

НАУКА СОДРУЖЕСТВО ПРОГРЕСС

ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Газета выходит с ноября 1957 года № 11-12 (4457-4458) Четверг, 21 марта 2019 года

26 марта – День основания ОИЯИ

Сотрудникам Объединенного института ядерных исследований

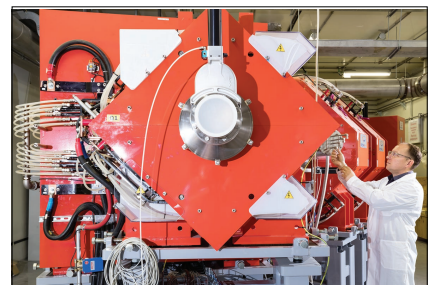
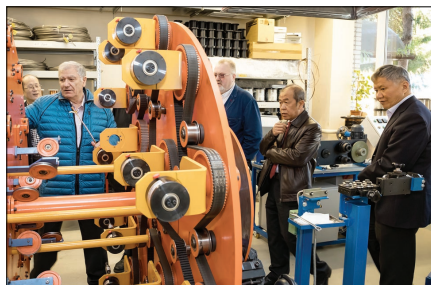
Дорогие друзья, коллеги!

26 марта мы отмечаем день рождения нашего международного научного центра, который сегодня во всем мире известен как флагман фундаментальной науки и передовых технологий. Уверен, что, опираясь на наше славное прошлое, мы и в дальнейшем, используя уникальный потенциал Института и его широкие международные связи, совместными усилиями обогатим мировую науку и технику новыми весомыми результатами.

Сердечно поздравляю ученых, научно-технических работников, служащих и рабочих, ветеранов и молодых специалистов ОИЯИ, наших коллег в странах-участницах, всех партнеров в научных центрах мира с Днем основания Института!

Желаю всем доброго здоровья, благополучия и новых успехов в развитии фундаментальной науки, инновационных и образовательных программ, во имя высоких ценностей международного научного сотрудничества, во имя будущего нашего замечательного международного научного центра!

Директор ОИЯИ академик Виктор МАТВЕЕВ



Читайте в специальном выпуске «Молодежь и наука»:

В очередном специальном выпуске «Молодежь и наука» молодые ученые ОИЯИ рассказывают о своей работе.

Теоретическая физика, создание установок, участие в экспериментах как фундаментальной науки, так и имеющей прикладное значение, инженерные и компьютерные системы, творческий подход, взаимодействие с коллегами – это тема

газетного номера, демонстрирующая и сложность современного физического эксперимента, и профессионализм наших молодых сотрудников.

Мы очень благодарны руководителям авторов, ученым секретарям, представителям ОМУС в лабораториях за организацию, идеи и научное редактирование. Отдельное спасибо Елене Пузыниной за по-

мощь в подборе иллюстраций. И это тоже показатель слаженной работы и ответственного отношения, без которого в нашем Институте невозможно осуществить ни один проект.

Выпуск подготовили Александр Верхеев, Галина Мялковская. Используются фотографии из архива еженедельника, лабораторий, научно-информационного отдела.

Выставка в НТБ

С 25 марта в Научно-технической библиотеке ОИЯИ открыта выставка литературы, посвященная 63-летию образования Объединенного института ядерных исследований.

На выставке представлены Соглашение об организации ОИЯИ, которое было опубликовано в газете «Правда» 12 июля 1956 года, Устав ОИЯИ, принятый на первой сессии Комитета полномочных представителей 23 сентября 1956 года, а также Соглашение

между правительством РФ и ОИЯИ о месте и условиях деятельности ОИЯИ в РФ, которое было ратифицировано в декабре 1999 года.

Также на выставке можно познакомиться с литературой, посвященной важнейшему направлению деятельности нашего Института – мегапроекту NICA, целью которого является исследование взаимодействий тяжелых ионов высоких энергий при помощи многоцелевого детектора MPD.

Наш адрес в Интернете – <http://jinrmag.jinr.ru/>

О выполнении обязательств по Коллективному договору

Конференция коллектива ОИЯИ по проверке хода выполнения «Коллективного договора Объединенного института ядерных исследований на 2017–2020 годы» состоялась 6 марта 2019 года. На конференции выступили директор ОИЯИ В. А. Матвеев и председатель ОКП В. П. Николаев.

Директор ОИЯИ В. А. Матвеев проинформировал об основных результатах деятельности Института в 2018 году. Год завершился успешно, и об этом свидетельствуют решения Ученого совета, заседание которого прошло в феврале. Первый пучок получен в ЛЯР на ДЦ-280, оформляются документы по вводу в эксплуатацию Фабрики сверхтяжелых элементов. Символично, что эти результаты получены в год, объявленный ЮНЕСКО годом Периодической таблицы Менделеева. На коллайдере NICA ведутся большие работы, которые требуют усилий всего коллектива. Финансовое положение Института надежное. Средства на выполнение мероприятий 7-летнего плана имеются. Дирекция видит свою задачу в росте заработной платы: предусмотрена индексация заработной платы с 1 апреля и повышение заработной платы работников с учетом их вклада в результаты работы по приоритетным направлениям деятельности Института, квалификации и сложности выполняемой работы. Представители профсоюза приглашаются на заседания коллегиальных органов руководства Института.

Решения прошлых лет об увеличении бюджета выполнены, и сейчас должна быть лучшим образом организована деятельность Института. Готовятся новые нормативные документы: новое Положение о персонале, Положение о корректировке бюджета, документ о системе закупок. В стадии разработки находится стратегия развития Института до 2030 года и дальше, согласованная с мировыми тенденциями развития науки. Активно работает Общественный совет по взаимодействию с органами местного самоуправления.

Жилищным условиям сотрудников уделяется большое внимание. Ремонтируется общежитие на ул. Московской. Обсуждается строительство институтского жилья в районе ПОИЗ «Стелла». При участии Института сдан в эксплуатацию кооперативный дом в ОЭЗ левобережья, где многие сотрудники построили квартиры. Институт предоставляет беспроцентные ссуды для покупки жилья сотрудникам. Оказывается помощь городским объектам: лагерю школьников «Сосновый бор», школам города, и др.

Для решения проблем с медицинским обслуживанием сотрудников было принято нестандартное решение заключить договор с МСЧ-9 об оказании медицинских услуг (вне программы ОМС и ДМС) при наличии обязательного медицинского страхования. Проблемы с медицинской продолжают. В очередной раз предпринята попытка сократить финансирование МСЧ-9. Дирекция обратилась в ФМБА за помощью. Институт найдет способы защитить потребности сотрудников в медицинском обслуживании. Возможно, для этого придется вносить изменения в Соглашение с правительством РФ.

Председатель ОКП В. П. Николаев представил информацию о выполнении «Коллективного договора Объединенного института ядерных исследований на 2017–2020 годы» в 2018 году. В соответствии с Коллективным договором дирекцией принимались меры по поддержанию уровня среднемесячной заработной платы в Институте не

ниже соответствующего уровня в Московской области. В 2018 году произведено повышение заработной платы работников бюджетных подразделений ОИЯИ с учетом вклада в результаты работы по приоритетным направлениям деятельности Института, квалификации и сложности выполняемой работы в среднем на 16 процентов, в том числе проведена индексация окладной (тарифной части) заработной платы всех работников на 2,5 процента. В хозрасчетных подразделениях по решению дирекции оклады увеличены на величину от 6 до 20 процентов в зависимости от производственных показателей и достигнутого ранее уровня заработной платы. Максимальное увеличение окладов осуществлено в ОГЭ. Средняя месячная заработная плата в ОИЯИ в 2017 г. составила 57259 руб., средняя месячная заработная плата научных сотрудников 83070 руб., соответственно в 2018 г. – 65196 руб. и 96979 руб. Средняя месячная заработная плата в Институте превысила среднюю месячную заработную плату в Московской области. Минимальная заработная плата в соответствии с Коллективным договором и Соглашением о минимальной заработной плате в Московской области установлена в размере 14700 рублей.

Финансирование мероприятий по улучшению условий труда составило 77 426 866,69 рублей. Своевременно, в соответствии с установленными нормами, выдавались работникам спецодежда, спецобувь. Отмечалось повышение качества выдаваемой спецодежды. Для получения компенсации расходов на спецодежду из Фонда социального страхования (получено около 700 000 руб.) потребовалось повысить требования к закупаемой спецодежде. Обеспечивались лечебно-профилактическим питанием, молоком или другими равноценными пищевыми продуктами работники, для которых это питание предусмотрено действующими нормативными документами. Индексировалась стоимость талонов на питание в соответствии с индексом роста потребительских цен. Работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, предоставлялись льготы и компенсации в соответствии с Коллективным договором.

В пансионате «Дубна» в Алуште по льготным путевкам отдохнули (включая детей) 538 человек, при наличии 620 льготных путевок. В санаториях по льготным путевкам побывал 81 человек.

(Окончание на 16-й стр.)



Еженедельник Объединенного института ядерных исследований

Регистрационный № 1154
Газета выходит по четвергам.

Тираж 1020.

Индекс 00146.

50 номеров в год

Редактор Е. М. МОЛЧАНОВ

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

141980, г. Дубна, Московской обл.,
аллея Высоцкого, 1а.

ТЕЛЕФОНЫ:

редактор – 65-184;

приемная – 65-812

корреспонденты – 65-181, 65-182;

e-mail: dnp@jinr.ru

Информационная поддержка –

компания КОНТАКТ и ЛИТ ОИЯИ.

Подписано в печать 20.3.2019 в 12.00.

Цена в розницу договорная.

Газета отпечатана

в Издательском отделе ОИЯИ.

От сложного – к простому и понятному

Предыстория этого интервью оказалась иллюстративной. Изначально, чтобы представить работу молодого физика-теоретика, были составлены едва ли не философские вопросы о пути в науку, смысле знаний. А в ходе беседы оказалось – для интересного собеседника журналистские витиеватости излишни. Итак, на очень простые вопросы отвечает старший научный сотрудник Лаборатории теоретической физики Андрей ПИКЕЛЬНЕР – окончил МГУ, кандидат физико-математических наук, три года проработал в Институте теоретической физики Гамбургского университета; неоднократно получал стипендии ЛТФ, различных научных фондов.

– Андрей, как у теоретиков происходит профессиональный рост, что является мерилом?

– Это можно определить довольно просто – когда понятно большинство статей, которые читаешь по своей тематике. Значит, ты в ней хорошо разбираешься. (Я про себя, например, такое сказать не могу.) Ведь если все понятно – можно сделать, условно говоря, за пять минут. Если непонятно – можно сидеть годами, копаться и не получить результат. Так же можно оценить статьи – кто-то пишет много и часто, кто-то редко, но зато хорошо. Понимание, мне кажется, самое главное.

– В этом смысле что дает учеба в высшем учебном заведении? Как можно качественно оценить полученные навыки?

– Очевидно, качественный переход зависит от способности читать специализированную литературу, сначала учебную, потом по тематике. У меня, например, к концу обучения появилась способность читать оригинальные статьи в научных журналах. То есть можно было спокойно, и главное с интересом, читать не только про исследования прошлых лет, но и про исследования, которые ведутся прямо сейчас. Иными словами, быть в тренде. Для меня по окончании университета это было самым важным. И, на мой взгляд, это главное, что дает учеба в вузе.

– Как у вас возник интерес к физике, что привело в науку?

– В свое время я довольно много читал книги и статьи, некоторые даже выпущенные у нас, в ОИЯИ. Сейчас очень популярны книги в жанре нон-фикшн. А тогда выпускалась литература не то чтобы научно-популярная, для массового читателя, а скорее для профессионалов, но работающих в другой области. Авторы рассказывали про организацию работы физиков, перспективы, коллаборации, большие детекторы. Это все казалось очень интересным. Физику частиц исследуют на установках, где используются разнообразные технологии, причем все это неразрывно

связано с информационными технологиями, плюс сложная теория. Сложность, можно сказать, создавала привлекательный образ, хотелось в этом разбираться и участвовать. Сейчас у меня несколько другое понимание. Сложность – это то самое, что следует элиминировать, исключить. Потому что цель исследований – получить данные из наиболее простого, наиболее чистого, совершенно понятного эксперимента. И соответствующий им теоретический результат должен быть наиболее простой.

– Можете привести пример?

– Конечно. Почему ученые гонятся за большими энергиями в ускорителях? Чтобы найти все более и более тяжелые частицы. Вторая цель, если мы посмотрим за развитием ускорителей за последние 60 лет, – увидеть более чистые сигналы, которые проще и достовернее посчитать. То есть перейти в область, где теория лучше совпадает с экспериментом. Плюс максимальное упрощение системы, которую мы изучаем. Так, например, строили электрон-позитронный коллайдер – решили упростить все до минимума. Электрон и позитрон совершенно бесструктурные. И точность, с которой совпадает эксперимент с теорией, достигла невероятного уровня. Или какие-то новые материалы, которые с обывательской точки зрения выглядят очень экзотично, а на самом деле поддаются хорошему теоретическому описанию. Поэтому я сейчас ко всем усложнениям, которые меня поначалу очаровывали, – отношусь с точностью до наоборот.

– Расскажите о своем научном направлении.

– Я занимаюсь техникой вычисления диаграмм Фейнмана и их приложениями. Простые диаграммы можно изобразить, как говорится, на пальцах – это, например рассеяние частиц. Они в принципе наглядные. А реальные, необходимые для расчетов, выглядят намного сложнее, например, содержат замкнутые петли, для которых нужно вычислять очень сложные интегралы. По сути



это отдельная наука. Теории, которые мы создаем и хотим использовать, изначально довольно сложные, содержат много параметров: масс, импульсов взаимодействующих частиц. А чем больше параметров, тем сложнее вычисления. И сами эти вычисления содержат, к сожалению, множество операций. Говорят, например, «мы должны просуммировать по всем промежуточным состояниям», то есть учесть все, что не зафиксировано какими-то внешними требованиями к вычисляемой величине, но при этом вполне разрешено в том порядке точности, в котором мы работаем.

Чем более тонкие эффекты мы учитываем, тем многомернее интеграл – двадцатикратный, тридцатикратный. И не всегда понятно, как делать не то что численные расчеты, а даже как сделать аналитические оценки, хотя бы разложить в каком-то пределе. Это интегралы не из учебников или справочников, они содержат сложные для вычисления особенности, расходимости. И не всегда результаты наших вычислений можно представить как новый, чуть более точный результат для какого-то процесса рассеяния на ускорителе – из-за сложности реальных вычислений выражение может быть представлено в таком пределе, что изначально задачу и не узнать. Вполне нормально в расчетах пользоваться пределами бесконечных величин или наоборот, подставлять нулевые массы и энергии, добавлять или убирать новые частицы, предполагать бесконечное число цветов кварков вместо обычных трех...

– Где применяются такие вычисления?

– Изначально планировались для физики частиц, чтобы описывать процесс какого-нибудь рассеяния, которое можно наблюдать в эксперименте. Позже оказалось, что в той же физике частиц многие величины являются не константами или параметрами, которые, как мы привыкли считать, можно подставить из

эксперимента или каких-то общих соображений. Оказалось, что они тоже изменяются, эволюционируют. Их динамика так же описывается диаграммами Фейнмана, только они уже не выглядят как рассеяние. Очень важно и применение в статистической физике, в моделях, описывающих критическое поведение. И, в принципе, для любого движения частиц, которые можно описать теорией поля, но не в вакуумной трубе ускорителя, а, скажем, в твердых телах. Например, последние применения как раз касаются исследования графена – тоже движение частиц, взаимодействие, описываемое квантовой теорией поля. Чтобы получить более точные предсказания, используются такого вида вычисления.

– Как и почему вы решили заниматься именно этими вычислениями?

– В экспериментальных работах я встречался с необходимостью оперировать величинами, которые являются результатом вычислений диаграмм Фейнмана. Причем не тех, которые мы можем представить как рассеяние, а других, довольно странных и, я бы сказал, туманных, потому что ими пользовались как черным ящиком. Появился интерес разобраться, что там и как. Я начал свою деятельность в коллаборации с Александром Бедняковым. И первый раз погрузился в среду теоретической физики на 60-летнем юбилее директора ЛТФ Дмитрия Игоревича Казакова. Для меня это была первая конференция по той области теоретической физики, которой я хотел заниматься и сейчас занимаюсь. Там я, конечно, вдохновился множеством докладов, и понял, что частично понимаю, о чем говорят ученые, потому что уже читал их статьи. И это оказалось не просто интересным, а прямым попаданием в точку. Позже познакомился с некоторыми докладчиками, встречался с ними на других конференциях, и там они уже мои доклады слушали. Это было начало моего вхождения в теоретическую физику. Потом учился в аспирантуре, моя дипломная работа была выполнена уже по этой тематике.

– Вам случилось поработать в Германии. Есть отличие в отношении к ученым со стороны социума?

– В первый раз я побывал в Карлсруэ, известном институте KIT, признанном центре теоретической физики. И три года работал в Гамбургском университете по контракту, можно сказать, только что вернулся. То, что я заметил в отношении к ученым, связано с простым фактором – там значительно меньше людей с высшим образованием.

Поэтому ценится сам факт, что люди затратили время и средства на образование.

– Там и образование, наверное, другое?

– Судя по тому, что наши коллеги, соотечественники, довольно быстро сориентировались в местном преподавании, уровень образования соответствует российскому.

– Вопрос, который я не могу не задать, – о молодежи в Институте, в частности в ЛТФ. Вы ощущаете разрыв поколений, как говорят, демографическую яму, отсутствие сотрудников среднего возраста?

– Я себя ощущал на краю этой ямы. Когда начал работать, долгое время был чуть ли не самым молодым аспирантом в лаборатории. А сейчас молодежи много, так что, видимо, если яма все-таки существует, то я уже на другом ее краю. Хотя непрерывного набора, когда каждый год приходит по несколько человек, мне кажется, нет.

– И напоследок вопрос о научных планах, желаниях, может, мечтах.

– Я бы хотел что-нибудь посчитать для экспериментов на LHC. Мне кажется, то что мы считали, не совсем похоже на то, что реально необходимо экспериментаторам, особенно сейчас, после стольких лет его успешной работы. Думаю, наш теоретический вклад недостаточен. Казалось бы, супер эффективно работающая машина, такие результаты подарила. И хочется, чтобы не только я лично, но и лаборатория были более вовлеченными в процесс.

– То есть вам хотелось бы присоединиться к обработке полученных данных?

– Скорее нет, кроме обработки самих данных, необходимы еще расчеты того, с чем эти данные сравнивать. Они бывают настолько трудоемки, что над ними работают, можно сказать, свои маленькие коллаборации, а уж несколько независимых групп точно. LHC работал довольно долго, еще и подготовительный период был большой. Теоретическое предсказание величин, которые можно там померить, за это время сильно улучшилось. Точность можно получить на порядок выше. Это не загадка – вдруг что-то новое найдется. Это возможность перейти от поисковых экспериментов к прецизионным исследованиям, подкрепленным теорией на соответствующем уровне точности. Мы сейчас не очень вовлечены в такого типа расчеты, а ускоритель подарил нам огромный объем новых данных, поэтому обидно не приложить руку к расчетам не на будущее, а к тем, которые нужны уже сейчас.



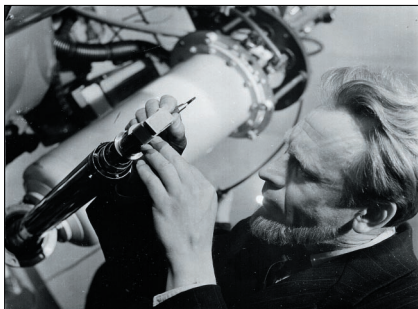
Для проведения экспериментов используют поляризованные мишени, которые получают путем воздействия на образец сильным магнитным полем (2–5 Тл) и охлаждением его до сверхнизких температур (менее 50 мК). Чем ниже температура образца, тем лучше, так как увеличивается время релаксации, а соответственно уменьшается количество перерывов в процессе набора данных на ускорителе. Для создания и поддержания столь сверхнизких температур используются создаваемые в нашем секторе криостаты растворения $^3\text{He}/^4\text{He}$, которые в непрерывном режиме позволяют достигать температур охлаждения вплоть до 20 мК при довольно большой мощности охлаждения.

Поляризационные исследования направлены на изучение зависимости взаимодействий от спинов участвующих частиц. Экспериментальные спиновые результаты в большом числе разнообразных реакций на поляризованных пучках и мишенях крайне важны для развития теоретических подходов, используемых для описания всех спиновых эффектов в сильных взаимодействиях. Формально измерение зависящих от спина параметров позволяет наложить дополнительные ограничения на предполагаемый механизм реакции, структуру изучаемого микрообъекта и сам характер фундаментального взаимодействия. Следует отметить, что современные эксперименты по поиску эффектов нарушения CP-инвариантности и T-инвариантности вне Стандартной модели, а также CPT-симметрии основываются на поляризационных измерениях.

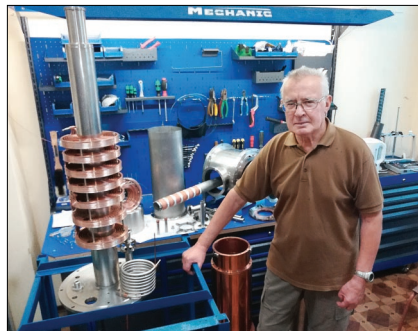
В 1966 г. сотрудники ЛЯП Б. С. Неганов, Н. С. Борисов и М. Ю. Либург создали один из первых в мире криостатов растворения $^3\text{He}/^4\text{He}$. Запуск этой установки позволил вывести поляризационные

Работа в ОИЯИ: наука, творчество, поддержка

Антон ДОЛЖИКОВ, младший научный сотрудник, работает в секторе низких температур (СНТ) Лаборатории ядерных проблем. Исследования, которыми занимаются в этом отделе, связаны с поляризационными явлениями. Мы попросили Антона рассказать о подготовке эксперимента, создании оборудования, научных результатах и о том, как складывается его профессиональная деятельность.



Б. С. Неганов во время работы с 1 К динамической поляризованной мишенью (1965 г.).



Н. С. Борисов с узлами боннского криостата.

исследования на иной уровень. В период с 1966 года по настоящее время в секторе низких температур (СНТ) были созданы криостаты растворения и мишени, которые используются в экспериментах на ускорителях, расположенных в Дубне, Гатчине, Протвино, Праге, Майнце и Бонне. С годами происходило усовершенствование техники и методики проведения поляризационных исследований.

В начале создания криостата производятся расчеты, на основании которых определяется конструкция будущей установки. Потом подготавливается конструкторская документация на изготовление деталей криостата, которые затем собираются в готовую конструкцию. После этого осуществляются пуско-наладочные работы на месте установки криостата. Ввиду сложности установки требуется управление во время проведения экспериментов.

Современный эксперимент предполагает наличие поляризованного пучка, поляризованной мишени и поляриметра продуктов реакции. Такая программа с 2010 г. реализуется коллаборацией А2 с использованием протонно-дейтронной поляризованной мишени Дубна–Майнц. Целью программы является исследование внутренней структуры нуклонов и, в особенности, их спиновой структуры. Кроме того, проводятся измерения спиновых поляризуемостей нуклонов в реакциях дважды поляризационного комптоновского рассеяния. Такие измерения позволяют изучать, как спин нуклона реагирует на налетающий поляризованный фотон. Также в настоя-

щее время сотрудники СНТ создают рефрижератор растворения $^3\text{He}/^4\text{He}$ новой поляризованной мишени для совместных экспериментов на ускорителе ELSA Боннского университета. Кроме того, из активных проектов, где используются установки (криостаты, мишени) и в которых участвуют сотрудники нашего сектора, стоит отметить эксперименты на ускорителе У-70 в ИФВЭ (Протвино) и на ускорителе Ван де Граафа Чешского технического университета в Праге.

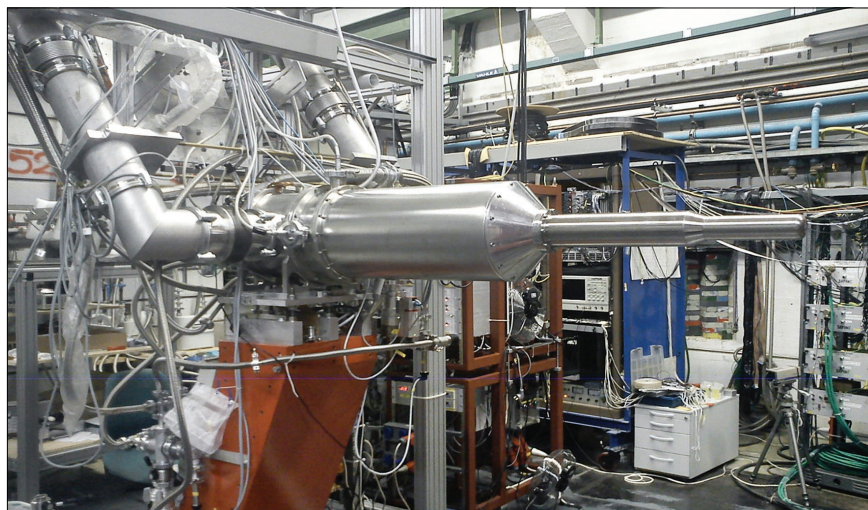
Как видно, СНТ участвует во многих проектах, поэтому в некоторый момент возникла необходимость в дополнительных кадрах. Как раз в это время в 2016 году шел последний год моего обучения в аспирантуре на кафедре низких температур Московского энергетического

института, и я активно искал работу. Мой одноклассник, который уже работал в ОИЯИ, предложил мне приехать на собеседование. Я думаю, немаловажным фактором в принятии окончательного решения послужила сама Дубна. Первый раз я оказался здесь летом того же года, и по сравнению с Москвой она показалась мне более комфортной для жизни, не было этого ощущения «муравейника». На работу можно ходить пешком, в любой точке города можно оказаться в течение 20 минут, красивая набережная и свежий воздух.

С первых же дней работы я был отправлен в командировку в город Майнц. Коллеги всячески поддерживали меня и помогали освоиться на новом месте. По сравнению с предыдущими местами работы понарилось отношение людей к делу: когда им важны не только деньги и результат, а сама идея и качество выполняемой работы. Также в коллективе никто не старается тебя подсидеть или подставить, а наоборот: все делятся имеющимся опытом и стараются помочь друг другу. Рабочий процесс довольно интересный и разнообразный: тут есть место для работы и головой, и руками.

Участие в международных проектах позволяет расширять кругозор и обмениваться опытом с коллегами из разных стран. Также удается участвовать в конференциях и писать статьи. Очень нравятся мероприятия, организуемые ОМУС: всегда интересно, познавательно, весело. Могу сказать, что в ОИЯИ довольно комфортная атмосфера для плодотворной работы и научного творчества.

Пользуясь моментом, хотелось бы поздравить ОИЯИ с очередной годовщиной, пожелать ему процветания, новых открытий и изобретений.



Криостат растворения $^3\text{He}/^4\text{He}$ на ускорителе MAMI в г. Майнц, Германия.

Первая ласточка

проекта NICA

– Анна, расскажите про основную идею эксперимента и этапы реализации.

– $BM@N$ – это эксперимент на выведенном пучке Нуклотрона. Исходная идея заключается в том, чтобы исследовать свойства барионной материи при экстремальных плотностях и температурах. В ходе эксперимента будут изучены взаимодействия пучков релятивистских тяжелых ионов с фиксированными мишенями, вплоть до взаимодействий золото-золото. Исследования будут проводиться на создаваемой для этого экспериментальной установке.

На первом этапе создания установки $BM@N$ было проведено несколько «технических» сеансов на пучке дейтронов. Они были необходимы для того, чтобы исследовать характеристики детекторных подсистем, считывающей электроники, разработать алгоритмы анализа экспериментальных данных. Однако в последующих сеансах на пучках Нуклотрона получены не только технические, но и физические результаты. Были зарегистрированы продукты взаимодействия пучков углерода, аргона, криптона с различными мишенями (алюминий, медь, олово, свинец). Технически набор данных происходит так: подается пучок ядер определенной энергии, на каждой мишени набирается статистика. Потом меняется энергия пучка, и снова на каждой мишени проводятся измерения.

– Вы работали на 55-м сеансе, который называют лучшим за всю историю Нуклотрона. Почему он лучший и как он проходил?

– Сеанс действительно был очень хороший, удачный. Проходил в феврале-апреле 2018 года. Нуклотрон работал стабильно, улучшилось качество пучка. Впервые использовался новый источник тяжелых ионов КРИОН, что дало возможность выводить пучки аргона и криптона. Первые несколько недель на установку выводился пучок углерода, были набраны данные по программе проекта наших научных партнеров SRC (Short-Range Correlations) по изучению корреляций нуклонов на малых расстояниях. После окончания набора данных SRC за несколько дней было необходимо произвести перестановку детекторов в экспериментальном зале, демонтировать некоторые узлы, переставить их в конфигурацию $BM@N$. Следующие несколько недель, до паводка, шел сеанс непосредственно по программе $BM@N$. Сначала на аргоне – был сделан скан с разными энерги-

Эксперимент $BM@N$ «Барионная материя на Нуклотроне» является пилотным в реализации проекта NICA. Создана установка, проведены сеансы, набраны данные. Об эксперименте мы попросили рассказать Анну МАКСИМЧУК (на снимке слева). В проекте она участвует с 2015 года, и недавно назначена техническим координатором – согласовывает работу групп, которые занимаются детекторами.



ями пучка, мишенями, значениями магнитного поля. После этого аналогичные измерения проводились и на криптоне. Важные данные собраны по работе всех подсистем установки на пучках средних ионов. И, конечно, были набраны физические данные. До этого сеанса никогда на установку таких тяжелых пучков не выводилось.

– Сколько получено в итоге физических данных?

– 80 млн событий на аргоне и 50 млн событий на криптоне.

– Расскажите об эксперименте SRC.

– Помимо первоначальных задач $BM@N$, на установке проводятся исследования по проекту SRC. В рамках этого проекта мы сотрудничаем с учеными из США, Израиля, Германии, Франции. В основе исследований группы лежит гипотеза о том, что некоторые нуклоны в ядре образуют скоррелированные пары. Изучение свойств таких пар даст более глубокое понимание природы сильных взаимодействий. Группа уже проводила исследования в крупнейших мировых научных центрах. Но на нашей установке есть возможность сталкивать пучки ядер с фиксированной водородной мишенью, в так называемой обратной кинематике, что позволит получить информацию о свойствах фрагментов ядра после столкновения. Для

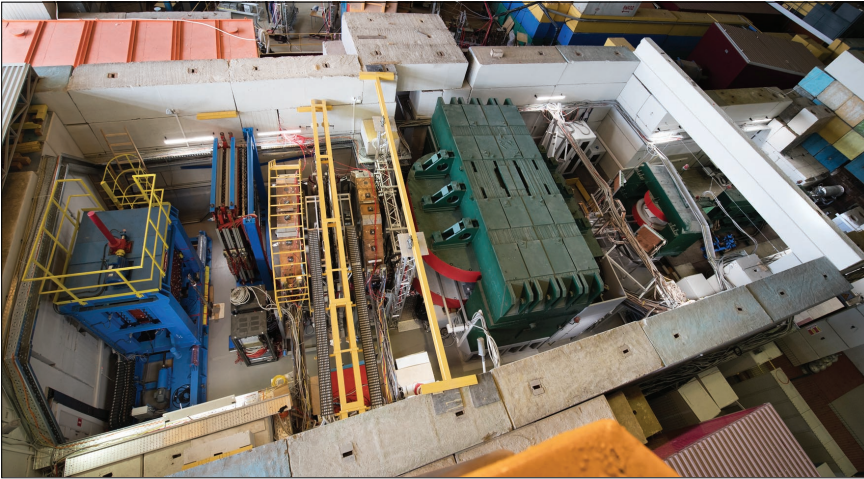
проведения работ по проекту SRC были выведены пучки углерода и специально установлена жидководородная мишень. Группа очень мотивированная: приезжали, дежурили, как и мы, на сеансах зимой, в мороз. Во время последнего сеанса на Нуклотроне коллеги уже набрали статистику порядка 15 млн событий, однако этого, конечно, недостаточно и они будут приезжать еще, продолжать эксперимент.



Жидководородная мишень для эксперимента SRC: дюз с жидким азотом для охлаждения, сверху, внутри горизонтального «пальца» находится жидкий водород.

– У нас есть фотографии установки, на которой проводился сеанс, расскажите читателям, из чего она состоит.

– Фотография была сделана во



время сеанса по программе SRC. В правой части фотографии, у разноцветных бетонных блоков, можно заметить ионопровод – здесь расположен вывод пучка на установку. Под серой балкой находятся магниты-корректоры, с помощью которых можно направить пучок точно на мишень. Между полюсами одного из этих магнитов как раз и была установлена жидководородная мишень для эксперимента SRC. Для наблюдения эффекта необходимо зарегистрировать два протона, вылетающих из мишени под большими углами. Пластины медного цвета около магнита – координатные детекторы – установлены для этой цели. Левее расположены группы триггерных детекторов и профилометров, позволяющих оценить характеристики пучка (их лучше видно на следующей фотографии). Под зелеными блоками скрывается анализирующий магнит, внутри которого расположена мишень BM@N. Траектории частиц, образовавшихся при взаимодействии пучка ионов и мишени, определяются группами детекторов, расположенных внутри магнита за мишенью (об этой группе будет подробно рассказано ниже).

Получив информацию о траектории, можно измерить радиус поворота частицы в магнитном поле и определить ее импульс. Большие

октогональные конструкции – это дрейфовые камеры, они используются в настоящее время для определения координат частиц, которые вышли за пределы магнита. Однако при модернизации установки эти камеры будут заменены на другие, способные выдерживать высокие интенсивности и большую множественность заряженных частиц при работе с тяжелыми ядрами. К желтым балкам крепятся детекторы – многозачерные резистивные плоские камеры, необходимые для определения времени пролета частиц. Их конструкция была разработана группами из ЛФВЭ и Протвино специально для проектов BM@N и MPD. Далее на фото виден LAND (Large Area Neutron Detector), который был привезен из GSI для проекта SRC. Слева на снимке расположен так называемый калориметр нулевого угла. Его задача – восстановление центральности взаимодействий.

На снимке ниже видно, где установлена мишень, – она расположена на полюсе магнита, внутри так называемого барреля, который используется для определения множественности частиц, вылетающих из мишени, и выработки сигнала триггера (запуска) установки. Кремниевые детекторы, расположенные за мишенью, необходимы для реконструкции вершины взаимодействия.

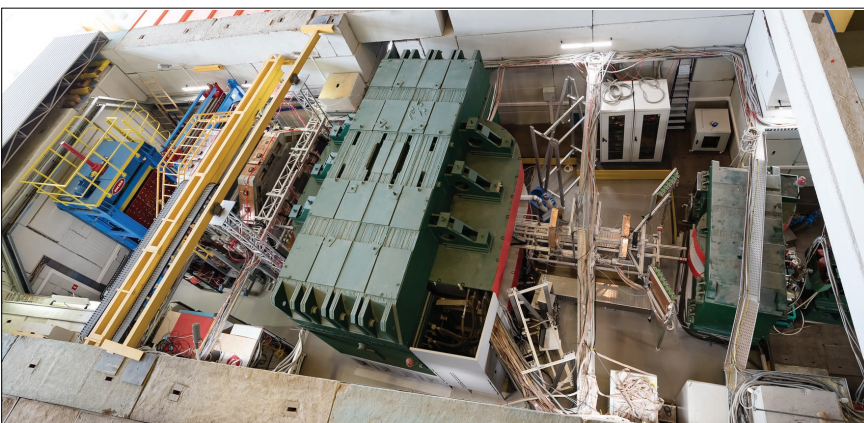
Медные пластины в глубине магнита – координатные детекторы GEM (газово-электронный умножитель). Технология производства GEM-пленок довольно сложная, доступна только в ЦЕРН. Однако дизайн детекторов для BM@N был разработан у нас в ОИЯИ. Чтобы достичь максимально возможного аксептанса (область в фазовом пространстве, доступная для движения частиц – *прим. ред.*), нам необходимо перекрыть апертуру магнита полностью – а это около одного метра. Так и получилось, что в настоящее время наши GEM детекторы – самые большие в мире по площади.



Часть установки, которая видна на первом плане этой фотографии, будет демонтирована и модернизирована.

– Что именно предполагается сделать в ходе модернизации?

– Сейчас основная задача – построить вакуумный ионопровод, чтобы подготовить установку к работе с тяжелыми ядрами, вплоть до золота. Это очень важно, ведь на пути ядер недопустимо наличие воздуха и других рассеивающих объектов. Вакуумный канал транспортировки пучка от Нуклотрона необходим и в самом 205-м корпусе, и на экспериментальной установке. Группы триггерных детекторов и профилометров будут установлены внутри ионопровода в специальных вакуумных боксах. Некоторые детекторные подсистемы будут расширены до полной конфигурации. В магните планируем дополнительно установить четыре плоскости широкоапертурных кремниевых детекторов. Это позволит нам существенно улучшить точность восстановления траекторий заряженных частиц. Подобные детекторы будут установлены на эксперименте CBM, и мы очень рассчитываем на тесное сотрудничество с группами, участвующими в этой коллаборации. Как видите, необходимо многое успеть до того, как будет закончен апгрейд ускорительного комплекса. Только завершив эти работы, мы сможем приступить к выполнению физической программы эксперимента BM@N.



Мое первое знакомство с Лабораторией ядерных реакций произошло в то время, когда я еще был студентом, в 2010 году, в лаборатории я писал свою дипломную работу. Темой работы было «Измерение выходов и угловых распределений нейтронов из толстых мишеней при бомбардировке их тяжелыми ионами в области энергий вблизи кулоновского барьера». Полученные результаты исследований были использованы при расчете биологической защиты циклотрона прикладного применения – ДЦ-110, предназначенного для ускорения пучков Ar, Kr и Xe с энергией 2,5 МэВ/нуклон. Моим научным руководителем был Юрий Геннадиевич Тетерев, который и познакомил меня с рабочим процессом в ЛЯР и различными системами ускорителя, что позволило работать после окончания университета на ускорителях ДЦ-110, ЛИНАК-200 и создавать инженерный практикум по системам ускорителя для студентов в УНЦ ОИЯИ.

Я и трое моих коллег – инженеры Дмитрий Сергеевич Белозеров, Дмитрий Анатольевич Злыденный, Кирилл Алексеевич Верламов – были приняты на работу в ЛЯР в 2015 году, когда организовывался временный научно-производственный коллектив по монтажу и наладке создаваемого циклотрона ДЦ-280, так как мы уже имели опыт работы на циклотронах ДЦ-110, У-400, У-400М и на линейном ускорителе ЛИНАК-200.

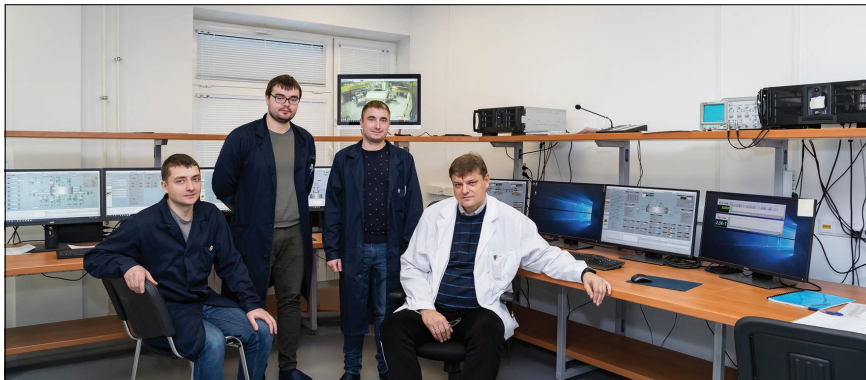


Начало монтажа ДЦ-280, 2016 год.

В ЛЯР создается Фабрика сверхтяжелых элементов (СТЭ), которая включает в себя новый экспериментальный корпус, новый высокоточный ускоритель – циклотрон ДЦ-280 и новые экспериментальные установки. Идея создания фабрики принадлежит академику РАН Ю. Ц. Оганесяну. Концепция циклотрона ДЦ-280 предложена главным инженером ЛЯР Г. Г. Гульбеяном, разработка ускорителя осуществлялась специалистами ЛЯР, научно-технический руководитель проекта И. В. Калагин. Первой эк-

Оборудование с иголки – эксперименты продолжаются

Запуск ускорителя ДЦ-280 в Лаборатории ядерных реакций имени Г. Н. Флерова – одно из самых значительных событий в ОИЯИ за последние годы. О создании установки, коллегах и своей работе в коллективе рассказывает и. о. начальника циклотронного комплекса ДЦ-280 Кирилл ГИКАЛ.



Группа сотрудников в новой пультовой (слева направо): К. В. Папенков, Д. А. Злыденный, К. Б. Гикал, начальник научно-технологического отдела ускорителей ЛЯР И. В. Калагин.

спериментальной установкой является газонаполненный сепаратор ГНС-2, созданный совместно специалистами ЛЯР и фирмы Sigma Phi (Франция). Задача создания фабрики СТЭ – продолжение работ по синтезу новых сверхтяжелых элементов и изучению их ядерно-физических и химических свойств.

Для синтеза сверхтяжелых ядер, близких к предсказанной области повышенной стабильности, наиболее перспективными оказались реакции слияния тяжелых изотопов актинидов (Act) в качестве мишеней и дважды магических ядер ^{48}Ca в качестве бомбардирующих частиц. В период с 1998 по 2011 гг. на газонаполненном сепараторе ядерной отдачи проводились эксперименты по синтезу новых сверхтяжелых элементов с $Z = 113-118$. Мишени из обогащенных изотопов $^{233,238}\text{U}$, ^{237}Np , $^{242,244}\text{Pu}$, ^{243}Am , $^{245,248}\text{Cm}$, ^{249}Bk и ^{249}Cf бомбардировались ионами редкого изотопа ^{48}Ca , ускоренными в циклотроне У-400. Ионы $^{48}\text{Ca}+5$ производились в ЭЦР-источнике, позволяющем экономно расходовать данный изотоп.

В реакциях наблюдались образование и распад самых тяжелых изотопов уже открытых элементов Rf, Db, Bh, Hs, Mt, Ds, Rg, Cn и изотопов новых сверхтяжелых элементов с $Z = 113-118$.

Как показали эксперименты, выполненные в 1998–2011 годах, ве-

роятности образования сверхтяжелых элементов позволяют зафиксировать при современном уровне экспериментальной техники от одного события в месяц до одного события в неделю. Поэтому для набора достаточной статистики за разумное время в экспериментах по синтезу новых и детальному изучению свойств известных изотопов трансактинидных элементов необходимо существенное увеличение интенсивности пучка ионов ^{48}Ca в 5–10 раз.

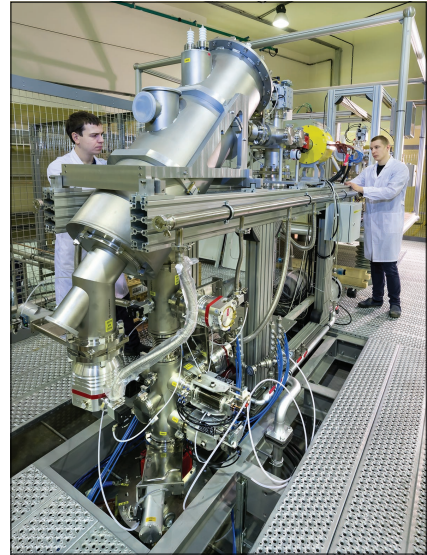
Наиболее тяжелым элементом, синтезируемым в реакциях с ^{48}Ca , является элемент с $Z = 118$, названный «оганесон» (обозначение Og) в честь академика Юрия Цолаковича Оганесяна, научного руководителя Лаборатории ядерных реакций. Для синтеза более тяжелых нуклидов необходимо использование более тяжелых бомбардирующих ионов: ^{50}Ti , ^{54}Cr , ^{58}Fe и т. д.

В подобных экспериментах вероятности образования изотопов СТЭ ожидаются более низкими, чем в случае использования ^{48}Ca . По этой причине также необходимо увеличение интенсивностей пучков бомбардирующих ионов.

В состав нового экспериментального корпуса ЛЯР входят циклотрон ДЦ-280, обеспечивающий получение ускоренных пучков ионов от неона до урана, три экспериментальных зала, в одном из кото-



Монтаж газонаполненного сепаратора.



ЭЦР-источник.

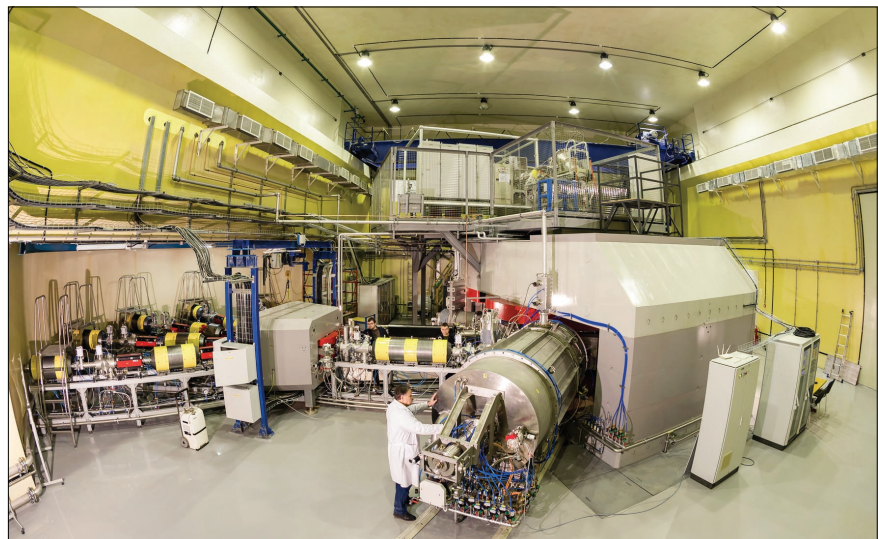
рых уже смонтирована установка ГНС-2. В экспериментальном корпусе также предусмотрены помещения мишенного участка для сборки и хранения мишеней из радиоактивных нуклидов, для оборудования радиационной и экологической безопасности, для систем контроля и управления экспериментами, а также подсобные и технологические помещения, системы инженерного обеспечения ускорителя и установок. Экспериментальный корпус ЛЯР оборудован необходимыми грузоподъемными механизмами для монтажа установок и инженерных систем.

В соответствии с развитием современных технологий и появлением новых систем ускоритель оснащен оборудованием для достижения проектных мощностей и параметров. Основными системами циклотрона ДЦ-280 являются: ЭЦР источник ионов, система аксиальной инжекции, основная ускоряющая ВЧ система, магнитная система циклотрона, система вывода пучка из ускорителя, вакуумная система, система водоохлаждения. В процессе сборки оборудования и наладки систем ускорителя ДЦ-280 наша группа принимала активное участие в работе по выводу на проектную мощность основной резонансной ускоряющей системы и вспомогательной системы «Flat-Top», в сборке и испытаниях всех других систем циклотрона ДЦ-280, а также в измерениях магнитных полей основного магнита циклотрона, корректирующих магнитов и поворотного магнита системы инжекции ускорителя ДЦ-280.

Нашей команде очень повезло оказаться в кругу высококлассных специалистов Лаборатории ядерных реакций, которые в процессе работы оказали большую помощь, поддержку и многому нас научили. Весь коллектив объединяет идея создания нового уникального научного центра, работа нацелена на достижение результата, большую роль играет взаимная поддержка во всех рабочих моментах. При создании циклотрона использовалось много уникального оборудования, после его изготовления и поставки наладка и адаптация этого оборудования проводятся непосредственно сотрудниками лаборатории.

На циклотроне ДЦ-280 используется уникальный источник ионов на постоянных магнитах, основанный на принципе электронно-циклотронного резонанса, находящийся на высоковольтной платформе, который способен производить интенсивные пучки ионов практически всех элементов таблицы Менделеева. Ускоритель будет работать в непрерывном режиме в течение длительного времени (около 6000 часов в год).

В декабре 2018 года на циклотроне ДЦ-280 был получен первый ускоренный пучок ионов, а в январе – выведен в канал транспортировки. В настоящее время идет стадия отладки всех систем ускорителя и выхода на проектные режимы его работы.



Современный вид установки. Здесь в верхней части ускорителя (над ярмом магнита) видно высоковольтную платформу, на которой располагается ЭЦР-источник ионов, в нижней части сам ускоритель. Н. Ф. Осипов находится около бака резонатора, а левее видно каналы вывода и транспортировки пучка.

Необъятный мир информационных технологий

«Именно производительность средств обработки экспериментальной информации будет, в конечном счете, определять «производительность» физических исследований». Это цитата из «Перспективного плана развития вычислительной техники и средств автоматизации в ОИЯИ», который был составлен в августе 1966 года. С тех пор прошло полвека, а смысл высказывания не менее актуален. Сложно представить современное научное открытие, сделанное без элементарных средств обработки информации. А для многих достижений человечества именно информационные

технологии стали одним из ключевых факторов успеха. И несмотря на то что персональный компьютер сегодня во много раз производительнее самого быстрого суперкомпьютера двадцатилетней давности, люди продолжают разрабатывать и строить еще более мощные, масштабные и сложные компьютеры, чтобы решать задачи завтрашнего дня. Студенты, аспиранты и молодые сотрудники имеют хорошие шансы внести свой вклад и стать составной частью коллектива. В этом обзоре молодые сотрудники ЛИТ расскажут о некоторых актуальных проектах, в которых они участвуют.

МИВК и его задачи

Развитие распределенной высокопроизводительной вычислительной инфраструктуры Института и ресурсов хранения данных сосредоточено вокруг Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК), который является ядром данной инфраструктуры.

Помимо собственно аппаратно-программного комплекса, наш вычислительный комплекс должен обеспечивать внешние условия для его функционирования. Оборудование должно работать в круглосуточном режиме при определенных параметрах окружающей среды, для поддержания которых требуется целый ряд надежных систем обеспечения. Ключевыми для МИВК являются сетевая и инженерная инфраструктуры.

Для обеспечения участия Института в крупных международных проектах, проводимых учеными как на базовых установках ОИЯИ, так и в сотрудничающих странах, в частности для мегапроекта NICA и проекта WLCG (Worldwide LHC Computing Grid), активно развивается сетевая инфраструктура. Пропускная способность основного канала связи ОИЯИ–Москва расширена до 100 Гб/с, создан резервный канал связи (2x10 Гб/с); организованы выделенные линии передачи данных, связывающие вычислительные центры организаций в рамках проектов, модернизирована локальная сеть ОИЯИ. Для функционирования системы хранения и обработки данных по проекту NICA между площадками Института создан канал связи 4x100 Гб/с с двойным резервированием для повышения надежности оптической транспортной магистрали.

Инженерной инфраструктуре, от качества которой зависит надежность работы комплекса, отведена вспомогательная роль по обеспечению климатических условий, бес-

перебойного электроснабжения и удобства эксплуатации оборудования МИВК с соблюдением действующих норм и правил. Обеспечить оптимальный климатический режим для работы оборудования – сложная задача. Необходимо отводить большое количество тепла, выделяемого компьютерным оборудованием, причем его объем нарастает по мере увеличения мощности систем и плотности их компоновки. Все это требует оптимизации воздушных потоков, а также применения охлаждающего оборудования. Для того чтобы ограничить смешение холодного воздуха, по-



даваемого из-под фальшпола, с нагретым воздухом, в МИВК были организованы специальные зоны. В одних осуществляется подача холодного воздуха к шкафам с оборудованием, так называемые «холодные коридоры». В другие поступает горячий воздух, уже отведенный от оборудования, – «горячие коридоры».

Помимо этого, в МИВК установлены новые универсальные вычислительные шкафы с рекордной энергетической плотностью и системой прецизионного жидкостного охлаждения, сбалансированной для постоянной работы с высокотемпературным хладагентом (до +63 °С на входе в вычислительный шкаф).

Работа в режиме «горячая вода» для данного решения позволила применить круглогодичный режим free cooling (естественное охлаждение), используя только сухие градирни – устройства, охлаждающие жидкость при помощи окружающего воздуха в любое время года. Тем самым удалось избавиться от охлаждающего фреонового контура и чиллеров (холодильных установок). В результате достигнуты рекордные показатели энергоэффективности: на охлаждение суперкомпьютера ГОВОРУН расходуется менее 6 процентов потребляемой им электроэнергии.

Система охлаждения имеет плавную регулировку производительности, можно увеличивать или уменьшать мощность системы в соответствии с реальной нагрузкой. Это позволяет значительно снизить потребление электроэнергии при частичной нагрузке.

Таким образом сейчас в ЛИТ создан мощный инструмент для решения комплексных вычислительных задач в области физики, задач хранения и обработки информации. В настоящее время МИВК ОИЯИ включает четыре ключевых компонента: грид-инфраструктуру, центральный вычислительный комплекс, облачную инфраструктуру и гетерогенную платформу HybridLIT, в состав которой входит суперкомпьютер ГОВОРУН, обеспечивающий выполнение целого спектра конкурентоспособных исследований, ведущихся на мировом уровне в ОИЯИ.

Алексей Воронцов



Грид-технологии

В середине 90-х годов было принято решение построить Большой адронный коллайдер и организовать на нем четыре эксперимента: ATLAS, CMS, ALICE и LHCb. Помимо обнаружения новой физики за границей Стандартной модели, создаваемый ускоритель должен был экспериментально подтвердить существование бозона Хиггса, последнего недостающего элемента. Из теоретических выкладок следовало – для доказательства существования новой частицы потребуется обработать беспрецедентные объемы данных. Возник вопрос: каким образом собирать, хранить и обрабатывать такие большие объемы данных? Ранее, при проектировании большого эксперимента в физике частиц, создавался вычислительный центр, который должен был решать все задачи компьютеринга. Однако в случае с БАК стоимость вычислительной инфраструктуры превзошла бы стоимость физических установок.

Революционным решением стало создание глобальной распределенной вычислительной сети грид. Этот подход позволил использовать вычислительные ресурсы научных организаций, расположенных по всему миру. Поддержка грид-сайта также стала новой и важной формой вклада организаций в эксперименты.

С самых первых дней ЛИТ, как часть ОИЯИ, активно участвует в развитии глобальной грид-инфраструктуры. Работы шли по нескольким направлениям: разработка и тестирование ПО, разработка систем мониторинга, создание грид-сайта уровня Tier2 в ЛИТ, развитие грид-инфраструктур в странах-участниках ОИЯИ. В 2013 году в составе МИВК появился новый

компонент – Tier1-сайт для эксперимента CMS. На сегодняшний день этот центр является первым по количеству выполненных задач CMS среди Tier1-сайтов на всем Евразийском континенте. Это стало возможным благодаря слаженной и эффективной работе всех служб МИВК.

Следующим вызовом для компьютеринга станет увеличение светимости с переходом к High Luminosity LHC в 2026 году, когда данные физического эксперимента возрастут на порядок. Сотрудники ЛИТ активно участвуют в разработке подхода к хранению данных, который называется Data Lakes.

Игорь Пелеванюк

Облачная инфраструктура

Термин «облако» чаще всего используется как метафора, основанная на изображении Интернета как образа сложной инфраструктуры, за которой скрываются все технические детали, хотя в наше время это удобная среда для хранения и обработки информации.

Облако в ОИЯИ появилось, в частности, благодаря развитию грид-технологий. В Институте была создана учебная грид-инфраструктура. Проводя обучение студентов, научные сотрудники столкнулись с проблемой выделения ресурсов: сложно выделять каждому по серверу. И тогда было принято решение применить виртуализацию, которая бы позволила эффективно использовать имеющееся физическое оборудование. Первоначально учебная инфраструктура была реализована на OpenVZ-контейнерах. Их надо было вручную распределять по физическим серверам, а при смене параметров контейне-

ра приходилось перераспределять контейнеры по серверам. Набор сервисов в учебной инфраструктуре активно разрастался, и появилась необходимость управлять всей инфраструктурой из единого интерфейса. Облачные технологии стали идеальным решением, и 1 ноября 2013 была создана первая виртуальная машина (VM) в облаке.

В настоящее время облачная инфраструктура включает в себя полигоны на базе промежуточного программного обеспечения EMI, DIRAC, Hadoop; системы хранения данных EOS; вычислительные ресурсы для таких экспериментов, как NOvA, NICA, JUNO, Daya Bay, Baikal-GVD, BES-III; сервисы PanDA для эксперимента COMPASS, для управления данными программы Комиссии ООН по воздуху Европы ICP Vegetation (moss.jinr.ru), GitLab, Helpdesk, веб-сервис HerWer для моделирования методом Монте-Карло в области физики высоких энергий; контейнеры для разработки веб-сайтов, веб-сайт ОМУС (otus.jinr.ru), тестовые экземпляры сервера документов ОИЯИ JDS и сервиса управления проектами, контейнеры для оценки систем мониторинга и разработки системы мониторинга для Tier1 ОИЯИ, набор VM/контейнеров пользователей.

Облачной командой разрабатываются дополнительные сервисы: интеллектуальный планировщик облачных ресурсов, способствующий повышению эффективности использования ресурсов за счет динамического перераспределения VM на физическом оборудовании; сервис с веб-интерфейсом (<http://saas.jinr.ru>), позволяющий отправлять на расчеты задачи моделирования длинных джозефсоновских переходов. От пользователя этого сервиса требуется всего лишь задать значения параметров задачи и указать адрес для загрузки результатов в веб-интерфейсе. В дальнейшем планируется расширение сервиса для других задач.

Молодыми учеными создан сервис облачного хранилища `disk@jinr`, который обладает основными функциями современных облачных хранилищ (хранение файлов, синхронизация, календарь, планировщик задач, адресная книга, потоковое мультимедиа, распространение контента между группами расшариванием или используя публичные URL, механизм сокращения URL, фотогалерея, средство просмотра PDF).

(Окончание на 12–13-й стр.)

(Окончание.)

Начало на 10–11-й стр.)

Важным и актуальным этапом развития облачной инфраструктуры является объединение вычислительных мощностей организаций стран-участниц Института в распределенную информационно-вычислительную среду (РИВС). Облака некоторых научных организаций Казахстана, Белоруссии, Армении, Азербайджана, России, Грузии интегрированы в распределенную информационно-вычислительную среду ОИЯИ на основе платформы DIRAC. Продолжается тестирование и отладка работы интегрированной инфраструктуры, а также ведутся работы по созданию образов VM для обеспечения возможности запуска на всех облаках распределенной инфраструктуры задач с программным обеспечением таких экспериментов, как MPD и JUNO. Находятся в процессе технической интеграции облака организаций Болгарии, Грузии и Узбекистана. В ближайшем будущем планируется предоставление ученым из организаций стран-участниц доступа к вычислительным ресурсам суперкомпьютера ГОВОРУН. Интеграция аппаратных ресурсов суперкомпьютера и облачных инфраструктур стран-участниц позволит существенно увеличить общую вычислительную емкость всей РИВС.

Елена Мажитова

Big Data

В последние годы на слуху выражение «Большие данные». Существует много различных подходов к определению этого понятия. Минимальный общепринятый набор характеристик называется «Три V» – Volume, Velocity, Variety (объем данных, скорость прироста данных и необходимость их быстрой обработки, возможность одновременно обрабатывать данные различного типа и структуры).

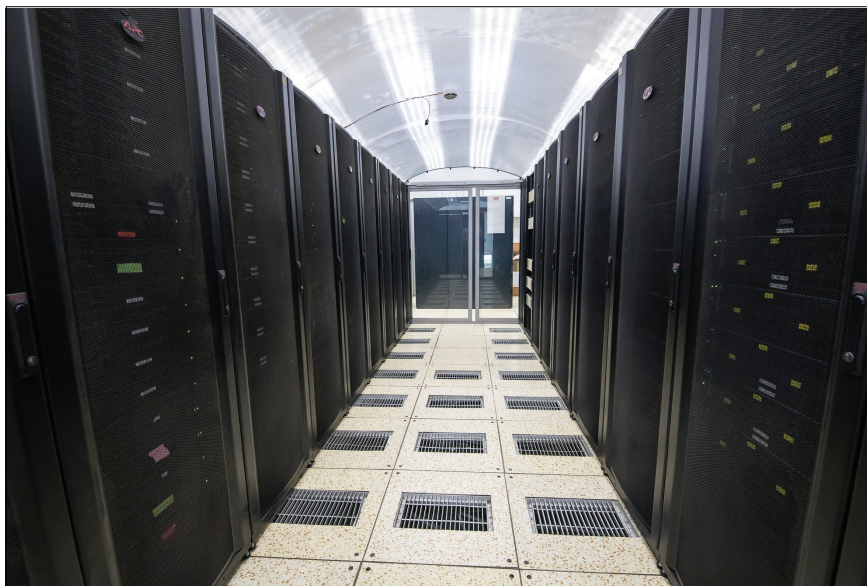
С точки зрения информационных технологий, крупные физические эксперименты – это фабрики по производству и обработке огромных объемов информации. Данные экспериментов на БАК, сравнимые по сложности и объему с данными таких корпораций, как Facebook и Google, по праву можно считать большими. При этом как глобальный грид, так и построенные на его основе системы обработки и анализа данных экспериментов, являются источником Больших данных: в системе ежесекундно происходят десятки тысяч событий, ка-

сающихся как вычислительных задач, так и управления физическими данными. И для эффективного управления подобными глобальными системами крайне необходима обработка информации о происходящих в них процессах, и здесь уже не обойтись без применения технологий Больших данных.

Сотрудники ЛИТ участвуют в создании системы мониторинга как общей глобальной инфраструктуры обработки данных БАК, так и систем обработки данных экспериментов. Здесь можно отметить работы по созданию системы UMA (унифицированная архитектура мониторинга) в ЦЕРН, а также средств для анализа характера доступа к дан-

ров, наравне с классическими многоядерными процессорами, входят так называемые «сопроцессоры вычислений», расширяющие возможности центрального процессора.

Следуя этим тенденциям, в 2014 году в ЛИТ был запущен гетерогенный кластер HybriLIT. Гетерогенная структура вычислительных узлов кластера позволила существенно ускорить расчеты путем выбора оптимальной технологии распараллеливания, учитывающей как специфику решаемой задачи, так и особенности сопроцессоров вычислений – графических процессоров NVIDIA и сопроцессоров Intel Xeon Phi.



ным эксперимента ATLAS для развития стратегий управления этими данными. Полученный опыт в аналитике Больших данных был успешно перенесен и в другие предметные области, в частности для создания системы мониторинга российского рынка труда.

Сергей Белов

Гетерогенная платформа HybriLIT

В последнее десятилетие задачи теоретических и экспериментальных исследований в области ядерной физики, физики конденсированных сред, математического моделирования достигли таких масштабов, что мощностей персонального компьютера уже не хватает. Расчеты одной такой задачи могут занимать дни, недели и даже месяцы. Для ускорения расчетов в крупных научно-исследовательских центрах создаются гетерогенные вычислительные кластеры. В структуру таких класте-

HybriLIT используется в том числе и как базовая платформа для обучения ИТ-специалистов по различным направлениям; проводятся регулярные учебные курсы по C/C++, MPI, OpenMP, CUDA, OpenCL, гибридным технологиям MPI+ OpenMP, MPI+CUDA, а также мастер-классы по применению специализированного программного обеспечения для решения задач в области физики высоких энергий, такого как ROOT, PROOF.

В марте 2018 года в ЛИТ ОИЯИ состоялась презентация суперкомпьютера ГОВОРУН, который стал естественным развитием гетерогенного кластера HybriLIT и вошел в состав гетерогенной платформы HybriLIT. Суперкомпьютер используется для решения задач, требующих массивно-параллельных расчетов в различных областях ядерной физики и физики высоких энергий. На текущий момент пиковая производительность суперкомпьютера составляет 1 PFlops для операций с одинарной точно-

стью и 500 TFlops с двойной. (Флопс – единица для измерения производительности компьютера, показывающая, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет данная вычислительная система – *прим. ред.*)

Вычислительные ресурсы суперкомпьютера позволяют сотрудникам ОИЯИ и научным центрам стран-участниц разрабатывать программное обеспечение и проводить ресурсоемкие расчеты с использованием новых типов архитектур.

**Максим Зуев,
Шушаник Торосян**

Квантовый КОМПЬЮТИНГ

В первой половине прошлого века квантовая физика только зарождалась, поэтому ее необычные свойства (такие как невозможность одновременного измерения физических величин с высокой точностью – принцип неопределенности) вызывали сомнения в полноте описания микромира квантовой механикой. Попытки анализа свойств запутанных состояний и осмысления нелокальности в квантовом мире породили множество парадоксов (парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена, парадокс кота Шрёдингера).

В конце XX века с развитием техники эксперимента управление квантовой когерентностью стало реальным и возник вопрос практического применения квантовой нелокальности. Запутанные состояния стали важным объектом новых прикладных дисциплин, таких как квантовая криптография, квантовая теория информации, физика квантовых вычислений, квантовый компьютинг и прочее.

В ЛИТ в группе алгебраических и квантовых вычислений проводятся математические исследования свойств запутанных состояний, а также разработка и реализация квантовых алгоритмов. Так, одним из последних исследований является изучение запутанных состояний посредством анализа свойств отрицательности функции Вигнера. Также на 5-кубитных квантовых чипах фирмы IBM, доступных через облачную платформу IBM Quantum Experience, были реализованы некоторые известные алгоритмы: Гровера, Дойча, Бернштейна–Вазирани.

«Природа является квантовой, черт возьми! Если мы хотим симулировать ее, нам понадобится

квантовый компьютер». Эта идея Ричарда Фейнмана несколько десятилетий назад считалась фантастикой. Однако сегодня такой компьютер уже существует, что открывает большие возможности в задачах оптимизации различных процессов, шифрования данных и компьютерной безопасности, искусственного интеллекта и машинного обучения, квантовой химии, квантовой динамики, защиты информации, поиска в неотсортированных базах данных и многих других.

Астгик Торосян

Корпоративные информационные СИСТЕМЫ

Основной целью корпоративной информационной системы для научной организации является автоматизация и интеграция всех видов деятельности в единую информационную среду для успешного выполнения миссии – достижения научных результатов – за счет упрощения доступа к ресурсам и более эффективного управления ими. Типичная структура корпоративной информационной системы включает в себя систему управления финансами, информационными ресурсами, систему электронного документооборота, материалами, отражающими научно-исследовательскую деятельность ОИЯИ, систему управления персоналом и т. д.

На данный момент поддерживаются и развиваются следующие составляющие корпоративной информационной системы ОИЯИ:

«1С: Управление производственным предприятием» – платформа, предназначенная для автоматизации повседневных задач хозяй-

ственной и управленческой деятельности;

система АРТ EVM (инструмент управления стоимостью освоенного производства) для NICA и управления будущими проектами;

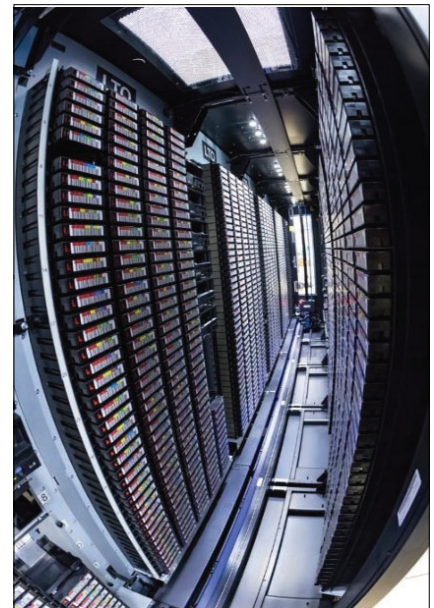
система электронного документооборота СЭД «Дубна»;

комплекс информационно-аналитических систем для финансового и кадрового управления (ADB2, ISS и др.);

сервер документов ОИЯИ (JDS) – электронный открытый архив-хранилище научных публикаций и документов;

PIN – личная информация о сотрудниках ОИЯИ;

WEB-порталы.



В рамках работ над единой информационной средой был организован доступ стран-участниц ОИЯИ к электронной библиотеке, а также реализована и запущена в эксплуатацию аутентификация пользователей через единую систему аутентификации SSO ОИЯИ.

Татьяна Заикина

От авторов

Одной статьи недостаточно, чтобы дать полное представление обо всех аспектах нашей деятельности. Мы, опустив подробности, попробовали сделать простой, обобщенный и интересный обзор того, с чем работаем и за что отвечаем. Эта статья является, по сути, введением в более детальные и сложные для объяснения темы. Мы не могли поступить иначе, потому что ничто из того, о чем мы рассказали, не существует в вакууме, все связано между собой.

Наша работа крайне интересна. Участие в перечисленных проектах позволяет работать в тесном сотрудничестве с ведущими специалистами, перенимая их многолетний опыт, участвовать в международных конференциях, общаться с коллегами из разных стран, иногда спорить, но чаще приходиться к общему мнению, делиться своими достижениями и вдохновляться результатами других. Это способствует нашему профессиональному росту. С благодарностью хочется отметить всевозможную поддержку перспективных направлений дирекциями Института и лаборатории, в том числе молодежные гранты ОИЯИ и стипендии имени М. Г. Мещерякова и Н. Н. Говоруна.

Второе дыхание перспективной методики

В прошлом году наша газета уже знакомила читателей с Владимиром ЖАКЕТОВЫМ, младшим научным сотрудником сектора нейтронной оптики Лаборатории нейтронной физики, удостоенным Президентской стипендии. Сегодня мы попросили Владимира рассказать о модернизации установки, о том, как работает в лаборатории.



Электромагнит с автоматизированным управлением для создания внешнего магнитного поля, приложенного к образцу. Слева направо: В. Д. Жакетов, Ю. В. Никитенко, А. В. Петренко.

Моя работа в Лаборатории нейтронной физики началась в 2014 году, сразу после окончания университета. Тогда хотелось посвятить себя амбициозным и перспективным научным задачам. Многообразие исследований меня тогда привлекла нейтронная физика. С одной стороны, современные исследовательские нейтронные источники, в том числе ИБР-2, это самые сложные физические установки класса мега-сайенс. С другой стороны, поражает диапазон исследований, проводимых на данных источниках: от фундаментальных свойств нейтрона до исследования различных биологических наносистем. Здесь стоит также отметить уникальность реактора ИБР-2. Это ядерный реактор, тем не менее он является импульсным, хотя последнее характерно для другого типа современных нейтронных источников, так называемых spallation neutron source, работающих на принципе генерации нейтронов неразмножающейся мишенью при рассеянии на ней импульса заряженных частиц. На выведенных нейтронных пучках подобных исследовательских реакторов реализуются различные экспериментальные методики и соответственно расположены различные типы спектрометров. Сначала меня скорее интуитивно привлекли задачи, которыми занимается группа Юрия Васильевича Никитенко на рефлектометре поляризованных нейтронов РЕМУР, расположенном на 8-м канале реактора ИБР-2. Спустя некоторое время, как мне кажется, интуиция тогда не подвела.

Основные объекты исследований в рефлектометрии поляризованных нейтронов – это так называемые низкоразмерные гетероструктуры, то есть «сэндвичи» из слоев различных металлов, иногда даже полимеров. Толщина слоев при этом от единиц до сотен нанометров. Такие толщины соразмерны с различными характерными длинами, известными в физике твердого тела, например длина свободного пробега электрона или размер сверхпроводящей электронной пары. Данное условие обеспечивает богатую физику, характерную для низкоразмерных гетероструктур, которая не может наблюдаться в макроскопическом объеме вещества. Бурный интерес к таким структурам был стимулирован открытием эффекта гигантского магнитного сопротивления в структурах с чередующимися ферромагнитными и проводящими немагнитными слоя-

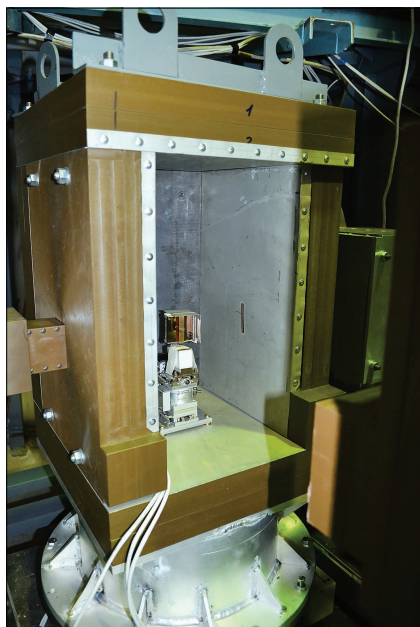
ми. За данное открытие ученые Альбер Ферт и Петер Грюнберг были удостоены Нобелевской премии в 2007 году.

Возвращаясь к методике рефлектометрии поляризованных нейтронов (РПН), давайте рассмотрим, чем она может быть полезна для исследования подобных структур. Название методики происходит от английского reflectivity, что переводится, как коэффициент отражения. Таким образом методика заключается в регистрации отраженного от гетероструктуры, скопированного пучка тепловых нейтронов. При этом, из-за соразмерности длины волны нейтрона и толщин слоев структуры, происходит интерференция нейтронных волн. В результате зависимость коэффициента отражения нейтрона от его длины волны несет в себе информацию о толщинах слоев и о распределении суммарной плотности вещества для всех изотопов и элементов по глубине структуры. Аналогично такое же можно наблюдать и для электромагнитного излучения. Но фотоны взаимодействуют с электронными оболочками атомов, а нейтроны с ядрами вещества, в результате чего они чувствительны к изотопному составу. Помимо прочего исполь-

зование именно нейтронов актуально с той точки зрения, что нейтрон имеет собственный момент – спин и связанный с ним магнитный момент. Это свойство важно при исследовании магнитных гетероструктур, поскольку для различных состояний поляризации нейтрона коэффициенты отражения отличны. Благодаря этому можно извлечь распределение намагниченности по глубине структуры, возможен и переворот спина нейтрона в случае наличия в системе несонаправленной внешнему магнитному полю намагниченности.

Как уже упомянуто выше, нейтронная рефлектометрия позволяет определить распределение по глубине структуры только суммарной для всех элементов и их изотопов плотности вещества. Поэтому зачастую методика РПН сводится к определению магнитного профиля структуры, а для определения распределения элементов используются взаимодополняющие методики, например, вторичная нейтральная масс-спектрометрия. Но предлагается использовать несколько иной подход. При поглощении нейтронов различными изотопами возможны разные каналы взаимодействия, при которых возникает вторичное излу-

чение – заряженные частицы, гамма-кванты, осколки деления ядер. В рамках данного подхода вторичным излучением можно считать и нейтроны, перевернувшие спин при взаимодействии с магнитно-неколлинеарной структурой и при рассеянии на ядрах со спином. Таким образом, зная, какой сигнал следует ожидать от конкретного изотопа или магнитного элемента, можно одновременно с рефлектометрической картиной получить сигнал вторичного излучения и определить распределение только данного изотопа. Это в некоторой степени аналогично применению комплементарных методик. Но в данном случае регистрация происходит одновременно с измерением рефлектометрической картины. Методика, основанная на данном подходе, получила название изотопно-идентифицирующей нейтронной рефлектометрии.



Исследуемый образец, размещенный в защите от фонового излучения.

Рассмотрим другой аспект данной методики. Представьте себе, что структура нанесена на слой с высоким значением коэффициента отражения. Тогда падающая нейтронная волна и отраженная будут накладываться друг на друга. При этом возможно наблюдение пучности нейтронной плотности, зависящей от положения в пространстве. Если исследуемый слой находится в такой пучности, то возможно усиление поглощения нейтронов и соответственно увеличение сигнала вторичного излучения. Наибольший интерес данное явление представляет в диапазоне малых энергий нейтронов, для которого наблюдается полное отражение нейтро-

нов, т. е. не наблюдается прохождения нейтронов сквозь структуру. Применение такого подхода позволяет реализовать большую чувствительность к пространственному распределению элементов по глубине структуры.

Впервые вторичное излучение в виде гамма-квантов при отражении нейтронов от структуры, содержащей слой гадолиния, который обладает большим сечением реакции (n, γ), было получено американскими учеными еще в далеком 1994 году. Американцы проводили исследования на источнике нейтронов с постоянной длиной волны нейтрона. Исследования в Дубне на ИБР-2 были проведены в 1998–2000 годах. Здесь большим преимуществом оказалось то, что ИБР-2 является импульсным источником, на котором метод времени пролета позволяет за одно измерение получить информацию для различных значений энергии нейтронов. Тогда в Дубне был получен также сигнал от образцов со слоями изотопа лития-6 в виде тритонов и альфа-частиц. Таким образом дубненские ученые продвинулись несколько дальше. Тем не менее, ввиду прочих задач и модернизации реактора, методика не получила развития в дальнейшие годы, но все эти годы никто не забывал о необходимости ее реализации на новом, более серьезном уровне.

Так, в 2014 году было принято решение модернизировать спектрометр в рамках реализации проекта изотопно-идентифицирующей рефлектометрии. Проект реализуется в коллаборации двух отделов Лаборатории нейтронной физики: науч-

ных исследований конденсированных сред (Ю. В. Никитенко, А. В. Петренко, В. Л. Аксенов, В. Д. Жакетов) и ядерной физики (Ю. Н. Копач, Н. А. Гундорин, Ю. М. Гледенов, Э. Сансарбаяр). Это прекрасный пример взаимодействия двух отделов. На данный момент изготовлена и испытана ионизационная камера для одновременных нейтронных рефлектометрических измерений и регистрации заряженных частиц. Более серьезная модернизация спектрометра проведена в рамках создания канала регистрации гамма-квантов. Большая часть оборудования была изготовлена в мастерской ЛНФ. Сборка канала на рефлектометре была закончена совсем недавно, тестирование и отладка канала происходит непосредственно сейчас.

В ближайшие годы предполагается развитие методики и реализация уже непосредственно научной программы. Диапазон возможных исследований крайне широк, поскольку многие изотопы представляют собой источники гамма-квантов, а также являются источниками заряженных частиц при взаимодействии с нейтронами. В частности, применение методики актуально для исследования сосуществования ферромагнетизма и сверхпроводимости в слоистых структурах. Так, гадолиний является ферромагнетиком с относительно низкой температурой Кюри, чем и привлекателен для подобных исследований. Мы надеемся, что применение метода изотопно-идентифицирующей рефлектометрии значительно расширит возможности исследований сложных гетероструктур.



Канал регистрации гамма-частиц на спектрометре РЕМУР реактора ИБР-2.

О выполнении обязательств...

(Окончание. Начало на 2-й стр.)

В городских лагерях на базе школ города отдохнуло 66 школьников. В загородном муниципальном лагере «Сосновый бор» (4 смены) побывали 89 школьников. Родительская плата составила в городские лагеря 1050 рублей, в загородный лагерь – 2690 рублей (10 процентов полной стоимости).

Принимались меры по обеспечению нормального функционирования автомобильных стоянок. Организована новая стоянка вблизи площадки ЛЯП.

Выделено благоустроенное помещение для работы Совета ветеранов Института в д. № 10 по ул. Московской.

Работает система добровольного медицинского страхования, по которой застрахованы сотрудники ОИЯИ. Затраты Института на ДМС в 2018 году превысили 35 млн рублей. Руководство Института совместно с ФМБА проводит работу по улучше-

нию медицинского обслуживания сотрудников в МСЧ-9.

В августе 2018 года подписан договор ОИЯИ с МСЧ-9 об оказании медицинских услуг для работников Института. Медицинское обслуживание проводится по специальностям: врач кардиолог, врач гастроэнтеролог, врач онколог, врач отоларинголог, врач офтальмолог, врач участковый, врач УЗИ, врач функциональной диагностики. В 2018 году врачами приняты 1844 работника ОИЯИ и проведены медицинские исследования для 471 сотрудника. Закуплено медицинское оборудование для врачей специалистов. Регулярно собирается рабочая группа по повышению качества медицинской помощи с участием руководства МСЧ-9.

Конференция решила считать обязательства, принятые сторонами по «Коллективному договору Объединенного института ядерных исследований на 2017–2020 годы», в 2018 году выполненными.

Поскольку предоставление льгот и компенсаций за работу во вредных условиях труда производится в соответствии с федеральным законом № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» и Коллективным договором, ранее действовавшее в ОИЯИ Положение о льготах (П6) было отменено. Это потребовало внесения технических изменений в Коллективный договор, в котором это Положение упоминалось.

По предложению делегатов, конференция поручила ОКП подготовить и направить обращения: главе города с просьбой обеспечить выполнение решений Общественного совета ОИЯИ по вопросу благоустройства набережной реки Волга; в Министерство здравоохранения Московской области – с просьбой принять меры по созданию условий для обеспечения качества и доступности медицинской помощи в МСЧ-9, соответствующей действующим нормативным документам (по согласованию с руководством Института и МСЧ-9).

Валерий НИКОЛАЕВ,
председатель ОКП в ОИЯИ

Набережная, благоустройство

Благоустройство Менделеевской набережной и прилегающего парка планируется завершить до конца октября текущего года. Об этом сообщил глава Дубны Максим Данилов. Выступая на заседании правительства Московской области, глава муниципалитета пояснил, что в парке и на набережной появятся несколько тематических зон: культурно-событийных, танцевальных, коворкинга, рекреационных. Кроме того, здесь будут проложены велосипедные маршруты, создан макет Солнечной системы, аллея элементов Периодической таблицы, обустроен городской пляж.

Дубна принимала участие в конкурсе малых городов и исторических поселений и получила 100 млн руб. на разработку концепции проекта набережной. Средства на проведение работ будут выделены из бюджета региона. Компромиссную концепцию благоустройства удалось выработать благодаря активным общественным обсуждениям.

Дубненское информагентство



ВАС ПРИГЛАШАЮТ

ДОМ КУЛЬТУРЫ «МИР»

28 марта, четверг

10.00 Центр развития образования приглашает на фестиваль детского творчества «Такая разная музыка...» в рамках Всероссийской недели музыки для детей и юношества.

30 марта, суббота

18.00 Струнный квартет «Мелодион» с песочной анимацией. Концерт «Времена года. От Вивальди до Пяццоллы».

31 марта, воскресенье

12.00 Театрально-цирковое шоу для детей «Гав-Мяу» (г. Москва).

18.00 Спектакль «За закрытой дверью» по пьесе Жана-Поля Сартра. В

ролях: Андрей Соколов, Ирина Алферова и др. После спектакля состоится фотосессия от А. Соколова.

27 марта – 20 апреля Выставка авторских работ из стекла «Свет в стекле». Автор Дарья Гольф.

27-28 марта Выставка-продажа «Самоцветы».

ДОМ УЧЕНЫХ

22 марта, пятница

19.00 Камерный оркестр «Antonio-orchestra». Солисты: художественный руководитель и дирижер Антон Паисов (флейта), Хироко Нинагава (скрипка), Иван Твердохлеб (флейта), Илья Харлов (саксофон), Софья Решетникова (фортепиано), Павел Чекмарёв

(гитара), Владислав Шумихин (ударные). В программе популярные мелодии Поля Мориа и Джеймса Ласта.

28 марта, четверг

19.00 Литературный театр «Академия слова». Музыкально-поэтический цикл «Поэтические вершины XX века»: Сергей Есенин, «Эх, Рассяя!..». Иван Щеглов, Александр Блок (фортепиано), композитор Александр Блок, режиссер Сергей Михайловский.

МУЗЕЙ ИСТОРИИ

НАУКИ И ТЕХНИКИ ОИЯИ

1 апреля, понедельник

16.30 Развитие и трансформация идей В. И. Корогодина. Вход свободный.