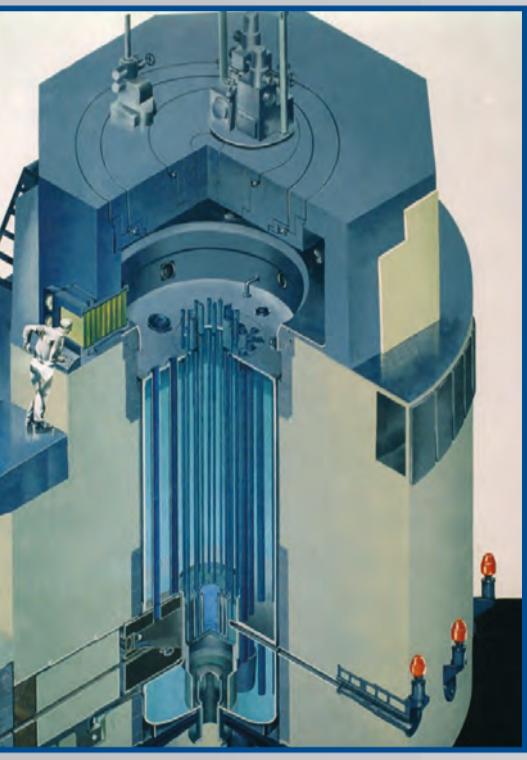




ОТДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ИСТОРИЯ. СОЗДАНИЕ И ЗАПУСК РЕАКТОРА ВВР-М



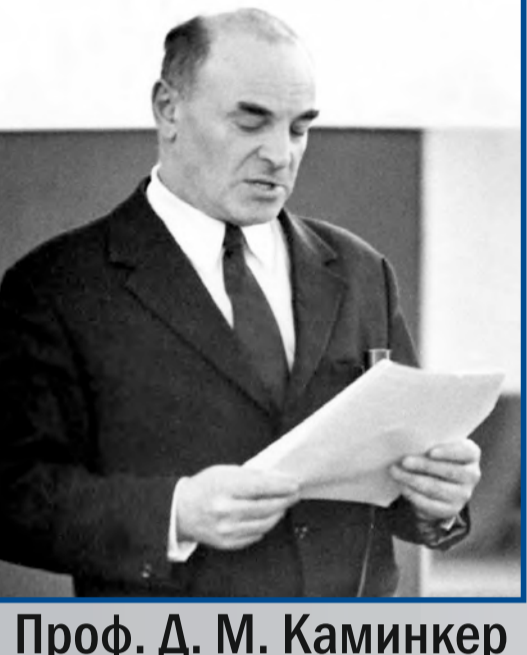
Отделение нейтронных исследований (ОНИ) – старейшее по времени образования научное подразделение Института. Истоки его создания относятся к рубежу 1950–1960 гг. и связаны с именем профессора Льва Ильича Русинова и Физико-техническим институтом им. А. Ф. Иоффе АН СССР.

Физический пуск реактора ВВР-М был осуществлен 29 декабря 1959 г., энергетический пуск – в июле 1960 г. В первых числах июля реактор был выведен на мощность 5 МВт, достигнув плотности потока нейтронов $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Проработав на этой мощности несколько дней, реактор был планомерно заглушен «для подготовки его к нормальной эксплуатации», которая началась в начале 1961 г.

С 1961 по 1976 г. лабораторией нейтронных исследований (ЛНИ) заведовал профессор Д. М. Каминкер. В последующие годы (1976–1981) ЛНИ возглавляли чл.-корр. АН СССР О. И. Сумбаев, директор ЛИЯФ с 1971 по 1985 г., а затем (с 1981 по 1992 г.) профессор А. П. Серебров. В 1992 г. лаборатория была преобразована в Отделение нейтронных исследований, первым директором которого стал будущий академик В. А. Назаренко. С 2002 по 2014 г. Отделение возглавлял профессор В. В. Федоров. С 2014 г. обязанности руководителя ОНИ исполнял д. ф.-м. н. В. В. Воронин. В настоящее время Отделение возглавляет д. ф.-м. н. А. И. Курбаков.



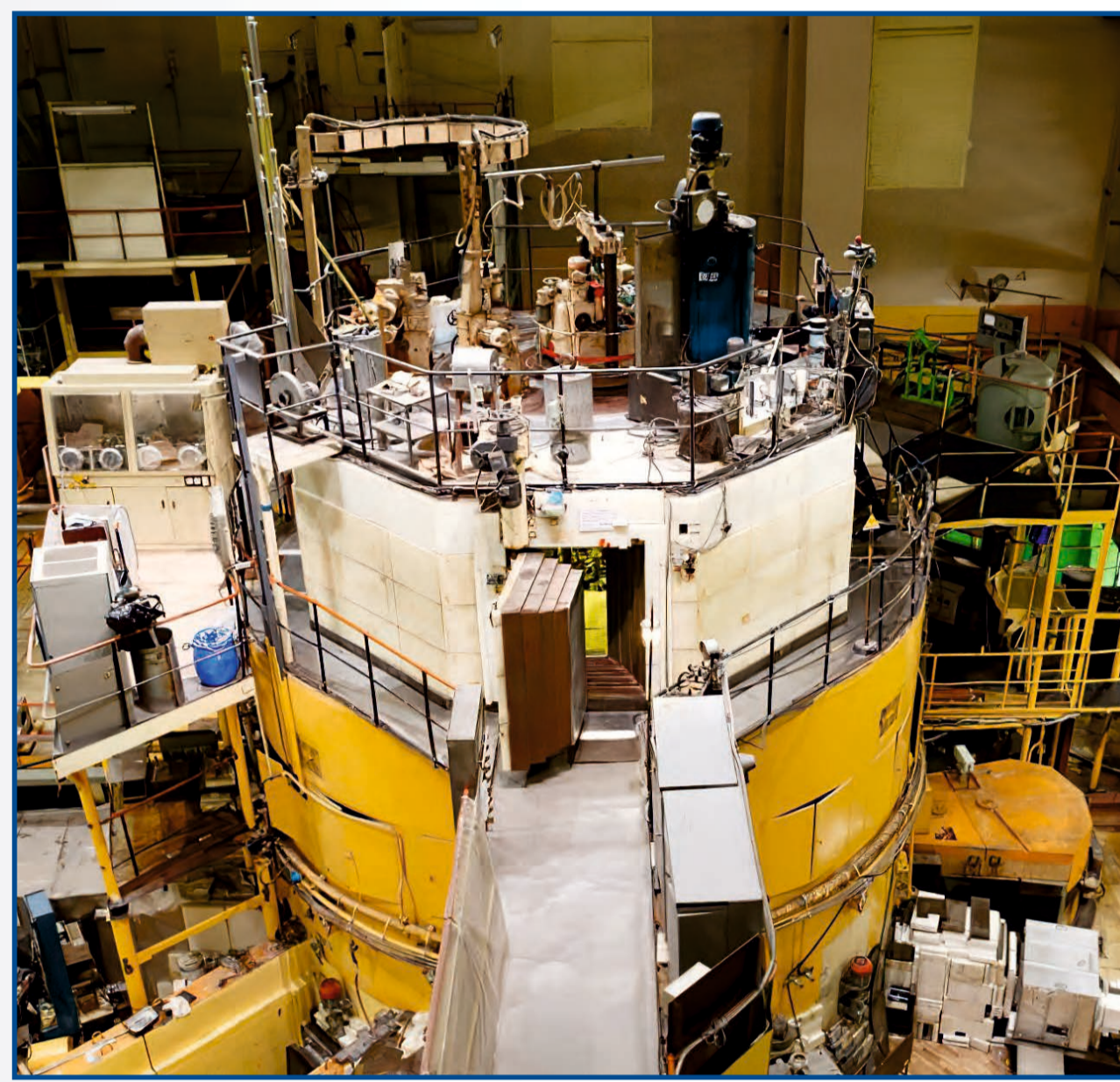
Проф. Л. И. Русинов



Проф. Д. М. Каминкер



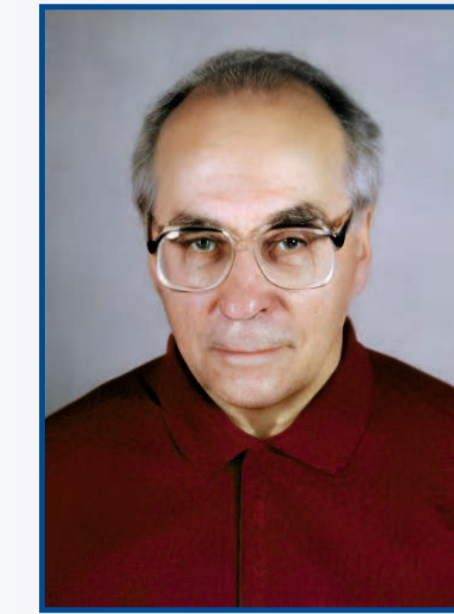
К. А. Конопов, к. т. н., зав. сектором ФТР



Реактор ВВР-М (1980)

НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выполненные в ЛИЯФ пионерские работы по обнаружению и исследованию явлений несохранения пространственной четности в ядерных взаимодействиях были отмечены в 1974 г. Ленинской премией в области науки и техники (В. М. Лобашев, В. А. Назаренко). Под руководством О. И. Сумбаева в ПИЯФ начались и успешно развивались кристалл-дифракционные методы исследования.



В. М. Лобашев, академик РАН



В. А. Назаренко, академик РАН



О. И. Сумбаев, чл.-корр. РАН



А. П. Серебров, чл.-корр. РАН

В 70-е гг. в Институте начинались работы с ультрахолодными нейтронами (УХН), создавались охлаждаемые источники УХН с лучшей в мире интенсивностью. Впервые были проведены эксперименты по измерению электрического дипольного момента (ЭДМ) нейтрона. Методом хранения УХН в материальной ловушке выполнено наиболее точное измерение времени жизни свободного нейтрона (А. П. Серебров с сотрудниками).

Школа физики поляризованных нейтронов (ФПН) в Гатчине известна во всем мире. Основатели Школы – Г. М. Драбкин, С. В. Малеев и А. И. Окорочков. Школа ФПН разработала технику и целый ряд методик исследования конденсированного вещества с помощью рассеяния поляризованных нейтронов, создала производственную базу по напылению зеркал и суперзеркал, организовала выпуск нейтронных трубок, поляризаторов и анализаторов (А. Ф. Щетов).

Государственная премия СССР в области науки и техники была присуждена Г. М. Драбкину, С. В. Малееву и А. И. Окорочкову в 1986 г. Государственная премия РФ в области науки и техники была присуждена В. А. Трунову и В. А. Кудряшеву в 2000 г.



Г. М. Драбкин, д. ф.-м. н., профессор



С. В. Малеев, д. ф.-м. н., профессор



А. И. Окорочков, д. ф.-м. н.

ПОДГОТОВКА К ИССЛЕДОВАНИЯМ НА РЕАКТОРЕ ПИК

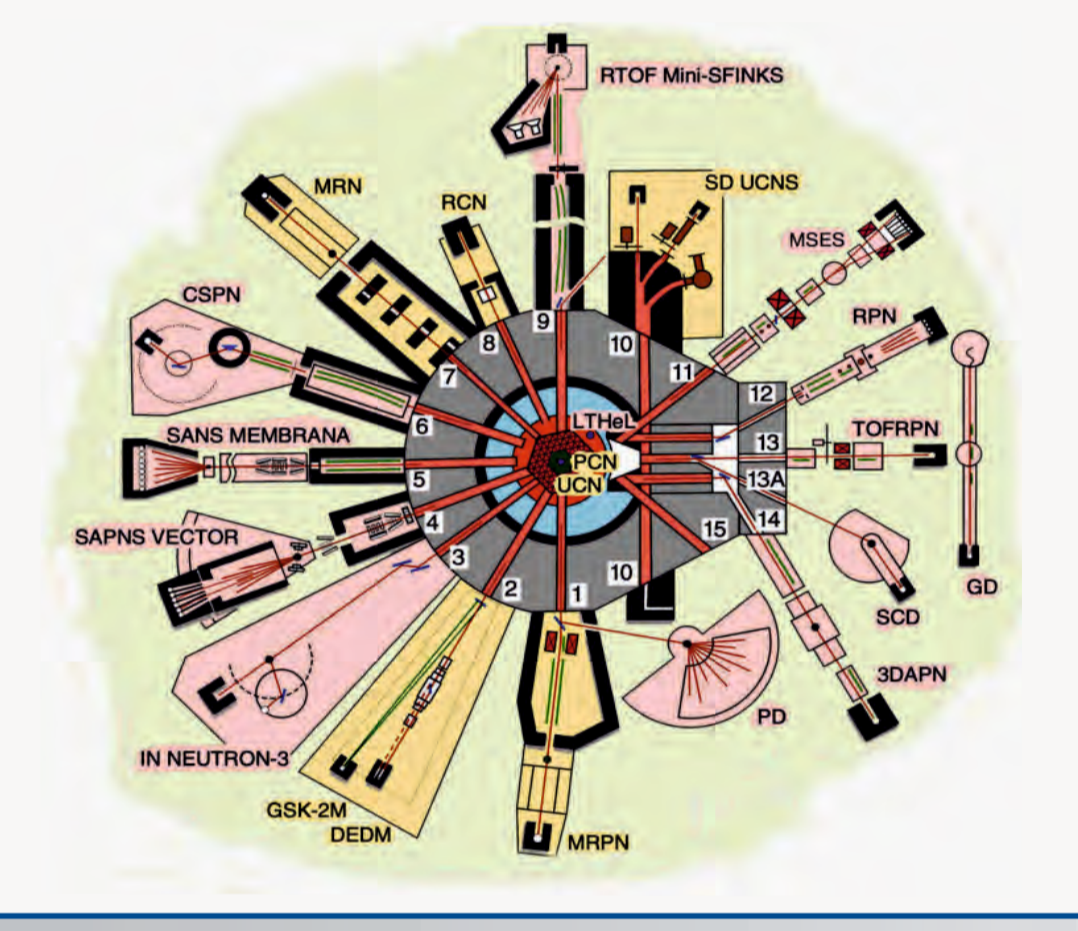


Схема установок на реакторе ВВР-М



Установки на источнике УХН и холодных нейтронов

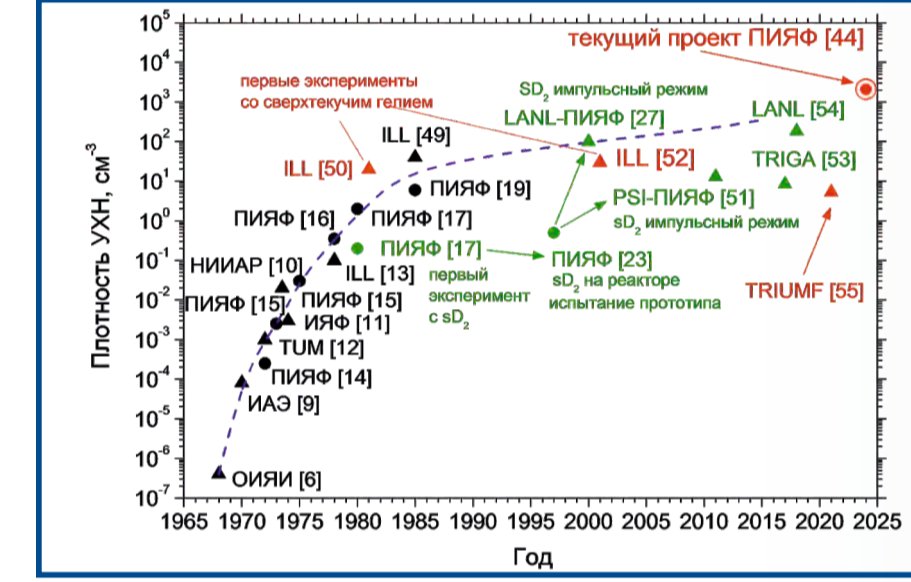
В 1976 г. в Институте было начато строительство нового реактора – реактора ПИК. На этом этапе большая роль принадлежит О. И. Сумбаеву, тогда директору ЛИЯФ.

В конце 70-х гг. на реакторе ВВР-М началась активная подготовка к исследованиям на реакторе ПИК. А. П. Серебров был назначен заведующим ЛНИ, в структуре которой было создано новое подразделение – Отдел разработки физического оборудования во главе с В. А. Труновым. Для формирования научной программы по физике твердого тела был назначен В. П. Плахтий. Другим заместителем заведующего ЛНИ был И. А. Кондуков.

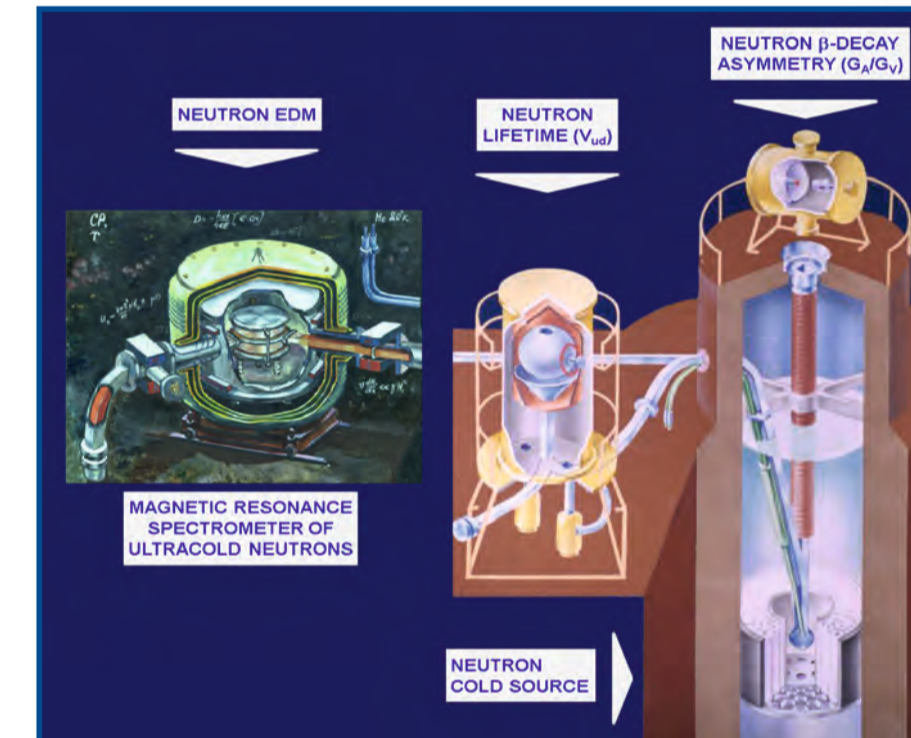
В связи с неопределенными сроками запуска реактора ПИК была выбрана стратегия «реактор ВВР-М – полигон испытаний установок для реактора ПИК». Были разработаны нейтронные воды, поляризующие нейтронные воды, многослойные системы, поляризаторы, коллиматоры, модули перемещений на воздушной подушке, соответствующая современная электроника. И наконец, нужно было освоить источники холодных и ультрахолодных нейтронов. Для этого в центре активной зоны реактора был установлен жидководородный источник нейтронов.

В итоге пучки тепловых нейтронов были оснащены новым экспериментальным оборудованием, а на эстакаде в главном зале реактора проводились исследования с холодными и ультрахолодными нейтронами с интенсивностью, конкурирующей с реактором ILL.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ



Прогресс источников УХН и новый проект Института



Источник УХН и поляризованных холодных нейтронов на реакторе ВВР-М

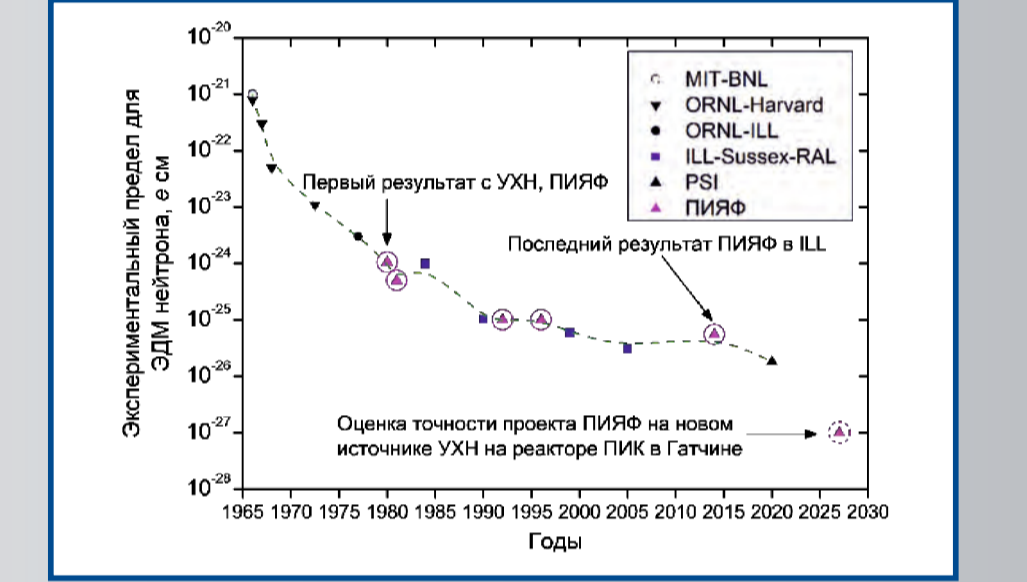
Эксперименты по изучению фундаментальных свойств нейтрона были успешно начаты на универсальном канале реактора ВВР-М и планируются на источнике УХН со сверхтекучим гелием на реакторе ПИК с интенсивностью в 100 раз выше, чем на реакторе ILL.

Эксперимент по поиску ЭДМ нейтрона с использованием УХН был начат в Институте в начале 70-х гг. под руководством В. М. Лобашева и продолжен А. П. Серебровым.

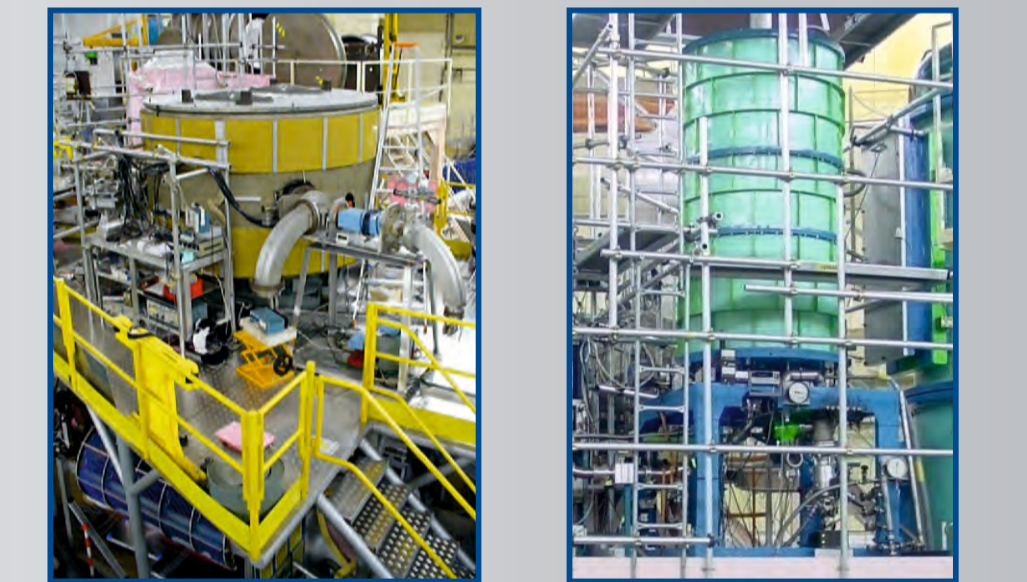
Основная причина научного интереса – возможность изучения фундаментальных основ мироздания. Один и тот же механизм нарушения CP-симметрии создает ЭДМ нейтрона и барионную несимметричность Вселенной.

Прецизионные измерения времени жизни нейтрона и асимметрии распада оказываются также исключительно важными для проверки модели формирования Вселенной. Наиболее точный эксперимент по измерению времени жизни нейтрона с УХН был выполнен в 2004 г. коллаборацией ПИЯФ – ИЛЛ – ОИЯИ под руководством А. П. Сереброва.

Эксперименты по изучению фундаментальных свойств нейтрона были успешно начаты на универсальном канале реактора ВВР-М и планируются на источнике УХН со сверхтекучим гелием на реакторе ПИК с интенсивностью в 100 раз выше, чем на реакторе ILL.



История увеличения точности и понижения предела на ЭДМ нейтрона. Перспективы на реакторе ПИК



Установки Института по поиску ЭДМ нейтрона и его времени жизни на реакторе ИЛЛ

КРИСТАЛ-ДИФРАКЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С НЕЙТРОНАМИ

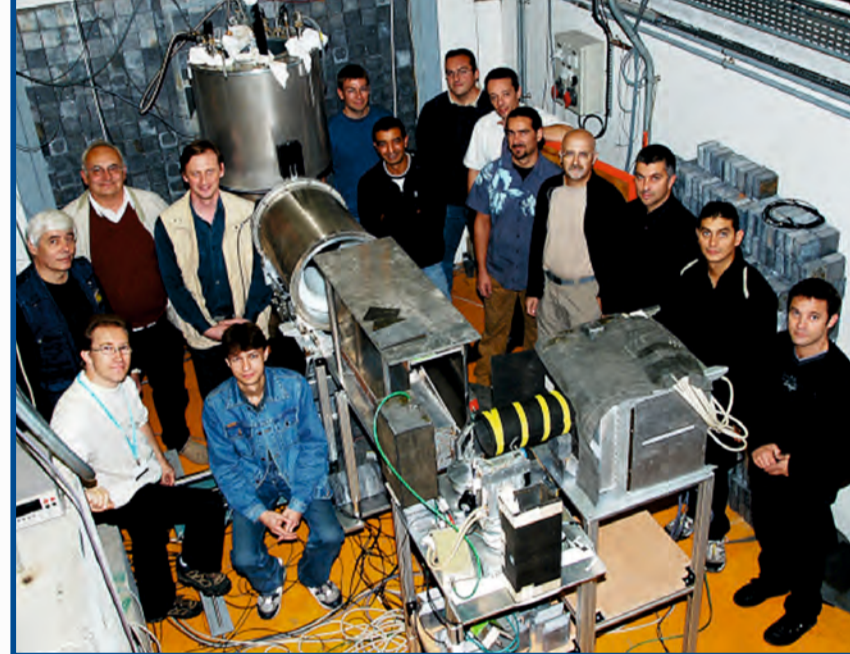


О. И. Сумбаев. Спектрометр ГСК-1

1956 г. Создание первого в СССР кристалл-дифракционного фокусирующего γ -спектрометра ГСК-1 (О. И. Сумбаев, П. И. Лукирский) положило начало Гатчинской школе кристалл-дифракционных исследований под руководством О. И. Сумбаева.

1961 г. На спектрометре ГСК-2, созданном для изучения (λ, γ)-реакции (О. И. Сумбаев, А. И. Смирнов), обнаружено явление группирования γ -линий.

С 1986 г. под руководством О. И. Сумбаева, затем В. В. Федорова развивается новое направление исследований фундаментальных свойств нейтрона дифракционными методами.



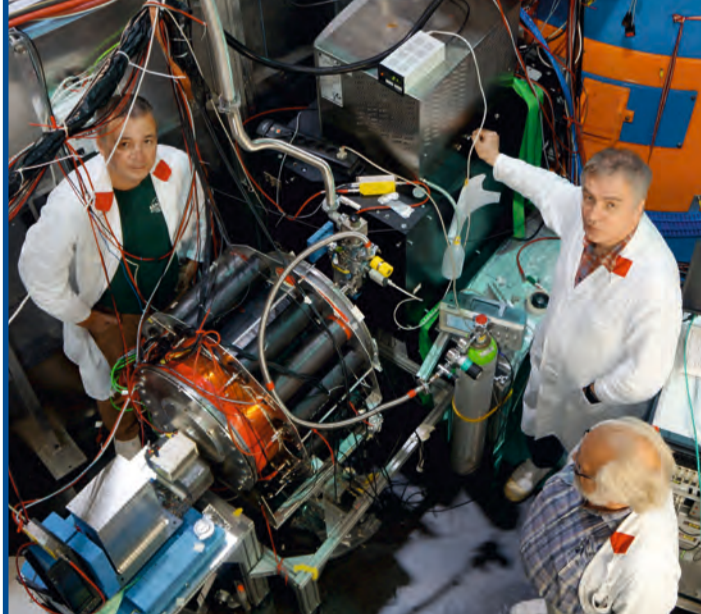
Тестовый эксперимент по поиску ЭДМ нейтрона дифракционным методом на реакторе ИЛЛ (В. В. Федоров, В. В. Воронин)

ФИЗИКА ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР



Г. А. Петров, д. ф.-м. н., руководитель направления исследований по физике деления ядер

- Исследование угловых распределений частиц при делении ядер поляризованными нейтронами.
- Открытие ROT- и TRI-эффектов нарушения симметрии углового распределения легких заряженных частиц (LCP) в тройном делении ядер поляризованными нейтронами, связанных с ориентированным коллективным вращением делящегося ядра в момент разрыва.
- Исследование угловых и энергетических корреляций мгновенных нейтронов при делении ядер.
- Исследование деления ядер нейтронами резонансных и промежуточных энергий на нейтронном спектрометре ГНЕИС на базе синхротрона СЦ-1000 Института.



Установка для исследования ROT-эффекта для γ -квантов при делении ^{235}U поляризованными нейтронами

РАССЕЯНИЕ НЕЙТРОНОВ В ИССЛЕДОВАНИИ АТОМНОЙ И МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ

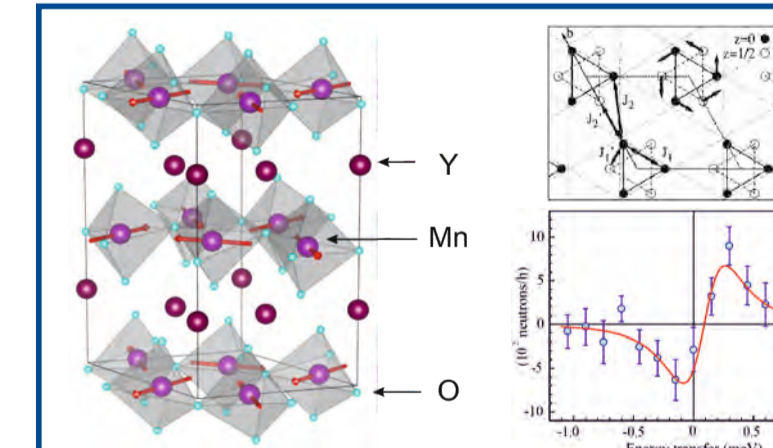


В. П. Плахтий, д. ф.-м. н., профессор

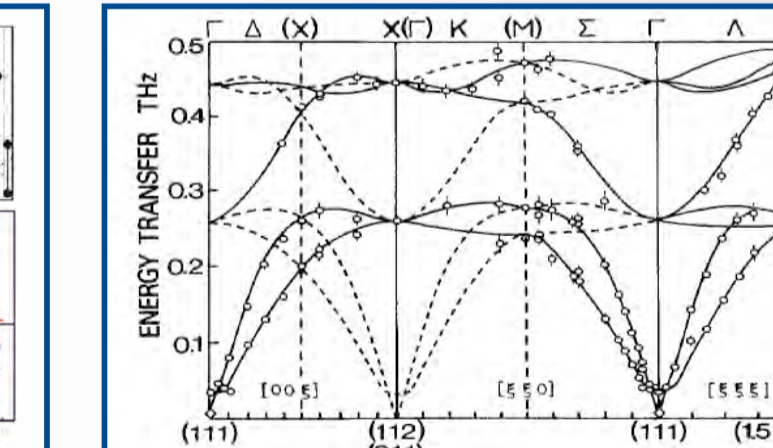
Начало 60-х гг. ознаменовалось бурным развитием нейтронных методов исследования конденсированного вещества. В. П. Плахтий был одним из первых, кто начал заниматься нейтронографией, не только в нашем Институте, но и в стране.

На реакторе ВВР-М силами Лаборатории физики кристаллов (ЛФК) были созданы 5 дифрактометров. С использованием дифрактометров поляризованных и неполяризованных нейтронов удалось подтвердить существование предсказанного теоретически И. Е. Дзялошинского слабого антиферромагнетизма в ортоферритах, имеющего релятивистскую природу. В экспериментах по неупругому рассеянию нейтронов подтверждена гипотеза о существовании щели в спектре спиновых волн антиферромагнетика $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, обусловленной квантовыми спиновыми флуктуациями, а также принадлежность фазовых переходов в хиральных антиферромагнетиках к новому хиральному классу универсальности.

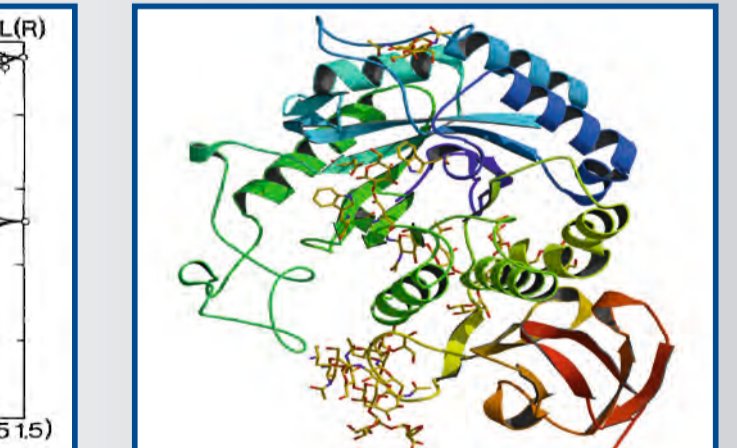
Широкий диапазон объектов, которые исследуются в ЛФК, включает в себя не только магнетики, сегнетоэлектрики, сверхпроводники и т. д., но и биологические объекты. Рентгенодифракционные исследования белков (на синхротроне) позволяют определить их структуру и, что более важно, функцию. С 2009 г. руководителем ЛФК является Ю. П. Черненко. Последние годы в ЛФК проводятся исследования по многим направлениям: мультиферроики, наноструктурированные материалы, магнитомягкие стали и сплавы, тонкие пленки и др. Сотрудники ЛФК руководят созданием 6 установок (дифрактометров и спектрометров) для реактора ПИК.



YMnO_3 – хиральный магнетик



Щель в спектре спиновых волн



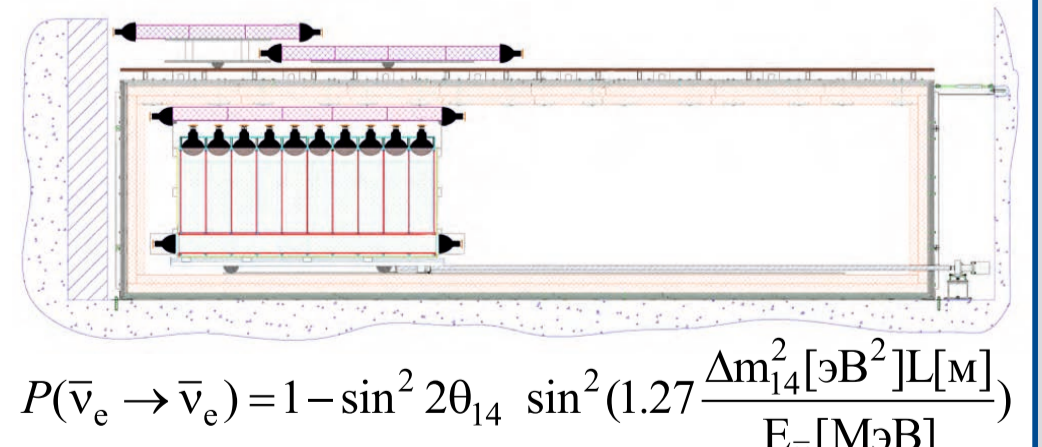
Структура белка



Дифрактометр поляризованных нейтронов

НЕЙТРИННАЯ ФИЗИКА И ПОИСК ЧАСТИЦ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

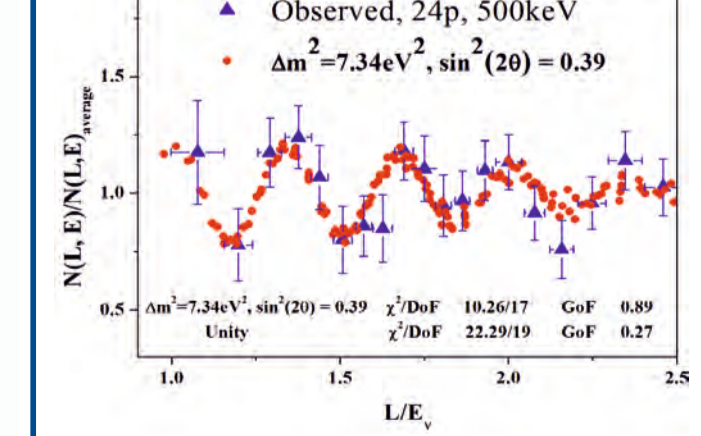
Эксперимент «Нейтрино-4» по поиску стерильного нейтрино



$$P(\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e) = 1 - \sin^2 2\theta_{14} \sin^2(1.27 \frac{\Delta m_{14}^2 [eV^2] L [km]}{E_\nu [MeV]})$$

НИИАР под руководством А. П. Сереброва. Наблюдается эффект осцилляций на уровне достоверности 2,8 σ .

В настоящее время широко обсуждается гипотеза существования стерильного нейтрино. Переход реакторных антинейтрино в стерильное состояние наблюдается по эффекту осцилляций на коротких расстояниях от зоны реактора. Эксперимент проводится на реакторе СМ-3 АО «ГНЦ»



Первое наблюдение эффекта осцилляций антинейтрино в стерильное состояние

Эксперименты в сотрудничестве с коллаборациямиorexino и DarkSide



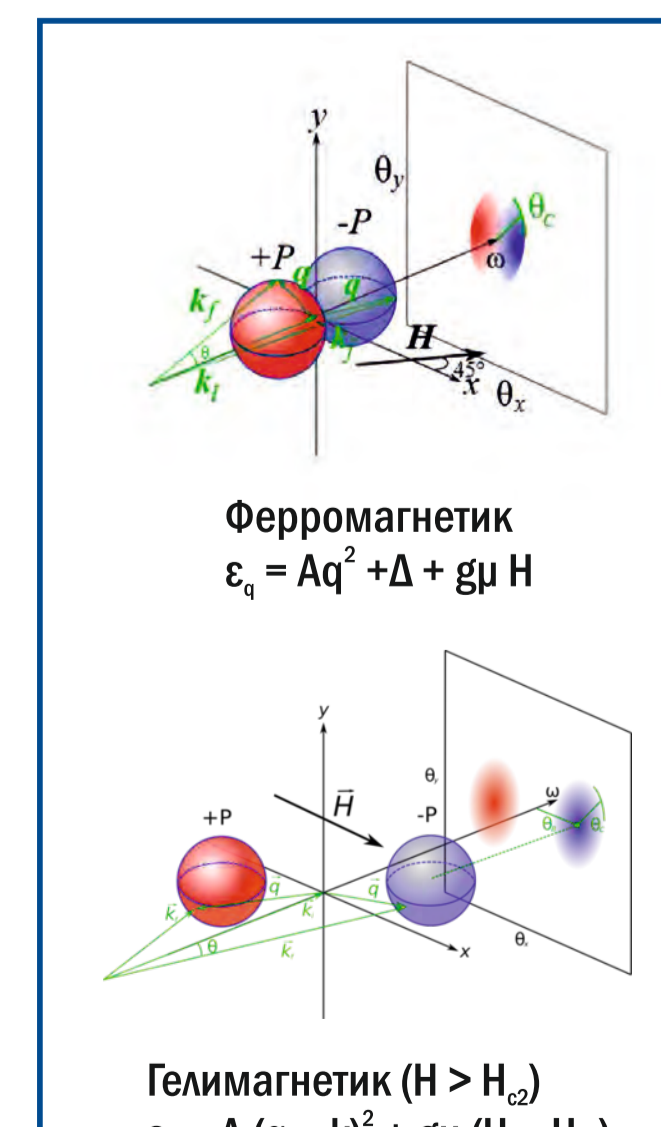
Монтаж 2 200 ФЭУ внутри стальной сферы детектораorexino

Отдел полупроводниковых ядерных детекторов (руководитель А. В. Дербин) входит в состав коллаборацииorexino, которая зарегистрировала солнечныеpp-иCNO-нейтрино, и в коллаборациюDarkSide по поиску частиц темной материи. Проводится поиск редких процессов и корреляций с транзитными астрофизическими источниками, поиск темной материи и аксионов, прецизионные измерения β -спектров ядер для задач нейтринной физики.



Полупроводниковый детектор для поиска солнечных аксионов

ИЗУЧЕНИЕ СПИН-ВОЛНОВОЙ ДИНАМИКИ ФЕРРО- И ГЕЛИМАГНЕТИКОВ



Ферромагнетик $\epsilon_s = Aq^2 + D + \nu H$

Гелимагнетик ($H > H_c$) $\epsilon_s = A(q - k)^2 + \nu H - H_c$

Метод «косой» геометрии, позволяющий изучать спиновые волны в ферромагнетиках, был предложен и реализован в середине 80-х гг. в ЛИЯФ. Он основан на анализе лево-правой асимметрии в магнитном рассеянии поляризованных нейтронов, возникающей в случае, когда направление намагниченности в образце наклонено по отношению к волновому вектору падающего пучка. Рассеяние нейтронов на спиновых волнах сконцентрировано внутри конуса, ограниченного критическим углом – углом отсечки, равным отношению массы магнтона к массе нейтрона. Измеряя это отношение, находят массу магнтона и константу жесткости спиновых волн в материале (А. И. Окорочков, Б. П. Толперберг, В. В. Дергилзав, В. В. Рунов, С. В. Малеев).

Эксперименты по измерению жесткости спиновых волн в гелимагнетиках со взаимодействием Дзялошинского – Мория методом малоуглового рассеяния поляризованных нейтронов показали наличие квадратичного закона дисперсии, смещенного в направлении поля на величину волнового вектора спирали. Измерена величина жесткости спиновых волн в зависимости от температуры для бинарных и квазибинарных соединений: MnSi , $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$, FeGe , $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Ge}$, $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{Si}$, Cu_2OSeO_3 (С. В. Малеев, С. В. Григорьев, Е. В. Алтынбаев, К. А. Пшеничный).



А. И. Окорочков



ОТДЕЛЕНИЕ НЕЙТРОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЯ С УЛЬТРАХОЛОДНЫМИ НЕЙТРОНАМИ

Высокоинтенсивный источник УХН на основе сверхтекучего гелия на реакторе ПИК

Температура источника, К	1,15
Поток тепловых нейтронов, см ⁻² · с ⁻¹	2,8 · 10 ¹⁰
Плотность УХН в источнике, см ⁻³	1,3 · 10 ⁷
Плотность УХН в ЭДМ-ловушке, см ⁻³	3,5 · 10 ⁷

Создается источник для производства УХН с плотностью, в 10–100 раз превышающей плотность УХН на существующих в мире источниках. На реакторе ВВР-М проведены испытания модели источника.



Получена температура 1,3 К при тепловой нагрузке 30 Вт

Разработка установок и проведение испытаний на реакторах ВВР-М и ILL

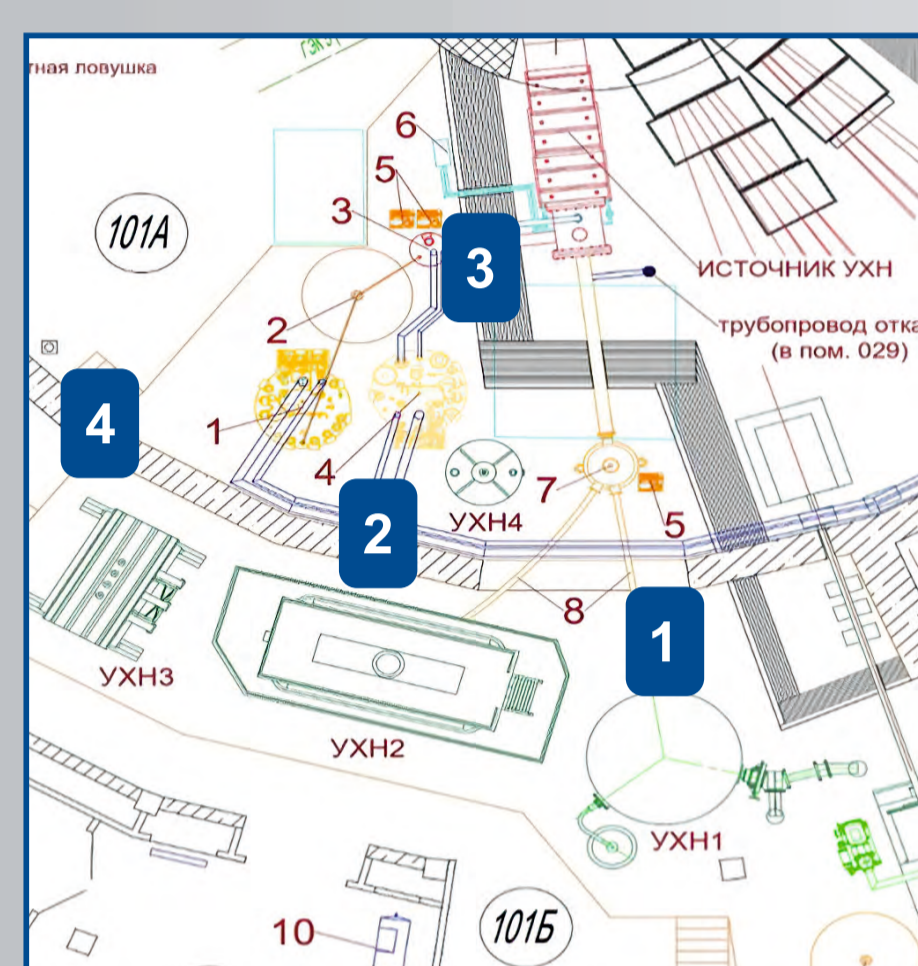


Схема размещения установок на источнике УХН реактора ПИК

В плане подготовки исследований на реакторе ПИК с 1980 г. в Институте началась разработка источников холодных и ультрахолодных нейтронов, а также установок для исследования фундаментальных взаимодействий. Первые эксперименты были проведены на реакторе ВВР-М и в дальнейшем продолжены на реакторе ILL во Франции.



1 ЭДМ-спектрометр 2 Гравитационная ловушка УХН 3 Магнитная ловушка УХН 4 Нейтронные осцилляции УХН

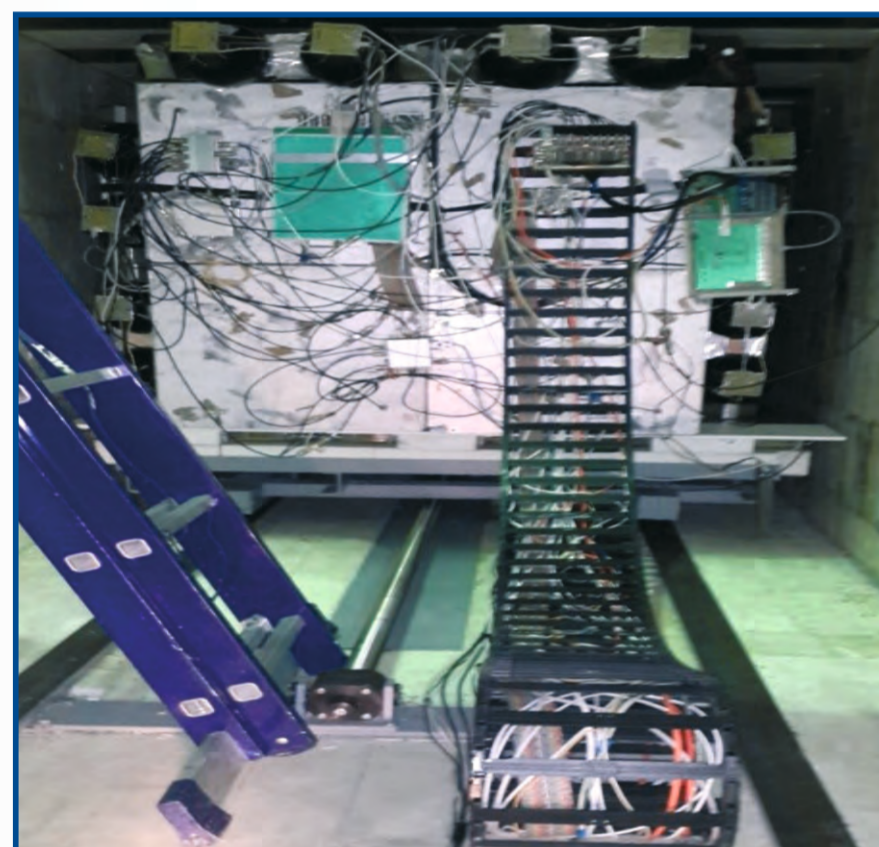
НЕЙТРИННАЯ ФИЗИКА НА РЕАКТОРЕ ПИК И ПОДГОТОВКА УСТАНОВКИ НА РЕАКТОРЕ СМ-3

Экспериментальный поиск возможных осцилляций нейтрино в стерильное состояние проводится уже на протяжении многих лет. Стерильное нейтрино является кандидатом в частицы темной материи. Гипотеза осцилляций в стерильное состояние может быть проверена прямым измерением зависимости нейтринного потока и нейтринного энергетического спектра на различных расстояниях в диапазоне 6–12 м.



Схема размещения установки «Нейтрино» на реакторе ПИК

Реактор ПИК открывает замечательные возможности для таких исследований благодаря компактной зоне и большой мощности реактора. Подготовка эксперимента была начата на реакторе ВВР-М и продолжена на реакторе СМ-3. Получены указания на наличие осцилляций. После пуска реактора ПИК планируется проводить на нем основные измерения. Ожидаемая скорость счета антинейтринных событий для детектора объемом 2 м³ на расстоянии 8 м от активной зоны реактора ПИК может составлять ~ 800 в сутки.



Эксперимент «Нейтрино» на реакторе СМ-3 в Димитровграде

НЕЙТРОННАЯ ФИЗИКА С ХОЛОДНЫМИ НЕЙТРОНАМИ

Установка «Поиск ЭДМ нейтрона кристалл-дифракционным методом» (DEDM)

Данный инструмент будет представлять собой универсальную позицию для исследования свойств нейтрона и фундаментальных взаимодействий. Основная идея заключается в использовании гигантских электрических полей нецентросимметричного кристалла. Величина полей на всем пути нейтрона через кристалл составляет 10⁸–10⁹ В/см, что более чем в 10⁴ раз превышает поля, достижимые в лаборатории обычными методами. При поиске ЭДМ нейтрона возможно достижение точности 2–3 · 10⁻²⁷ е · см с использованием нового класса кристаллов (BSO, BGO).

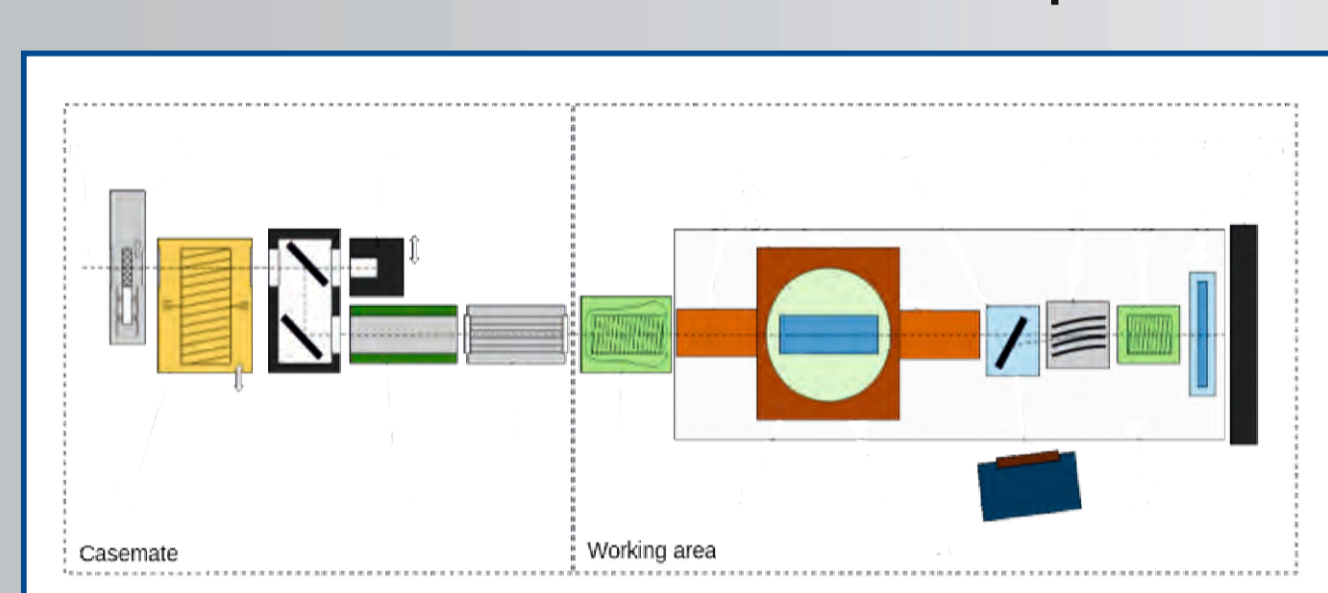
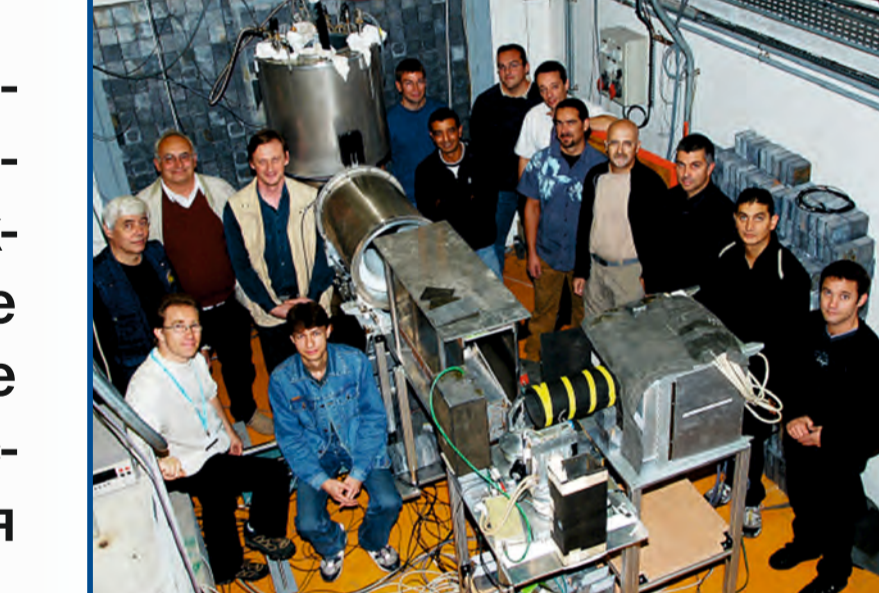


Схема экспериментальной установки

Установка была разработана в ПИЯФ. Первые измерения проведены на реакторе ВВР-М, дальнейшие исследования – на реакторе ILL. В настоящее время установка разрабатывается в коллаборации с ИЛЛ.



Проведение исследований в ИЛЛ

Установка «Бета-распад нейтрона», измерение асимметрий распада

Основная цель эксперимента – измерение электронной и нейтринной асимметрии β-распада нейтрона с относительной точностью 1–2 · 10⁻³ для поиска отклонений от Стандартной модели. Основу экспериментальной установки составляет сверхпроводящий соленоид с напряженностью магнитного поля 0,35 Тл в области однородного поля и 0,80 Тл в области магнитной пробки. Корреляционный коэффициент в β-распаде нейтрона измеряется за счет магнитной колликации угла вылета электрона. Пучок нейтронов попадает в область распада, ограниченную цилиндрическим электродом. Все протоны вытравливаются из области распада нейтронов электрическим полем и попадают на протонный детектор. Электроны движутся на электронный детектор. Применение скрещенных электрических и магнитных полей позволяет развести протоны и электроны и перейти к измерению трех асимметрий: электронной, нейтринной и протонной.

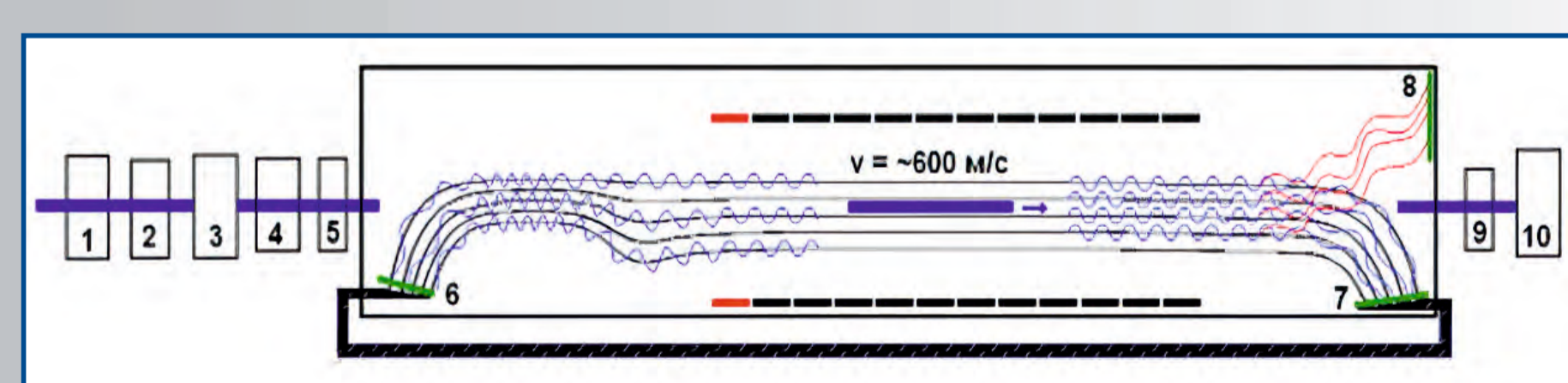
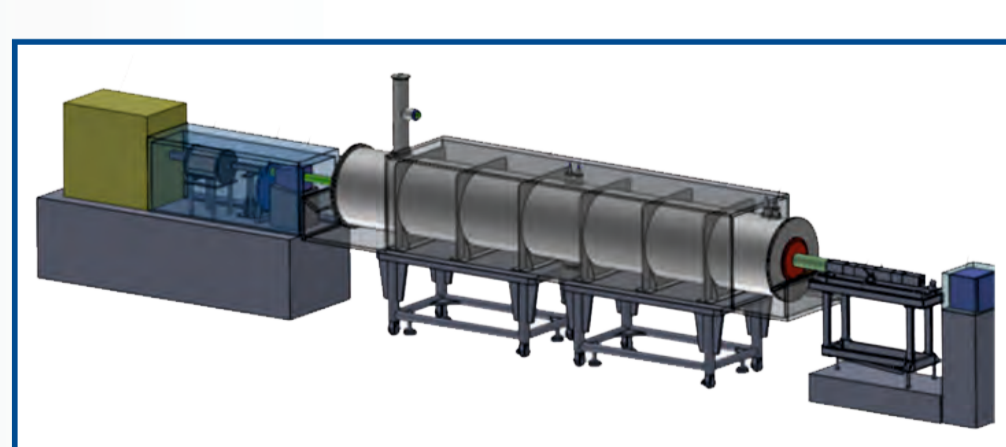
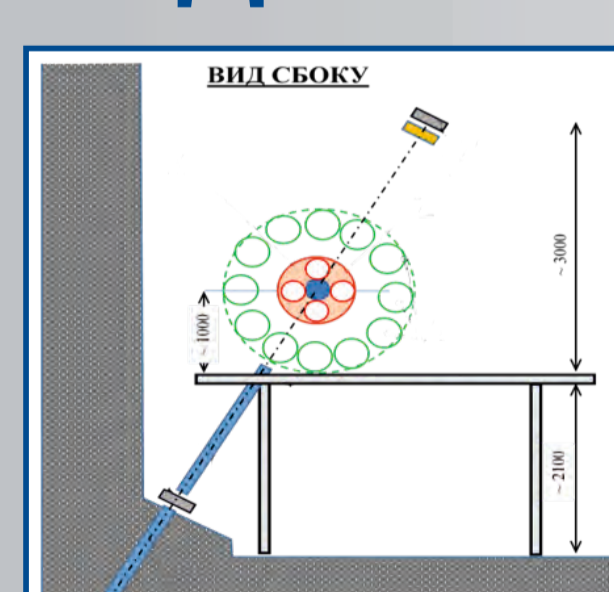


Схема экспериментальной установки



Проект экспериментальной установки

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА С ТЕПЛОВЫМИ НЕЙТРОНАМИ



Установка для исследования множественности осколков деления FISCO. Создаваемая установка предназначена для изучения механизма деления ядер и получения ядерных данных, необходимых для практических приложений, с помощью многопараметрических корреляционных исследований характеристик продуктов деления. А именно: для исследования распределений множественности нейтронов деления в зависимости от характеристик осколков деления (масса, энергия) и свойств делющихся ядер; изучения угловых и энергетических корреляций осколков деления, нейтронов, γ-квантов и легких заряженных частиц в делении.

Спектрометр ядерных излучений PROGRAS будет использоваться для исследований структуры атомного ядра в (п, γ)-реакциях на тепловых нейтронах по спектрам совпадений (γ-γ), нейтронно-радиационного анализа элементного и изотопного состава образцов, а также измерения сечения взаимодействия нейтронов с веществом.



Измерительный комплекс для проведения инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) на основе спектрометра γ-излучения и пневматической транспортной установки. Установка позволит определять содержание Li, B, N, O, F, Ne, Al, V, Pb в образцах по их короткоживущим изотопам, что невозможно сделать обычными методами нейтронно-активационного анализа. Это открывает уникальную возможность определять данные элементы в сверхтвердых и жаростойких сплавах (от их содержания очень сильно зависят свойства сплавов), а также исследовать геологические образцы и биологические объекты.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Уникальный комплекс экспериментальных установок для исследования конденсированного состояния вещества различными нейтронными методами на РК ПИК

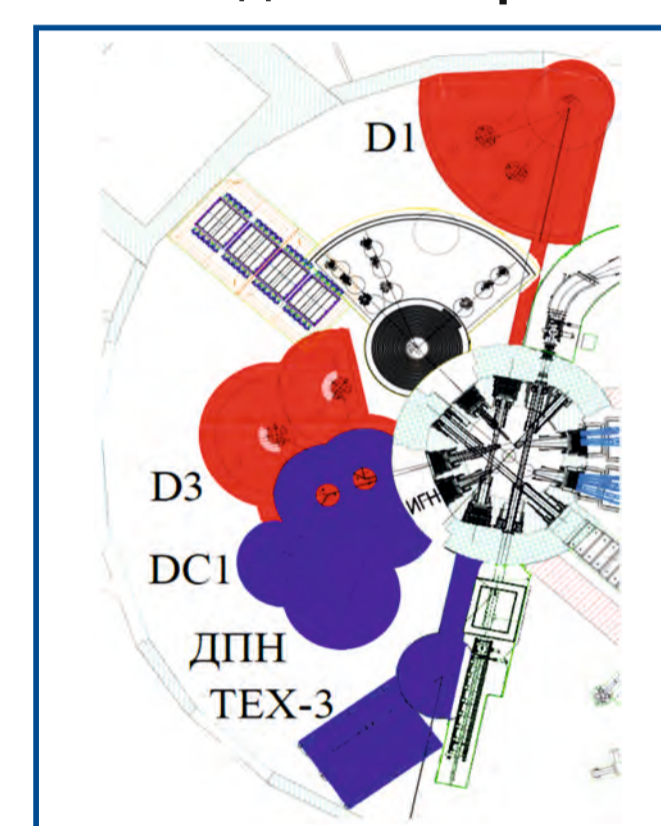


Нейтронные дифрактометры

Структурная нейтронография – одна из самых востребованных нейтронных методик, незаменимый инструмент в самых разных исследованиях: от материаловедения и биологии до археологии.

Порошковый дифрактометр высокого разрешения D1 предназначен для:

- прецизионного определения структурных параметров в материалах со сложной кристаллической и магнитной структурой;
- исследований теплового атомного движения (ионной проводимости), что важно для материалов, имеющих широкое практическое применение.



Порошковый дифрактометр высокой интенсивности D3 предназначен для:

- первичного определения кристаллической и магнитной структуры;
- экспериментов с временным разрешением *in situ* или *in operando*,
- наблюдения эволюции структуры при изменениях внешних параметров,
- измерений на малых количествах образца,
- исследований водородсодержащих объектов,
- исследований при экстремальных условиях на образце.

С помощью **четырёхкружного дифрактометра DC1** будет проводиться уточнение кристаллической и магнитной структуры кристаллов, изучение фазовых переходов, частично кристаллизованных материалов, определение дефектной структуры кристаллов и др. Рабочие длины волн: λ = 0,5; 0,9; 1,2; 2,4 Å.

Дифрактометр поляризованных нейтронов DIPOL предназначен для детальных исследований сложных магнитных структур, распределения магнитной плотности. Режимы дифракции нейтронов: без анализа поляризации рассеянных нейтронов и с анализом. Рабочая длина волны: λ = 1,5 Å.

Текстурный дифрактометр TEX-3 предназначен для исследования ориентационного распределения кристаллитов в образце. Это имеет важное прикладное значение для исследований функциональных материалов. Рабочие длины волн: λ = 1,24; 2,4 Å.

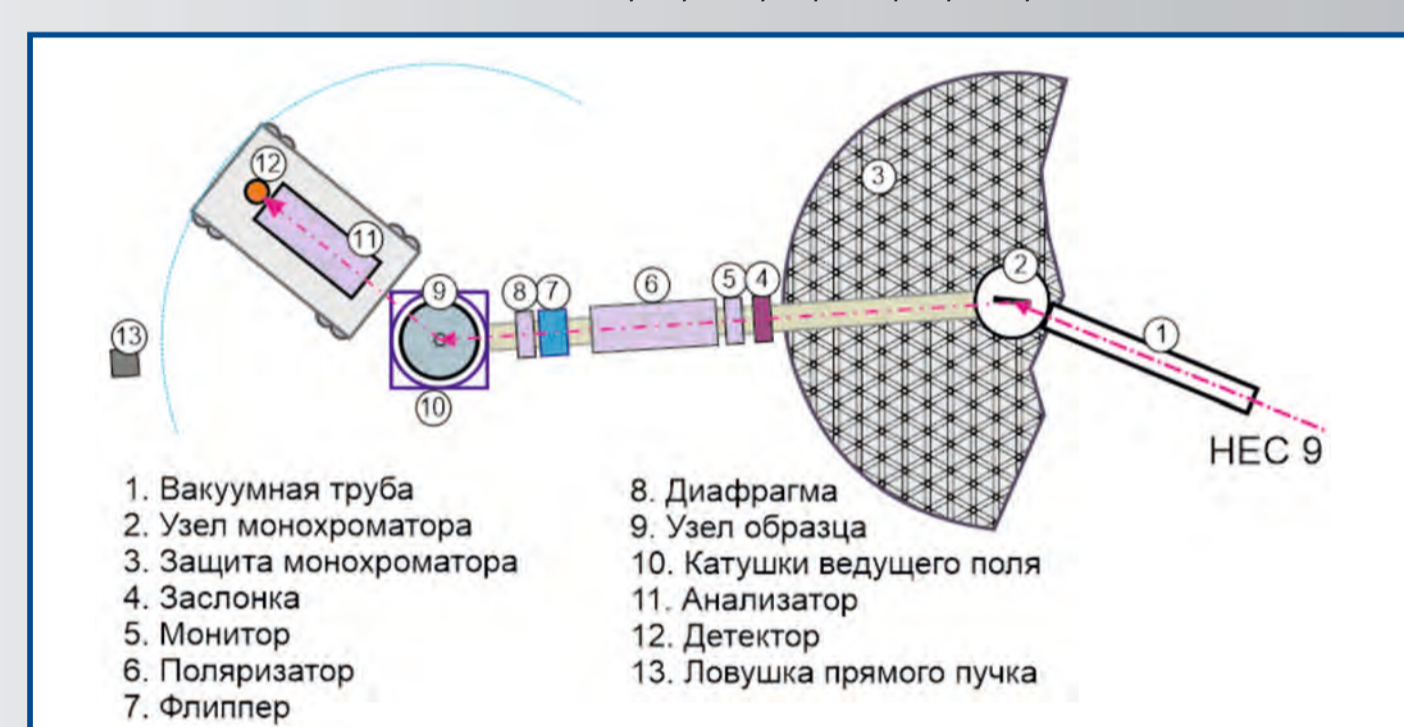


Схема расположения основных узлов ДПН DIPOL

СПЕКТРОМЕТРЫ НЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ

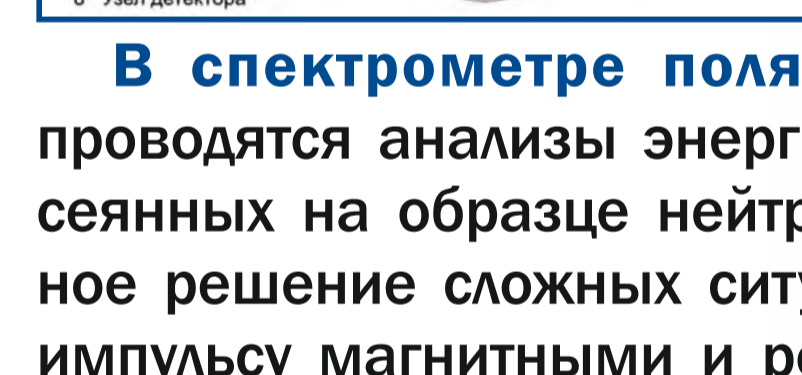
Трехосные спектрометры – основные инструменты для исследований неупругих процессов в твердом теле. Спектрометрия по времени пролета позволяет измерять спектры неупругого рассеяния нейтронов как в упорядоченных, так и в неупорядоченных материалах в широком диапазоне переданных импульсов и энергий.

Спектрометр тепловых нейтронов IN1 предназначен для исследования неупругого рассеяния нейтронов на коллективных возбуждениях. Диапазон энергий нейтронов: E_i = 15–100 мэВ.

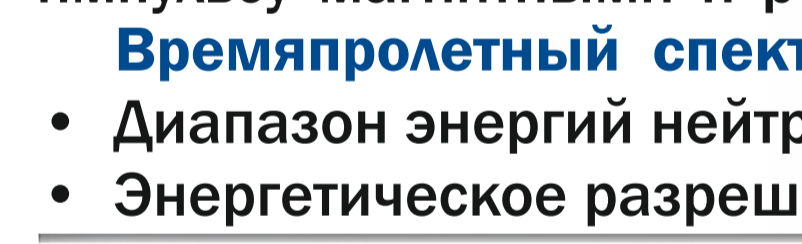


Спектрометр холодных нейтронов IN2 предназначен для исследования с высоким разрешением неупругого рассеяния нейтронов на коллективных возбуждениях с низкими энергиями.

• Диапазон энергий нейтронов: E_i = 2,3–36 мэВ.
• Энергетическое разрешение ΔE ≤ 25, 80, 120 мэВ для энергий падающих нейтронов 2, 3, 4 и 5 мэВ.



В спектрометре поляризованных нейтронов IN3 проводятся анализы энергии и спинового состояния рассеянных на образце нейтронов, что обеспечит эффективное решение сложных ситуаций с близкими по энергии/импульсу магнитными и решеточными возбуждениями.



Времяпролетный спектрометр IN4

- Диапазон энергий нейтронов: E_i = 0,5–20 мэВ.
- Энергетическое разрешение ΔE в позиции упругого пика не хуже 5 %.

МАЛОУГЛОВЫЕ УСТАНОВКИ

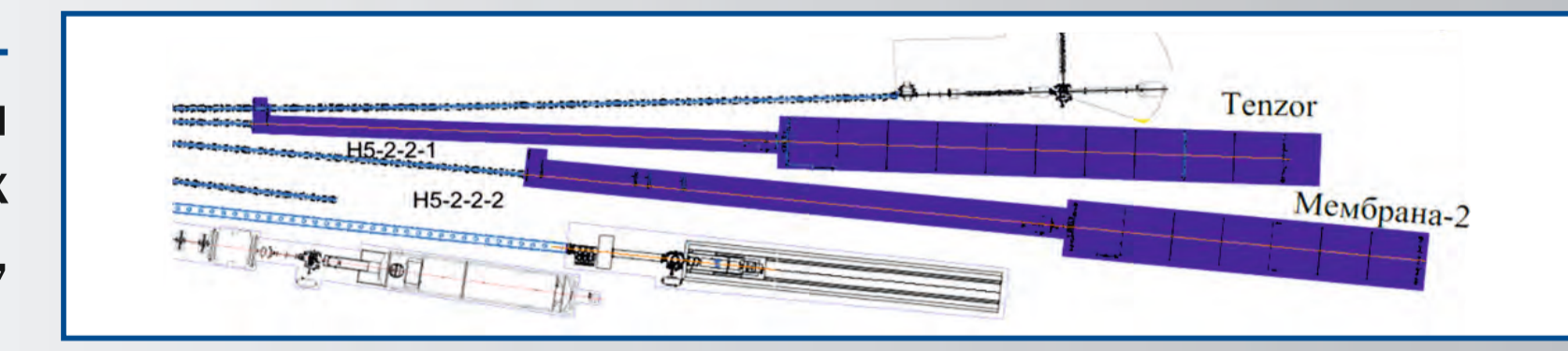
Метод малоуглового нейтронного рассеяния позволяет изучать неоднородности на масштабах размеров 1–1 000 нм, структуру разупорядоченных объектов, строение биологических молекул в растворе, объемные дефекты в кристаллах, кластерную структуру жидкостей и аморфных тел и т. д.



Малоугловой дифрактометр поляризованных нейтронов Tensor предназначен для изучения ядерных и магнитных неоднородностей размерами 1–100 нм при проведении исследований в области материаловедения, физики металлов, технологии наноструктур и наноматериалов и др.

• Поляризация: P ≥ 95 %.
• Диапазон длин волн: λ = 4,5–30 Å.
• Диапазон переданных импульсов: 0,001 Å⁻² < q < 0,5 Å⁻¹.

Установка малоуглового рассеяния нейтронов «Мембрана» предназначена для изучения надатомных, молекулярных и надмолекулярных структур полимеров, макромолекул, фуллеренов, наночастиц.



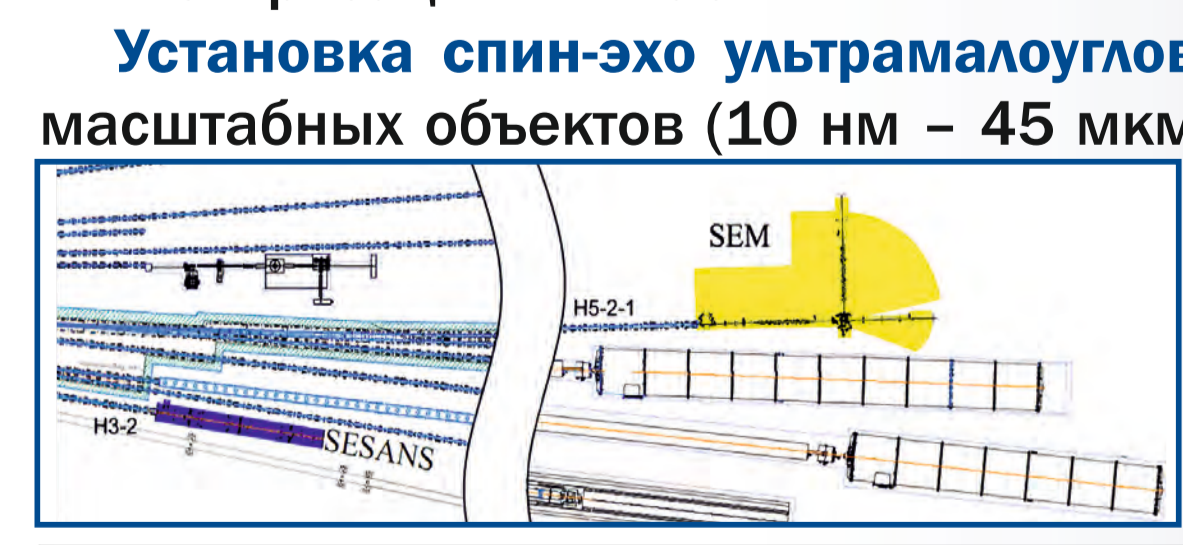
• Диапазон длин волн: λ = 4,5–20 Å. • Диапазон переданных импульсов: 7 · 10⁻⁴ Å⁻² < q < 0,7 Å⁻¹.

СПИН-ЭХО-СПЕКТРОМЕТРЫ

В методе нейтронной спин-эхо-спектроскопии (НСЭ) измеряется промежуточная функция рассеяния S(Q, t) в точке обратного пространства Q в зависимости от времени релаксации изучаемого процесса t. НСЭ может выступать связующим звеном между интегральными методами и традиционной нейтронной спектроскопией – трехосной и времяпролетной.

Нейтронный спин-эхо-спектрометр SEM предназначен для экспериментов по квазиупругому рассеянию, изучения релаксационных процессов, расположенных на энергетической шкале вокруг нуля переданной энергии.

• Диапазон длин волн: λ = 4,5–12 Å.
• Диапазон переданных импульсов: 0,1 Å⁻² < q < 10 Å⁻².
• Поляризация: P = 95 %.



Установка спин-эхо ультрамалоуглового рассеяния SESANS предназначена для исследований крупномасштабных объектов (10 нм – 45 мкм), характерных для биологии, пористых и мембранных систем, коллоидной и супрамолекулярной химии, доменной структуры магнитных материалов и др.

- Диапазон длин волн: λ = 3,5–12 Å.
- Диапазон переданных импульсов: 100 нм – 40 мкм.
- Поляризация: P ≥ 95 %.

Схема расположения основных узлов спектрометра SEM

НЕЙТРОННЫЕ РЕФЛЕКТОМЕТРЫ

Высокопоточный рефлектометр Sonata оптимизирован для съемок с вертикальными образцами с площадью поверхности ~ 1 см².

- Режимы работы: времяпролетный с монохроматическим пучком.
- Разрешение: 5–15 %.
- Диапазон длин волн: λ = 2–25 Å.
- Диапазон переданных импульсов: 0,001 < q < 1 Å⁻².

Рефлектометр Harmony – прибор для изучения образцов с горизонтальной поверхностью.

- Неполаризованный или поляризованный пучок.
- Диапазон длин волн: λ = 2–20 Å.
- Диапазон переданных импульсов: 0,005 < q < 0,5 Å⁻¹.

Рефлектометр Nero-2 – прибор для исследования структуры и магнетизма тонких пленок и многослойных систем, границ раздела и латеральных неоднородностей внутри пленок.

- Рабочая длина волны: λ = 5,2 Å.
- Неполаризованный или поляризованный пучок с высоким (Δλ/λ ~ 0,01) или средним (Δλ/λ ~ 0,04) разрешением.