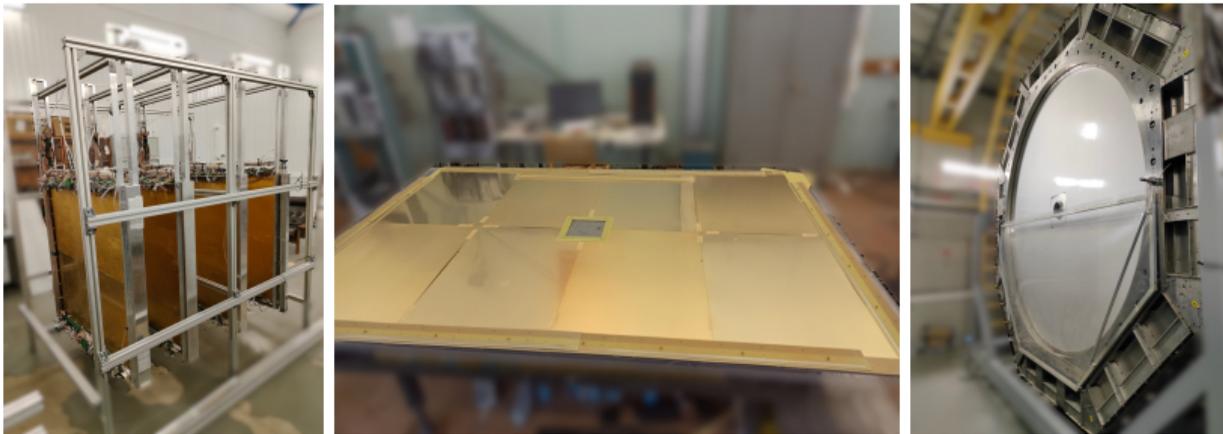
- T0 - Стартовый сигнал для DAQ
- VC, BC - триггеры пучка
- BD - Barrel Detector для подсчета частиц с большими углами вылета
- SiMD - Silicon Multiplicity Detector для подсчета частиц с малыми углами вылета
- FD - Fragment Detector для отсеивания событий без взаимодействия

## «С GEMами такого роста спорить запросто не просто»

- Четыре кремниевых вершинных детектора установлены сразу за мишенью
- Семь GEM-станций, перекрывающих апертуру магнита **SP-41** установлены за кремнием ( $\approx 160 \times 40\text{cm}$ )
- Один GEM детектор, установленный в последний момент в конце установки оказался жокером!



## Внешняя трековая система



- Четыре малые катодно-стриповые камеры ( $\approx 1 \times 1\text{m}^2$ ) расположены вокруг TOF-400
- Большая катодно-стриповая камера (LargeCSC,  $\approx 1.5 \times 2\text{m}^2$ ) расположена за TOF-700
- Две дрейфовые камеры расположены вокруг TOF-700

# Клориметры

## Forward Hadron Calorimeter

- 20 PSD CBM модулей - поперечный размер  $20 \times 20 \text{ cm}^2$
- 34 MPD/NICA модулей - поперечный размер  $15 \times 15 \text{ cm}^2$

## Сцинтилляционная стенка

- регистрация фрагментов в ScWall позволит измерить множественность фрагментов

## Годоскоп

- Измерение зарядов фрагментов в пучковом отверстии в FHCaI
- 16 кварцевых стрипов размером  $10 \times 160 \times 4 \text{ mm}^3$

## Основная цель всей системы:

- Определение центральности
- Восстановление плоскости реакции



Ожидание

$1.8 \cdot 10^9$  событий

Реальность

$5.5 \cdot 10^8$  событий

Ожидание

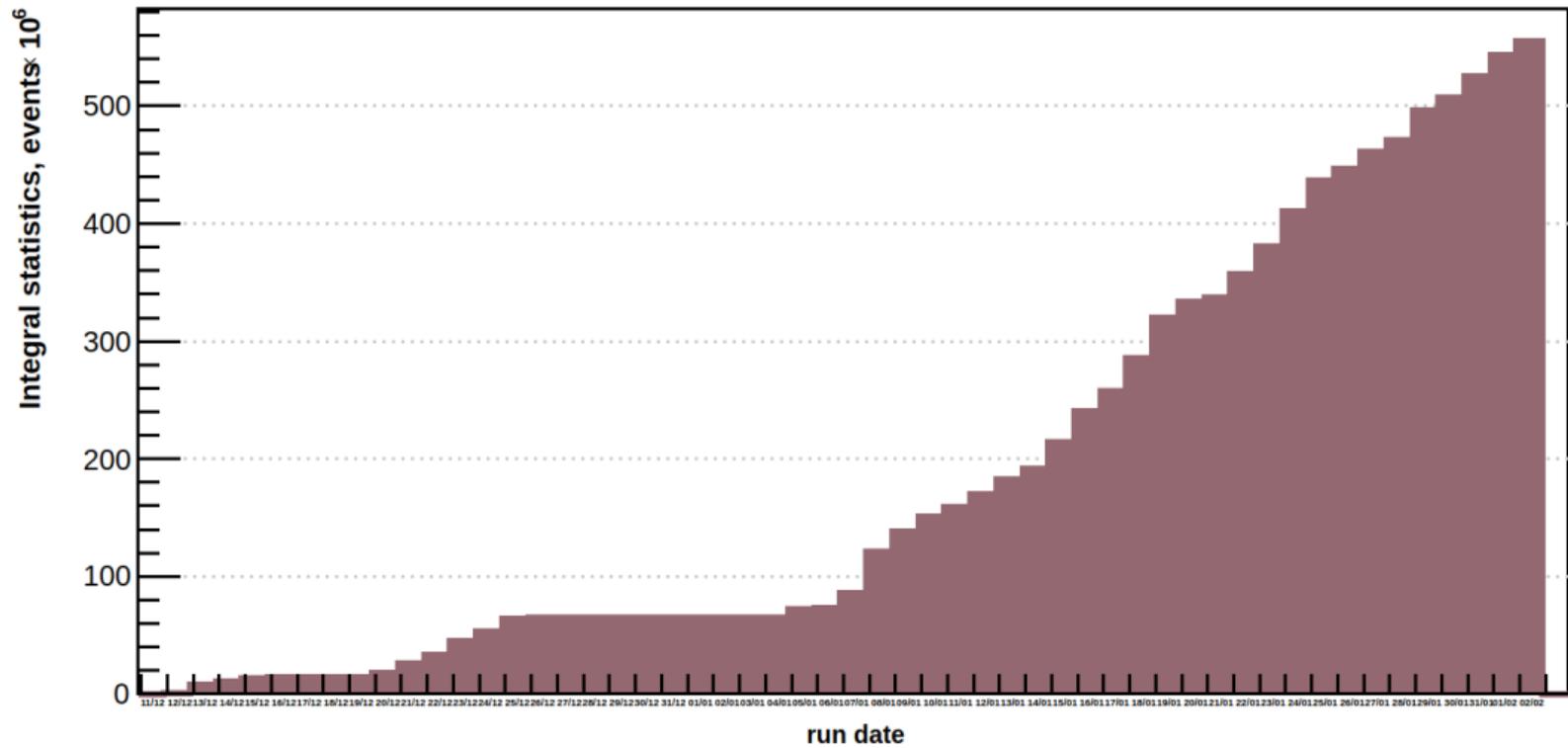
$1.8 \cdot 10^9$  событий

Реальность

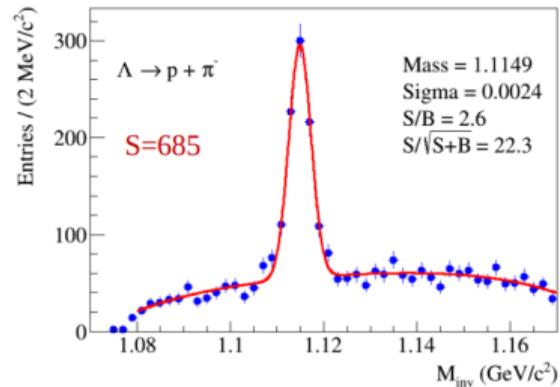
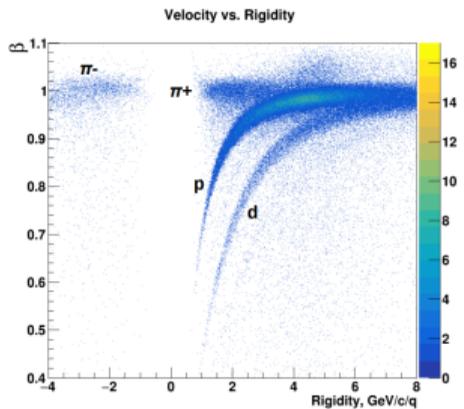
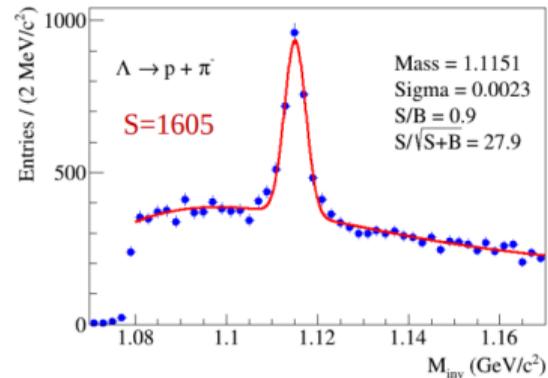
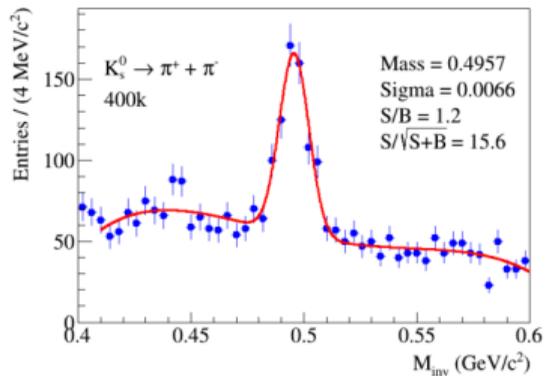
$5.5 \cdot 10^8$  событий



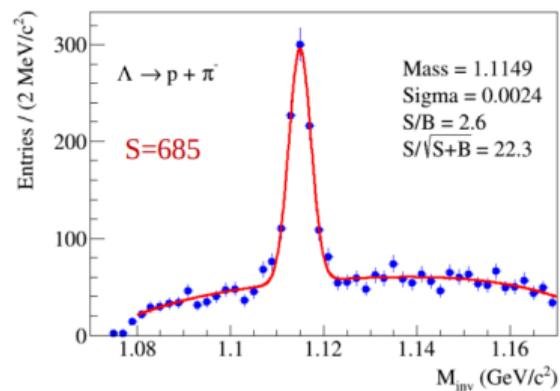
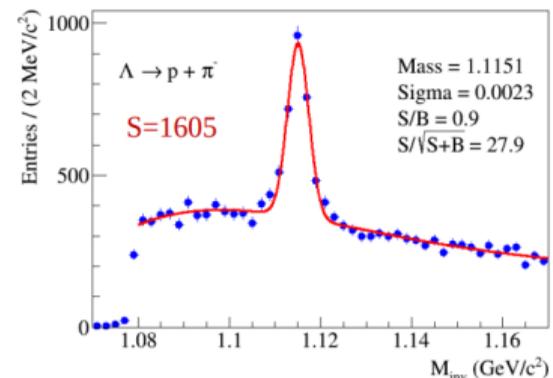
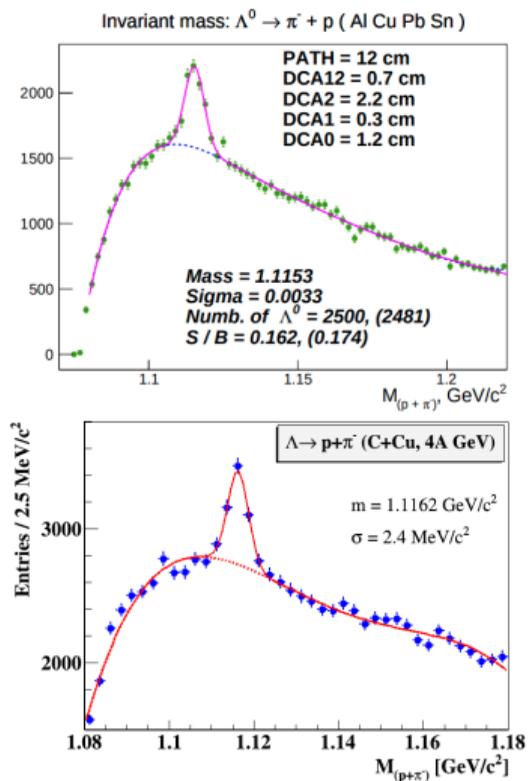
**ВАШИ ОЖИДАНИЯ —  
ЭТО ВАШИ ПРОБЛЕМЫ**



# Первые результаты



# Сравнение с предыдущими сеансами





Спасибо!