

К 90-летию со дня рождения Алексея Алексеевича Воробьева



20 декабря 1931 – 2 ноября 2021

Алексей Алексеевич Воробьев – выдающийся советский и российский ученый, директор Петербургского института ядерной физики (1985–1992), руководитель Отделения физики высоких энергий – ОВФЭ (1971–2017), научный руководитель ОФВЭ (2017–2021), доктор физико-математических наук (1977), профессор (1979), лауреат Государственной премии СССР (1983), член-корреспондент Российской академии наук (1991), лауреат премии им. А. Ф. Иоффе в области физики

и астрономии Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского научного центра РАН (2003). Награжден орденом «Знак Почета» (1975), орденом Трудового Красного Знамени (1981), орденом Дружбы (2002).

Вся жизнь Алексея Алексеевича неразрывно связана с нашим Институтом и его детищем – ОФВЭ, которое он возглавлял с 1971 г. Под руководством Алексея Алексеевича, благодаря его идеям, на высочайшем уровне были выполнены эксперименты на ускорителях передовых ядерных центров в нашей стране и за рубежом, принесшие Институту мировое признание.

Алексей Алексеевич родился 20 декабря 1931 г. в селе Селижарово Калининской (ныне – Тверской) области. В 1955 г., после окончания с отличием физико-механического факультета Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина, Алексей Алексеевич поступил на работу в Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР, в лабораторию рентгеновских и гамма-лучей, начав свою научную карьеру с исследований альфа-спектров с помощью ионизационной камеры. В 1963 г. этот коллектив стал одной из составляющих вновь созданной Лаборатории физики высоких энергий (ЛФВЭ) в филиале ФТИ в Гатчине. Задачей новой лаборатории была постановка экспериментальных исследований на строя-

***Из книги «Отделение физики высоких энергий – страницы истории»**

«Началось это с визита в Институт Нильса Бора в 1967 году делегации гатчинского филиала Физтеха в составе О. И. Сумбаева, Г. А. Петрова и А. А. Воробьева. Во время визита была достигнута договоренность о проведении совместного эксперимента по ядерной спектроскопии. <...>

В следующем, 1968 году я приехал в Институт Нильса Бора уже на более длительный срок для выполнения конкретной работы. А как раз в это время в ЦЕРНе осуществлялся запуск знаменитой теперь установки ISOLDE, в создании которой датские ученые принимали самое активное участие. В их числе был и руководитель нашей совместной работы О. Б. Нильсен. Он сказал мне: «Вам следует посетить ЦЕРН. Это – будущее мировой науки». И вот мы вместе прилетели из Копенгагена в ЦЕРН. В это время в ЦЕРНе работал синхроциклотрон на энергию протонов 600 МэВ (запуск в 1957 году) и протонный синхротрон на энергию 28 ГэВ (с 1959 года). Кроме того, шло сооружение первого в мире протон-протонного колайдера на энергию 30 ГэВ + 30 ГэВ и велось проектирование протонного ускорителя SPS на энергию 450 ГэВ. <...>

В ЦЕРНе меня (т. е. молодого человека, не имевшего официального чина) представили генеральному директору ЦЕРНа Б. Грегори (Bernard Gregory). В беседе с ним я предложил заключить двустороннее соглашение о сотрудничестве между ЦЕРНом и Ленинградским физико-техническим институтом. Б. Грегори поддержал это предложение. Так что, уезжая из ЦЕРНа, я увозил с собой подписанное генеральным директором ЦЕРНа соглашение. Затем оно было подписано вице-президентом АН СССР Б. П. Константиновым и действовало в течение последующих 20 лет. Одним из пунктов этого соглашения было согласие ЦЕРНа на оплату пребывания наших сотрудников в ЦЕРНе ежегодно в объеме одного человеко-года. Это соглашение оказалось очень полезным. Оно помогло установить регулярные контакты сотрудников нашего Института с ЦЕРНом и подготовить наш первый совместный эксперимент в ЦЕРНе (эксперимент WA9), выполненный в 1976 году сразу после запуска ускорителя SPS».

щемся (крупнейшем и в наше время для данного типа) синхроциклотроне – ускорителе протонов на энергию 1 000 МэВ. В ЛФВЭ Алексей Алексеевич возглавил сектор структуры ядер.

Одна из первых работ, выполненных в Гатчине под руководством А. А. Воробьева в 1966 г., – измерение инклюзивных энергетических спектров легких ядер, испускаемых в процессе тройного деления с помощью времяпролетного магнитного спектрометра, разработанного им и установленного на канале реактора ВВР-М.

В 1968 г. по инициативе Алексея Алексеевича было заключено соглашение о научном сотрудничестве ФТИ с Европейским центром ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве (Швейцария)*.

В 1970 г. Алексей Алексеевич предложил создать водородную времяпроекционную камеру высокого давления (ИКАР), которая одновременно является газовой мишенью и ионизационным детектором протонов отдачи. Именно эта разработка позволила в 1972–1980 гг. выполнить цикл измерений дифференциальных сечений упругого pp -рассеяния и $p\pi$ -рассеяния на малые углы на синхроциклотроне ЛИЯФ, а затем в ЦЕРН (эксперименты WA9 и NA8).

В этих экспериментах было показано, что дисперсионные соотношения справедливы и при высоких энергиях, а поведение полных сечений рассеяния адронов при увеличении энергии носит универсальный характер, причем наблюдаемый рост сечений оказывается предельно возможным. Эти эксперименты вошли в число наиболее значимых за первые 25 лет работы ЦЕРН.



На праздновании 25-летия ЦЕРН (1979). Результаты экспериментов WA9 и NA8 были отмечены в числе высших достижений ЦЕРН



Защита докторской диссертации (1977)

В 1971 г. А. А. Воробьев избран заведующим ЛФВЭ (ныне – ОФВЭ).

В 1971–1981 гг. под руководством Алексея Алексеевича в серии экспериментов на синхроциклотроне ЛИЯФ, а затем в Сакле (Франция) измерены дифференциальные сечения pA -рассеяния в широком диапазоне масс ядер от гелия до свинца. В результате получены прецизионные данные о пространственном распределении нуклонов

в ядрах. Позднее, в 1995–2015 гг., на пучке экзотических ядер в GSI (Германия) удалось осуществить аналогичные исследования экзотических ядер с большим избытком нейтронов в опытах по рассеянию этих ядер на протонах с помощью разработанного в ПИЯФ детектора протонов отдачи ИКАР.

По предложению А. А. Воробьева и под его руководством в ОФВЭ был разработан метод протонной терапии на синхроциклотроне СЦ-1000 (так называемый Гатчинский метод), с 1975 г. с высокой эффективностью примененный для лечения около 1 400 пациентов с заболеваниями головного мозга.

В 1983 г. цикл работ по дифракционному рассеянию протонов при высоких энергиях (выполненный в ЛИЯФ, ИФВЭ и ЦЕРН) был удостоен Государственной премии СССР. Разработанная методика активной мишени позволила в дальнейшем выполнить целый ряд уникальных экспериментов. В настоящее время готовятся два эксперимента с использованием установки типа ИКАР (в Майнце, Германия, и ЦЕРН) для прецизионного измерения радиуса протона.

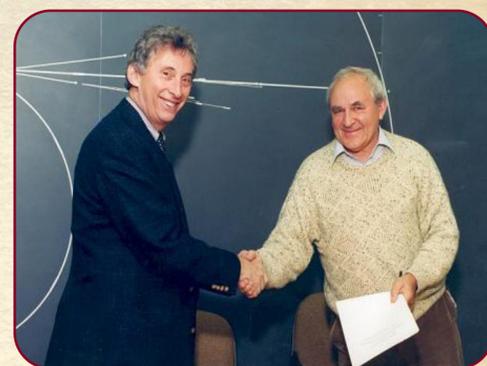


А. А. Воробьев, Е. М. Спириденков и Г. А. Королев (слева направо) у спектрометра ИКАР в Сакле (Франция)

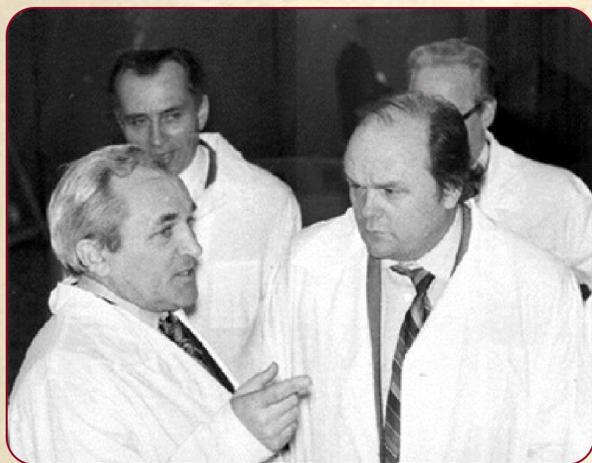
В 1983–1996 гг. также под руководством Алексея Алексеевича выполнены эксперименты E715 и E761 в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми (FNAL, США). Измерения были выполнены на качественно новом уровне благодаря использованию разработанного в ЛИЯФ и примененного одним из первых в мире детектора переходного излучения. В 1984 г. в Гатчине был проведен симпозиум «Физика гиперонов» по результатам экспериментов E715 и E761. В этих экспериментах были разрешены проблемы, стоящие перед физикой элементарных частиц, с помощью измерений с высокой точностью асимметрии в бета-распаде сигма-минус-гиперона, которая оказалась в точном согласии с предсказаниями модели SU(3). Также надежно установлена асимметрия в радиационном распаде сигма-плюс-гиперона, не нашедшая пока строгого теоретического объяснения. Кроме того, были измерены магнитные моменты сигма- и кси-гиперонов, обнаружена поляризация рожденных в протон-ядерных столкновениях антигиперонов.



Генеральный директор FNAL Л. Ледерман подписывает План проведения эксперимента E761 (1988)



Генеральный директор FNAL Дж. Пиплз подписывает Соглашение о проведении эксперимента E761 (1992)



А. А. Воробьев (слева) и академик Е. П. Велихов (справа) во время выездной сессии Академии наук СССР в ЛИЯФ

По инициативе А. А. Воробьева в ОФВЭ был создан Отдел радиоэлектроники, сыгравший исключительно важную роль в разработке уникальных детекторных систем и проведении на высоком уровне исследований в физике атомного ядра и элементарных частиц. В 1985 г. за разработку на основе КАМАК и организацию производства аппаратуры для создания систем автоматизации научных и научно-технических исследований сотрудники ЛИЯФ (от ОФВЭ – П. В. Неустроев) были удостоены премии Совета Министров СССР. В 1982 г. была проведена демонстрация модулей КАМАК, разработанных и изготовленных в Отделе радиоэлектроники ОФВЭ, во время выездной сессии Академии наук СССР в ЛИЯФ.

С 1989 г. по настоящее время, благодаря идеям Алексея Алексеевича, осуществляется плодотворное сотрудничество с Институтом им. Пауля Шеррера (Швейцария) на базе уникального по параметрам источника мюонов (мезонной фабрики). В экспериментах используется разработанный в нашем Институте оригинальный экспериментальный метод – водородная время-проекционная камера в различных модификациях. В результате проведенных серий экспериментов был детально исследован мюонный катализ реакций ядерного dd - и dt -синтеза, а также мюонный захват протоном, дейтроном и ядром ${}^3\text{He}$. Результаты этих экспериментов определяют современный мировой уровень исследований в этой области. Цикл экспериментальных исследований мюонного захвата и мюонного катализа ядерных реакций синтеза был отмечен в 2003 г. премией им. А. Ф. Иоффе Правительства Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургского научного центра РАН.



Гатчинская установка для исследования мюонного катализа dd - и dt -синтеза на мюонном канале Швейцарской мезонной фабрики

С 1986 г. под руководством Алексея Алексеевича ОФВЭ принимает активное участие в исследованиях на коллайдерах частиц высоких энергий, внося существенный вклад в создание детекторных установок, эксплуатацию этих установок и анализ экспериментальных данных, результаты которых составляют основу современных фундаментальных знаний о физике частиц и их взаимодействиях.

– 1986–2000 гг. – эксперимент L3 на электрон-позитронном коллайдере LEP в ЦЕРН (руководитель от ПИЯФ – А. А. Воробьев);

– 1996–2013 гг. – эксперимент D0 на протон-антипротонном коллайдере «Теватрон» в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми (руководители от ПИЯФ – А. А. Воробьев и Г. Д. Алхазов);

– с 1997 г. – эксперименты CMS (руководитель от ПИЯФ – А. А. Воробьев), ATLAS (руководитель от ПИЯФ – О. Л. Федин), LHCb (руководитель от ПИЯФ – А. А. Воробьев) и ALICE на Большом адронном коллайдере (БАК) в ЦЕРН (руководитель от ПИЯФ – В. М. Самсонов);

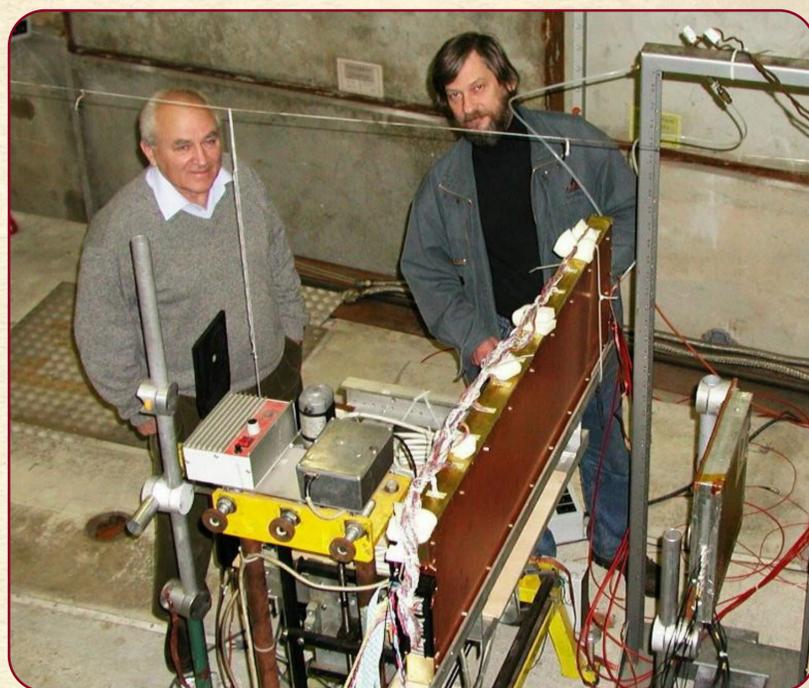
– с 1998 г. – эксперимент PHENIX на коллайдере релятивистских ядер RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL, США) (руководитель от ПИЯФ – В. М. Самсонов).

Целью эксперимента L3 была проверка предсказаний Стандартной модели элементарных частиц. С высокой точностью были получены многочисленные экспериментальные данные, явившиеся блестящим подтверждением основных выводов Стандартной модели. Важнейшим результатом стало заключение о том, что в природе существуют только три поколения легких нейтрино. Важными результатами явились также измерение массы W -бозона и предсказание массы топ-кварка, открытого позднее прямыми измерениями на «Теватроне» в США. ПИЯФ внес крупный вклад в создание экспериментального комплекса L3. Сотрудники ПИЯФ участвовали также в наборе данных и их анализе.

В 1996–2013 гг. ПИЯФ принимал участие в коллайдерном эксперименте D0 в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми, посвященном изучению процесса столкновения протонов с антипротонами с суммарной энергией сталкивающихся частиц 1,96 ТэВ. Главными задачами эксперимента D0 являлись прецизионная проверка Стандартной модели и поиски проявлений Новой физики. Группа ПИЯФ внесла крупный методический вклад в установку D0 – как в систему сбора информации с 50 000 каналов мюонного детектора, так и в программное обеспечение. В эксперименте D0 был получен ряд важных результатов: значительно повышена точность измерения масс t -кварка и W -бозона, получено свидетельство о рождении одиночных t -кварков, впервые определены нижний и верхний пределы частоты осцилляций (переходов из частицы в античастицу и обратно) B_s -мезонов.

С 1998 г. ПИЯФ участвует в международном эксперименте PHENIX по исследованию протон-протонных, протон-ядерных и ядро-ядерных столкновений при высокой энергии на ускорителе RHIC Брукхейвенской национальной лаборатории. В ОФВЭ были разработаны и созданы уникальные дрейфовые камеры для центральной трековой системы установки PHENIX. Физики ОФВЭ участвуют в проведении эксперимента и играют ведущую роль в анализе образования векторных мезонов в ядерных столкновениях. Одним из наиболее важных результатов эксперимента PHENIX стало обнаружение в 2004 г. нового состояния вещества – кварк-глюонной материи со свойствами почти идеальной глюонной жидкости.

В 2006 г. в ПИЯФ завершено производство оборудования для экспериментов на БАК. Были изготовлены 120 больших мюонных камер и 10 000 каналов высоковольтного питания для эксперимента CMS; детектор переходного излучения, состоящий из более чем 370 000 дрейфовых трубок, для эксперимента ATLAS; 660 многопроволочных пропорциональных камер для



А. А. Воробьев (слева), внесший ключевой вклад в концептуальный дизайн мюонных систем экспериментов CMS и LHCb на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН, и Б. В. Бочин (справа) на тестовых испытаниях прототипов мюонных камер в ЦЕРН

эксперимента LHCb и многопроволочные пропорциональные камеры с падовой структурой катодов для мюонного спектрометра эксперимента ALICE. В изготовлении оборудования для экспериментов на БАК активное участие принимали Лаборатория физики элементарных частиц (А. А. Воробьев с сотрудниками), Лаборатория кристаллооптики заряженных частиц (Ю. М. Иванов с сотрудниками), Лаборатория релятивистской ядерной физики (В. М. Самсонов с сотрудниками), Лаборатория адронной физики (О. Л. Федин с сотрудниками), Отдел мюонных камер (В. С. Козлов с сотрудниками), Группа мюонных камер (Б. В. Бочин с сотрудниками) и Отдел радиоэлектроники (В. Л. Головцов с сотрудниками).

В ПИЯФ в общей сложности создано 10 прототипов мюонных камер и протестировано на пионном пучке 3 ГэВ в ЦЕРН. Результаты этих работ были решающими при выборе предложения по конструкции детектора для мюонной системы детектора LHCb.

В 2010–2012 гг. эксперименты на первом этапе работы БАК позволили проводить исследования при рекордных энергиях сталкивающихся протонов 3 500 ГэВ + 3 500 ГэВ и 4 000 ГэВ + 4 000 ГэВ. В 2013–2014 гг. осуществлена модернизация БАК, позволившая увеличить энергию протонов до 6 500 ГэВ + 6 500 ГэВ. Одновременно была проведена модернизация всех четырех коллайдерных детекторов, в которую сотрудники ОФВЭ внесли важный вклад.

После открытия бозона Браута – Энглера – Хиггса Стандартной модели в 2012 г. и двухлетней остановки на модернизацию БАК возобновил свою работу в июне 2015 г. На втором этапе своей работы впервые с момента его создания энергия *pp*-соударений достигла проектной мощности 13 ТэВ – то есть стала приблизительно соответствовать энергиям, которые имели частицы после одной миллиардной доли секунды от начала Большого взрыва. Это позволило проводить экспериментальную проверку смелых гипотез о структуре пространства – времени и продолжить поиск новых элементарных частиц, составляющих основу темной материи Вселенной.

31 августа – 5 сентября 2015 г. в Санкт-Петербурге состоялась 3-я ежегодная конференция «Физика Большого адронного коллайдера – 2015», одним из основных организаторов которой являлся наш Институт. Эта конференция – результат слияния и логическое продолжение двух крупнейших научных мероприятий, посвященных обсуждению результатов, полученных на предыдущем поколении коллайдеров. Первые две конференции из новой серии «Физика Большого адронного коллайдера» состоялись в мае 2013 г. в Барселоне (Испания) и в июне 2014 г. в Нью-Йорке (США). В работе конференции приняло участие более 350 ученых из более 35 стран мира. Она объединила представителей всех четырех научных коллабораций БАК, а также физиков-теоретиков. Стала форумом для активных дискуссий между экспериментаторами и теоретиками по таким темам, как физика Стандартной модели и за ее пределами, бозон Браута – Энглера – Хиггса, новые частицы и новые взаимодействия, суперсимметрия и физика столкновения тяжелых ионов. Все эксперименты БАК специально к конференции приурочили опубликование новейших результатов при впервые достигнутой максимальной энергии 13 ТэВ, а также новые результаты обработки данных, накопленных в ходе первого сеанса работы БАК.

Выбор Санкт-Петербурга в качестве принимающего конференцию города стал для России не только огромной честью, но и своеобразным признанием того значительного вклада,



А. А. Воробьев в качестве председателя оргкомитета открывает конференцию «Физика Большого адронного коллайдера – 2015» в Санкт-Петербурге

который вносят российские ученые, инженеры и программисты как в проекты, связанные с БАК, так и во весь комплекс ЦЕРН – крупнейший в мире центр фундаментальной физики микромира.

В 2014–2019 гг. экспериментом LHCb было достоверно установлено существование экзотических адронных состояний: пентакварков и тетракварков, характеризующихся скрытым очарованием. Их регистрация стала возможной благодаря стабильной работе мюонной системы детектора, разработанной, созданной, введенной в эксплуатацию и поддерживаемой группой сотрудников ОФВЭ (руководитель группы – А. А. Воробьев).

Физические измерения очередного, третьего этапа работы БАК, в которой сотрудники ОФВЭ принимают активное участие, возобновятся в 2022 г. Наиболее значительным достижением исследований на БАК в настоящий момент является открытие в 2012 г. бозона Браута – Энглера – Хиггса – кванта фундаментального вакуумного электрослабого поля Стандартной модели – экспериментами CMS и ATLAS, за предсказание которого в 2013 г. была присуждена Нобелевская премия.

В последние годы А. А. Воробьев занимался загадкой зарядового радиуса протона. Для решения этой проблемы в 2016 г. им был предложен эксперимент по исследованию малоуглового электрон-протонного рассеяния методом детектирования протонов отдачи установкой типа ИКАР. Цель эксперимента – прецизионное измерение радиуса протона и решение существующей загадки радиуса протона, связанной с наблюдаемым различием в величине радиуса, извлекаемого из опытов по рассеянию электронов и мюонов на протоне и из атомных и мезоатомных спектров. В настоящее время эксперимент «Протон» по электронному рассеянию готовится группой ПИЯФ к постановке на ускорителе MAMI в Майнце. И одновременно готовится проведение аналогичного эксперимента AMBER на мюонном пучке SPS ЦЕРН, где центральную роль будет также играть установка типа ИКАР, создаваемая той же группой ПИЯФ под руководством А. А. Воробьева и А. А. Васильева.

Научно-организационная деятельность Алексея Алексеевича невероятно плодотворна: он был бессменным председателем Ученого совета ОФВЭ, руководителем Ядерных семинаров ОФВЭ, благодаря ему создан объединенный семинар ОФВЭ и Отделения теоретической физики. По инициативе Алексея Алексеевича в конце каждого года проводится четырехдневная научная сессия Ученого совета ОФВЭ, где руководители подразделений представляют доклады по всем направлениям деятельности Отделения. Эта сессия стала своеобразной мини-конференцией, где охвачены практически все мировые проблемы физики ядра, элементарных частиц и достижения в области детекторных технологий.

Помимо этого, Алексей Алексеевич руководил «Петербургской школой по экспериментальной физике высоких энергий», поддерживаемой грантами Президента РФ (1996–2015). На основе гранта Правительства РФ, полученного в начале 1990-х гг., под руководством А. А. Воробьева была создана инфраструктура с учебными помещениями и общежитием, которая стала основой учебно-образовательного центра ПИЯФ.

Один из самых цитируемых российских физиков, автор и соавтор более 1 600 публикаций, учитель, воспитавший 8 докторов и 22 кандидата физико-математических наук, Алексей Алексеевич Воробьев относится к созвездию отечественных ученых мирового уровня, глубоко преданных науке и оставивших в ней яркий, неизгладимый след.