

Участие ОИЯИ в проекте Т2К-II

НТС ЛЯП

30 июня 2022

Проект T2K-II

Проект
T2K-II

02-2-1144-2021/2023

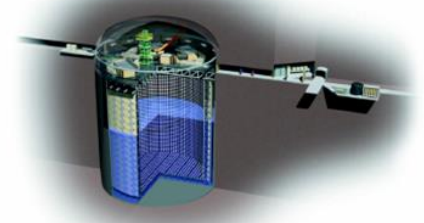
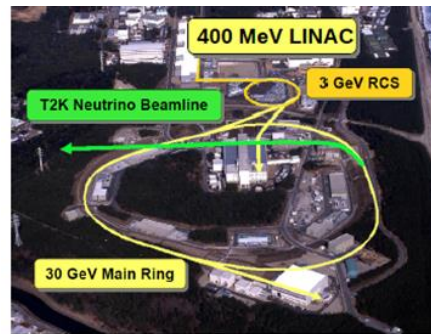
~530 участников, 76 институтов/университетов, 14 стран

ЛЯП: Артиков А.М., Баранов В.Ю., Бойков А.В., Бражников А.О., Будагов Ю.А.,
Васильев И.И., Глаголев В.В., Давыдов Ю.И., Демин Д.Л., Киричков Н.В., Кисеева
В.И., Колесников А.О., Красноперов А.В., Малышев В.Л., Попов Б.А., Сеница А.А.,
Суслов И.А., Терещенко В.В., Терещенко С.В., Хомутов Н.В., Шайковский А.В.
ЛТФ: Козлов Г.А., Матвеев В.А.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

Куденко Ю.Г., Минеев О.В., Хабибуллин М.М., Хотянцев А.Н.,

Институт ядерных исследований Российской академии наук



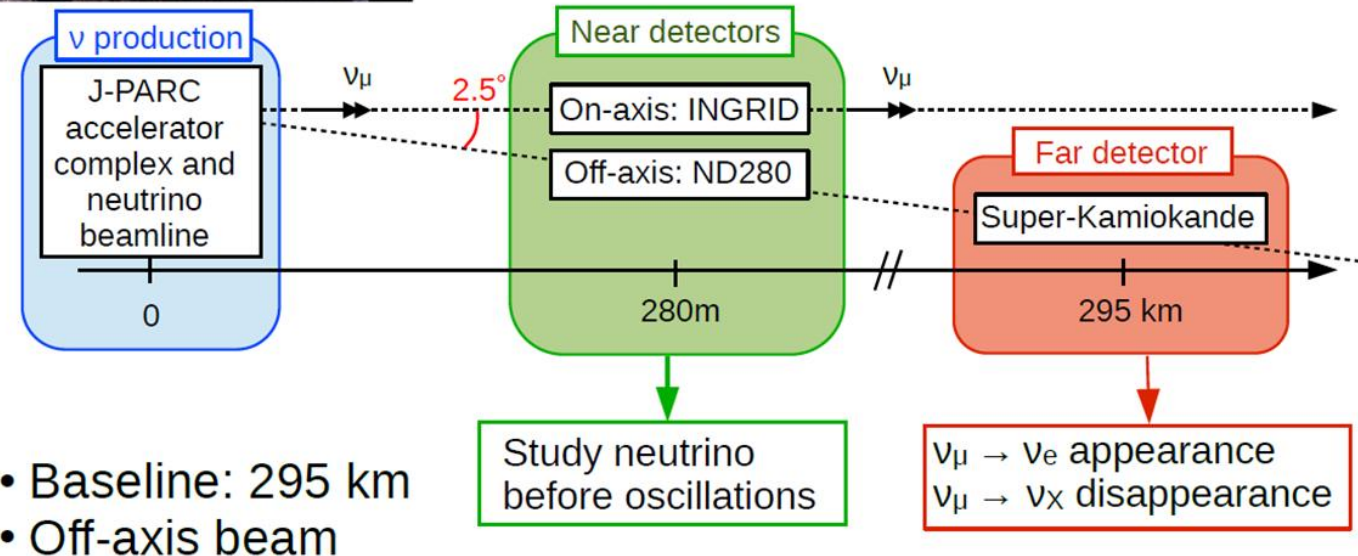
РУКОВОДИТЕЛИ ПРОЕКТА В.В. Глаголев, Ю.И. Давыдов

ДАТА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОЕКТА В НОО _____

ДАТА НТС ЛАБОРАТОРИИ 30.06.2022 НОМЕР ДОКУМЕНТА _____

ДАТА НАЧАЛА ПРОЕКТА _____ 2022 _____

ДАТА СЕМИНАРА В ЛАБОРАТОРИИ 15.12.2021, 29.06.2022



What is T2K trying to measure? T2K

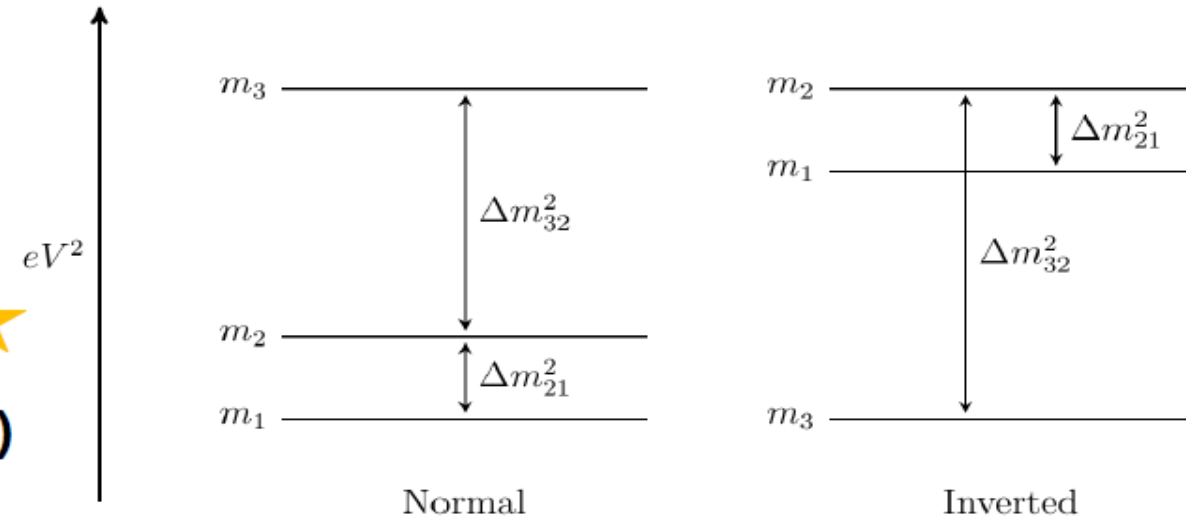
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13}e^{-i\delta_{CP}} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{i\delta_{CP}} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

T2K aims to measure the 6 parameters which describe neutrino oscillation probability

- Three mixing angle, $\theta_{23}, \theta_{13}, \theta_{12}$
- Two mass splittings: $\Delta m_{32}^2, \Delta m_{13}^2$
- Complex-phase δ_{CP}

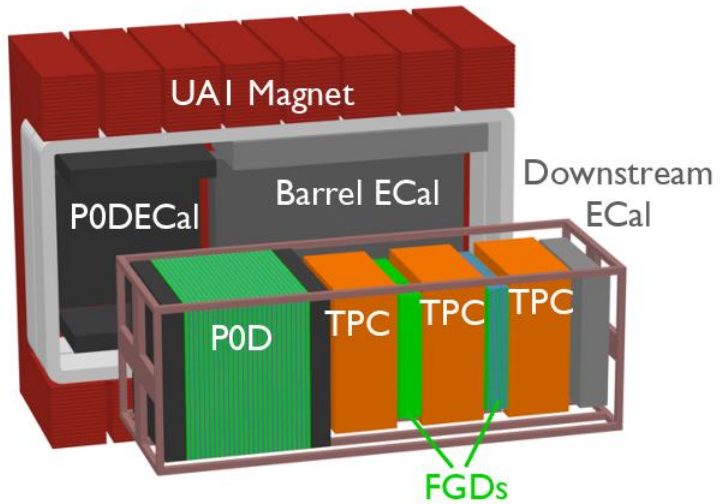
Key questions to answer:

- **Discovery of CP violation (δ_{CP} not 0 or π)** ★
- **Determination of mass ordering ($\Delta m_{32}^2 > 0$?)**
- **Octant of θ_{23} ($\sin^2\theta_{23} > 0.5$?)** ★
- **Precise measurements of $\delta_{CP}, \theta_{23}, \Delta m_{32}^2$** ★

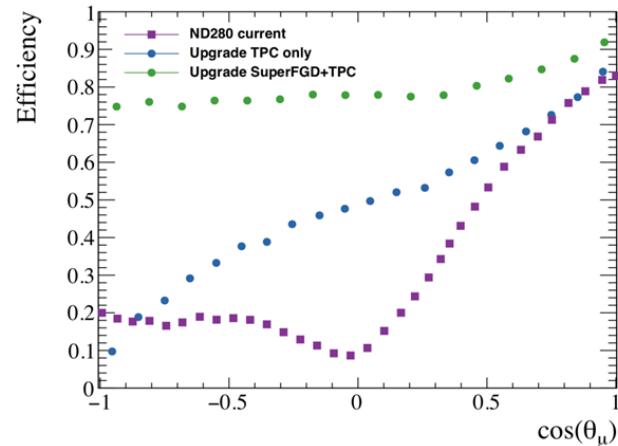
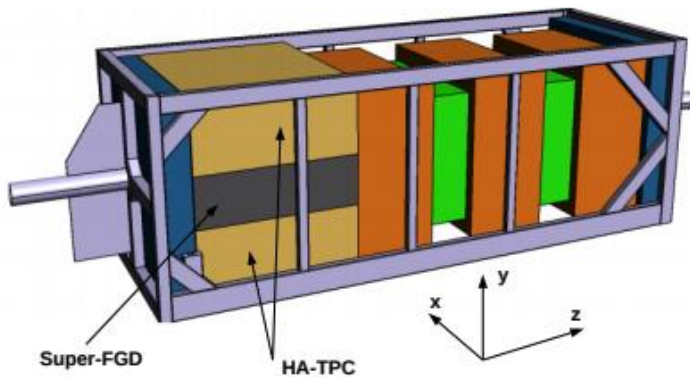


★ **T2K can measure these!**

ND280 upgrade

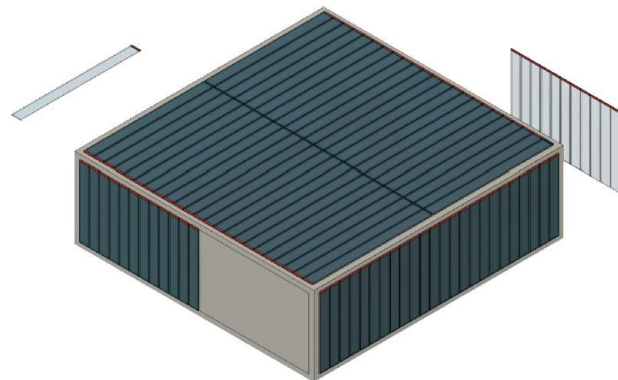
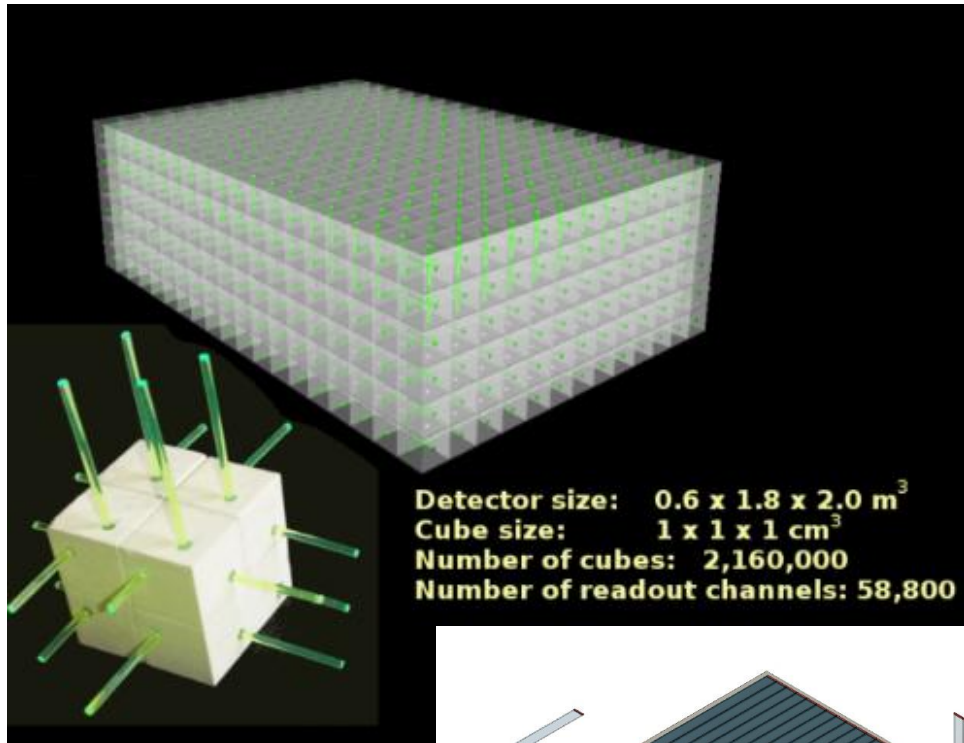


- Main strength of ND280 : magnetized detector → **separate ν from $\bar{\nu}$ (cannot be done in SK or HK)**
- Main limitation of ND280 : reduced angular acceptance → only forward going tracks are reconstructed with high efficiency
- An analysis dedicated to select tracks with high polar angles → 20% efficiency
- We can do better with an upgrade → Horizontal target and horizontal TPCs
- + Efficiently detect charged particles at any angle
- + The reduction of the protons threshold
- + Measure neutrons in antineutrino interactions
- + As a result, reduce the systematic error from 6 to 4% when counting electronic antineutrinos



SuperFGD detector

- Объем $\sim 200 \times 200 \times 60 \text{ см}^3$
- $\sim 2 \times 10^6$ сцинтилляционных кубиков размером $1 \times 1 \times 1 \text{ см}^3$
- Каждый кубик имеет 3 отверстия диаметром 1.5 мм для пропускания WLS волокон
- Около 60000 каналов считывания (WLS/SiPM)
- Полный вес – около 2000 кг



Отправка кубиков SFGD в Японию

В мае-июне 2022 г. наши коллеги в ИЯИ упаковали все слои кубиков в два ящика и отправили их в J-Parc

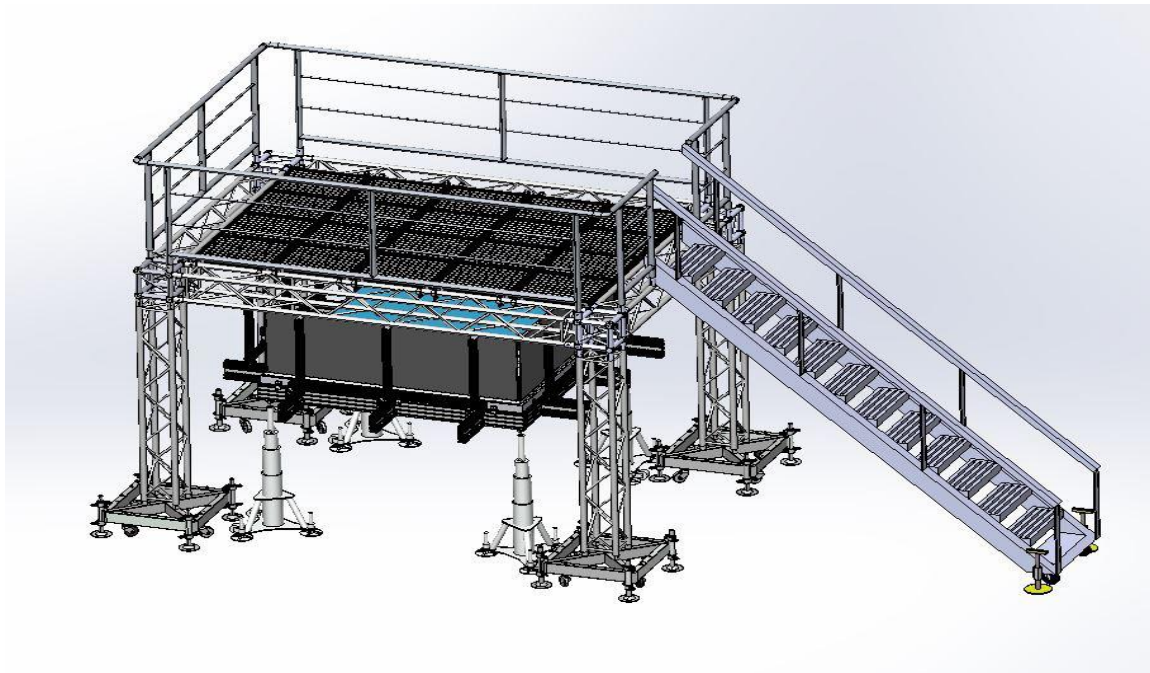


ИЯИ, Троицк 6 июня 2022



J-Parc, Япония 24 июня 2022

Существенный вклад конструкторов ОИЯИ



- Расчеты показали надежность монтажной площадки на статическую нагрузку и сейсмические нагрузки; конструкция имеет хороший запас прочности.
- Разработана процедура сборки SuperFGD детектора

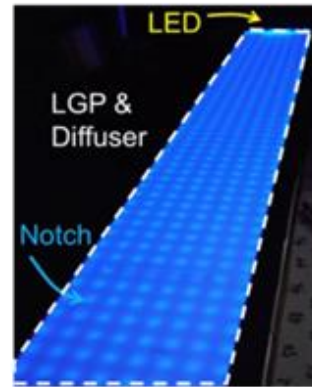
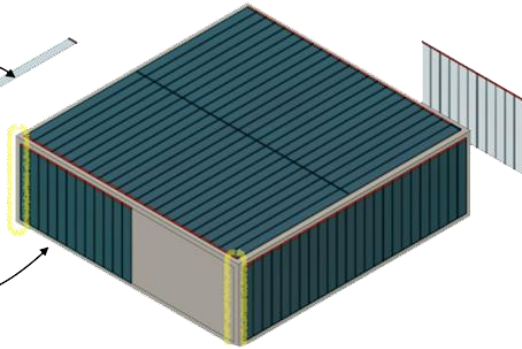
Подготовлена техническая документация:

1. Platform for the SFGD assembly. Manual
2. Note to the technical project
3. Calculations. Statics (Reliability calculation. Part I)
4. Calculations. Seismic (Reliability calculation. Part II)
5. SFGD Detector Assembly Procedure

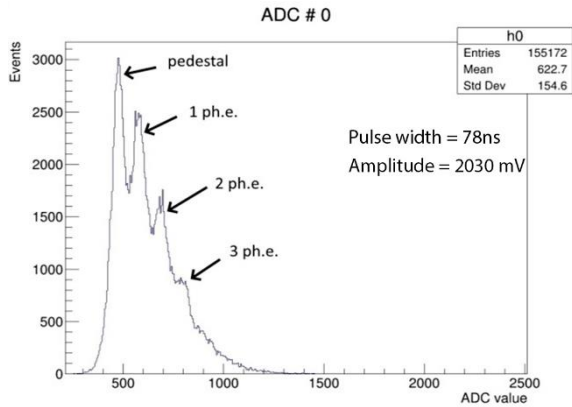
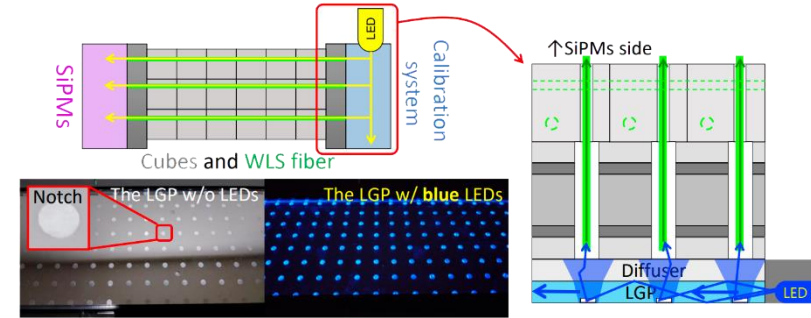
Система калибровки каналов SuperFGD

Size of the LGP module
 • Bottom : ~990x78x8 mm
 • Wall : ~570x78x8 mm

Numbers of the modules
 • Bottom : 46 modules
 • Wall : 47 modules

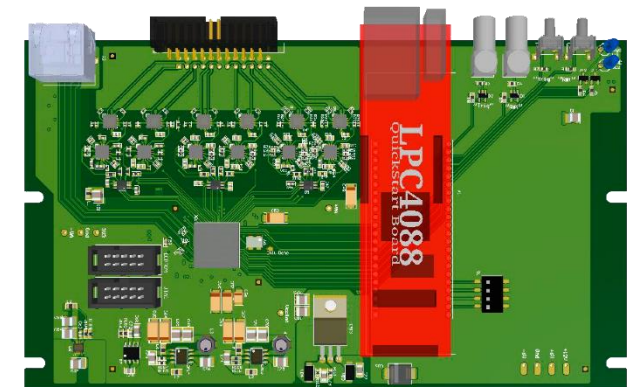
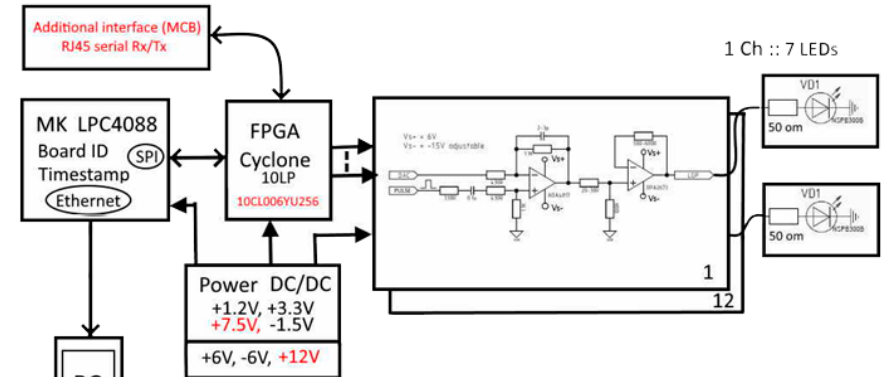


Light Guide Plate



LED driver

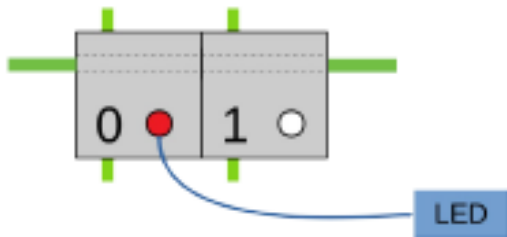
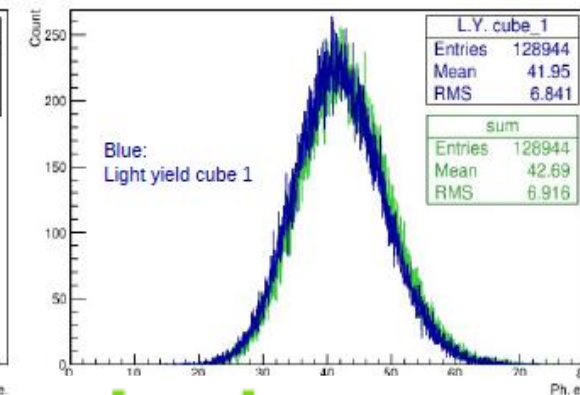
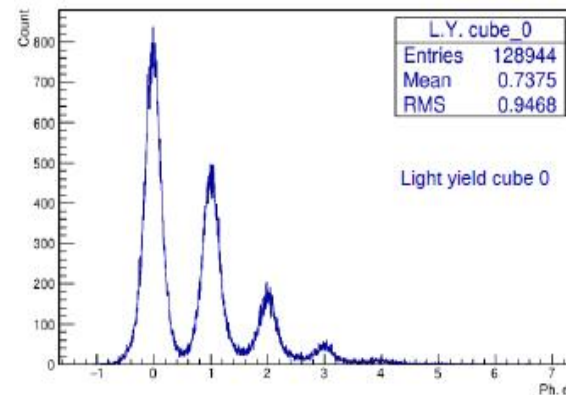
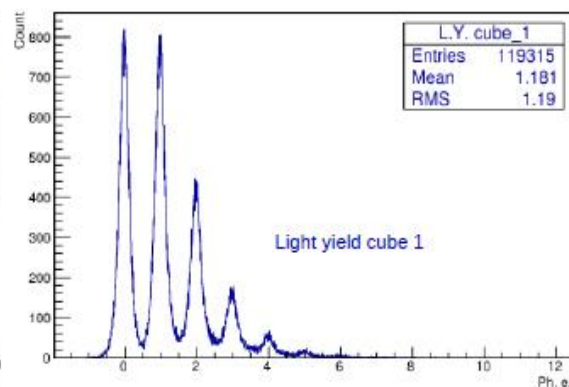
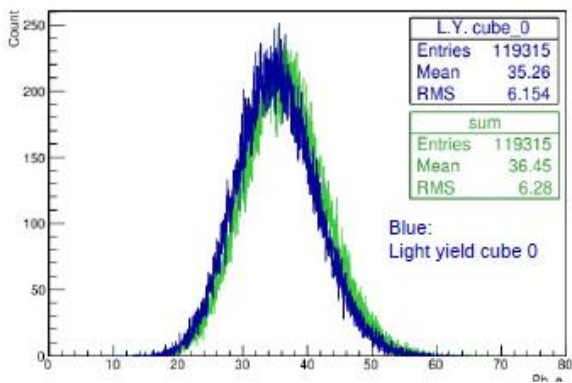
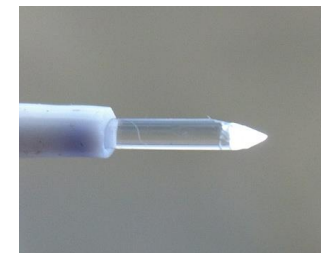
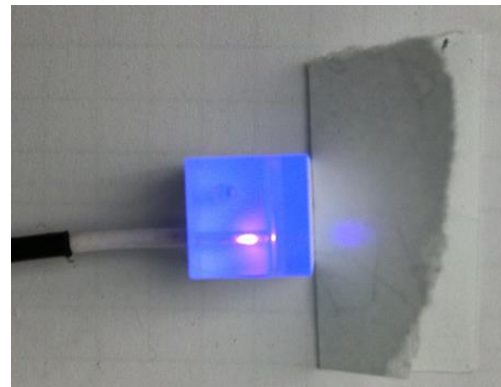
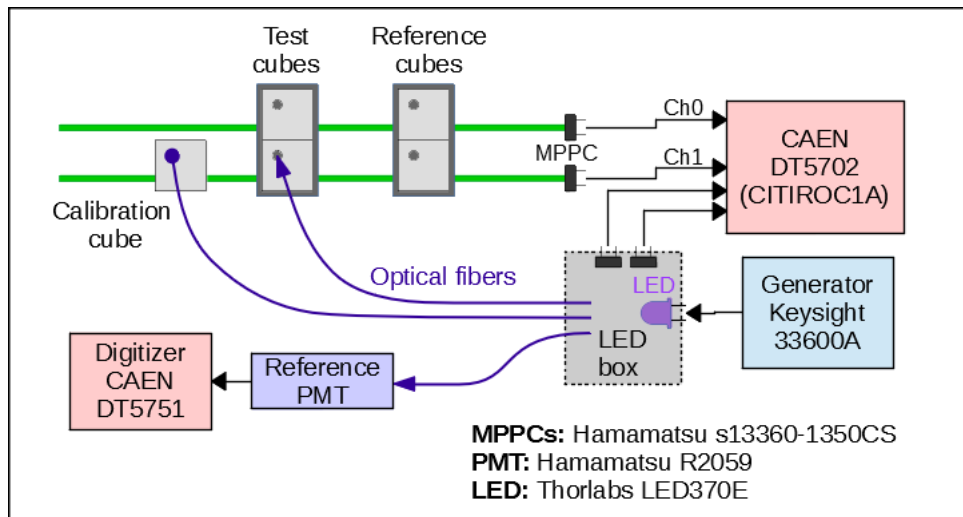
8 boards
 Number of channels - 12
 NIM standard board
 Interface - RJ45 – Ethernet UDP
 Additional interface (MCB) - RJ45 serial Rx/Tx
 Pulse width - 5ns – 600ns
 Amplitude - 0 – 6.5V



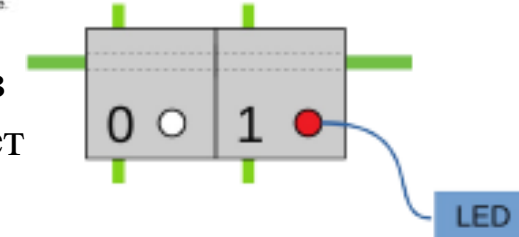
Первые результаты доложены на конференции TIPP 2021 (Канада) и будут опубликованы в **Journal of Physics: Conf. Series**

Исследование световых утечек SFGD кубиков

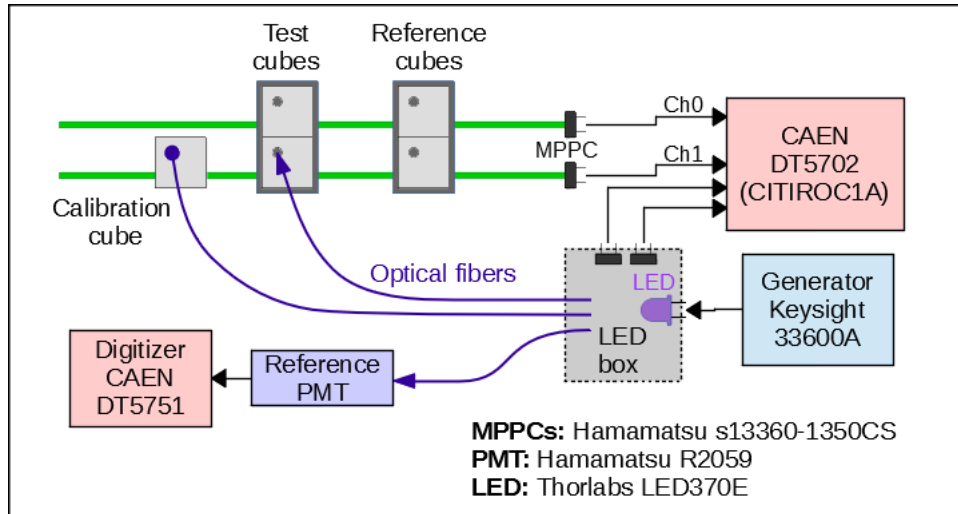
Проведены исследования световых утечек через стенки кубиков при возбуждении люминесценции с помощью светодиода



Обнаружена «позиционная чувствительность» утечек через стенки к месту возникновения вспышки в кубике, что может быть использовано при восстановлении треков

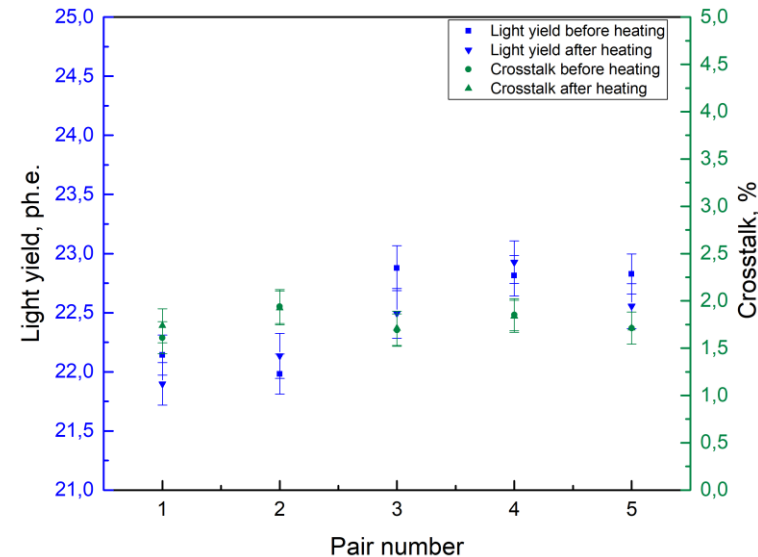


Исследование световых утечек SFGD кубиков (2)



Продолжаются работы с матрицей 3x3x3 кубиков. Планируются работы с LED и на пучке ускорителя

Также были проведены исследования световых утечек через стенки кубиков после их нагрева до 60 градусов Цельсия. Исследования показали, что после выдержки кубиков при температуре 60 градусов в течение 72 часов их световыход и утечки через боковые стенки не меняются.



Результаты измерений 5 пар кубиков

По результатам исследований направлена статья в журнал

Обработка данных и моделирование

Характеристика деятельности:

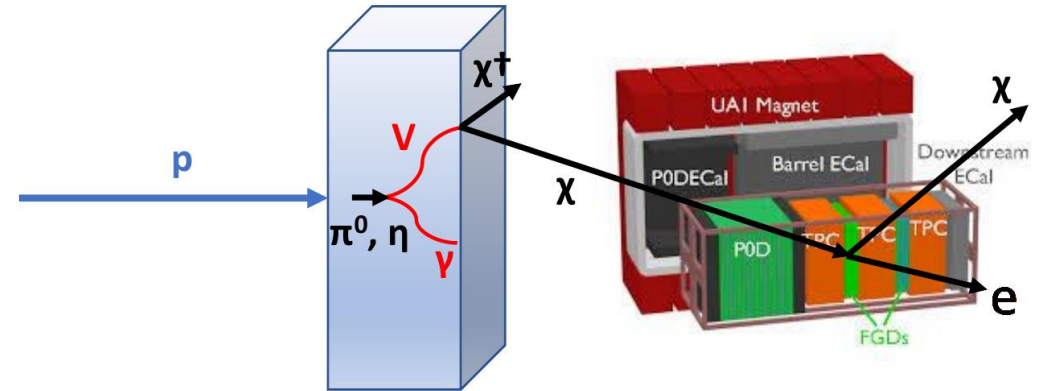
- Участие в анализе данных T2K, полученных с помощью модернизированного детектора ND280, в разработке методов отбора событий и выполнении исследований различных типов систематических погрешностей, чтобы лучше понять и уменьшить их.
- Проведение Монте-Карло исследований и разработка программных инструментов для анализа, получение физических результатов.

Направления деятельности:

- поиск легкой темной материи (LDM)
- участие в рабочей группе, выполнение исследований важных для оценки систематических погрешностей в различного рода анализах на данных ND280

Электронный и пионный каналы поиска LDM-кандидатов

- Показаны результаты моделирования рождения LDM на мишени и ее последующего рассеяния на электронах в веществе FGD. Моделирование проводилось с помощью VdNMC генератора
- Начали оценивать эффективности регистрации LDM-кандидатов в электронном канале при различных значениях их масс, фон от нейтринных взаимодействий, оценку систематических ошибок от источников детекторной систематики
- В пионном канале поиска LDM-кандидатов планируем оценить чувствительность T2K в этом канале
- Мы планируем провести исследование и оценить возможные улучшения в поиске LDM в специальных сеансах с выключенными магнитами фокусировки вторичных частиц («horn off» mode).



Поиск частиц легкой темной материи: результаты и планы

Результаты:

- Начато исследование по поиску LDM-кандидатов в электронном канале в детекторе ND280
- Начаты подготовка MC сэмплов и программы отбора событий, получение оценок эффективностей регистрации LDM-кандидатов при различных значениях их масс, оценка фона от нейтринных взаимодействий, оценка систематических ошибок от источников детекторной систематики

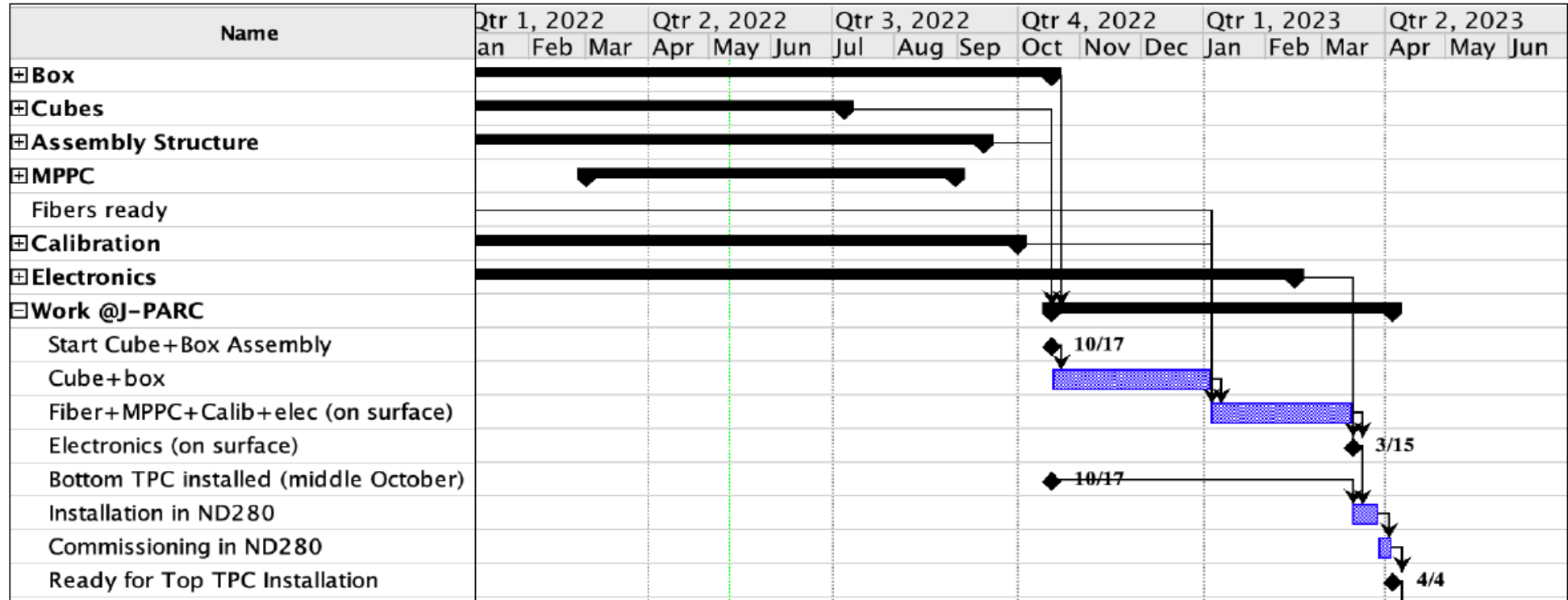
Планы:

- Добавить поиск LDM-кандидатов в пионном канале в детекторе ND280
- Оценить потенциал T2K в поиске легкой темной материи при текущей доступной статистике ($\sim 2 \times 10^{21}$ POT), при ожидаемой статистике T2K-II (20×10^{21} POT) и при проведении специальных сеансов с уменьшенной интенсивностью нейтринного пучка
- При возможности улучшить пределы на существование LDM мы проведем исследование на данных или предложим коллаборации провести специальный набор данных для поиска LDM

Планы участия группы ОИЯИ в T2K-II в 2023 г.

- Участие в сборке мишени SFGD в J-PARC на лесках, далее на оптических волокнах. Тестирование оптических каналов в процессе сборки.
- Создание остальных 7 NIM блоков системы калибровки SFGD в J-PARC. Участие в сборке и наладке полной системы калибровки.
- Участие в установке детектора в шахту и вводе его в эксплуатацию.
- Участие в сеансах набора данных T2K-II.
- Поиск «темных» фотонов на данных с ближней мишени эксперимента T2K и T2K-II.
- Продолжить изучение выхода вторичных частиц с графитовой мишени (replica target at CERN). Улучшение точности определения выхода нейтрино из мишени до $\sim 4\%$.

Общий график работ



Кадровые ресурсы

Name	FTE	Positon	Work (apart common duties like shifts)
A.M. Artikov	0.5	Head of sector	SuperFGD cube tests
V.Yu. Baranov	1.0	Junior researcher	SuperFGD cube tests
A.V. Boikov	1.0	engineer	SuperFGD calibration system
A.O. Brazhnikov	0.3	design engineer	platform and tooling for SFGD assembly
Yu.I. Davydov	0.8	Head of department	SuperFGD assembly group leader
D.L. Demin	0.3	Head of sector	Tests at DLNP Linak-200
V.V. Glagolev	0.5	DLNP Deputy director	SuperFGD
N.V. Khomutov	0.3	scientist	Firmware development
N.V. Kirichkov	0.3	head of the design department	platform and tooling for SFGD assembly
V.I. Kiseeva	1.0	Young researcher	Monte Carlo, data analysis
A.O. Kolesnikov	0.8	scientist	SuperFGD tests
A.V. Krasnoperov	0.3	scientist	Software support
V.L. Malyshev	0.5	scientist	SuperFGD tests
B.A. Popov	1.0	Senior scientist	Data analyses
A.V. Shaikovskiy	0.4	design engineer cat. 1	platform and tooling for SFGD assembly
I.A. Suslov	1.0	Senior scientist	Monte Carlo, data analysis
V.V. Tereschenko	0.8	Head of group	SuperFGD calibration system
S.V. Tereschenko	0.6	Engineer	SuperFGD calibration system
I.I. Vasilyev	1.0	Junior researcher	SuperFGD cube tests
Total FTE	12.4		

Необходимые ресурсы и смета затрат по проекту Т2К-II

Форма 26

Форма 29

Наименования затрат, ресурсов, источников финансирования		Стоимость (тыс. долл.). Потребности в ресурсах	Предложение лаборатории по распределению финансирования и ресурсов		
			2023	2 год	3 год
Затраты	Основные узлы оборудования, работы по его обновлению, наладке и т.п.	15	15		
	Строительство/ремонт помещений				
	Материалы				
Необходимые ресурсы	Нормо-час	Ресурсы	300ч	300ч	
		– конструкторского бюро лаб.; – Опытного производства ОИЯИ; -опытного производства лаборатории; – ускорителя; – ЭВМ. Эксплуатационные расходы.	300ч	300ч	
Источники финансирования	Бюджетные средства	Затраты из бюджета, в том числе инвалютные средства	80	80	
	Внебюджетные средства	Вклады коллаборантов. Средства по грантам. Вклады спонсоров. Средства по договорам. Другие источники финансирования и т.д.			

Наименование статей затрат	Полная стоимость	2023	2 год	3 год
Прямые расходы на Проект				
1. Ускоритель, реактор	50 ч	50 ч		
2. ЭВМ				
3. Компьютерная связь				
4. Конструкторское бюро	300 ч	300 ч		
5. Опытное производство	300 ч	300 ч		
6. Материалы				
7. Оборудование	15 k\$	15 k\$		
8. Строительство/ремонт помещений				
9. Оплата НИР, выполняемых по договорам (коллорац. взнос)	25 k\$	25 k\$		
10. Командировочные расходы, в т.ч: а) в страны нерублевой зоны б) в города стран рублевой зоны в) по протоколам	40 k\$	40 k\$		
Итого по прямым расходам:	80 k\$	80 k\$		