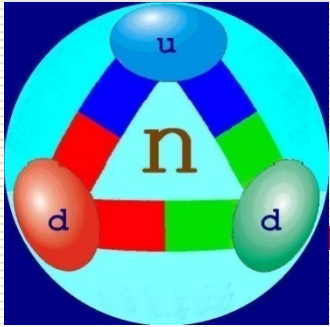




Отделение нейтронных исследований в 2012 г.

В. В. Федоров

Отделение нейтронных исследований, 2012 г.

ОНИ– **291 (269, 279)** чел.

в осн. штате,

35 (32, 28) совместителей,

в т.ч.

17 (17, 11) аспирантов ПИЯФ

+ **6** сторонних аспирантов;

+ **14 (9, 6)** студентов

19 (19) д.н.; 65,5 лет (66,5; 65,5; 65)

76 (75) к.н.; 60,3 лет (60, 60, 59)

	осн. штат	д.н.	к.н.
2005	- 543	16	91
2006	- 509	15	82
2007	- 274	17	73
2008	- 277	18	74
2009	- 274	18	76
2010	- 279	18	77
2011	- 269	19	75
2012	- 291	19	76

Опубликовано более 130 работ,

статьи журналах – 92, препринты и архив – 38; монографий – 2,
тезисов конф. > 50

Защищена 1 кандидатская диссертация

Руководитель ОНИ - Федоров В. В.

докт. физ.-мат. наук, профессор

- ❖ Зам. рук. по науке, ученый секретарь ---
Воронин В. В., д.ф.-м.н.
 - ❖ Зам. рук. по науке --- **Пирожков А. Н., к.ф.-м.н.**
 - ❖ Зам. рук. по науке --- **Черненко Ю. П., к.ф.-м.н.**
 - ❖ Зам. рук. по общим вопросам --- **Куга Н. А.**
 - ❖ Главный инженер ОНИ --- **Самсонов Л. Э.**
-

Структура ОНИ 2012

Научный ОТДЕЛ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Зав. отделом
Серебров А. П.
докт. физ.-мат. наук,
профессор

- ❖ **Лаборатория физики нейтрона**
(проф. Серебров А. П.)
- ❖ **Лаборатория рентгеновской и гамма-спектроскопии**
(проф. Федоров В. В.)
- ❖ **Лаборатория ядерной спектроскопии**
(д.ф.-м.н. Митропольский И. А.)
 - ❖ **Группа "Центр данных"**
(к.ф.-м.н. Родионов А. А.)
 - ❖ **Группа ядерной спектроскопии и активационного анализа**
(к.ф.-м.н. Зиновьев В. Г.)
- ❖ **Лаборатория молекулярных и атомных пучков**
(к.ф.-м.н. Ежов В. Ф.)
- ❖ **Группа физики деления ядер**
(к.ф.-м.н. Воробьев А. С.)
- ❖ **Группа исследования слабых взаимодействий**
(к.ф.-м.н. Пирожков А. Н.)
- ❖ **Группа ультрахолодных нейтронов на реакторе ВВР-М**
(Харитонов А. Г.)

Структура ОНИ 2012

Научный ОТДЕЛ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Зав. отделом
Григорьев С. В.
докт. физ.-мат. наук

- ❖ Лаборатория физики неупорядоченного состояния
(к.ф.-м.н. Рунов В. В.)
- ❖ Лаборатория физики кристаллов
(к.ф.-м.н. Черненко Ю. П.)
- ❖ Лаборатория нейтронных физико-химических исследований
(д.ф.-м.н. Лебедев В. Т.)
- ❖ Лаборатория исследования материалов
(д.ф.-м.н. Курбаков А. И.)
- ❖ Группа радиационной физики твердого тела
(д.ф.-м.н. Беляев С. П.)
- ❖ Группа электромагнитных свойств конденсированных сред
(к.ф.-м.н. Геращенко О. В.)

Структура ОНИ 2012

НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

- ❖ **Отдел автоматизации экспериментов на реакторах**
(к.т.н. Соловей В. А.)
 - ❖ **Лаборатория управляющих и измерительных систем**
(к.т.н. Соловей В. А.)
- ❖ **Отдел полупроводниковых ядерных детекторов**
(д.ф.-м.н. Дербин А. В.)
 - ❖ **Лаборатория низкофоновых измерений**
(д.ф.-м.н. Дербин А. В.)
 - ❖ **Группа физики и технологии полупроводниковых детекторов**
(к. ф.-м. н. Хусаинов А.Х.)
 - ❖ **Группа физики и химии изотопов**
(к. ф.-м. н. Егоров А. И.)
- ❖ **Отдел инженерного и технологического обеспечения экспериментов на реакторах**
(Булкин А. П.)
 - ❖ **Группа нейтронной рефлектометрии**
(к.ф.-м.н. Плешанов Н. К.)
 - ❖ **Группа разработки экспериментального физического оборудования**
(к.ф.-м.н. Ульянов В. А.)
 - ❖ **Группа вакуумной напылительной техники**
(Харченков В. П.)
 - ❖ **Группа источников холодных нейтронов и криогенных систем на реакторе ПИК**
(к.ф.-м.н. Митюхляев В. А.)
- ❖ **Опытное производство ОНИ**
(гл. техн. Лазебник И. М.)

Дополнительное финансирование ОНИ

		2012	2011	2010	2009	2008
Бюджет РАН	тема 52 Григорьев (Испания-ком.)		31,3			
	темы 29, 80, 85		12 557,7	18 621,0	33 490,0	32 570,0
	тема 47 - РНИКС		166,7			100,0
Р Ф Ф И	тема 15	26 027,0	12 778,2	8 463,5	10 088,7	10 035,0
	темы 14,17,18		520,0	860,0		300,0
Фонд «Династия»	темы 9-12	320,0	450,0	230,0	360,0	150,0
Минобрнаука	госконтракты	24 210,0	30 751,0	18 273,0	7 000,0	26 864,8
	тройственные соглашения	7 800,0				
Договора и контракты (финансирование)	внебюджет	11 501,6	12 387,0	6 465,3	17 372,4	24 930,3
Целевые международные	внебюджет	598,4	829,2	9 533,0	2 056,2	154,1
НИЦ КИ	БЮДЖЕТ	25 160,0	84 870,0			
В С Е Г О по ОНИ		95 617,0	155 341,1	62 445,8	70 367,3	95 104,2

Общехоз. расходы (накладные расходы), т. руб.

Внебюджет	4 087
Тема 15 РФФИ	2 536
Тройств. соглашения	1 140
ВСЕГО:	7 763

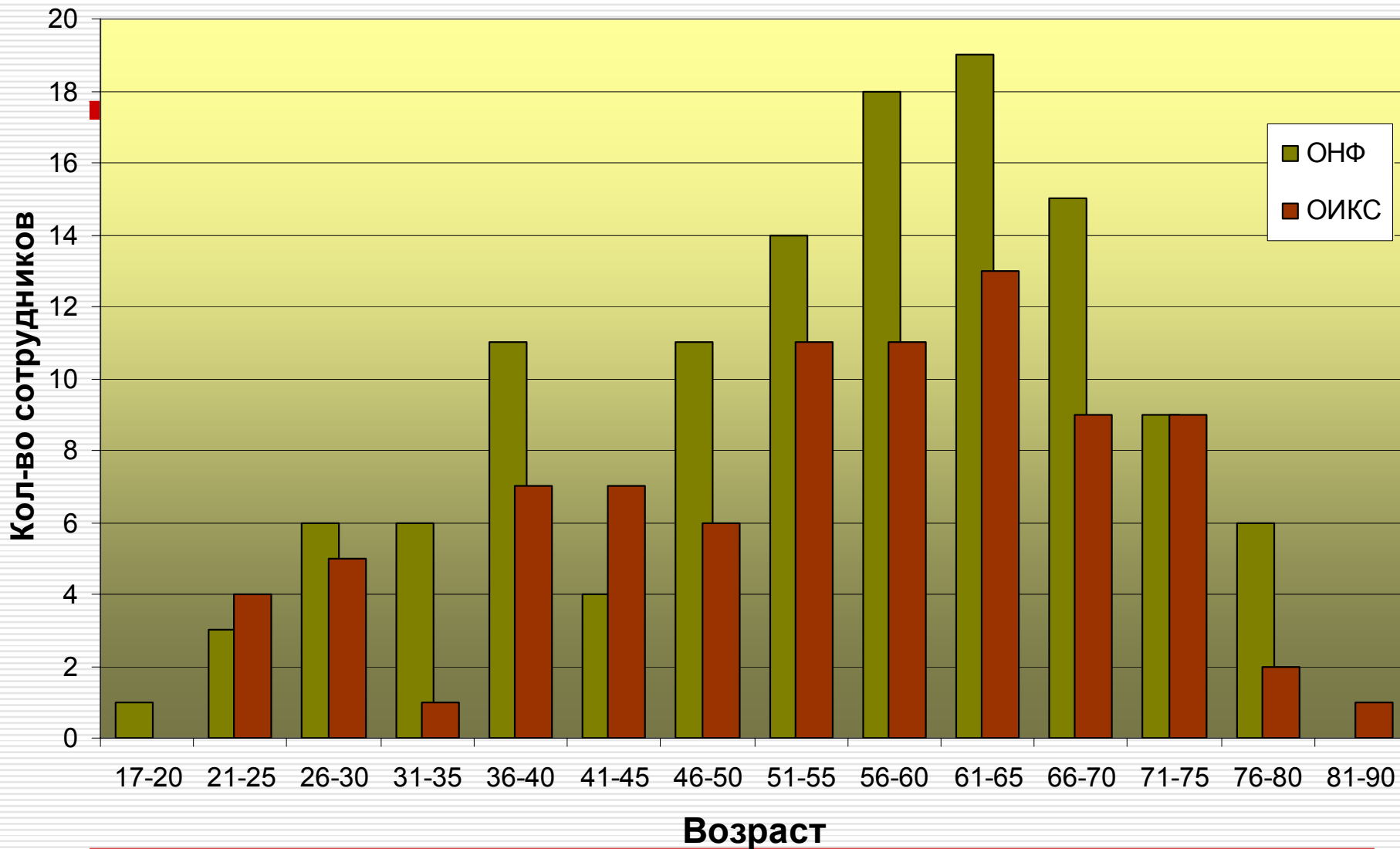
Прибыль (перечисленная), т.руб.

4 кв. 2011 г.	65,0
1 кв. 2012 г.	13,2
2 кв. 2012 г.	136,7
3 кв. 2012 г.	512,3
ВСЕГО:	727,2

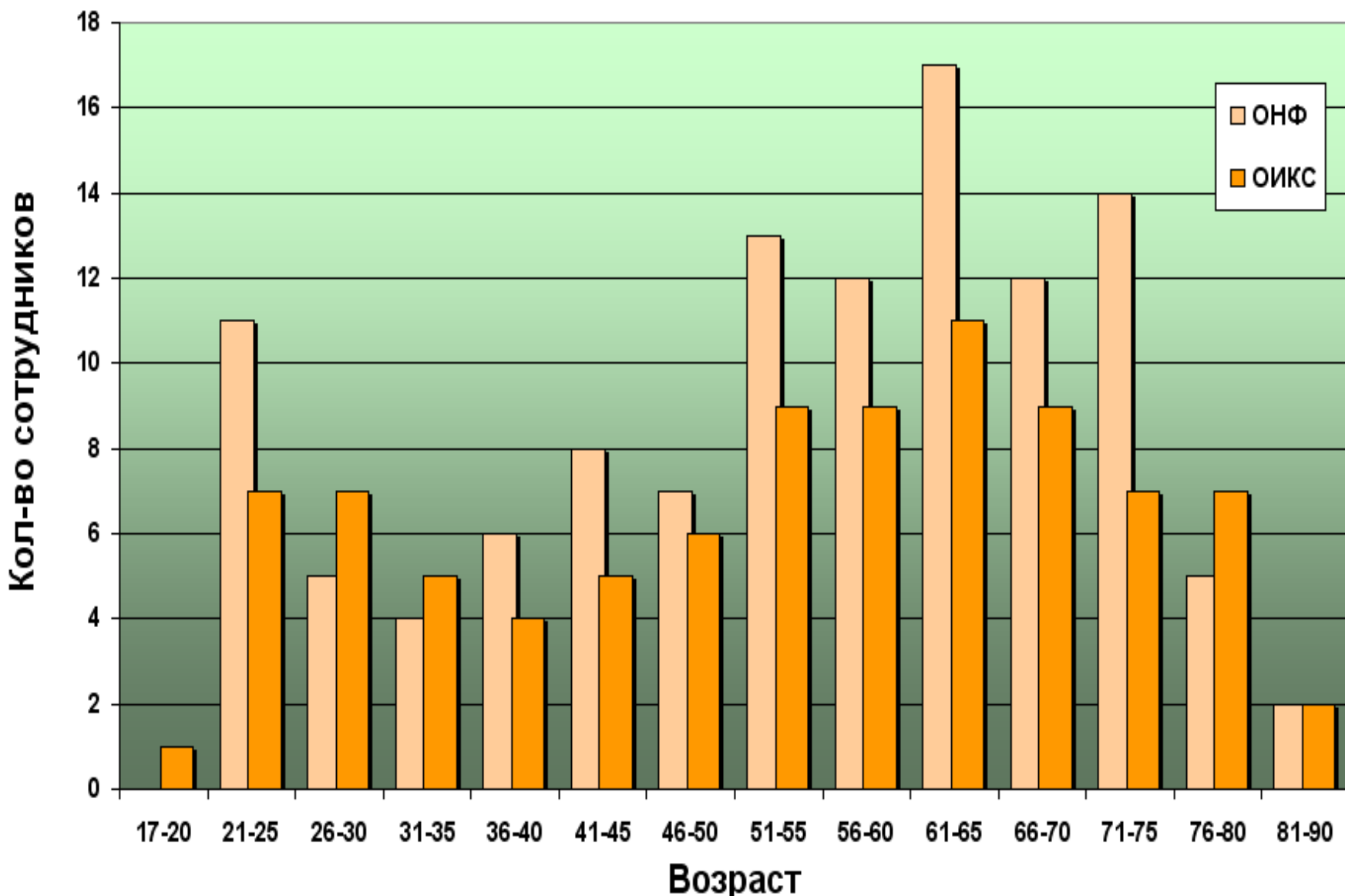
Средняя заработная плата по научным отделам в 2007 -- 2012 гг.

	Ср. з/п	ОНФ (118 чел.)	ОИКС (103 чел.)	ОНИ (326 чел.)
2012	Всего	31494	31814	28620
	бюджет	20430	22092	20681
	догов.	4347	5420	3902
	темы	6717	4302	4037
2011	Всего	25295 (116)	27401 (89)	23324 (301)
	бюджет	16176	16996	15916
	догов.	4756	7606	4687
	темы	4363	2799	2721
2010	Всего	22164	23328	20826
2009	Всего	22535	23522	21067
2008	Всего	21616	24392	20687
2007	Всего	14493	16666	13988

Распределение сотрудников по возрасту в 2008 г.



Распределение сотрудников по возрасту в 2011 г.



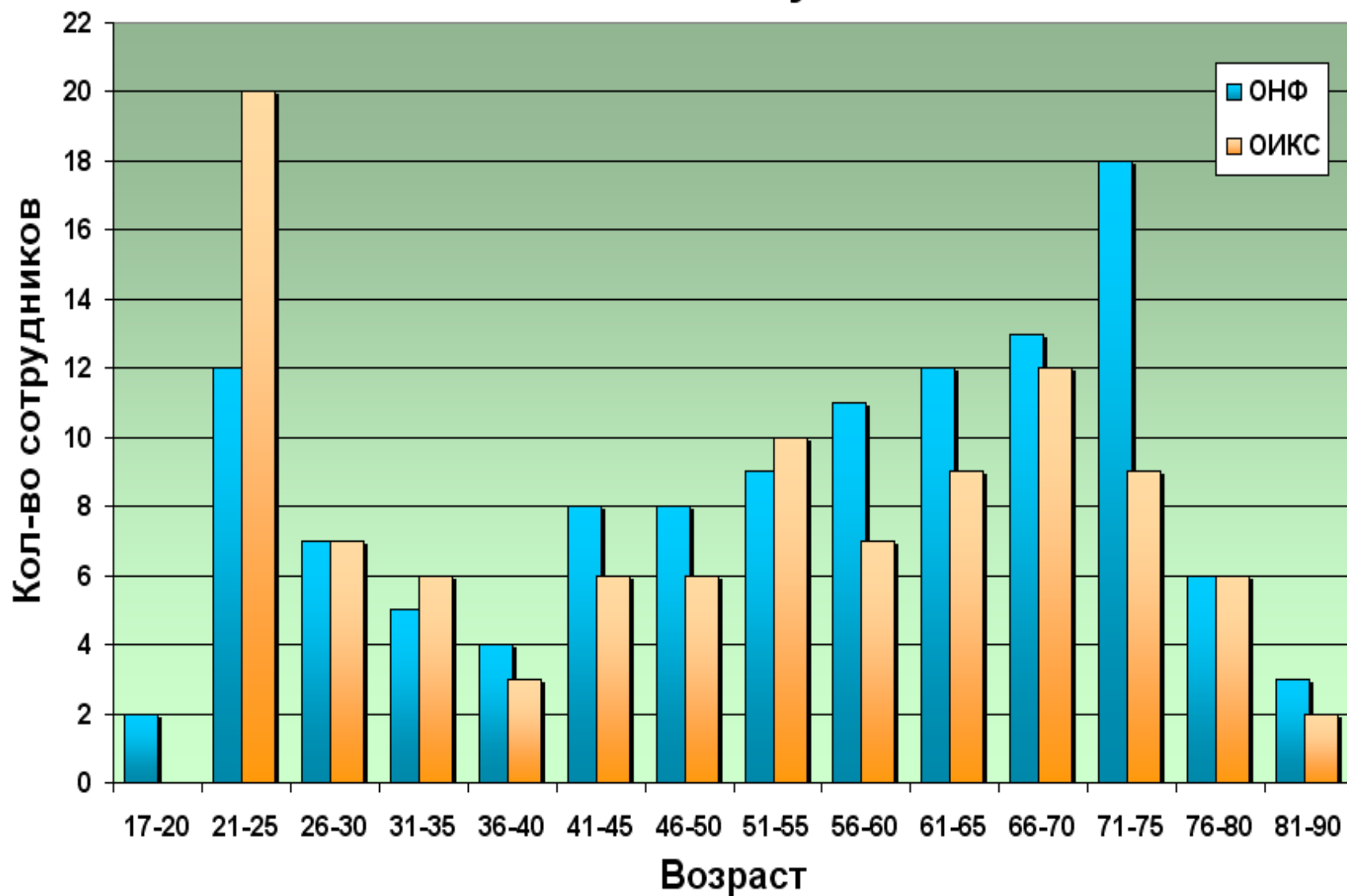
Моложе 60 : ОНФ – 66 чел. (54%),

ОИКС – 53 чел. (60%)

Старше 70 : ОНФ – 21 чел. (18%),

ОИКС – 16 чел. (18%)

Распределение сотрудников по возрасту в 2012 году

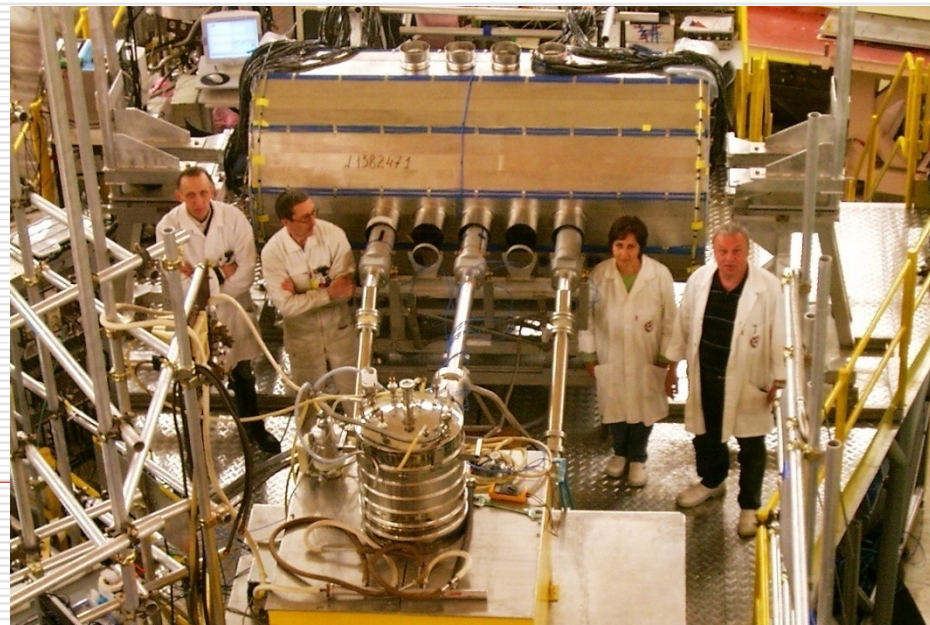


В 2012 г. в ИЛЛ отработано 1203 ч/дн. (2011 – 1580, 2010 – 1180, 2009 – 1150, 2008 – 1250, 2007 – 1700)

+ 22 ч/дн. в ESRF (Гренобль) + 42 ч/дн. в LLB и CEA (SACLAY, Франция).

~ 1100 – в других институтах:

Германия – 381 (HZG – 303 [2011 - 175, 2010 - 460, 2009 - 290], институты Мюнхена, Брауншвейга и др. – 78); Китай (Ин-т яд. физ. и хим.) – 193; Италия – 188 (Gran Sasso – 124, Ун-т Модены – 64); США – 100, Венгрия (Ин-т ФТТ и оптики и др.) – 60, Чехия – 67, Нидерланды – 43. Дания, Япония, Украина и др.
Международные конференции – 235 (2011 – 210).



**XLVI Зимняя Школа
Петербургского Института Ядерной Физики
Февраль – март 2013 г.**

RAIVOLA
ЗАГОРОДНЫЙ ОТЕЛЬ



Зимняя школа ПИЯФ по ФКС, 12-17 марта 2012,

RAIVOLA
ЗАГОРОДНЫЙ ОТЕЛЬ

Среди 180 участников около 2/3 – молодежь до 35 лет



**XXII СОВЕЩАНИЕ
по использованию рассеяния
нейтронов
в исследованиях конденсированного
состояния
(РНИКС-2012)**

*г. Гатчина, Ленинградской обл.
15-19 октября 2012 года*



Всероссийская молодежная конференция «Опалоподобные структуры»

23.05. - 25.05.2012

На Зимних школах ПИЯФ по ФКС в течение последних 5 лет
1 день, посвящается исследованиям на синхротронах

Проблема кадров. Работа с молодежью, студентами и школьниками.
Все большее количество молодых ученых до 35 лет и студентов привлекается к
работе в Зимних школах ПИЯФ

Уже более 10 лет работают 2 базовые кафедры в Санкт-Петербургском
политехническом университете, где разработаны и читаются студентам ряд курсов
лекций. Студенты этих кафедр выполняют курсовые работы и готовят
магистерские диссертации в лабораториях ОНИ.

15.05.2012 открыта кафедра нейтронной и синхротронной физики
на физическом факультете СПбГУ специально для подготовки специалистов
в ПИЯФ (зав. кафедрой М.В. Ковальчук). Уже приняты 6 студентов и 6
аспирантов. Основной преподавательский состав - сотрудники ОНИ ПИЯФ

Кроме того, имеется тесная связь с ВГУ, СамГУ и ТГПУ, студентов которых также
удается привлекать к работе в лабораториях.

Имеется кафедра в АУ РАН, но... пока у нас нет студентов
(только несколько аспирантов).

Работа со школьниками: (на отдаленное будущее)

В рамках проекта «Разработка и внедрение технологий использования возможностей современного научного центра для повышения качества образования» по заказу Правительства Лен. обл.

Были разработаны курсы естественного цикла: физики, химии, биологии (ОМРБ), информатики (ОИТА) для внедрения в образовательные учреждения Ленинградской обл.

Они внедрены в 10 школах Гатчинского района и еще в 20 школах других районов Ленинградской области.

Кроме того, в НОЦ ПИЯФ для школьников старших классов сотрудниками ОНИ регулярно читаются лекции (и курсы лекций, в том числе и в интерактивной форме) на темы, связанные с историей формирования современных физических представлений, а также на темы, связанные с научной деятельностью ОНИ.

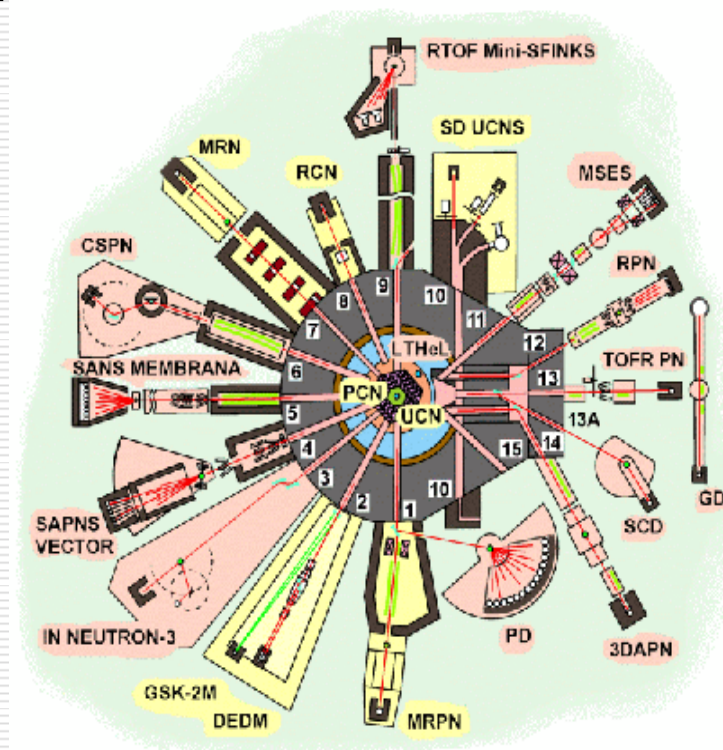
Тем не менее, проблема кадров не решается !
Штат, зарплаты, жилье ?

СПбГУ, факультетская жизнь

- ❖ 29.11.2012 зав. кафедрой НиСФ М.В. Ковальчук назначен деканом физического факультета СПбГУ
- ❖ 20.12.2012 Образованы 6 институтов на базе физического факультета. Один из них Институт ядерной физики. В него вошли кафедры НиСФ, ЯФ и ЯМР

Целесообразно создание учебно-научного центра на базе ВВР-М.

- Программа минимум – осуществление образовательного процесса для студентов и аспирантов кафедры
- Программа максимум – создание ресурсного центра СПбГУ на базе ВВР-М.



**Направления ФЯЭЧ, в которых мы лидируем или можем лидировать
(требуются рекордные плотности потоков, месяцы и годы измерений)**

- ❖ Измерение времени жизни нейтрона методом хранения УХН в гравитационной материальной ловушке. Поиск далекодействующих сил и темной материи
(лаб. А.П.Сереброва)
- ❖ Измерение времени жизни нейтрона методом хранения УХН в магнитной ловушке
(лаб. В.Ф.Ежова)
- ❖ Поиск ЭДМ нейтрона магниторезонансным методом УХН
(лаб. А.П.Сереброва, гр. А.Н.Пирожкова)
- ❖ Поиск ЭДМ нейтрона и далекодействующих псевдомагнитных сил дифракционным методом. Новые эффекты при дифракции холодных нейтронов в кристаллах без центра симметрии
(лаб. В.В.Федорова, В.В.Воронин)
- ❖ Изучение новых возможностей измерения заряда нейтрона и его гравитационного взаимодействия (ХН – дифракция по Лауэ, спиновая интерферометрия)
(лаб. В.В.Федорова, В.В.Воронин, лаб. В.В.Рунова)
- ❖ Изучение новых асимметрий эмиссии легких заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов в тройном делении ^{235}U поляризованными нейтронами
❖ (гр.А.С.Воробьева, Г.А.Петров, А. М.Гагарский)
- ❖ Измерение с рекордными точностями корреляционных констант β -распада нейтрона. Измерение Р-нечетной асимметрии в реакциях $^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$, $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ для определения слабой константы нейтрального тока
(лаб. А.П.Сереброва, гр. А.Н.Пирожкова)
- ❖ Ядерная спектроскопия (ядра, удаленные от дорожки стабильности, лазерная спектроскопия, кристалл-дифракционная и бета-спектроскопия)
(лаб. И.А.Митропольского, Пантелеева В.Н. (ОФВЭ), В.В.Федорова)
- ❖ Нейтринная физика, низкофоновые эксперименты
(лаб. А.П.Сереброва, И.А.Митропольского, А.В.Дербина)
- ❖ Исследования вариаций фундаментальных постоянных на основе астрофизических наблюдений
(лаб. В.Ф.Ежова, М.Г.Козлов)

В области ядерной физики создан ряд уникальных установок для работы с ультрахолодными и холодными поляризованными нейтронами, позволяющими в условиях реактора среднего потока (ВВР-М) получить результаты мирового уровня.

Успех большинства исследований в области физики конденсированного состояния определяется, в существенной степени, набором установок (спектрометров, дифрактометров, малоугловых установок и т.п.), позволяющих провести исследования различных характеристик образца. Создание такого набора (примерно из 20 установок) запланировано на оставшиеся до пуска ПИК годы. Часть из них уже готова и сейчас используется на реакторе ВВР-М

Направления исследования в ФКС



Рентгеновская и синхротронная дифракция, малоугловое рассеяние, рефлектометрия, неупругое рассеяние и другие комплементарные методы

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

- **Исследования магнитной и кристаллической структуры** материалов нейтронными и рентгеновскими методами
(лаб. Ю.П.Черненко, В.В.Рунова, В.В.Федорова, А.И.Курбакова)
- **Исследования наноструктур.** Магнетизм и структура наноматериалов
(лаб. Ю.П.Черненко, И.В.Голосовский ; лаб. В.В.Рунова, С.В.Григорьев)
- **Получение и исследование эндофуллеренов**
(лаб. Лебедева В.Т.)
- **Киральность** (лаб. Ю.П.Черненко, лаб. В.В.Рунова, С.В.Григорьев)
- **Изучение критического состояния и магнитной динамики ВТСП.**
(гр. О.В.Геращенко)
- **Влияние облучения на свойства материалов**
(лаб. В.В.Рунова, гр. Р.Ф.Коноплевой)
- **Материалы с особыми свойствами** (колосальное магнетосопротивление, мультиферроики и др.) (лаб. А.И.Курбакова, Ю.П.Черненко, В.В.Рунова, гр. О.В.Геращенко, С.М. Дунаевский)

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

- ❖ **Нейтронная оптика.** Теоретическое и экспериментальное исследование поляризующих суперзеркальных покрытий (гр. Плешанова Н.К. ОНО)
- ❖ **Исследования функциональных материалов:** катализаторов, высокоэффективных катодных и применяемых в водородной энергетик материалов. Курбаков А.И., И.В. Голосовский (ПИЯФ РАН), ИХТТ УрО РАН, ун. Миссури.
- ❖ **Нейтронные методы в совершенствовании ФДТ** (фотодинамической терапии) онкологических заболеваний . (лаб. А.И.Курбакова, В.Т. Лебедева, В.В.Федорова)
- ❖ **Разработка метода синтеза новых высокоэффективных контрастирующих систем для ЯМР-томографии** на основе водорастворимых парамагнитных эндометаллофуллеренов и поляризованного гелия (лаб. В.Т. Лебедева, В.Ф.Ежова)

Подледниковое озеро Восток в Антарктиде

Лаб. В.Ф.Ежова

BY RICHARD VAN NOORDEN

Two of the biggest breakthroughs of this leap year relied on breathtaking amounts of data. The ENCODE project has generated 15 terabytes of data over the past five years to uncover the functions of human DNA sequences; CERN has stored 26 petabytes of data this year alone from its Large Hadron Collider, as physicists worked to prove the existence of the Higgs boson. But data were a source of controversy as well as discovery. Arguments raged over whether information about a potentially dangerous flu virus should be published, for example, and funders, publishers and researchers discussed how to make raw data — as well as peer-reviewed research — more openly available. Meanwhile, high-profile cases of dubious or fraudulent results offered a reminder that above all else, findings need to be trustworthy.

THE HIGGS AT LAST Applause, relief, joy and tears: in July, the world's largest physics experiment officially discovered the Higgs boson. It took more than 500 trillion proton collisions at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN, Europe's particle-physics lab near Geneva, before physicists could confidently announce that they had seen a new boson with a mass of around 125 gigaelectronvolts. Nearly 50 years ago, theorists including Peter Higgs had proposed that a Universe-filling quantum field imparts mass to some particles. The Higgs boson — the embodiment of that field — is looking disappointingly mundane so far, with no convincing hints of behaviour beyond that predicted by the standard model of particle physics. Nor has the LHC spotted evidence for the additional particles predicted by supersymmetry, a theory that would extend our understanding of the subatomic world and help to explain mysteries such as dark matter.

GOING TO EXTREMES In this Olympic year, science provided plenty of its own records. After two decades of drilling, a Russian team broke through 3.8 kilometres of Antarctic ice in February to reach Lake Vostok, a huge body of water isolated for millions of years. Early sample analysis has not found any signs of the life many scientists thought the lake might host. As *Nature* went to press, a British team hoping to reach Lake Ellsworth, one of the continent's other subglacial lakes, was battling technical problems with the high-pressure jet of hot water used to bore through the ice. Film director James Cameron, meanwhile, became the first person to dive solo to the deepest spot on the planet: the bottom of the Mariana Trench, almost 11 kilometres deep. Just as gripping — though less scientifically valuable — was skydiver Felix Baumgartner's jump from more than 39,000 metres above New Mexico, breaking the speed of sound and a height record held since 1960.

2012

in review



GRAHAM STUART/AFP/GETTY

Vindicated: Peter Higgs's prediction gained weight this year.

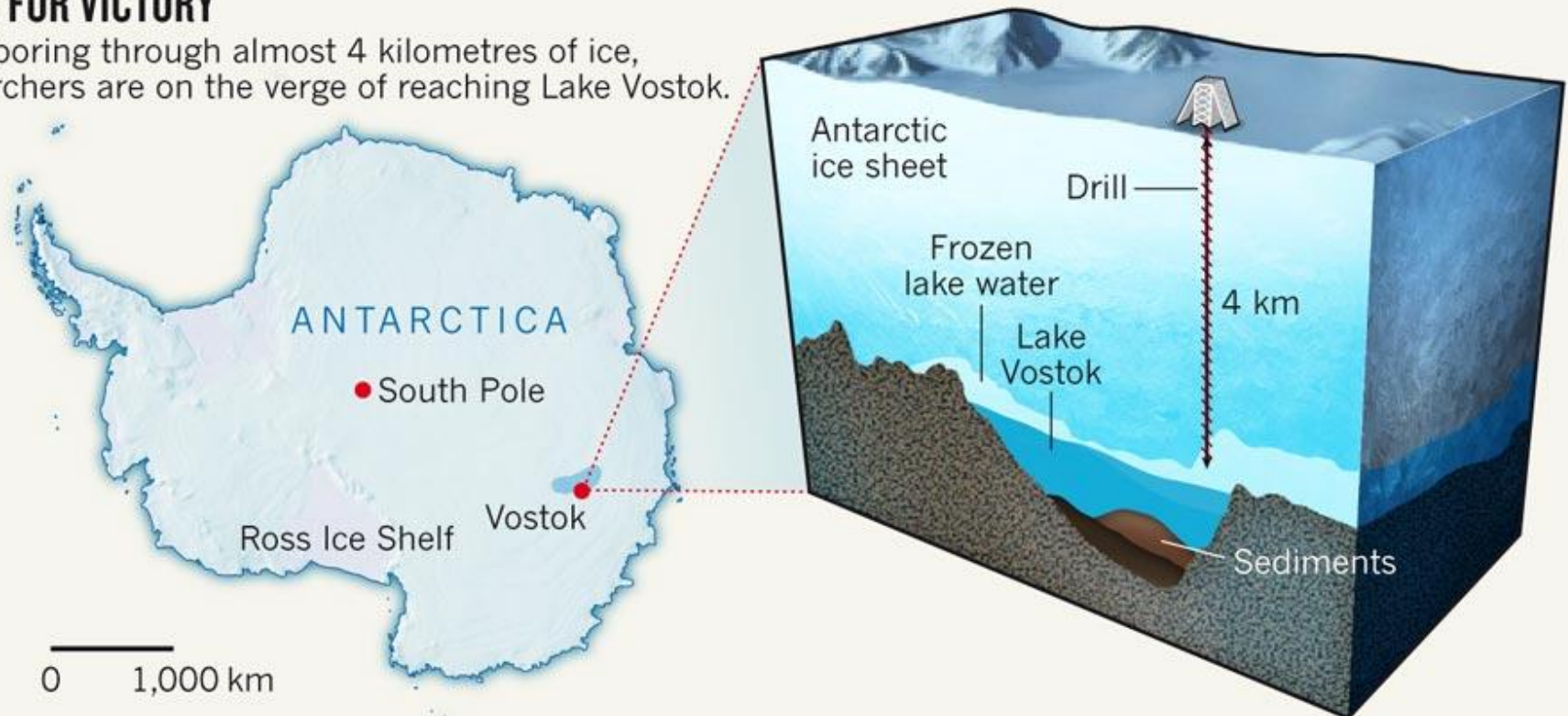
But not every record-beating attempt was successful. After six years of trying, the US\$3.5-billion US National Ignition Facility in California — the world's most powerful laser — failed to meet its target of achieving 'ignition', a fusion power milestone in which a small pellet of hydrogen isotopes blasted by the laser would generate as much fusion energy as the beams put in.

RETHINKING ENERGY Nations' energy policies are continuing to shift in the wake of last year's nuclear disaster in Fukushima, with Japan outlining options for a future almost free of nuclear energy. The country switched off its last operating nuclear reactor for maintenance work in May, and faced widespread public protests against turning any reactors back on — although it did manage to restart two in July. In Europe, stress tests of more than 140 reactors concluded that widespread safety

- ❖ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
- ❖ **Петербургский институт ядерной физики им.Б.П.Константинова РАН – головная организация**
- ❖ Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В.Плеханова,
- ❖ Санкт-Петербургский филиал института океанологии им. П.П.Ширшова РАН,
- ❖ Государственный оптический институт им. С.И.Вавилова,
- ❖ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет,

DRILL FOR VICTORY

After boring through almost 4 kilometres of ice, researchers are on the verge of reaching Lake Vostok.





Vostok station (+3488m)

(78°S, 106°E)

(since 1957)

**1260 km from
the coast**



Absolute minimum -89.2°C
Average ann. Temp. -55.1°C

Lake Vostok (-3663m)

Сергей Сильнов – аспирант,
крайний справа





ПИЯФ – хранилище кернов



Bulat 2009-mars-11

SRI, Moscow

Courtesy of V. Lipenkov

Основные Результаты 2012 года

Лаборатория нейтронной физики научный руководитель проф. А.П.Серебров

1. Новое среднемировое время жизни нейтрона **определяется результатом ПИЯФ**
 $\tau_{n, old} = 885.7 \pm 0.8 \text{ с} \Rightarrow \tau_{n, new} = 880.1 \pm 1.1 \text{ с} \quad \Delta\tau_n = 5.6 \text{ с}$ (4.1 стандартных отклонения)
2. **Изготовлена новая установка** для измерения времени жизни нейтрона методом хранения УХН в большой гравитационной ловушке. Планируется достичь точности измерений 0.2 с, что в 4 раза лучше существующего уровня точности.
3. На реакторе института Лауэ-Ланжевена в Гренобле выполнен эксперимент по поиску дальнедействующих сил методом измерения потока надбарьерных нейтронов при взаимодействии УХН с атомами гелия. **Установлены новых ограничений на модельные параметры теории.**
4. **Подготовлен эксперимент «Нейтрино-4»** по поиску осцилляций реакторных антинейтрино в стерильное состояние на реакторах ВВР-М ПИЯФ и СМ-3 НИИАР.
5. В настоящее время чувствительность ЭДМ спектрометра ПИЯФ, установленного на реакторе ILL доведена до **$\sim 2 \cdot 10^{-25} \text{ е-см/сутки}$** , что превышает чувствительность, достигнутую ранее на других экспериментальных установках по поиску ЭДМ нейтрона. **Этот результат открывает перспективу получения наиболее точных измерений ЭДМ нейтрона.**
6. **Создана полномасштабная технологическая модель** суперисточника УХН на основе сверхтекучего гелия при температуре 1 К для реактора ВВР-М. источника.
7. **Для реактора ПИК разработан концептуальный проект** суперисточника УХН на основе сверхтекучего гелия при температуре 1 К. За счёт большого объёма источника и температуры 0.9 К в накопительном режиме планируется получение **плотности УХН 10^4 см^{-3}** , т.е. в 100-1000 раз больше достигнутой в настоящее время.

ЛНФ А.Серебров

Новое время жизни нейтрона

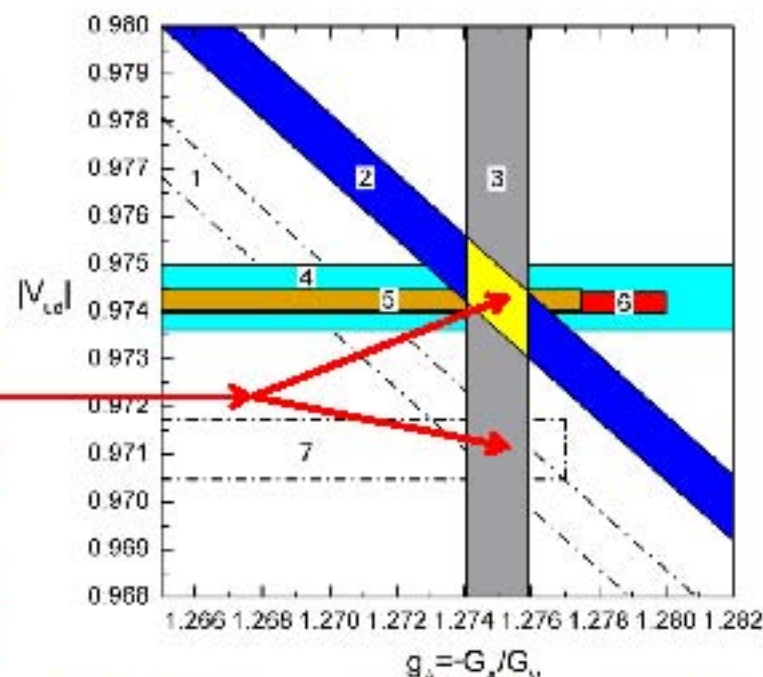
$$\tau_{n, \text{old}} = 885.7 \pm 0.8 \text{ с} \Rightarrow \tau_{n, \text{new}} = 880.1 \pm 1.1 \text{ с}$$

$\Delta\tau_n = 5.6 \text{ с}$ (4.1 стандартных отклонения)

Новое время жизни нейтрона в PDG определяется теперь наиболее точным результатом измерений ПИЯФ.

Новое время жизни нейтрона:

- 1) устранило наметившееся противоречие в Стандартной модели,
- 2) находится в лучшем согласии с моделью Большого взрыва,
- 3) внесло вклад в реакторную антинейтринную аномалию (~0.7% из 7%), т.к. в эффективность нейтринных детекторов входит сечение реакции обратного бета распада нейтрона.



Зависимость матричного элемента смешивания кварков от аксиальной константы связи при разных значениях времени жизни нейтрона. (1) время жизни нейтрона, PDG 2006; (2) новое время жизни нейтрона; (3) асимметрия β -распада нейтрона, Perkeo 2007; (4) β -распад нейтрона, эта работа + Perkeo 2007; (5) унитарность; (6) ядерный β -распад; (7) β -распад нейтрона, PDG 2006 + Perkeo 2007.

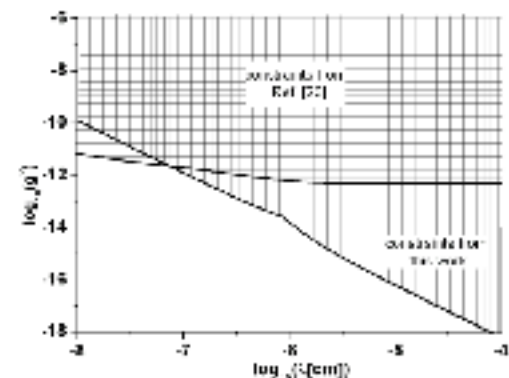
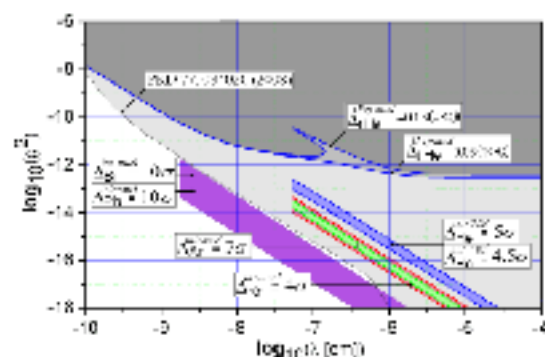
Particle Data Group 2012

VALUE (s)	DOCUMENT ID	TECH	COMMENT
880.1 ± 1.1 OUR AVERAGE	Error includes scale factor of 1.8. See the ideogram below.		
$881.6 \pm 0.6 \pm 1.9$	¹¹ ARZUMANOV 12	CNTR	UCN double bottle
$880.7 \pm 1.3 \pm 1.2$	PICHLMAIER 10	CNTR	UCN material bottle
$886.3 \pm 1.2 \pm 3.2$	NICO 05	CNTR	In-beam n. trapped p
$878.5 \pm 0.7 \pm 0.3$	SEREBROV 05	CNTR	UCN gravitational trap
$889.2 \pm 3.0 \pm 3.8$	RYRNE 96	CNTR	Penning trap
882.6 ± 2.7	¹² MAMPE 93	CNTR	UCN material bottle
887.6 ± 3.0	MAMPE 89	CNTR	UCN material bottle

**Продолжение следует. Гравитационный спектрометр УХН для измерения времени жизни
нейтрона с точностью 0.2 с
“Big Gravitrap”**

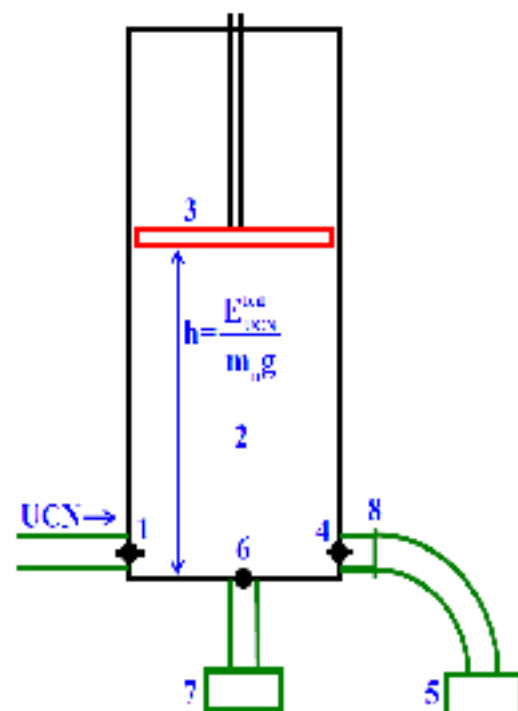
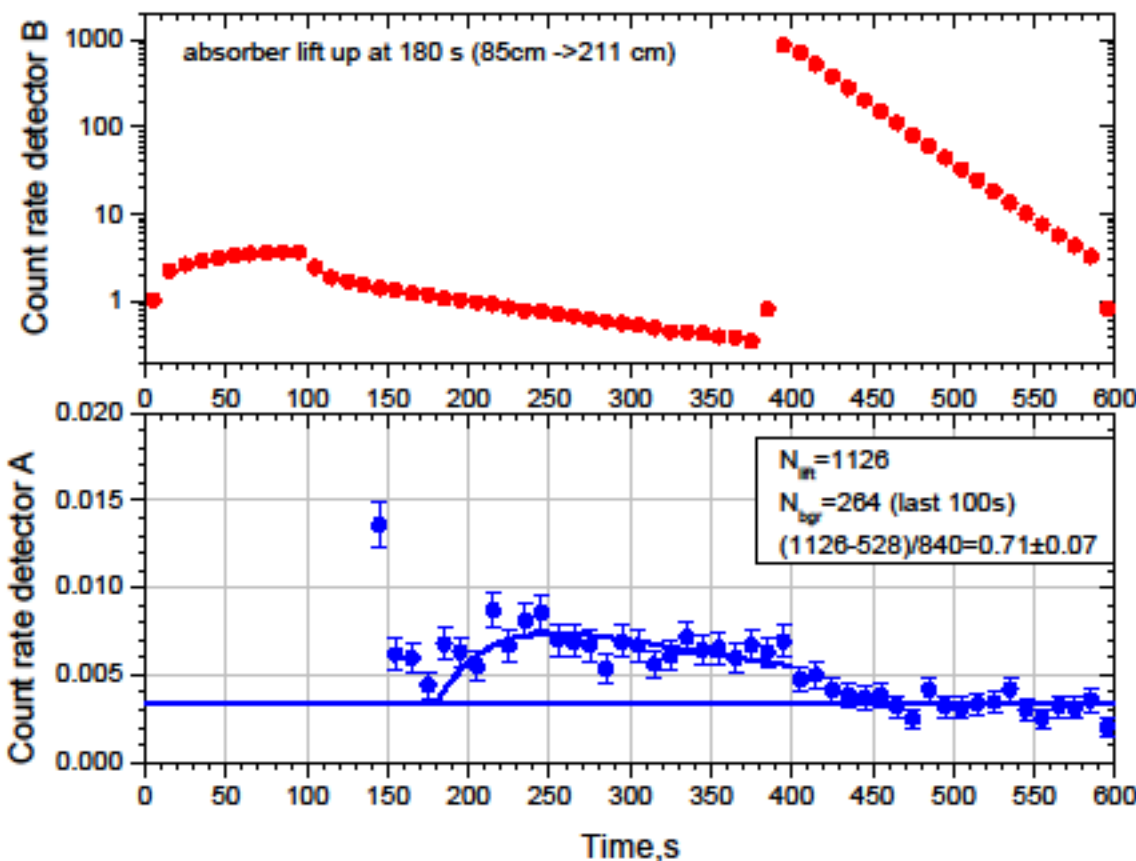


Экспериментальный поиск
дальнодействующих сил
методом измерения потока
надбарьерных нейтронов

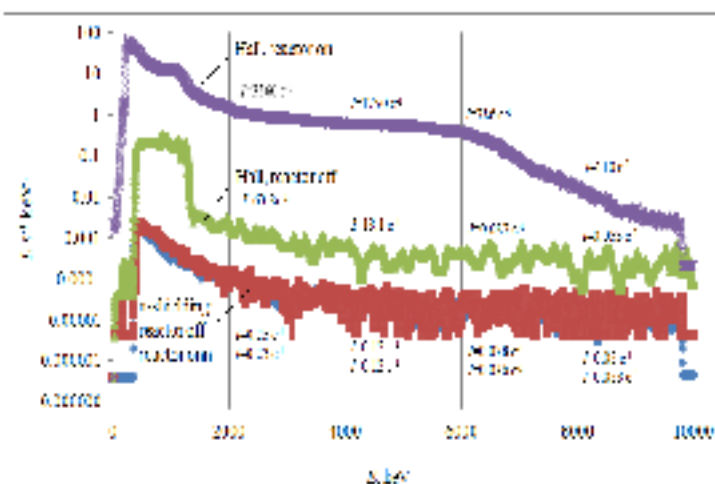


Vacuum 840 cycles

Summary



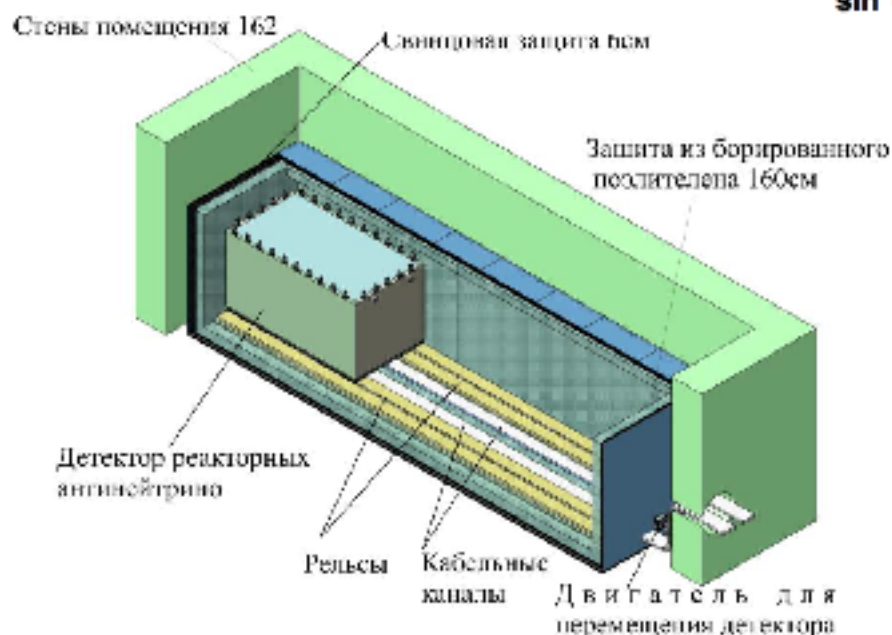
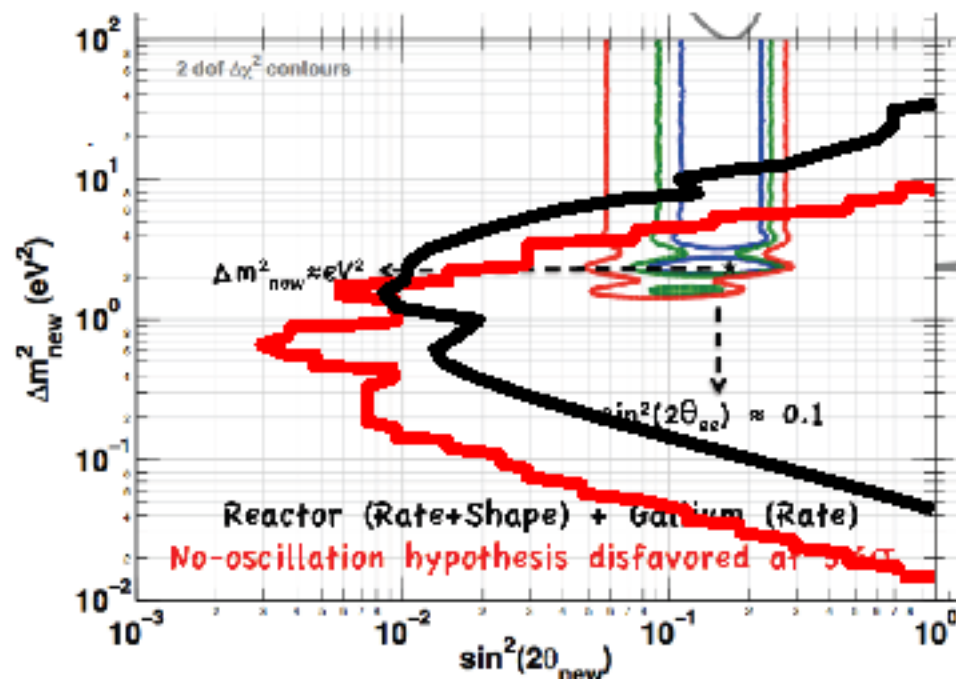
5. Подготовлен эксперимент «Нейтрино-4» по поиску осцилляций реакторных антинейтрино в стерильное состояние на реакторах ВВР-М ПИЯФ и СМ-3 НИИАР.



Создана пассивная защита с коэффициентом подавления гамма-квантов и тепловых нейтронов 10^4 - 10^5 . Установлена внешняя активная защита от космического излучения . Идёт процесс настройки электронной аппаратуры. Целью эксперимента на реакторе ВВР-М является разработка методики для последующей реализации основного эксперимента на реакторе СМ-3.

ЛНФ А.Серебров

На реакторе СМ-3 проведены исследования фоновых условий для проведения эксперимента. Разработан проект эксперимента «Нейтрино-4» на 100 МВт-ом реакторе СМ-3 для проверки гипотезы «реакторной антинейтринной аномалии».



Проведено Монте-Карло моделирование детектора антинейтрино. Получена область чувствительности эксперимента к параметрам осцилляций и, которая позволит проверить гипотезу осцилляций реакторных антинейтрино в стерильное состояние.

ЛНФ А.Серебров

ПИЯФ–ИЛЛ ЭДМ-эксперимент Двухкамерный ЭДМ спектрометр ПИЯФ



В настоящее время чувствительность ЭДМ спектрометра ПИЯФ, установленного на реакторе ILL доведена до $\sim 2 \cdot 10^{-25} \text{ е} \cdot \text{см} / \text{сутки}$, что превышает чувствительность, достигнутую ранее на других экспериментальных установках по поиску ЭДМ нейтрона. Этот результат открывает перспективу получения наиболее точных измерений ЭДМ нейтрона.

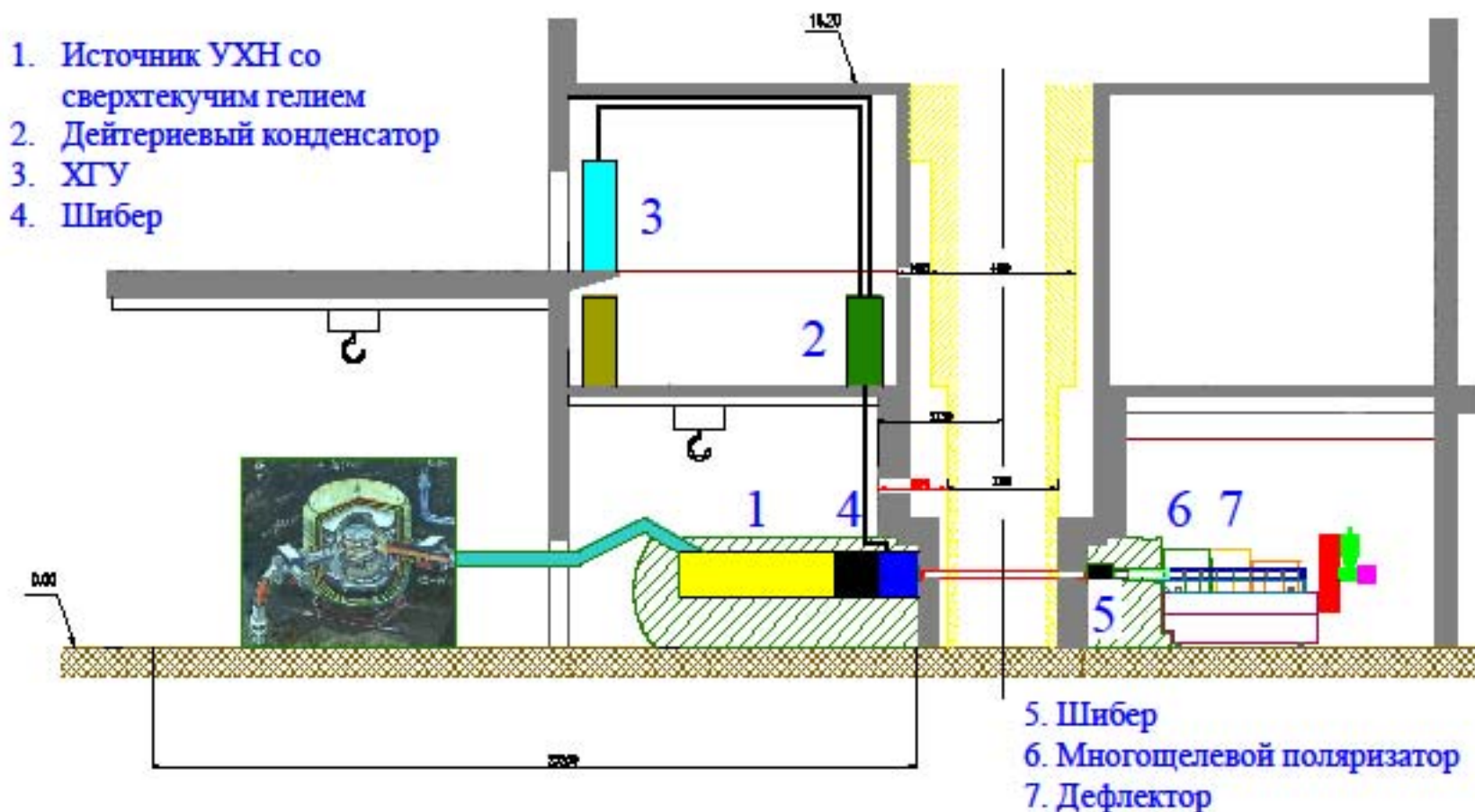
ЛНФ А.Серебров ГИВС А.Пирожков

Создана полномасштабная технологическая модель суперисточника УХН на основе сверхтекучего гелия при температуре 1 К для реактора ВВР-М. источника.



ЛНФ А.Серебров, А.Харитонов

Для канала ГЭК 4-4' реактора ПИК разработан концептуальный проект суперисточника УХН на основе сверхтекучего гелия при температуре 1 К. За счёт большого объёма источника и температуры 0.9 К в накопительном режиме планируется получение **плотности УХН 10^4 см^{-3}** , т.е. в 100-1000 раз больше достигнутой в настоящее время.



Поиск ЭДМ нейтрона

Для чего измерять электрический дипольный момент нейтрона?

1. Это поиск нового механизма нарушения CP-инвариантности. Наличие ЭДМ нейтрона нарушает T-инвариантность а, следовательно, и CP-инвариантность.
2. Это поиск новой физики за рамками Стандартной модели, необходимой, в частности, для объяснения барионной асимметрии Вселенной – одной из самых захватывающих загадок современности.

Для возможного объяснения наблюдаемой **асимметрии** необходимо предположить (А.Д.Сахаров, 1967), что, **1) существует взаимодействие, не сохраняющее барионное число** и, **2) взаимодействие, нарушающее CP-инвариантность**. В СМ такие взаимодействия отсутствуют, (т.е. наше с вами существование уже противоречит Стандартной Модели).

Стандартная модель

Барионная асимметрия Вселенной:

$$n_b/n_\gamma \sim 10^{-25}$$



$$d_n \sim (10^{-31} - 10^{-33}) \text{ е см}$$

Новая физика, объясняющая барионную асимметрию

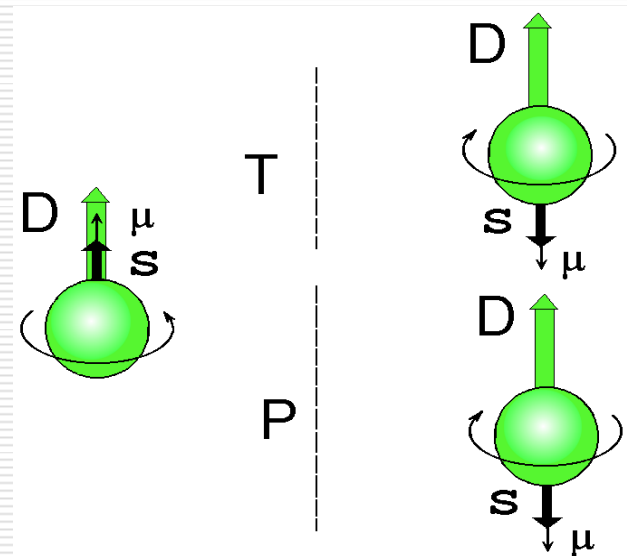
$$n_b/n_\gamma \sim 10^{-10}$$



$$d_n \sim (10^{-26} - 10^{-28}) \text{ е см}$$

За рамками совр. эксп. возможностей

На грани возможности совр. эксперимента



Современное ограничение
 $d_n < 3 \cdot 10^{-26} \text{ е см, (90\% C.L.)}$
(ILL-CCLRC-Univ. Sussex)
PRL, 2006, **97**, 131801 всего в
3 раза лучше результата
ПИЯФ 22 летней давности

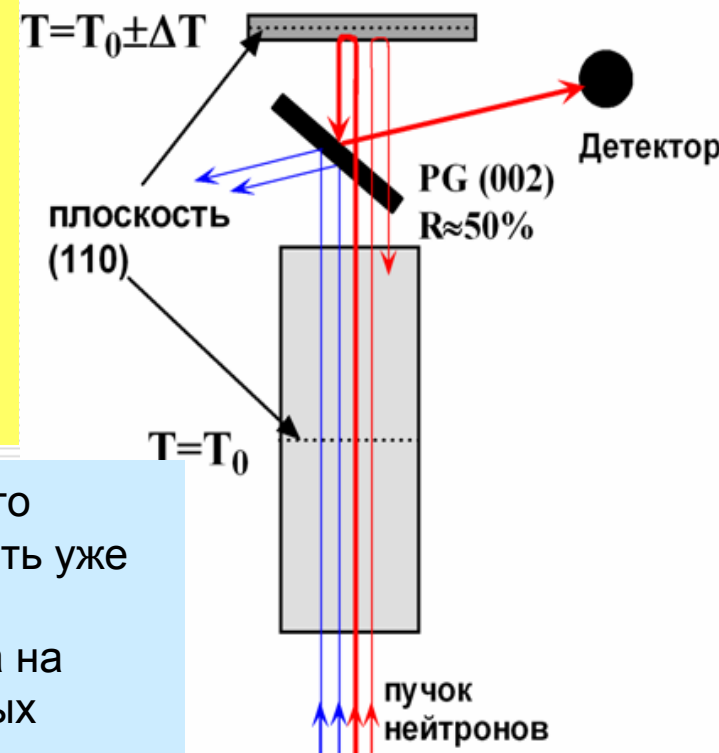
Поиск ЭДМ нейтрона дифракционным методом (лаб. В.В.Федорова)

Основные идеи :

1. В совершенных кристаллах, в которых отсутствует центр симметрии, на нейтрон, движущийся в условиях, близких к брэгговским, действуют сильные внутрикристаллические электрические поля, достигающие величин **10^9 В/см**, которые на 4–5 порядков превосходят поля, используемые в экспериментах с УХН. Эти поля были предсказаны, экспериментально обнаружены и исследованы в лаборатории.

2. Предложен новый тип прецизионной двухкристальной спектрометрии, в которой есть возможность управлять знаком и величиной электрического поля. Для этого вторым кристаллом с регулируемым d выделяются нейтроны с энергией, больше или меньше, чем брэгговская для основного кристалла. Для (110) кварца смещение на брэгговскую ширину соответствует **$\Delta T = \pm 1^\circ\text{C}$** .

3. Тестовые эксперименты на ВВР-М и в ИЛЛ, показали, что чувствительность предложенного нового метода может быть уже сейчас на уровне $(2-3) \cdot 10^{-25}$ е·см/сут. при использовании имеющегося в наличии оборудования и кристаллов кварца на наиболее интенсивном в настоящий момент пучке холодных поляризованных нейтронов реактора ИЛЛ



В рамках подготовки эксперимента по поиску электрического дипольного момента (ЭДМ) нейтрона кристалл-дифракционным методом **впервые измерена зависимость времени прохождения нейтрона через кристалл от отклонения от условия Брэгга.**

Обнаружено явление аномального поведения дисперсии нейтрона, т.е. зависимости его средней скорости от энергии. Показано, что при энергиях, близких к брэгговским, величина дисперсии (dv/dE) для дифрагирующего нейтрона может на 3 - 4 порядка превосходить аналогичную величину для свободного нейтрона, что открывает новые возможности в прецизионной нейтронной спектроскопии.

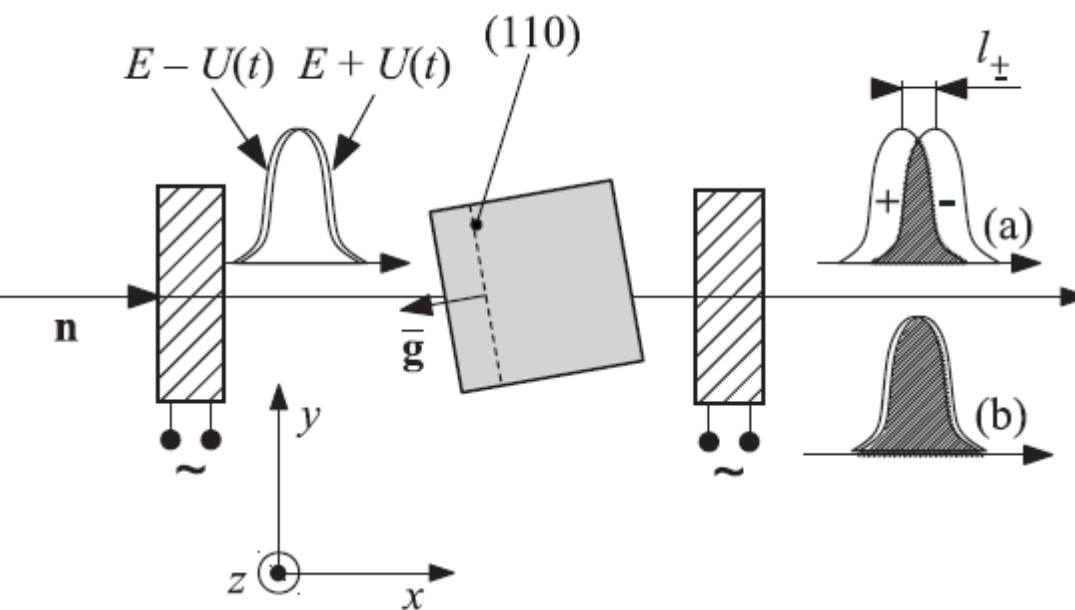
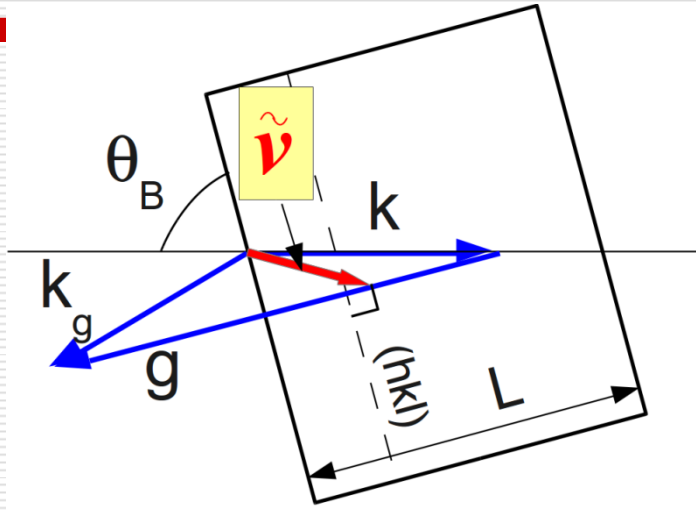


Рис.1. Схема эксперимента. Распространение волновых пакетов с учетом вклада аномальной дисперсии в кристалле (a) и без него (b)

В частности, использование данного эффекта позволило обнаружить очень малое – на уровне $(10^{-11}-10^{-10})$ эВ – изменение энергии нейтрона в переменном магнитном поле.

Такая разница в энергиях двух состояний спина нейтрона, по магнитному полю и против него, приводит к значительному пространственному расщеплению волновых пакетов и, в результате, к деполяризации нейтронного пучка.

Скорость нейтрона вблизи условия Брэгга



Скорость нейтрона в кристалле

$$\psi(\mathbf{r}) = e^{i(\mathbf{k}\mathbf{r})} + a_g e^{i(\mathbf{k}_g\mathbf{r})}$$

где $a_g = \frac{V_g^N}{E_k - E_{k_g}}$

$$\tilde{\mathbf{v}} = \frac{\hbar}{m}(\mathbf{k} + |a_g|^2 \mathbf{g})$$

При углах дифракции близких к 90°

$$k \simeq -g/2 \implies \tilde{v} = v_0(1 - 2|a_g|^2)$$

Эффект аномального поведения дисперсии нейтрона

При энергиях, близких к брэгговским, величина дисперсии (dv/dE) для дифрагирующего нейтрона может на **3-4** порядка превосходить аналогичную величину для свободного нейтрона



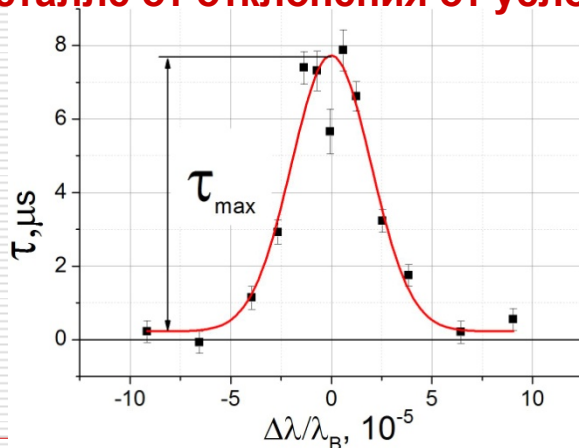
Возможность наблюдения малых изменений энергии нейтрона

$$\Delta E_{\pm} \sim (10^{-10} - 10^{-11}) \text{ eV}$$

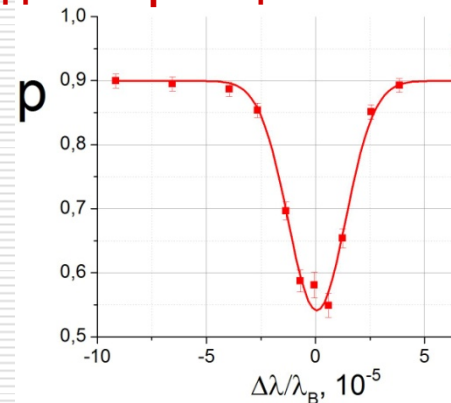
Аномальная часть

$$\frac{d\tilde{v}}{dE_k} = \frac{v_B}{2E_B} \left(1 - \frac{v_g^2 E_B}{2\Delta E^3} \right)$$

Зависимость времени пребывания нейтрона в кристалле от отклонения от условия Брэгга

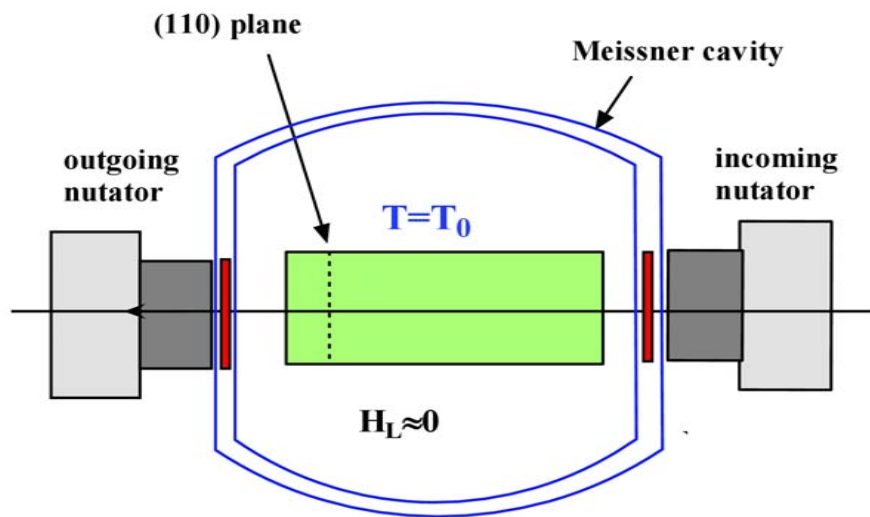


Эффект расщепления нейтронной волны в магнитном поле приводит к деполяризации



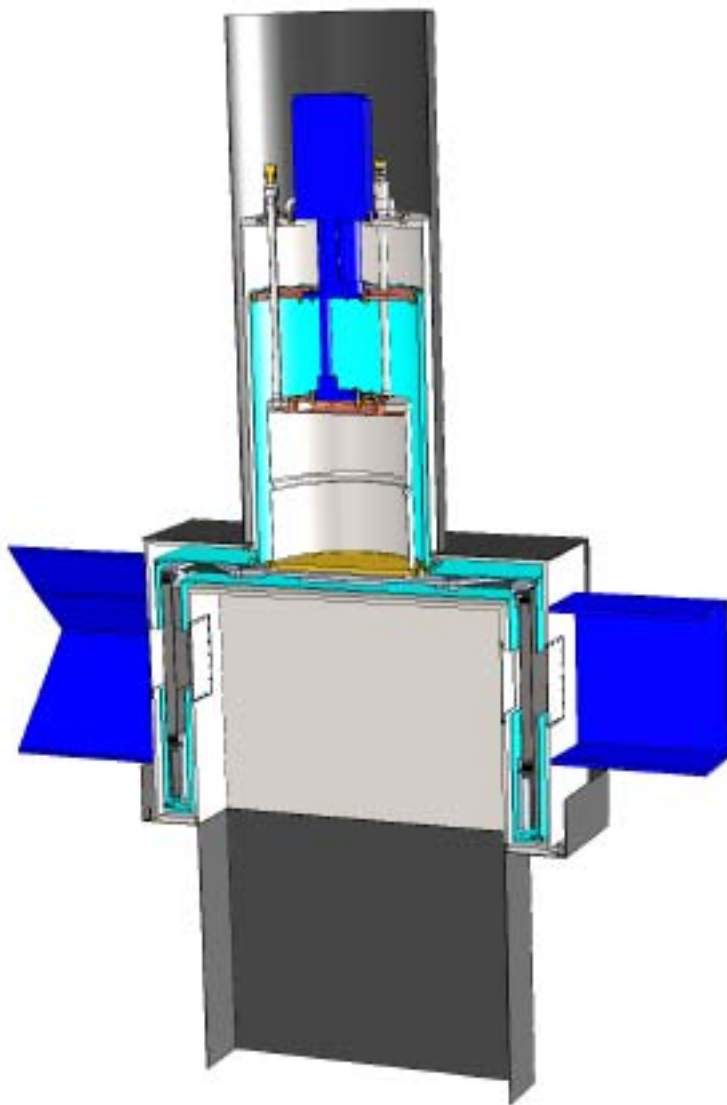
Размер волнового пакета из величины деполяризации совпадает соценкой из соотношения неопределенности $4,3(4) \cdot 10^{-4} \text{ см}$

- ❖ В 2012 году были продолжены работы по проектированию и расчету системы 3-х мерного анализа поляризации «CRYOPAD-EDM», основанной на использовании сверхпроводящих экранов. Началось изготовление отдельных узлов системы.
- ❖ Основные технические характеристики системы «CRYOPAD-EDM»:
- ❖ Внутренний диаметр свободного пространства для размещения экспериментального оборудования – **600 мм**.
- ❖ Размер входного и выходного окна для пучка нейтронов составляет **100x100 мм²**. Входное и выходное окна экрана для проводки пучка нейтронов плоские и параллельны друг другу с точностью не хуже **10⁻³ рад**.
- ❖ Устройства ввода – вывода нейтронного пучка обеспечивают поворот плоскости поляризации вводимого и выводимого нейтронного пучка в трех плоскостях без потери величины самой поляризации. Точность и однородность поворота поляризации по всей апертуре пучка не хуже **10⁻³ рад**.

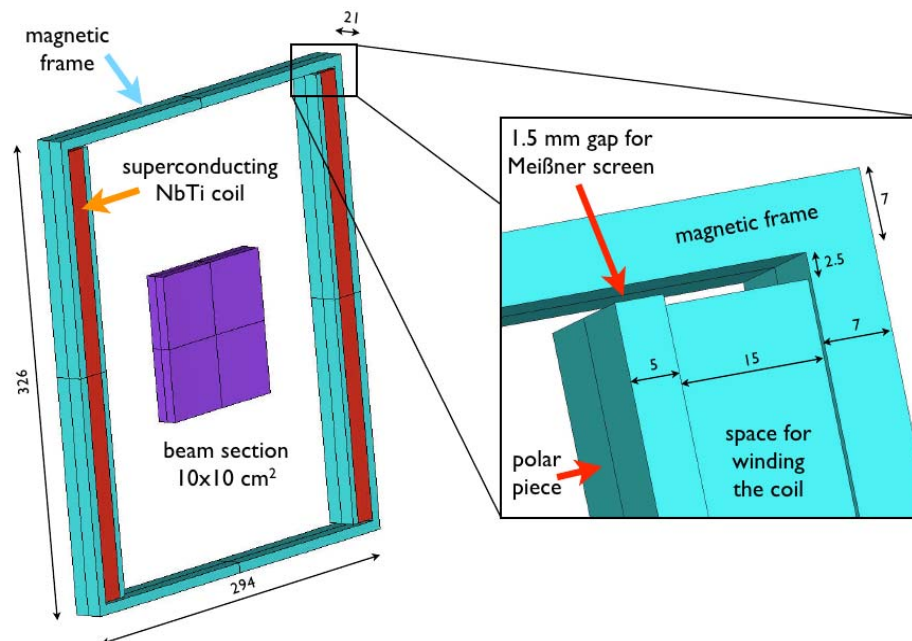


Цель — $(2-3)10^{-26}$ е см

Общая концепция CRYOPAD-EDM

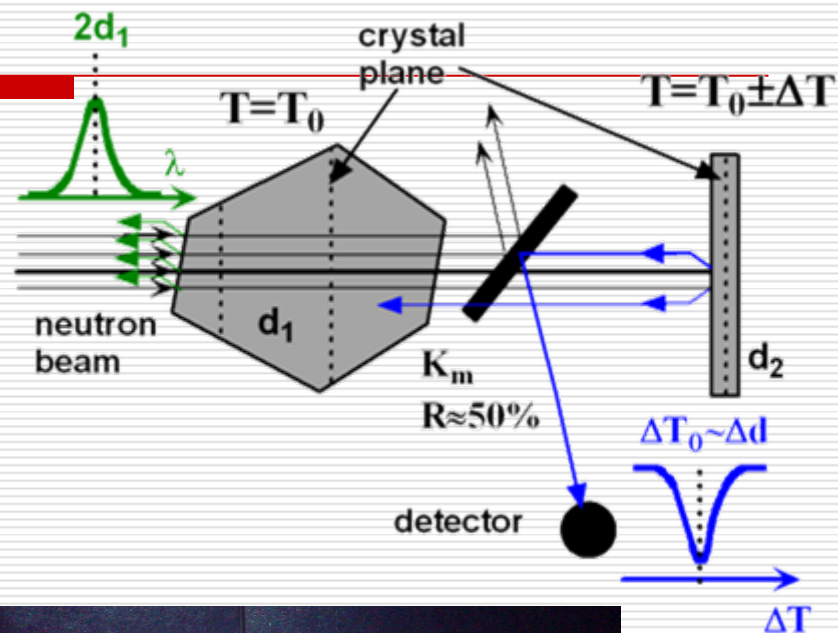
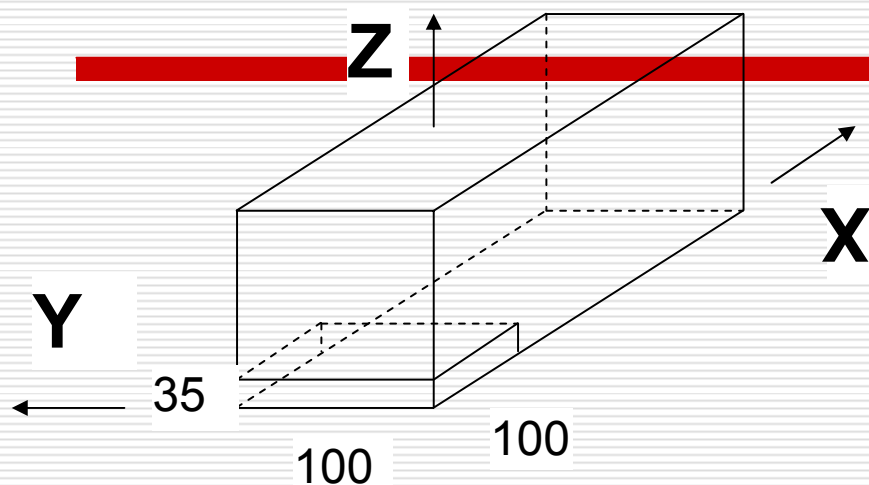


Катушка вращающего магнитного поля

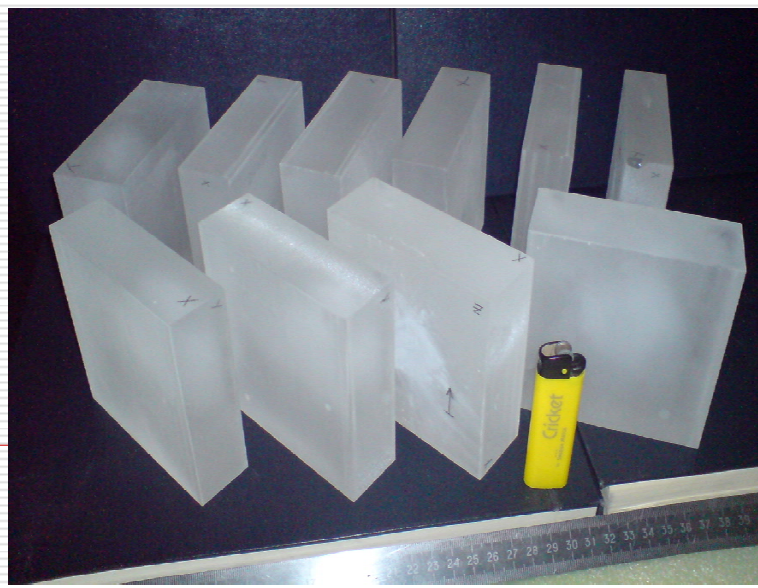


Однородность поля в
рабочей области $\sim 10^{-4}$

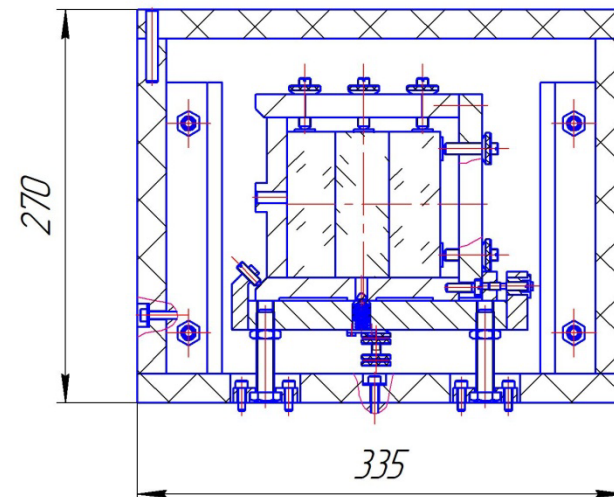
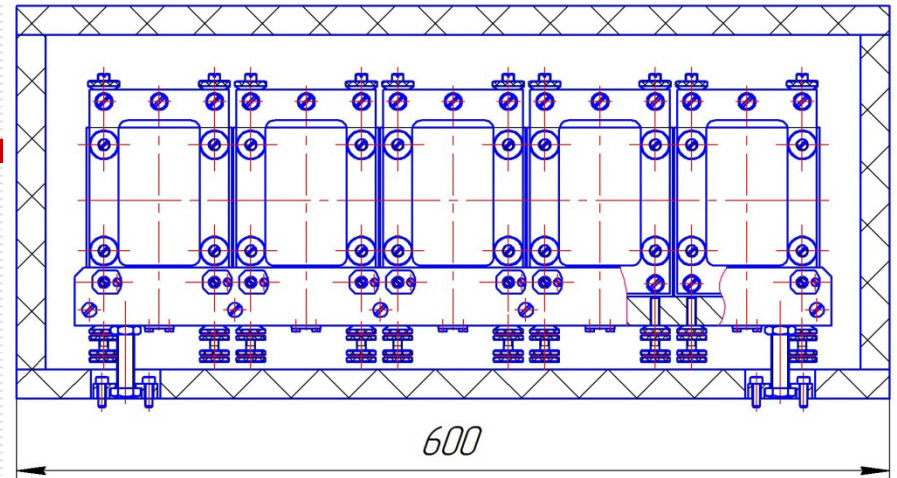
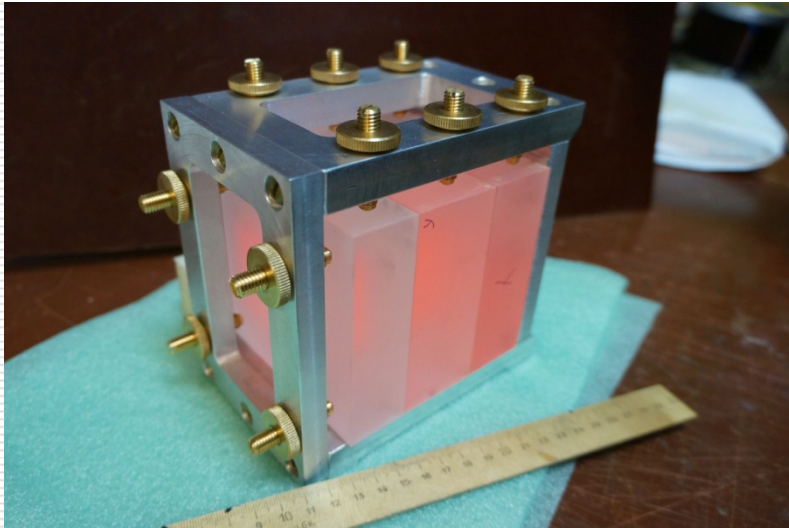
Изготовлен кристалл



Изготовлен и протестирован
составной кристалл кварца –
суммарный размер **105x100x500 мм³**
(15 шт. по 35x100x100 мм³)
разброс межплоскостного
расстояния протестирован
новым методом **$\Delta d/d = \pm 2 \cdot 10^{-6}$**

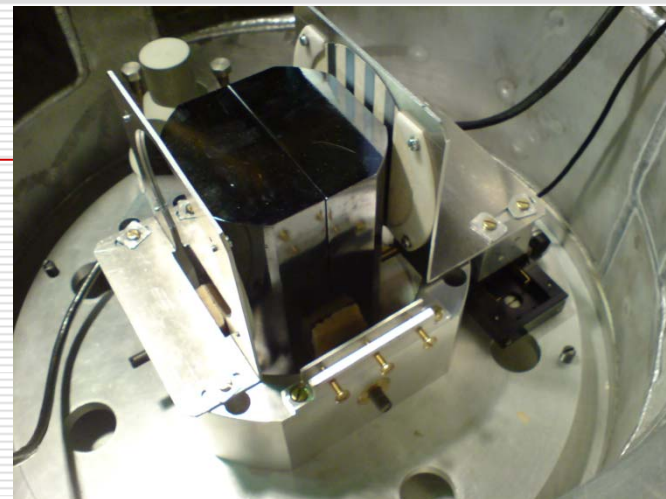


Кристаллодержатель для тройки кристаллов (4 шт.)



Новые возможности измерения отношения инертной и гравитационной масс нейтрона дифракционным методом

Предложен новый метод измерения отношения инертной и гравитационной масс нейтрона, основанный на дифракции по Лауэ в совершенном кристалле при углах Брэгга близких к 90° . Показано, что точность измерения данной физической величины может быть улучшена примерно на два порядка по сравнению с современной. Аналогичную схему эксперимента можно использовать и для измерения электрического заряда нейтрона.



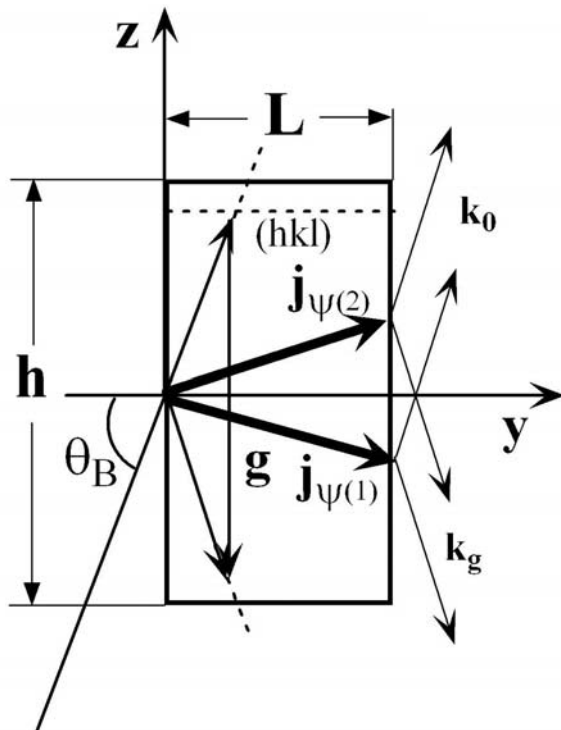
монокристалл
кремния толщиной
 $L = 220$ мм

Установка смонтирована на реакторе ВВР-М
Подготовлено два кристалла Si
Проведено измерение светосилы установки в экспериментах на прямом дифрагированном пучке. Продемонстрированы два эффекта: эффект аномального пропускания (Бормана) и эффект дифракционного усиления. Именно эффект Бормана позволяет использовать большие кристаллы при $\theta_B \sim 90^\circ$.

Особенности нейтронной дифракции по Лауэ при углах Брэгга, близких к прямому. Гравитационное взаимодействие нейтрона

Плотность тока нейтрона в кристалле описывается выражением:

$$\mathbf{j}_{1,2} = \frac{\hbar|\mathbf{k}|}{m} \left(\mathbf{n}_0 |a_0^{1,2}|^2 + \mathbf{n}_g |a_g^{1,2}|^2 \right)$$



Траектория нейтрона в пустом пространстве:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \frac{F_{ext}}{2E_n}$$

«Траектория» (линия, касательная к которой совпадает по направлению с плотностью тока) нейтрона в кристалле:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \pm \frac{c^2 g}{2m_0} \frac{F_{ext}}{2E_n}$$

$$K_e = \pm \frac{c^2 g}{2m_0}$$

$$K_e^{(110)} = \pm 1.8 \cdot 10^5 c^2$$

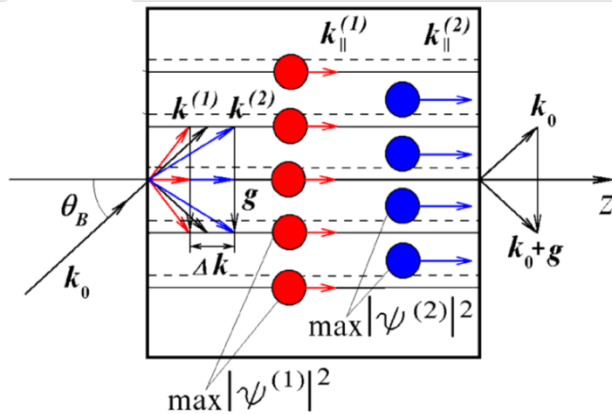
$$K_e^{(200)} = \pm 1.4 \cdot 10^6 c^2$$

$$g \text{ angle } \theta_B = 87^\circ (c=20)$$

$$K_e^{(110)} = \pm 0.7 \cdot 10^8$$

$$K_e^{(200)} = \pm 0.6 \cdot 10^9$$

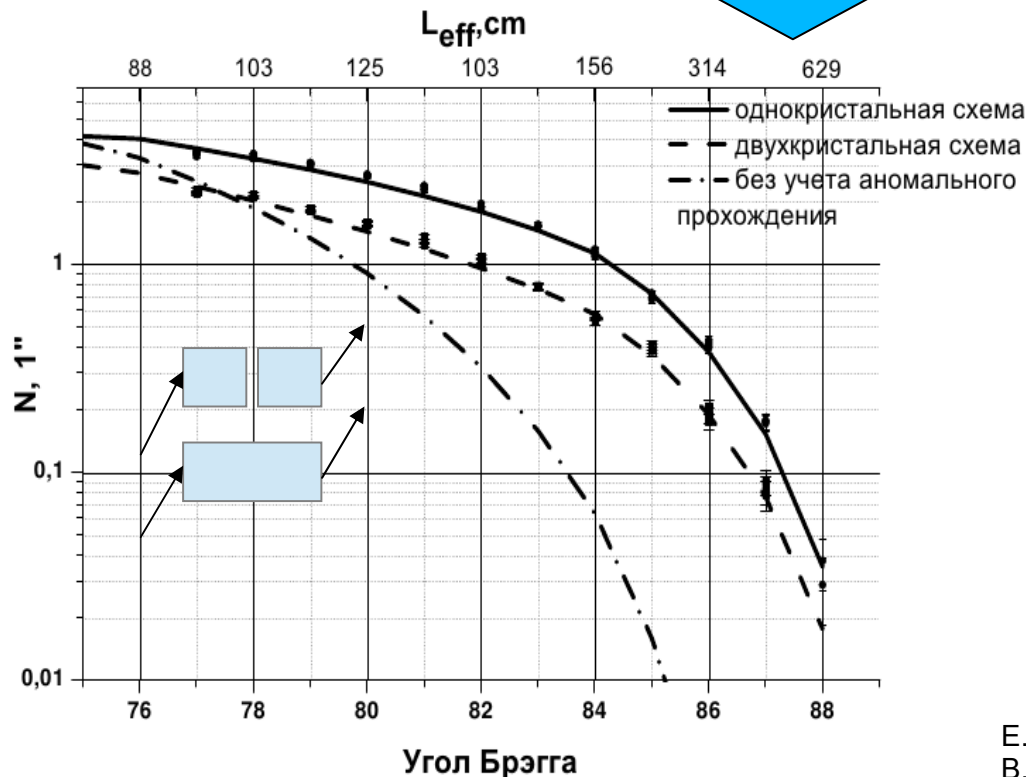
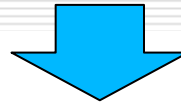
Эффект аномального прохождения нейтрона через кристалл в условиях дифракции.



При дифракции по Лауэ амплитуда прошедшей волны

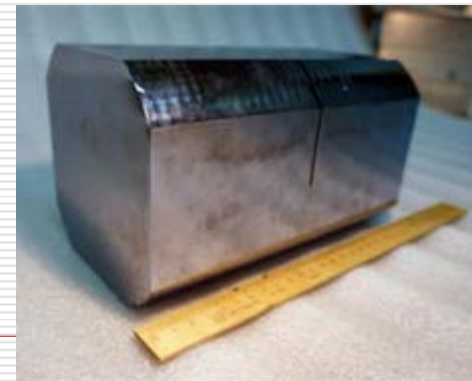
$$|a_0^{(1,2)}| = |a_g^{(1,2)}| = \exp \left[-\frac{\mu_0 L}{2 \cos \theta_B} (1 \pm \varepsilon_g) \right]$$

Для плоскости **(220)** кристалла кремния измеренная зависимость соответствует $\varepsilon_g \sim 0.9$

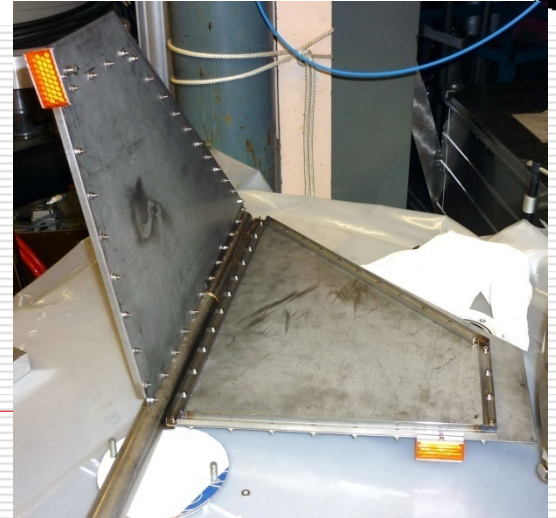
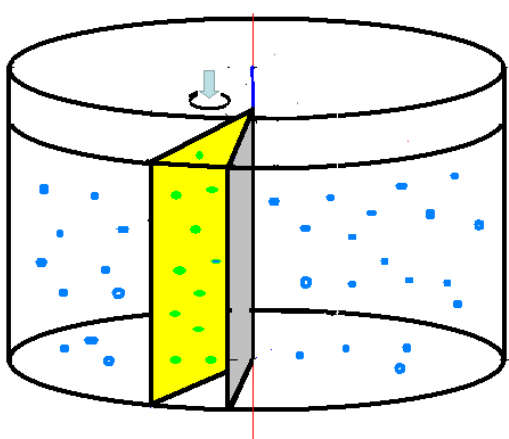
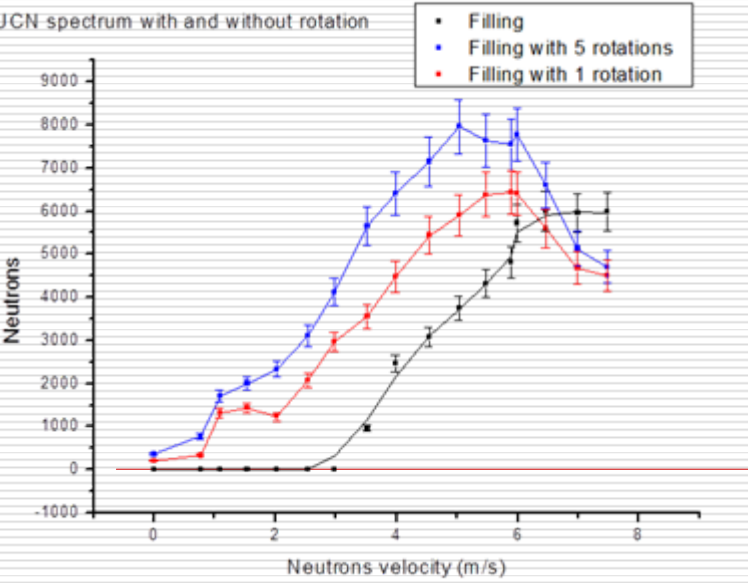
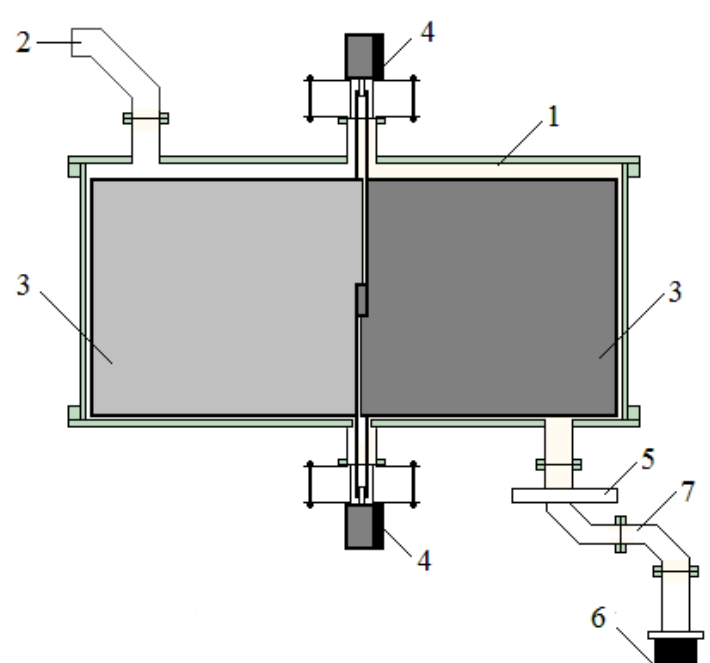
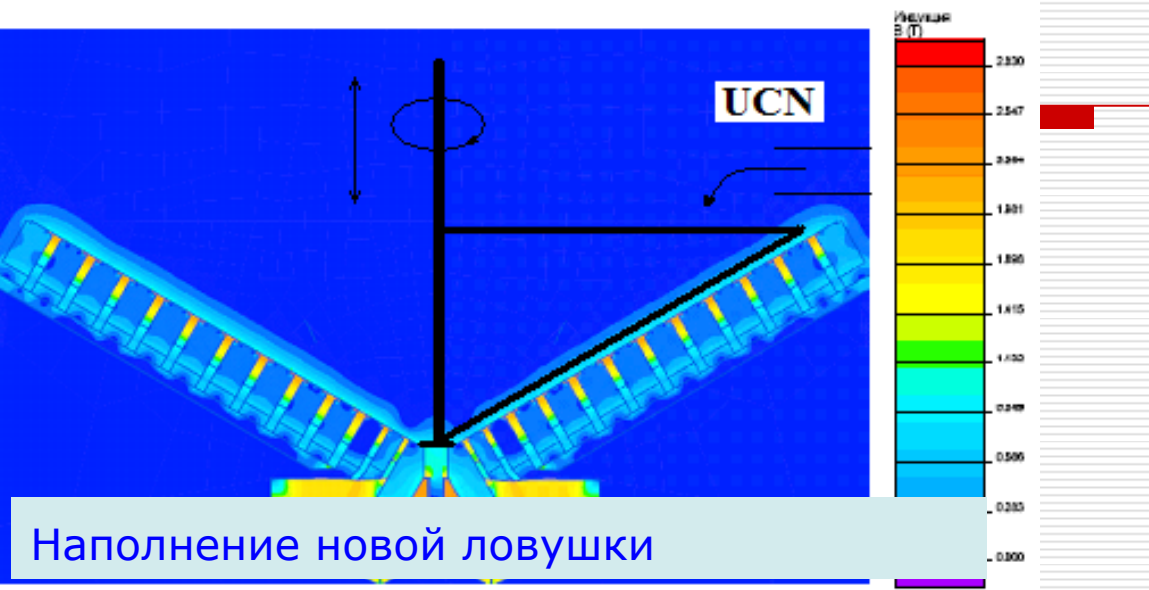


Т.е. длина поглощения одной из блоховских волн **>300 см**
Среднее поглощение **40 см**

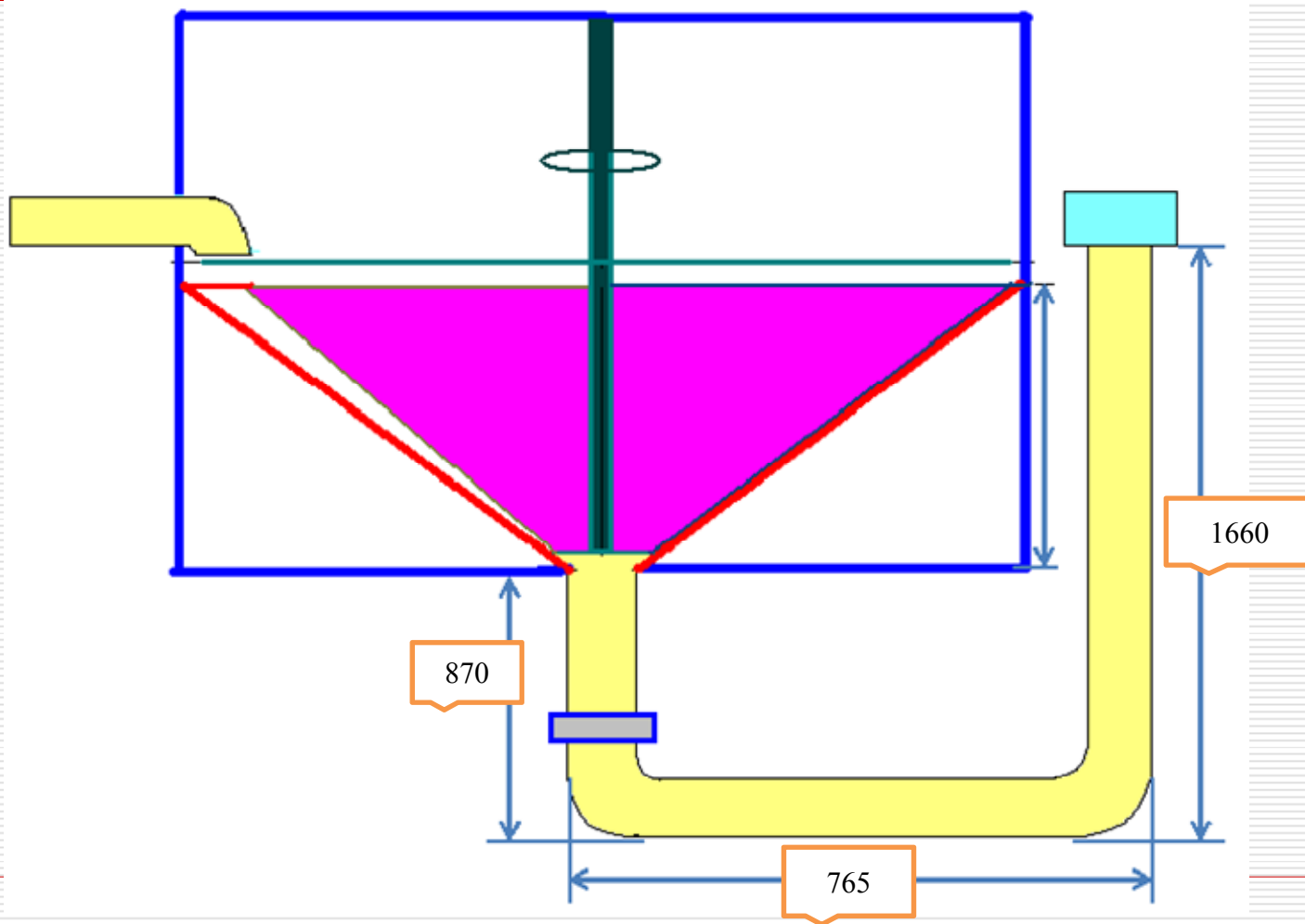
Фотография рабочего кристалла



Для измерения времени жизни нейтрона также создается новая уникальная магнитная ловушка УХН (точность ~0,3 с). Предложен и исследован процесс охлаждения УХН при отражении от движущейся «лопасти», который позволяет значительно увеличить число УХН, хранящихся в объеме (лаб. Ежова)



Cleaning



Коэффициент усиления ЭДМ электрона в атоме таллия (М.Г.Козлов)

Эксперименты на таллии и на молекуле YbF, дают наиболее жесткие ограничения на ЭДМ электрона. В 2011 году был пересчитан коэффициент усиления ЭДМ в таллии и получено значение на 20% меньше общепринятого [Phys. Rev. Lett., **106**, 200403].

Это вызвало сомнения в атомной теории и скомпрометировало оба ограничения, поскольку молекулярный расчет еще сложнее, чем атомный.

Мы провели расчет ЭДМ таллия *тремя разными методами с наиболее полным учетом корреляций* [Phys. Rev. Lett., **108**, 173001]. В результате:

- (1) Подтверждено «старое» значение.
- (2) Исследована роль различных корреляционных поправок.
- (3) Показаны причины низкой точности расчета 2011 года.

Окончательное значение коэффициента усиления составляет

$$K(Tl) = -573(20).$$

Поиск новых молекулярных линий с высокой чувствительностью к вариации μ (М.Г.Козлов)

В 2011 году мы впервые использовали опубликованные спектры метанола (CH_3OH) для поиска вариации μ . Его линии имеют чувствительности примерно на порядок выше, чем у аммиака.

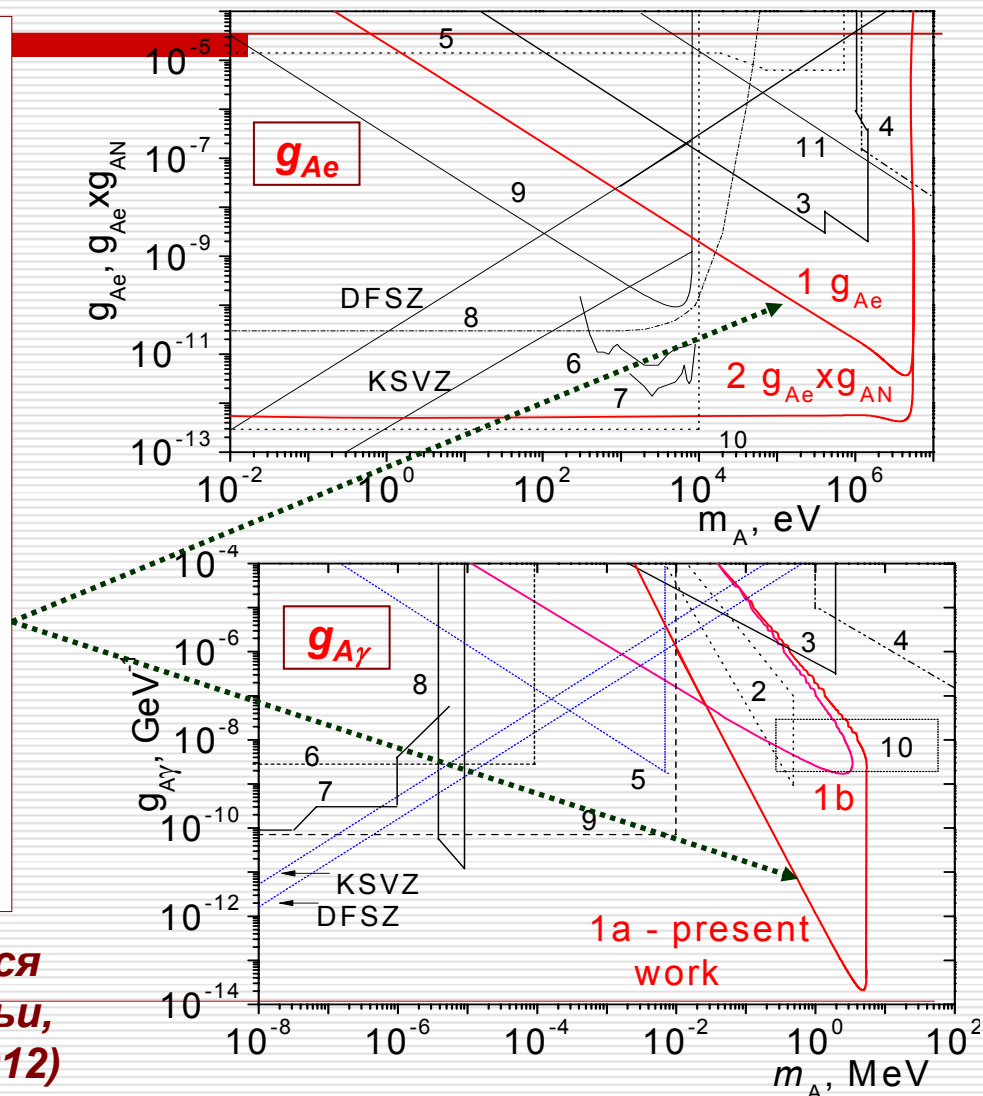
В 2012 году голландско-немецкой группой впервые проведены *целенаправленные наблюдения* линий метанола на красных смещениях $z \sim 1$ для поиска вариации μ и получено наиболее жесткое ограничение: $\Delta\mu/\mu < 10^{-7}$.

В 2012 нами проведен расчет коэффициентов чувствительности к вариации μ для микроволновых линий молекулы метиламина (CH_3NH_2). Показано, что метиламин имеет сравнимые чувствительности с метанолом. В 2011 году его впервые наблюдали на больших красных смещениях.

Поиск аксионов с энергией 5.5 МэВ, образующихся в реакции $p+d \rightarrow {}^3\text{He} + A$

Поток 5.5 МэВ аксионов пропорционален потоку рр-нейтрино. Был проведен поиск 4-х основных реакций взаимодействия аксиона с веществом (с электронами и ядрами). Характерным признаком реакций является появление пика с энергией ~ 5.5 МэВ. Результаты Борексино исключили новые большие области возможных масс аксиона m_A (10 кэВ – 5 МэВ) и констант связи аксиона с электронами g_{Ae} (10^{-11} – 10^{-9}) и с фотонами $g_{A\gamma}$ (2×10^{-14} – 10^{-7}) GeV^{-1} (внутри контура).

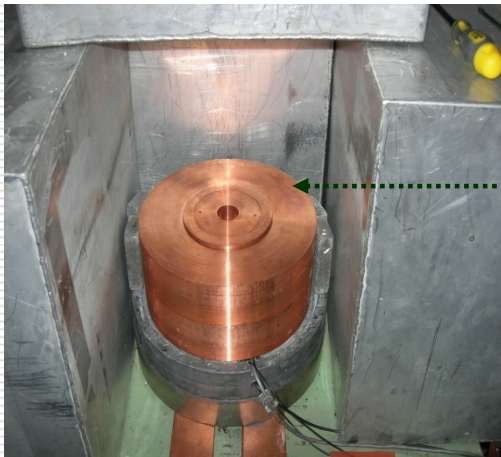
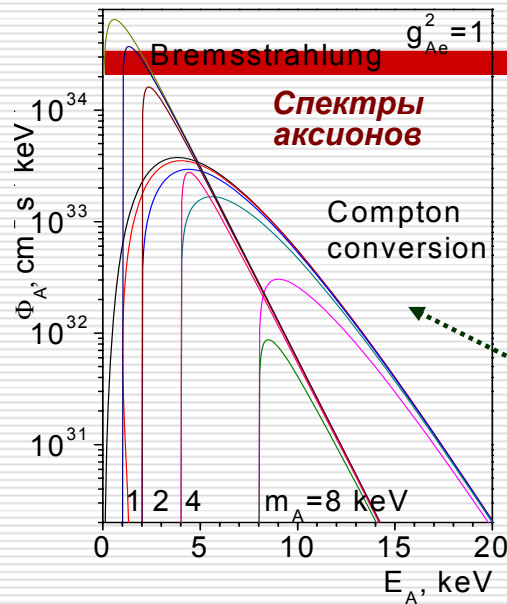
Сотрудники лаборатории являются ответственными авторами статьи, опубликованной в PRD 85, 092003 (2012)



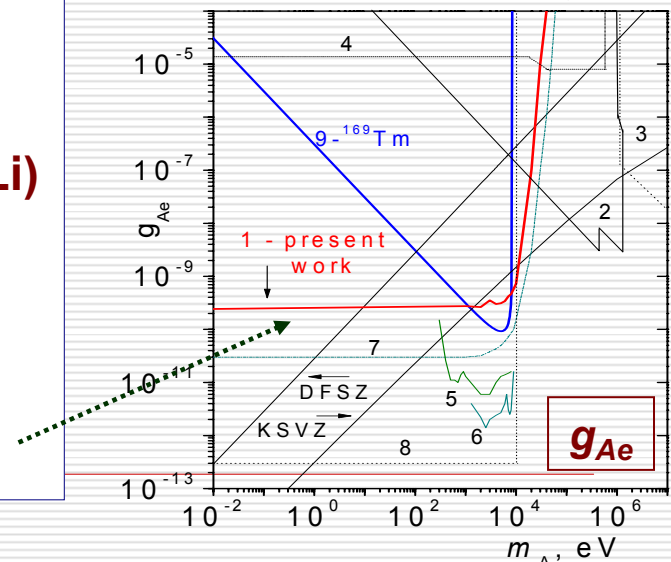
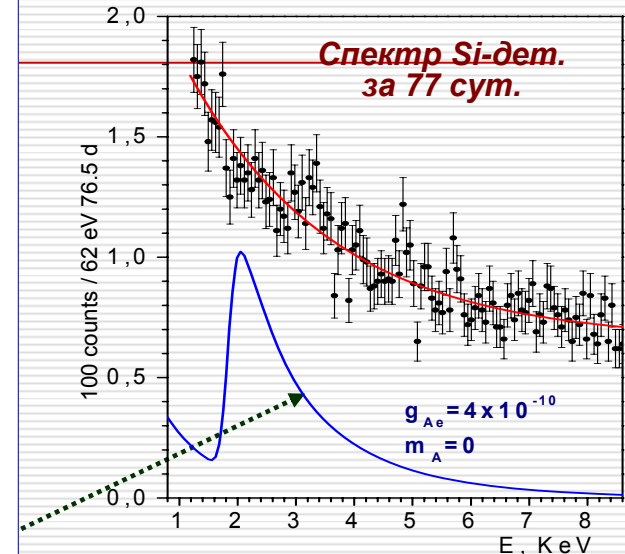
Поиск солнечных аксионов

Лаборатория низкофоновых измерений, А.В. Дербин

Поиск аксиоэлектрического эффекта. ПИЯФ, 2012



В ПИЯФ проведен поиск аксиоэлектрического эффекта (аналога фотоэффекта) на атомах Si для (1-10) кэВ аксионов, поток которых от Солнца зависит от g_{Ae} . Форма спектра аксионов совместно с сечением а.э. эффекта проводят к **характерным** особенностям в измеряемом спектре. Для поиска использовался **Si(Li) детектор**, размещенный в низкофоновой установке. Получены новые ограничения на константу связи аксиона с электроном g_{Ae}



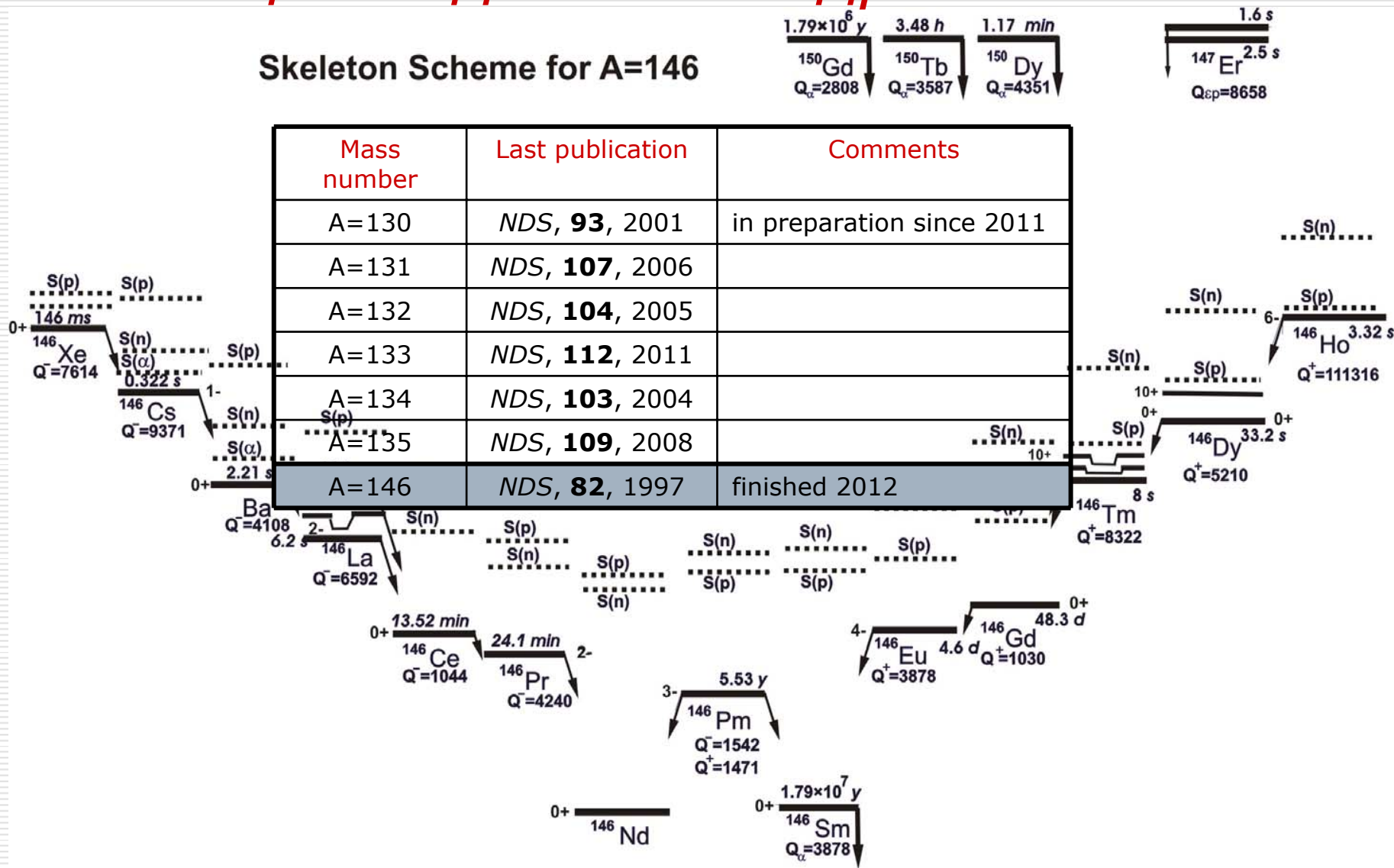
Письма ЖЭТФ 95, 379 (2012)

Лаборатория ядерной спектроскопии

Оценка данных в ядрах с $A=146$.

Skeleton Scheme for $A=146$

Mass number	Last publication	Comments
$A=130$	<i>NDS</i> , 93 , 2001	in preparation since 2011
$A=131$	<i>NDS</i> , 107 , 2006	
$A=132$	<i>NDS</i> , 104 , 2005	
$A=133$	<i>NDS</i> , 112 , 2011	
$A=134$	<i>NDS</i> , 103 , 2004	
$A=135$	<i>NDS</i> , 109 , 2008	
$A=146$	<i>NDS</i> , 82 , 1997	finished 2012



Лаборатория ядерной спектроскопии

Компиляции ядерных данных

S.I.Sukhoruchkin, Z.N.Soroko et al.

NUCLEAR EXCITED STATES

Subvolume A: $Z=1-29$, 547 p.

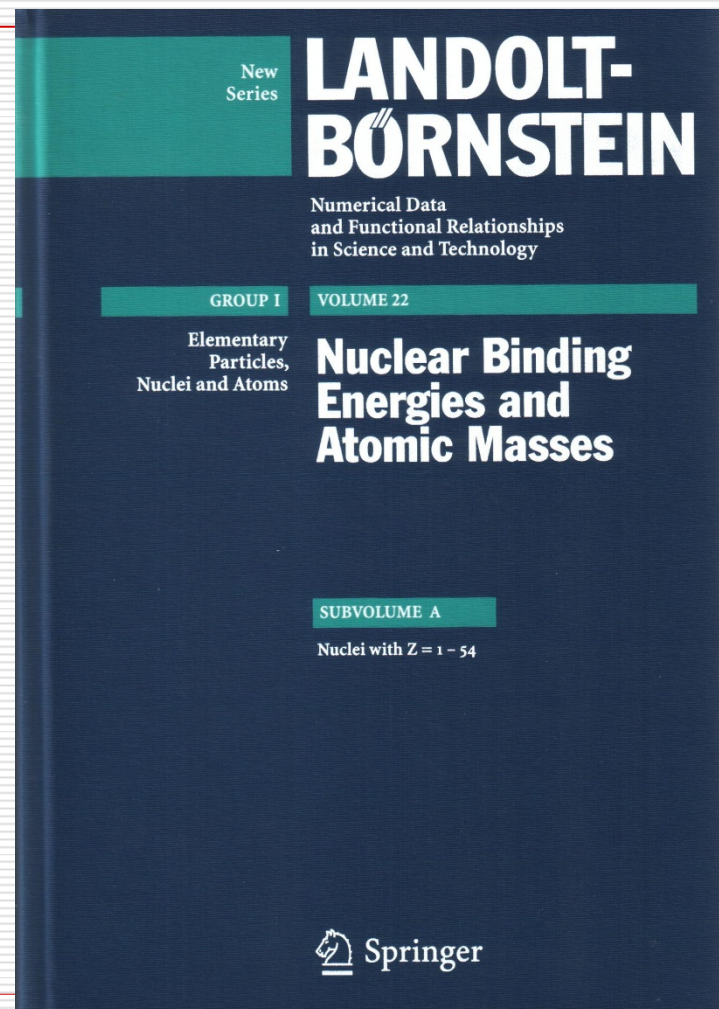
Subvolume B: $Z=30-47$, 553 p.

Методы возбуждения и регистрации.

Сечения возбуждения.

Квантовые числа состояний.

Теоретические модели.



Лаборатория ядерной спектроскопии

Прикладные исследования с использованием нейтронов

Нейтрон-активационный анализ больших образцов

- Усовершенствование методики количественного элементного и изотопного анализа образцов на выведенном из реактора пучке тепловых нейтронов с пределами обнаружения 10^{-6} – 10^{-8} %.
- Увеличение числа определяемых элементов в образцах.
- Разработана инструментальная методика нейтронно-активационного определения содержания Na и W в образцах Mo обогащенных на 99% стабильным изотопом ^{98}Mo .

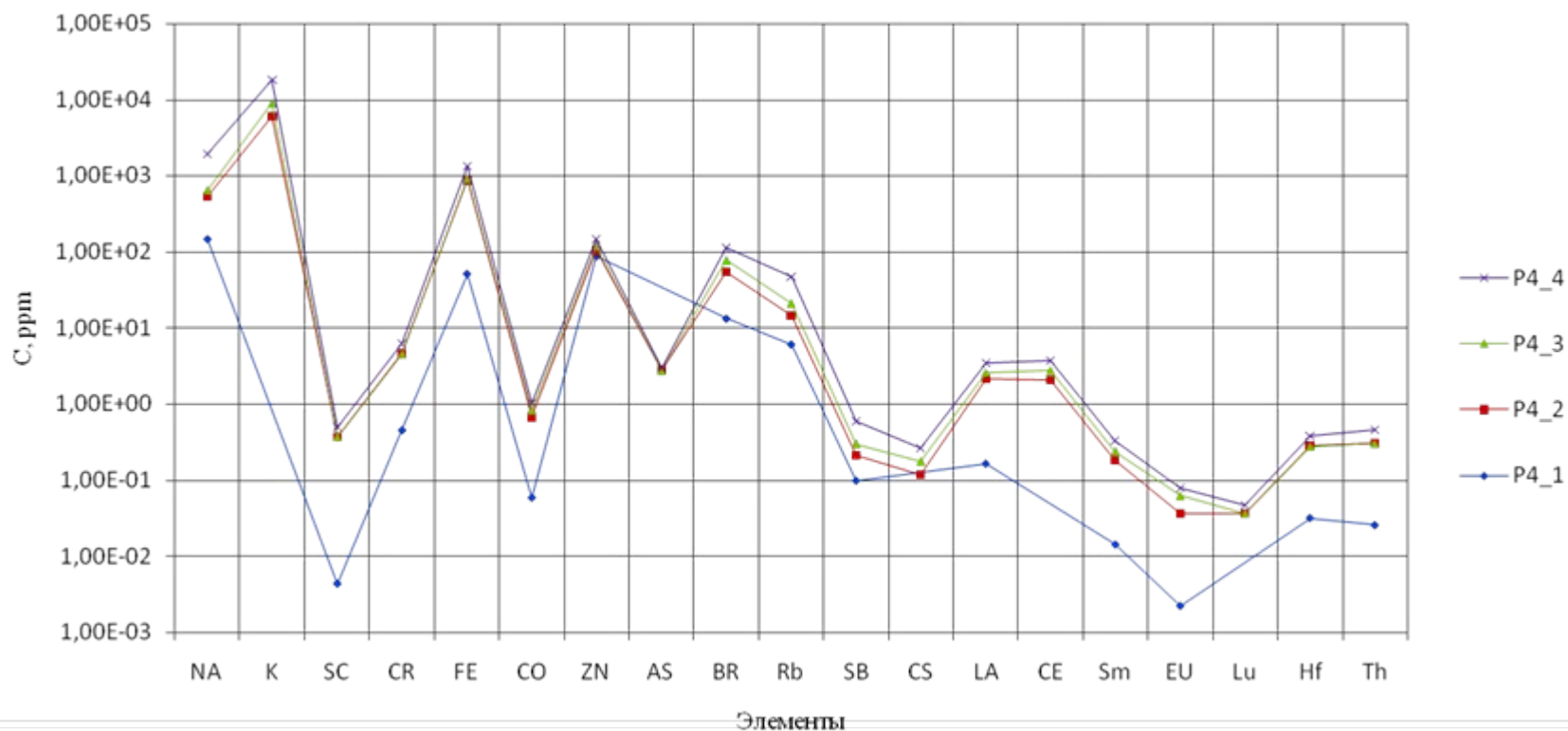
Количественное определение содержания гадолиния в эндометаллофуллеренах

- Метод спектроскопии мгновенных гамма-лучей из реакции $^{157}\text{Gd}(n, \gamma)$ на выведенном из реактора пучке тепловых нейтронов.
- Рентген-флуоресцентный метод определения Gd.

Лаборатория ядерной спектроскопии

NAA Proficiency Testing, IAEA

Образцы растительного происхождения.



Направления исследования в ФКС



Рентгеновская и синхротронная дифракция, малоугловое рассеяние, рефлектометрия, неупругое рассеяние и другие комплементарные методы

Синтез, нейтронные исследования и медицинские применения фуллеренов

Лаб. В.Лебедева

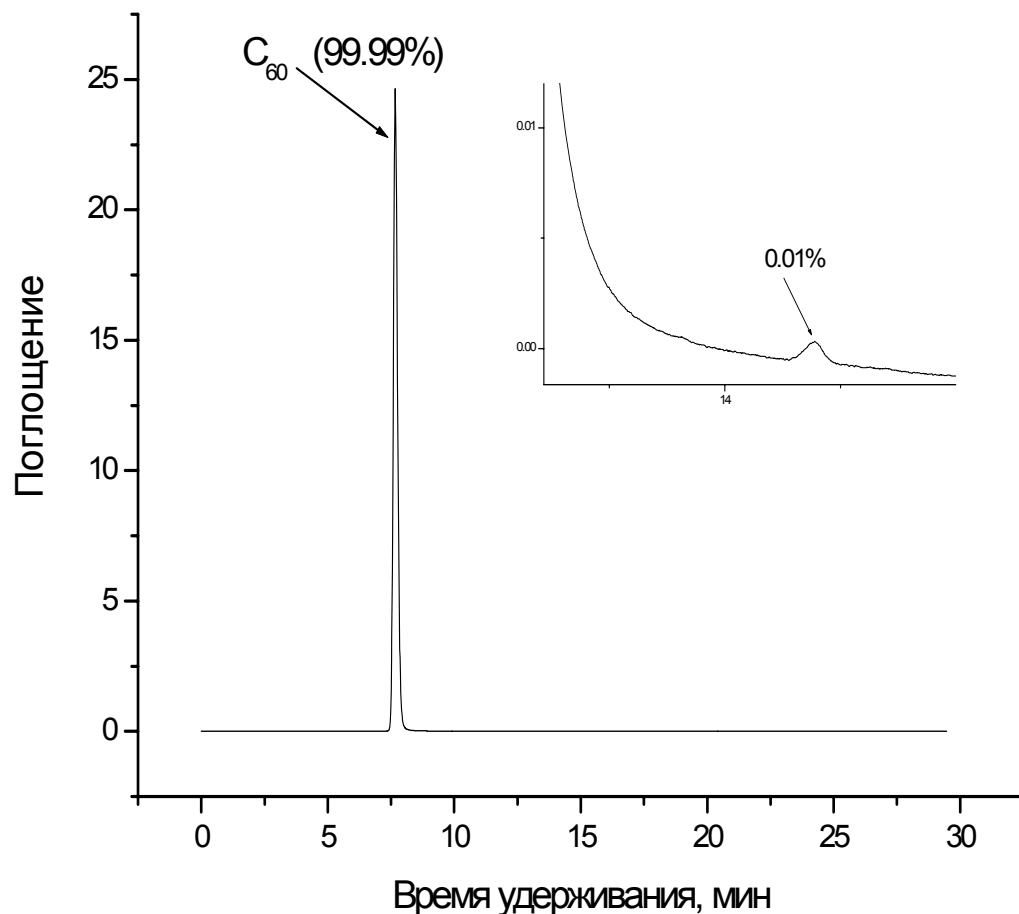
1. Найдены способы получения фуллеренов C₆₀ и C₇₀ сверхвысокой чистоты практически без оксидных примесей.
2. На основе синтезированных эндометаллофуллеренов получены фуллеренолы Gd@C₈₂(OH)_x (X > 20), водные растворы которых испытаны на животных, в экспериментах по ЯМР-диагностике достигнут эффект контрастирования на порядок выше, чем для известных препаратов типа Magnevist, Gadivist.
3. Методом малоуглового рассеяния нейтронов изучены явления структурирования фуллеренолов в растворах. Показаны возможности управления надмолекулярными структурами путем регулирования солевого фона - добавления цитрата (1.4 г/дл) или фосфата (0.44 г/дл) натрия.

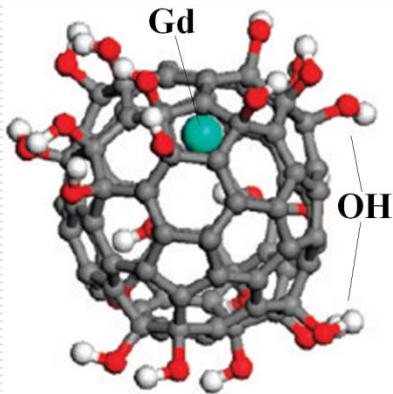
Вариация pH и типа соли ведет к переходу от глобулярных и цепным структурам фуллеренолов типа «жгутов» – связанных молекулярных цепочек фуллеренов, статистическая гибкость которых зависит от химической структуры солевого остатка. Регулирование структур фуллеренолов важно для модуляции ЯМР-контрастирующего действия фуллеренолов в медицинской диагностике.

Синтез, нейтронные исследования и медицинские применения фуллеренов

Разработаны производительные методы получения фуллеренов сверхвысокой чистоты [1,2]: фуллерена C₆₀ (99.90-99.99 %), фуллерена C₇₀ (99.90 %).

1. Грушко Ю.С., Седов В.П., Колесник С.Г.
Способ получения фуллерена C₆₀.
Патент РФ № 2456233, Оpub. 20.07.2012, бюл. № 20, приоритет от 13.08.2010.
2. Седов В.П., Колесник С.Г.
Способ получения фуллерена C₇₀ .
Патент РФ № 2455230, Оpub. 10.07.2012, бюл. № 19, приоритет от 13.08.2010.



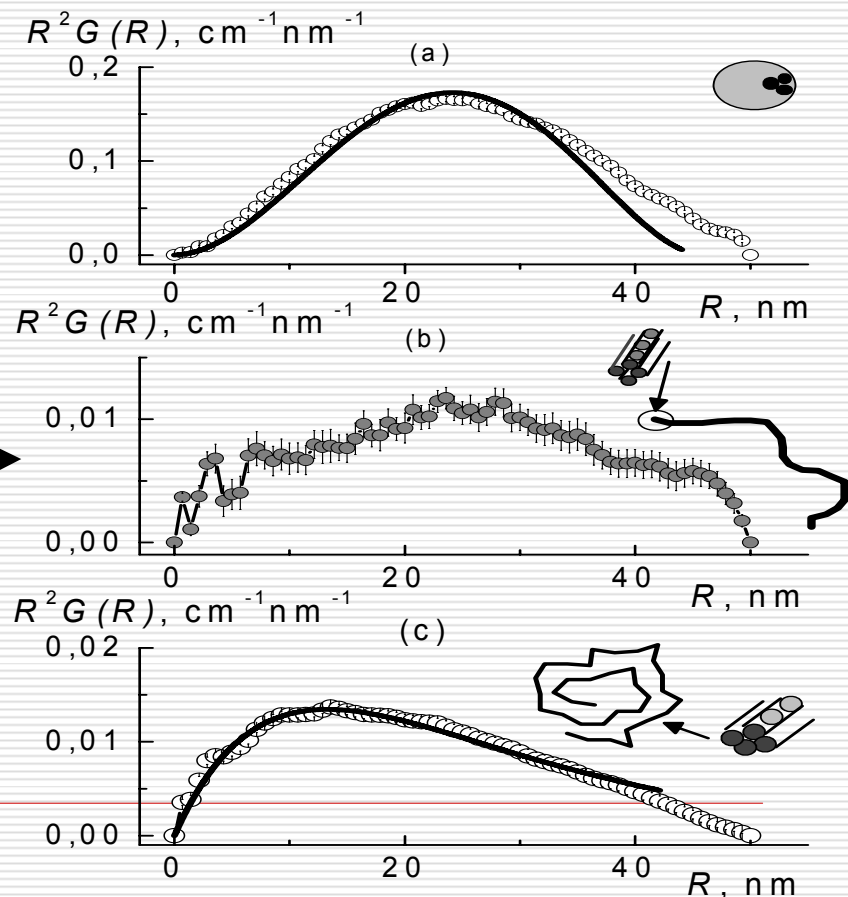


Эндометаллофуллерены в растворах ЯМР-диагностика

Фуллеренол $\text{Gd@C}_{82}(\text{OH})_x$

SANS, Корреляционные функции Управление структурой фуллеренолов:

- (a) Исходный раствор ($\text{pH} = 5$) – глобулярные кластеры (диаметр ~ 50 нм)
- (b) Добавление соли - цитрата Na ($\text{pH} = 7$) – «жгуты» из 4 молекулярных цепей
- (c) Добавление фосфата Na ($\text{pH} = 7$) - сильно свернутые клубкообразные «жгуты», радиус корреляции ~ 20 нм



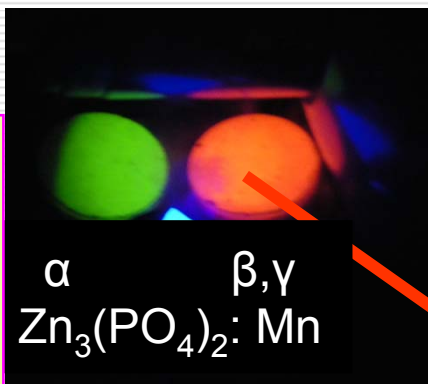
1. Nikolaev I.V., Lebedev V.T., Grushko Yu.S. et al. Ordering of hydroxylated fullerenes in aqueous solutions. *Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures*. 2012. V.20. Iss. 4-7. P. 345.
2. V.P.Sedov, V.V.Kukorenko, S.V.Kolesnik, V.A.Shilin, Yu.S.Grushko. Concentration and Separation of Higher Fullerenes. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, 2012, 20, 354-356.
3. Ya.Yu. Marchenko, B.P. Nikolaev, L.Yu. Yakovleva, A.V.Dobrodumov, Yu.V. Bogachev, Yu.S. Grushko, V.T. Lebedev. Magnetic Relaxation Study of Water-soluble Gadofullerene as potential contrast agent for theranostics. NMRCM-2012. St-Petersburg. 9-13 July 2012. Abs. P.102.

Исследование рентгеновских люминофоров для фотодинамической терапии онкологических заболеваний (грант 5-ти институтов). Работа инициирована В.А. Труновым

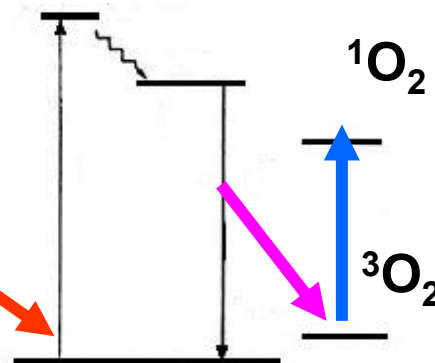
Рентген. излучение	Люминофор конвертирует рентген в свет	Фотодитазин конвертир. свет люминофора до оптим. для активации O_2
-----------------------	---	--

X-ray

α -фаза
 $Zn_3(PO_4)_2:Mn$ –
основная, а
 β - и γ -фазы
метастабиль-
ные, но дол-
гоживущие.



β - и γ -фазы $Zn_3(PO_4)_2:Mn$ светятся красным
а α -фаза - зеленым



Фотодитазин концентрир-ся на опухоли с 10-кратной контрастностью и переводит обычный кислород 3O_2 в активно цитотоксичный 1O_2 , убивающий раковые клетки. С лазерным возбуждением это уже применяется. Цель данной работы – увеличить глубину «операции» или повысить эффективность простой рентгенотерапии. Конкретный наш вклад в работу – качественный и количественный анализ рентгенолюминесценции и рентгенофазовый анализ образцов. Цель – получить чистые образцы, оптический спектр излучения которых был бы оптимален для поглощения фотодитазина.

Сделано:

1. Выбран люминофор – $Zn_3(PO_4)_2$ с Mn-активатором.
2. Проведена успешная проверка эффективности препарата на клетках какого-то китайского хомячка – выживших в 10 раз меньше, чем без препарата.

В процессе работы:

1. Получение монофазных образцов β - и γ - $Zn_3(PO_4)_2:Mn$ с размером частиц 60-70 нм (требование биологов).
2. Получение устойчивого коллоидного раствора с достаточно хорошей люминесценцией.

Исследование экзотических магнитных структур в моносилициде марганца MnSi и моногерманиде марганца MnGe

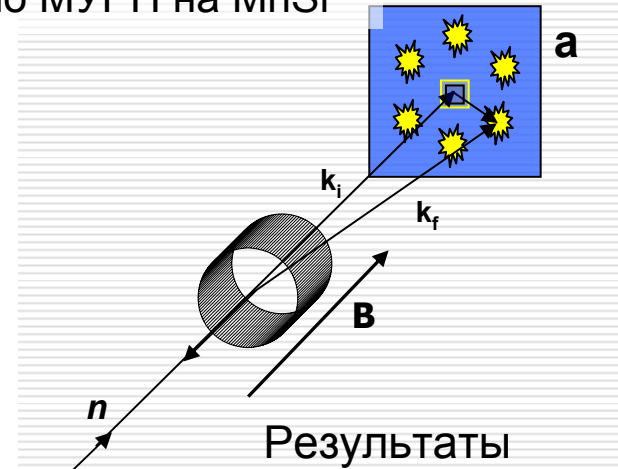
Природа спиновой структуры А-фазы в MnSi.

В работе исследовался вопрос о том, что из себя представляет структура - плотную упаковку скирмионных квазичастиц или двумерно модулированную гексагональную сверхструктуру?

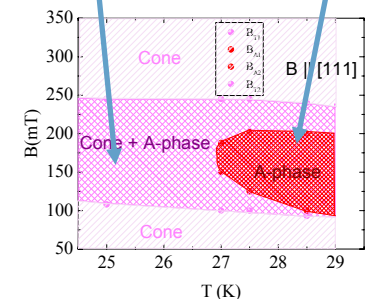
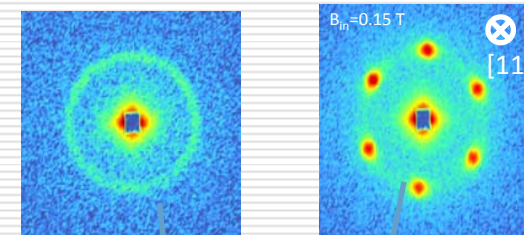
Получен ответ: второе.

- 1) Доклад С.В. Григорьев и др., Зимняя школа ПИЯФ-2012, 12-17 марта 2012, С.-Петербург, Россия.
- 2) Доклад С.В. Григорьев и др., XXII Совещание по использованию рассеяния нейтронов в исследования конденсированного состояния, РНИКС-2012 15-20 октября 2012, С.-Петербург, Россия.
- 3) Доклад S.V.Grigoriev, Polarised Neutrons for Condensed Matter Investigations, PNCMI-2012 5-8 July 2012, Paris, France.
- 4) Семинары С.В. Григорьев и др., на Проблемном совете по ФКС ПИЯФ, 20 сентября и 4 октября 2012, Гатчина.
- 5) S. V. Grigoriev, N. Potapova, V. A. Dyadkin, E. V. Moskvina, Ch. Dewhurst, S. V. Maleyev, submitted to Phys. Rev. Lett. (2012).

Схема эксперимента по МУРН на MnSi



Результаты



Методом малоуглового рассеяния нейтронов детально изучена магнитная структура кубического спирального магнетика MnSi в небольшой области (H-T)-фазовой диаграммы (А-фазе). Магнитная структура А-фазы характеризуется в пространстве импульсов двумерной гексагональной картиной из 6 брэгговских пиков с k_z , перпендикулярными приложенному магнитному полю H. В современной литературе эта структура получила название скирмионной решетки. Авторы этих работ предлагают для описания этой структуры концепцию плотной упаковки скирмионных квазичастиц, подобным вихрям магнитного поля в сверхпроводниках второго рода.

В нашей работе мы приводим аргументы в пользу того, что наблюдаемая структура является двумерной гексагональной спиновой сверхрешеткой, образующейся из-за конкуренции двух взаимодействий (ферромагнитного обмена и взаимодействия Дзялошинского–Мория), подобно одномерным модуляциям спиновой структуры (плоская спираль, коническая спираль).

Во-первых, установлено, что волновой вектор двумерной гексагональной структуры k_h равен волновому вектору конической фазы k_c .

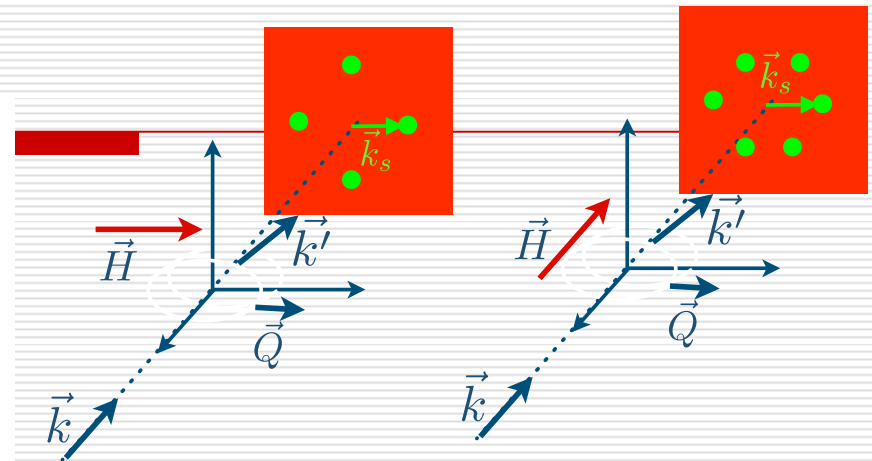
Во-вторых, за пределами А-фазы обнаружены капли разориентированной, предположительно гексагональной, спиновой структуры с k_h перпендикулярным полю H в диапазоне полей от 0.1 Тл до 0.25 Тл, и вплоть до низких температур $T = 25$ К. При этом не обнаружено никакого распада этих капель на индивидуальные, случайно разбросанные в пространстве скирмионы.

На основе анализа полученных данных, мы заключили, что наблюдаемая структура не является плотноупакованной скирмионной решеткой, а оказывается примером сложной (двумерной) модуляции спинов в магнетиках.

Сегментирование А-фазы в FeGe

В работе впервые исследована структура А-фазы в моногерманиде железа FeGe.

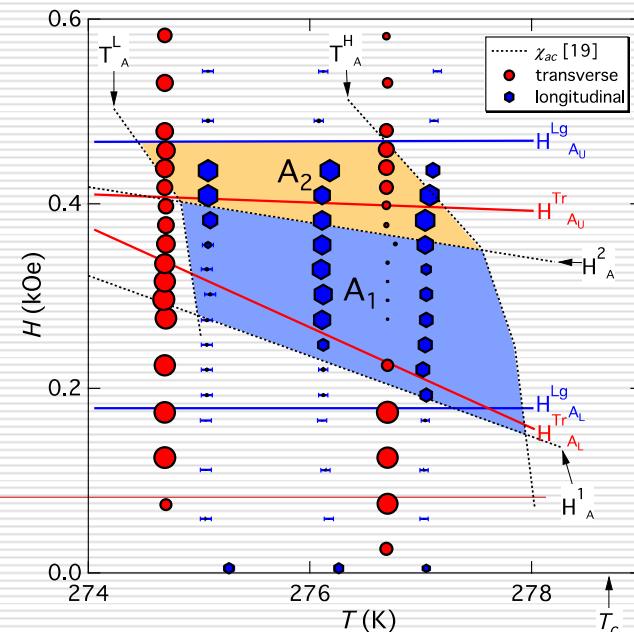
По результатам измерений построена магнитная фазовая диаграмма.



Использованы 2 разные геометрии эксперимента по МУРН: продольная ($H \parallel k$) и поперечная ($H \perp k$)

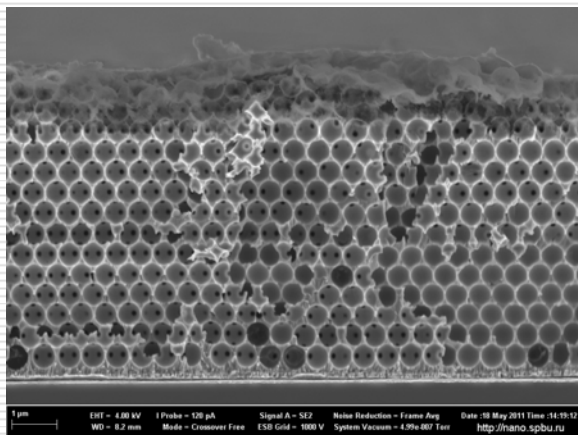
Е.В. Москвин и др., доклад на XXII Международном совещании по использованию рассеяния нейтронов в исследовании конденсированного состояния, 2012, С.-Петербург, (РНИКС-2012) .

E. Moskvina, S. Grigoriev, V. Dyadkin, H. Eckerlebe, M. Baenitz, M. Schmidt, and H. Wilhelm submitted to Phys. Rev. Lett. (2012).

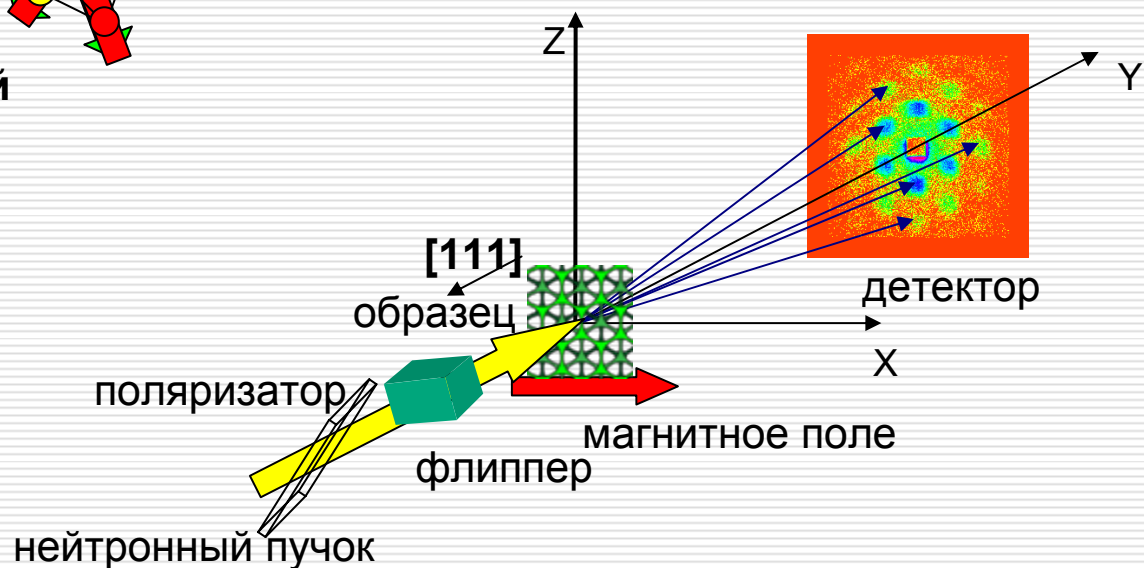
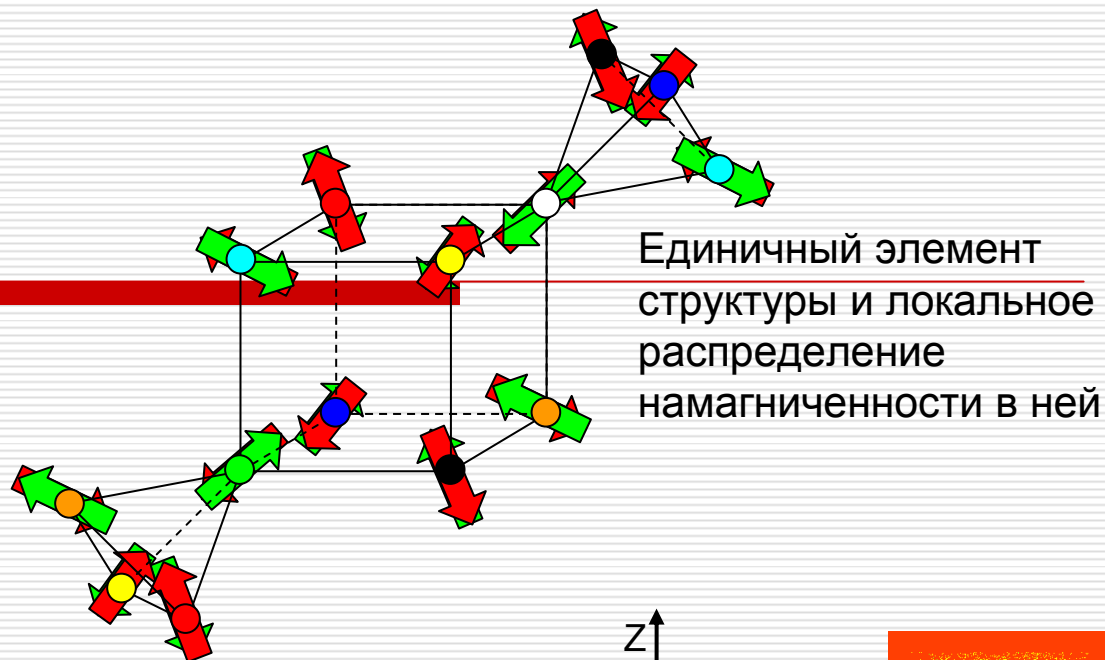


Методом малоуглового рассеяния нейтронов впервые изучена магнитная структура кубического спирального магнетика FeGe в небольшой области (H-T)-фазовой диаграммы (А-фазе). Измерения проводились в двух конфигурациях: при направлении магнитного поля вдоль вектора рассеяния – поперечная геометрия, и при направлении поля вдоль пучка нейтронов – продольная геометрия. В продольной геометрии магнитная структура А-фазы характеризуется в импульсном пространстве двумерной гексагональной картиной из 6 брэгговских пиков с k , перпендикулярными приложенному магнитному полю H. В поперечной геометрии наблюдаются два брэгговских пика, которые в А фазе меняют направление на перпендикулярное. Такая картина рассеяния соответствует магнитной спирали для поперечной геометрии и так называемой скирмионной решетке для продольной геометрии. При этом такие две структуры сосуществуют, поскольку проявляются при одинаковых значения поля и температуры в А-фазе. Показано сегментирование А-фазы, которое было предложено в другой работе основанной на измерениях магнитной восприимчивости.

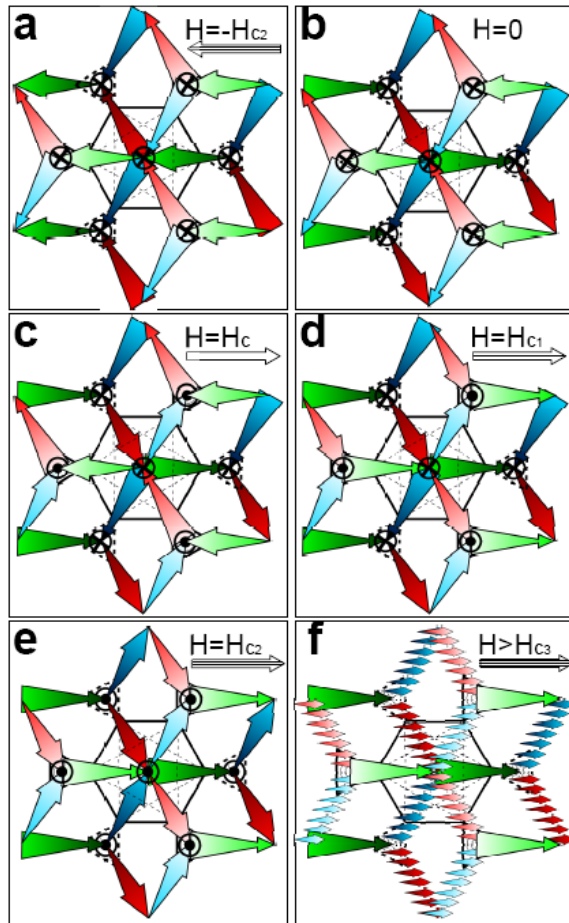
«Правило льда» и намагниченность трехмерной инвертированной опалоподобной структуры



СЭМ-изображения
инвертированной опалоподобной
структуры на основе кобальта



Исследована магнитная структура в магнитном поле методом малоугловой дифракции поляризованных нейтронов.



1) Из анализа интенсивности дифракционных пиков в зависимости от магнитного поля построены диаграммы распределения локальной намагниченности. При построении диаграмм оказалось необходимым учесть так называемое правило льда для магнитных структур: магнитный поток должен сохраняться внутри единичного элемента.

2) Согласно построенной модели, при приложении внешнего магнитного поля в плоскости образца может возникать перпендикулярная полю компонента намагниченности, сравнимая с продольной компонентой.

1) Доклад А.А. Мистонов, Polarised Neutrons for Condensed Matter Investigations, PNCFI-2012 5-8 July 2012, Paris, France.

2) А.А. Мистонов и др., доклад на XXII Международном совещании по использованию рассеяния нейтронов в исследования конденсированного состояния, 2012, С.-Петербург, (РНИКС-2012).

3) Представлена диссертация А.А. Мистонина на соискание степени к.ф.-м.н. под рук. С.В. Григорьева.

4) А.А. Mistonov, N.A. Grigoryeva, A.V. Chumakova, H. Eckerlebe, N.A. Sapoletova, K.S. Napolskii, A.A. Eliseev, D. Menzel, S.V. Grigoriev, submitted to Phys. Rev. Lett. (2012).

Радиационная деградация полупроводниковых сенсоров магнитного поля для термоядерных реакторов при нейтронном облучении

Гр. Радиационной физики (С.П.Беляев)

совместно с лабораторией магнитных сенсоров
Национального университета Львовская Политехника

Для диагностики магнитного поля в строящемся токамаке ITER предусмотрено 1700 магнитных датчиков. Датчики должны обеспечивать высокую точность измерения на протяжении всего срока службы реактора (20-35 лет). Их обслуживание внутри реактора невозможно.

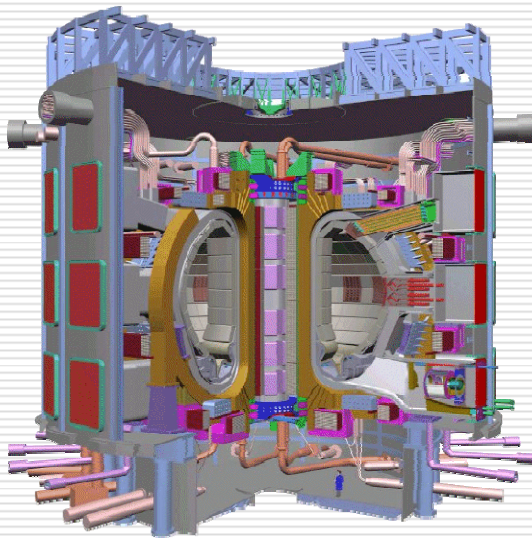
Условия работы датчиков:

Рабочая температура - 120°C с возможным повышением до 220°C .

Радиационная нагрузка:
интенсивность нейтронного облучения - $7,7 \cdot 10^{10}$
нейтр $\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$

Флюенс - 10^{18} нейтр $\cdot\text{см}^{-2}$

Возможность измерения как высокочастотного, так и постоянного магнитного поля.



Полупроводниковые холловские сенсоры

Сенсоры изготовлены на основе полупроводниковых гетероструктур $\text{InSb}/i\text{-GaAs}$. Чувствительные элементы сенсоров формируются на тонких (1 мкм) легированных слоях InSb , расположенных на подложках GaAs (400 мкм).

Основная задача – достижение максимальной стабильности чувствительности полупроводникового сенсора магнитного поля в радиационных условиях. Чувствительность обратно пропорциональна концентрации носителей заряда.

При облучении в полупроводниковом материале InSb происходят одновременно два взаимно компенсирующих процесса:

- (1) генерация радиационных дефектов акцепторного типа быстрыми нейтронами в кристаллической решетке материала сенсора (первичные радиационные дефекты – пары Френкеля, а также кластеры радиационных дефектов);
- (2) генерация доноров за счет реакций трансмутационного легирования при взаимодействии нейтронов с атомами индия основного вещества с образованием олова, которое для InSb является донорной примесью.

При оптимальном составе полупроводникового материала, за счет баланса этих двух механизмов можно минимизировать дрейф параметров сенсоров при облучении до такого уровня, который затем поддается коррекции электроникой и программным обеспечением магнитоизмерительной аппаратуры.

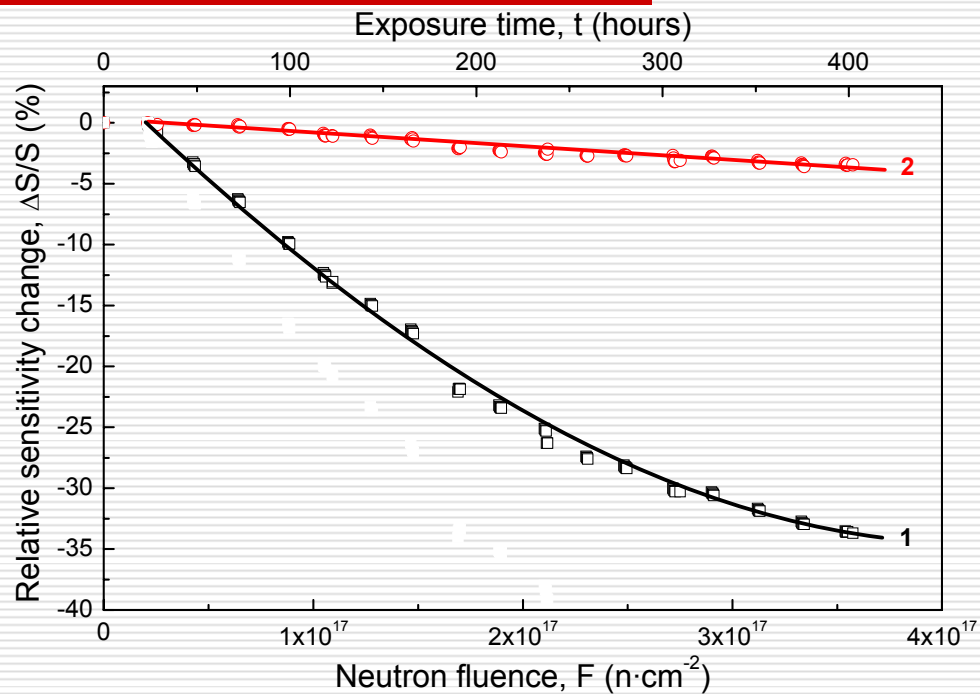
Скорость изменения концентрации носителей заряда в материале сенсоров под влиянием облучения потоком нейтронов:

$$dn/d\Phi \approx \alpha - \beta n,$$

n – концентрация носителей заряда, Φ –флюенс нейтронов,
 α – коэффициент введения доноров за счет ядерного легирования медленными нейтронами, β – сечение образования радиационных дефектов акцепторного типа быстрыми нейтронами.

Существует оптимальная исходная концентрация носителей заряда при которой $\alpha = \beta n$.
Тогда следует ожидать $dn/d\Phi = 0$

Изменение чувствительности тонкопленочных сенсоров на основе InSb под действием нейтронного облучения



1 - стандартный сенсор; 2 - радиационнотойкий сенсор

Международное сотрудничество.

Co-operation agreement PNPI-HZG (former GKSS) (05.03.2010) on the transfer of 7 instruments. Parties agreed to cooperate in the field of research and development using neutron scattering techniques with the aim to install a new research platform at the new PIK reactor with neutron beamtime access for GKSS.

The Parties intend to closely cooperate after the transfer of the setups to the new reactor. GKSS will have its own contingent of beamtime at the instruments of up to 15 % with support of the PNPI beamline responsables. This will include a wide-spread user policy and easy approach to the instruments as it is presently realized at GKSS. The constitution of the user committee will be specified on a later stage.

Gatchina, May 2012

Geesthacht, June 2010



Ученый совет ОНИ ПИЯФ 14-16.01.2013

Международное сотрудничество

Neutron guide hall of
reactor PIK



- 1) Прибыл FSS, прибор предназначен для эксплуатации на реакторе ИБР-2 в Дубне. Необходимо осуществить его перевоз в Дубну, и начать его совместное строительство и эксплуатацию прибора там, на пучке N13.
- 2) Прибыл **SANS2**, прибор предназначен для эксплуатации на реакторе ПИК.
- 3) Прибыли **POLDI** и **PNR** в ноябре 2012 года, приборы предназначены для эксплуатации на реакторе ПИК.
- 4) Часть оборудования занесена в теплые помещения на зиму.



Neutron station SANS-2 HZG
(Germany) in preparation to
transfer to the reactor PIK



План приема установок на 2013 г.



- ❖ (апрель – май) –перевоз DCD и NERO
- ❖ (июнь – июль) – разборка и перевоз TEX2, ARES и ICI
- ❖ (январь- март) Создание площадки для приема оборудования в корпусе N 11
- ❖ (июнь- август) Создание площадей для приема оборудования на реакторе ПИК
(август- декабрь) Тестовая сборка установок в нейтроноводном зале реактора ПИК



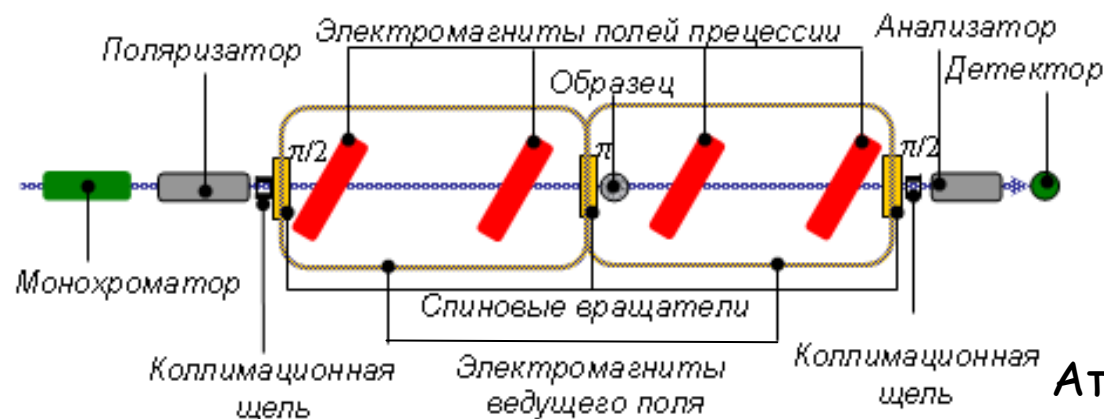
Нейтронотводный зал реактора ПИК 10.01.2013

Эта кооперация – основа создания будущего
международного центра нейтронных исследований
МЦНИ на базе реактора ПИК

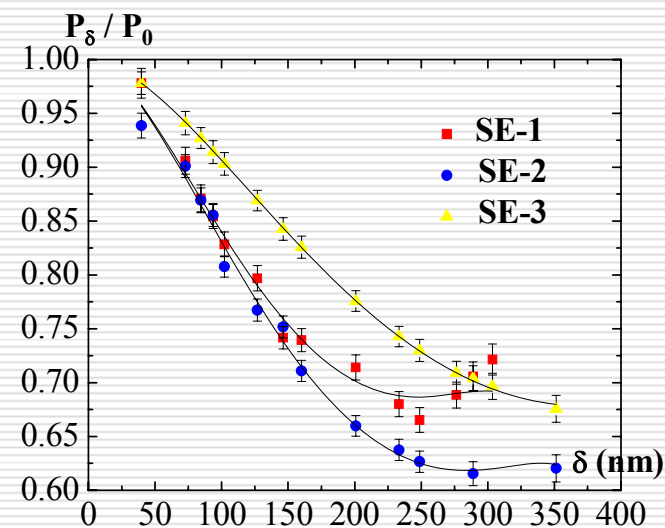
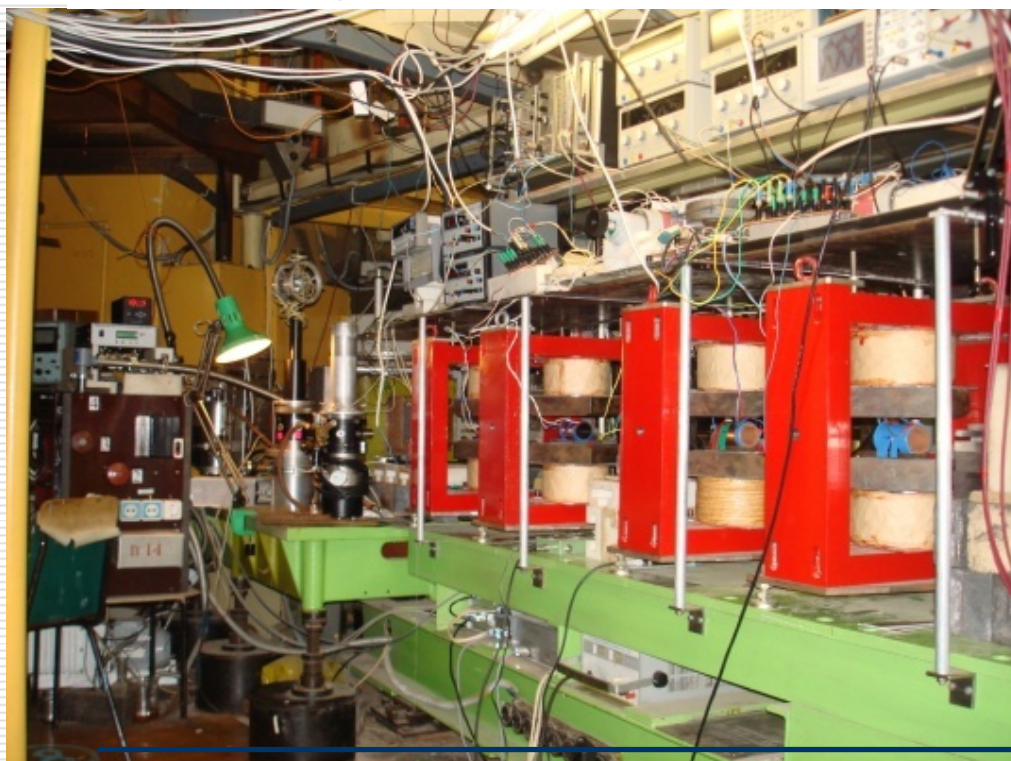


Установка Спин-Эхо МалоУглового Рассеяния Нейтронов СЭМУРН:

Л. А. Аксельрод , Ю. О. Четвериков, В.Н. Забенкин, А. А. Сумбатян, В. В. Пиядов



Аттестационные измерения
на сферах SiO_2 : июнь 2011



Рефлектометр на поляризованных нейтронах с вертикальной плоскостью отражения (РЕВЕРАНС)

Г.П. Диденко, В.Н. Забенкин, Г.П. Гордеев

Прибор создается и тестируется на реакторе ВВР-М и предназначен к постановке в нейтроноводном зале реактора ПИК.

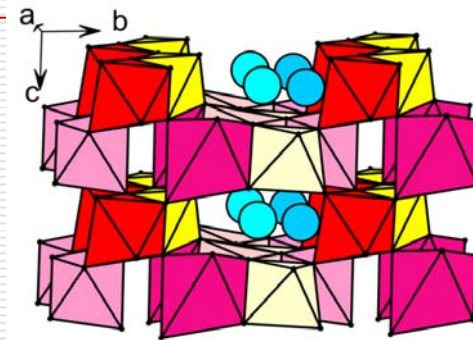


Действующая модель для испытания на реакторе ВВР-М

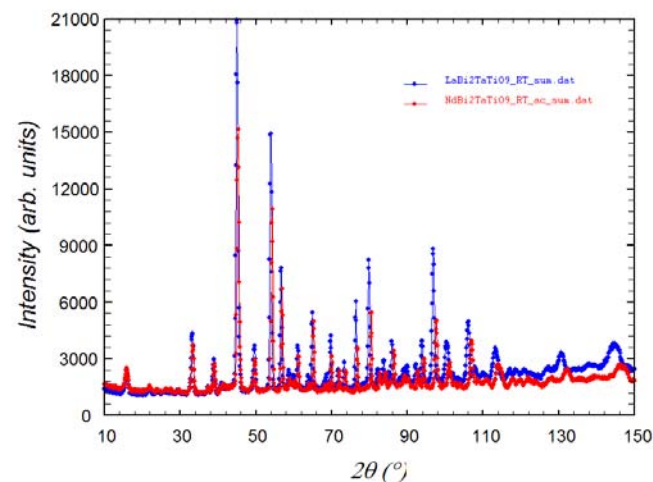
Порошковый дифрактометр нейтронов

лаб. А.И. Курбакова, А.Л. Малышев, В.А. Трунов

Прибор создан и эксплуатируется на реакторе ВВР-М для определения и уточнения кристаллической структуры



Кристаллическая структура $\text{LiMn}_2\text{TeO}_6$ описана в рамках P1 пространственной группы.



Создан двух-координатный детектор тепловых нейтронов.

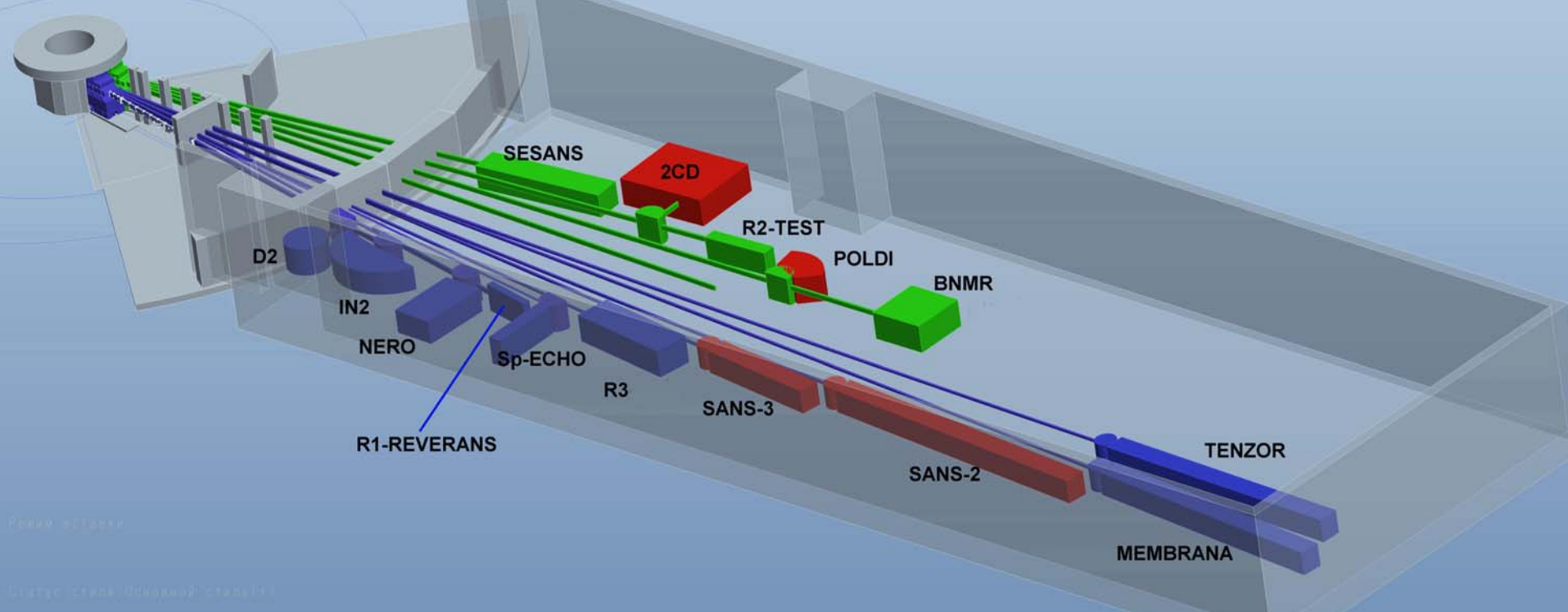
Детектор эксплуатируется на установке малоуглового рассеяния нейтронов «Вектор»

ОТД ОФВЭ, зав.отд. Крившич А.Г.;
ОАЭР ОНИ, зав.отд. Соловей В.А.;
ЛФНС ОНИ, зав.лаб. Рунов В.В



Основные характеристики детектора

Размер входного окна, мм ²	300×300
Газовая смесь: ³ He/CF ₄ , атм.	2/2
Эффективность регистрации, % (λ)	72 (9Å)
Пространственное разрешение X×Y (FWHM), мм ²	2×1.5
Дифференциальная нелинейность, %	≤ ±10
Уровень собственных шумов, соб/сек	0.2
Просчеты электроники, I_{ген} = 10⁵ Гц	10%
Герметичность камеры $\Delta\rho/\rho$, %/год	<3



Планируемое размещение инструментов в нейтроноводном зале:

D-2 – многосчетчиковый порошковый дифрактометр холодных нейтронов, **IN-2** – 3-х осный спектрометр холодных нейтронов, **NERO** – рефлектометр поляризованных нейтронов с анализом поляризации, **R1-REVERANS** – рефлектометр поляризованных нейтронов с вертикальной плоскостью рассеяния, **Sp-Echo** – спин-эхо спектрометр, **R-3** – рефлектометр с векторным анализом поляризации и позиционно-чувствительным детектором, **SANS-2, SANS-3, MEMBRANA** – малоугловые установки, **TENZOR** – малоугловой дифрактометр с анализом поляризации нейтронов, **BNMR** – β -ЯМР спектрометр (ИТЭФ), **POLDI** – диффрактометр поляризованных нейтронов с 2D-детектором, **R2-TEST** – нейтронно-оптический рефлектометр, **2CD** – ультрамалоугловой дифрактометр на совершенных кристаллах, **SESANS** – установка спин-эхо ультрамалоуглового рассеяния. Красным отмечены приборы перемещаемые и GKSS

Сборка нейтронотводной системы, изготовленной в ПИЯФ, на реакторе CMRR в Китае

Трунов В.А., Булкин А.П., Ульянов В.А., Пусенков В.М., Калинин С.И.,
Медведев Е.Н., Харченков В.П.



Сборка нейтроноводной системы на реакторе ИБР-2 ГЭК №7
(собрано 2 нейтроновода из запланированных 3. Длина нейтроноводных
линий 100 метров. Радиус изгиба искривленной части каналов 13,4 км).

Булкин А.П., Кудряшев В.А., Пусенков В.М., Будкин А.А., Головастов Д.С., Медведев Е.Н.,
Харченков В.П.



Лабораторный комплекс РК ПИК

Инвестиционный проект предполагает финансирование в размере 5 001 млн. руб.

За эти деньги необходимо:

1. Построить и запустить ИХН на канале ГЭК-3
2. Построить и запустить в эксплуатацию НТГП на канале НЭК-5
3. Построить и запустить в эксплуатацию ИГН
4. Построить и запустить в эксплуатацию НС (зд.104, отм. 0.000)

На ученом совете ОНИ подтверждена целесообразность создания на реакторе ПИК трех источников холодных нейтронов на каналах ГЭК 2, ГЭК 3, ГЭК 4-4' и начала работ по проектированию каналов ГЭК 2 и ГЭК 4-4'. Также рассмотреть возможность замены каналов ГЭК 5 и ГЭК 6.

Сравнительные характеристики ИХН

Параметр	ANSTO	ПИЯФ	ПИЯФ	ПИЯФ	ILL (В / Г)
Мощность реактора, МВт	20	100 (вер. ГЭК-3)	100 (гор.ГЭК-4)	100 (гор. ГЭК-2)	57
Плотность потока тепловых нейтронов в месте установки источника, н см ⁻² с ⁻¹	1,65*10 ¹⁴	4,0 10 ¹⁴	6,0 10 ¹⁴	5,0 10 ¹⁴	4,6x10 ¹⁴ / 8x10 ¹⁴
Плотность потока холодных нейтронов на выходе из реактора, н см ⁻² с ⁻¹	(1,8-2,5) 10 ¹⁰	6,0 10 ¹⁰	7,6 10 ¹⁰	1,7 10 ¹¹	~10 ¹⁰ /4×10 ¹⁰
Плотность потока холодных нейтронов в экспериментальном зале $\lambda > 4\text{\AA}$, н см ⁻² с ⁻¹	6,4 10 ⁹	≈10 ¹⁰	>10 ¹⁰	>10 ¹⁰	5,4 10 ⁸ , (H18) 5,4 10 ⁹ , (H17) 5,0 10 ⁶ , (H14)
Замедлитель	LD ₂	LD ₂	LD ₂	LD ₂	LD ₂
Температура замедлителя, К	23	19,5-25	23	23	25/25
Объем камеры замедлителя, л	20	24	14	20	20/6
Общая тепловая нагрузка, кВт	4-5	6,5-7,1	6	7,8	6/3
Резервный «теплый» режим работы	да	да	да	да	нет

Кроме того, на ученом совете ОНИ принято решение о целесообразности

1. Создать рабочую группу для разработки планов оснащения реактора ВВР-М современным оборудованием (источник ультрахолодных, очень холодных и холодных нейтронов в тепловой колонне реактора, совершенствование пучков главного зала).
2. Цели: а) создание на реактора ВВР-М высокоинтенсивного источника УХН, как прототипа источника для реактора ПИК, б) создание учебного центра для подготовки научных кадров и оборудования для реактора ПИК.
3. Состав рабочей группы: Серебров, Григорьев, Илатовский, Булкин, Лебедев.
4. Задачи: график работ, оценка стоимости.
5. Срок сдачи концептуального проекта - май 2013 года.

Имеется реальная возможность создания современного международного центра нейтронных исследований на базе реактора ПИК

- 1. С рекордными для пучковых реакторов облучательными способностями $\Phi = 5 \times 10^{15} \text{ н/см}^2\text{с}$**
- 2. С рекордными плотностями потоков холодных нейтронов, в 10-20 раз превышающими плотности ИЛЛ – лучшего сейчас реактора в мире**
- 3. С рекордными плотностями ультрахолодных нейтронов в 100-1000 раз превышающими современные.**
- 4. С источником нейтроноизбыточных ядер, по интенсивности в 1000 раз превосходящим источник на ИЗОЛЬДе в ЦЕРНе**
- 5. Обладающим современным учебным центром для подготовки научных кадров, создания и испытания оборудования для реактора ПИК на базе СПбГУ, реактора ВВР-М, его установок и стендов, а также источника УХН .**

Спасибо за внимание!