

## Победители конкурса молодых ученых-2019



Фото М. Кузина.

В ИЯФе много традиций, одна из них — конкурс молодых ученых, который проводится весной в течение многих лет. Каждый конкурс — своего рода «смотр» нового поколения ученых, отличная возможность для них продемонстрировать результаты своих исследований.

В конкурсе приняли участие около пятидесяти человек: это студенты и магистранты НГУ и НГТУ, аспиранты НГУ, НГТУ, ИЯФа, младшие научные сотрудники. Они выступили с докладами на шести

секциях, работу которых возглавляли ведущие ученые нашего института.

Победителям конкурса вручили дипломы в торжественной обстановке на заседании ученого совета. Победителям и призерам предоставляется возможность принять участие в международных конференциях, также они поощряются денежными премиями.

Конкурс нынешнего года вновь продемонстрировал высокий уровень подготовки молодых исследователей, которые вносят достойный вклад в современную науку. За ними — будущее института.





# Итоги конкурса молодых ученых

## Физика элементарных частиц

1. Тимофеев Александр Владимирович, 2 курс аспирантуры ИЯФа, «Многоэлементный сцинтилляционный экран для малоракурсной томографии» (науч. рук. Григорьев Дмитрий Николаевич).

2. Шакирова Тамара Маратовна, 3 курс аспирантуры ИЯФа, «Идентификация ионов во время-проекционной камере низкого давления для ускорительной масс-спектрометрии» (науч. рук. Бузулуцков Алексей Фёдорович).

2. Усков Артём Александрович, 4 курс бакалавриата НГУ, «Изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow K_s^0 K^0$  с детектором КМД-3» (науч. рук. Федотович Геннадий Васильевич).

3. Толмачёв Сергей Сергеевич, 2 курс аспирантуры ИЯФа, «Изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow p\bar{p} + \gamma$  на детекторе КМД-3» (науч. рук. Федотович Геннадий Васильевич).

3. Литвинов Роман Анатольевич, 2 курс аспирантуры ИЯФа, «Измерение энергии пучка коллайдера ВЭПП-2000» (науч. рук. Ачасов Михаил Николаевич).

3. Захаров Степан Алексеевич, 4 курс бакалавриата НГУ, «Изучение свойств прототипа GEM детектора для «Лазерного поляриметра» коллайдера ВЭПП-4М» (науч. рук. Николаев Иван Борисович).

3. Петров Никита Александрович, 1 курс магистратуры НГУ, «Изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow K_s^0 K_L^0$  в области энергий выше 1 ГэВ с детектором КМД-3» (науч. рук. Лукин Пётр Анатольевич).

## Физика ускорителей

1. Лешенок Дарья Вячеславовна, 2 год магистратуры, «Исследование влияния радиационных потерь на точность прецизионных экспериментов в коллайдерах ВЭПП-4М, СЕРС и FCCee» (науч. рук. Никитин Сергей Алексеевич).

1. Матвеев Антон Сергеевич, 2 год магистратуры, «Оптимизация магнитной структуры инжекционного канала ВЧ пушки Новосибирского ЛСЭ и измерение параметров пуч-

ка» (науч. рук. Шевченко Олег Александрович).

2. Аникеев Михаил Андреевич, 2 год аспирантуры, «Исследование методов управления фокусным пятном пучка ЛИУ» (науч. рук. Сковородин Дмитрий Иванович).

3. Фетисов Егор Юрьевич, 4 курс бакалавриата, «Исследование зависимости времени жизни пучка от тока» (науч. рук. Переведенцев Евгений Алексеевич).

3. Рябченко Ксения Константиновна, 2 год магистратуры, «3D моделирование двух-апертурного железного сверхпроводящего квадрупольного поля для Супер С-Тау фабрики в Новосибирске» (науч. рук. Старостенко Александр Анатольевич).

## Физика плазмы

1. Сандалов Евгений Сергеевич, 1 курс аспирантуры ИЯФа, «Исследование поперечной неустойчивости сильноточного релятивистского электронного пучка в линейном индукционном ускорителе» (науч. рук. Синицкий Станислав Леонидович, Сковородин Дмитрий Иванович).

2. Христо Михаил Сергеевич, 2 курс магистратуры ФФ НГУ, «Моделирование диамагнитного удержания в осесимметричной открытой ловушке» (науч. рук. Беклемишев Алексей Дмитриевич).

3. Данилов Валерий Вячеславович, 1 курс аспирантуры ИЯФа, «Исследование мишенной плазмы на установке ЛИУ при помощи двухцветного интерферометра» (науч. рук. Сковородин Дмитрий Иванович).

3. Сидоров Евгений Николаевич, 4 курс аспирантуры ИЯФа, «Измерения параметров плазмы установки ГОЛ-NB от дугового источника плазмы в однородном и гофрированном поле соленоида» (науч. рук. Бурдаков Александр Владимирович).

## Радиофизика

1. Малышев Александр Михайлович, 1 курс аспирантуры ИЯФа, «Проектирование и экспериментальное изучение индукторов станции

ВЧ-1 коллайдера NICA» (науч. рук. Крутихин Сергей Александрович).

2. Крылов Андрей Александрович, 3 курс аспирантуры ИЯФа, «Система импульсного двуполярного питания» (науч. рук. Сингатулин Шавкат Рахимович).

3. Винник Дмитрий Сергеевич, 2 год магистратуры НГУ, «Тиристорный коммутатор LC-контур на ток в 500 А» (науч. рук. Беликов Олег Витальевич).

## Синхротронное излучение

1. Камешков Олег Эдуардович, 1 год магистратуры НГУ, «Эффект Тальбота с бесселевыми пучками: теория и сравнение с экспериментом» (науч. рук. Князев Борис Александрович).

2. Кукотенко Валерия Дмитриевна, 4 курс НГТУ, «Система накачка-зондирование на новосибирском ЛСЭ для исследования времён релаксации полупроводников» (науч. рук. Чопорова Юлия Юрьевна).

3. Рыбачек Мария Евгеньевна, 4 курс НГТУ, «Технологическая станция синхротронного излучения на ВЭПП-4» (науч. рук. Гольденберг Борис Григорьевич).

3. Барахтаев Артём Николаевич, 2 курс НГУ, «Первичная настройка технологической станции СИ» (науч. рук. Ракшун Яков Валерьевич).

## Секция автоматизации

1. Ремнев Михаил Анатольевич, 2 курс аспирантуры ИЯФа, «Разработка ПО для системы сбора данных электромагнитного калориметра детектора Belle II» (науч. рук. Кузьмин Александр Степанович).

2. Шубина Ольга Сергеевна, 2 курс магистратуры НГУ, «Интеллектуальный анализ данных на ускорительном комплексе ВЭПП-2000» (науч. рук. Шатунов Петр Юрьевич, Сенченко Александр Игоревич).

3. Прокопец Вероника Вадимовна, 2 курс магистратуры НГТУ, «Разработка системы видеонаблюдения за процессами, происходящими в сварочной ванне при ЭЛС» (науч. рук. Алякринский Олег Николаевич).



# Высокие энергии и... рок

2019 год — юбилейный для двух российских коллайдеров. В 1979 году в ИЯФ СО РАН был введен в эксплуатацию электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-4. В 1999 году началась модернизация комплекса ВЭПП-2М в ВЭПП-2000. Появление этих коллайдеров продолжило развитие ускорительной физики в России и мире, которое началось в том числе с экспериментов на ияфовском электрон-электронном коллайдере ВЭП-1.

В честь этих юбилейных дат, а также закрытия очередного сезона работы коллайдеров 1 июля

был организован пресс-тур для представителей СМИ, в рамках которого специалисты «Комплекса электрон-позитронных коллайдеров ВЭПП-4 – ВЭПП-2000» рассказали о последних научных результатах.

«Рок на высоких энергиях» — так назывался концерт на территории института, которым завершилась программа этого дня. На сцене, сооруженной между зданиями ДОЛ и пристройки к главному корпусу, выступили приглашенные музыкальные коллективы Новосибирска и сотрудники ИЯФа.

Одно из направлений поиска физики за рамками Стандартной модели (Новой физики) — измерение в эксперименте и сравнение с теоретическими расчетами значения аномального магнитного момента мюона. Величина этого параметра складывается из суммы электромагнитных, слабых и сильных взаимодействий. Но если вклад первых двух с высокой точностью рассчитан теоретически, то вклад сильных можно узнать только из эксперимента. Ияфовские специалисты, работающие на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000, впервые измерили сечение процесса электрон-позитронной аннигиляции в семь пи-мезонов (пионов) в области энергий до 2 ГэВ. Полученные данные представляют интерес для расчетов адронного вклада в аномальный магнитный момент мюона. Результаты опубликованы в *Physics Letters*.

Аномальный магнитный момент мюона — это уникальная и очень

важная величина в современной физике. Его можно очень точно рассчитать в рамках Стандартной модели и так же точно измерить экспериментально. И, например, наличие разницы между этими двумя значениями более чем на пять стандартных отклонений (сигм) будет свидетельствовать о существовании физики за рамками Стандартной модели. Измеренные в предыдущих экспериментах и предсказанные теорией значения аномального магнитного момента мюона сейчас расходятся в три-четыре стандартных отклонения, что, хотя и является очень существенным различием, но все же не может надежно интерпретироваться, как наличие сигнала Новой физики. Нужны более точные результаты для обоих значений.

«Для того, чтобы рассчитать значение аномального магнитного момента мюона в рамках Стандартной модели, нужно учесть все факторы, то есть вклад в него всех взаимодей-

ствий, — рассказал главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук Евгений Петрович Солодов (на снимках). — Вклады электромагнитных и слабых взаимодействий известны, их предсказывают с высокой точностью квантовая электродинамика (КЭД) и теория слабых взаимодействий. Вклад адронной поляризации вакуума — процесса, относящегося к сильным взаимодействиям, пока не удается рассчитать теоретически с приемлемой точностью. Расчеты по квантовой хромодинамике (КХД) имеют достаточную точность только в области энергий выше 2 ГэВ, тогда как основной вклад (95%) дает область энергий ниже 2 ГэВ».

Адронный вклад в аномальный магнитный момент мюона в области энергий, где теория работает плохо, можно извлечь экспериментально из электрон-позитронных взаимодействий. На спроектированном, построенном и введенном в эксплуатацию в

*Продолжение на стр. 4-6.*



**Поздравляем!**  
С успешной защитой  
диссертации на  
соискание  
ученой степени доктора  
физико-математических наук  
Ивана Сергеевича Терехова.

**Поздравляем!**  
Михаила Андреевича Аникеева,  
Александра Александровича  
Касатова и  
Дмитрия Николаевича Шемякина  
с получением стипендии Президента  
Российской Федерации  
для молодых ученых и аспирантов.



ИЯФе электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 с помощью двух современных детекторов, КМД-3 и СНД, изучаются адронные реакции от порога рождения до максимальной энергии в 2 ГэВ. На данный момент коллайдер не имеет конкурентов по уровню производительности (светимости) в мире.

«Коллайдер ВЭПП-2000 создавался именно для экспериментального измерения всех адронных состояний, рожденных в электрон-позитронных столкновениях в той области энергий, где КХД не дает точных предсказаний, — пояснил Евгений Петрович. — Все, что здесь рождается (сумма всех сечений), входит в адронную поляризацию вакуума, вклад которой сильно меняет значение аномального магнитного момента мюона. В экспериментах на детекторах КМД-3 и СНД специалисты ИЯФа уже измерили десятки процессов с рождением адронов. Производительность установки и качество детекторов позволяют увидеть и измерить даже редкие, ранее не встречающиеся, процессы».

Так, в институте было впервые измерено сечение процесса электрон-позитронной аннигиляции в семь пи-мезонов (шесть положительно заряженных пи-мезонов и один нейтральный пи-мезон). Это небольшой вклад в теоретический расчет аномального магнитного момента мюона, который в итоге будут сравнивать с его значением, измеренным в эксперименте Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми (Фермилаб).

«Важно учесть еще и промежуточные состояния в процессах, сечение которых мы измеряем, — добавил Е. П. Солодов. — Например, при рождении семи пи-мезонов мы увидели омега-мезон и эта-мезон, вклад которых тоже играет роль в получении точного значения аномального магнитного момента мюона. Наши результаты — лишь маленькая поправка в теоретический расчет, но таких небольших вкладов много, и когда все они будут учтены, суммарная поправка может оказаться очень значительной».

Дальнейшая задача новосибирских физиков — измерить все сечения, доступные в этой области энергий и входящие в расчеты адронной поляризации вакуума. Это, например, измерение сечений тех же семи пи-мезонов, но состоящих из четырех заряженных и трех нейтральных частиц, процессы с рождением ка-мезонов, протонов и нейтронов, то есть с участием всех частиц, образованных из легких кварков и рождающихся в области энергий ниже 2 ГэВ.

Полученные в ИЯФ СО РАН результаты важны и для развития теоретического направления в физике частиц. На данный момент квантовая хромодинамика не дает точных предсказаний по сечениям тех состояний, которые рождаются в области энергий ниже 2 ГэВ, поэтому физикам приходится кропотливо измерять их в эксперименте. На основе полученных экспериментаторами данных, физики-теоретики смогут в будущем делать надежные предсказания.



В ИЯФе была проведена комплексная модернизация Инжекционного комплекса (ИК) ВЭПП-5, обеспечивающего электронами и позитронами коллайдеры ВЭПП-4 и ВЭПП-2000. Специалисты автоматизировали систему управления, оптимизировали настройки оборудования комплекса, а также провели соответствующий апгрейд установок-потребителей. В результате производительность ИК выросла на порядок, с  $8 \times 10^8 \text{e}^+/\text{сек}$  до  $10^{10} \text{e}^+/\text{сек}$ , что привело к уменьшению времени накопления необходимого количества позитронов, а значит, и к повышению эффективности работы коллайдеров. На коллайдере ВЭПП-2000 среднегодовой показатель набора статистики увеличился более чем в три раза — с 20 пб-/ (обратных пикобар) в 2014 году до 65 пб-/ в сезоне 2018-2019 годов, а коллайдер ВЭПП-4 с 2018 года работает в максимальной области энергии.

В настоящий момент в ИЯФе работают два коллайдера на встречных электрон-позитронных пучках — ВЭПП-4 (энергия до 6 ГэВ) и ВЭПП-2000 (энергия до 1 ГэВ). Для поддержания работы установок необходимо бесперебойное производство электронов и позитронов. Долгое время на каждом из коллайдеров работал свой собственный источник частиц, однако они не могли в должной мере обеспечить потребности установок. В конце 2015 года состоялся запуск Инжекционного комплекса ВЭПП-5 — мощного источника пучков заряженных частиц (энергия до 510 МэВ), который одновременно снабжает электронами и позитронами оба коллайдера.

«Для того, чтобы иметь хорошую производительность коллайдеров, нужно в больших количествах и быстро производить электроны и позитроны. ВЭПП-5 прекрасно справляется с этой задачей. — рассказал младший научный сотрудник Данила Никифоров (на снимке). — Инжекция пучков происходит в круглосуточном режиме. Из-за светимости пучок постепенно умирает, его нужно поддерживать и постоянно «докидывать» новые порции частиц. Например, на ВЭПП-2000 время жизни



пучка — 2000 секунд, поэтому мы должны проводить инъекцию один раз в 50 секунд, на ВЭПП-4, из-за его особенностей по накоплению частиц и их доускорению до энергии столкновения, дополнительные порции нужны реже. Для сравнения: чтобы накопить необходимое количество позитронов на ВЭПП-2000 требовалось десять минут, а сейчас пучки готовятся пять-шесть секунд».

Каждый из коллайдеров, так же, как и Инжекционный комплекс, имеет собственную систему управления. Основная задача автоматизации Комплекса состояла в том, чтобы наладить и синхронизировать процесс взаимодействия всех систем между собой.

«На современных установках многие процессы протекают гораздо быстрее, чем характерное время реакции любого компьютера общего назначения, поэтому значительная часть процессов управляется специальным оборудованием, а обширная инфраструктура связывает его с компьютерами, — пояснил научный сотрудник Федор Александрович Еманов. — Часть машин оснащена серверным программным обеспечением, отвечающим за работу комплекса, а на операторских компьютерах работает ПО, которое только показывает, что происходит

на ускорителе, и передает команды оператору».

На стадии запуска Инжекционного комплекса при смене коллайдера-потребителя и сорта частиц операторам приходилось вручную менять многие настройки.

Производство частиц состоит из нескольких этапов. Все начинается с первичного электронного пучка, который получают при помощи электронной пушки. После этого, в зависимости от режима работы, пучок либо сразу направляется в линейный ускоритель для разгона, либо сначала попадает на конверсионную мишень — так пучок электронов превращается в пучок позитронов — и потом уже в линейный ускоритель.

Следующий этап — накопитель-охладитель, в котором накапливается необходимое для последующей транспортировки количество частиц (на это уходит в среднем три секунды). Вращаясь в накопителе, пучок проходит стадию так называемого радиационного затухания и в результате фактически уменьшается в размерах в десять раз — с одного сантиметра до одного миллиметра. Готовые пучки выпускаются в специальные каналы транспортировки частиц к установкам.





**Новосибирские физики с лучшей в мире точностью измерили полное сечение электрон-позитронной аннигиляции в адроны**

Одним из способов проверки Стандартной модели (СМ) является сверхточное измерение величины аномального магнитного мюона — существенно более тяжелого побратима электрона. В предыдущем эксперименте, проведенном в Брукхейвенской Национальной Лаборатории (BNL, США) в 1997—2001 годы, наблюдалось небольшое отличие (3,5—4 стандартных отклонения) измеренного значения аномального магнитного момента мюона от вычислений в рамках СМ (для расчетов использовались данные, полученные ранее в экспериментах на ВЭПП-2М в ИЯФ СО РАН). Для обоснованного утверждения, что это действительно проявления Новой физики, необ-

ходимы более точные исследования. Поэтому сейчас готовятся два новых эксперимента: в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми в США (первый этап эксперимента уже проведен) и на японском протонном ускорительном комплексе J-PARC с точностью в пять раз лучшей, чем в экспериментах в BNL. Современные эксперименты либо обнаружат указания на Новую физику, либо разрешат наметившееся отклонение от расчетов в рамках СМ.

«Для сравнения результатов экспериментов с предсказаниями СМ необходимо точное знание вклада адронной поляризации вакуума, которое может быть получено только в экспериментах по измерению сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны в широком диапазоне энергий (величины  $R$ ), — рассказал старший научный сотрудник,

Современные эксперименты либо обнаружат указания на Новую физику, либо разрешат наметившееся отклонение от расчетов в рамках Стандартной модели.

кандидат физико-математических наук Корнелий Юрьевич Тодышев (на снимке). — Чем точнее требуется произвести расчет, тем с лучшей точностью экспериментаторам необходимо измерить это сечение. Именно измерению сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны в диапазоне энергий от 1,84 до 3,72 ГэВ и посвящен эксперимент, проведенный с детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М. В нем проведено измерение данного сечения с лучшей на данный момент в мире точностью». Однако для расчета адронной поляризации вакуума требуются также прецизионные измерения  $R$  в области энергий от 0,3 до 1,84 ГэВ, которые ведутся на другом ияфовском коллайдере — ВЭПП-2000. Набор данных уже проведен и ведется их обработка.

Полученные на новосибирском коллайдере ВЭПП-4М данные в настоящее время являются наиболее точным измерением величины  $R$  для данной области энергии. Результаты уже используются в современных теоретических расчетах, что позволяет сделать следующий шаг по точности в проверке Стандартной модели и, возможно, открытию проявлений Новой физики.

*Материалы подготовлены пресс-службой ИЯФа и редакцией «Э-И». Фоторепортаж Н. Купиной.*





РАЗЛИВ  
2019



22 июня на базе отдыха «Разлив» состоялось выступление шоу-балета «Танцующие бабушки» и «Шоу-балета Натальи Бизяевой» (это разные составы). В программе были танцевальные номера под музыку самых разных направлений, от джаза до русских народных песен и популярных мелодий из любимых кинофильмов. Руководитель это известного в Новосибирске творческого коллектива Наталья Валерьевна Бизяева выступала вместе со своими артистами.

Так же зрители наслаждались академическим вокалом Юлии Аксененко, которая исполнила произведения современных композиторов.

Выступление еще одного танцевального коллектива состоялось в «Разливе» 13 июля: Ирина Егорова с группой «Лотос» исполняла индийские танцы. Зрители не только любовались экзотическими танцами, но и вместе с артистами принимали в них участие — получилось чудесно!



Лето в разгаре, и тех, кто придет отдыхать в «Разлив», ждет много интересного.

*Т. Ерохина.*





## Источник добрых дел



Волонтерский клуб «Источник Добра» открыл сезон добрых дел субботником на ияфовской базе отдыха «Разлив» в субботу 25 мая.

Отряд волонтеров, состоявший из двадцати человек (сотрудников института и членов их семей), славно потрудились, выполнив множество нужных и важных работ к открытию сезона. Волонтеры очистили от мусора и стекла береговой песок, вскопали клумбы и подготовили для посадки цветов вазоны, покрасили стенды и пожарные емкости. Также они подготовили теннисную и волейбольную площадки, помогли убрать домик для детского досуга.

Завершился субботник общим чаепитием за большим столом и с песнями под гитару, «послушать» которую прибежала ящерица-меломанка.

— Большое спасибо ребятам-волонтерам из клуба «Источник Добра» за их вклад в подготовку базы отдыха к сезону-2019, — поблагодарила Екатерина Георгиевна Кравцова, начальник отдела по социальным вопросам. — Приятно было увидеть среди них постоянных отдыхающих, которые с душой и любовью относятся к базе. Очень здорово, что приехали ияфовцы, которые, хотя и не были здесь ни разу, работали с удовольст-

вием, и обещали приехать отдохнуть летом.

Даже природа «приняла участие» в первом добром деле волонтерского клуба: было тепло, солнечно, а дождь обошел «Разлив» стороной.



*Т. Ерохина.  
Фото А. Марукова.*



Пр. ак. Лаврентьева, 11, к. 423.  
Редактор И. В. Онучина.  
Телефон: (383)329-49-80  
Эл. почта: [onuchina@inp.nsk.su](mailto:onuchina@inp.nsk.su)  
Выходит один раз в месяц.

Издается  
ученым советом и профкомом  
ИЯФ СО РАН.  
Печать офсетная.  
Заказ №47



Тираж 500 экз. Бесплатно.