

**ПАМЯТИ  
ВАЛЕРИЯ АНАТОЛЬЕВИЧА РУБАКОВА  
16.02.1955–19.10.2022**



19 октября 2022 года ушел из жизни выдающийся физик-теоретик, крупнейший специалист в области физики элементарных частиц, квантовой теории поля и космологии, главный научный сотрудник Института ядерных исследований Российской академии наук, руководитель Секции ядерной физики Отделения физических наук РАН, академик Рубаков Валерий Анатольевич. Его научные работы во многом определили дальнейшее развитие этих областей, открыли несколько новых направлений развития теоретических исследований и инициировали широкомасштабную экспериментальную проверку теоретических предсказаний на стыке физики частиц и космологии.

Валерий Анатольевич Рубаков родился в Москве, окончил в 1972 году широко известную физико-математическую школу № 57. В том же году поступил на Физический факультет Москов-

ского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ), затем, в 1978 г., в аспирантуру Института ядерных исследований АН СССР (сейчас ИЯИ РАН). Работая здесь, он защитил кандидатскую и докторскую диссертации, прошел путь от младшего до главного научного сотрудника и несколько лет в сложные перестроечные годы (1987–1994) проработал в должности заместителя директора по науке.

Еще в университете он начал заниматься научной работой, его первой целью на студенческой скамье была ни много ни мало, а задача о квантовании гравитации. Полученные результаты в контексте космологических моделей получили развитие и навсегда привили ему любовь к гравитации, космологии и задачам в смежных областях.

Исследования непертурбативных процессов с нарушением барионного и лептонных чисел в калибровочных теориях привели к появлению ре-

зультатов, навсегда золотыми буквами вписавших имя молодого физика-теоретика в мировую историю развития естествознания. Для объяснения отсутствия античастиц вокруг нас требуется выполнение в ранней Вселенной условий Сахарова. Одно из них состоит в необходимости нарушения барионного числа на микроскопическом уровне, и такую возможность предоставляли обобщения Стандартной модели физики элементарных частиц (далее, Стандартная модель) в рамках идеи о теории Великого объединения калибровочных взаимодействий. В 1981 г. В.А. Рубаков показал, что предсказываемые в таких моделях магнитные монополи (аналоги частиц с электрическим зарядом) приводят при попадании в протон к его распаду. Это принесло ему мировую славу и подстегнуло поиски таких объектов и таких процессов в космических лучах и подземных лабораториях.

На самом деле барионное число нарушается и в Стандартной модели за счет аномальных квантовых процессов. В 1985 г. совместно с В.А. Кузьминым и М.Е. Шапошниковым В.А. Рубаков показал, что в ранней Вселенной до эпохи электрослабого перехода эти аномальные процессы находятся в равновесии в плазме: сфалеронные переходы приводят к микроскопическому нарушению барионного заряда. Это открыло путь к построению моделей электрослабого бариогенезиса, в которых асимметрия между материей и антиматерией появляется в эпоху электрослабого перехода. Поиски новой физики на Большом адронном коллайдере мотивированы в том числе желанием прямой проверки этого механизма бариогенезиса. Наконец, тогда же указанными авторами было понято, что сфалероны, помимо барионного, нарушают также и лептонные квантовые числа, а в плазме той эпохи барионные и лептонные заряды перемешиваются. Из этого наблюдения скоро возникла идея лептогенезиса — создания асимметрии в лептонном секторе, а затем перераспределения этой асимметрии в барионный сектор сфалеронными переходами. Идея получила популярность в связи с растущими набором экспериментальных данных, указывающих на нейтринные осцилляции (переходы нейтрино одного типа в другие), что требовало модификации Стандартной модели в лептонном секторе. Она получила элегантное воплощение в рамках моделей со стерильными нейтрино и механизмом типа качелей, где асимметрия появляется в распадах этих новых электрически нейтральных фермионов с массами близкими масштабу теорий Великого объединения. Впоследствии были найдены условия успешного производства асимметрии и в моделях с более легкими частицами. В 1998 г. в работе с Е.К. Ахмедовым и А.Ю. Смирновым В.А. Рубаков предложил альтернативный вариант появления асимметрии в результате осцилляций стерильных и ак-

тивных нейтрино в первичной плазме. Здесь асимметрия возникала между активными и стерильными компонентами, и часть активных нейтрино переводилась в барионную асимметрию сфалеронными переходами. Такой вариант работает в моделях с легкими стерильными нейтрино, кинематически доступными в экспериментах по прямому поиску. Это привело к созданию многочисленных моделей с легкими новыми частицами, необходимыми для объяснения нейтринных осцилляций, барионной асимметрии Вселенной, темной материи и других нерешенных загадок современной фундаментальной физики. В то же время, это инициировало поиски таких легких частиц на работающих установках и развитие многочисленных проектов будущих экспериментов для осуществления непосредственной проверки широкого набора предсказаний наиболее перспективных моделей новой физики с легкими частицами.

В течение всей своей научной карьеры, параллельно с развитием новых идей в области физики элементарных частиц, В.А. Рубаков работал над вопросами из области гравитации, и эта работа была не менее продуктивной. Его продуктивности как генератора новых идей невозможно не удивляться. С самого момента возникновения моделей ранней инфляционной стадии развития Вселенной, его заинтересовал вопрос о физических процессах той эпохи. В 1982 г. совместно с А.В. Веряским и М.В. Сажиним он нашел, что рождаемые на инфляционной стадии гравитационные волны приводят к появлению специфической анизотропии температуры реликтового излучения. Этот эффект и сейчас является основным для экспериментального ограничения амплитуды первичных гравитационных волн, а значит, и темпа расширения, и плотности энергии Вселенной инфляционной эпохи. В 1983 г. совместно с М.Е. Шапошниковым им была предложена концепция многомерного пространства, где наш трехмерный мир — это топологический дефект, трехмерная доменная стенка, на которой за счет взаимодействия с образующим стенку полем локализованы наши частицы. У такой модели существует аналог в физике твердого тела, когда электромагнитное взаимодействие в ряде случаев делает электроны эффективно двумерными, позволяя свободно двигаться лишь вдоль плоскости. В рамках такого подхода предлагалось также решение фундаментальной проблемы космологической постоянной: получение мира с нулевой энергией вакуума. Спустя 15 лет такое решение действительно было найдено, многомерные модели стали активно развиваться, а сама концепция получила название “мир на бране”. Кроме того, были предложены различные варианты реализации идеи с большими дополнительными пространственными измерениями, локализации полей

Стандартной модели и ее обобщений, гравитации. Получены многочисленные предсказания в астрофизике, космологии, для прецизионных измерений, ускорительных экспериментов, которые активно проверялись и проверяются в том числе на Большом адронном коллайдере. Здесь В.А. Рубакова интересовали процессы с эффективным (с точки зрения трехмерного наблюдателя) несохранением зарядов, нарушением унитарности, исчезновением массы, а также построение реалистичных космологических моделей и получение специфических для этих моделей предсказаний (например, диффузных гравитационных волн), подходы к решению проблемы большой разницы между гравитационным и электрослабым энергетическими масштабами за счет понижения гравитационного масштаба.

В 1984 г. В.А. Рубаков начал работать над изучением процессов рождения частиц в туннельных квантовых переходах в расширяющейся Вселенной. Им с Г.В. Лаврелашвили и П.Г. Тиняковым было исследовано нарушение когерентности в изменяющих топологию туннельных процессах во Вселенной, и показана его критичность в том числе для процессов с квантовым рождением новых вселенных. Перспективы создать новую Вселенную “в лаборатории” вдохновляли Рубакова на протяжении всей научной карьеры. В начале 90-х годов он исследовал влияние непертурбативных процессов, таких как инстантонные переходы, на рассеяние частиц. Потом встал вопрос о возможном усилении сечения множественного рождения частиц и вызванной этим потери унитарности при высоких энергиях, что было актуально, в частности, для множественного рождения хиггсовских бозонов на будущих высокоэнергетических адронных коллайдерах. Задача представляла интерес и в связи с открывающейся перспективой прямого обнаружения процессов с нарушением барионного числа в столкновениях на Большом адронном коллайдере. В ходе многолетней работы им с коллегами удалось показать несправедливость таких ожиданий: множественное рождение не усиливается, процесс с нарушением барионного числа на коллайдерах ожидать не следует. Тем не менее, непертурбативные процессы вполне могут иметь наблюдаемые в физических процессах следствия. Именно возможность экспериментальной проверки (пусть и в перспективе) новых физических идей всегда привлекала В.А. Рубакова. Так в 1998 г. он совместно с В.А. Кузьминым обратил внимание, что события космических лучей сверхвысоких энергий могут содержать продукты распадов сверхтяжелых реликтовых частиц (возможно частиц темной материи), происходящих на непертурбативном уровне из-за инстантонных переходов.

Начиная с 2000-х годов много внимания В.А. Рубаков уделял развитию моделей с моди-

фицированной гравитацией. Здесь были и многомерные теории, и попытки построить теоретически непротиворечивую модель с массивным гравитоном. Интерес к последней задаче возобновился в связи с открытием на рубеже столетий ускоренного расширения современной Вселенной. Хотя и просто построение теории с массивным гравитоном оказалось очень сложной задачей, изучение космологии в таких моделях показало, что связь динамики расширения Вселенной с массой гравитона тут куда более сложная, чем ожидалось. На этом пути у Рубакова появился интерес к моделям с модифицированной гравитацией и нестандартной материей, не укладывающейся в простое представление о совокупности релятивистских (радиация) и нерелятивистских (пыль) частиц. Теории эти представлялись перспективными в том числе для создания реалистичных гравитационных моделей с проходимыми “кротовыми норами”, открывающими возможность научных фантазий (теория не обязана реализовываться в природе) на тему путешествий на космологически большие расстояния без нарушения причинно-следственных связей. Исследования в этом направлении привели его, в частности, к предложению новых, альтернативных инфляционному, механизмов генерации неоднородностей материи в расширяющейся Вселенной, согласующихся с современными космологическими наблюдениями. Последние годы жизни В.А. Рубаков с молодыми коллегами активно работал над развитием космологических моделей с альтернативными инфляционными решениями проблем теории горячего Большого взрыва: циклических моделей развития Вселенной и моделей с отскоком, когда стадия сжатия сменяется стадией расширения.

Научные заслуги Валерия Анатольевича Рубакова были отмечены многочисленными международными и российскими премиями и наградами: Золотая медаль с премией для молодых ученых Академии наук СССР (1984), Премия им. А.А. Фридмана РАН (1999), Премия им. И.Я. Померанчука ИТЭФ (2003), Премия им. М.А. Маркова ИЯИ РАН (2005), Премия им. Б.М. Понтекорво ОИЯИ (2008), Премия Солвейских физических кафедр (Брюссель, 2009), Премия им. Х.Д. Йенсена ИТФ Университета Рупрехта-Карла (Гайдельберг, 2009), Премия им. Ю. Весса от Технологического института (Карлсруэ, 2010), Премия им. М.В. Ломоносова МГУ (2012), Премия им. Н.Н. Боголюбова ОИЯИ (2014), Демидовская премия (2016), Гамбургская премия по теоретической физике (2020). В возрасте 35 лет в 1990 г. он был избран членом-корреспондентом РАН (самый молодой в то время) и стал действительным членом в 1997 г. В 2015 г. он стал членом Гамбургской

академии наук и Американской академии наук и искусств (США).

Нельзя не отметить учебники, написанные В.А. Рубаковым по теории поля и калибровочным полям, по космологии (совместно с Д.С. Горбуновым) и по теории групп и симметрий (совместно с А.П. Исаевым): “Классические калибровочные поля” (1999), “Классические калибровочные поля: Теории с фермионами. Некоммутативные теории” (2005), “Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва” (2008), “Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория” (2009), “Теория групп и симметрий: Конечные группы. Группы и алгебры Ли” (2017), “Теория групп и симметрий: Представления групп Ли и алгебр Ли. Приложения” (2020). Эти издания стали настольными книгами специалистов, работающих в этих быстроразвивающихся областях теоретической физики.

Заметное время он уделял и организации научной деятельности. Рубаков стоял у истоков создания и на разных этапах принимал активное участие в работе Российского фонда фундаментальных исследований, фонда “Базис”, других научных фондов, входил в редколлегии нескольких российских и зарубежных журналов, много лет возглавлял журнал “Успехи физических наук” и Секцию ядерной физики Отделения физических наук РАН, длительное время работал в составе Наблюдательных научных советов CERN (Женева) и ИСТР (Триест). На протяжении трех десятков лет он руководил организацией серии Международных семинаров “QUARKS”, проводившихся в разных городах России и неизменно собиравших сильнейших ученых со всего мира. Но еще больше времени он уделял преподавательской деятельности, работе с молодежью, воспитанию нового поколения физиков-теоретиков, чтению научных и научно-популярных лекций. Он был профессором МГУ,

более десяти лет руководил Кафедрой физики частиц и космологии на Физическом факультете. У него несколько десятков учеников, которые работают в ведущих мировых научных центрах России, Европы, США и продолжают дело своего учителя.

Валерий Анатольевич обладал, казалось, неиссякаемым источником энергии. Он любил физику во всех ее проявлениях, с большим энтузиазмом начинал разбираться в самых разных научных вопросах, с которыми к нему обращались коллеги. И всегда совместное обсуждение с ним приоткрывало одно, а нередко и несколько направлений возможного решения вопроса. Общение с ним каждый раз оказывалось полезным и создавало позитивный настрой на дальнейшую работу. При этом за какое бы дело он ни брался, будь то научное исследование или административная работа, публичная лекция или учебный семинар, он всегда работал на результат, и результат этот был оказывался востребованным.

Таким энергичным, поразительно талантливым, ярким ученым, при этом очень отзывчивым и великодушным человеком навсегда останется он в наших сердцах.

*Д.С. Горбунов, Е.Х. Ахмедов,  
Ф.Л. Безруков, В.В. Белокуров,  
В.А. Березин, Р.А. Буренин,  
С.А. Гребенев, А.В. Иванчик,  
А.Л. Катаев, В.В. Кочаровский,  
Д.Г. Левков, М.В. Либанов,  
В.А. Матвеев, А.Д. Миронов,  
С.А. Миронов, В.Ф. Муханов,  
К.А. Постнов, Г.И. Рубцов,  
М.В. Сажин, О.С. Сажина,  
Д.В. Семикоз, А.Ю. Смирнов,  
А.А. Старобинский, Р.А. Сюняев,  
И.И. Тимирязев, П.Г. Тиняков,  
И.И. Ткачев, Е.М. Чуразов,  
М.Е. Шапошников, Д.Т. Шон,  
Л.Р. Юнгельсон*