

Семинар ЛЯП, 16 марта 2023

Изучение нейтринных осцилляций в ускорительных экспериментах NO ν A / DUNE

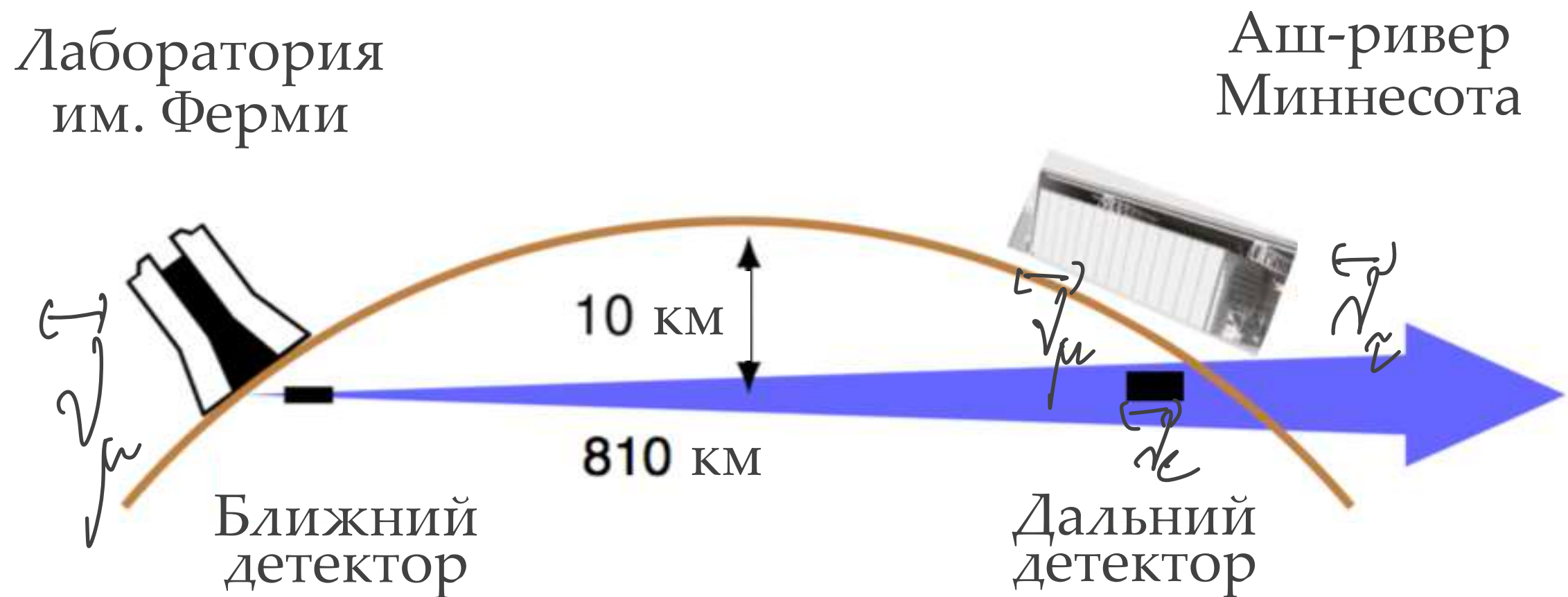
Самойлов О.Б.
для группы NO ν A / DUNE
Лаборатория ядерных
проблем
им. В.П.Джелепова ОИЯИ

Содержание семинара

- ❖ Основная цель проектов – изучение феномена нейтринных осцилляций, которые позволяют измерить неизвестные параметры нейтрино:
 - иерархию масс нейтрино,
 - фазу CP-нарушения в лептонном секторе, если она отлична от нуля,
 - значение угла смешивания θ_{23} с определением так называемого октанта.
- ❖ План семинара:
 - NOvA, DUNE и другие эксперименты с похожими задачами.
 - Феномен нейтринных осцилляций.
 - Задачи группы ОИЯИ в обоих проектах.
 - Планы по набору данных и анализу в эксперименте NOvA на 2024-2026 гг.
 - Задачи группы ОИЯИ на этот период в эксперименте DUNE.
- ❖ Семинар проводится в связи с продлением проекта NOvA/DUNE в рамках темы 1099.

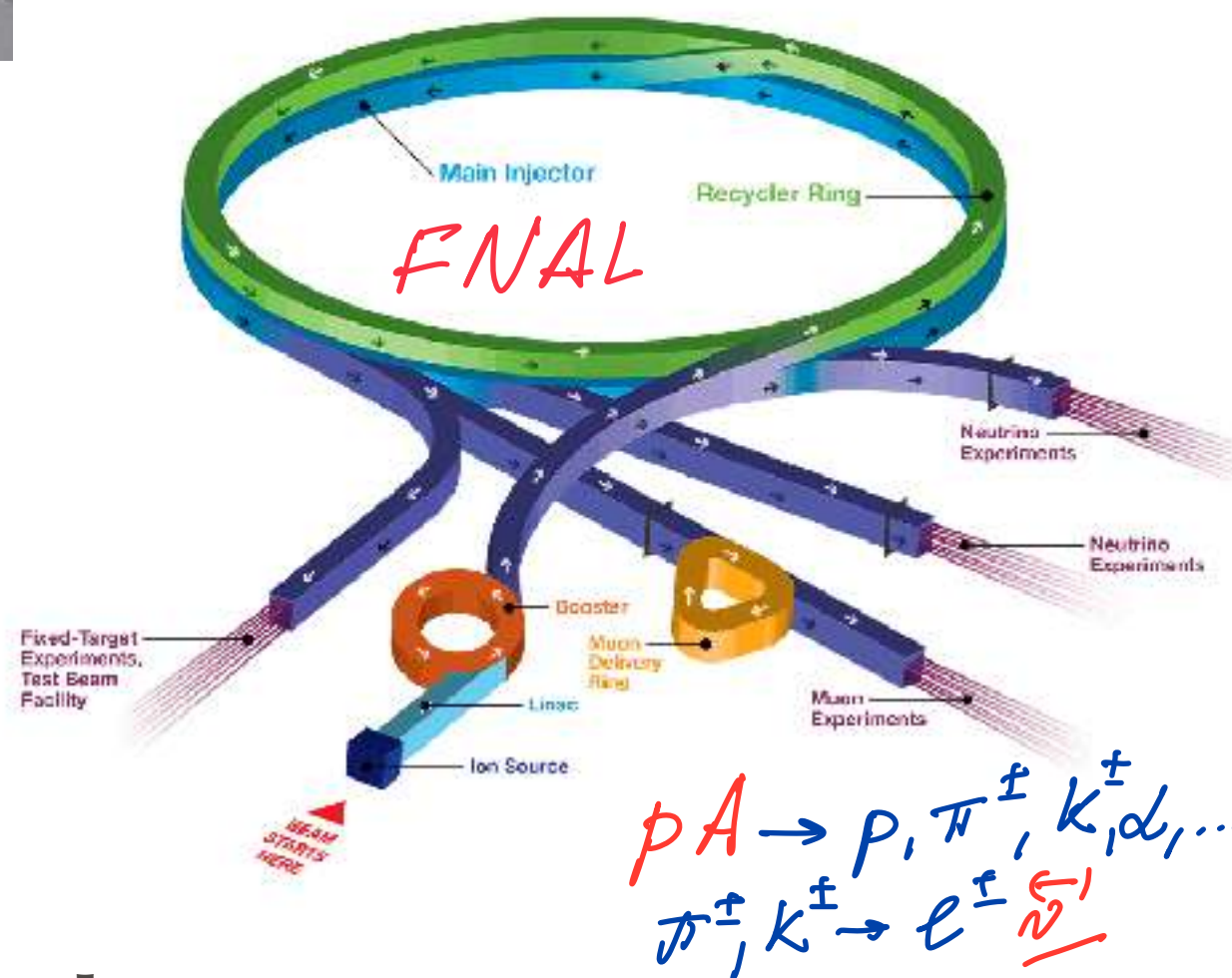
NuMI Off-Axis ν_e Appearance Experiment

NuMI Off-Axis ν_e Appearance Experiment



Поколения LBNE во FNAL: MINOS → NOvA → DUNE

Почему ускорители?



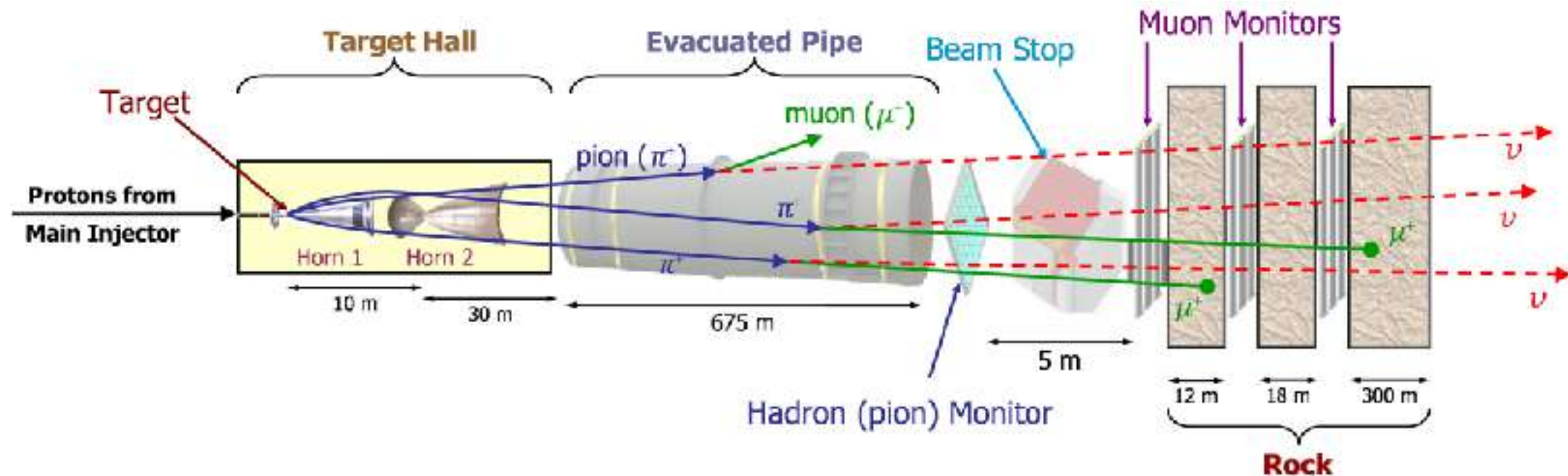
Ускорительный комплекс в Лаборатории Ферми

- ❖ Нейтрино рождается в Главном Инжекторе (Main Injector, NuMI) протонов в следующей цепочке:
 - Линак 750 кэВ
 - Бустер 400 МэВ
 - Ресайклер 8 ГэВ
 - NuMI 120 ГэВ
 - на углеродную мишень



Пучок протонов для нейтринных экспериментов

Поток нейтрино



- ❖ Ускоренный пучок протонов (120 ГэВ) сбрасывается на углеродную мишень, рождая мезоны, которые в свою очередь рождают нейтрино (в основном мюонного типа).
- ❖ Каждый 1.3 сек протонный сброс формирует 6+6 батчей нейтрино во временном окне 10 мкс.
- ❖ Первоначальная проектируемая мощность для NOvA составляет 700 кВт, интенсивность 6×10^{20} POT/год. (POT = Proton On Target, протонов-на-мишень).
- ❖ Пиковая мощность достигала 895 кВт 7 июля 2022.
- ❖ Плановая до 2026 года — 900 кВт.

Осцилляции нейтрино (в вакууме)

$$\begin{array}{c} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{array} \rangle = \begin{array}{c} \theta_{23} \sim 45^\circ \\ \downarrow \\ \left(\begin{array}{ccc} 1 & & \\ & c_{23} & s_{23} \\ & -s_{23} & c_{23} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \theta_{13} \sim 8.5^\circ \\ \searrow \\ \left(\begin{array}{ccc} c_{13} & & s_{13}e^{-i\delta} \\ & 1 & \\ -s_{13}e^{i\delta} & & c_{13} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \theta_{12} \sim 30^\circ \\ \swarrow \\ \left(\begin{array}{ccc} c_{12} & & s_{12} \\ -s_{12} & & c_{12} \\ & & 1 \end{array} \right) \left| \begin{array}{c} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{array} \right\rangle \end{array} \right)$$

$$|\Delta m_{32}^2| = |m_3^2 - m_2^2| \simeq 2.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$$

$$\begin{array}{l} \nu_\mu \rightarrow \nu_\mu \\ \nu_\mu \rightarrow \nu_\tau \end{array}$$

Эксперименты
атмосферные и
с **длинной базой**

$$\Delta m_{31}^2 \simeq \Delta m_{32}^2$$

$$\begin{array}{l} \nu_e \rightarrow \nu_e \\ \nu_\mu \rightarrow \nu_e \end{array}$$

Эксперименты
реакторные и
с **длинной базой**

$$\Delta m_{21}^2 = |m_2^2 - m_1^2| \simeq 7.5 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$$

$$\begin{array}{l} \nu_e \rightarrow \nu_e \\ \nu_e \rightarrow \nu_\mu, \nu_\tau \end{array}$$

Эксперименты
солнечные и
реакторные

Осцилляции нейтрино (в вакууме)

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{e1} & V_{e2} & V_{e3} \\ V_{\mu 1} & V_{\mu 2} & V_{\mu 3} \\ V_{\tau 1} & V_{\tau 2} & V_{\tau 3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

$$H = U E U^\dagger$$

Осцилляции нейтрино (~~в вакууме~~)

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu 1} & U_{\mu 2} & U_{\mu 3} \\ U_{\tau 1} & U_{\tau 2} & U_{\tau 3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

$$H_0 = U E_0 U^\dagger \Rightarrow H = H_0 + H_{\text{вещество}} + H_{\text{NSI}}$$

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu 1} & U_{\mu 2} & U_{\mu 3} \\ U_{\tau 1} & U_{\tau 2} & U_{\tau 3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \\ \nu_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} & U_{e4} \\ U_{\mu 1} & U_{\mu 2} & U_{\mu 3} & U_{\mu 4} \\ U_{\tau 1} & U_{\tau 2} & U_{\tau 3} & U_{\tau 4} \\ U_{s1} & U_{s2} & U_{s3} & U_{s4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \\ \nu_4 \end{pmatrix}$$

NOvA



The NuMI Off-Axis ν_e Appearance Experiment

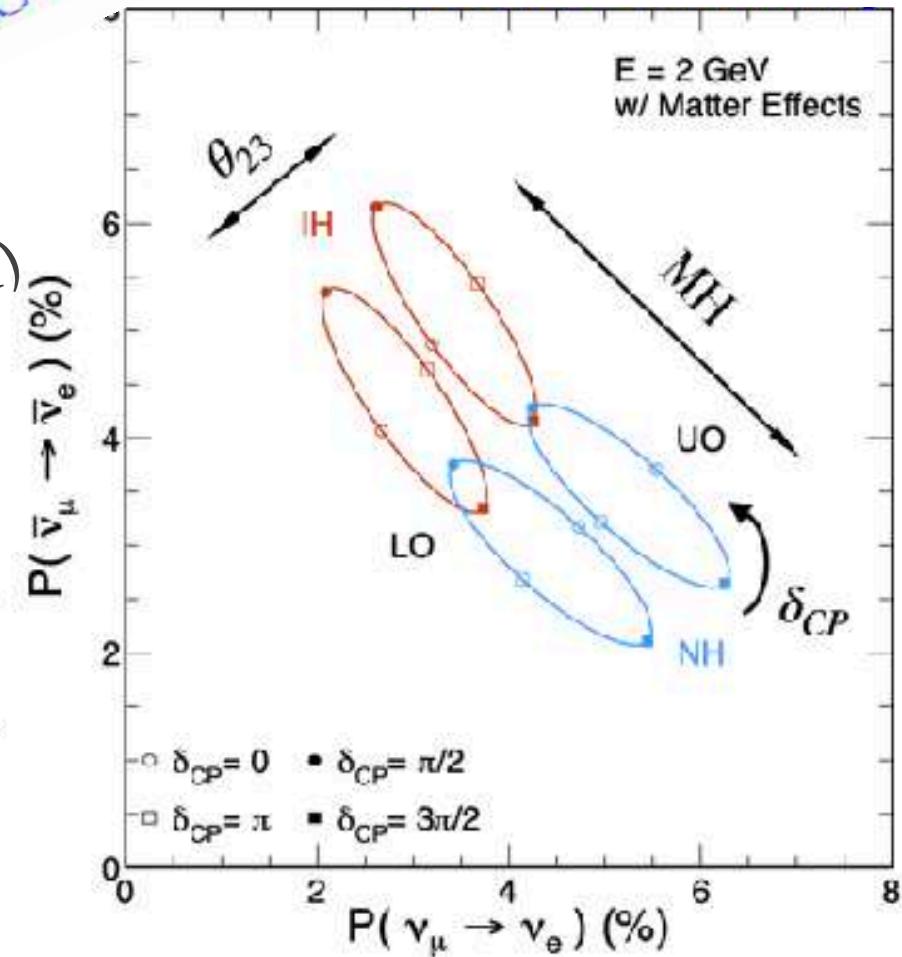
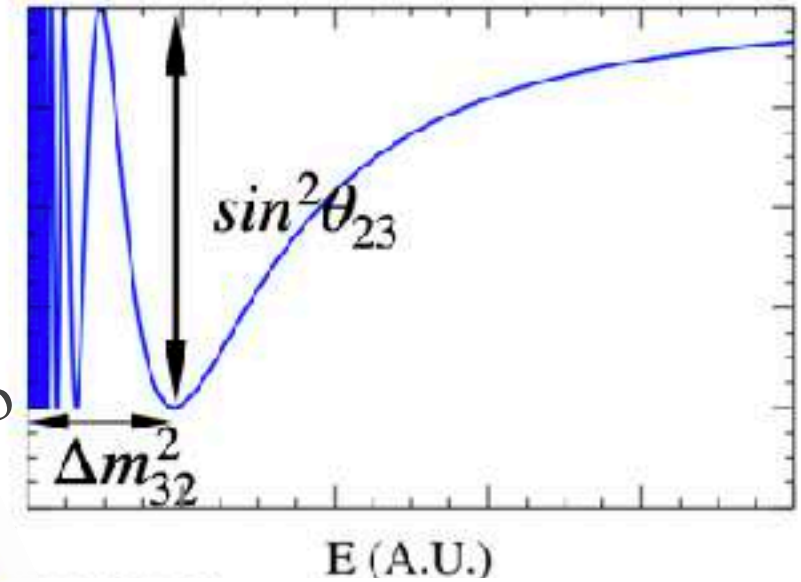
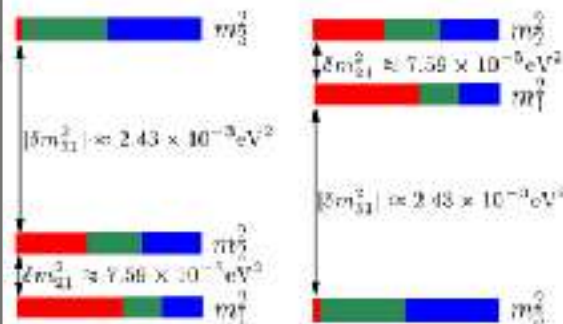


Мода выживания мюонного нейтрино ν_μ

Мода появления электронного нейтрино ν_e

$\Delta P_{\nu\bar{\nu}} \propto \sin \delta_{CP}$

Иерархия масс
Mass Hierarchy
(прямая / обратная)



NOvA



[June 2019 meeting @ Sussex University, Brighton, UK]

Схема работы с двумя детекторами



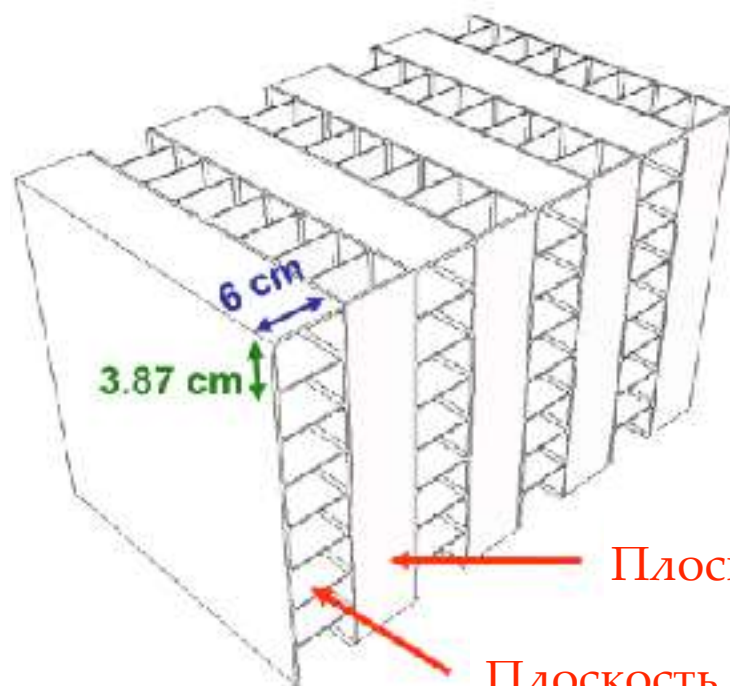
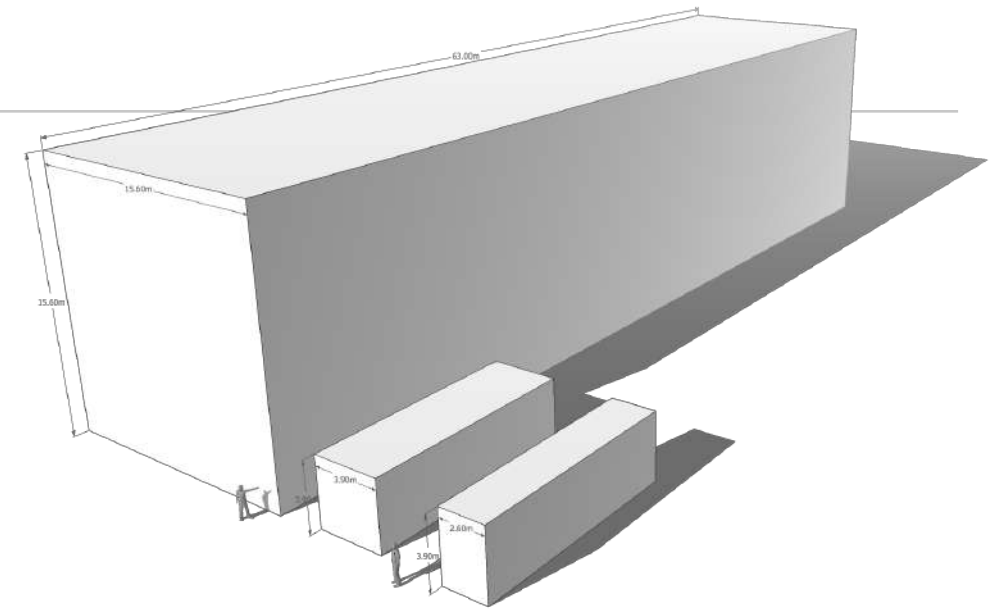
- ❖ **Ближний детектор**
- ➔ расположен в 1 км после пучковой мишени, вес 300 тонн.
- ➔ выполняет роль монитора и измеряет неосцилляционный спектр пучка
- ➔ данные БД используются для предсказания числа событий в ДД (процедура экстраполяции)



- ❖ **Дальний детектор**
- ➔ расположен на расстоянии 810 км от пучковой мишени, вес 14 кт.
- ➔ измеряет осцилляционный нейтринный пучок
- ➔ учитывает систематические погрешности экстраполяции из БД
- ➔ ДД идентичен БД

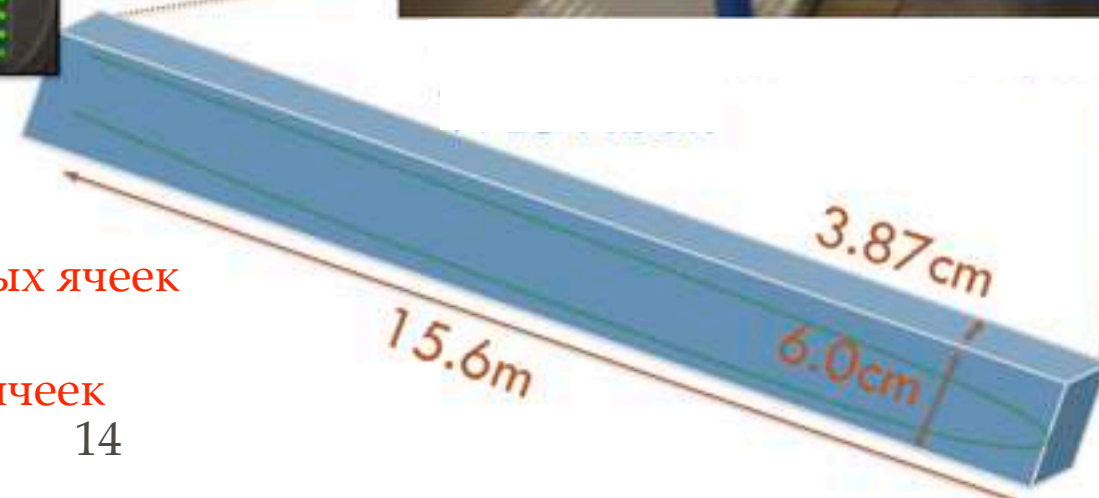
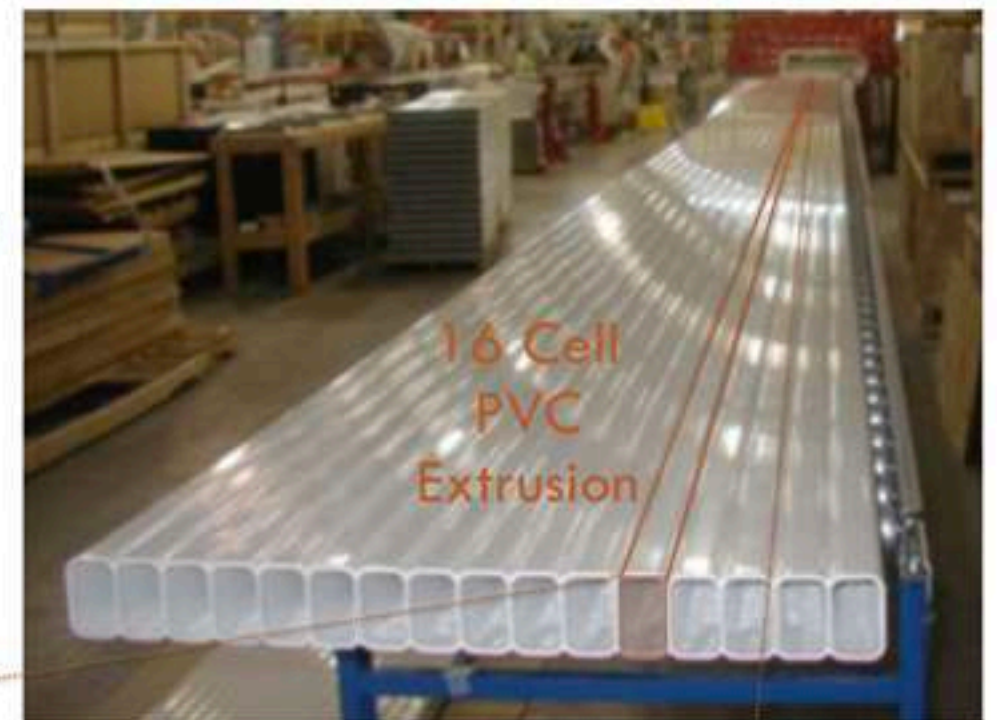
Детекторы NOvA

- ❖ ПВХ экструзия, TiO_2 и жидкий сцинтиллятор
- минеральное масло + 5% псевдокумола.
- ❖ Считывание сигнала через светосмещающее оптоволокно на ЛФД.
- ДД состоит из ~344,000 каналов.
- среднее значение фотоэлектронов от мюонов, пересекающих дальний край, составляет ~40.
- ❖ Плоскости детектора расположены ортогонально и чередуются между собой.



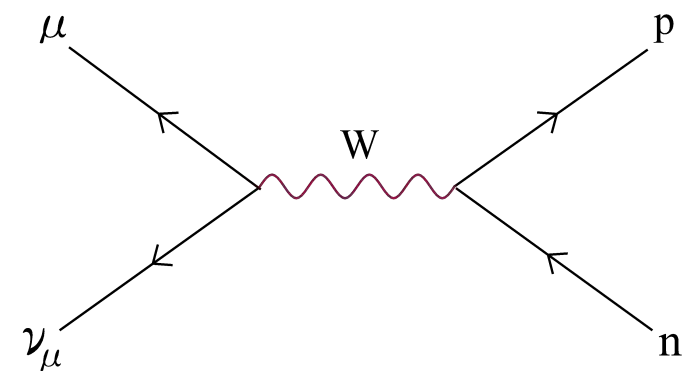
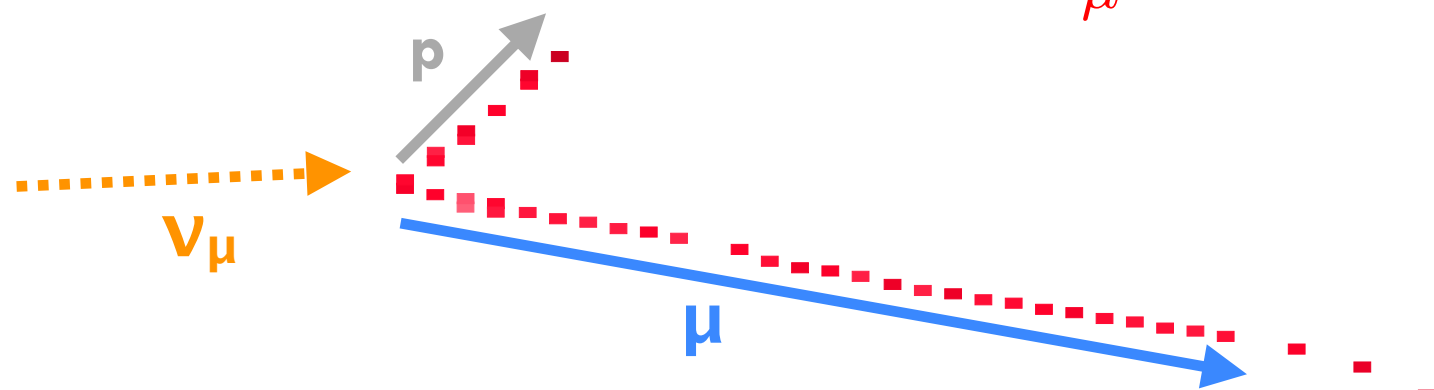
← Плоскость вертикальных ячеек

← Плоскость горизонтальных ячеек

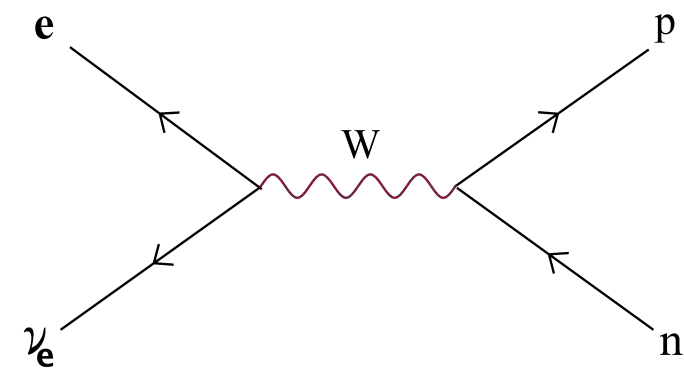
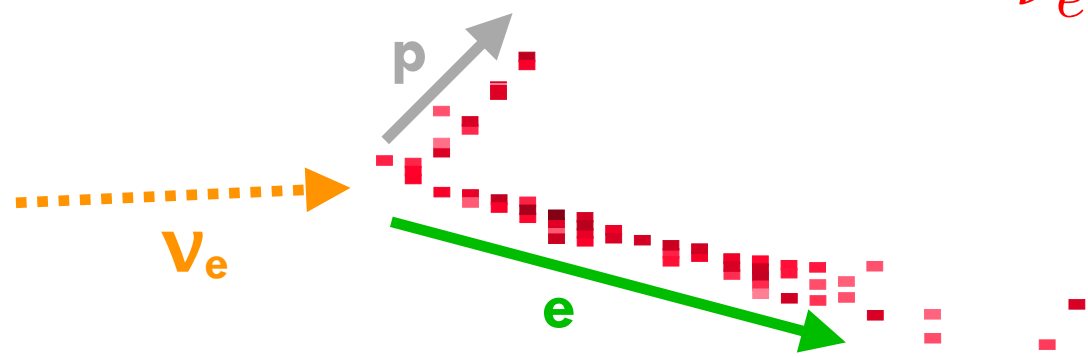


Топология событий

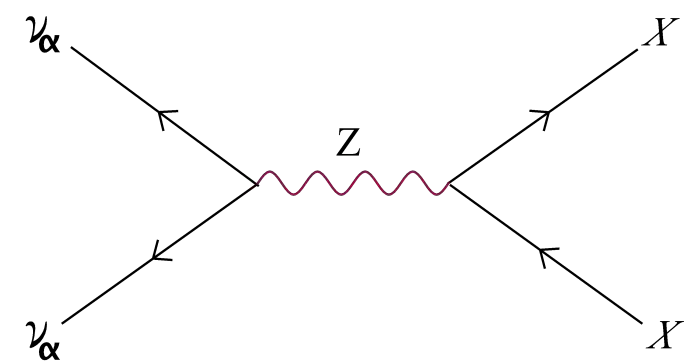
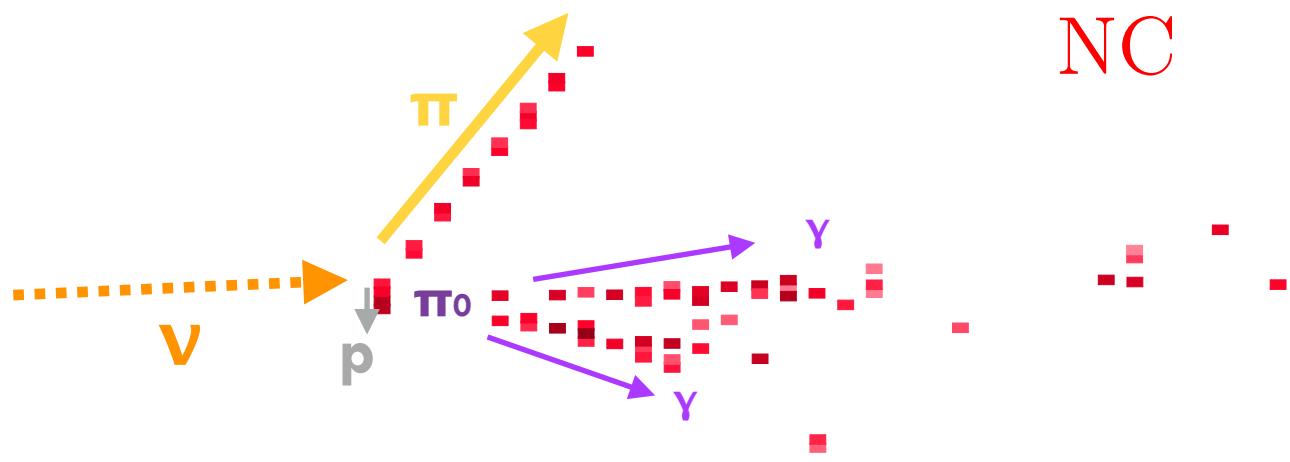
$\nu_\mu CC$



$\nu_e CC$



NC



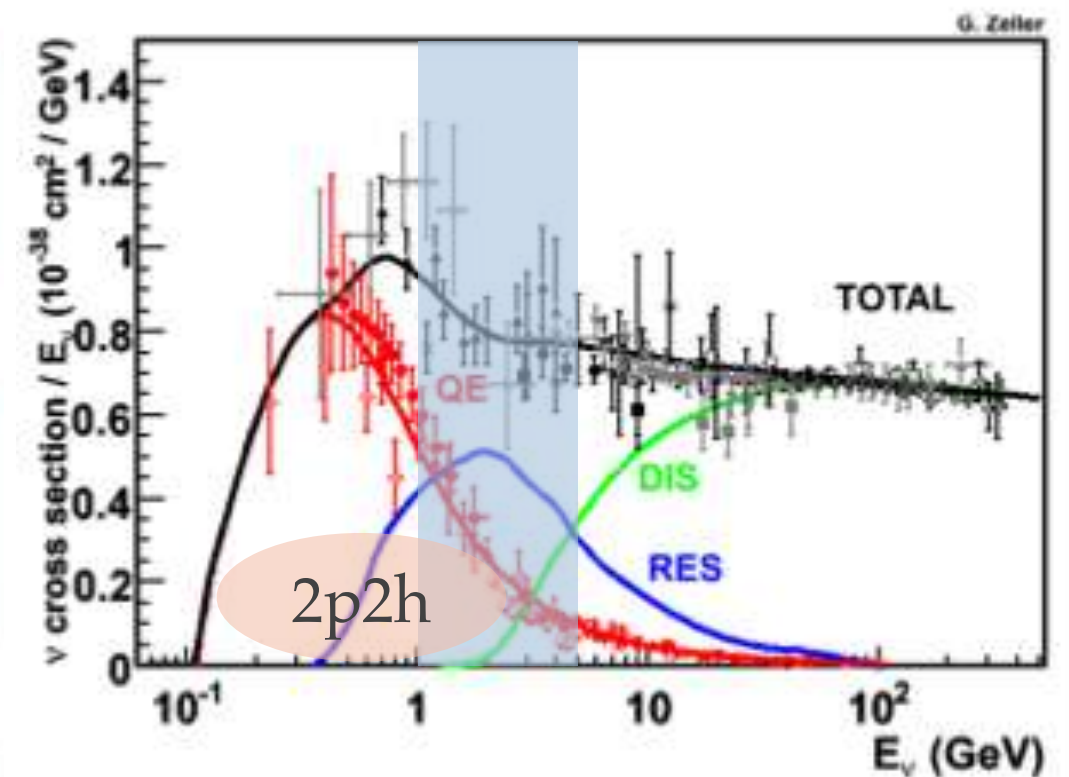
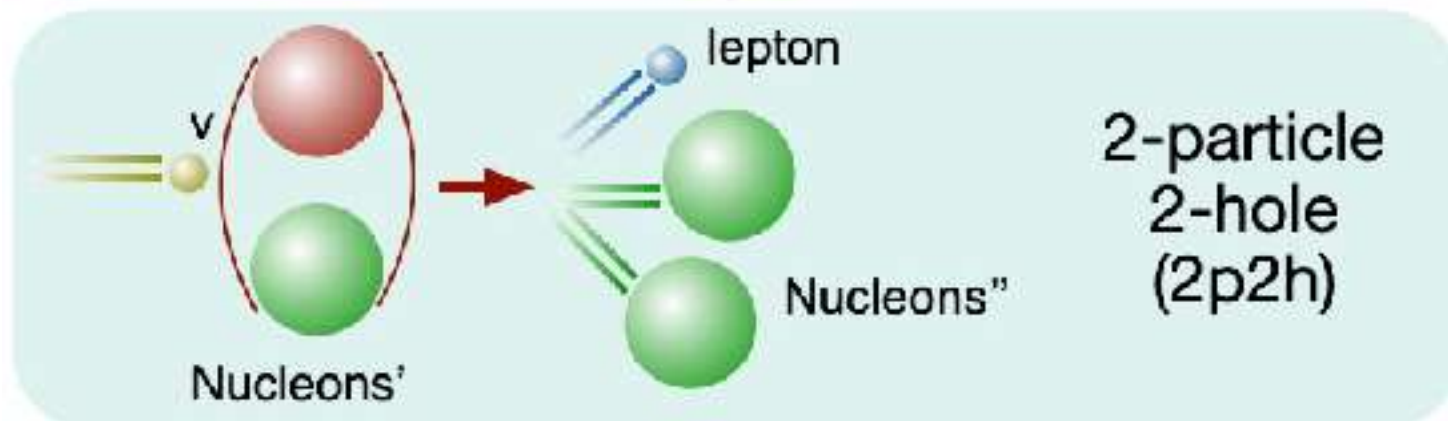
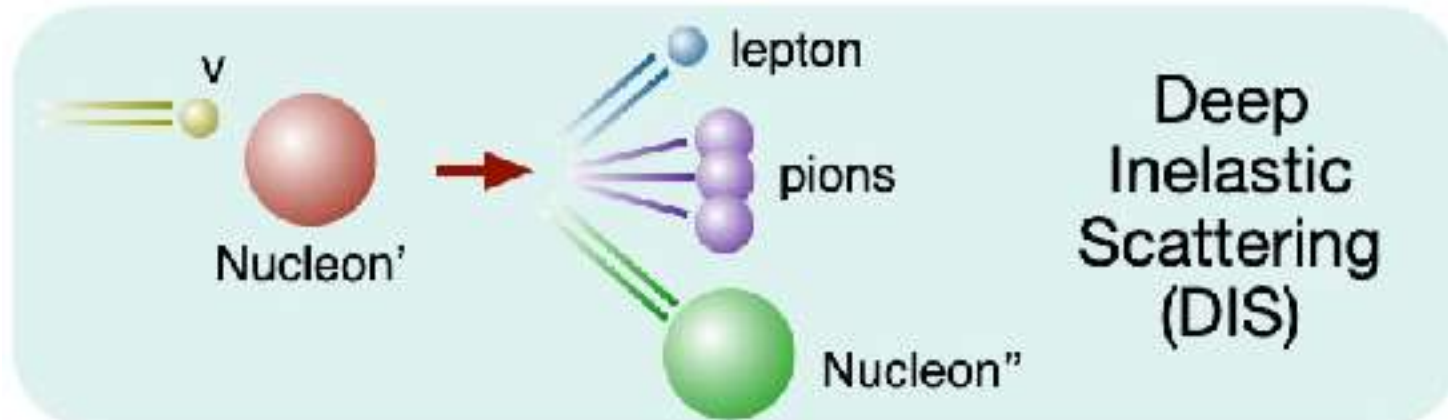
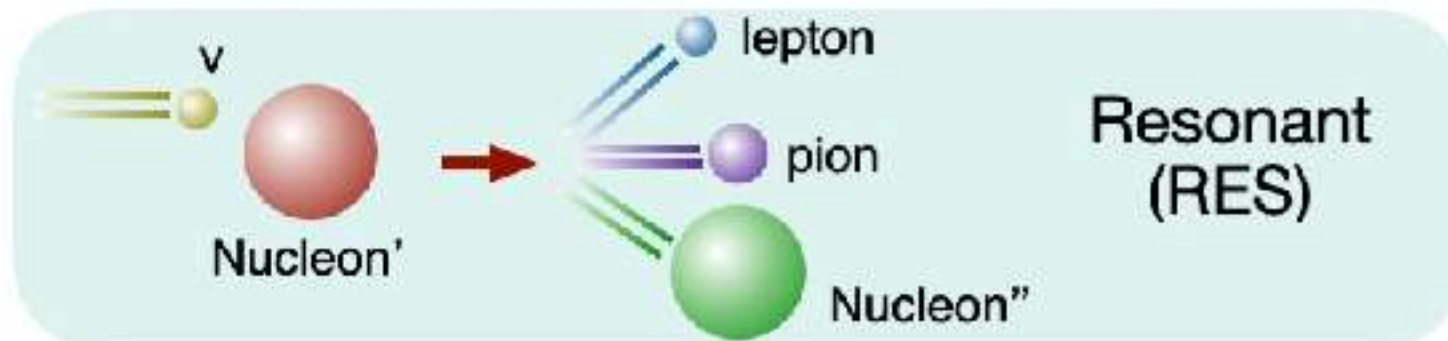
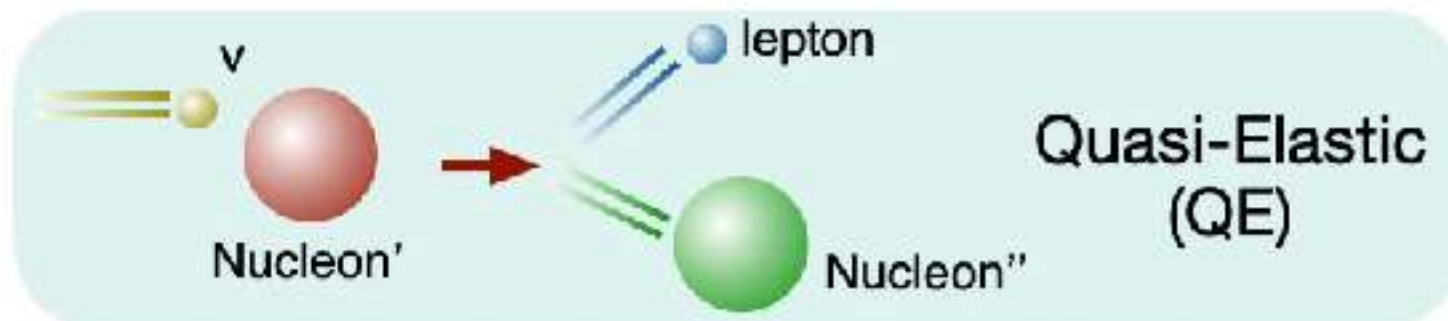
1m

1m

15

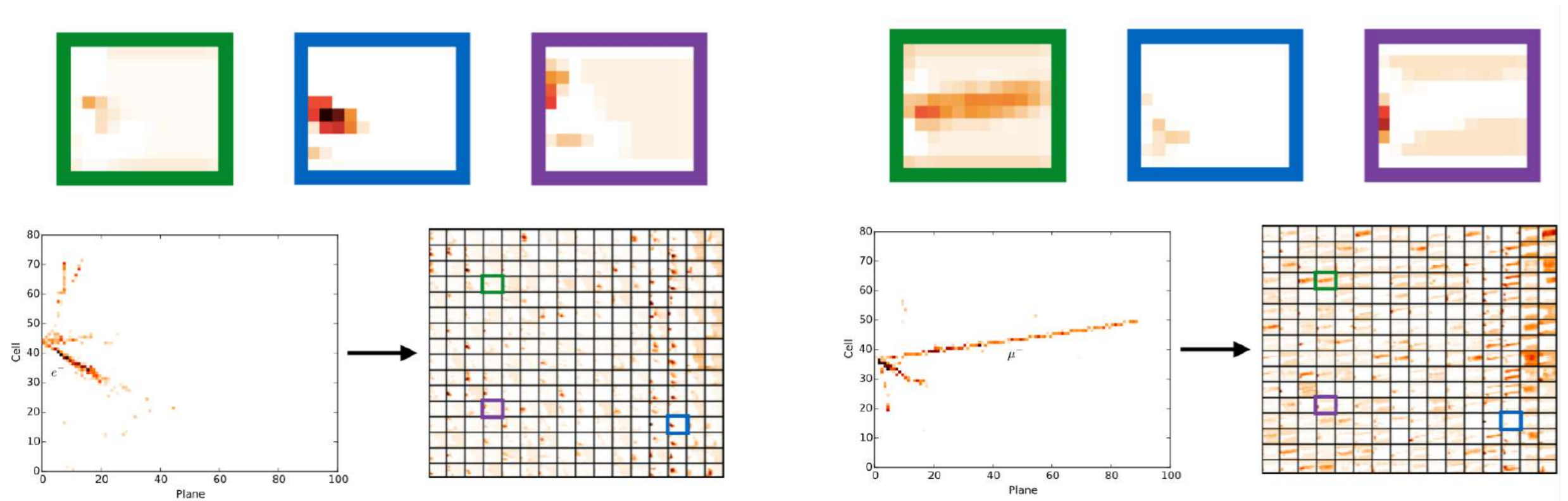
10 10² 10³ q (ADC)

Нейтринные взаимодействия



- ❖ Все типы нейтринных взаимодействий в области исследования.
- ❖ Измерение сечений важно для уменьшения систематических неопределенностей осцилляционного анализа.

Отбор событий при помощи CVN



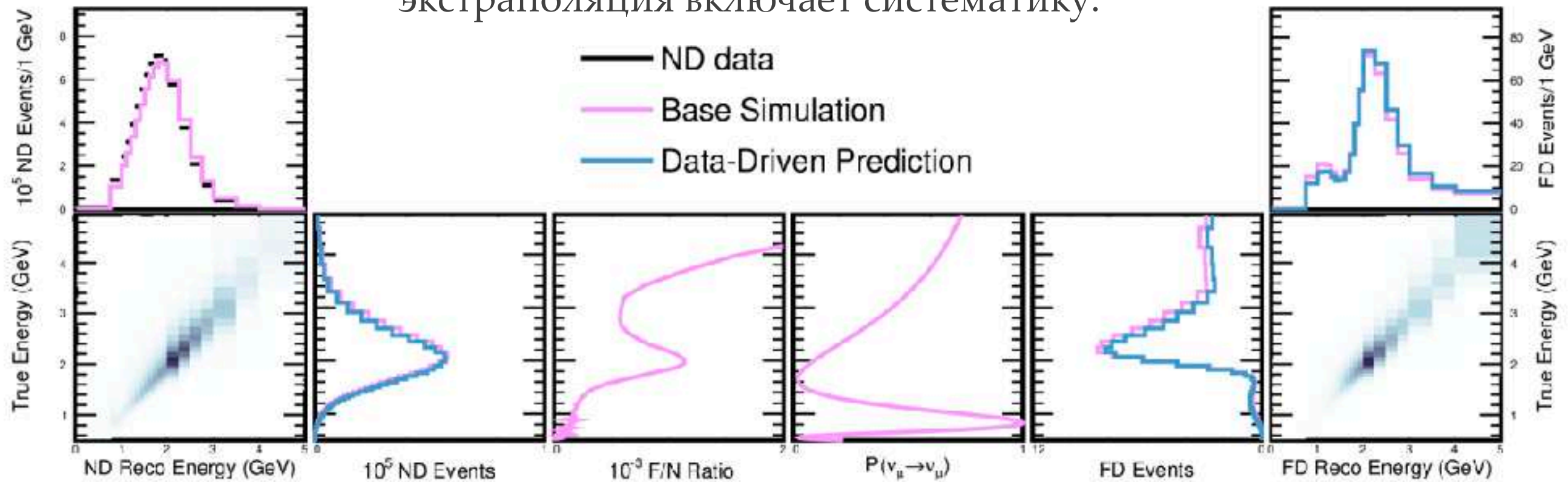
ν_e событие

ν_μ событие

- ❖ Для идентификации событий используется свёрточная нейронная сеть CVN (Convolutional Visual Network).
 - ❖ Техника основана на алгоритмах GoogLeNet (компьютерное зрение и машинное обучение).
 - ❖ Классификатор по нескольким меткам - та же сеть, которая использовалась в нескольких анализах: ν_e , ν_μ , атмосферные мюоны, нейтральные токи, ...
- A. Aurisano et. al, JINST 11, P09001 (2016)

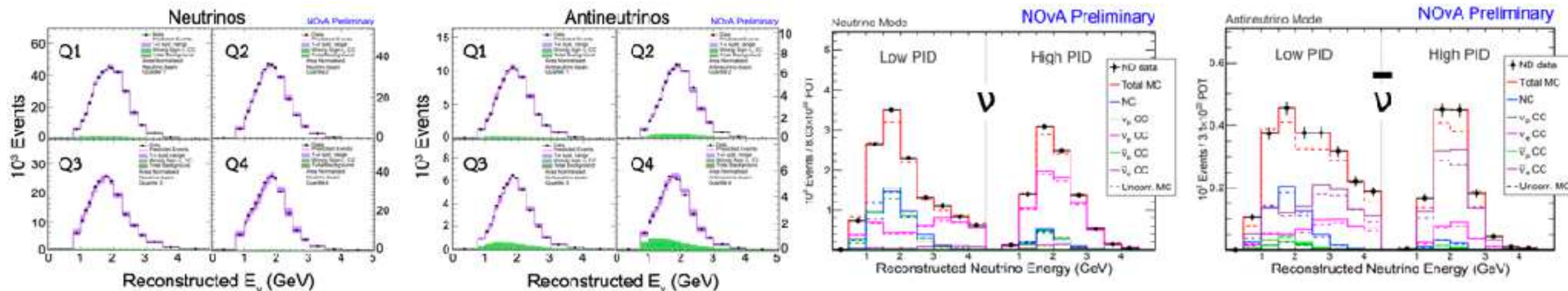
Предсказание событий в ДД

Большая статистика, неосцилляционные данные в БД, экстраполяция включает систематику.

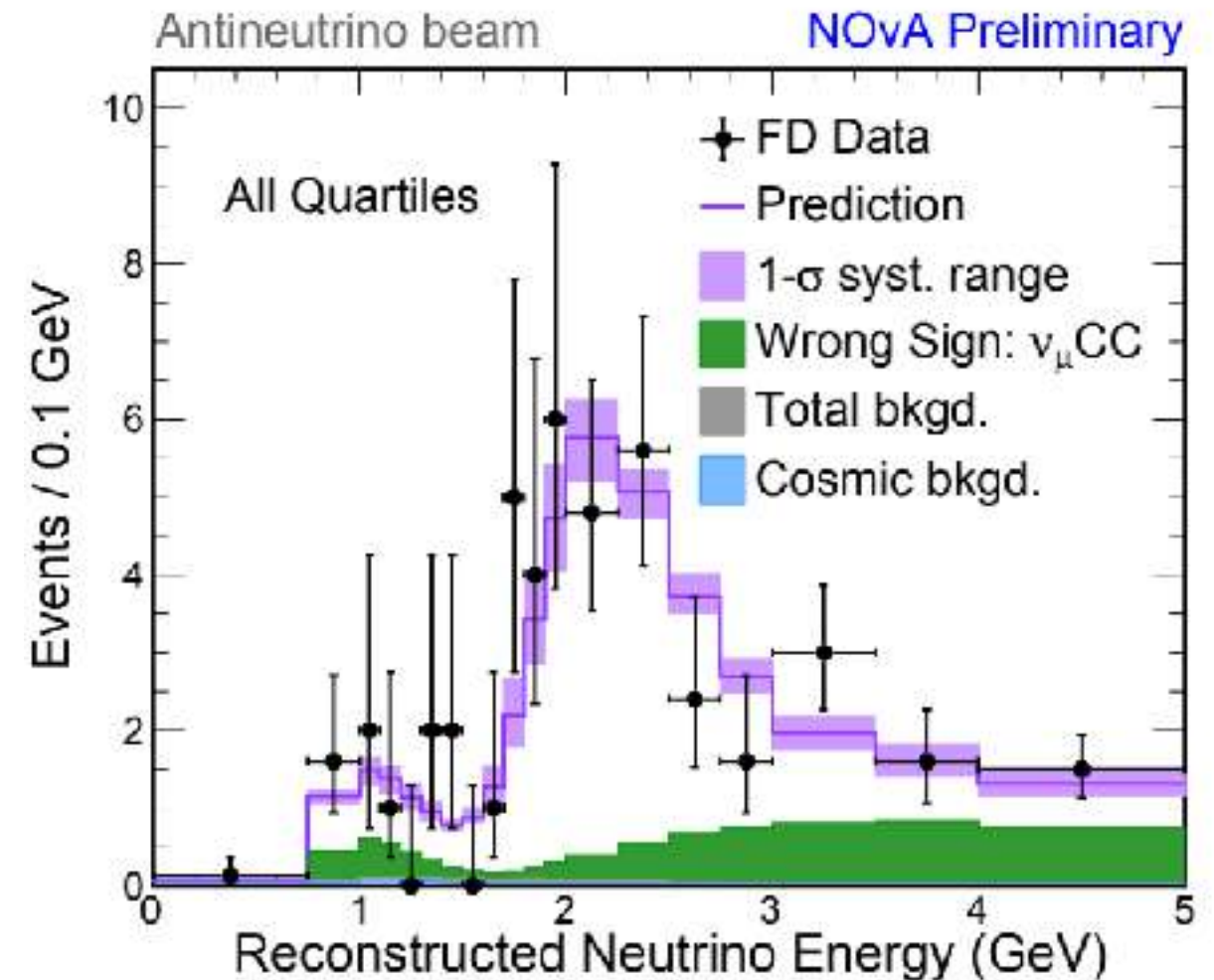
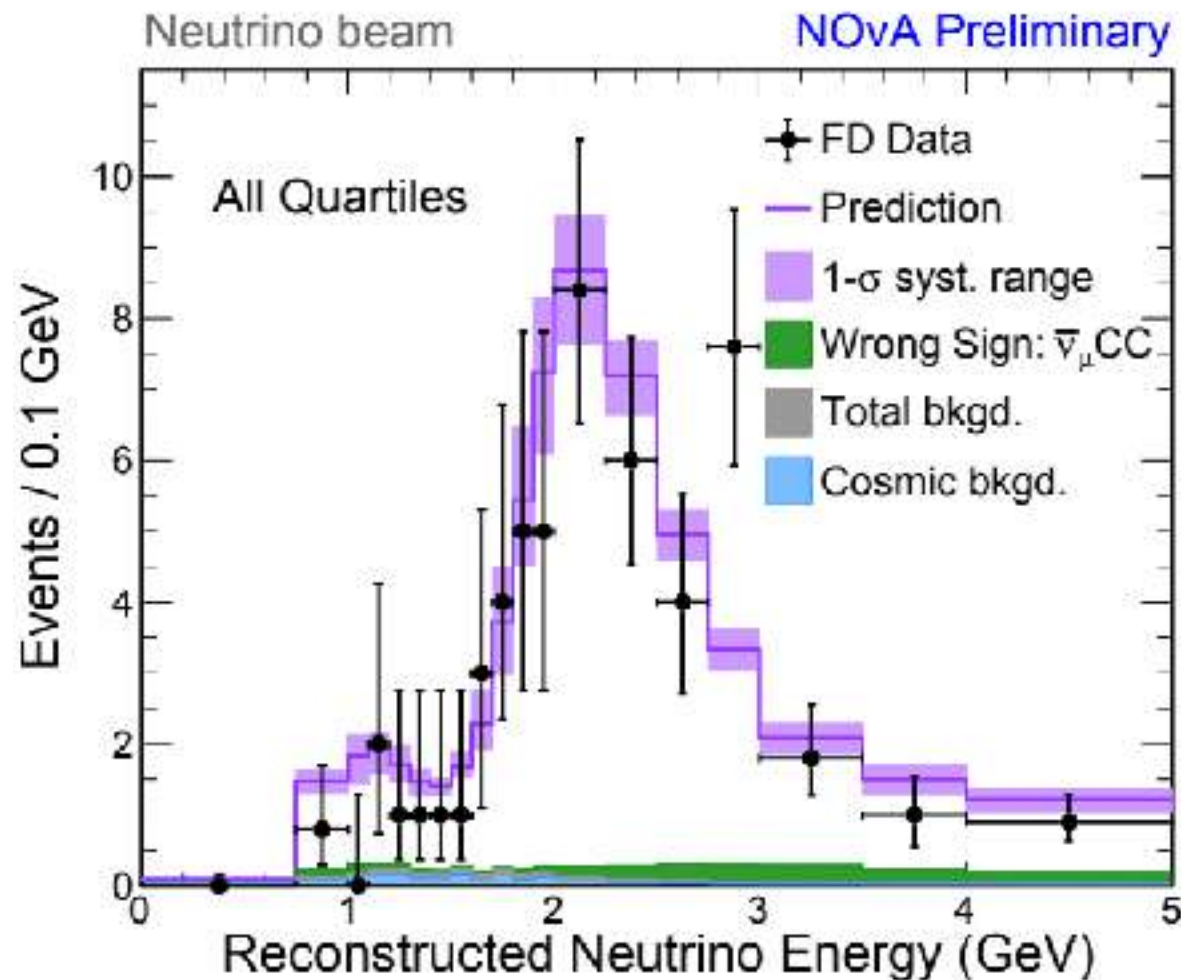


Данные БД для ν_μ (разделены по разрешению)

Данные БД для ν_e (только фон)



Результат 2020 ν_μ в дальнем детекторе



ν_μ кандидаты в данных 113

Наилучшее предсказание 124

Суммарный фон 4.2

➔ атмосферные мюоны 2.1

➔ пучок 2.1

Предсказание без осцилляций 730

$\bar{\nu}_\mu$ кандидаты в данных 102

Наилучшее предсказание 96

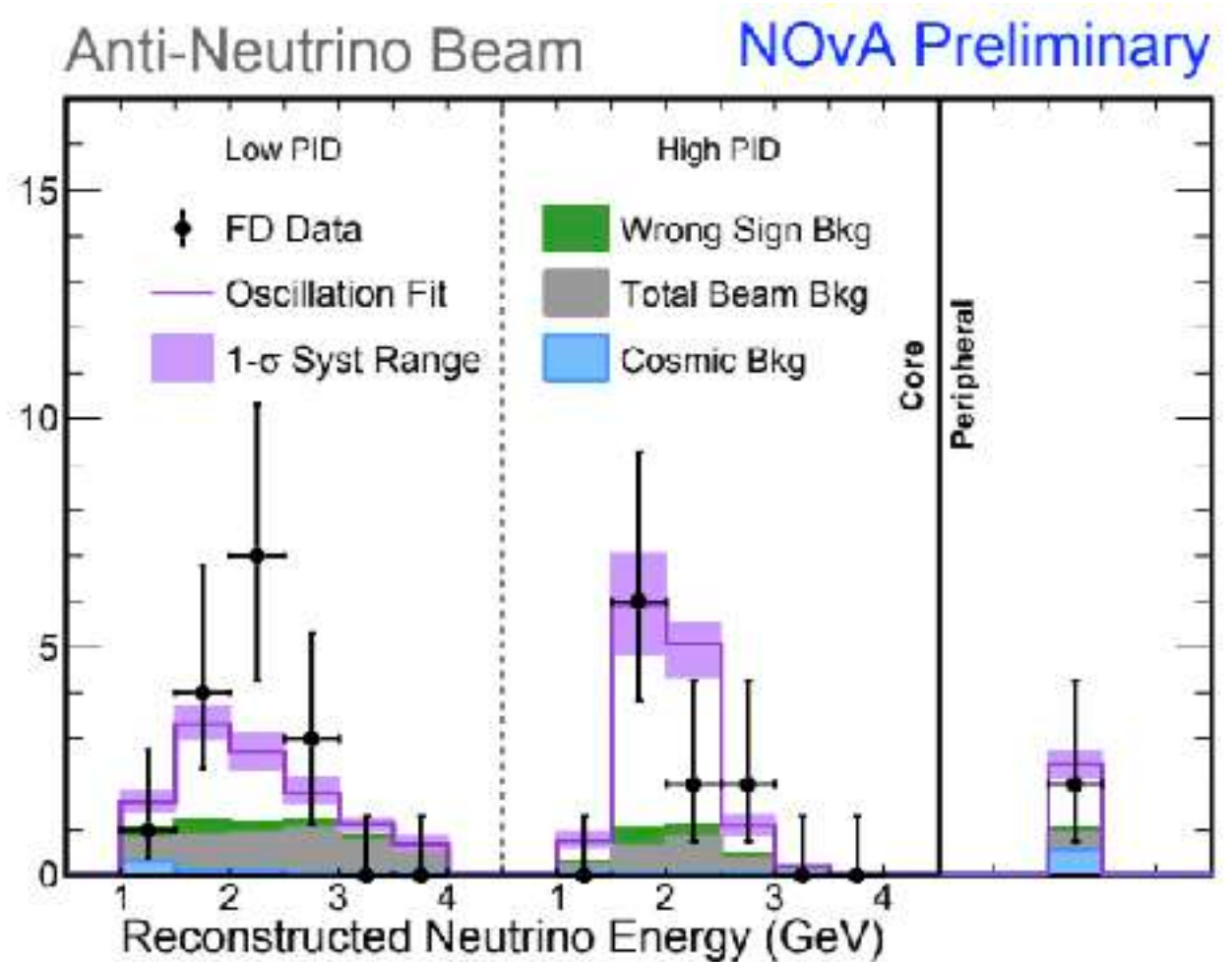
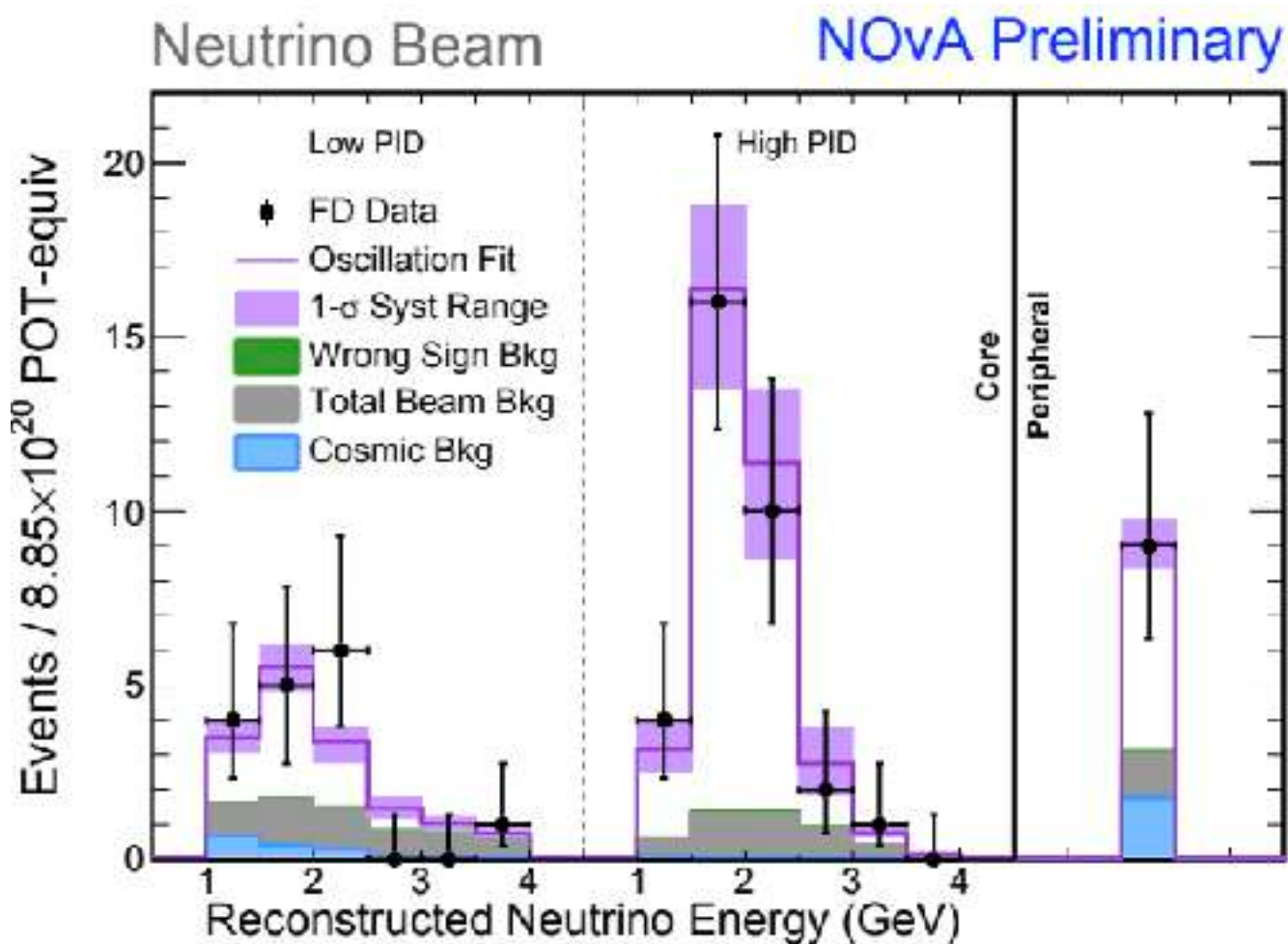
Суммарный фон 2.2

➔ атмосферные мюоны 0.8

➔ пучок 1.4

19 Предсказание без осцилляций 476

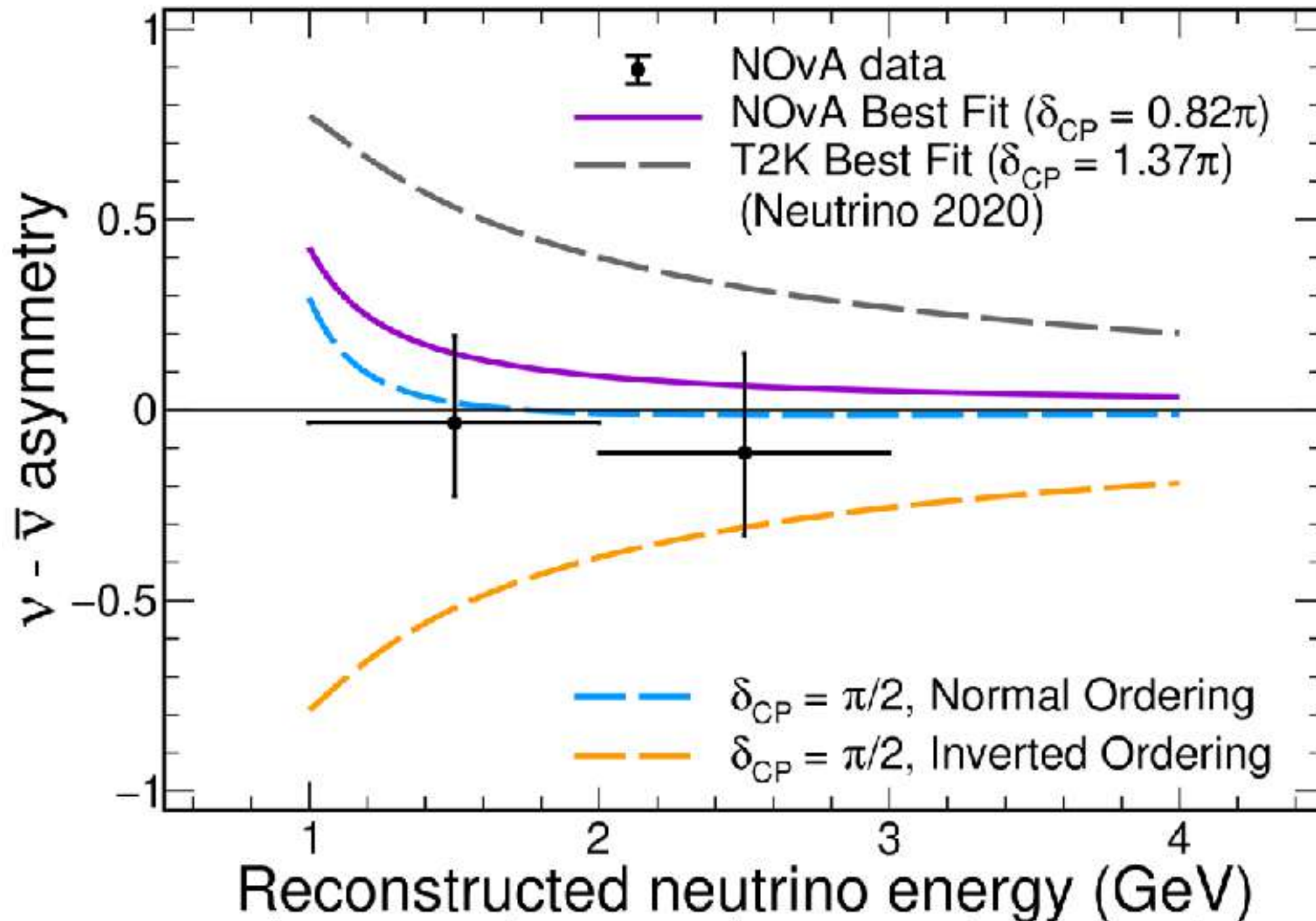
Результат 2020 ν_e в дальнем детекторе



ν_e кандидаты в данных	58
Наилучшее предсказание	59
Суммарный фон	15.0
➔ атмосферные мюоны	3.3
➔ пучок	11.1
➔ “обратный знак” ($\bar{\nu}_e$)	0.7

$\bar{\nu}_e$ кандидаты в данных	27
Наилучшее предсказание	27
Суммарный фон	10.3
➔ атмосферные мюоны	1.1
➔ пучок	7.0
➔ “обратный знак” (ν_e)	2.2

Асимметрия $\mathcal{P}(\nu_e) - \mathcal{P}(\bar{\nu}_e) / \mathcal{P}(\nu_e) + \mathcal{P}(\bar{\nu}_e)$



На 25% согласуется с нулем.

Альтернативный статистический подход

❖ Байесовский анализ согласуется с фриквентистским.

❖ Лучший фит:

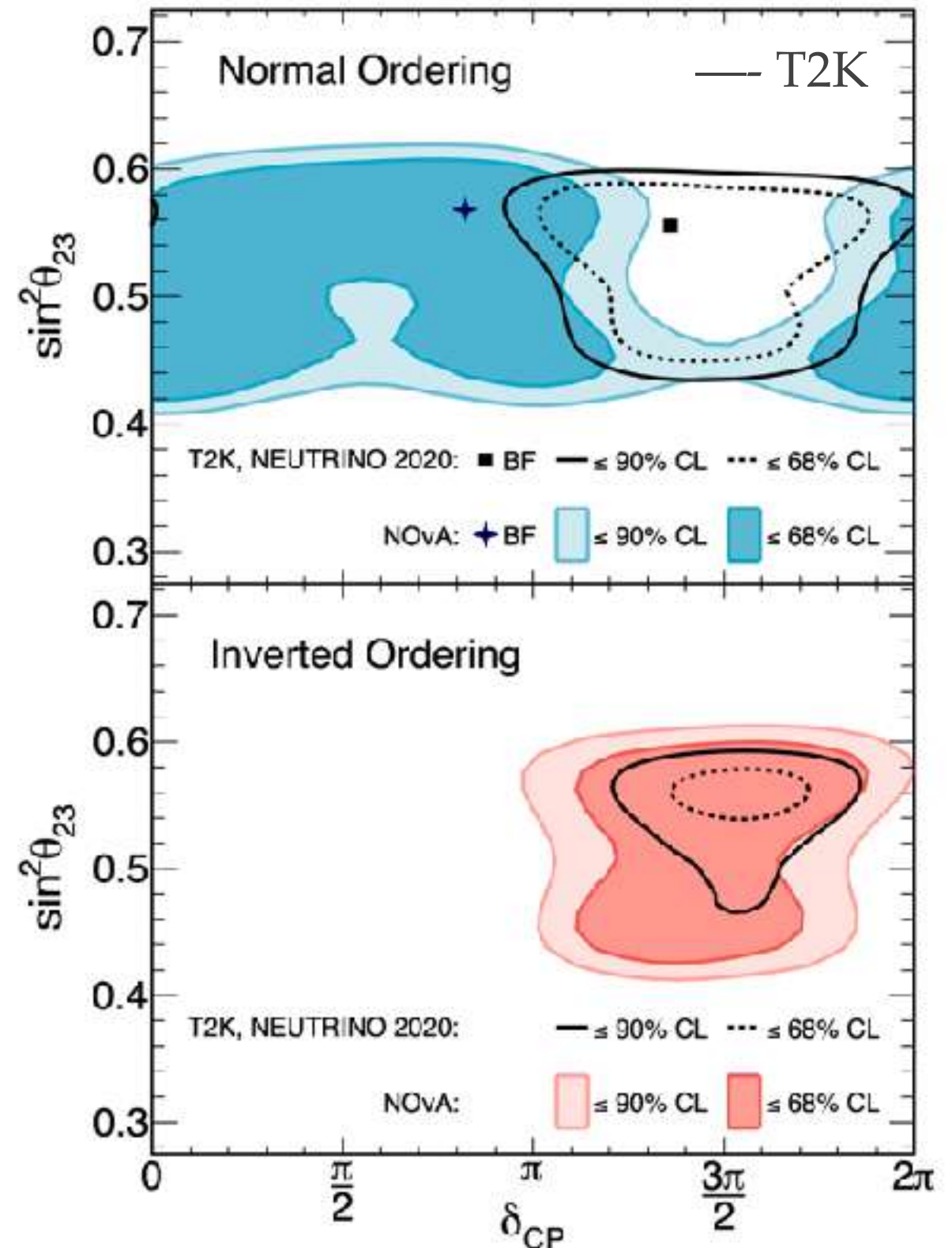
$$\Delta m_{3L}^2 = (2.41 \pm 0.07) \times 10^{-3} \text{eV}^2$$

$$\sin^2 \theta_{23} = 0.57^{+0.04}_{-0.03}$$

$$\delta = 0.82 \pi$$

Нормальная иерархия

❖ Прогресс с совместным анализом NOvA+T2K.

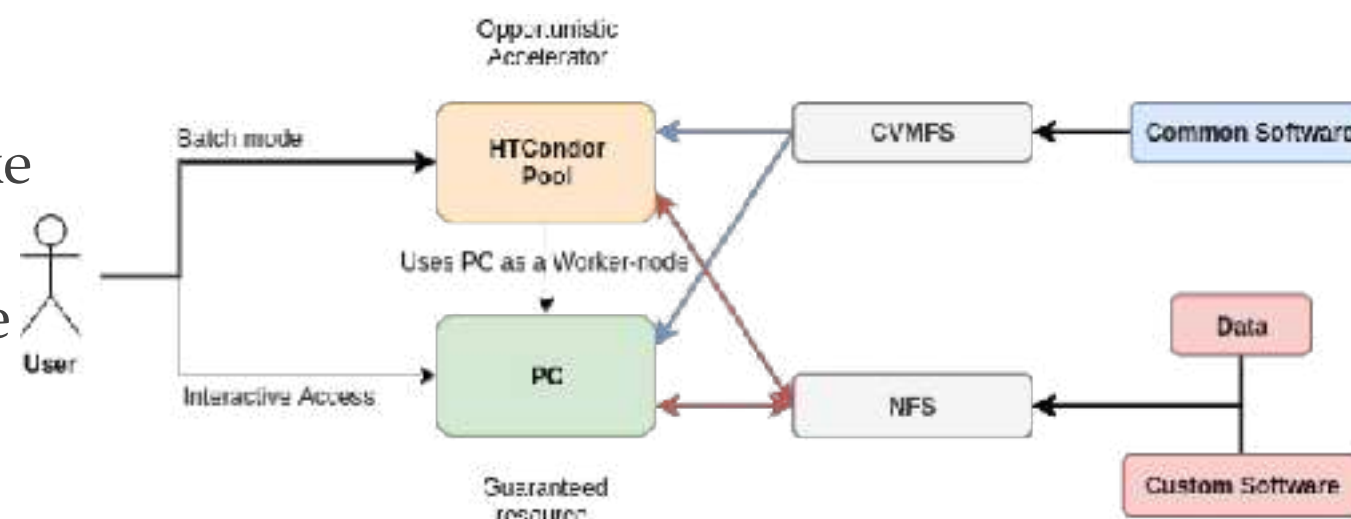


Будущее

- ❖ Набор данных планируется до 2026 года:
 - 50 : 50 нейтрино и антинейтрино
 - Представленная статистика составляет ~30%
- ❖ На основе текущих результатов ожидается:
 - до 4σ чувствительности к иерархии масс
 - $>2\sigma$ чувствительности к CP нарушению
- ❖ Совместный анализ с результатами T2K.

Вклад ОИЯИ в NOvA

- ❖ Созданы два тестовых стенда для измерения параметров электроники и свойств сцинтиллятора. Измерения, проведенные на этих стендах в Дубне, сыграли существенную роль в уточнении процедуры моделирования установки.
- ❖ С 2015 года в ОИЯИ введен в эксплуатацию центр удаленного контроля (ROC-Dubna), позволяющий отслеживать работу и управлять экспериментом из Дубны. Создание этого центра существенно расширило возможности участия в эксперименте не только ОИЯИ, но и других российских коллег.
- ❖ Сотрудники ОИЯИ участвуют в разработке программного обеспечения и анализе данных NOvA, используя вычислительные возможности Института и поддержку сотрудников ЛИТ.



NOVA-ВЦЫ В “КОНТРОЛ-РУМЕ” ROC-Dubna

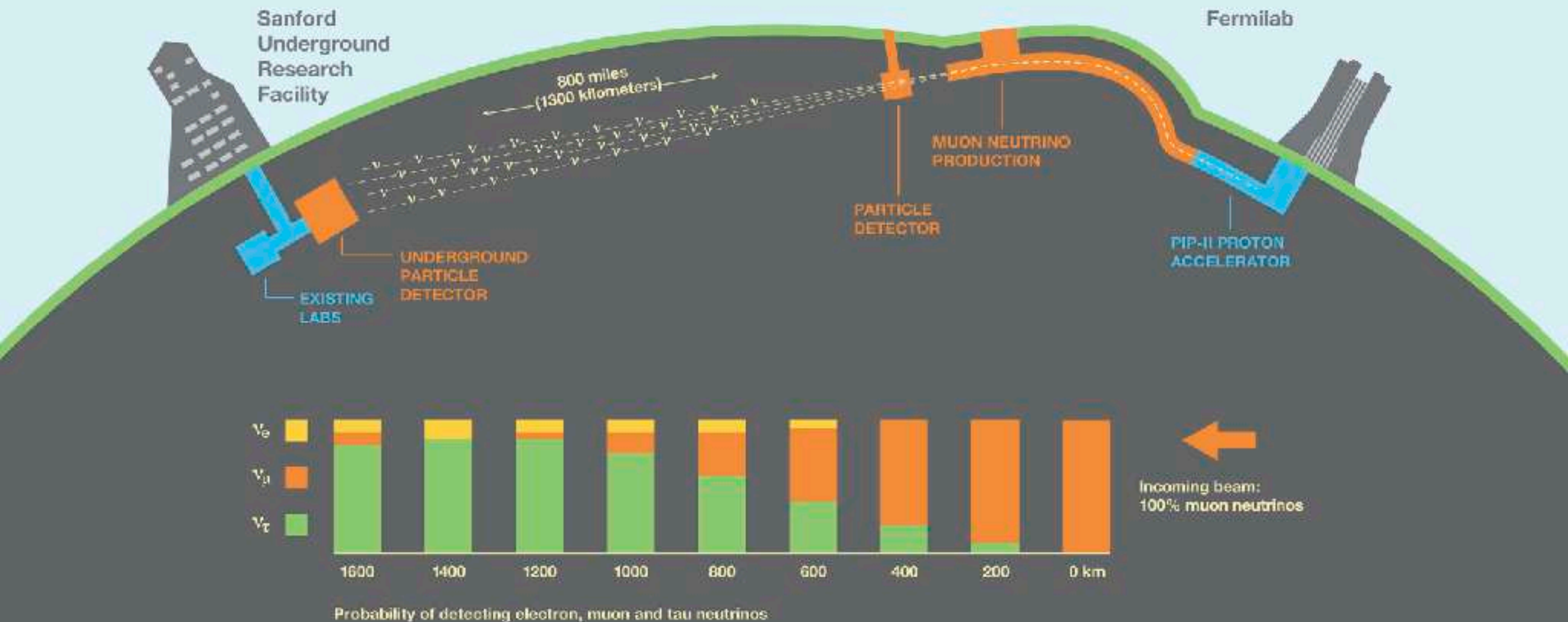


Люди из ОИЯИ

- **Людмила Колупаева** – работает над основным осцилляционным анализом в группе “3flavor”, является со-координатором группы продакшн, вовлечена в работу группы GNA ЛЯП ОИЯИ, а также группе совместного осцилляционного анализа NOvA-T2K.
- **Анастасия Калиткина** – работает над основным осцилляционным анализом в группе “3flavor”.
- **Андрей Шешуков** – разработал, протестировал и запустил систему детектирования сигнала от вспышек сверхновых в нашей Галактике, ждем сигнала! Конвинер одной из групп в SNEWS. Готовится защищать кандидатскую диссертацию в 2023 году.
- **Никита Балашов и облачная группа ЛИТ** – работает над ИТ-поддержкой эксперимента NOvA (в основном на базе “Облаков” ЛИТ), контакт ОИЯИ и Фермилаба (группы FIFE).
- **Игорь Какорин и теоретическая группа ЛТФ** – включили модель сечения взаимодействия с бегущей MA(run) в нейтринный генератор GENIE.
- **Николай Анфимов и Александр Антошкин** – создали два измерительных стенда для отдельных компонентов детекторов NOvA (работа электроники, отклик сцинтиллятора). Работа востребована в коллаборации.
- **Александр Антошкин** занимается поиском медленных магнитных монополей в дальнем детекторе NOvA.
- **Олег Самойлов** – со-координатор рабочей группы Экзотических анализов.
- **Ольга Петрова, Анна Морозова, Александра Иванова** проводят анализы потоков атмосферных мюонов и нейтрино.

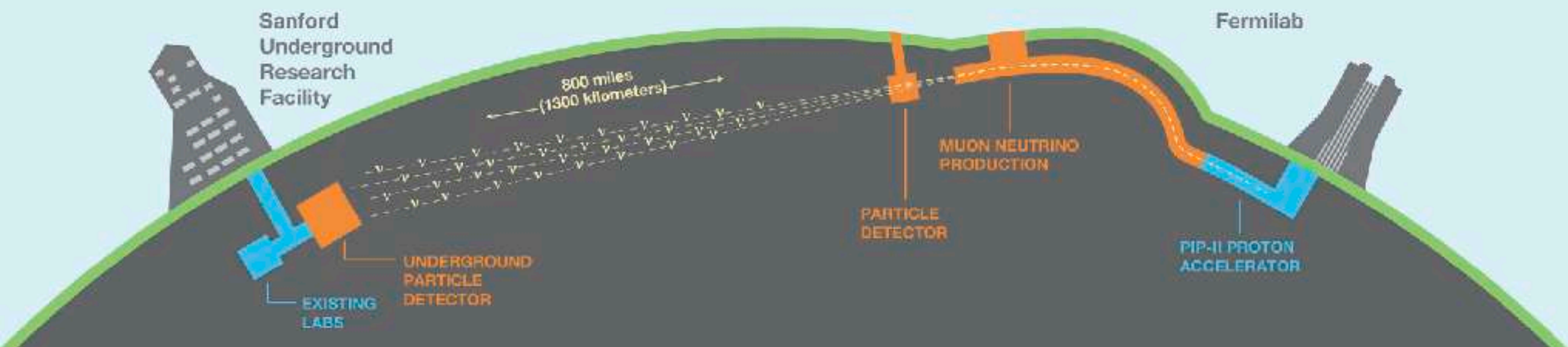
Эксперимент DUNE

Deep Underground Neutrino Experiment



Эксперимент DUNE

Deep Underground Neutrino Experiment



- ❖ Коллаборация DUNE:
 - >1300 участников
 - >120 организаций
 - 37 стран + ЦЕРН
- ❖ ОИЯИ официально участвует с мая 2020 года.

DUNE Collaboration



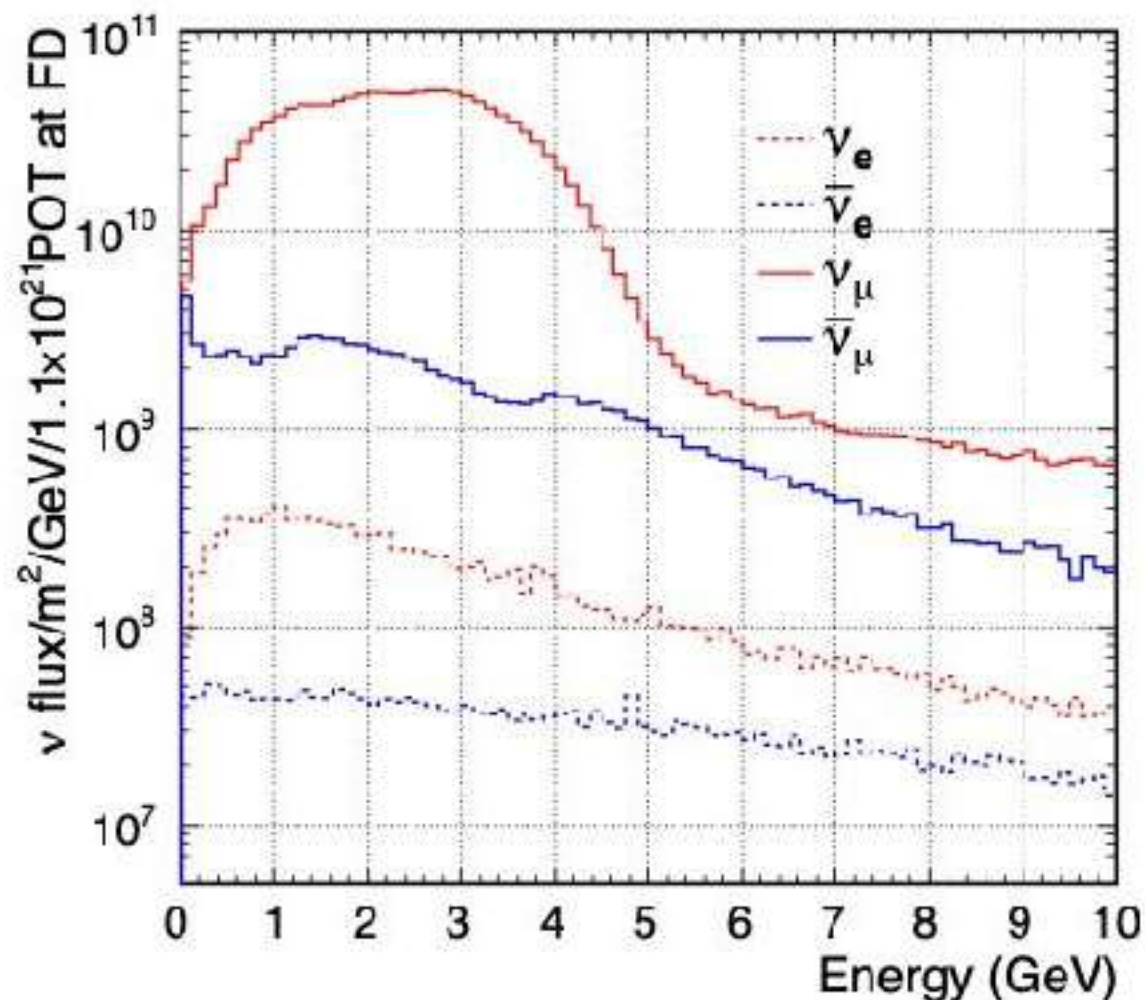
Коллаборационное совещание DUNE 23-27 января 2023 в ЦЕРН

Основные задачи DUNE

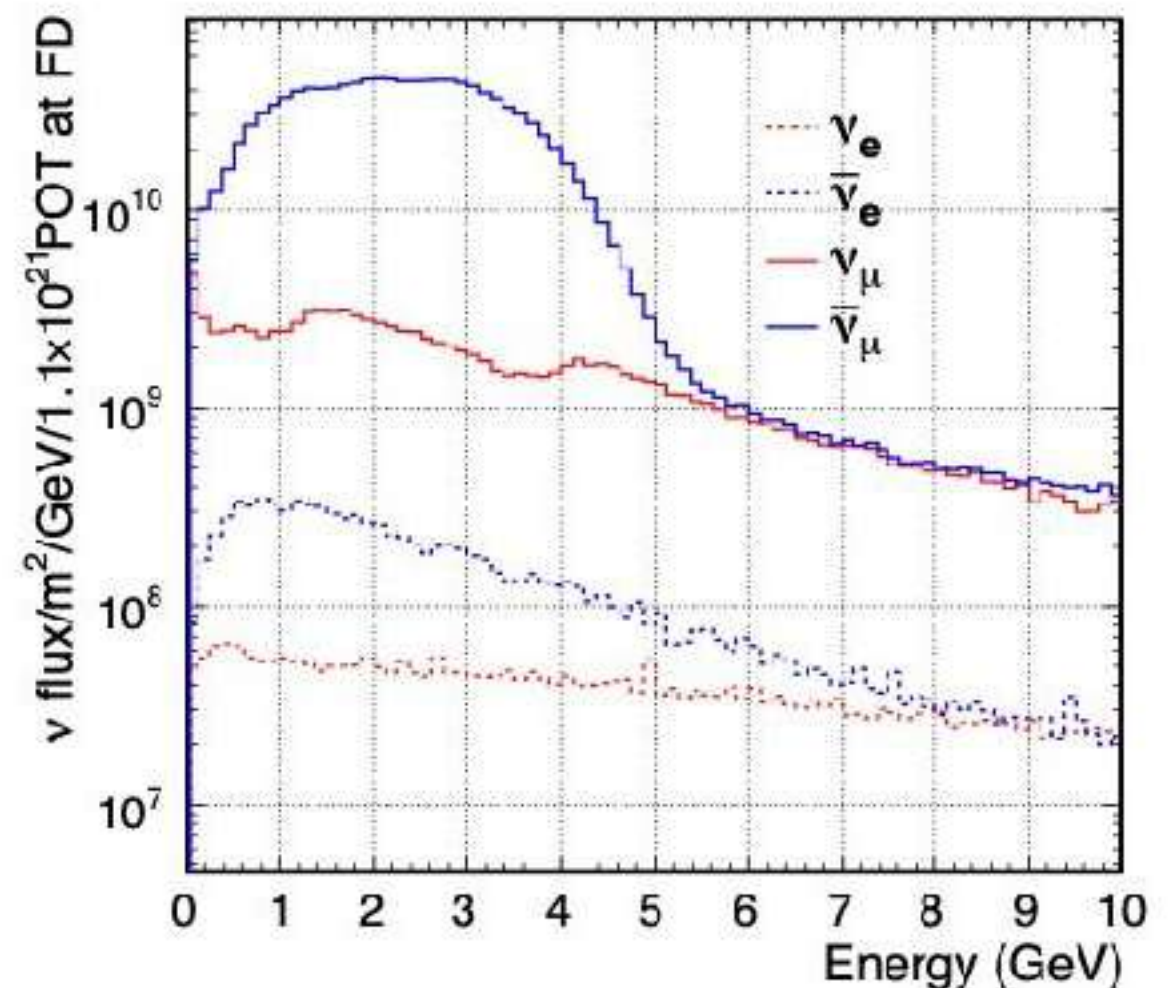
- ❖ Измерение неизвестных параметров нейтринных осцилляций:
 - иерархия масс нейтрино,
 - фаза CP-нарушения в лептонном секторе, если она отлична от нуля,
 - значение угла смешивания θ_{23} с определением так называемого октанта.
- ❖ Детектирование МэВ-ных нейтрино, например, от вспышек Сверхновых звёзд.
- ❖ Низкофоновые измерения, такие как поиски тёмной материи и обнаружения физики за рамками Стандартной модели.

Нейтринный пучок

- ❖ Обновленный ускорительный комплекс NuMI будет обеспечивать мощность 1.2 МВт (Phase I) и затем планируется увеличить до 2.4 МВт (Phase II).
- ❖ Широкий спектр нейтрино и антинейтрино в диапазоне 0-5 ГэВ.
- ❖ Ожидаемые спектры в дальнем детекторе приведены ниже (моделирование).

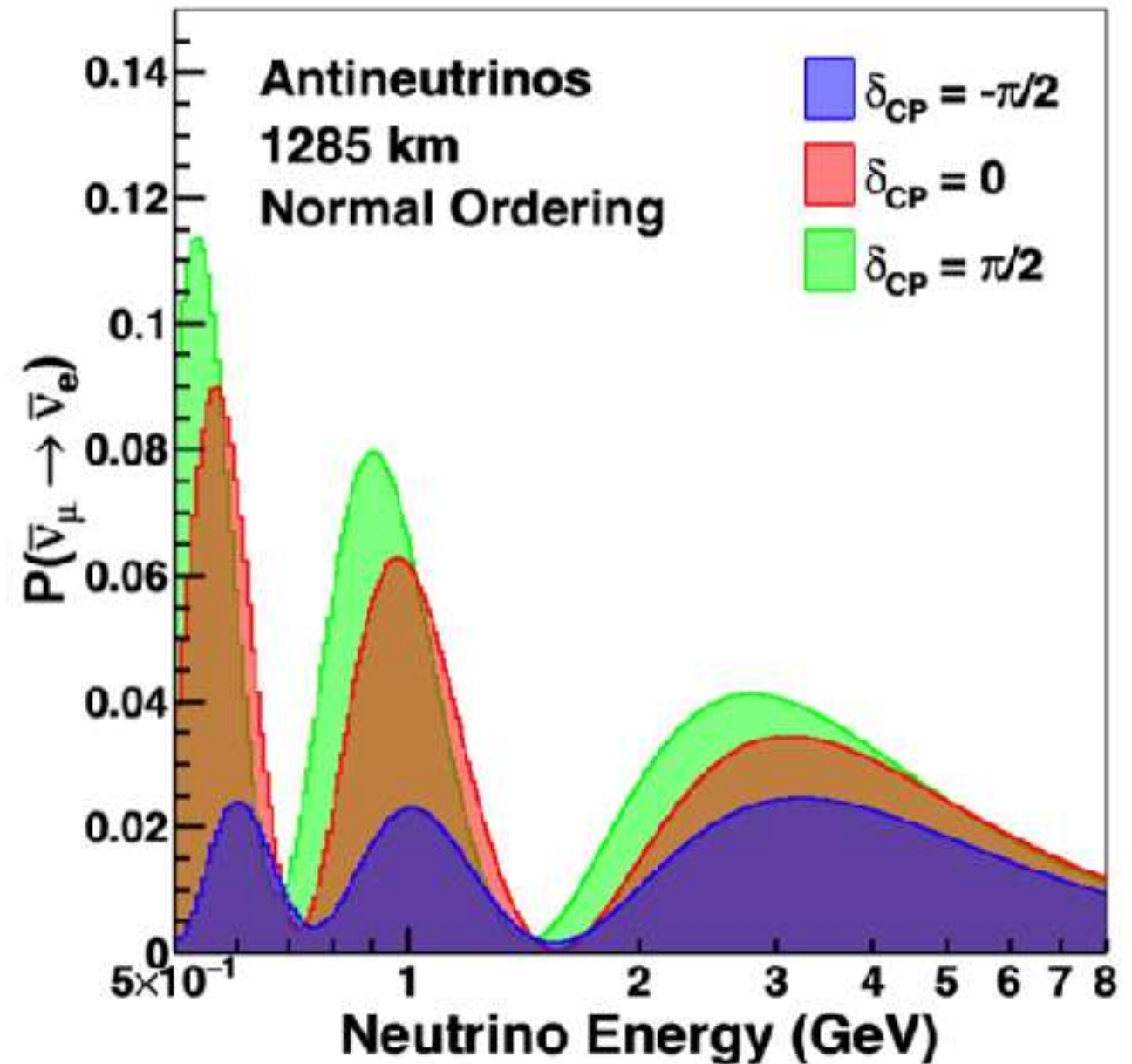
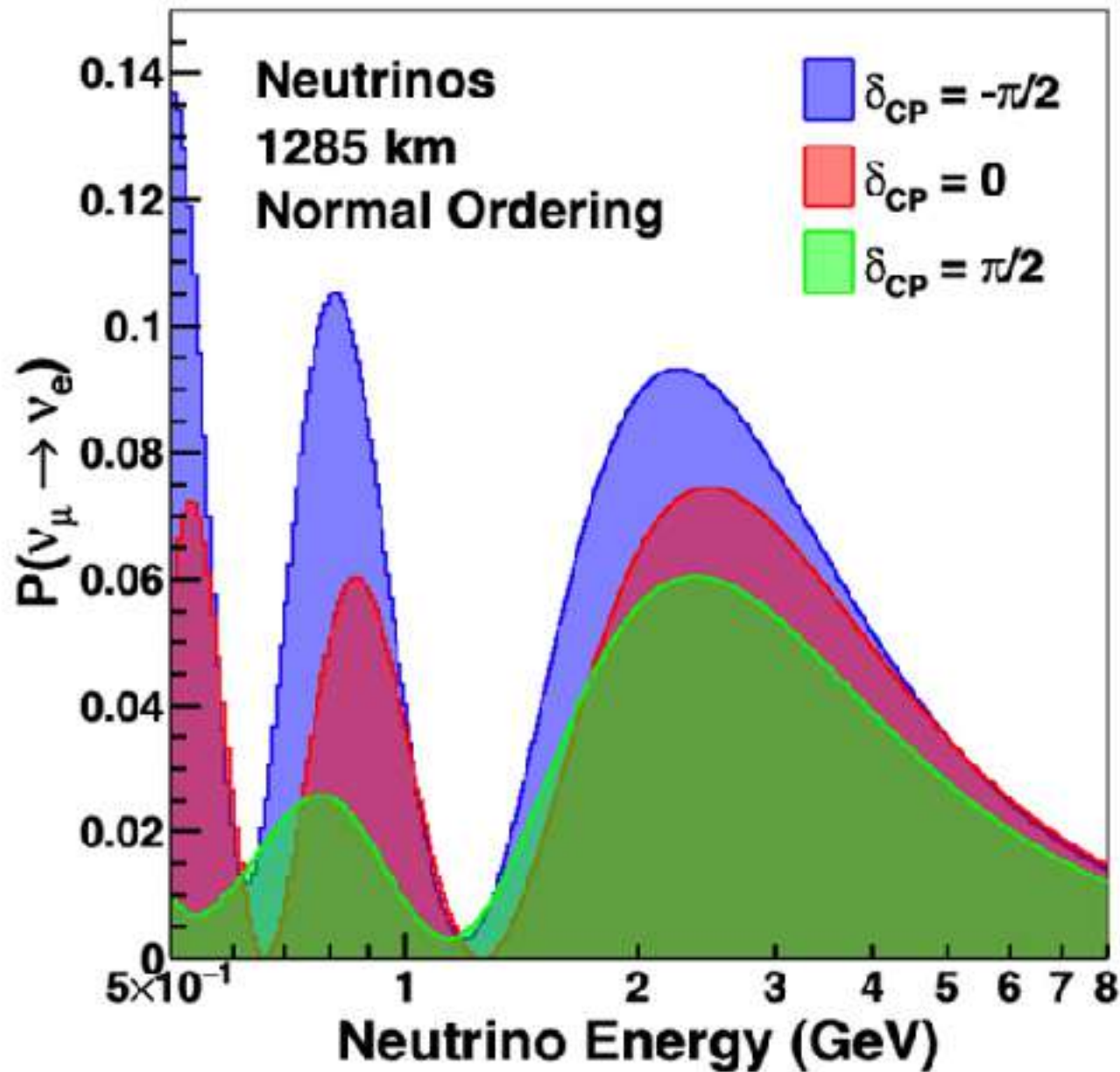


Нейтрино (Forward Horn Current, FHC)



Антинейтрино (Reverse Horn Current, RHC)

Длинная база осцилляции 1300 км

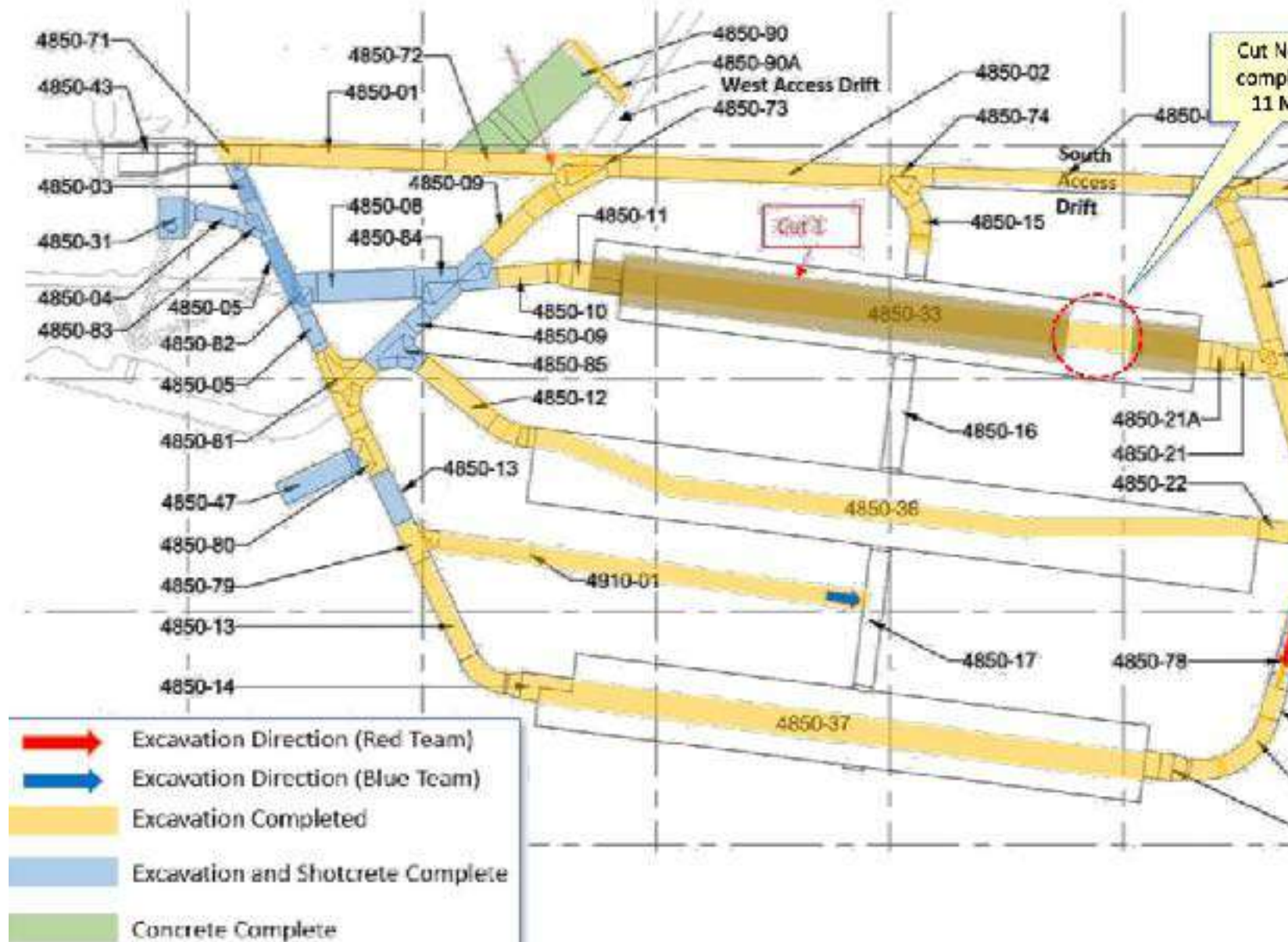


Нейтрино (Forward Horn Current, FHC)

Антинейтрино (Reverse Horn Current, RHC)

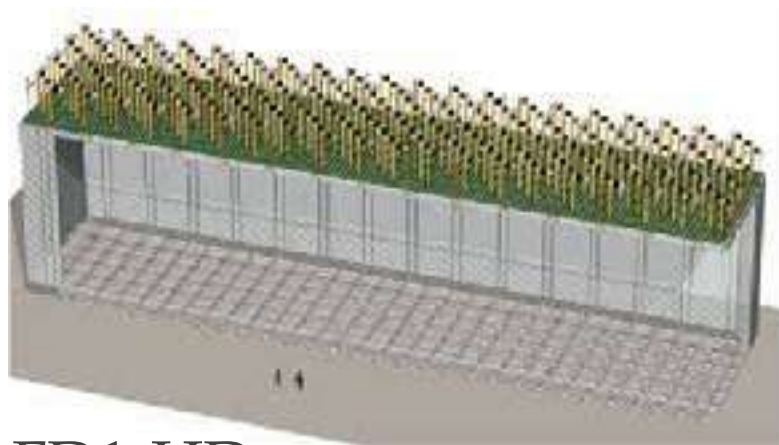
Дальний детектор DUNE

❖ Подземная лаборатория Сэндфорд.

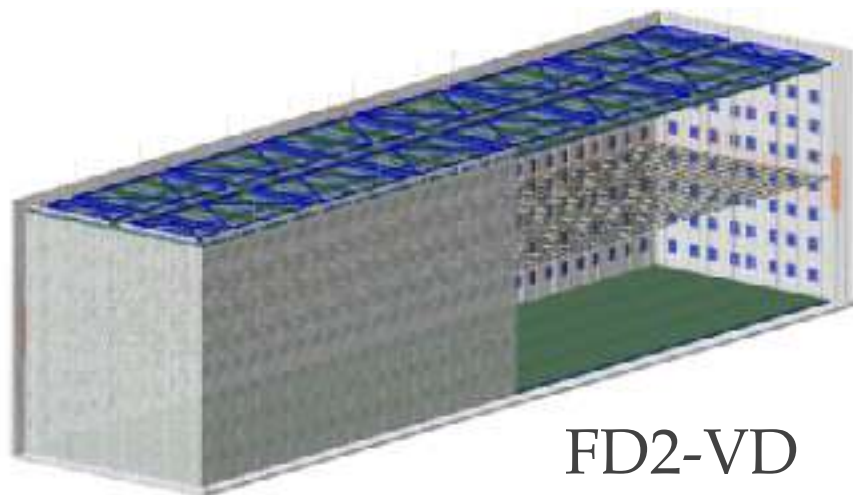


Дальний детектор DUNE

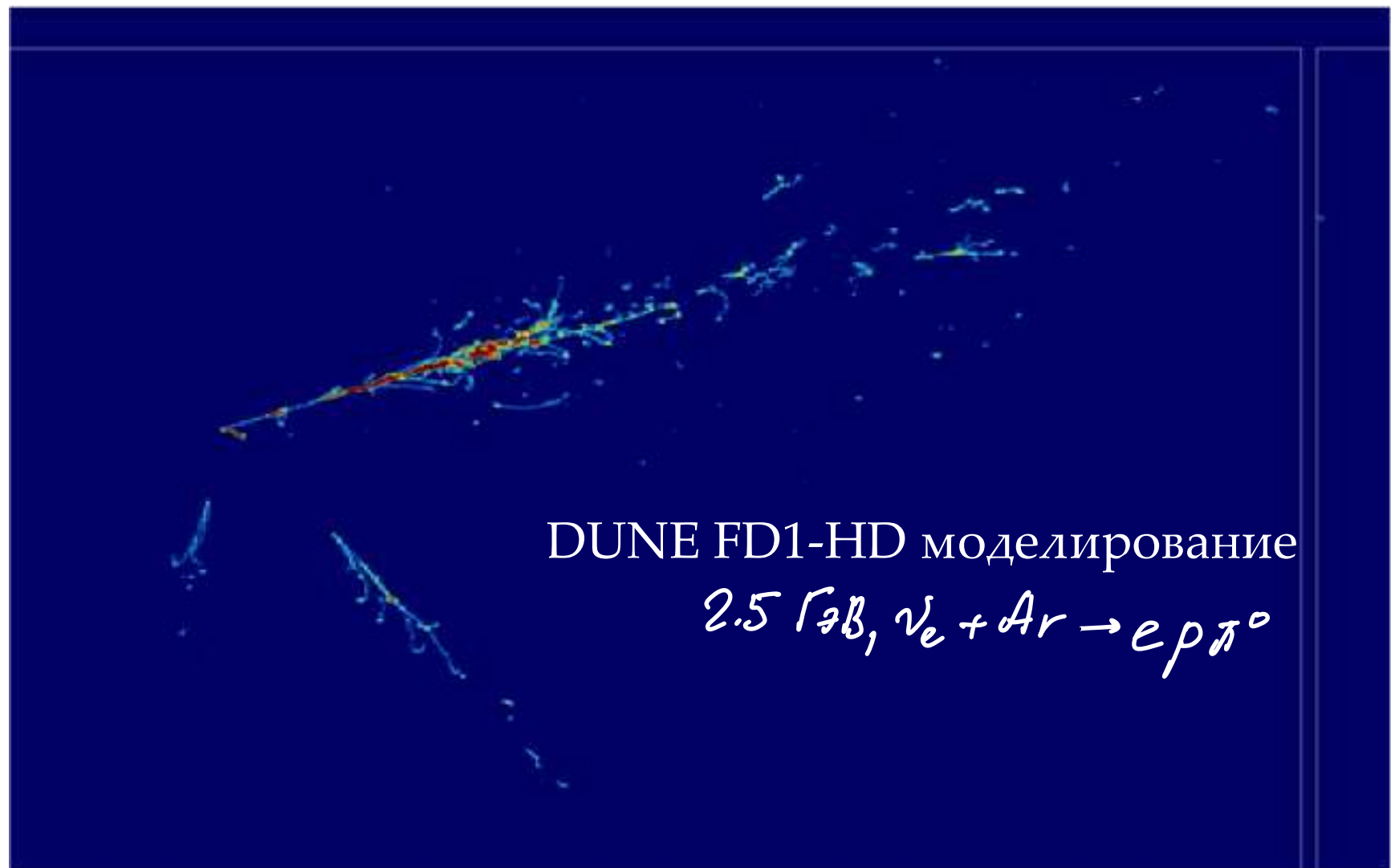
- ❖ Большой комплекс с использованием технологии жидко-аргоновых детекторов (ВПК, ТРС) с горизонтальным и вертикальным дрейфом электронов для идентификации частиц и измерения энергии.



FD1-HD

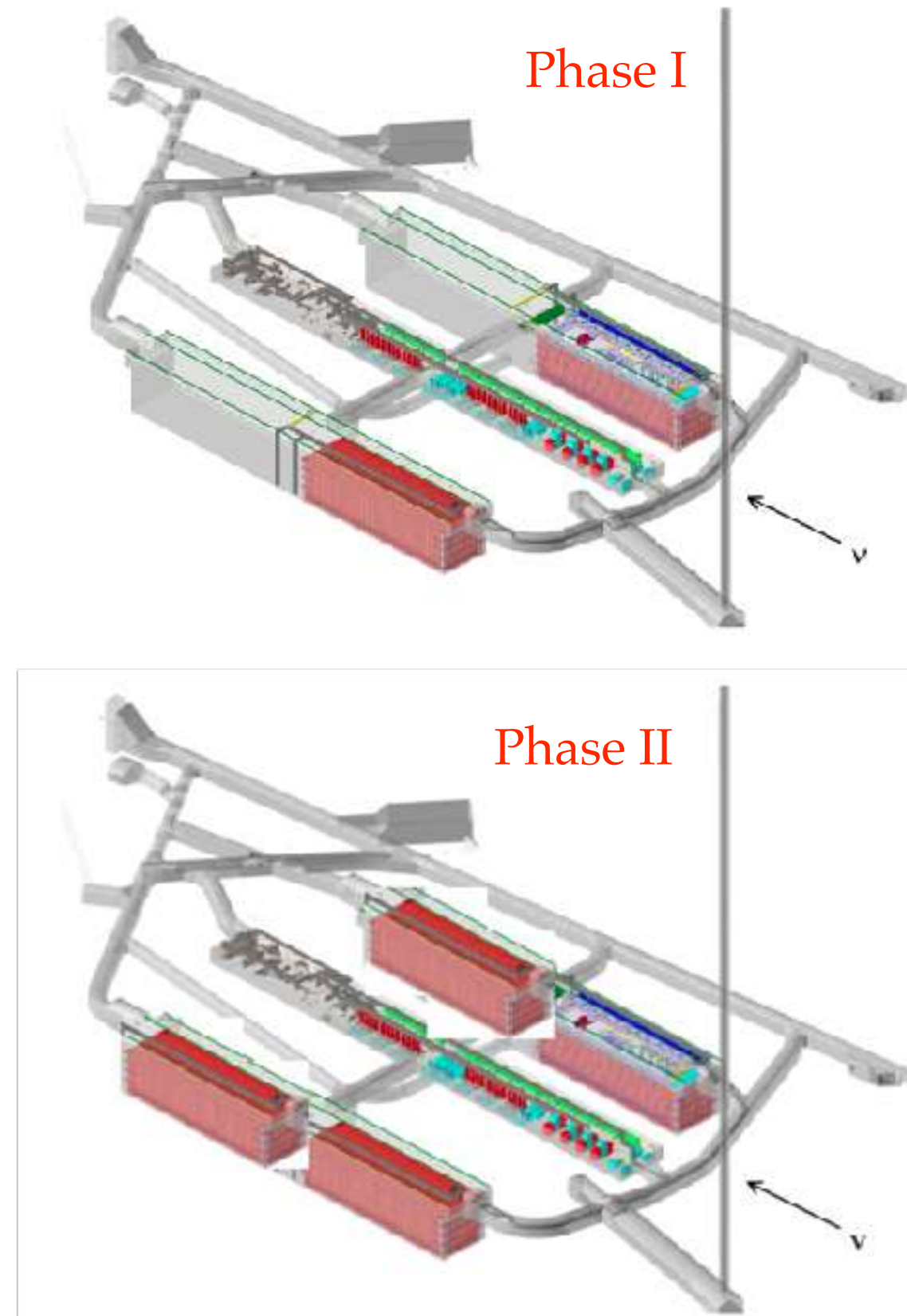


FD2-VD



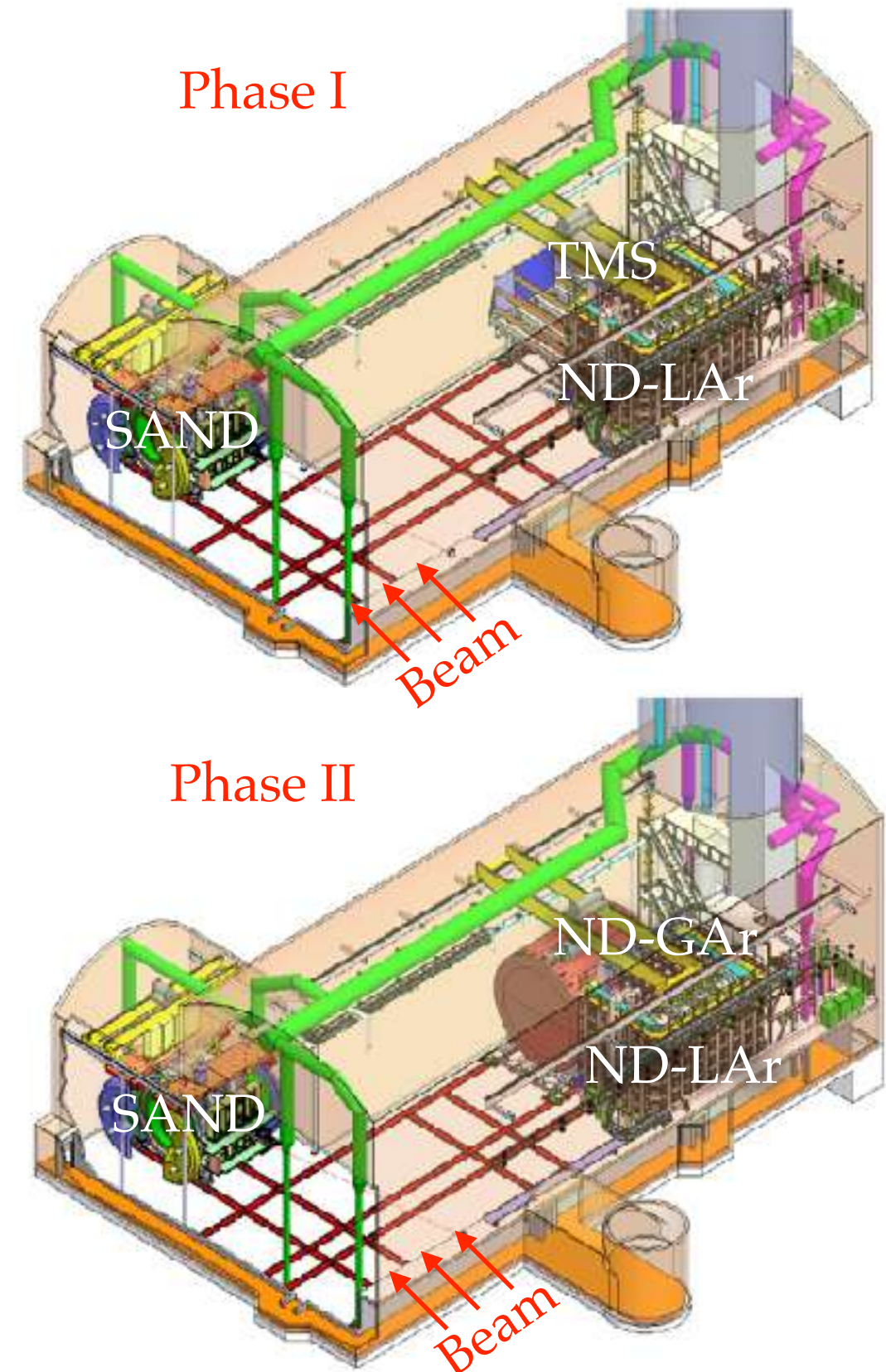
Дальний детектор DUNE

- ❖ В первой фазе работы эксперимента планируемая мощность пучка составит 1.2 МВт.
- ❖ Будет работать два 17 кт (10 кт полезного объёма) LAr TPC модуля, один HD и один VD.
- ❖ Во второй фазе — 2.4 МВт.
- ❖ Четыре 17 кт LAr TPC модуля.



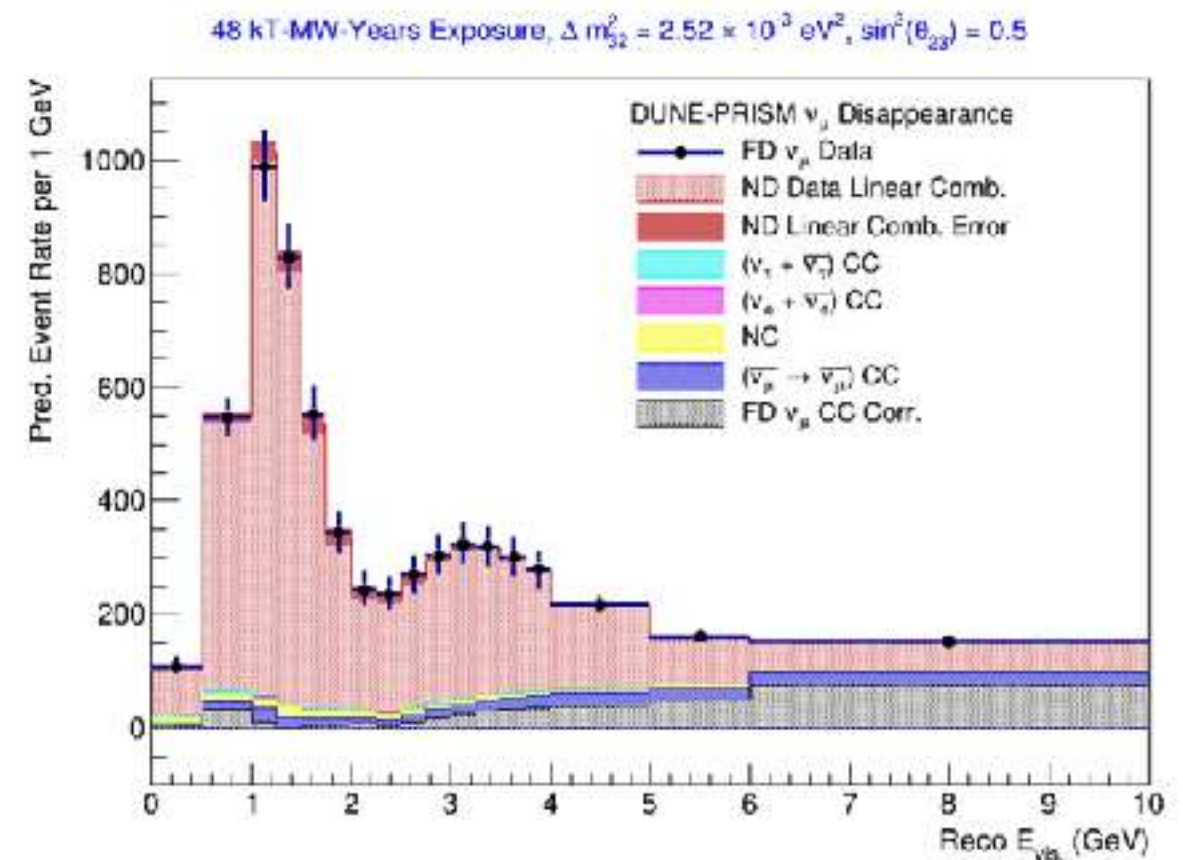
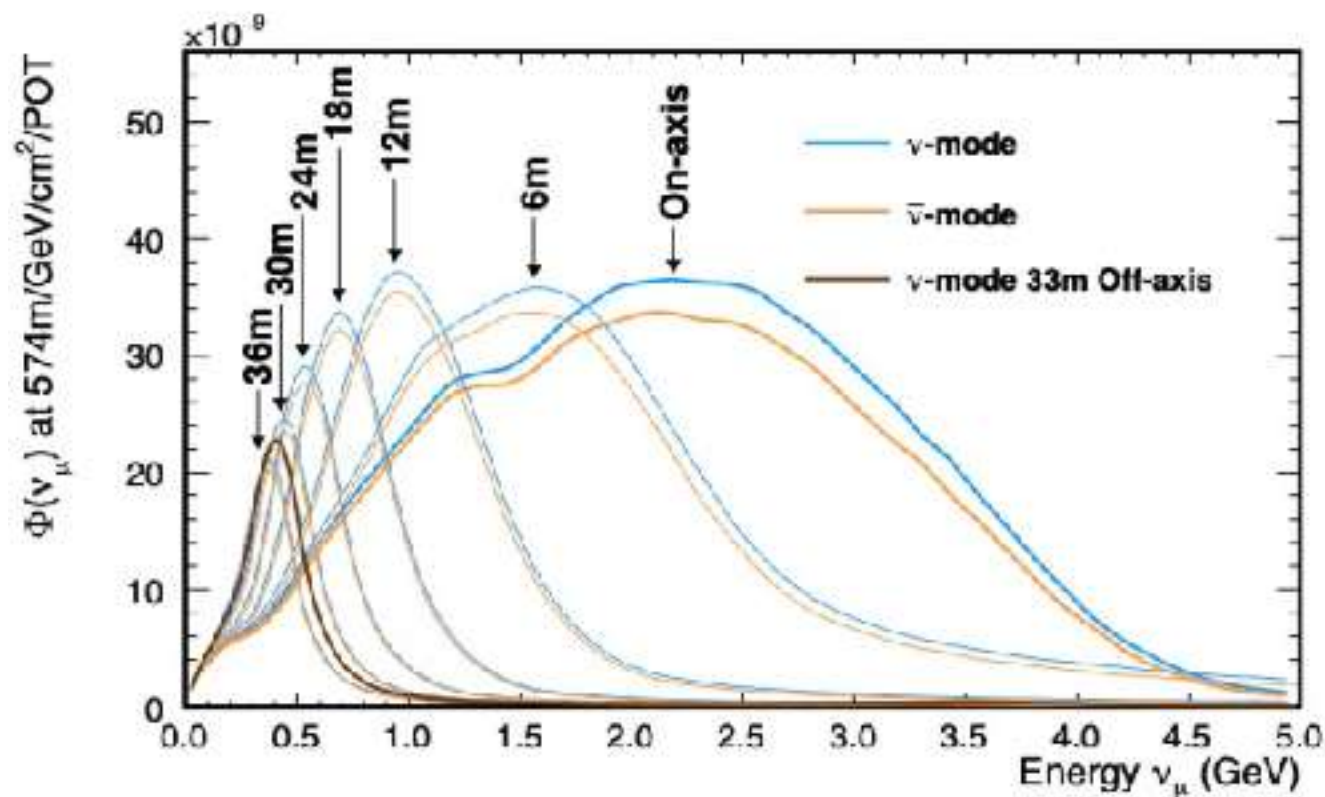
Ближний детектор DUNE

- ❖ Сложный комплекс детекторов, оптимизированный под измерение нейтринных взаимодействий и максимальное сокращение систематических неопределенностей в анализе данных.
- ❖ ND-LAr с той же жидко-аргоновой технологией, что и дальний детектор.
- ❖ ND-GAr — ВПК с газообразным аргоном под высоким давлением.
- ❖ В начальной конфигурации (первая фаза) будет установлен временный мюонный спектрометр TMS.
- ❖ SAND — детектор “монитор” нейтринного пучка.
- ❖ Подвижная платформа DUNE-PRISM.



DUNE-PRISM

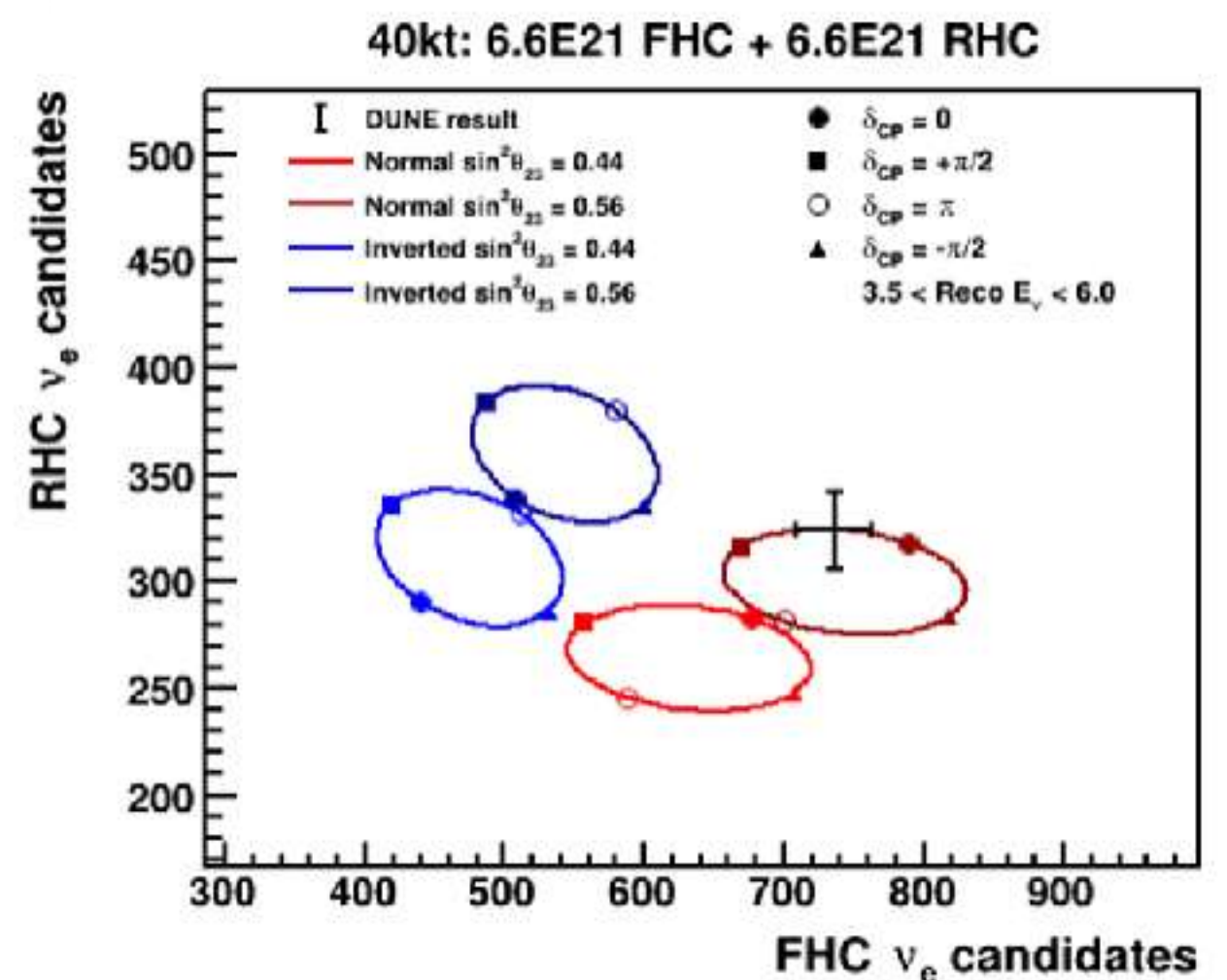
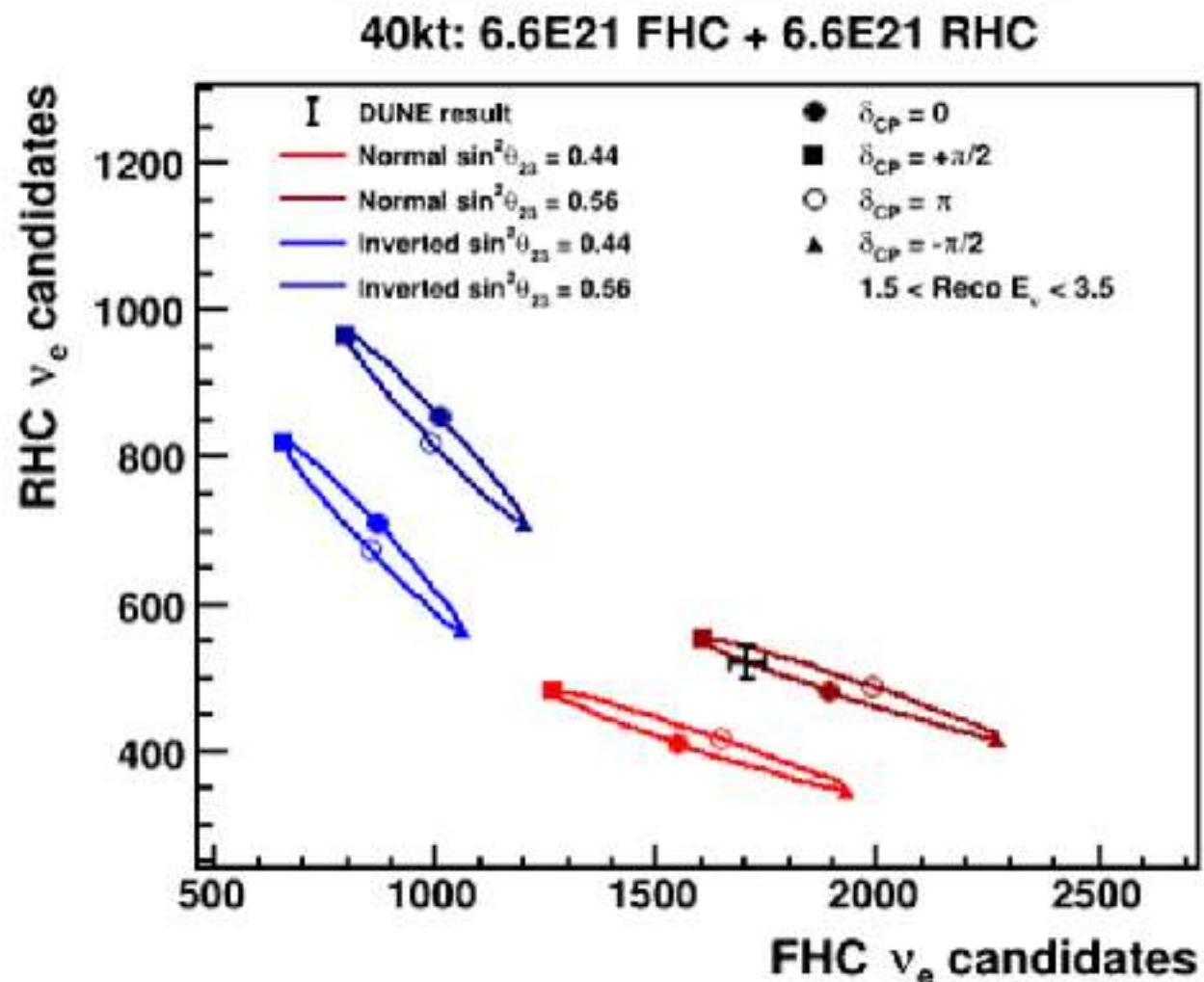
- ❖ ND-LAr и TMS (или ND-GAr) могут передвигаться перпендикулярно пучку (Off-Axis) для изменения соотношения нейтринных событий в спектре.
- ❖ Изучение различных нейтринных потоков и применение их линейной комбинации в анализе позволит лучше предсказывать спектр в дальнем детекторе.
- ❖ Анна Степанова (студент МГУ) является участником группы.



Контурсы появления

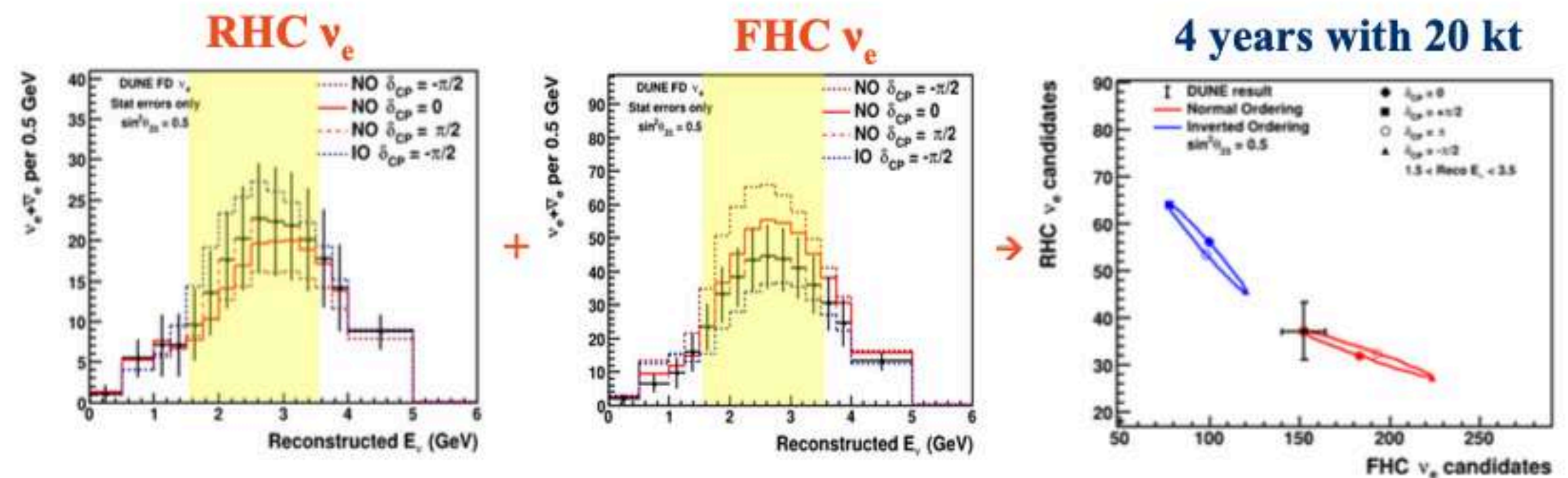
$$\nu_e / \bar{\nu}_e$$

- ❖ В полной фазе работы (2.4 МВт и четыре модуля FD) DUNE позволит провести осцилляционный анализ со статистической точностью в несколько процентов.
- ❖ Контурсы событий появления электронных нейтрино и антинейтрино для низких и высоких энергий будут выглядеть следующим образом.



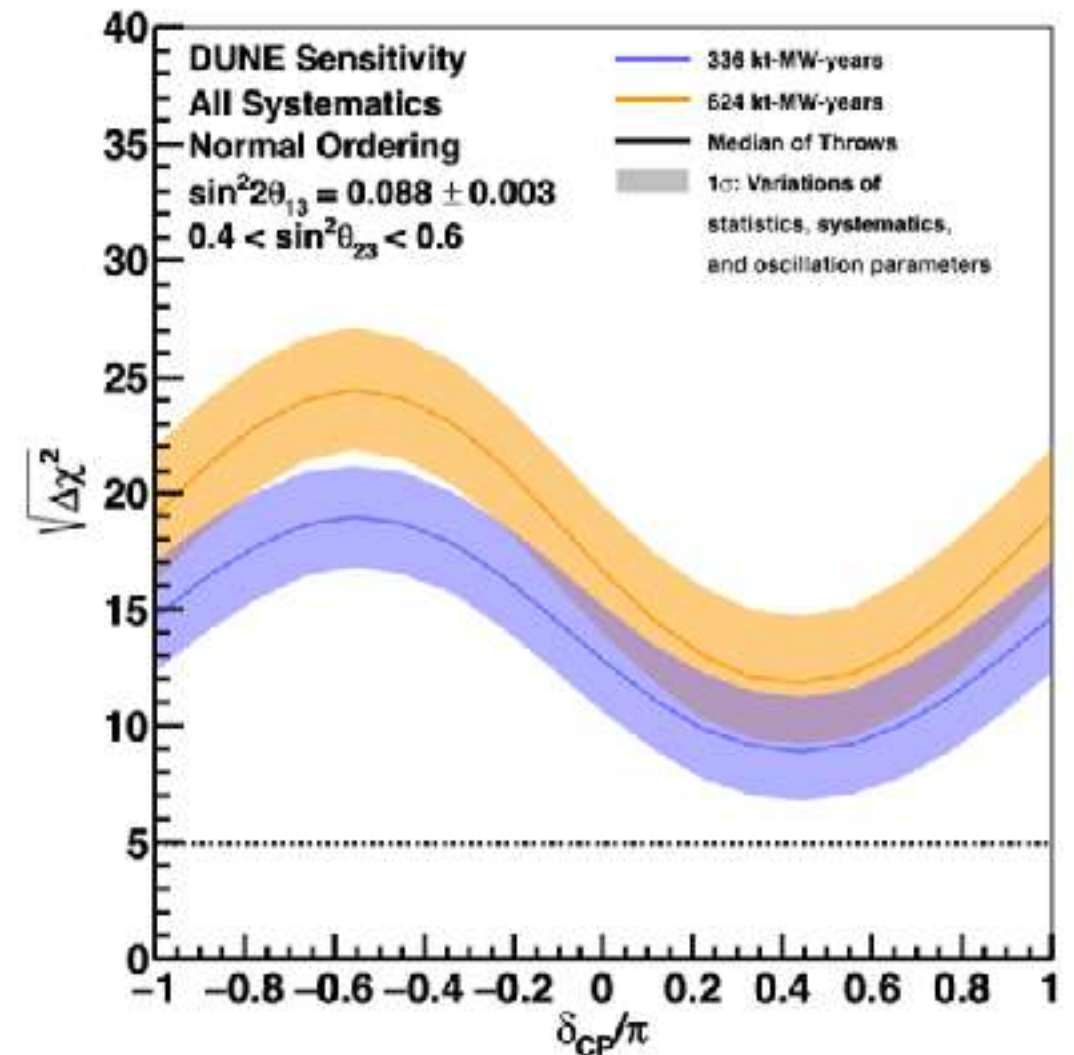
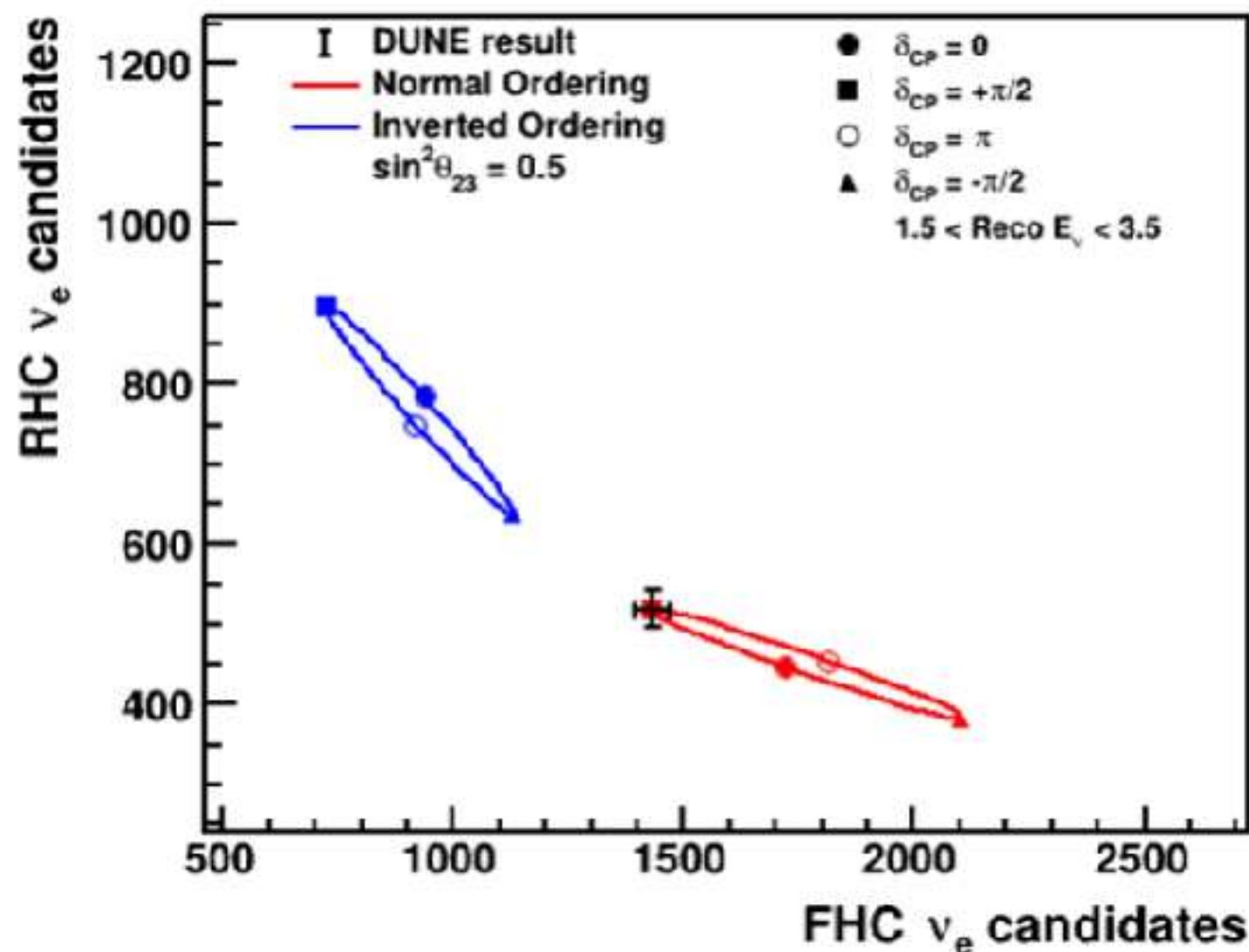
Иерархия масс нейтрино

- ❖ DUNE (и только DUNE) может определить иерархию масс нейтрино без помощи других экспериментов.
- ❖ Несколько лет достаточно для открытия и определения иерархии масс в первой фазе работы (1.2 МВт и 2 модуля дальнего детектора).



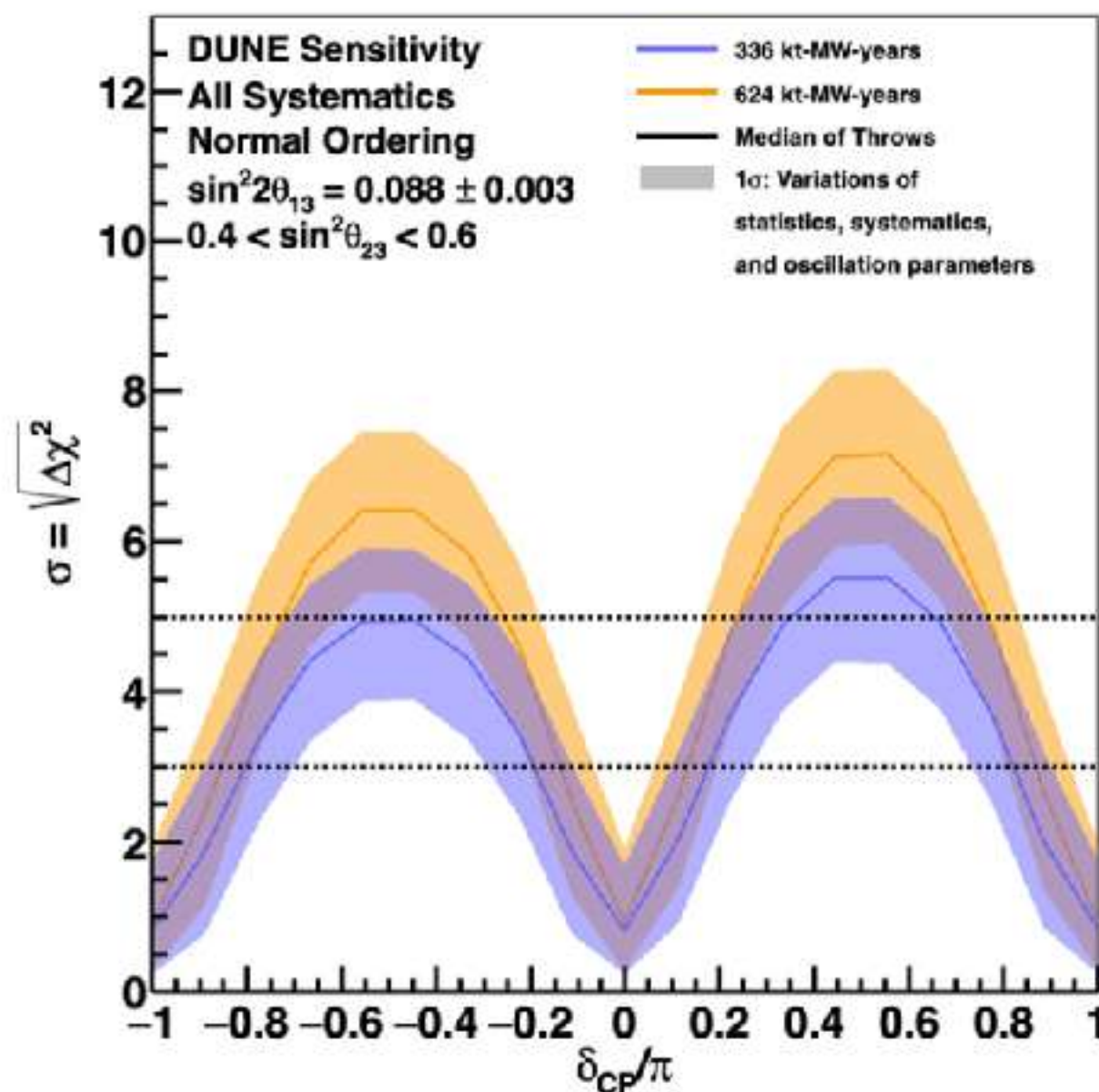
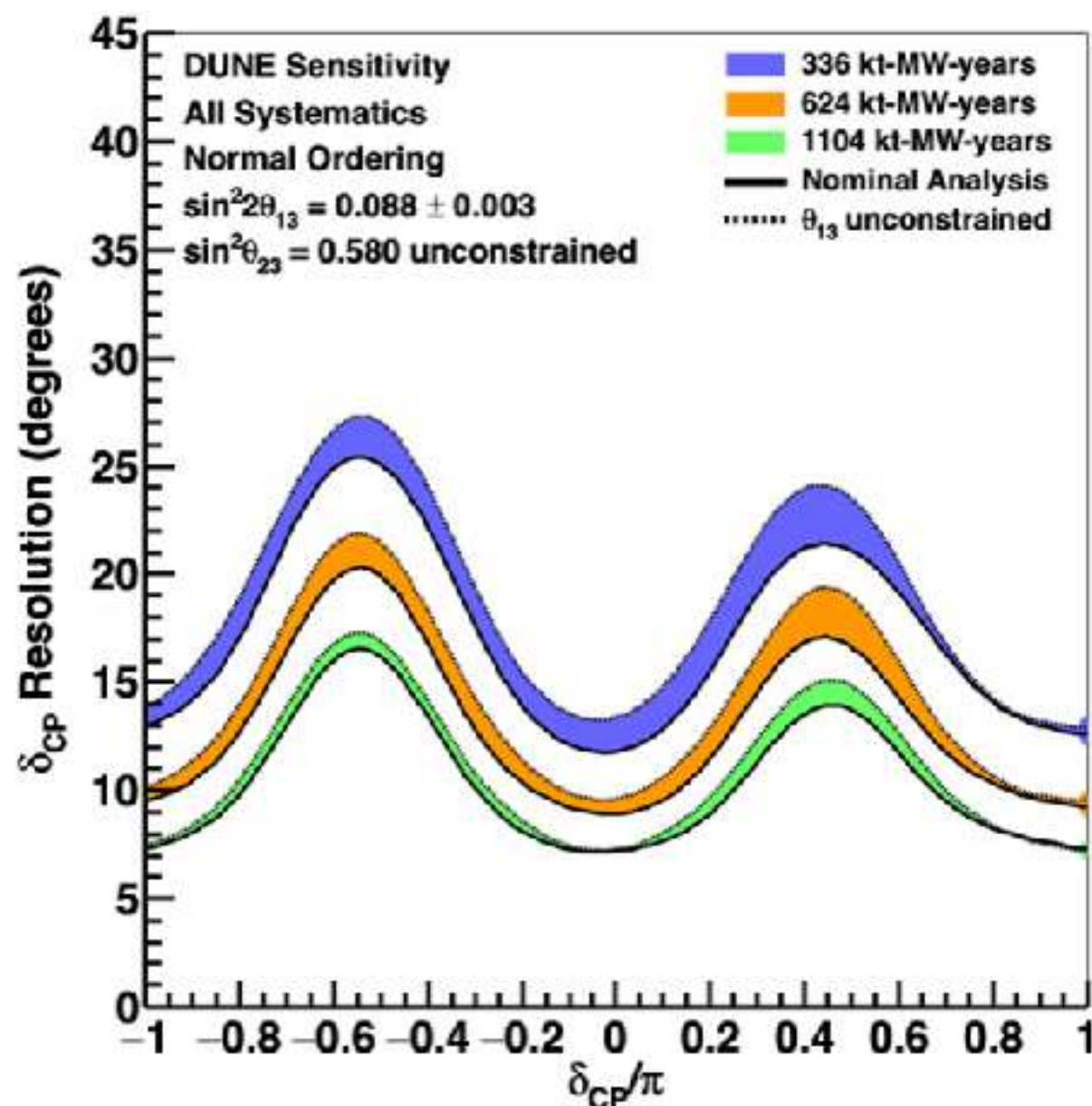
Иерархия масс нейтрино

- ❖ Во второй фазе (2.4 МВт, экспозиция 800 кт-МВт-год) за 6 лет вопрос будет разрешен на $> 5\sigma$ для любых значений других параметров (δ_{CP}).



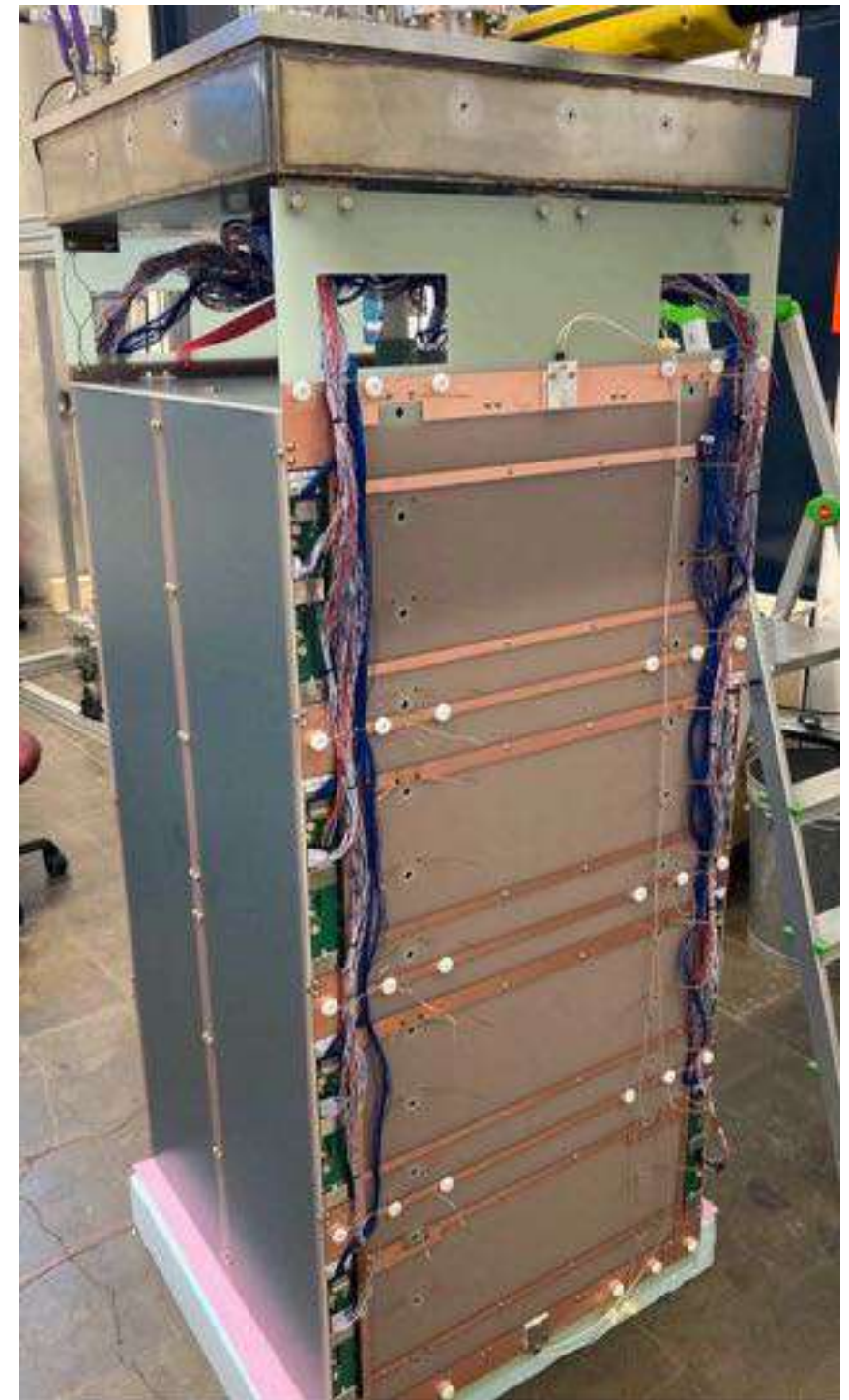
CP-нарушение

- ❖ Измерение на уровне 5σ для $>50\%$ значений δ_{CP} .
- ❖ $\sim 10^\circ$ разрешение на δ_{CP} .



Задачи группы ОИЯИ для ND-LAr

- ❖ С 2021 года изготовлено 4 прототипа модулей ВПК.
- ❖ Модули были протестированы на данных атмосферных мюонов.
- ❖ Пройден этап согласования конструкции и её эксплуатации в ND-LAr (PDR).
- ❖ 2023-2024 идёт подготовка к сборке модулей 2x2 прототипа для тестового нейтринного пучка в Лаборатории Ферми.
- ❖ Изготовление полномасштабного демонстратора запланировано на 2024 г., а его тесты на 2025 г.
- ❖ Прохождение процедуры утверждения финального варианта ближнего детектора ND-LAr (FDR).



Детали системы на семинаре Александра Селюнина 9/3/2023

Система светосбора для ND-LAr

Light R/O for LArTPC of the DUNE ND

JINR Group is responsible for whole Light R/O Chain

DUNE ND LArTPC
7 x 5 Modules



AFI JINR ADC



Crate with JINR Custom electronics SiPM power/ PGA



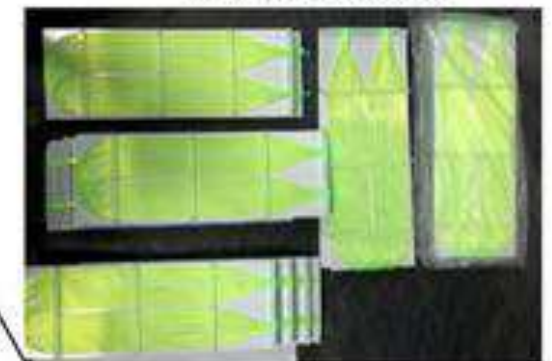
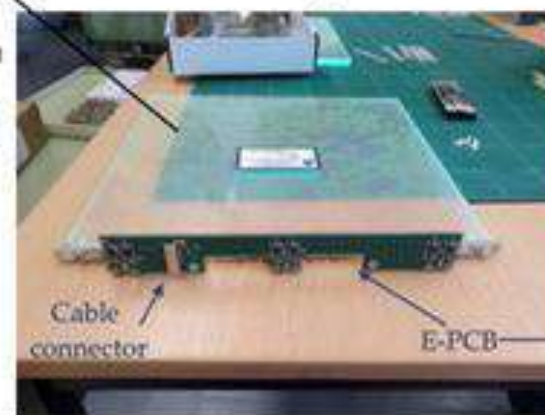
Slow Control Software

Light collection modules

LCM



ArcLight



R/O Chain

SiPM Boards



E-PCB/Gold PreAmps

Including: Detectors, electronics, Front-End, DAQ, Slow Control, Calibration system

Учёные, специалисты, высококвалифицированные инженеры (и зарубежные коллеги) в “Зелёной Лабе”



Задачи группы из ОИЯИ для SAND

- ❖ Разработка и изготовление микропрототипа строу-камеры 1-2Q 2024.
- ❖ Разработка и изготовление прототипа 1200X600 2Q 2025.
- ❖ Изготовление комплекта строу для прототипов 1-4Q 2024.
- ❖ Создание производственной линии для монтажа и тестирования прототипов 2Q 2025.
- ❖ Изготовление комплекта строу для прототипов 1-4Q 2025.
- ❖ Монтаж и тесты.

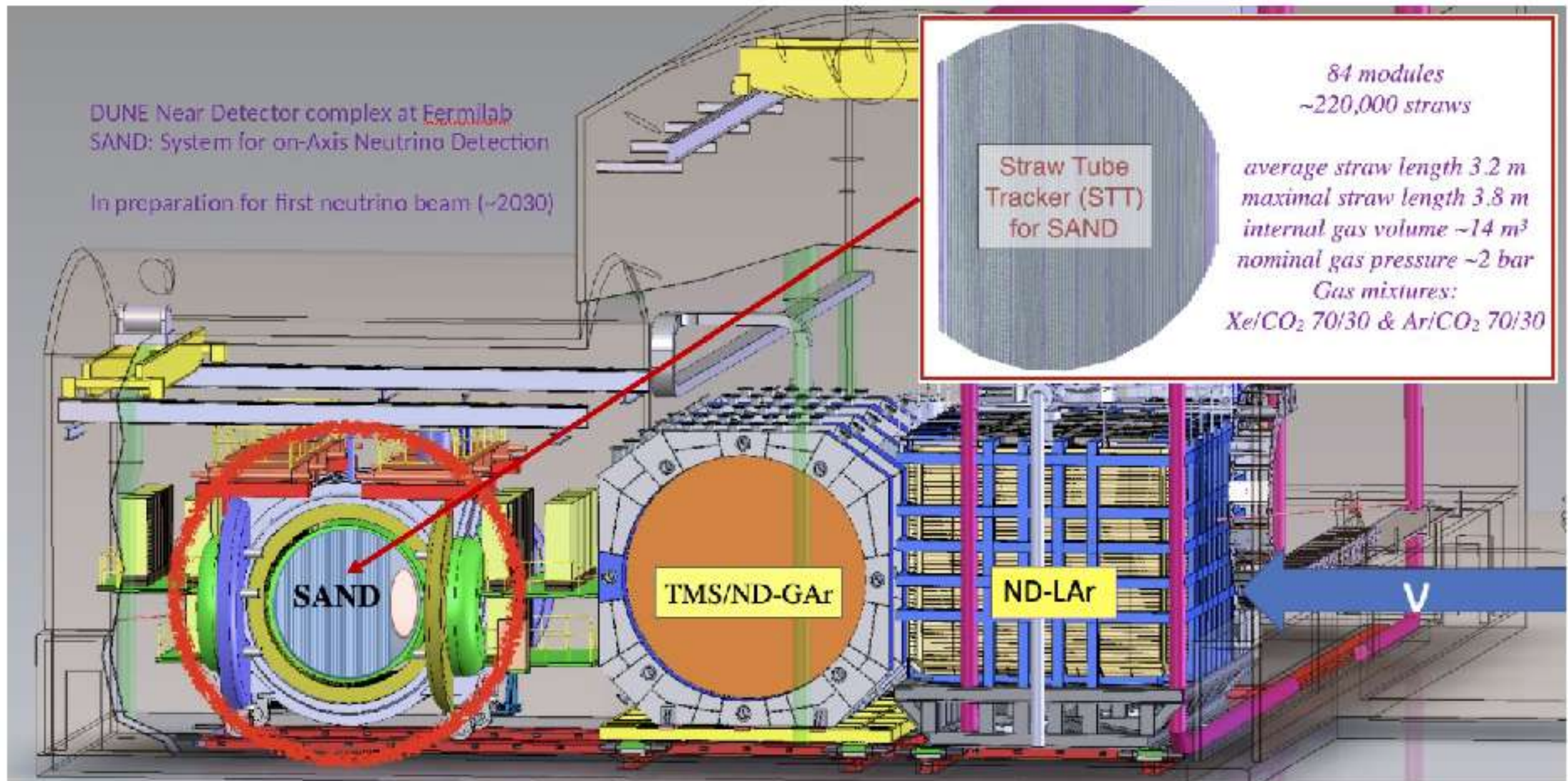
Темур Еник на тестах в ЦЕРН



Строу камеры 4x4 для COMPASS



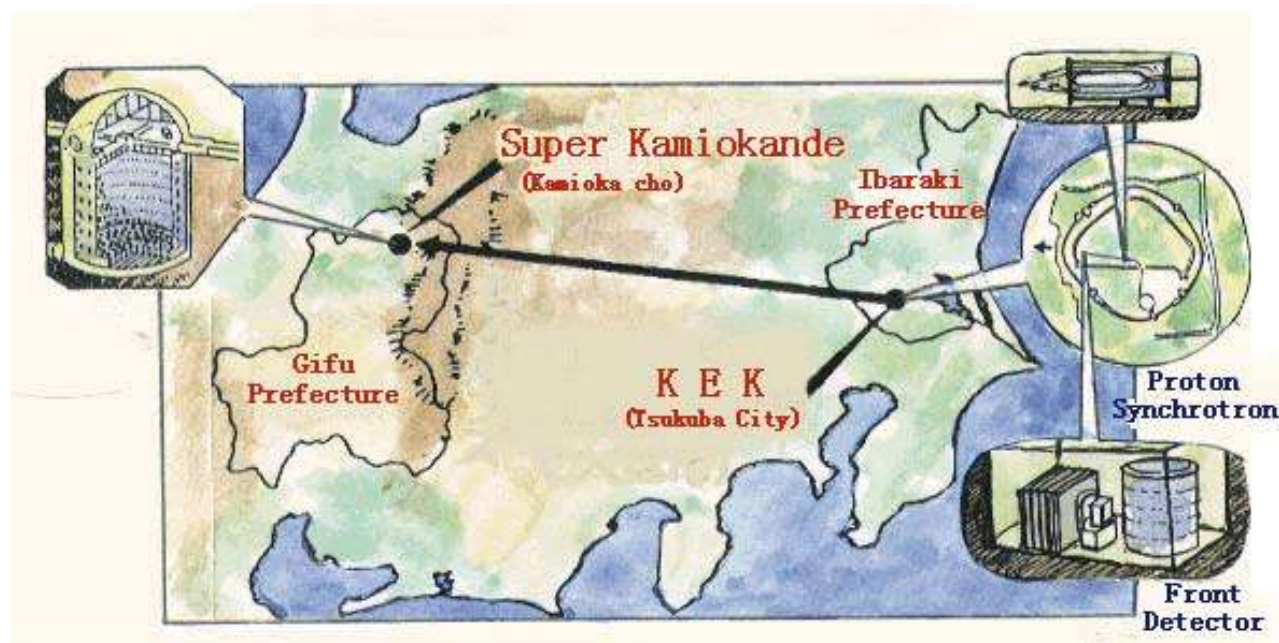
System for on-Axis Neutrino Detection



- ❖ Мониторинг пучка в реальном времени.
- ❖ Измерения сечений взаимодействия нейтрино и других процессов.
- ❖ Артём Чуканов может подтвердить, что рождается невероятное количество Λ-гиперонов для различных анализов и прикладных задач.

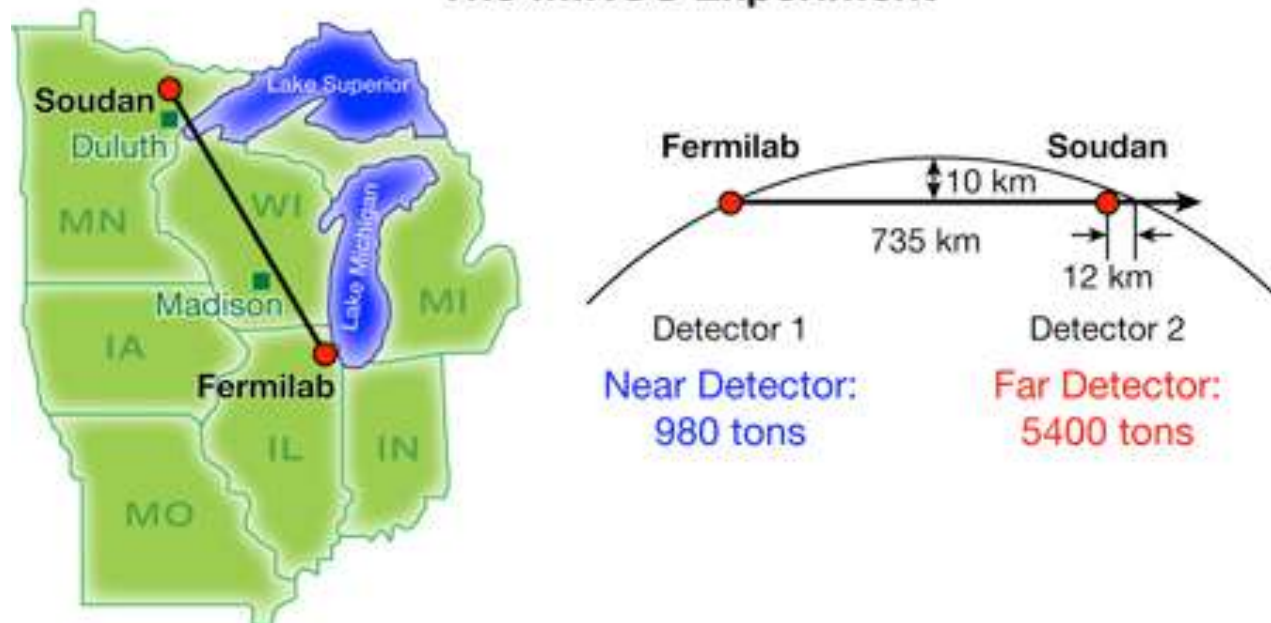
Немного истории про ускорительные
нейтринные эксперименты с длинной базой.

Первое поколение ускорительных нейтринных экспериментов с длинной базой: К2К и MINOS



- ❖ Пучок нейтрино ускорителя КЕК
- ❖ Super-Kamiokande (Водный черенковский детектор)
- ❖ База осцилляции 250 км
- ❖ Набор данных 1999-2004

The MINOS Experiment



- ❖ Пучок нейтрино на ускорителе в Лабратории Ферми
- ❖ Дальний детектор (5.4 кт) в шахте Судан
- ❖ База осцилляции 735 км
- ❖ Набор данных 2005-2012(+2016)

Текущее (второе) поколение ускорительных нейтринных экспериментов с длинной базой: T2K и NOvA



- ❖ Нейтринный пучок из J-PARC (Токай)
- ❖ Super-Kamiokande
- ❖ База осцилляции 295 км
- ❖ Набор статистики с 2009 года



- ❖ Ускорительный комплекс NuMI (Лаборатория Ферми)
- ❖ Жидкий сегментированный сцинтилляционный детектор в Аш-Ривер
- ❖ База осцилляции 810 км
- ❖ Набор статистики с 2014 года

Текущее (второе) поколение ускорительных нейтринных экспериментов с длинной базой: T2K и NOvA



- ❖ Нейтринный пучок из J-PARC (Токай)
- ❖ Super-Kamiokande
- ❖ База осцилляции 295 км
- ❖ Набор статистики с 2009 года



- ❖ Ускорительный комплекс NuMI (Лаборатория Ферми)
- ❖ Жидкий сегментированный сцинтилляционный детектор в Аш-Ривер
- ❖ База осцилляции 810 км
- ❖ Набор статистики с 2014 года

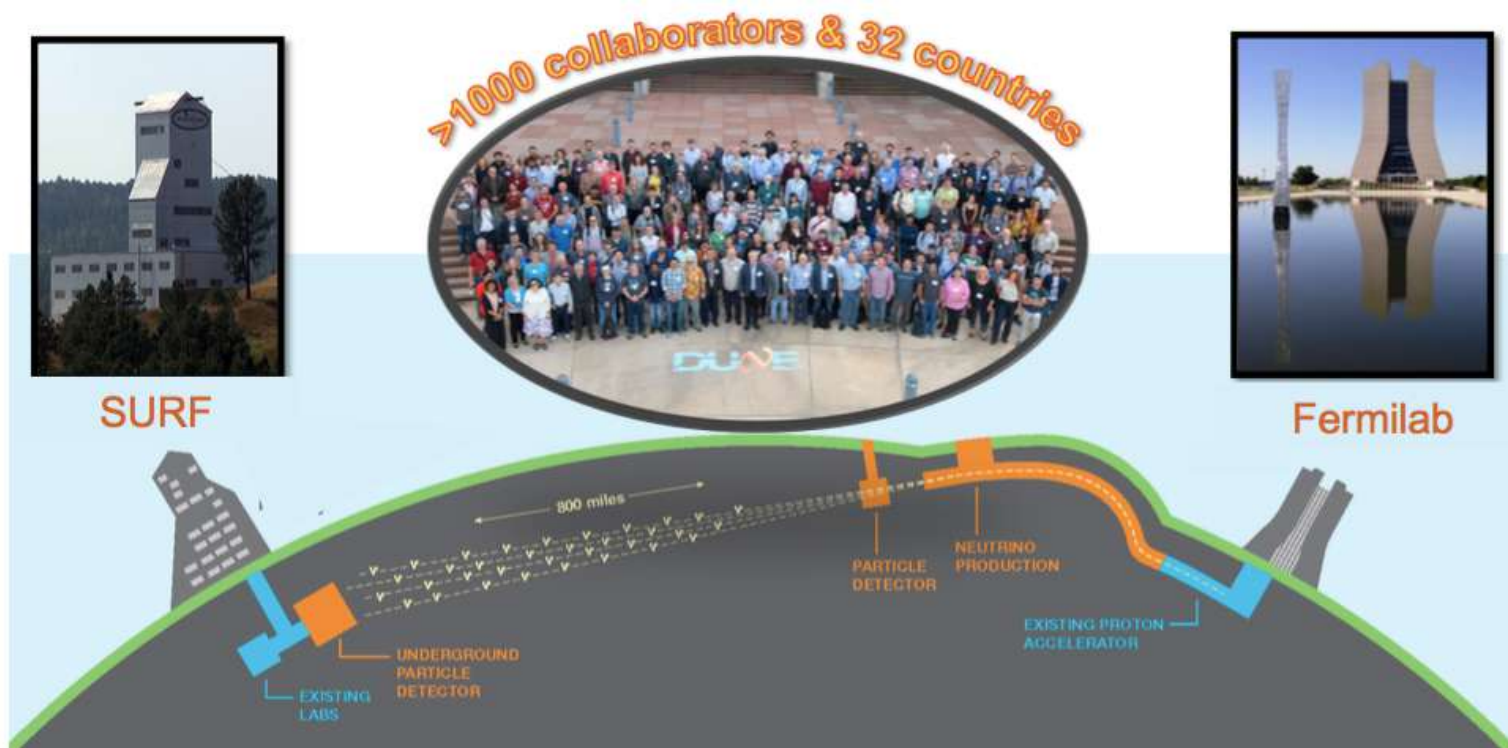
OPERA ? $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$

Будущее (но уже подготавливаемое) поколение ускорительных нейтринных экспериментов с длинной базой: T2HK и DUNE



Hyper-Kamiokande

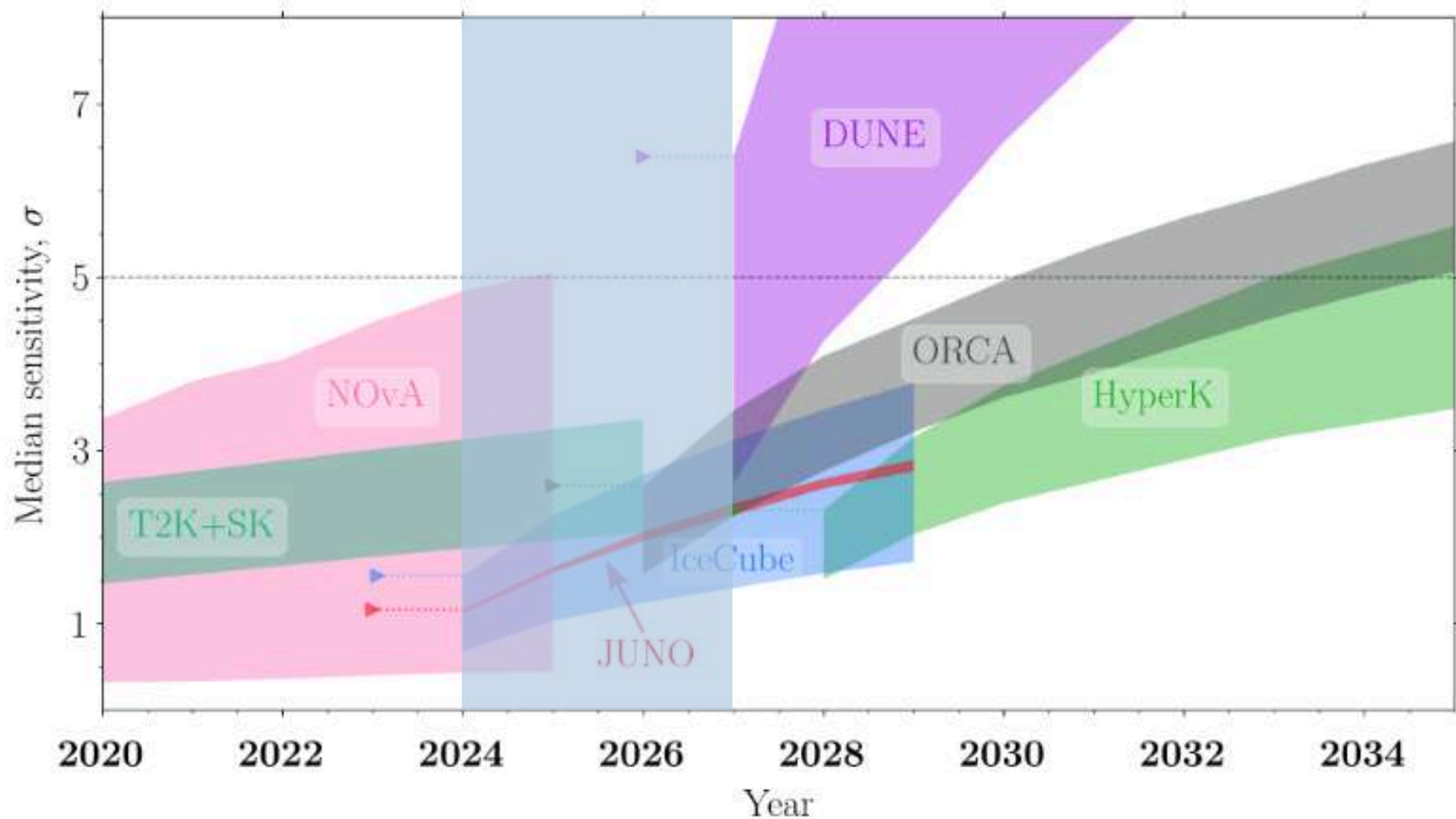
- ❖ Hyper-K
- ❖ Усовершенствование Super-K и T2K
- ❖ Водный черенковский детектор
- ❖ 8х больше полезная масса детектора
- ❖ 2.5 раза интенсивней нейтринный ПОТОК



- ❖ DUNE
- ❖ Существенное обновление NuMI
- ❖ Жидко-аргоновый ВПК
- ❖ Широкий нейтринный спектр на оси пучка (on-axis beam)
- ❖ База осцилляции 1300 км
- ❖ Подземная лаборатория Сэнфорд

Будущие эксперименты

Future neutrino mass ordering sensitivity



v3 2022.03: git-jim.ru/nu/csc

Спасибо за внимание!