

Отдел полупроводниковых ядерных детекторов

Лаб. низкофоновых измерений

- 1) А.В. Дербин внс, дфмн,
- 2) В.Н. Муратова, снс, кфмн
- 3) Д.А. Семенов, снс. кфмн
- 4) И.М. Котина, снс, кфмн
- 5) О.И. Коньков, снс, кфмн
- 6) И.С. Драчнев, снс, PhD, кфмн
- 7) А.С. Бондаренко, снс, кфмн
- 8) Н.В. Базлов, нс
- 9) Е.В. Унжаков, снс.
- 10) Н.В. Ниязова, мнс.
- 11) И.С. Ломская, мнс.
- 12) Д. Иванов, аспирант лаб.-иссл.

Группа физики и технологии п/п детекторов

- 1) М.В. Трушин, кфмн, внс
- 2) Л.В. Силантьева вед. инж.-эл.
- 3) Г.Э. Иващенко вед. инж.-тех.
- 4) Е.В. Федоров вед. инж.-тех.
- 5) Т.А. Филиппова инж.
- 6) Е.А. Чмель вед. инж.-тех.

Группа Радиохимии

В отделе сейчас – 20 чел.

1 дфмн; 7 кфмн; внс – 2; снс – 7; нс – 1; мнс – 2; асп. – 1; студ. – 0; вед.инж.-6; инж.-2; рег. ап. -1; сл. мех.-1; ($\Sigma 13$ нс) + 7 ИТР + ОИЯИ (3)

Конструкторский технологический участок

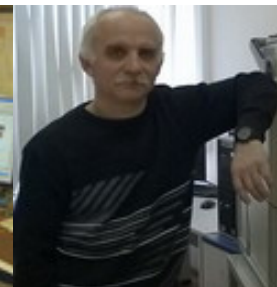
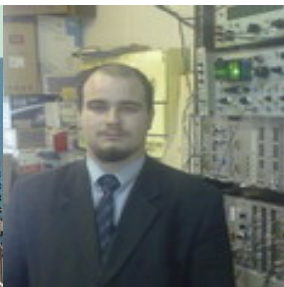
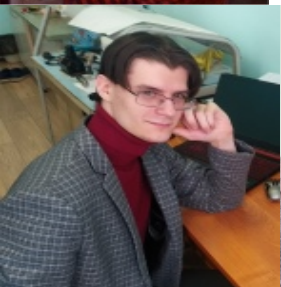
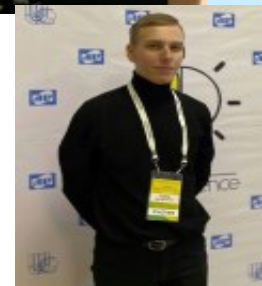
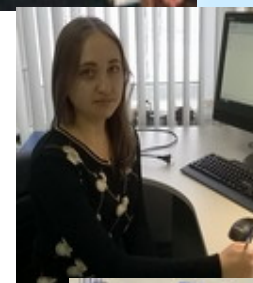
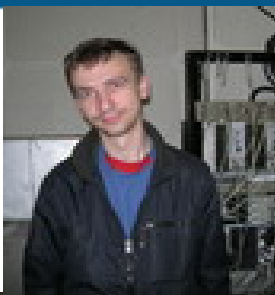
- 1) А.П. Михайлов регулировщик р.а.
- 2) В.А. Радаев слесарь мех.сб.р.

Отдел полупроводниковых ядерных детекторов Лаборатория низкофоновых измерений

Состав (12 (ставок?) чел.):

А.В. Дербин внс, дфмн,
В.Н. Муратова, снс, кфмн
Д.А. Семенов, снс, кфмн
И.М. Котина, снс, кфмн
О.И. Коньков, снс, кфмн
И.С. Драчнев, снс, PhD
М.В. Трушин, снс->внс, кфмн
А.С. Бондаренко, снс, кфмн
Н.В. Базлов, нс
Е.В. Унжаков, снс
Н. Ниязова, мнс
И.С. Ломская, мнс
М.С. Микулич, лаб.-иссл.
Д. Иванов аспирант ПИЯФ

0ст+1 асп+2мнс+1нс+7снс+2внс
1 д.ф.м.н. и 7 к.ф.м.н.



Работы в Отделе в 2024 году

Работы проводились по 4 основным направлениям:

1) Нейтрино,

- 1) *Borexino*, доклад **И. Драчнев** - аксион 5.5 МэВ Вх
- 2) Измерения β - и γ -спектров, доклад **М. Трушина** - $T_{1/2}^{71}\text{Ge}$
- 3) Реликтовые нейтрино, доклад **Д. Иванова** - ^{210}Bi

2) Темная материя

эксперименты по поиску **аксионов** (ПИЯФ, БНО ИЯИ, Н.Новгород) –

- 4) аксионы с болометром $\text{Tm}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$,
 - 5) аксиоэлектрический эфф. на Kr (непрерывный и 14.4 кэВ)
 - 6) и по поиску **WIMPs** (**DarkSide20k**) $n+\text{Si}$, **DEAP** 5.5 МэВ axion)
- з) **Изучение радиационной стойкости кремниевых п/п детекторов**
(разработка $n+\text{Si}$ -источника для нейтринных экспериментов)
(рук. М.В. Трушин)
- 4) **Изучение параметров п/п детекторов и МДП структур**
(разработка Si-мультidetектора для измерения β -спектров осколков деления для восстановления спектра реакторных антинейтрино)
(рук. И.М. Котина, М.В. Трушин)

Публикации в 2024 г. (11 + 8)

11 публикаций в индексируемых журналах (WoS & Scopus)

1. P. Agnes et al., (DarkSide Coll.), Constraints on directionality effect of nuclear recoils in a liquid argon time projection chamber, *European Physical Journal C* (2024) 84:24
2. D. Basilico et al., (Borexino coll.), Directionality measurement of CNO neutrinos with Borexino detector, *PoS TAUP2023* (2024) 158
3. A. Singhal et al., (Borexino coll.), Combined directional and spectral analysis of solar neutrinos from Carbon-Nitrogen-Oxygen fusion cycle with Borexino Experiment, *PoS (EPS-HEP2023)* (2024) 163
4. Е.Ф. Бубнов, Ю.М. Гаврилюк, А.Н. Гангапшев, А.В. Дербин, И.С. Драчнев, В.В. Казалов, В.В. Кузьминов, В.Н. Муратова, Д.А. Текуева, Е.В. Унжаков, С.П. Якименко, Поиск аксиоэлектрического эффекта в атомах Kr для солнечных аксионов, *Письма в ЖТФ*, 2024, том 50, вып. 6, стр. 37
5. N.V. Bazlov, O.F. Vyvenko, N.V. Niyazova, I.M. Kotina, M.V. Trushin, A.S. Bondarenko, Structure and Electrical Conductivity of Thin AlN Films on Si, *Crystallography Reports*, 2024, Vol. 69, No. 1, pp. 65–72.
6. D. Basilico et al., (Borexino coll.), Optimized α/β pulse shape discrimination in Borexino, *Physical Review D* 109, 112014 (2024)
7. P. Agnes et al., (DarkSide-50 Coll.), Long-term temporal stability of the DarkSide-50 dark matter detector, *JINST* 19, 05, P05057 (2024)
8. F. Acerbi et al., (DarkSide-20K Coll.), A new hybrid gadolinium nanoparticles-loaded polymeric material for neutron detection in rare event searches, *JINST* 19, P09021, (2024)
9. Дербин А.В., Драчнев И.С., Ломская И.С., Муратова В.Н., Ниязова Н.В., Семенов Д.А., Унжаков Е.В., Поиск солнечных аксионов с энергией 5.5 МэВ с детектором Бorexино, *Письма ЖТФ*, т.50, в.23, с.4, (2024)
10. А.В. Дербин, И.С. Драчнев, Ю.М. Гаврилюк, А.М. Гангапшев, В.В. Казалов, В.В. Кузьминов, В.Н. Муратова, Д.А. Семенов, Д.А. Текуева, М.В. Трушин, Е.В. Унжаков, С.П. Якименко, Поиск солнечных аксионов с энергией 14.4 кэВ с помощью Kr пропорционального счетчика, *Письма ЖТФ*, т.50, в.23, с.7, (2024)
11. Дербин А.В., Драчнев И.С., Иванов Д.И., Муратова В.Н., Ниязова Н.В., Трушин М.В. Унжаков Е.В. Поиск проявления космологических реликтовых нейтрино в β спектре ^{210}Bi , *ЖТФ*, т.94, в.12, с.1981 (2024)

Публикации 2024 г. (11 + 8)

8 публикаций в arXive и в Proceedings

1. F. Acerbi et al., (DarkSide-20k coll.), A new hybrid gadolinium nanoparticles-loaded polymeric material for neutron detection in rare event searches, [arXiv:2404.18492](#) [hep-ex] 29 Apr 2024
2. F. Acerbi et al., (DarkSide-20k coll.), DarkSide-20k sensitivity to light dark matter particles, [arXiv:2407.05813v1](#) [hep-ex] 8 Jul 2024
3. F. Acerbi et al., (DarkSide-20k coll.), Benchmarking the design of the cryogenics system for the underground argon in DarkSide-20k, [arXiv:2408.14071v1](#) [physics.ins-det] 26 Aug 2024
4. S. Ahyoune et al., (IAXO Collaboration), An accurate solar axions ray-tracing response of BabyIAXO, [arXiv:2411.13915](#) [hep-ex] Nov 21, 2024
5. F. Acerbi et al., (DarkSide-20k coll.), Quality Assurance and Quality Control of the 26 m² SiPM production for the DarkSide-20k dark matter experiment, [arXiv:2412.18867](#)
6. Драчнев И. С., Дербин А. В., Ломская И. С., Муратова В. Н., Ниязова Н. В., Семенов Д. М., Унжаков Е. В. Поиск солнечных аксионов с энергией 5.5 МэВ с детектором Борекино, **Тезисы докладов международной конференции Физика.СПб**, 21–25 октября 2024 года
7. А.В.Дербин, И. С.Драчнев, Ю. М.Гаврилюк, А. М.Гангапшев, В. В.Казалов, В. В.Кузьминов, В. Н.Муратова, Д. А. Семенов, Д. А.Текуева, М. В. Трушин, Е. В.Унжаков, С. П.Якименко, Поиск солнечных аксионов с энергией 14.4 кэВ с помощью Kr газового пропорционального счетчика, **Тезисы докладов международной конференции Физика.СПб**, 21–25 октября 2024 года
8. Трушин М. В., Базлов Н. В., Барахоева К. А., Вывенко О. Ф., Дербин А. В., Драчнев И. С., Котина И.М., Коньков О. И., Муратова В. Н., Ниязова Н. В., Семенов Д. А., Унжаков Е. В., Радиационные дефекты в кремниевых полупроводниковых детекторах вызванные длительным облучением альфа- частицами и осколками деления изотопа 252Cf. **Тезисы докладов международной конференции Физика.СПб**, 21–25 октября 2024 года

Доклады на конференциях и семинарах в 2024 г.

15 докладов и выступлений на конференциях и семинарах (8 чел.)

1. **А.В. Дербин**, Основные научные результаты ОПЯД в 2023 г. Поиск солнечных аксионов. Сессия Ученого совета Отделения нейтронных исследований, 17 - 18 января 2024 года, Гатчина.
2. **Н.В. Ниязова, Е.В. Унжаков** Измерения спектра электронных антинейтрино источника ^{144}Ce - ^{144}Pr при помощи полупроводниковых спектрометров. Сессия Ученого совета Отделения нейтронных исследований, 17 - 18 января 2024 года, Гатчина.
3. **И.С. Ломская**, Поиск низкоэнергетических сигналов от гравитационных событий с детектором Борексино. Сессия Ученого совета Отделения нейтронных исследований, 17 - 18 января 2024 года, Гатчина.
4. **А.В. Дербин**, Регистрация солнечных CNO нейтрино в эксперименте Борексино, Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, Дубна, ОИЯИ, 1-5 апреля 2024 г.
5. **В.Н. Муратова**, Поиски резонансного возбуждения ядерных уровней солнечными аксионами, Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, Дубна, ОИЯИ, 1-5 апреля 2024 г.
6. **И.С. Драчев**, Получение спектра антинейтрино ^{144}Pr , Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, Дубна, ОИЯИ, 1-5 апреля 2024 г.
7. **М.В. Трушин**, Компактный калибровочный источник нейтронов на основе радионуклида ^{252}Cf и кремниевого полупроводникового детектора для задач нейтринной физики и экспериментов по поиску частиц темной материи, Научная сессия секции ядерной физики ОФН РАН, Дубна, ОИЯИ, 1-5 апреля 2024 г.
8. **А.В. Дербин**, Поиск солнечных аксионов с энергией 14.4 keV с помощью K γ пропорционального счетчика, Международная конференция PhysicA.SPb-2024, 21-25 октября 2024 г., С. Петербург.
9. **И.С. Драчев**, Поиск солнечных аксионов с энергией 5.5 МэВ с детектором Борексино, Международная конференция PhysicA.SPb-2024, 21-25 октября 2024 г., С. Петербург.
10. **Д.В. Иванов**, Поиск проявления космологических реликтовых нейтрино в β спектре ^{210}Bi , Международная конференция PhysicA.SPb-2024, 21-25 октября 2024 г., С. Петербург.
11. **М.В. Трушин**, Preliminary results of the new precision measurements of ^{71}Ge lifetime purposed for a solution of "gallium anomaly" problem, The 7th International conference on particle physics and astrophysics ICPPA-2024, 22-25 октября 2024 г., Москва.
12. **И.С. Ломская**, A search for correlation of neutrino events in the Borexino detector with transient astrophysical phenomena, The 7th International conference on particle physics and astrophysics ICPPA-2024, ICPPA-2024, 22-25 октября 2024 г., Москва.
13. **Д.В. Иванов**, Первые результаты прецизионных измерений периода полураспада ^{71}Ge , выполненные с целью поиска решения «галлиевой аномалии» XI Всероссийский молодежный научный форум Open Science 2024, 11-13 ноября 2024 г, Гатчина
14. **А.В. Дербин**, Экспериментальные поиски солнечных аксионов, Ядерный семинар ОФВЭ, 5 ноября 2024 г., Гатчина
15. **А.В. Дербин**, Экспериментальные поиски солнечных аксионов в ПИЯФ, семинар-совещание Национального центра физики и математик, 17 декабря 2024 г., НИИЯФ МГУ, Москва.

Диссертации, аспирантура, магистратура

Аспирантура ПИЯФ -> мнс -> к.ф.м.н.

«Изучение бета-спектров источника электронных антинейтрино ^{144}Ce - ^{144}Pr с помощью полупроводниковых детекторов для поиска осцилляций нейтрино в стерильное состояние.»

(Н. Ниязова, с 2017 г., рук. А.В. Дербин)

«Поиск редких низкоэнергетических событий от астрофизических источников с детектором Борексино»

(И. Ломская, 2019, рук. И.С. Драчнев / А.В. Дербин)

Специалитет ТУ (2024) -> Аспирантура ПИЯФ (2024)

Курсовая – > диплом СПбГТУ (ТИ) (2021-24)-> Аспирантура

Д.В. Иванов «Поиск проявления космологических реликтовых нейтрино в β -спектре ^{210}Bi »

(2023, рук. Е.В. Унжаков / А.В. Дербин)

Курсовая – > диплом СПбГТУ (ТИ) (2021-24)-

Е.Ф. Бубнов «Спектрометр на основе полупроводниковых кремниевых детекторов для измерения бета-спектров в присутствии γ -фона»

(2023, рук. М.В. Трушин / А.В. Дербин)

1 грант РФФИ в 2024 г., 1 заявка на 2025 г.

Гранты РФФИ

1. Грант РФФИ 24-12-00046

Исследования Солнца, Земли, других астрофизических объектов и редких физических процессов с помощью нейтринной спектроскопии на полном наборе данных детектора Борексино.

руководитель *Дербин Александр Владимирович* НИЦ КИ ПИЯФ

Заявки на грант РФФИ

«Разработка и создание компактного калибровочного источника нейтронов на основе радионуклида ^{252}Cf и радиационно-стойкого кремниевого п/п детектора для задач нейтринной физики и экспериментов по поиску частиц темной материи»

руководитель *Трушин Максим Валерьевич* НИЦ КИ ПИЯФ

Премии и награды в 2024 г.

Третья премия на конкурсе лучших работ ПИЯФ «Поиски сигналов нейтрино и антинейтрино, связанных с быстрыми радиовсплесками и гравитационными волнами, в детекторе Borexino» 2 статьи от коллаборации Borexino

Подготовлены группой ПИЯФ: А.В. Дербин, И.С. Драчнев, И.С. Ломская, В.Н. Муратова, Н.В. Ниязова, Д.А. Семенов, Е.В. Унжаков



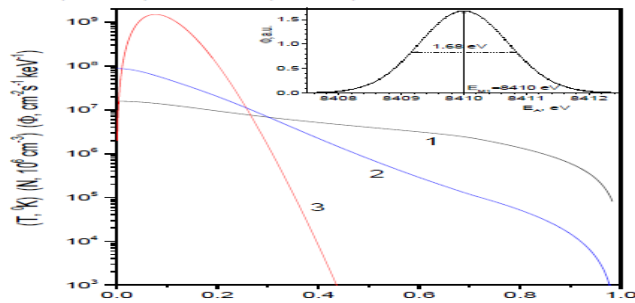
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Поиск солнечных аксионов
(продолжение работ)



Поиск солнечных аксионов с энергией 8.4 кэВ, излучаемых в M1-переходе ядер ^{169}Tm

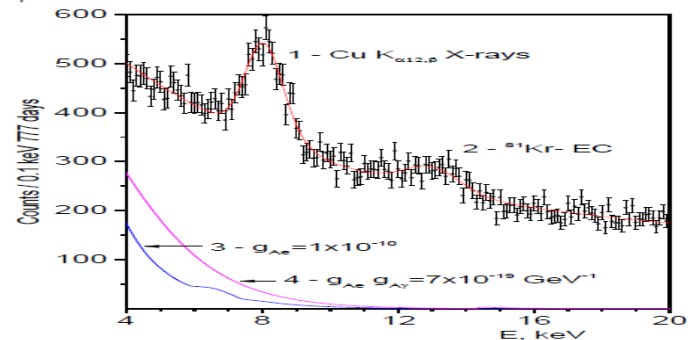
Проведен поиск аксионов с энергией 8.4 кэВ, излучаемых в M1-переходе ядер ^{169}Tm на Солнце, с помощью реакции резонансного поглощения ядрами ^{169}Tm на Земле. В качестве детектора использовался кристалл тулиевого граната $\text{Tm}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, который работал как болометрический детектор. Вычислен поток моно-хроматических 8.4 кэВ аксионов и получены новые ограничения на константы связи аксиона с нуклонами и массу аксиона в моделях адронного (KSVZ)- и GUT (DFSZ)- аксиона.



1 - распределение температуры (T , °K) и 2 - концентрации атомов ^{169}Tm (10^6 см^{-3}) в зависимости от радиуса r . 3 - поток аксионов из слоя $r_2 dr$ для значения $\omega_A/\omega_\gamma = 4 \times 10^{-14}$ и $dr = 5 \times 10^{-3} R_\odot$ ($\text{см}^{-2} \text{с}^{-1} \text{кэВ}^{-1}$).

Поиск аксиоэлектрического эффекта в атомах Kг для солнечных аксионов

Проведен поиск аксиоэлектрического эффекта (а.е.) в атомах криптона для солнечных аксионов. Для поиска использовался газовый счетчик, расположенный в низкофоновой установке в подземной лаборатории БНО ИЯИ РАН. В результате получены новые ограничения на константу связи аксиона с электроном $|g_{Ae}| \leq 4.9 \times 10^{-11}$ и на произведение констант связи с электроном и фотоном $|g_{Ae} g_{A\gamma}| \leq 1.6 \times 10^{-19} \text{ GeV}^{-1}$ (90% у.д.).



Спектр Kг-счетчика и результаты подгонки теоретической формой. 3, 4 — ожидаемые спектры от а.е. эффекта.

Новые результаты Борексино (2024)

2024 год: 1) Новые данные по потоку аксионов с энергией 5.5 МэВ
2) α/β -дискриминация в ЖС

2022 год: 1) Направление ${}^7\text{Be}$ нейтрино
2) Новое об CNO-нейтрино+ ${}^{210}\text{Bi}$ ПИЯФ
3) Быстрые радиовсплески

2020 год: CNO-нейтрино; (PNPI β -спектр ${}^{210}\text{Bi}$)
 νs от астрофизических источников; - Гео- νs ; -
Нестандартные взаимодействия νs

2018 год Комплексные результаты 10-летних измерений солнечных нейтрино

2016 год Корреляции гамма-всплесков и сигналов Борексино
Стерильное нейтрино -проект SOX_Ce

2014 год: pp -нейтрино.

2012 – год Аксион и $V_{\text{нейтрино}}$
• Солнечные аксионы.
• Скорость нейтрино.
• Начало Фазы 2

2010 – год антинейтрино

1. Гео-нейтрино
2. Солнечные анти-нейтрино
3. Фоновые анти-нейтрино
4. Переходы в ${}^{12}\text{C}$ с нарушением ПП

2023 год: 1) Новые данные по CNO-нейтрино с учетом выделения направления + ${}^{210}\text{Bi}$ ПИЯФ
2) Сигналы Borexino и гравитационные события NS-NS, NS-BH и BH-BH

2021 год: Сигналы Vx и быстрых радиовсплесков
Идентификация космогенного ${}^{11}\text{C}$; -
Выделение направления ${}^7\text{Be}$ нейтрино

2019 год: Совместный фит pp -, ${}^7\text{Be}$ -, и re -нейтрино,
Модуляция потока мюонов за 10 лет измерений, Гео-нейтрино, анти- ν от Солнца, солнечные вспышки, NSI

2017 год Корреляции грав. волн и сигналов Борексино
Временные вариации ${}^7\text{Be}$ -нейтрино
Магнитный момент $\nu \mu_{\text{eff}} \leq 2.8 \times 10^{-11} \mu_B$

2015 год -Стабильность электрона
гео-нейтрино за 2056 суток
Проект SOX_Ce

2013 год - Тяжелое стерильное нейтрино.

- Новые данные по гео нейтрино.
- Подготовка - стерильное нейтрино SOX
- Возможность регистрации pp -нейтрино, магнитного момента, ..

2011 – год ${}^7\text{Be}$ -, re -, CNO- ν

1. Вариации день-ночь для ${}^7\text{Be}$ - ν
2. Обнаружены re -нейтрино
3. Поток ${}^7\text{Be}$ - ν измерен с 5% точ.

Солнечные аксионы из реакции $p + d \rightarrow {}^3\text{He} + A$

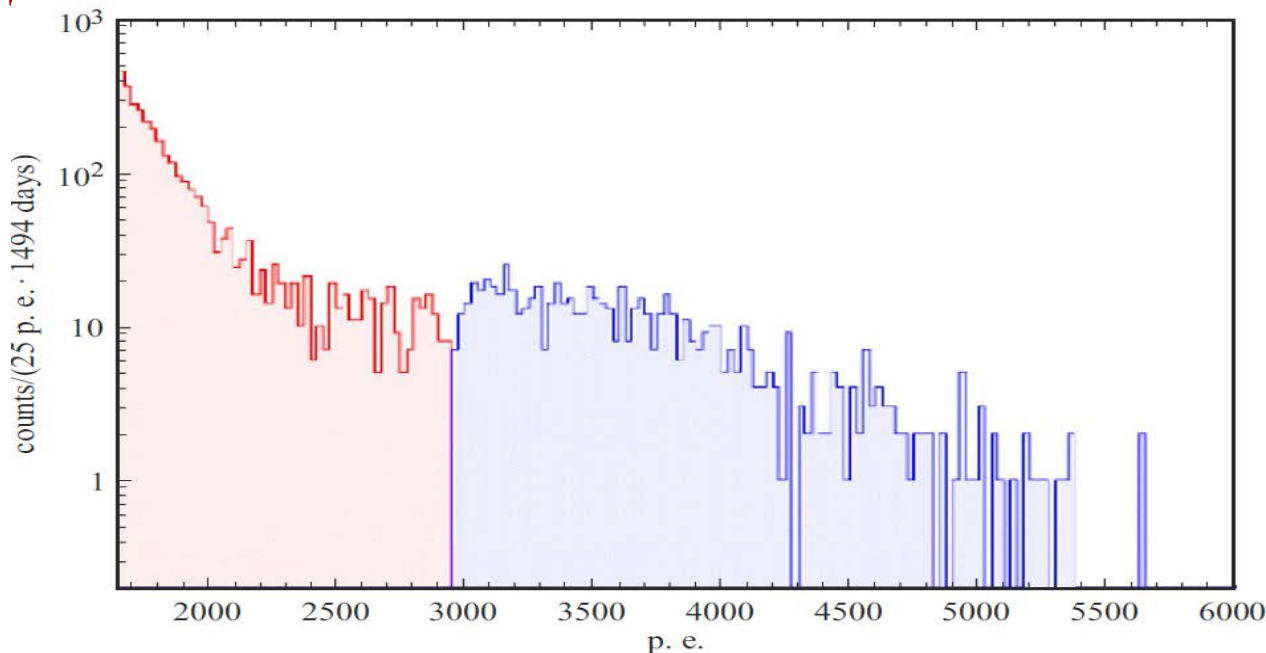
Письма в ЖТФ, 2024, том 50, вып. 23

12 декабря

Поиск солнечных аксионов с энергией 5.5 MeV с детектором Borexino

© А.В. Дербин, И.С. Драчнев, И.С. Ломская, В.Н. Муратова, Н.В. Ниязова, Д.А. Семенов, Е.В. Унжаков

Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова, Национальный исследовательский центр „Курчатовский институт“, Гатчина, Ленинградская обл., Россия



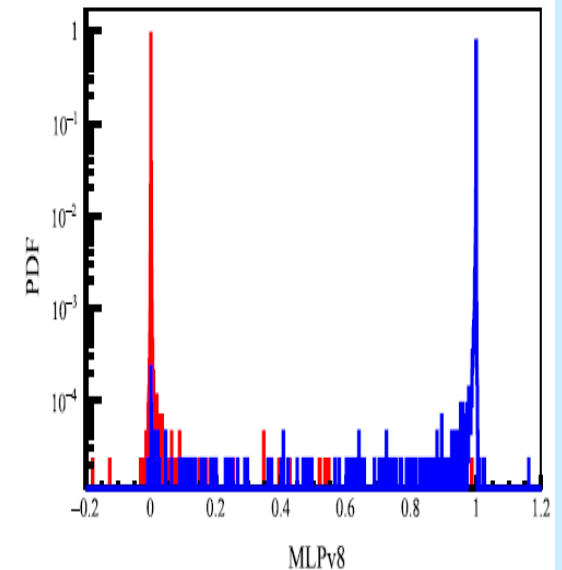
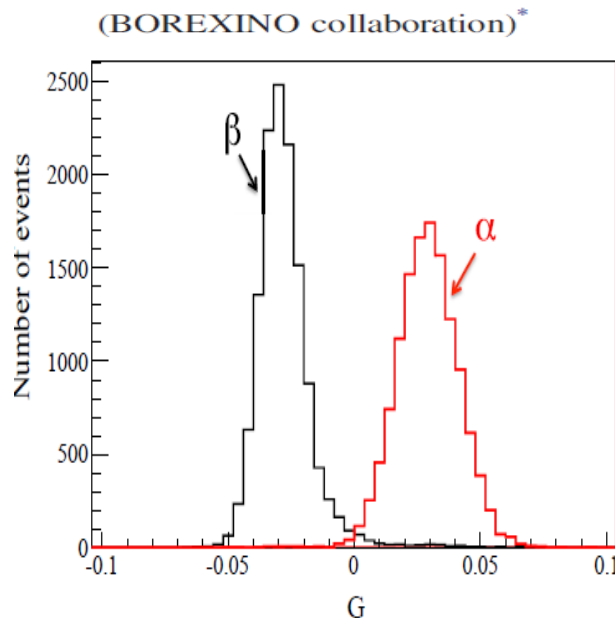
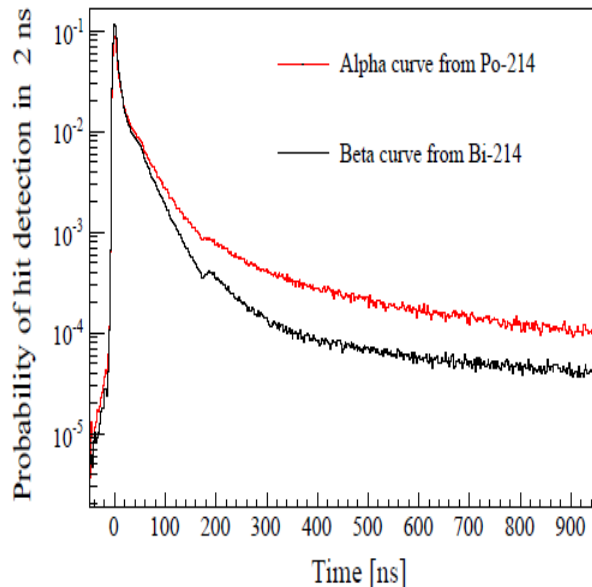
Проведен поиск сигналов реакций с участием аксиона на основе данных детектора Borexino. В результате предварительного анализа получены новые ограничения на константы связи аксиона с электроном и нуклонами и константы связи аксиона с фотонами и нуклонами: $|g_{Ae}g_{AN}^3| < 4.6 \cdot 10^{-13}$ и $|g_{Av}g_{AN}^3| < 3.6 \cdot 10^{-11} \text{ GeV}^{-1}$, все для 90% у.д..

Альфа-бета дискриминация

PHYSICAL REVIEW D **109**, 112014 (2024)

Optimized α/β pulse shape discrimination in Borexino

D. Basilico,¹ G. Bellini,¹ J. Benziger,² R. Biondi,^{3,a} B. Caccianiga,¹ F. Calaprice,⁴ A. Caminata,⁵ A. Chepurinov,⁶ D. D'Angelo,¹ **A. Derbin,⁷** A. Di Giacinto,³ V. Di Marcello,³ X. F. Ding,^{4,b} A. Di Ludovico,^{4,c} L. Di Noto,⁵ **I. Drachnev,⁷** D. Franco,⁸ C. Galbiati,^{4,9} C. Ghiano,³ M. Giammarchi,¹ A. Goretti,⁴ **M. Gromov,⁶** D. Guffanti,^{10,d} Aldo Ianni,³ Andrea Ianni,⁴ A. Jany,¹¹ V. Kobychyev,¹² G. Korga,^{13,14} S. Kumaran,^{15,16,e} M. Laubenstein,³ E. Litvinovich,^{17,18} P. Lombardi,¹ **I. Lomsкая,⁷** L. Ludhova,^{15,16} I. Machulin,^{17,18} J. Martyn,¹⁰ E. Meroni,¹ L. Miramonti,¹ M. Misiaszek,¹¹ **V. Muratova,⁷** R. Nugmanov,¹⁷ L. Oberauer,¹⁹ V. Orekhov,¹⁰ F. Ortica,²⁰ M. Pallavicini,⁵ L. Pelicci,^{15,16} Ö. Penek,^{15,f} L. Pietrofaccia,^{4,c} **N. Pilipenko,⁷** A. Pocar,²¹ G. Raikov,¹⁷ M. T. Ranalli,³ G. Ranucci,¹ A. Razeto,³ A. Re,¹ N. Rossi,³ S. Schönert,¹⁹ **D. Semenov,⁷** G. Settanta,^{15,g} M. Skorokhvatov,^{17,18} A. Singhal,^{15,16} **O. Smimov,²²** A. Sotnikov,²² R. Tartaglia,³ G. Testera,⁵ **E. Unzhakov,⁷** **A. Vishneva,²²** R. B. Vogelaar,²³ F. von Feilitzsch,¹⁹ M. Wojcik,¹¹ M. Wurm,¹⁰ S. Zavatarelli,⁵ K. Zuber,²⁴ and G. Zuzel¹¹



Наши планы в коллаб. Борексино и новые задачи

1. Получение заключительных данных по солнечным нейтрино и гео-нейтрино (14.5 лет)

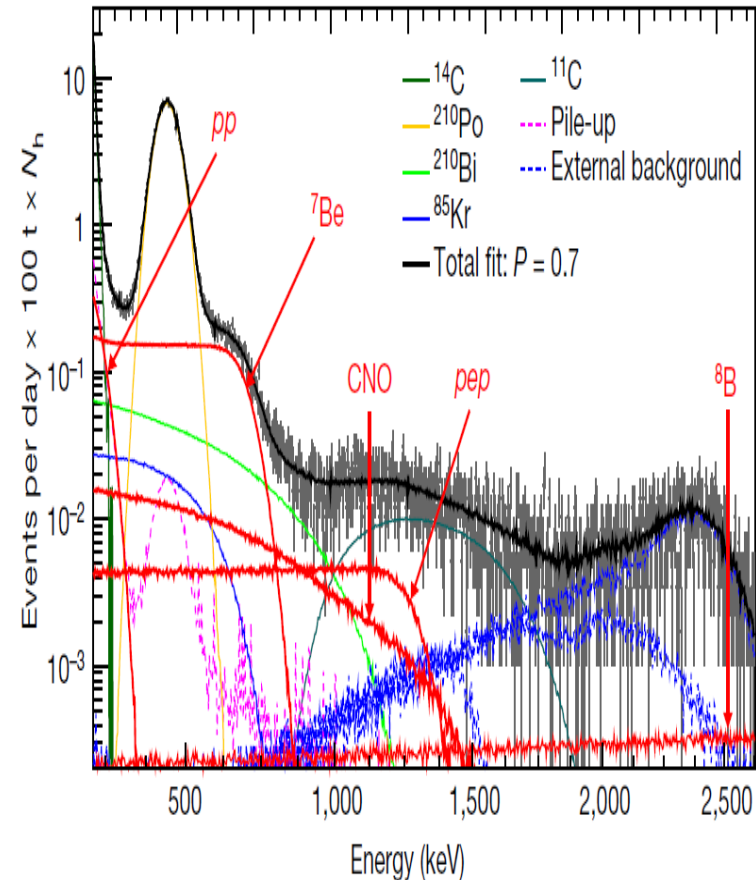
2. Поиск редких процессов, магнитный момент нейтрино, нарушение ПП, аксионы, тяжелое стерильное нейтрино, распады с $\Delta B = \pm 1, 2, 3$

3. Корреляции с γ -всплесками, солнечными вспышками, сигналами IceCube и Baikal-GVD

4. Бустерная темная материя

5. Поиск двойного бета-распада с Борексино (LEGEND ^{76}Ge)

6. DARWIN -DARk matter WImp search with liquid xenON



Поиск частиц темной материи в 2024 г.

1. Подготовка эксперимента по рассеянию WIMPs (N1) на ядрах Ar и электронах в экспериментах DARKSIDE (входим в группы Materials, Analysis, Calibration) и DEAP (3600 кг LAr детектор в SNO, ПИЯФ – 5.5 МэВ аксионы)

2. Поиск солнечных и реликтовых аксионов (N2)

2.1 С детектором DS-50 проведен поиск временных модуляций сигналов с рекордно низкого порога 40 эВ (2015-2018 г.г.) (*Phys. Rev. D. 2024*). Вычислена чувствительность DS-20k к легким WIMPs.

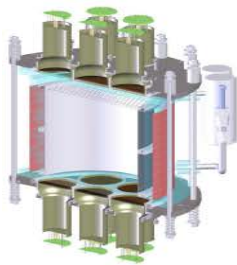
2.2 Проведен поиск аксиоэлектрического эффекта на атомах криптона для аксионов с непрерывным спектром и для монохроматических аксионов с энергией 14.4 кэВ с помощью газового счетчика. Получены новые данные по константам связи аксиона с фотонами, электронами и нуклонами и массе аксиона (*Письма ЖТФ, 2024, Письма ЖТФ, 2024*).

2.3 Продолжены совместные работы с НГТУ им. Алексеева (Н. Новгород) по созданию болометров на основе тулий содержащего граната $Tm_3Al_5O_{12}$ для регистрации резонансного поглощения солнечных аксионов с непрерывным спектром.

2.4 Участие в коллаборации **IA XO** – International Axion Observatory. Этап **baby-IA XO**. Будет заморожено с 2025. С MPI (Мюнхен) по $Tm_3Al_5O_{12}$ уже.

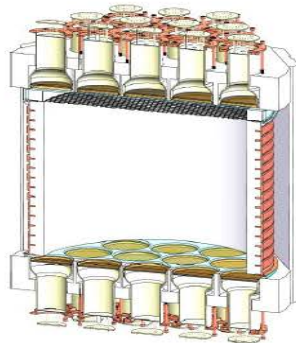
Двухфазный детектор DarkSide -10-50-20K

2012



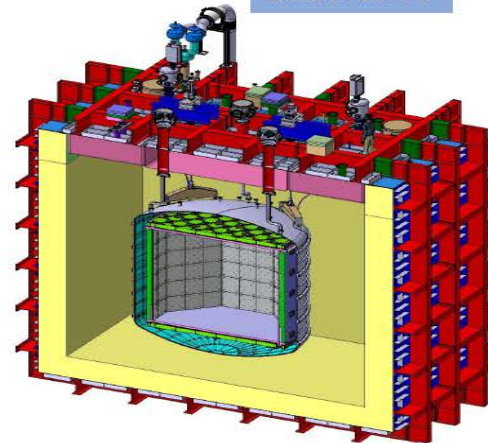
DarkSide-10

2013-2018



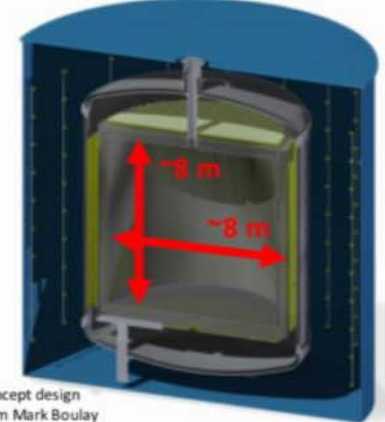
DarkSide-50

2026-2036



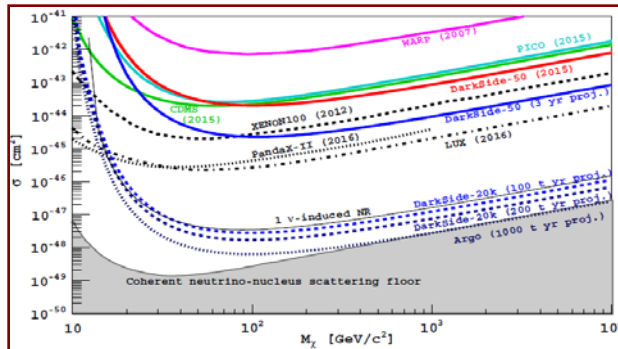
DarkSide-20k @LNGS

2030s-...



Concept design
from Mark Boulay

Argo@SNOLAB



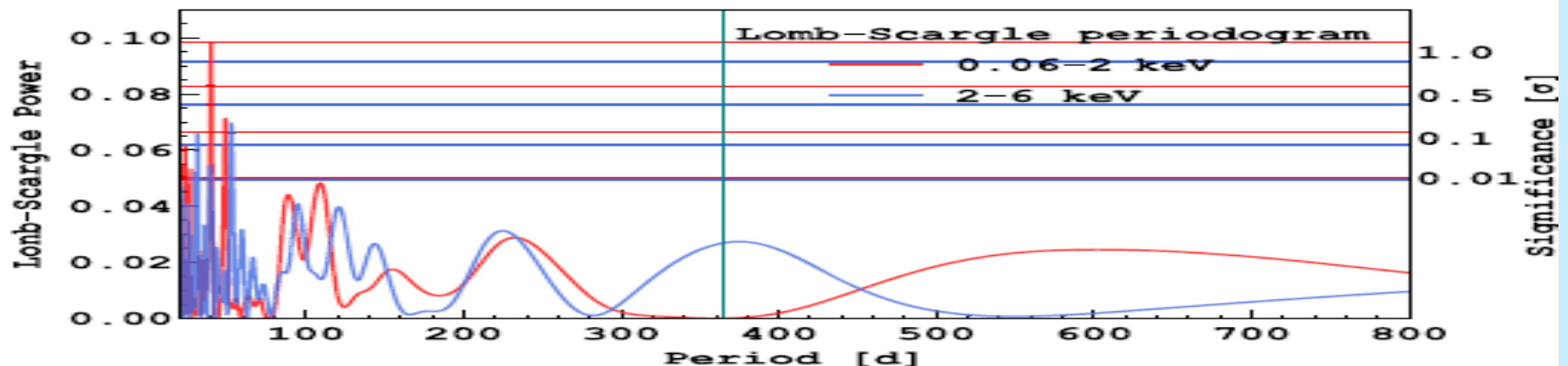
ПИАФ участвует в коллаборации DS с момента образования. **DarkSide 20K** состоит из акриловой полости, заполненной **50 т** низко-радиоактивного аргона (без ^{39}Ar). Сигнал считывается $14 \text{ m}^2 + 14 \text{ m}^2$ массивом SiPM. Внешнее активное veto на основе атмосферного аргона (**300 т**) имеет слой акрила dopированного Gd. Установка монтируется в зале С лаборатории Гран Сассо. Сборка началась в 2022 г, начало измерений 2026 г. ARGO будет содержать 360 т UAr и располагаться в SNOLab. **Входим в группы Materials (ICP MS), Analysis (A.E.E), Calibration (252Cf+Si(Li))**. ArDM, DarkSide-50, DEAP-3600 и MiniCLEAN => Global Argon Dark Matter collaboration начиная с DS-20k. Проблема ^{39}Ar (269 лет) решается Urania (330 кг/сут, США) и Aria (1 т/сут, Сардиния).

Поиск временных модуляций с DarkSide-50

PHYSICAL REVIEW D **110**, 102006 (2024)

Search for dark matter annual modulation with DarkSide-50

P. Agnes,¹ I. F. M. Albuquerque,² T. Alexander,³ A. K. Alton,⁴ M. Ave,² H. O. Back,³ G. Batignani,^{5,6} K. Biery,⁷ V. Bocci,⁸ W. M. Bonivento,⁹ B. Bottino,^{10,11} S. Bussino,^{12,13} M. Cadeddu,⁹ M. Cadoni,^{14,9} F. Calaprice,¹⁵ A. Caminata,¹¹ M. D. Campos,¹⁶ N. Canci,¹⁷ M. Caravati,⁹ N. Cargioli,⁹ M. Cariello,¹¹ M. Carlini,^{17,18} V. Cataudella,^{19,20} P. Cavalcante,^{21,17} S. Caviuoti,^{19,20} S. Chashin,²² A. Chepurnov,²² C. Cicalò,⁹ G. Covone,^{19,20} D. D'Angelo,^{23,24} S. Davini,¹¹ A. De Candia,^{19,20} S. De Cecco,^{8,25} G. De Filippis,^{19,20} G. De Rosa,^{19,20} **A. V. Derbin,**²⁶ A. Devoto,^{14,9} M. D'Incecco,¹⁷ C. Dionisi,^{8,25} F. Dordei,⁹ M. Downing,²⁷ D. D'Urso,^{28,29} M. Fairbairn,¹⁶ G. Fiorillo,^{19,20} D. Franco,³⁰ F. Gabriele,⁹ C. Galbiati,^{15,18,17} C. Ghiano,¹⁷ C. Giganti,³¹ G. K. Giovanetti,¹⁵ A. M. Goretti,¹⁷ G. Grilli di Cortona,^{32,8} A. Grobov,^{33,34} M. Gromov,^{22,35} M. Guan,³⁶ M. Gulino,^{37,29} B. R. Hackett,³ K. Herner,⁷ T. Hessel,³⁰ B. Hosseini,⁹ F. Hubaut,³⁸ T. Hugues,³⁹ E. V. Hungerford,⁴⁰ An. Ianni,^{15,17} V. Ippolito,⁸ K. Keeter,⁴¹ C. L. Kendziora,⁷ M. Kimura,³⁹ I. Kochanek,¹⁷ D. Korablev,³⁵ G. Korga,^{40,17} A. Kubankin,⁴² M. Kuss,⁵ M. Kuźniak,³⁹ M. La Commara,^{19,20} M. Lai,^{14,9} X. Li,¹⁵ M. Lissia,⁹ G. Longo,^{19,20} O. Lychagina,^{35,22} I. N. Machulin,^{33,34} L. P. Mapelli,⁴³ S. M. Mari,^{12,13} J. Maricic,⁴⁴ A. Messina,^{8,25} R. Milincic,⁴⁴ J. Monroe,¹ M. Morrocchi,^{5,6} X. Mougeot,⁴⁵ **V. N. Muratova,**²⁶ P. Musico,¹¹ A. O. Nozdrina,^{33,34} A. Oleinik,⁴² F. Ortica,^{46,47} L. Pagani,⁴⁸ M. Pallavicini,^{10,11} L. Pandola,²⁹ E. Pantic,⁴⁸ E. Paoloni,^{5,6} K. Pelczar,^{17,49} N. Pelliccia,^{46,47} S. Piacentini,^{8,25} A. Pocar,²⁷ D. M. Poehlmann,⁴⁸ S. Pordes,⁷ S. S. Poudel,⁴⁰ P. Pralavorio,³⁸ D. D. Price,⁵⁰ F. Ragusa,^{23,24} M. Razeti,⁹ A. Razeto,¹⁷ A. L. Renshaw,⁴⁰ M. Rescigno,⁸ J. Rode,^{31,30} A. Romani,^{46,47} D. Sablone,^{15,17} O. Samoylov,³⁵ E. Sandford,⁵⁰ W. Sands,¹⁵ S. Sanfilippo,²⁹ C. Savarese,¹⁵ B. Schlitzer,⁴⁸ **D. A. Semenov,**²⁶ A. Shchagin,⁴² A. Sheshukov,³⁵ M. D. Skorokhvatov,^{33,34} O. Smirnov,³⁵ A. Sotnikov,³⁵ S. Stracka,⁵ Y. Suvorov,^{19,20} R. Tartaglia,¹⁷ G. Testera,¹¹ A. Tonazzo,³⁰ **E. V. Unzhakov,**²⁶ A. Vishneva,³⁵ R. B. Vogelaar,²¹ M. Wada,^{39,14} H. Wang,⁴³ Y. Wang,^{43,36} S. Westerdale,⁵¹ M. M. Wojcik,⁴⁹ X. Xiao,⁴³ C. Yang,³⁶ and G. Zuzel⁴⁹

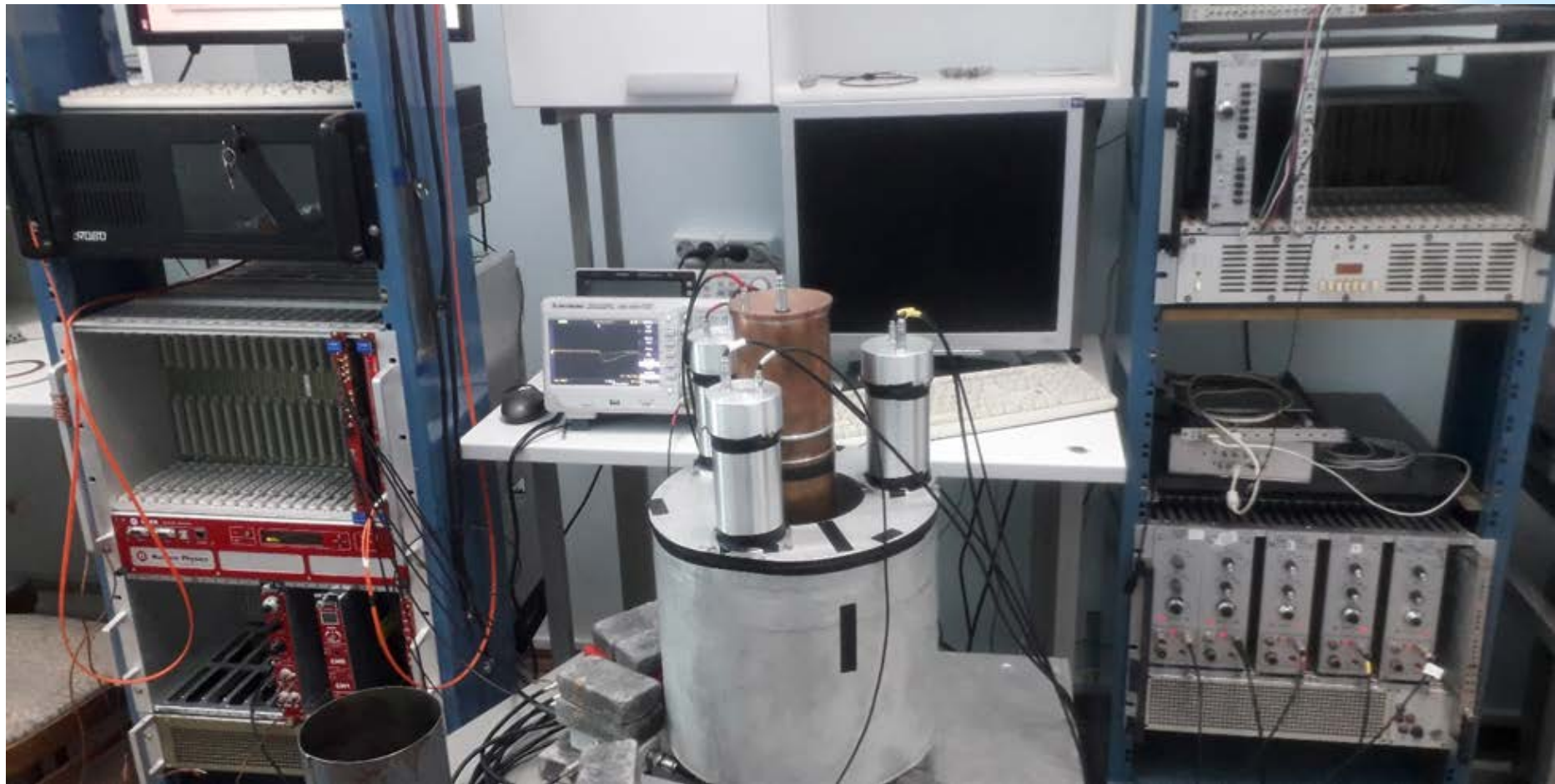


DarkSide-20k sensitivity to light dark matter particles

F. Acerbi,¹ P. Adhikari,¹ P. Agnes,^{3,4} I. Ahmad,⁵ S. Albergo,^{6,7} I. F. M. Albuquerque,⁸ S. T. Alexander,⁹ A. K. Alton,¹⁰ P. Amaudruz,¹¹ M. Angiolilli,^{3,4} E. Aprile,¹² R. Ardito,^{13,14} M. Atzori Corona,^{15,16} D. J. Auty,¹⁷ M. Ave,⁸ I. C. Avetisov,¹⁸ O. Azzolini,¹⁹ H. O. Back,²⁰ Z. Balmforth,²¹ A. Barrado Olmedo,²² P. Barrillon,²³ G. Batignani,^{24,25} P. Bhowmick,²⁶ S. Blug,^{27,28} V. Bocci,²⁹ W. Bonivento,¹⁵ B. Bottino,^{30,31} M. G. Boulay,² A. Buchowicz,³² S. Bussino,^{33,34} J. Busto,²³ M. Cadeddu,¹⁵ M. Cadoni,^{15,16} R. Calabrese,³⁵ V. Camillo,³⁶ A. Caminatta,¹³ N. Canci,³⁵ A. Capra,¹¹ M. Caravati,^{3,4} M. Cárdenas-Montes,²² N. Cargioli,^{15,16} M. Carlini,⁴ A. Castellani,^{33,14} P. Castello,^{15,37} P. Cavalcante,⁴ S. Cebrian,³⁸ J. M. Cella Ruiz,²² S. Chashin,³⁹ A. Chepurunov,³⁹ L. Cifarelli,^{40,41} D. Cintas,³⁸ M. Citterio,¹⁴ B. Cleveland,^{42,43} Y. Coadou,²³ V. Cocco,¹⁵ D. Colaiuda,^{4,44} E. Conde Vida,²² L. Consiglio,⁴ B. S. Costa,⁸ M. Czubak,⁴⁵ M. D'Aniello,^{46,35} S. D'Auria,^{47,14} M. D. Da Rocha Rolo,²² G. Darbo,³¹ S. Davini,³¹ S. De Cecco,^{48,29} G. De Guido,^{49,14} G. Dellacasa,²⁷ **A. V. Derbin,**⁵⁰ A. Devoto,^{15,16} F. Di Capua,^{51,35} A. Di Ludovico,⁴ L. Di Noto,³¹ P. Di Stefano,⁵² L. K. Dias,⁸ D. Diaz Mairena,²² X. Ding,⁵³ C. Dionisi,^{48,29} G. Dolganov,⁵⁴ F. Dordei,¹⁵ V. Dronik,⁵⁵ A. Elersich,⁵⁶ E. Ellingwood,⁵² T. Erjavec,⁵⁶ M. Fernandez Diaz,²² A. Fiorella,¹ G. Fiorillo,^{51,35} P. Franchini,^{21,57} D. Franco,⁵⁸ H. Frandini Gatti,⁵⁹ E. Frolov,⁶⁰ F. Gabriele,¹⁵ D. Gahan,^{15,16} C. Galbati,⁶³ G. S. Galinski,³² G. Gallina,⁵³ G. Gallus,^{15,37} M. Garbini,^{61,41} P. F. Garcia Abia,²² A. Gawdzik,⁶² A. Gentodri,⁶³ A. Ghisi,^{13,14} G. K. Giovanetti,⁶⁴ V. Goicoeche Casameua,⁶⁵ A. Gola,¹ L. Grandi,⁶⁶ G. Grauso,³⁵ G. Grilli di Cortona,⁴ A. Grobov,⁵⁴ M. Gromov,³⁹ M. Guerzoni,⁶¹ M. Gulino,^{67,68} C. Guo,⁶⁹ B. R. Hackett,⁹ A. Hallin,¹⁷ A. Hamer,⁷⁰ M. Haranczyk,⁴⁵ B. Harrop,⁵³ T. Hessel,⁵⁸ S. Hill,²¹ S. Horikawa,^{4,44} J. Hu,¹⁷ F. Hubaut,²³ J. Hucker,⁵² T. Hugues,⁵² E. V. Hungerford,⁷¹ A. Ianni,⁵³ V. Ippolito,²⁹ A. Jamil,⁵³ C. Jillings,^{42,43} S. Jois,²¹ P. Kachru,^{3,4} R. Keloth,³⁶ N. Kemmerich,⁸ A. Kemp,²⁶ C. L. Kendziora,⁵³ M. Kimura,⁵ K. Kondo,^{4,44} G. Korga,²¹ L. Kotsiopolou,⁷⁰ S. Koulousousas,²¹ A. Kubankin,⁵⁵ P. Kunze,^{3,4} M. Kuss,²² M. Kuzniak,⁵ M. Kuzwa,⁵ M. La Commara,^{72,35} M. Lai,⁷³ E. Le Guirrec,²³ E. Leason,²¹ A. Leoni,^{4,44} L. Lidey,⁹ M. Lissia,¹⁵ L. Luzzi,²² O. Lychagin,⁷⁴ O. Macfadyen,²¹ I. N. Machulin,^{54,75} S. Manekci,^{42,43} I. Manthos,^{76,77} L. Mapelli,⁵³ A. Marasciulli,⁴ S. M. Mari,^{33,34} C. Mariani,³⁶ J. Maricic,⁶⁵ M. Martinez,³⁸ C. J. Martoff,^{9,78} G. Matteucci,^{51,35} K. Mavrokoridis,⁵⁹ A. B. McDonald,⁵² J. McLaughlin,^{21,11} S. Merzi,¹ A. Messina,^{48,29} R. Milinicec,⁶⁵ S. Minutoli,⁵¹ A. Mitra,⁷⁹ S. Miodini,^{49,14} J. Monroe,²⁶ E. Moretti,¹ M. Morrocchi,^{24,25} T. Mroz,⁴⁵ **V. N. Muratova,**⁵⁰ M. Murphy,³⁶ M. Murra,¹² C. Muscas,^{15,37} P. Musico,³¹ R. Nania,⁴¹ M. Nessi,⁸ G. Nieradka,⁵ K. Nikolopoulos,^{76,77} E. Nikoloudaki,⁵⁸ J. Nowak,⁵⁷ K. Olchanski,¹¹ A. Oleinik,⁵⁵ V. Oleynikov,⁶⁰ P. Organtini,^{4,53} A. Ortiz de Solórzano,³⁸ M. Pallavicini,^{30,31} L. Pandola,⁶⁷ E. Pante,⁵⁶ E. Paoloni,^{24,25} D. Papi,¹⁷ G. Pastuszak,³² G. Paternoster,¹ A. Peck,⁷³ P. A. Pegoraro,^{15,37} K. Pelczar,⁴⁵ L. A. Pellegrini,^{49,14} R. Perez,⁵⁸ F. Perotti,^{13,14} V. Pesudo,²² S. I. Piacentini,^{48,29} N. Pino,^{7,6} G. Plante,¹² A. Pocar,⁸¹ M. Poehlmann,⁵⁶ S. Pordes,³⁶ P. Pralavorio,²³ D. Price,⁶² S. Puglia,^{6,7} M. Queiroga Bazzeto,⁵⁹ F. Ragusa,^{47,14} Y. Ramachers,⁷⁹ A. Ramirez,⁷¹ S. Ravinthrani,⁵⁹ M. Razeti,¹⁵ A. L. Renshaw,⁷¹ M. Resigno,²⁹ F. Retiere,¹¹ L. P. Rignanesi,⁴ A. Rivetti,²³ A. Roberts,⁵⁹ C. Roberts,⁶² G. Rogers,⁷⁸ L. Romero,²² M. Rossi,³¹ A. Rubbia,⁶³ D. Rudik,^{51,35,75} M. Sabia,^{48,29} P. Salomone,^{48,29} O. Samoylov,⁷⁴ E. Sanford,⁶² S. Sanfilippo,⁶⁷ D. Santone,²¹ R. Santorelli,²² E. M. Santos,⁸ C. Savarese,⁶² E. Scapparone,⁴¹ G. Schillaci,⁶⁷ F. G. Schuckman,¹² M. G. Scioli,^{40,41} **D. A. Semenov,**⁵⁰ V. Shalamova,⁷³ S. Sheshukov,⁷⁴ M. Simeone,^{82,35} P. Skensved,⁵² M. D. Skorokhvatov,^{54,75} O. Smirnov,⁷⁴ T. Smirnova,⁵⁴ B. Smith,¹¹ A. Sotnikov,⁷⁴ F. Spadoni,⁹ M. Spangenberg,⁷⁹ R. Stefanizzi,¹⁵ A. Steri,^{15,83} V. Stornelli,^{4,44} S. Stracka,²⁵ S. Stulis,^{15,37} A. Sung,⁵³ C. Sunny,⁵ Y. Suvorov,^{51,35,54} A. M. Szele,⁷⁰ O. Taborda,^{3,4} R. Tartaglia,⁴ A. Taylor,⁵⁹ J. Taylor,⁵⁹ S. Tedesco,²⁷ G. Testera,³¹ K. Thiemie,⁶⁵ A. Thompson,²¹ A. Tonazzo,⁵⁸ S. Torres-Lara,⁷¹ A. Tricomi,^{6,7} **E. V. Unzhakov,**⁵⁰ T. J. Vallivilayil,^{3,4} M. Van Uffelen,²³ L. Velazquez-Fernandez,⁷⁰ T. Viant,⁶³ S. Viel,² A. Vishneva,⁷⁴ R. B. Vogelaar,³⁶ J. Vossebelde,⁵⁹ B. Vyas,⁷ M. B. Walczak,^{3,4} Y. Wang,^{69,84} H. Wang,⁸⁵ S. Westerdale,⁷³ L. Williams,⁸⁶ R. Wojcyszynski,⁵ M. Wojcik,⁸⁷ M. M. Wojcik,⁸² T. Wright,³⁶ Y. Xie,^{69,84} C. Yang,^{69,84} J. Yin,^{69,84} A. Zabih,⁵ P. Zakhary,⁵

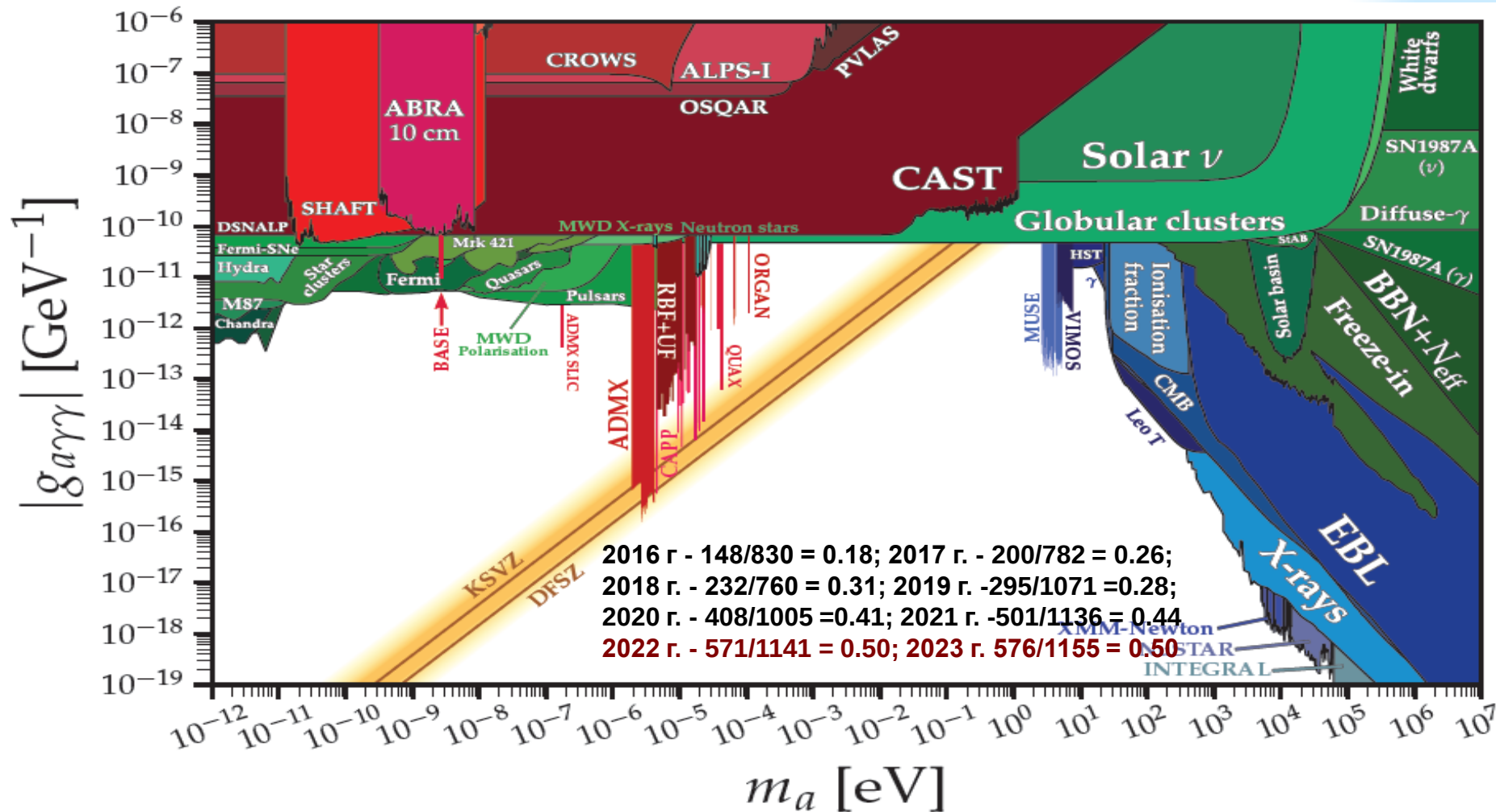
17

n-источник + Si-детектор для DS-20k и iDREAM (КАЭ)



*Продолжены работы по подготовке Si-детекторов калибровочного источника нейтронов для **DarkSide-20k** и **iDREAM** (КИ, Калининская АЭС). Проводилось изучение рад. стойкости Si(Li)- и SiSB-детекторов при регистрации α -частиц и осколков деления. Создана установка тройных ff-n- γ совпадений.*

Аксионы + аксионоподобные частицы ALPs



Аксионы: CP-проблема + темная материя. **ALPs** – Axion like particles: Аномальная прозрачность + динамика звезд различных типов. Слово **axion** в названии статей, выложенных в *arXive* в 2022-23 г, встречается всего в 2.0 раза реже чем слово **neutrino**

Axioelectric effect in atoms and resonant absorption by nuclei

Two special reactions with high cross sections:

The axioelectric absorption of axions by atoms is an analog of the photoelectric effect. **The** reaction cross section is proportional to g_{Ae}^2 and σ_{pe} :

$$\sigma_{abs}(E_A) = \sigma_{pe}(E_A) \frac{g_{Ae}^2}{\beta} \frac{3E_A^2}{4\pi\alpha} \left(1 - \frac{\beta}{3}\right)$$

Photo effect crosssections are $4 \times 10^{-23} \text{ cm}^2$ (C) - $4 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$ (Pb) at 10 keV

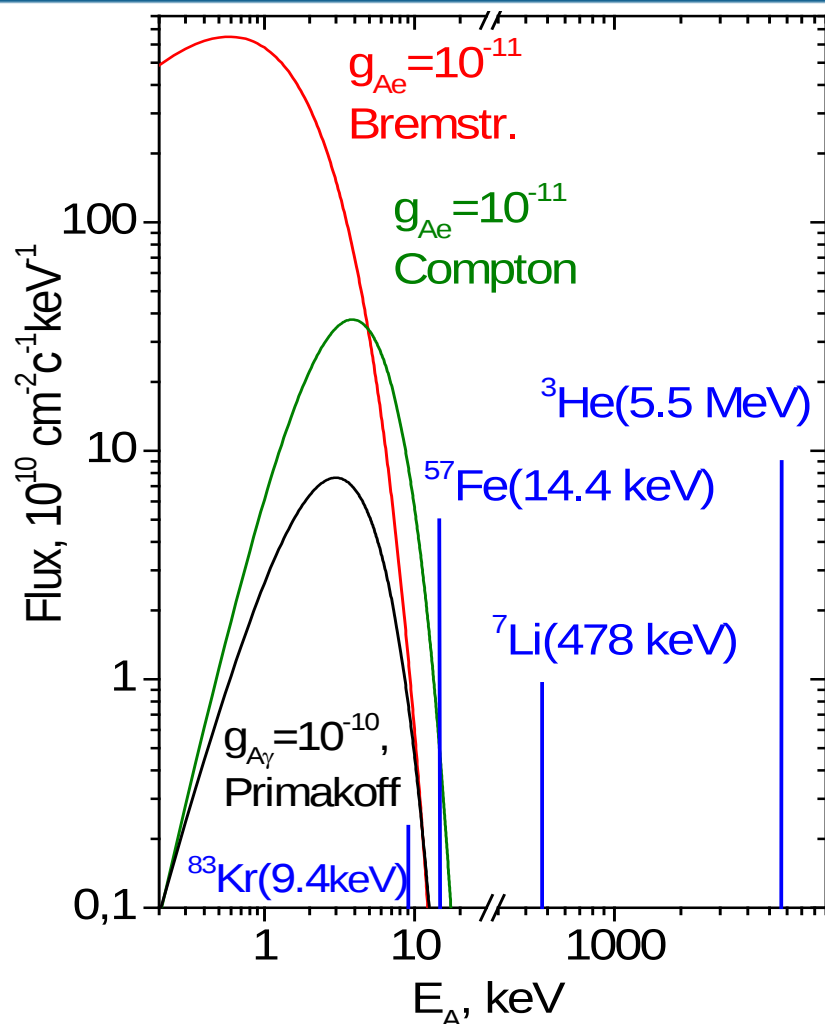
The cross section of the resonant absorption of the axions is given by an expression similar to the one for the γ -ray absorption and corrected by the ω_A/ω_γ ratio

$$\sigma(E_A) = 2\sqrt{\pi}\sigma_{0\gamma} \exp\left[-\frac{4(E_A - E_M)^2}{\Gamma^2}\right] \left(\frac{\omega_A}{\omega_\gamma}\right)$$

where $\sigma_{0\gamma}$ is the maximum cross section of the γ -ray resonant absorption and $\Gamma = 1/\tau$. The experimentally obtained value of $\sigma_{0\gamma}$ for the ^{57}Fe nucleus is equal to **$2.56 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$** . Due to huge c.s.

High sensitivity for g_{Ae} and g_{AN} can be reached with a relatively small detector

Спектры солнечных аксионов vs $g_{A\gamma}$, g_{Ae} и g_{AN}



The main sources of solar axions:

1. Reactions of main solar chain. The most intensive fluxes are expected from M1-transitions in ${}^7\text{Li}$ and ${}^3\text{He}$ nuclei (g_{AN}):

${}^7\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7\text{Li}^* + \gamma$; ${}^7\text{Li}^* \rightarrow {}^7\text{Li} + A$ (478 кэВ)
 $p + d \rightarrow {}^3\text{He} + A$ (5.5 МэВ).

2. Magnetic type transitions in nuclei whose low-lying levels are excited due to high temperature in the Sun (${}^{57}\text{Fe}$, ${}^{83}\text{Kr}$) (g_{AN})

3. Primakoff conversion of photons in the electric field of solar plasma ($g_{A\gamma}$).

4. Bremsstrahlung: $e + Z(e) \rightarrow Z + A$. (g_{Ae})

5. Compton process: $\gamma + e \rightarrow e + A$. (g_{Ae})

6. axio-recombination: $e + I \rightarrow I^- + A$ and axio-deexcitation: $I^* \rightarrow I + A$. PRD 83 023505 (2011) CAST 1302.6283, 1310.0823

Searches for solar axions were performed using the *axioelectric effect* in Si-, Ge-, Xe-, Bi-atoms and *resonant absorption* by ${}^7\text{Li}$ -, ${}^{57}\text{Fe}$ -, ${}^{169}\text{Tm}$ - and ${}^{83}\text{Kr}$ -nuclei.

Аксиоэлектрический эффект в атомах Kr

Письма в ЖТФ, 2024, том 50, вып. 6

26 марта

02.2

Поиск аксиоэлектрического эффекта в атомах Kr для солнечных аксионов

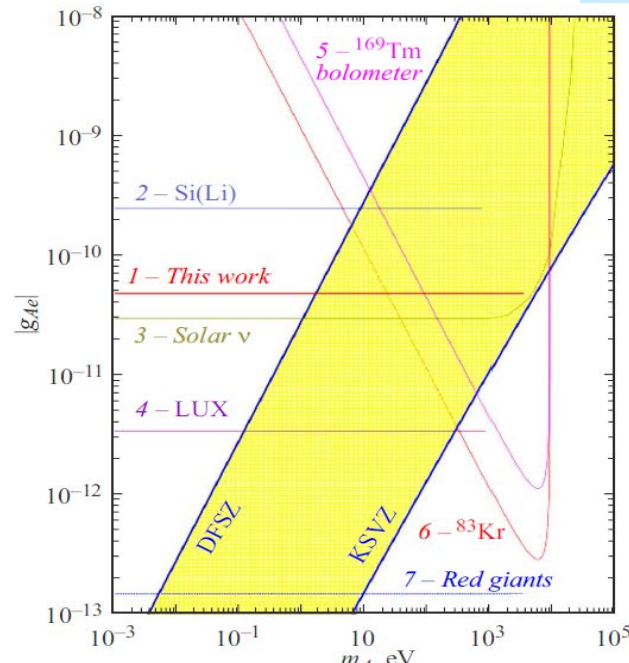
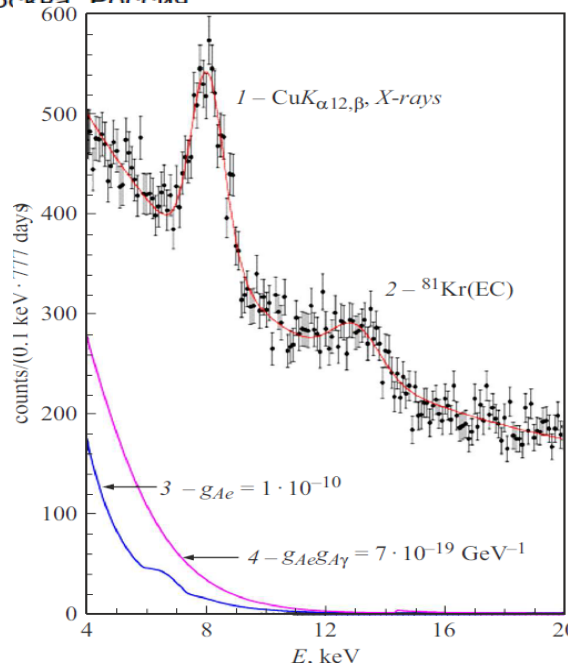
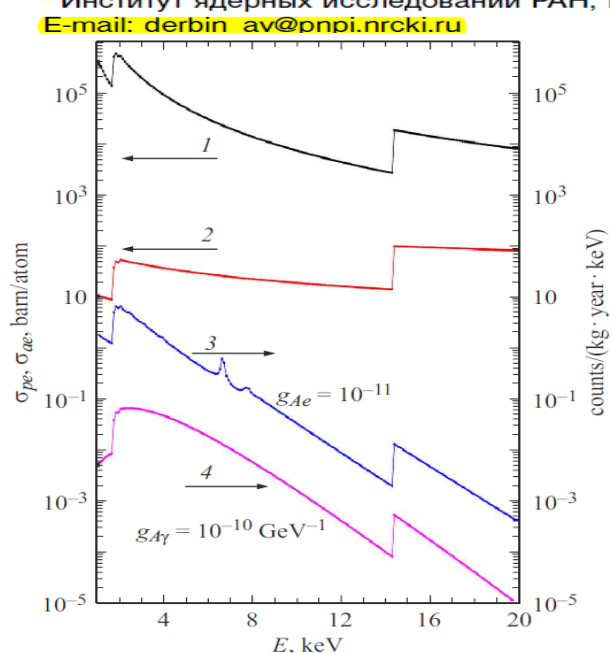
© Е.Ф. Бубнов¹, Ю.М. Гаврилюк², А.Н. Гангапшев², А.В. Дербин¹, И.С. Драчнев¹, В.В. Казалов², В.В. Кузьминов², В.Н. Муратова¹, Д.А. Текуева², Е.В. Унжаков¹, С.П. Якименко²

¹Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова, Национальный исследовательский центр

«Курчатовский институт», Гатчина, Ленинградская обл., Россия

²Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия

E-mail: derbin_av@npi.nrcki.ru



Низкофоновая установка располагалась в подземной лаборатории БНО ИЯИ РАН. В результате получены новые ограничения на константу связи аксиона с электроном $|g_{Ae}| < 4.9 \cdot 10^{-11}$ и на произведение констант связи $|g_{Ae} g_{A\gamma}| < 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ GeV}^{-1}$ (у. д. 90%).

Аксиоэлектрический эффект в атомах Kr

Письма в ЖТФ, 2024, том 50, вып. 23

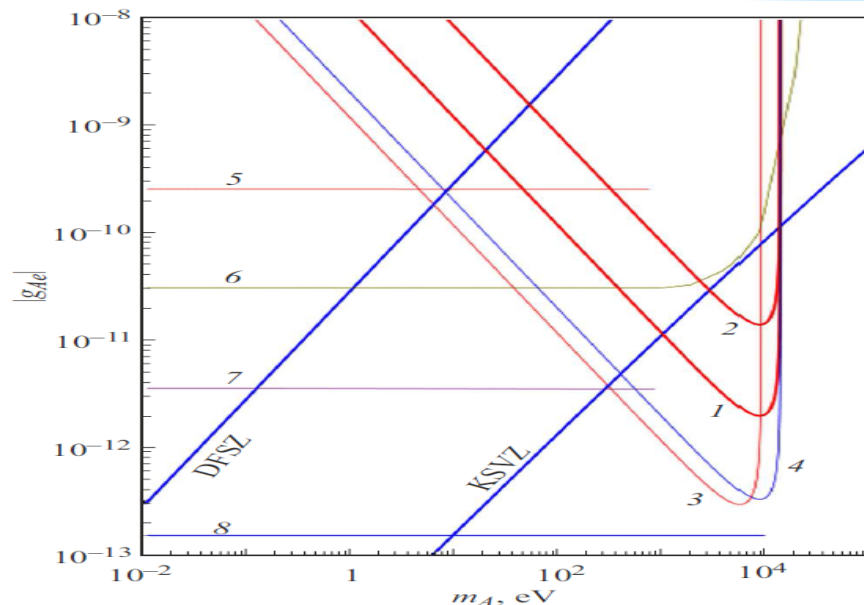
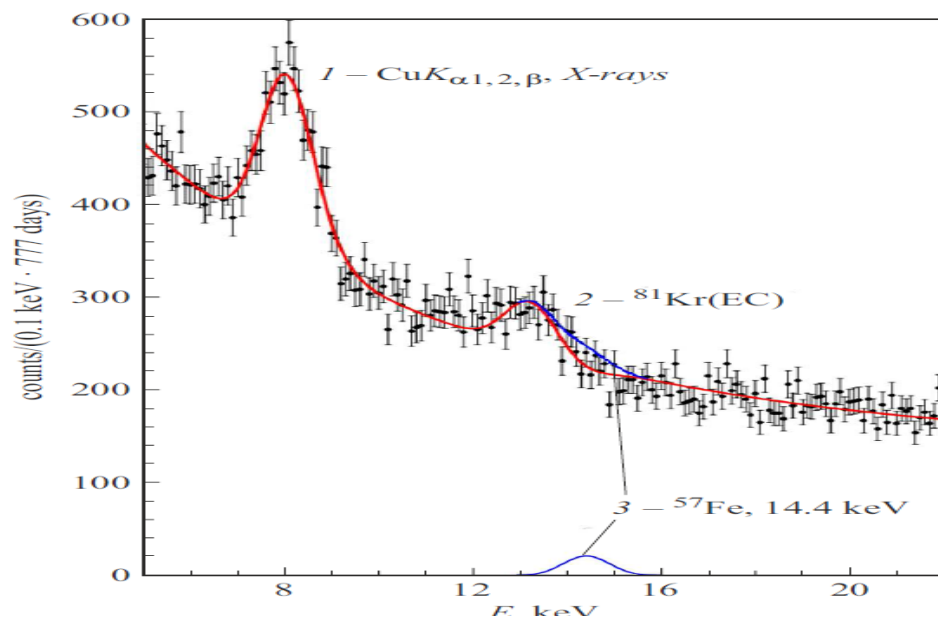
12 декабря

Поиск солнечных аксионов с энергией 14.4 keV с помощью Kr пропорционального счетчика

© А.В. Дербин¹, И.С. Драчнев¹, Ю.М. Гаврилюк², А.М. Гангапшев², В.В. Казалов², В.В. Кузьминов², В.Н. Муратова¹, Д.А. Семенов¹, Д.А. Текуева², М.В. Трушин¹, Е.В. Унжаков¹, С.П. Якименко²

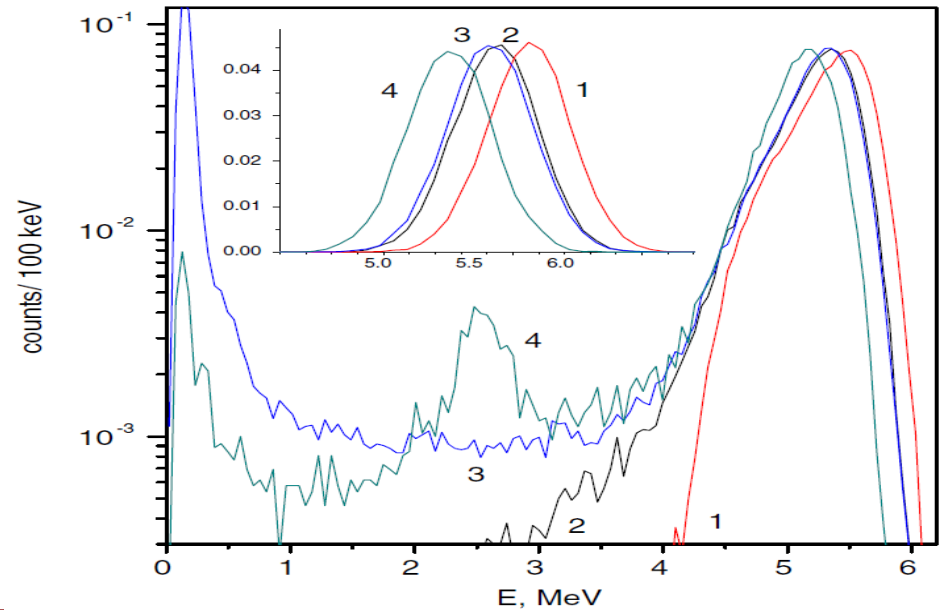
¹ Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константина, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Гатчина, Ленинградская обл., Россия

² Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия



Получено новое ограничение на произведение констант связи аксиона с электроном и нуклонами: $|g_{Ae} g_{AN}^{\text{eff}}| \leq 3.2 \times 10^{-16}$ (90% CL), которое позволяет установить верхние пределы на величины $|g_{Ae} m_A| \leq 8.5 \times 10^{-8}$ eV и $|g_{AN} m_A| \leq 1.2 \times 10^{-8}$ eV и массы аксиона $m_A \leq 3.3$ keV и $m_A \leq 22$ eV в моделях KSVZ- и DFSZ-аксиона соответственно.

Поиск $p+d \rightarrow {}^3\text{He} + A$ (5.5 МэВ) аксионов с DEAP



Canadian Nuclear
Laboratories
Laboratoires Nucléaires
Canadiens



Carleton
UNIVERSITY



St. Petersburg
Nuclear
Physics
Institute



US
University of Sussex

Technical
University
of Munich

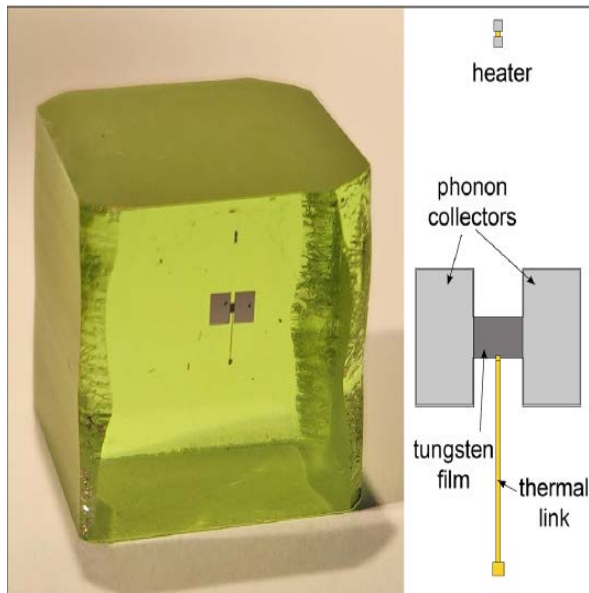


DEAP (Dark matter Experiment using Argon Pulse-shape discrimination) однофазный жидкоаргоновый детектор массой 3.6 т в подземной лаборатории Садбери (SNO) использовался для поиска солнечных аксионов из реакции $p+d \rightarrow {}^3\text{He} + A$ (5.5 MeV).

Новый эксперимент по поиску солнечных аксионов с $Tm_3Al_5O_{12}$ криогенным болометром

Сотрудники ОПЯД ОНИ ПИЯФ предложили и, совместно с отечественными и зарубежными институтами, провели поиск резонансного поглощения солнечных аксионов ядрами ^{169}Tm . Новый подход заключается в использовании кристалла $Tm_3Al_5O_{12}$ как **болометрического криогенного детектора**. Измерения, проведенные с 8 г кристаллом в течении 6.6 сут. позволили установить новые ограничения на константы связи аксиона с фотонами $g_{A\gamma}$ и электронами g_{Ae} : $|g_{A\gamma}(g_{0AN} + g_{3AN})| \leq 1.44 \times 10^{-14} \text{ GeV}^{-1}$ и $|g_{Ae}(g_{0AN} + g_{3AN})| \leq 2.81 \times 10^{-16}$.

Результаты опубликованы в журнале **European Physical J. C. (2020) 80:376**



Кристалл $Tm_3Al_5O_{12}$ в с
нанесенным
термистором TES, схема
которого приведена справа.

Eur. Phys. J. C (2020) 80:376
<https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-020-7943-5>

THE EUROPEAN
PHYSICAL JOURNAL C



Regular Article - Experimental Physics

New limits on the resonant absorption of solar axions obtained with a ^{169}Tm -containing cryogenic detector

A. H. Abdelhameed¹, S. V. Bakhlanov², P. Bauer¹, A. Bento^{1,7}, E. Bertoldo¹, L. Canonica¹, A. V. Derbin², I. S. Drachnev², N. Ferreiro Iachellini¹, D. Fuchs¹, D. Hauff¹, M. Laubenstein³, D. A. Lis⁴, I. S. Lomskaya², M. Mancuso¹, V. N. Muratova², S. Nagorny⁵, S. Nisi³, F. Petricca¹, F. Proebst¹, J. Rothe¹, V. V. Ryabchenkov⁶, S. E. Sarkisov⁶, D. A. Semenov², K. A. Subbotin⁴, M. V. Trushin², E. V. Unzhakov^{2,a}, E. V. Zharikov⁴

¹ Max-Planck-Institut für Physik, 80805 Munich, Germany

² NRC Kurchatov Institute, Petersburg Nuclear Physics Institute, 188309 Gatchina, Russia

³ INFN, Laboratori Nazionali del Gran Sasso, 67010 Assergi, Italy

⁴ Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, 119991 Moscow, Russia

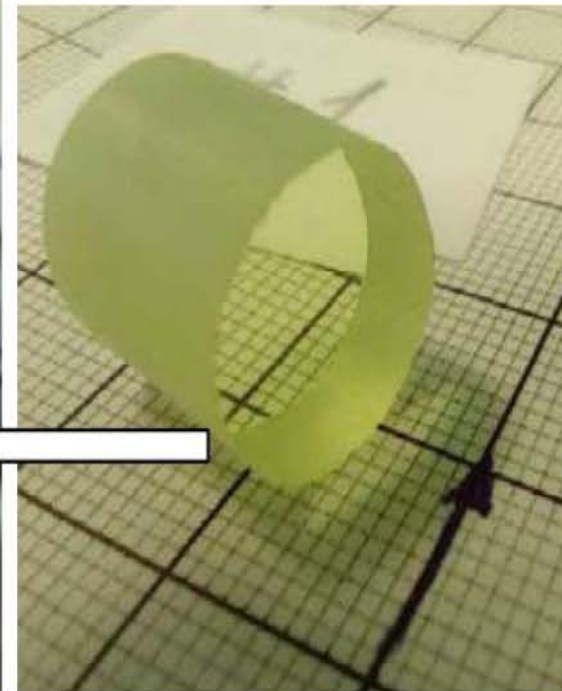
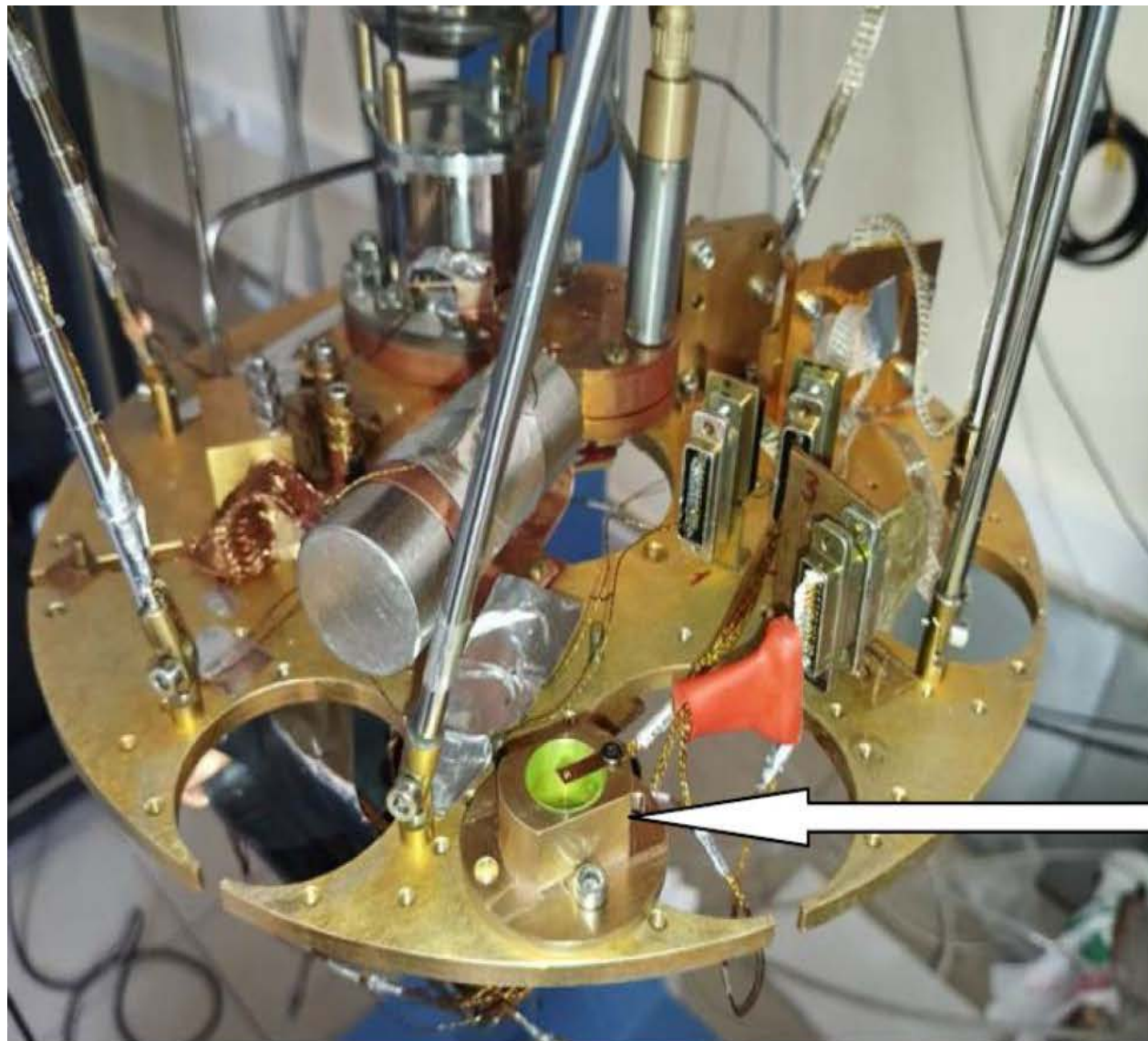
⁵ Physics Department, Queen's University, Kingston, ON K7L 3N6, Canada

⁶ NRC Kurchatov Institute, 123182 Moscow, Russia

⁷ Departamento de Fisica, Universidade de Coimbra, P3004 516 Coimbra, Portugal

**ПИЯФ - авторы
по переписке**

Кристалл $Tm_3Al_5O_{12}$ в криогенной установке НГТУ (2023)



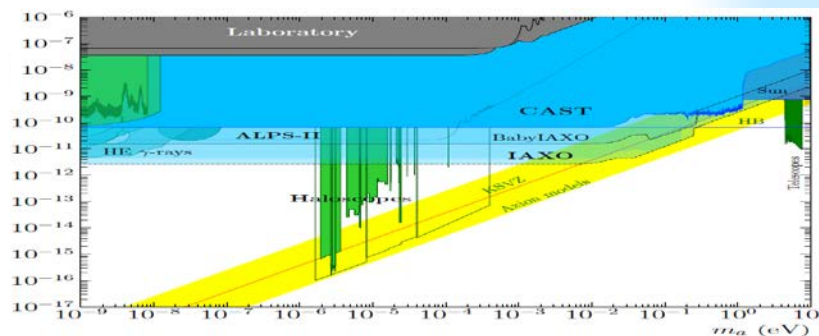
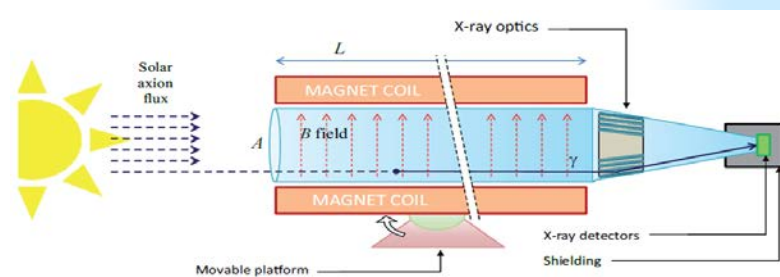
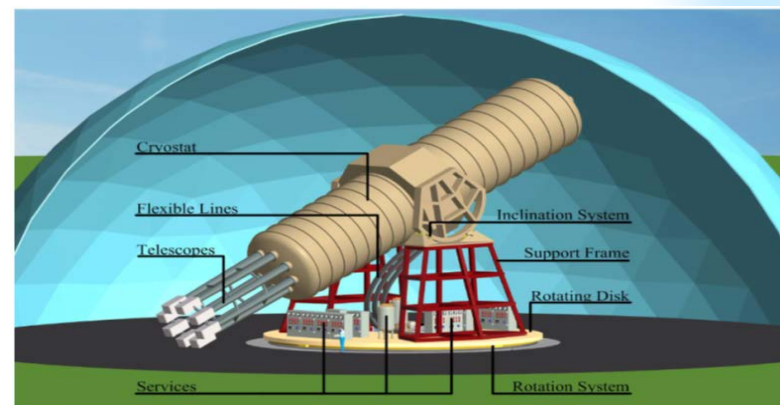
IAXO: International AXion Observatory

An accurate solar axions ray-tracing response of BabyIAXO



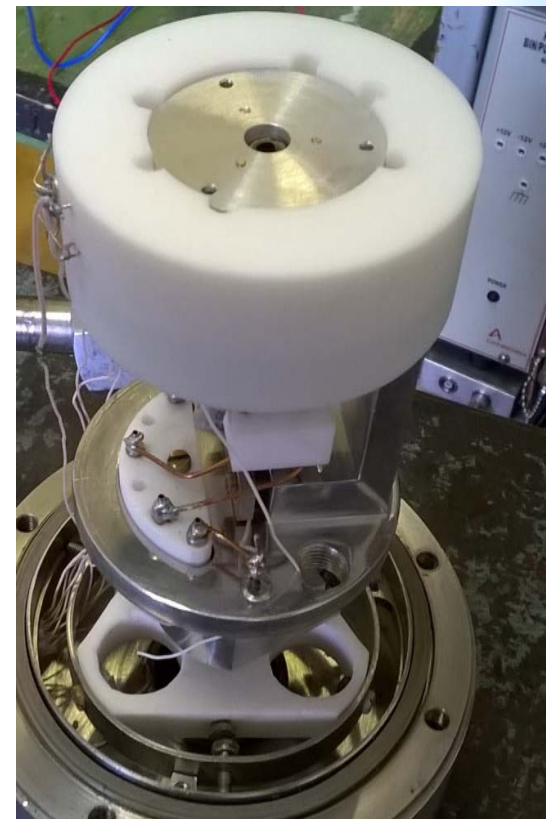
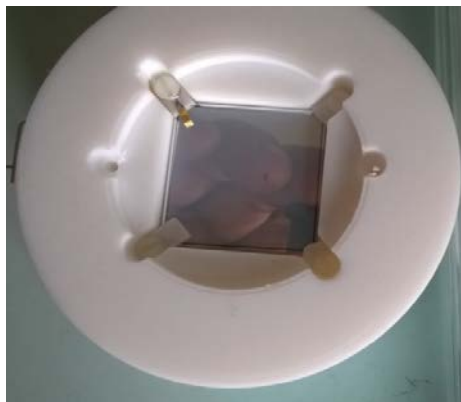
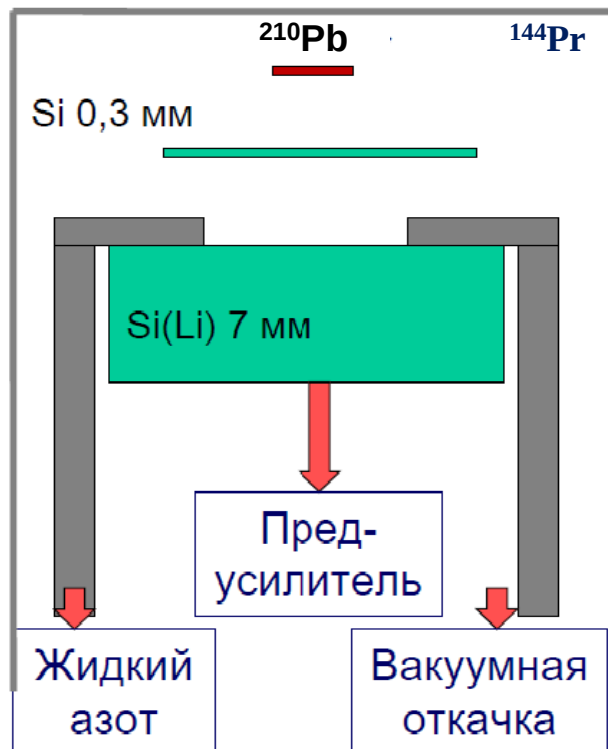
IAXO collaboration

S. Ahyoune¹, K. Altenmüller², I. Antolín^{2,3}, S. Basso⁴, P. Brun⁵, J. F. Castel², S. Cebrián², D. Chouhan⁶, R. Della Ceca⁴, M. Cervera-Cortés⁷, V. Chernov^{8,9}, M. M. Civitani⁴, C. Cogollos¹⁰, E. Costa¹¹, V. Cotroneo⁴, T. Dafni², **A. Derbin¹²**, K. Desch⁶, M. C. Díaz-Martín⁷, A. Díaz-Morcillo¹³, D. Díez-Ibáñez², C. Díez Pardos¹⁴, M. Dinter¹⁵, B. Döbrich¹⁰, **I. Drachnev¹²**, A. Dudarev¹⁶, A. Ezquerro², S. Fabiani¹¹, E. Ferrer-Ribas⁵, F. Finelli^{17,18}, I. Fleck¹⁴, J. Galán^{2,*}, G. Galanti¹⁹, M. Galaverni^{17,18,20}, J. A. García², J. M. García-Barceló¹⁰, L. Gastaldo²¹, M. Giannotti^{2,22}, A. Giganon⁵, C. Goblin⁵, N. Goyal²³, Y. Gu², L. Hagge¹⁵, L. Helary¹⁵, D. Hengstler²¹, D. Heuchel¹⁵, S. Hoof^{24,25}, R. Iglesias-Marzoa⁷, F. J. Iguez²³, C. Iñiguez⁷, I. G. Irastorza^{2,†}, K. Jakovčić²⁶, D. Käfer¹⁵, J. Kaminski⁶, S. Karstensen¹⁵, M. Law²⁷, A. Lindner¹⁵, M. Loidl²⁸, C. Loiseau⁵, G. López-Alegre⁷, A. Lozano-Guerrero¹³, B. Lubsandorzhiev⁹, G. Luzón², I. Manthos³, C. Margalejo², A. Marín-Franch⁷, J. Marqués², F. Marutzky¹⁵, C. Menneglier²³, M. Mentink¹⁶, S. Mertens^{29,30}, J. Miralda-Escudé^{1,31}, H. Mirallas², F. Muleri¹¹, **V. Muratova¹²**, J. R. Navarro-Madrid¹³, X. F. Navick⁵, K. Nikolopoulos^{3,32}, A. Notari^{1,33}, A. Nozik^{8,9}, L. Obis², A. Ortiz-de-Solórzano², T. O'Shea², J. von Oy⁶, G. Pareschi⁴, T. Papaevangelou⁵, G. Pareschi⁴, K. Perez²⁷, O. Pérez², E. Picatoste¹, M. J. Pivovarov³⁴, J. Porrón², M. J. Puyuelo², A. Quintana^{2,5}, J. Redondo², D. Reuther¹⁵, A. Ringwald¹⁵, M. Rodrigues²⁸, A. Rubini¹¹, S. Rueda-Teruel⁷, F. Rueda-Teruel⁷, E. Ruiz-Chóliz³⁵, J. Ruz^{2,36}, J. Schaffran¹⁵, T. Schiffer⁶, S. Schmidt⁶, U. Schneekloth¹⁵, L. Schönfeld^{29,30}, M. Schott⁶, L. Segui², U. R. Singh¹⁵, P. Soffitta¹¹, D. Spiga⁴, M. Stern²⁷, O. Straniero^{37,38}, F. Tavecchio³⁹, **E. Unzhakov¹²**, N. A. Ushakov⁹, G. Vecchi⁴, J. K. Vogel^{2,36}, D. M. Voronin⁹, R. Ward³, A. Weltman^{39,40}, C. Wiesinger^{29,30}, R. Wolf¹⁵, A. Yanes-Díaz⁷, Y. Yu²⁷



ПИЯФ - Отбор материалов ICP MS+HPGe, монитор BGO, М-К симуляции, gAe

Бета-спектрометр «мишень-детектор»



Продолжены работы по созданию **бета-спектрометра**, состоящего из массива Si(Li) -детектора полного поглощения с тонкими двухсторонними окнами и пролетных Si -детектора, который позволяет эффективно разделять β -излучение ядер от сопутствующего рентгеновского и γ -излучения. Спектрометр может использоваться для прецизионного измерения формы β -спектров различных радиоактивных ядер, в частности для измерения β -спектров осколков деления для определения спектра реакторных нейтрино.

Основные результаты работы в 2024 г.

1. Совместно с участниками международной коллаборации **Борексино** получены новые результаты по альфа/бета дискриминации в жидком сцинтилляторе детектора Борексино. Результаты опубликованы в журнале **“Phys. Rev. D, 2024 ”**.
2. Проведен поиск аксиоэлектрического эффекта на атомах криптона для аксионов с **непрерывным** спектром и для монокроматических аксионов с энергией **14.4 кэВ** с помощью газового счетчика. Получены новые данные по константам связи аксиона с фотонами, электронами и нуклонами и массе аксиона. Результаты опубликованы в (**Письма ЖТФ, 2024, Письма ЖТФ, 2024**)
3. Проведены первые измерения времени жизни ядра ^{71}Ge с целью проверки возможного объяснения нейтринной «галлиевой аномалии». Первые результаты направлены в журнал **«Ядерная физика»**.
4. Совместно с участниками международной коллаборации DarkSide проведен поиск **временных модуляций** сигналов в детекторе DarkSide-50. Вычислена ожидаемая чувствительность детектора DarkSide-20k к **легким WIMPs**. Результаты опубликованы в журнале **“Phys. Rev. D ”** и в **arXive**.
5. Продолжены работы по подготовке болометрических детекторов совместно с НГТУ им. Р.Е. Алексеева для поиска солнечных аксионов с использованием кристалла $\text{Tm}_3\text{Al}_2\text{O}_{15}$ внутри низкотемпературного криостата лаборатории сверхпроводниковой наноэлектроники.
6. Проведен анализ бета-спектра ^{210}Bi с целью определения чувствительности к регистрации реликтовых нейтрино. Результаты опубликованы в **ЖТФ, 2024**.
7. Продолжена разработка калибровочного источника нейтронов на основе ^{252}Cf , совмещенного с **Si(Li)-** и **SiSB** детекторами для нейтринных экспериментов. Проводилось изучение радиационной стойкости Si-детекторов при регистрации альфа-частиц и осколков деления.
8. Проводились изучения п/п и МДП структур с целью создания толстых, до **10 мм**, Si(Li)-детекторов с двухсторонними тонкими окнами для секционированного мультidetектора для измерения электронов с энергией до **8 МэВ**.

Спасибо за внимание!