

Результаты и статус эксперимента ν GeN

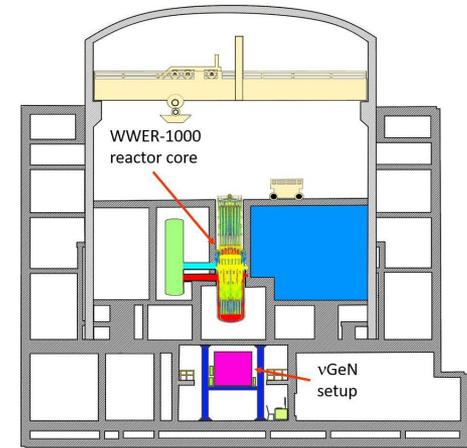
Игнатов Георгий для коллаборации ν GeN
ФИАН, МФТИ

10.03.2026

СЯФ ОФН РАН 2026. Новосибирск

Исследование выполнено при поддержке РФФ (проект #24-72-10089)

- 3-й энергоблок КАЭС
- Защита от космики ~ 50 м.в.э.
- 11 м от центра активной зоны
- Поток антинейтрино $4.4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
- Реакторный цикл: 16.5 (1.5) месяцев ON (OFF)

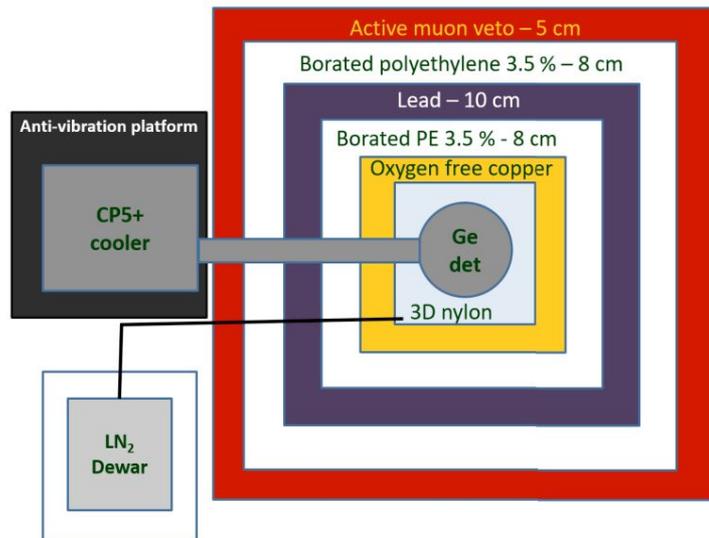


Основные цели:

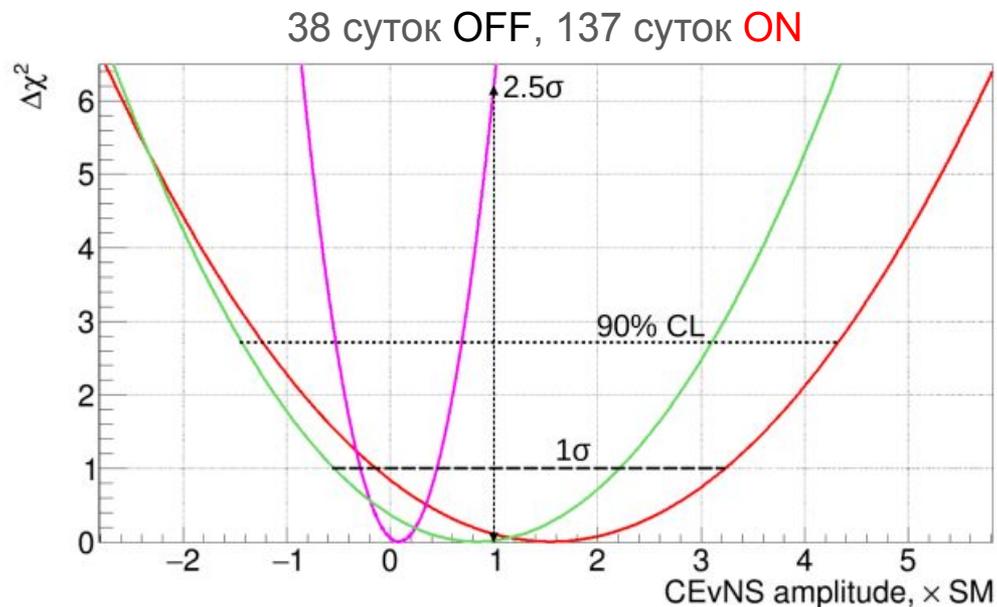
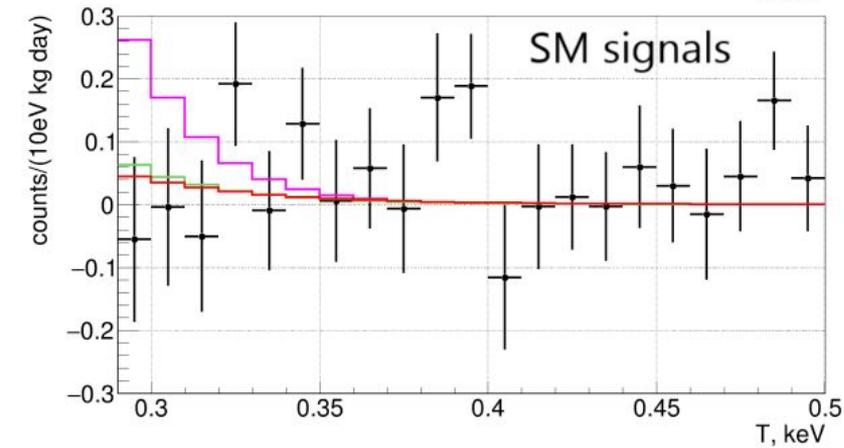
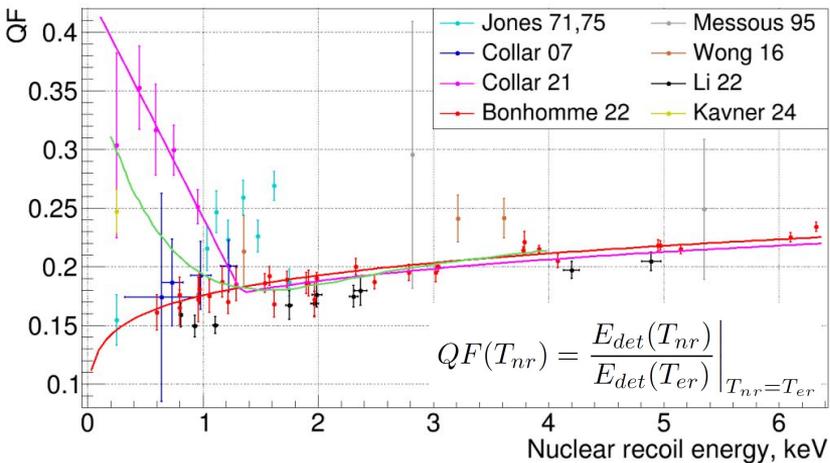
- Измерение УКРН
- Поиск ЭМ свойств нейтрино
- Поиск МЗ и АП частиц

Детектор ν GeN

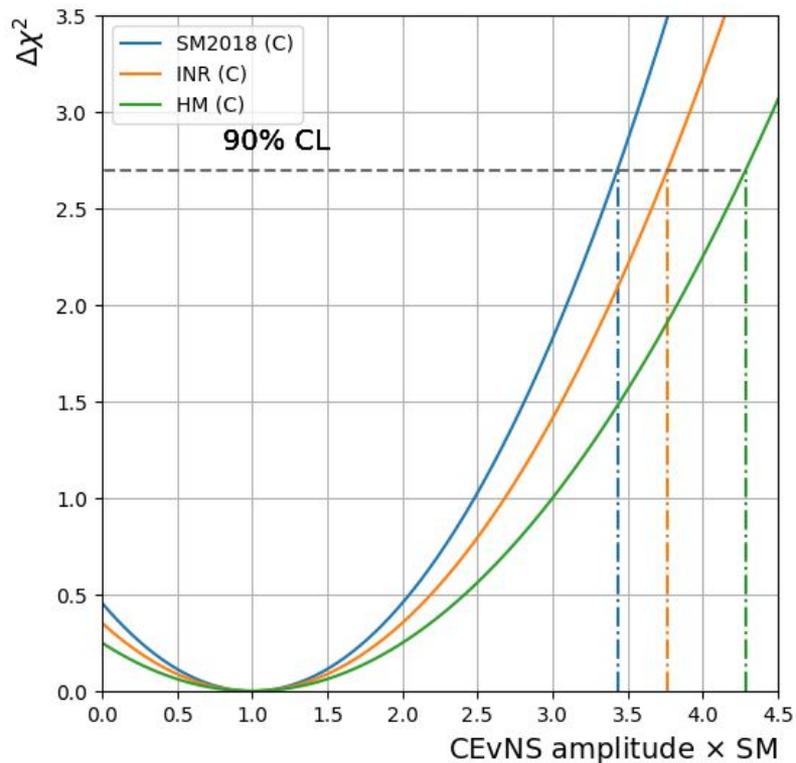
- HPGe PPC массой 1.4 кг
- FWHM: 102 эВ от генератора импульсов
- Порог: 0.29 кэВ



- Охлаждение криокулером
- Многослойная защита + мюонное вето
- Антивибрационная платформа
- Сравнение сигналов с разным временем формирования для подавления шумов
- Полная статистика ~2400 кг·суток к 2026 году, но разные условия

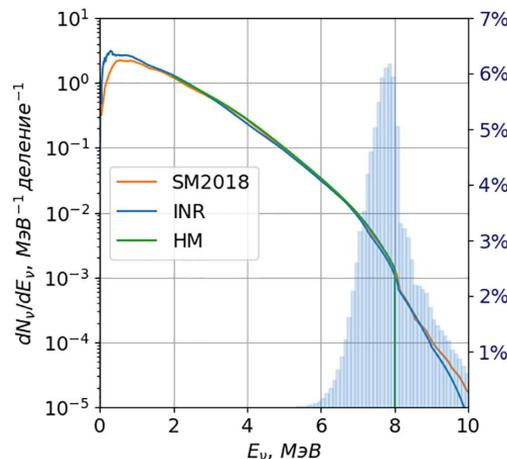


QF	$A_{best} \pm \sigma_A, \times$ SM	χ^2_{best} (ndf=10)	S, \times SM	L, \times SM
C	1.5 ± 1.7	13.6	3.8	4.3
D1	0.1 ± 0.4	14.4	1.6	0.7
D2	0.8 ± 1.4	14.1	3.3	3.1



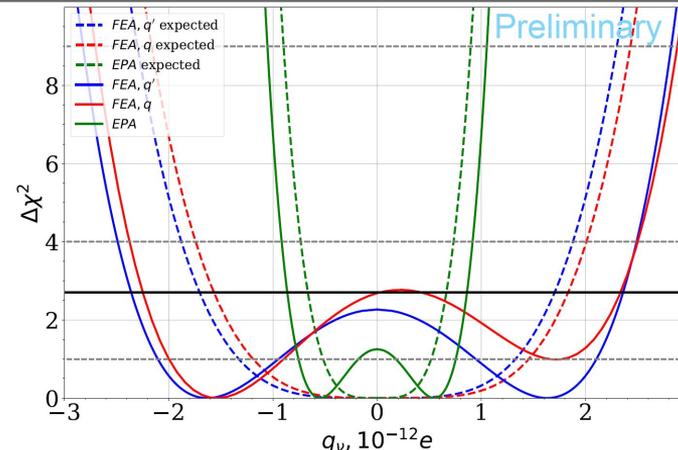
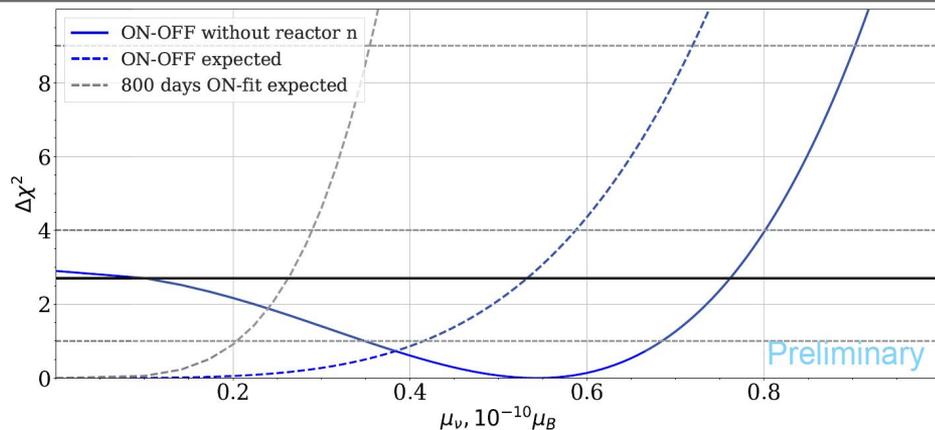
Исследована чувствительность к УКРН в зависимости от модели спектра реакторных антинейтрино

Статистика – 1 реакторный цикл



Sensitivity, \times SM (90% CL)	Spectrum	D1	D2	C
	SM2018	1.5	3.0	3.4
	INR	1.6	3.2	3.8
	HM	1.5	3.5	4.3

Желательно более точное измерение высокоэнергичной части нейтринного спектра



Эксперимент	Тип	Предел, $10^{-11} \mu_B$
CONUS	R	7.5
vGeN (this)	R	7.5
TEXONO	R	7.4
GEMMA	R	2.9
XENONnT	S	0.64

Поиск в области от **0.4** до **17** кэВ; больше статистика из-за ослабленных ограничений на шумы

В фите учтена нестабильность потока мюонов, космогенных изотопов, радона

Эксперимент	Тип	Предел, $10^{-12} e$	Комментарий
GEMMA	R	1.5 (2.7)	estim. (FEA)
TEXONO	R	2.1	MCRPPA
TEXONO	R	1.2	EPA
vGeN (this)	R	0.86 (2.4)	EPA (FEA)
CONUS+	R	0.6	EPA
LZ	S	0.22	MCRPPA

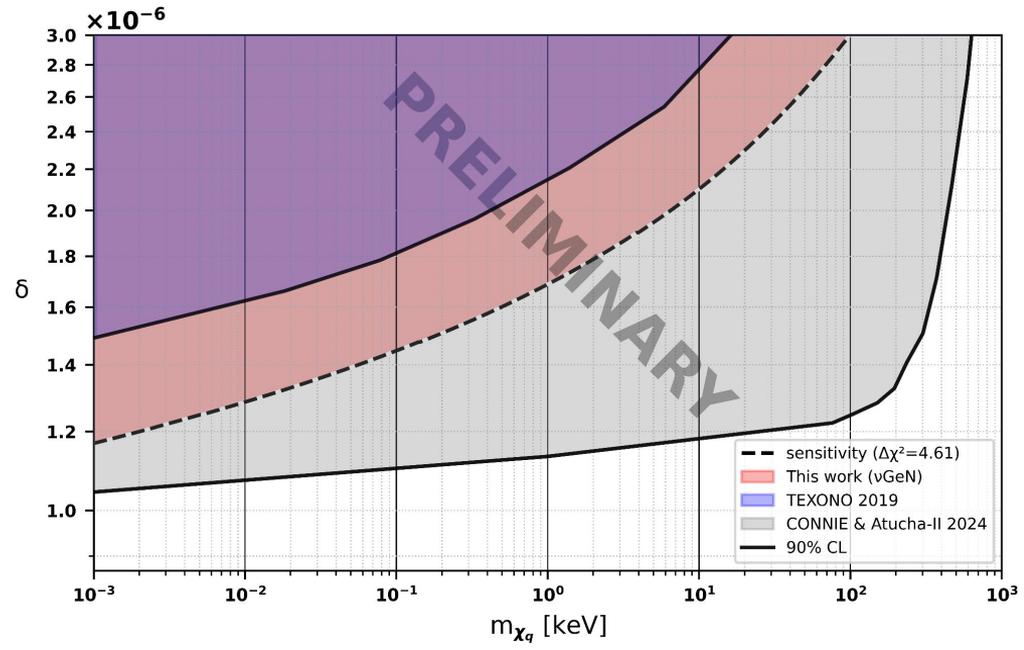


механизм рождения МЗ частиц в реакторе

$$\frac{dN_\gamma}{dE_\gamma} = 0.581 \cdot 10^{18} \cdot e^{-1.1 \cdot E_\gamma (MeV)} \cdot N_T (MW)$$

Поток МЗ частиц получен из свертки спектра гамма-излучения в реакторе с сечением рождения МЗ частиц

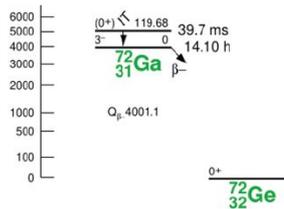
$$\frac{d\sigma}{dE_\chi} = \frac{4}{3} \frac{\delta_\chi^2 \alpha^3}{m_e^2 E_\gamma^3} [3(E_\chi^2 + E_{\bar{\chi}}^2) + 2E_\chi E_{\bar{\chi}}] \log\left(\frac{2E_\chi E_{\bar{\chi}}}{E_\gamma m_\chi}\right)$$



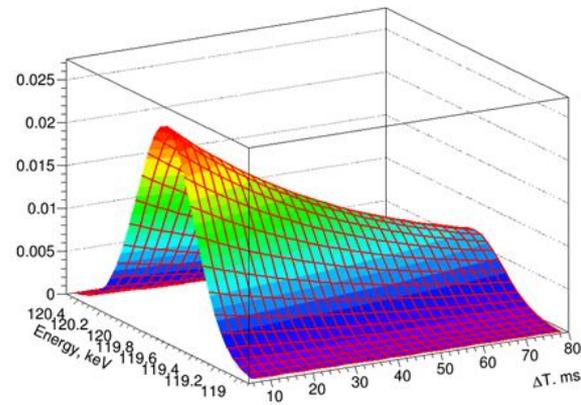
Чувствительность оценена на основе данных OFF (69 суток) и предполагаемой статистике ON 140 суток

Поиск реакции: $\bar{\nu} + \text{Ge} \rightarrow e^+ + \text{Ga}$

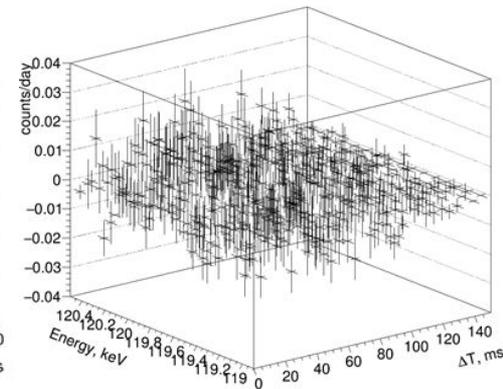
Большое энерговыделение от e^+e^- аннигиляции с вероятностью ~50% влечет сброс заряда предусилителя



Метаустойчивый уровень, возбуждение снимается гамма-квантом с энергией 119.7 кэВ



Модель сигнала (E, ΔT)

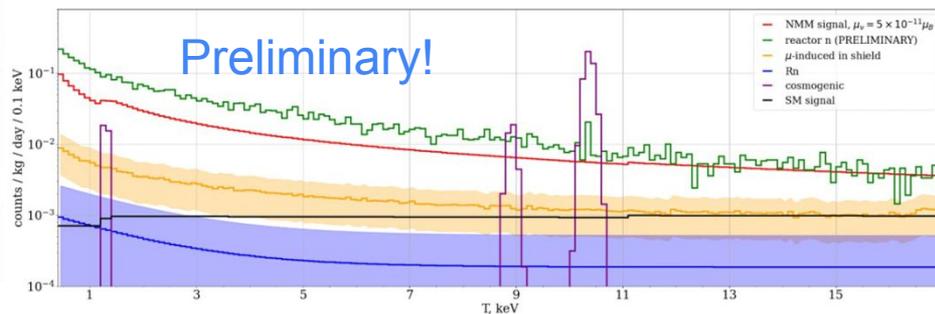
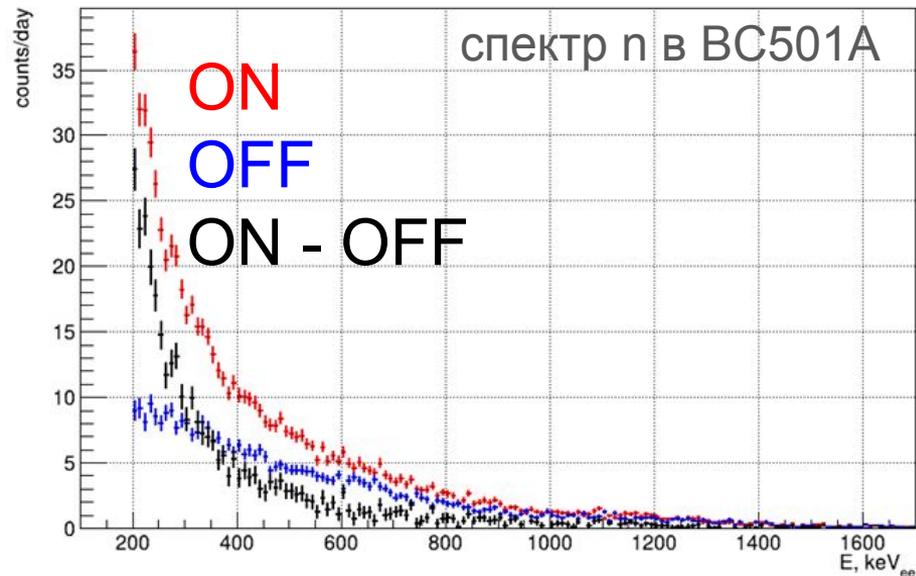
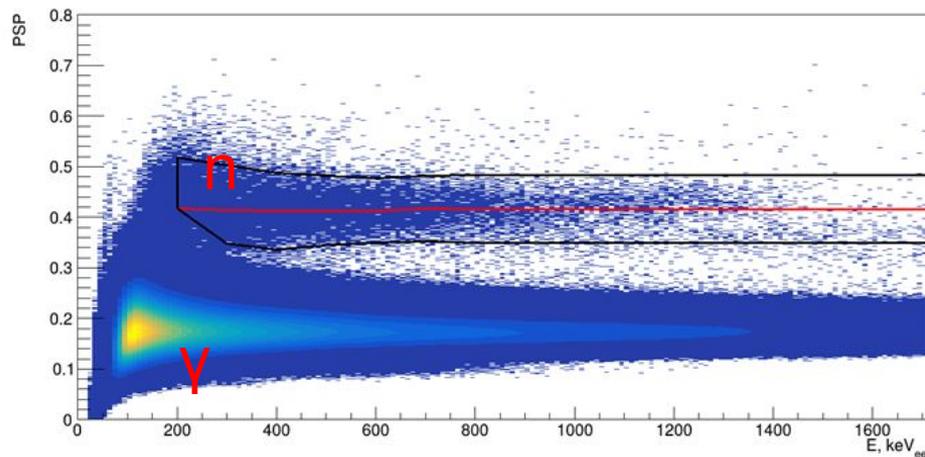


Данные - модель фона

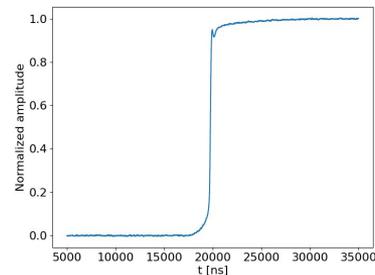
Предварительное ограничение на сигнал:
 $\sigma \leq 4 \cdot 10^{-43} \text{ см}^2$

Фон от реакторных нейтронов

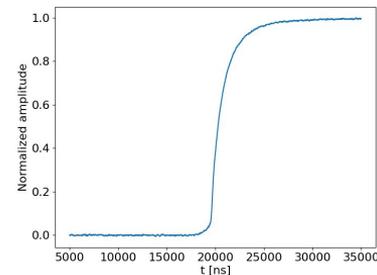
- Измерение потока нейтронов в экспериментальном холле детектором на основе ЖС BC501A
- Возможность разделения событий n, γ по форме сигнала
- Моделирование отклика в Ge на найденный спектр с помощью модели детектора и защиты в Geant4



- **Система комптоновского вето:** 30кг NaI скintиллятор. Тесты в БНО
- **Система сбора данных:** запись форм сигналов для дискриминации шумовых, приповерхностных сигналов. Лабораторные тесты новой системы
- **Система охлаждения:** меньше рабочая мощность → меньше вибрации → уменьшение уровня шумов. Лабораторные тесты модификаций с водяным теплоотведением. Тесты с воздушным охлаждением радиаторов не дали желаемого результата
- **Рассматривается модификация защиты**



быстрый сигнал



медленный сигнал

Поиск УКРН:

- Предел на УКРН: $4.3 \cdot \text{СМ}$ (квенчинг С)
- Расхождение (2.5σ) с квенчингом D1
- Исследовано влияние моделей спектров антинейтрино на чувствительность к УКРН
- Идет анализ данных следующего реакторного цикла

Belov V. et al. New constraints on coherent elastic neutrino–nucleus scattering by the vGeN experiment // Chinese Physics C. – 2025. – Т. 49. – №. 5. – С. 053004.

Konovalov A. M. et al. Impact of Models of Reactor Antineutrino Energy Spectra on the Sensitivity of the vGeN Experiment to Coherent Scattering of Neutrinos off Germanium Nuclei // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2025. – Т. 52. – №. 11. – С. 564-575.

Поиск ЭМ свойств нейтрино:

- Оценена чувствительность (предварительные результаты) к ММ и МЗ нейтрино: $5.4 \cdot 10^{-11} \mu_B$ ($7.5 \cdot 10^{-11} \mu_B$) и $0.66 \cdot 10^{-12} e$ ($0.86 \cdot 10^{-12} e$) для ЕРА

Bystryakov A. D. et al. Sensitivity of vGeN Experiment to Magnetic Moment of Reactor Antineutrinos // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2024. – Т. 51. – №. 12. – С. 508-514.

Оценена чувствительность к МЗ частицам

Получено предварительное ограничение на сечение захвата антинейтрино ядром германия

Идет набор данных, работа над модернизацией, анализ фона реакторных нейтронов

Спасибо за внимание!

