

Памяти Николая Борисовича Нарожного

PACS number: 01.60.+q

15 февраля 2016 г. скоропостижно скончался выдающийся учёный и организатор науки, заведующий кафедрой теоретической ядерной физики Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, заместитель председателя Учёного совета НИЯУ МИФИ, доктор физико-математических наук, профессор Николай Борисович Нарожный. Николай Борисович известен как один из основателей физики сверхсильных электромагнитных полей. С середины 1960-х годов и до настоящего времени развитие этого раздела квантовой электродинамики неразрывно связано с его именем.

Николай Борисович родился в 1940 г. в Москве. С 1958 по 1964 гг. он учился в Московском инженерно-физическом институте, на кафедре теоретической ядерной физики. Руководителем Николая Борисовича на дипломной работе и в аспирантуре был А.И. Никишов. Тогда, в начале 1960-х годов, формировалось научное направление, развитию которого Николай Борисович посвятил всю свою жизнь. В 1962 г. Х. Райсом был впервые предложен непertурбативный метод описания рождения электрон-позитронной пары фотоном в поле сильной электромагнитной волны (нелинейный процесс Брейта – Уиллера). Обсуждение этой работы на семинаре теоретического отдела ФИАН вызвало всеобщий интерес — в руках теоретиков появился инструмент для разработки непertурбативной теории взаимодействия квантовых систем с полем мощного излучения. За очень короткий период времени было опубликовано сразу несколько фундаментальных работ, определивших развитие этой области на десятилетия и не потерявших своего значения до настоящего времени. В статье А.И. Никишова и В.И. Ритуса, вышедших в *ЖЭТФ* в феврале и мае 1964 г., был сформулирован метод вычисления нелинейных КЭД процессов в сильном электромагнитном поле: излучения фотонов электроном, образования пар фотоном, влияния поля на распада нестабильных частиц. Используя этот метод, Николай Борисович впервые рассчитал вероятности нелинейных комптон-эффекта и процесса Брейта – Уиллера в поле сильной электромагнитной волны, поляризованной по кругу (Н.Б. Нарожный, А.И. Никишов, В.И. Ритус, *ЖЭТФ*, сентябрь 1964 г.).

В своей кандидатской диссертации Николай Борисович впервые вычислил поляризационный оператор и дисперсионное соотношение фотона в постоянном скрещённом поле произвольной интенсивности, а также построил и обосновал непротиворечивость квантования в присутствии сильного постоянного электрического поля,



Николай Борисович Нарожный
(06.11.1940 – 15.02.2016)

рождающего пары из вакуума, существенно развив результаты ранних работ Заутера, Гейзенберга – Эйлера, Швингера и Фейнмана. В 1970-е годы научная работа Николая Борисовича была посвящена в основном непertурбативным расчётам КЭД-процессов в присутствии интенсивных электромагнитных полей и поиску новых точных решений релятивистских волновых уравнений в таких полях. Им были впервые решены задачи о рождении пар кулоновским центром в сильном скрещённом поле, периодическим электрическим полем, а также найдены решения уравнения Дирака и Клейна – Гордона в постоянном электрическом поле и распространяющейся вдоль него плоской электромагнитной волне. При этом удалось найти калибровку, в которой эти решения выражаются в элементарных функциях, — этот удивительный результат был переоткрыт западными авторами только в конце 1990-х годов.

В 1979–1980 гг. Николай Борисович проходит стажировку в Рочестерском университете (США), в группе проф. Д. Эберли. Здесь он включается в новую для себя область исследований — квантовую оптику, где им был открыт и исследован эффект коллапса и возрождения когерентного состояния резонансной моды в полости. К настоящему времени эти работы стали классическими, а само понятие коллапса и возрождения — одним из широко используемых в квантовой оптике. В тот же период Николай Борисович продолжал работать над радиационными поправками в сильных полях, предложив оригинальный метод выделения главных асимптотик в высших порядках массового и поляризованного операторов в постоянном скрещённом поле и высказав весьма глубокую гипотезу о модификации параметра разложения теории возмущений и усилении радиационных эффектов в сильном поле. По существу, речь идет о том, что для ультрарелятивистских частиц в полях, даже не превосходящих критическое значение $\sim 10^{16}$ В см⁻¹, квантовая электродинамика перестаёт быть пертурбативной, а все известные результаты могут потерять применимость. Эти работы легли в основу докторской диссертации Николая Борисовича.

С середины 1980-х годов начался новый этап в развитии физики сверхсильных полей — благодаря реализации технологии CPA (Chirped Pulse Amplification) существенно увеличилась интенсивность доступного экспериментаторам лазерного излучения, что открыло возможности для экспериментальной проверки теоретических результатов, полученных на заре лазерной эры. При этом стало ясно, что приближение плоской электромагнитной волны, использованное в большинстве ранних работ, является слишком грубым: сверхвысокие интенсивности могут быть достигнуты лишь в условиях жёсткой фокусировки. В работах конца 1980-х — начала 2000-х годов Николай Борисович развил теорию пондеромоторного рассеяния релятивистских электронов в лазерном фокусе, применив её, в частности, к решению фундаментального вопроса об эффективной массе электрона в сильном лазерном поле.

В конце 1990-х годов Николай Борисович заинтересовался так называемым эффектом Унру, под которым понимают гипотезу о том, что движущийся равноускоренно в вакууме наблюдатель должен регистрировать элементарные частицы с универсальным тепловым спектром, температура которого пропорциональна ускорению (температура Девиса–Унру). В силу принципа эквивалентности эффект Унру иногда связывают с явлением испарения чёрных дыр (эффектом Хокинга), широко известным в современной научной и научно-популярной литературе. Николай Борисович показал, что рассуждения, обычно используемые для обоснования эффекта Унру, содержат принципиальную ошибку — на самом деле моды Унру удовлетворяют некоторому искусственному граничному условию и не образуют полной системы в пространстве Минковского, а следовательно, не могут быть использованы для квантования. Эти работы породили широкую дискуссию, продолжающуюся и в настоящее время.

Другой фундаментальный вопрос, решённый в работах Николая Борисовича Нарожного, касается предельных значений интенсивности электромагнитного поля, достижимых при помощи лазерных установок. Им было показано, что поле фокусированного лазерного им-

пульса сверхвысокой интенсивности должно инициировать развитие самоподдерживающихся электрон-позитрон-фотонных каскадов, нарастание которых неизбежно приведёт к истощению лазерного импульса. Поскольку "затравочные" пары могут рождаться из вакуума спонтанно при интенсивности порядка 10^{27} Вт см⁻², не существует способа, ограничивающего развитие таких каскадов, а значит, интенсивность фокусированного поля не может превышать некоторого предела. Таким образом, была подтверждена высказанная Н. Бором гипотеза о существовании предельно достижимой напряжённости электромагнитного поля, рождающего пары из вакуума. Этот цикл работ положил начало новому направлению — моделированию лазерной плазмы в полях излучения экстремальной интенсивности.

До настоящего времени опытная проверка эффектов сильного поля в квантовой электродинамике ограничивается экспериментами по столкновению лазерного пучка с ультрарелятивистскими электронами, выполненными в конце 1990-х годов на линейном ускорителе в Стэнфорде (SLAC). В ближайшие годы ситуация должна измениться с вводом в строй новейших сверхмощных лазерных установок — европейской ELI (Extreme Light Infrastructure) и российской XCELS (eXawatt Center for Extreme Light Studies): эффекты, которые ещё недавно рассматривались как недоступные для опытной проверки, могут быть исследованы в лаборатории уже через несколько лет. Новые возможности эксперимента вызвали лавинообразный рост числа публикаций, посвящённых как пересмотру результатов старых работ, так и поиску новых идей и предсказанию новых эффектов. Николай Борисович находился в эпицентре этой активности, формируя повестку обсуждения и программу будущих экспериментов: благодаря его усилиям квантовая электродинамика в экстремальных световых полях занимает значительное место в исследовательской программе новых лазерных лабораторий.

Николай Борисович Нарожный был выдающимся организатором науки, сделавшим исключительно много для сохранения научных школ и связей. И хотя вся его трудовая жизнь связана с МИФИ, научный авторитет Николая Борисовича, его эрудиция, доброжелательное отношение к коллегам и всегда мудрая, уравновешенная позиция, направленная на поиск конструктивных решений, были востребованы всюду: в Курчатовском институте, Физическом институте РАН и Институте теоретической и экспериментальной физики, в Федеральных ядерных центрах и зарубежных университетах. В 2013 г. он (совместно с Ж. Муру) организовал ежегодный международный симпозиум по физике экстремальных световых полей (Extreme Light Science, Technologies and Applications), сразу же ставший одной из главных площадок для обсуждения принципиальных вопросов теории и определения экспериментальных приоритетов. Часто в сложных ситуациях коллеги Николая Борисовича обращались к нему за советом — его способность слышать различные точки зрения, приверженность принципам академической свободы, неизменно уважительное отношение к собеседнику всегда способствовали решению проблемы.

Много сил и времени Николай Борисович отдавал развитию кафедры теоретической ядерной физики МИФИ, которой руководил с 1983 г. до последнего дня своей жизни, и работе по модернизации МИФИ в целом.

Его важнейшей заслугой (особенно в трудные для российской науки 1990-е годы) было поддержание высокого уровня подготовки студентов и сохранение коллектива кафедры. В последние годы Николай Борисович уделял много внимания привлечению в МИФИ способных молодых сотрудников и известных иностранных учёных. Более 30 лет он был организатором летней школы по теоретической физике имени В.М. Галицкого. Основанная в начале 1970-х годов И.С. Шапиро и В.М. Галицким, эта школа уникальна по тематике и составу лекторов — в разное время в её работе принимали участие многие выдающиеся советские, российские и зарубежные физики. Преодолев финансовые и организационные трудности, Николаю Борисовичу после провала 1990-х годов удалось возобновить функционирование школы и вдохнуть в неё новую жизнь, придав ей статус международной.

Сочетание исключительной работоспособности, широты кругозора, неослабевающего интереса к физике, ощущения сопричастности к судьбе российской науки и образования и личной ответственности за их развитие делало, казалось бы, невозможное — с годами научная и организационная продуктивность Николая Борисовича только возрастала! Последние 15–20 лет были, пожалуй, самыми активными в его жизни: десятки статей и выступлений на конференциях, научная работа с аспирантами и молодыми учёными, организация конферен-

ций и школ, руководство диссертационным советом и работа в ВАК, участие в грандиозной работе по реорганизации НИЯУ МИФИ и экспертная деятельность — список, который можно продолжать и продолжать. Только теперь, когда Николая Борисовича больше нет с нами, начинает вырисовываться истинный масштаб его личности — его имя по праву можно поставить в один ряд с выдающимися предшественниками, руководившими кафедрой теоретической ядерной физики МИФИ: И.Е. Таммом, Л.А. Леонтовичем, В.Г. Левичем, В.М. Галицким и М.И. Рязановым.

Жизнь Николая Борисовича оборвалась на пике творческой активности, в разгар напряжённой работы. В нашей памяти он останется образом настоящего учёного, главным делом которого на всех этапах жизненного пути всегда была Физика.

*Е.Н. Аврорин, А.В. Андрияш, Н.Б. Бабичев,
В.А. Белинский, Г.С. Бисноватый-Коган,
Д.Н. Воскресенский, А.И. Никшиов, Ю.М. Каган,
Ю.Е. Лозовик, В.Д. Мур, А.В. Певницкий,
В.С. Попов, Ю.П. Попов, С.В. Попруженко,
В.И. Ритус, Г.Н. Рыкованов, А.М. Сергеев,
В.А. Симоненко, В.П. Соловьёв, М.Н. Стриханов,
Ю.А. Трутнев, А.М. Федотов, Б.Н. Четверушкин,
В.М. Чечёткин, В.П. Яковлев*