

BM@N – первый шаг в реализации проекта NICA



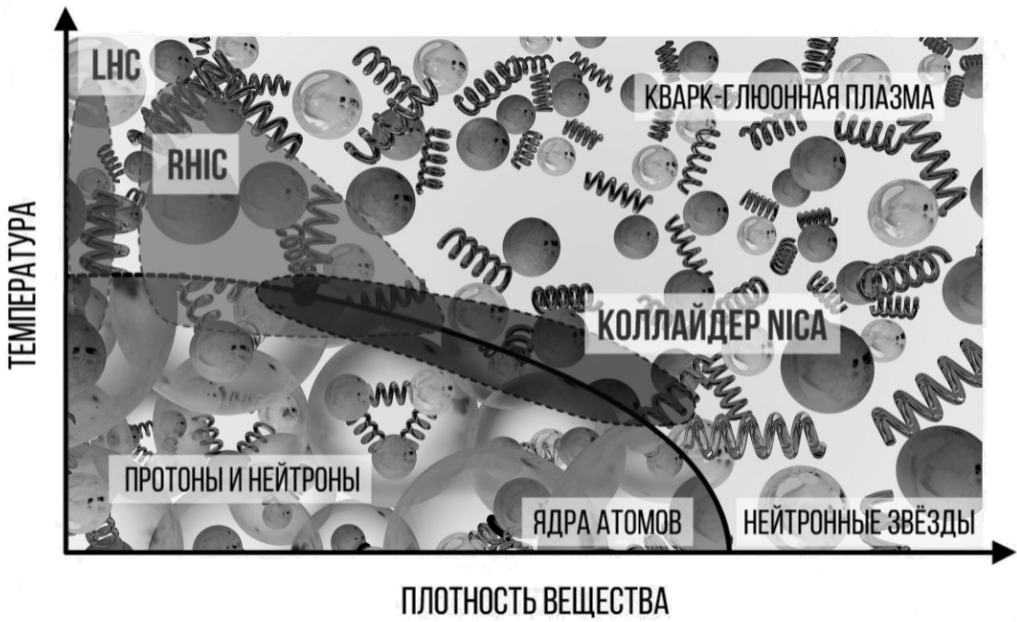
Сергей Мерц

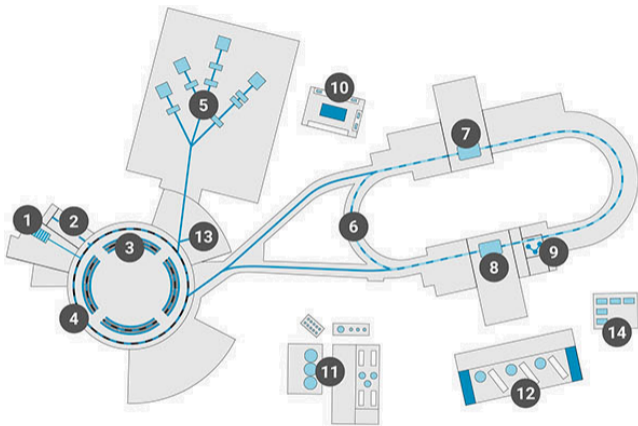
ЛФВЭ

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 (Au^{+79})
- Площадь всего комплекса **более 5 га**
- Периметр коллайдера **≈ 500 м**

Статус

- Официальный старт строительства:
март 2016 года
- Регистрация первых столкновений в коллайдере: **≈ 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

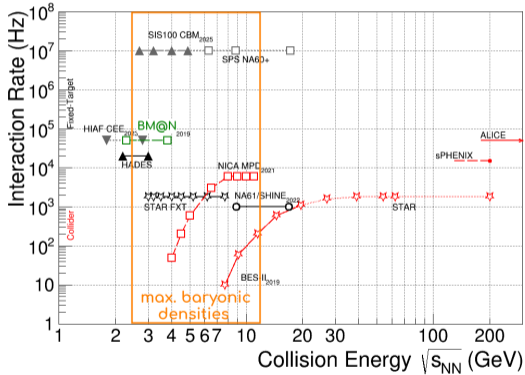
На встречных пучках



- $E_{cm} = 2E$
- 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

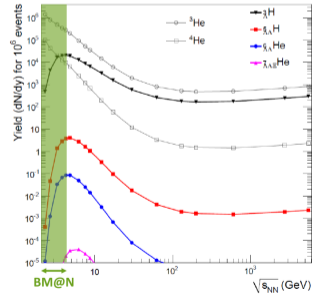
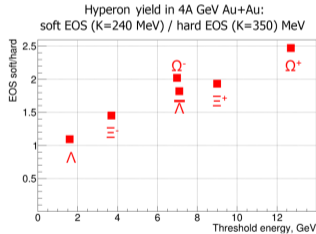
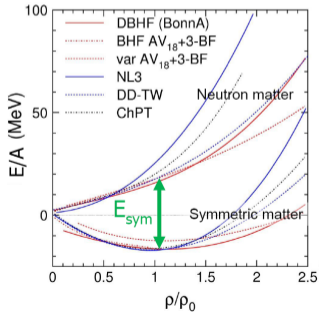


Основные партнеры-конкуренты BM@N:

- HADES BES (SIS) Au+Au, $\sqrt{s_{NN}} = 2.42$ GeV
- STAR BES (RHIC) Au+Au, $\sqrt{s_{NN}} = 3 - 200$ GeV (10⁹ 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

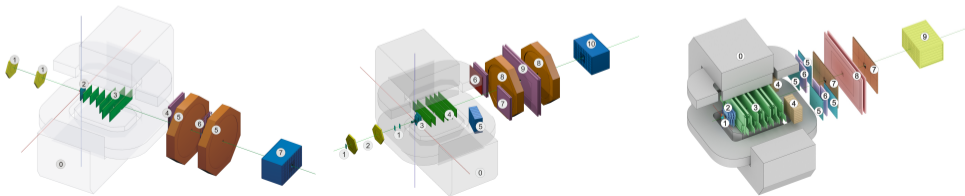
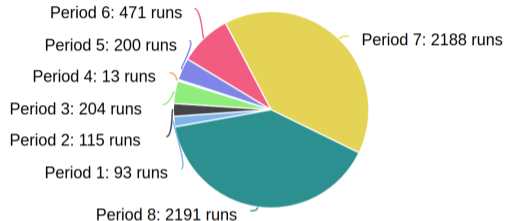


Сравнение HADES, STAR FxT и BM@N

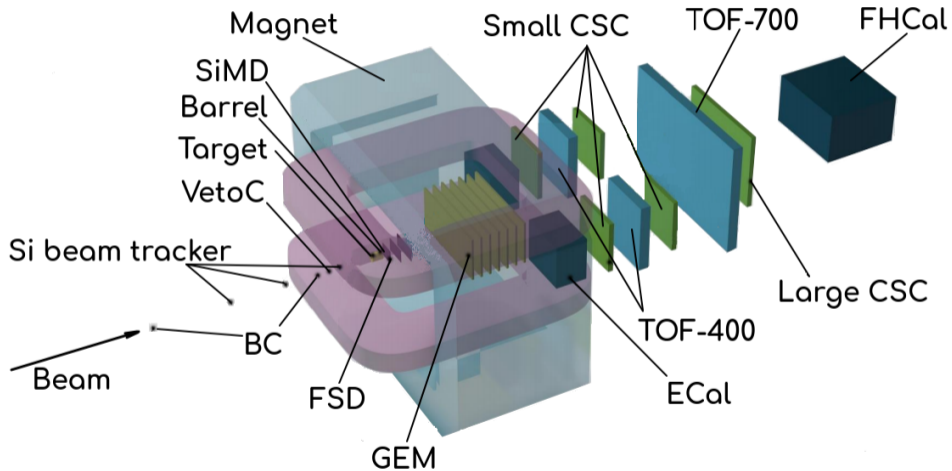
Exp.	year	A+A	E_{kin} AGeV	Statistics	Ξ^-	Ω^-	Hypernuclei
HADES	2012	Au+Au	1.23	$7 \cdot 10^9$	\times	\times	\times
HADES	2019	Ag+Ag	1.58	$1.4 \cdot 10^{10}$	\times	\times	$800 \text{ }^3_{\Lambda}\text{H}$
STAR FxT	2018	Au+Au	2.9	$3 \cdot 10^8$	10^4	\times	$10^4 \text{ }^3_{\Lambda}\text{H}$ $6 \cdot 10^3 \text{ }^4_{\Lambda}\text{H}$
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, $Xe^{+54} + CsI$

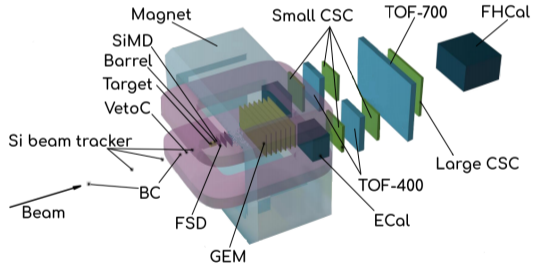


Экспериментальная установка в 8 сеансе (почти)



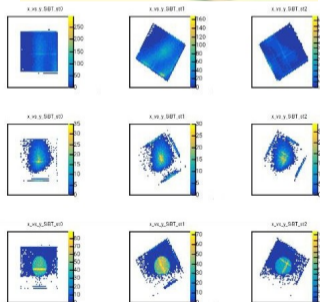
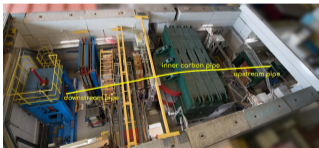
Подсистемы

- **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



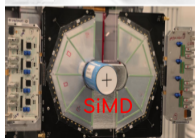
У пучка, как у самурая, нет цели - только путь

- 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!

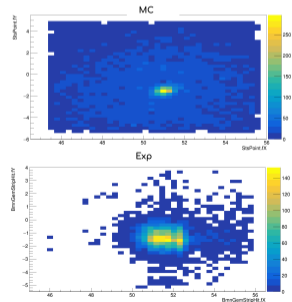
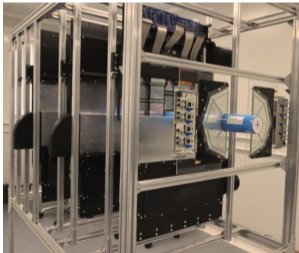
Триггеры



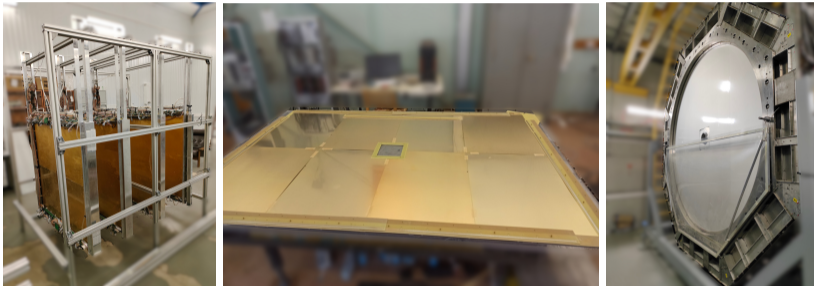
- T0 - Стартовый сигнал для DAQ
- VC, BC - триггеры пучка
- BD - Barrel Detector для подсчета частиц с большими углами вылета
- SiMD - Silicon Multiplicity Detector для подсчета частиц с малыми углами вылета
- FD - Fragment Detector для отсеивания событий без взаимодействия

«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

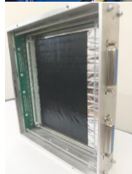
- регистрация фрагментов в ScWall позволит измерить множественность фрагментов

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

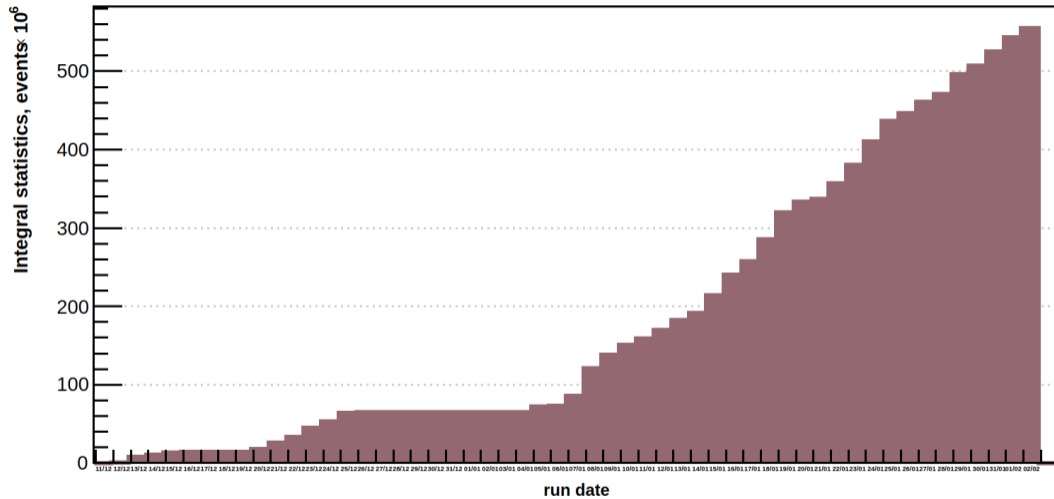
$1.8 \cdot 10^9$ событий

Реальность

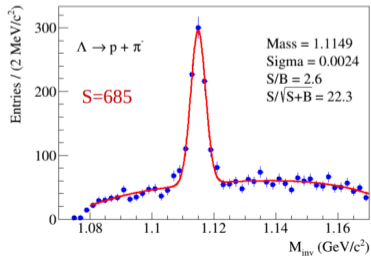
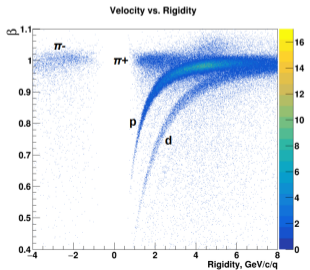
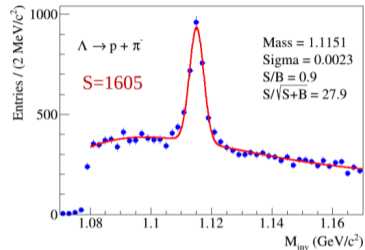
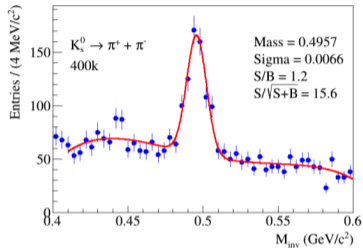
$5.5 \cdot 10^8$ событий



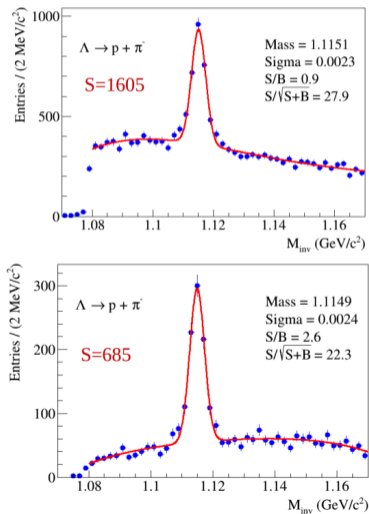
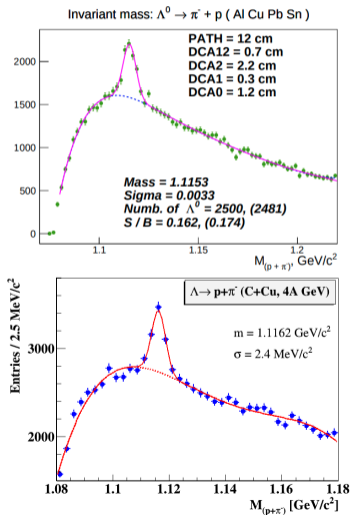
**ВАШИ ОЖИДАНИЯ —
ЭТО ВАШИ ПРОБЛЕМЫ**



Первые результаты



Сравнение с предыдущими сеансами





Спасибо!