Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

К 70-летию со дня рождения Александра Николаевича
Васильева, *ТМФ*, 2011, том 169, номер 1, 3–8

DOI: <https://doi.org/10.4213/tmf6703>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.196.121.252

26 апреля 2023 г., 13:14:17

АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ
(1.09.1940 – 10.10.2006)

1 сентября 2010 года исполнилось 70 лет со дня рождения Александра Николаевича Васильева, выдающегося ученого, талантливого физика-теоретика и уникального педагога.

А. Н. Васильев родился 1 сентября 1940 года в Пскове. Там же он получил среднее образование, окончив школу с золотой медалью. В школе он серьезно увлекался химией, астрономией и математикой. В 1957 году поступил на Физический факультет Ленинградского государственного университета, где учился на Кафедре теории ядра и элементарных частиц (сейчас – Кафедра физики высоких энергий и элементарных частиц), с которой связана вся его научная и преподавательская деятельность. Первая научная работа А. Н. Васильева, выполненная под руководством М. А. Брауна, была посвящена модели облаченных частиц, незадолго до того предложенной Ю. В. Новожиловым. В 1963 году Александр Николаевич, работая самостоятельно, обратился к сложнейшей проблеме, находящейся на стыке абстрактной математики, математической и теоретической физики, – проблеме математически корректного построения квантовой теории поля и исследования ее свойств на основе последовательной системы аксиом. Один из первых его результатов устанавливал связь между свойствами функционалов Вайтмана и размерностью вакуума. Незадолго до того один из лидеров аксиоматического подхода Х. Дж. Борхерс высказал утверждение, впоследствии названное структурной теоремой: *всякий функционал Вайтмана может быть представлен в виде суперпозиции чистых функционалов; такое представление единственно и соответствует разложению порождаемого данным функционалом поля на неприводимые; чистым функционалам отвечают*

теории с единственным вакуумом. Впоследствии стало понятно, что это утверждение неверно практически во всех основных пунктах. А. Н. Васильев доказал, что если функционал Вайтмана удовлетворяет не только обычным аксиомам, но и добавочному требованию конечномерности вакуумного подпространства, то теорема Борхерса применима к нему в полном объеме. В 1967 году А. Н. Васильев защитил кандидатскую диссертацию “Алгебраические аспекты аксиоматики Вайтмана”, а в 1972 году был удостоен премии Ленинского комсомола за цикл работ “Алгебраические аспекты квантовой теории поля”. В то время это была самая престижная государственная премия для молодых исследователей, которая присуждалась за наиболее важные научные достижения.

В конце 70-х годов Александр Николаевич заинтересовался проблемой спонтанного нарушения симметрии. Он исследовал свойства вырождения вакуума по калибровочной группе или группе вращений и показал, что возникающие в этом случае добавочные степени свободы могут быть описаны операторами рождения и уничтожения шпуриона. Тогда же у него появились первые ученики – А. Ф. Якубов и Н. В. Борисов.

На курсах иностранных языков, организованных тогда для подготовки специалистов-преподавателей для работы в странах Африки, А. Н. Васильев выучил французский язык и в 1964–1965 годах преподавал физику в Мали. Знание языка пригодилось ему во время поездки во Францию в 1969–1970 годах, где он познакомился с группой выдающихся теоретиков (С. De Dominicis, Е. Brezin, J. Zinn-Justin). Стажировка в Сакле радикально повлияла на его научные интересы – А. Н. Васильев обратился к изучению, разработке и применению функциональных методов квантовой теории поля.

Термин *функциональные методы* объединяет ряд различных математических приемов, позволяющих перевести традиционный операторный формализм квантовой механики на язык классических объектов – нелинейных функционалов. Этот язык (функциональные интегралы, производящие функционалы функций Грина и S -матрицы, функциональные преобразования Лежандра, вариационные принципы) чрезвычайно удобен для записи фундаментальных соотношений теории поля, например теорем Вика. Он универсален и может быть использован в самых разных областях теоретической физики: в квантовой теории поля, квантовой статистической физике полевых и спиновых систем, классической статистике неидеального газа и др. Особенно важно, что этот аппарат позволяет выйти за рамки обычной теории возмущений и использовать точные свойства теории (например, выпуклость преобразований Лежандра), что делает его незаменимым при изучении аномальных решений в теории фазовых переходов и в квантово-полевых моделях со спонтанным нарушением симметрии. Именно использование функциональных методов позволило выполнить последовательное квантование неабелевых калибровочных полей.

Сейчас эти методы общеприняты, в современных монографиях именно они лежат в основе изложения квантовой теории поля. Но так было не всегда. Одна из первых работ А. Н. Васильева по функциональным методам, содержащая идею динамического спонтанного нарушения симметрии (эта идея известна сейчас в формулировке С. Коулмена и С. Вейнберга, содержащихся в их статье 1973 года), не была принята к публикации из-за использования необычного формализма. Та же судьба постигла и следующую работу (написанную совместно с Ю. М. Письмаком), к сча-

стью опубликованную позднее в Вестнике ЛГУ (1975 г.). Это были одни из первых исследований аксиальных калибровок и производящего функционала S -матрицы в теории неабелевых калибровочных полей.

Остановимся на важных работах А. Н. Васильева, посвященных особенно актуальной сейчас проблеме аномального происхождения масс. В них рассматривалась зависимость плотности энергии вакуума от голых масс и констант связи. Вид этой зависимости дает косвенную информацию о возможности спонтанного возникновения массы в изначально безмассовой теории: она может появиться только в том случае, когда это энергетически выгодно, т. е. когда плотность энергии вакуума убывает с ростом массы. Обсуждались и модели объединенного слабого и электромагнитного взаимодействия лептонов с промежуточными бозонами, в которых все затравочные массы равны нулю. Было показано, что фотон и нейтрино устойчивы относительно спонтанного образования массы, тогда как заряженные лептоны неустойчивы. Между прочим, в этой работе было упомянуто о необходимости введения в объединенную модель нейтральных токов, чтобы они образовали базис алгебры Ли группы $U(2)$. По-видимому, к этой идее А. Н. Васильев пришел самостоятельно еще до того, как она стала общепризнанной благодаря работам С. Вейнберга и А. Салама и экспериментальному открытию Z -бозонов.

В большой серии работ 1973–1977 годов, выполненной А. Н. Васильевым совместно с новыми учениками А. Г. Басуевым, Н. М. Боголюбовым, А. К. Казанским, А. Л. Корженевским, Ю. М. Письмаком и Р. А. Раджабовым, дано исчерпывающее исследование свойств неприводимости функциональных преобразований Лежандра произвольного порядка для производящих функционалов функций Грина, S -матрицы и статсумм в моделях квантовой теории поля, классической и квантовой статистики полевых и спиновых систем и неидеального газа. Отметим, что даже сейчас в научной литературе используются обычно лишь первое преобразование Лежандра (“эффективное действие”) и (как правило, неосознанно) второе, несмотря на очевидную важность такой процедуры. Достаточно вспомнить, что известное приближение Хартри–Фока в многочастичных задачах, уравнение Горькова в теории сверхпроводимости и приближение прямых взаимодействий Крейчнана в теории турбулентности могут интерпретироваться как однопетлевые приближения для второго преобразования Лежандра соответствующих теоретико-полевых моделей.

В начале 80-х годов А. Н. Васильев обратился к задаче практического вычисления критических показателей. В рамках идеологии уравнений самосогласования (*конформного бутстрапа*) им совместно с Ю. М. Письмаком и Ю. Хонконеном была разработана элегантная техника вычисления многопетлевых безмассовых диаграмм Фейнмана, основанная на рекуррентных соотношениях уникальности. В ряде моделей критического поведения были вычислены критические показатели в недоступных ранее порядках $1/n$ -разложения. Непревзойденным “рекордом” остается расчет индекса Фишера η в нелинейной $O(n)$ -симметричной σ -модели в порядке $1/n^3$ (впоследствии “повторенный” А. Н. Васильевым совместно с С. Э. Деркачевым, Н. А. Кивелем и А. С. Степаненко для модели Гросса–Неве). В совместных с М. Ю. Налимовым, М. М. Перекалиным, Ю. М. Письмаком и Ю. Хонконеном работах эта техника была применена к более сложным калибровочно-инвариантным теориям: CP^{n-1} -модели, матричной $N \times p$ σ -модели и неабелевой теории полей Янга–Миллса. Метод соотношений уникальности нашел применение как в расче-

тах диаграмм Стандартной модели, так и для решения уравнения Янга–Бакстера в теории интегрируемых систем.

Изучая критические показатели в моделях с локальной калибровочной симметрией, А. Н. Васильев убедился в некоторой ограниченности подхода, основанного на уравнениях самосогласования, и выяснил преимущества метода ренормализационной группы для анализа критического поведения и расчета его количественных характеристик. В начале 1970-х годов метод ренормгруппы (развитый изначально в связи с потребностями физики элементарных частиц) произвел переворот в теории фазовых переходов. Этот метод позволил обосновать явление критической масштабной инвариантности (*скейлинг*) и систематически вычислять универсальные характеристики критического поведения (критические индексы и скейлинговые функции) в форме так называемых ε -разложений. Впоследствии область применения метода ренормгруппы расширялась и в настоящее время включает физику полимеров, нелинейную диффузию, различные задачи о случайных блужданиях, гидродинамику и др.

В 1983 году Л. Ц. Аджемян, А. Н. Васильев и Ю. М. Письмак применили аппарат ренормгруппы к стохастическому уравнению Навье–Стокса в связи с проблемой обоснования классической феноменологической теории Колмогорова–Обухова. Эта работа послужила базой для многолетнего плодотворного сотрудничества А. Н. Васильева с Л. Ц. Аджемяном, специалистом в области статистической физики и теории критического поведения. Она стала началом нового цикла исследований по теории развитой гидродинамической турбулентности, магнитной гидродинамике и турбулентной диффузии. Появились и новые ученики – М. Гнатич, Н. В. Антонов, М. В. Компаниец и другие. Совместное использование аппарата ренормгруппы с операторным разложением и ренормировкой составных полей (операторов) позволило обосновать явление аномального скейлинга в популярной модели турбулентной диффузии Обухова–Крейчнана как следствие существования в модели “опасных” составных операторов с отрицательными критическим размерностями, а сами размерности вычислить в третьем порядке ε -разложения (трехпетлевое приближение).

Будучи увлекающимся человеком, А. Н. Васильев не раз отклонялся от “магистральных” тем своих исследований и выполнял работы в смежных или даже совсем далеких областях теоретической физики. Так появились работы о способах суммирования рядов теории возмущений (с А. Г. Басуевым), предвосхитившие известные исследования Л. Н. Липатова, Ж. Зинн-Жустина и др., о нестационарной теории возмущений для сдвигов невырожденных уровней энергии (с А. Л. Китаниным), о корректном определении функционального интеграла для амплитуды рассеяния при наличии дальнего действия (с А. В. Кузьменко), цикл работ об адиабатическом формализме и квазиклассике, включая задачу о захвате частицы медленно меняющимся периодическим потенциалом (с М. А. Гузевым), и серия работ о распространении волн в случайно-неоднородных средах (с Л. Ц. Аджемяном и Ю. М. Письмаком). В начале нового века А. Н. Васильев заинтересовался и активно занимался проблемой теории фазовых переходов первого рода – образованием и ростом капель в переохлажденном газе. Им была аналитически решена задача о диффузии с граничным условием на подвижной границе.

Александр Николаевич обладал уникальным даром преподавателя и педагога. Он неоднократно признавался лучшим лектором Физического факультета. Его лекции

по классической электродинамике на третьем курсе Физфака стали легендарными (в настоящее время они изданы: “Классическая электродинамика. Краткий курс лекций” (Изд-во СПбУ, 2006; Изд-во БХВ-Петербург, 2010). Лекции А. Н. Васильева всегда отличались простотой и ясностью изложения самых сложных концепций. В этом проявлялся особый стиль его мышления, который способствовал формированию у его учеников столь необходимого для физика-исследователя навыка – видеть простую суть в сложном явлении. Преподавательская деятельность Александра Николаевича пришлась на период небывалых темпов развития теоретической физики. Чтобы в доступной для студентов форме рассказать о новейших достижениях современной физики, требовалось постоянное совершенствование курсов лекций. Он всегда успешно справлялся с этой весьма непростой задачей. Практически все выпускники Физического факультета за последние 40 лет общались с Александром Николаевичем как с преподавателем, слушали его лекции, сдавали ему экзамены или зачеты. Многим из них это дало возможность не только приобрести глубокие профессиональные знания, но и приобщиться к лучшим традициям Ленинградского (Санкт-Петербургского) университета.

Научные достижения А. Н. Васильева, его понимание аппарата квантовой теории поля и уникальный стиль преподавания нашли отражение в трех монографиях: “Функциональные методы в квантовой теории поля и статистике” (Изд-во ЛГУ, 1976; Gordon and Breach, 1998), “Квантовополевая ренормгруппа в теории критического поведения и стохастической динамике” (Изд-во ПИЯФ, 1998; Chapman and Hall/CRC, 2004) и “The Field Theoretic Renormalization Group in Fully Developed Turbulence” (совместно с Л. Ц. Аджемяном и Н. В. Антоновым; Gordon and Breach, 1999). Первые две книги представляют собой существенно расширенные и переработанные варианты курсов лекций, подготовленных и читавшихся им на протяжении многих лет для студентов старших курсов, специализирующихся в теоретической физике. В них А. Н. Васильев использует собственные методы изложения, в том числе для хорошо известных проблем, которые зачастую предстают более простыми, наглядными и в то же время более глубокими, чем при традиционном изложении. Достаточно обратить внимание на феноменологию фазовых переходов второго рода в главе 6 первой книги, в основу которой положена функциональная формулировка вариационного принципа. Упомянем также приведенное в третьей книге доказательство теоремы об $\mathcal{R}$ -операции, одновременно самое полное и самое краткое из существующих. Книги А. Н. Васильева содержат большой объем оригинального материала в изложении “из первых рук”. В качестве примера отметим идею итерационного решения функциональных уравнений для доказательства различных свойств связности и неприводимости диаграмм, позволившую автору с сотрудниками выполнить исчерпывающее исследование связности и неприводимости корреляционных функций в моделях квантовой теории поля и статистической механике, и совокупность методов расчета многопетлевых безмассовых диаграмм (включая упоминавшийся выше *метод уникальностей*).

Важная особенность книг А. Н. Васильева – детальное изложение “технологии” вычислений. Общие идеи всегда поясняются примерами конкретных вычислений с возможно более подробным изложением деталей (например, в третьей книге приведен полный расчет констант ренормировки классической φ^4 -модели в трехпетлевом приближении). Это делает их учебными пособиями, после изучения которых чита-

тель может сразу приступать к самостоятельной работе. Книги полезны и для специалистов, давно работающих в этой области. Все конечные результаты приводятся в единых унифицированных обозначениях с максимально достигнутой точностью и с исправлением допущенных в оригинальных исследовательских работах ошибок и опечаток. Это позволяет использовать книги как справочники и получать необходимую информацию без обращения к многочисленным оригинальным работам.

Без преувеличения можно констатировать, что А. Н. Васильеву удалось создать собственную научную школу со своим особенным стилем научного исследования. Многие его ученики: Н. В. Антонов, А. Г. Басуев, Н. М. Боголюбов, М. Бордаг (Германия), М. Гнатич (Словакия), Н. В. Борисов, М. И. Вязовский, С. Э. Деркачев, А. К. Казанский, Н. М. Кивель, М. В. Компаниец, М. Ю. Налимов, Ю. М. Письмак, А. С. Степаненко, Ю. Хонконен (Финляндия) и другие, давно ставшие самостоятельными исследователями, с гордостью ощущают принадлежность к школе Васильева.

Н. В. Антонов

профессор Физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета

С. Э. Деркачев

старший научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Математического института им. В. А. Стеклова РАН