

PERSONALIA

Борис Валерианович Чириков

(К 70-летию со дня рождения)

6 июня 1998 года исполнилось семьдесят лет академику Борису Валериановичу Чирикову, заведующему теоретическим отделом Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения РАН.

Его имя хорошо известно всем, кто сталкивается с проблемой динамического хаоса — феномена хаотического поведения детерминированных классических и квантовых систем. Главное значение физической теории динамического хаоса, основателем которой по праву считается Б.В. Чириков, состоит прежде всего в том, что она вскрывает механизм и условия возникновения статистических закономерностей в природе и дает им полное детерминистическое объяснение.

Б.В. Чириков принадлежит к первому выпуску физико-технического факультета МГУ (ныне МФТИ). Еще студентом он участвовал в экспериментальных исследованиях в Теплотехнической лаборатории (ныне ИТЭФ). По приглашению руководителя Лаборатории новых методов ускорения Андрея Михайловича Будкера молодой физик Борис Чириков переходит в 1954 г. на работу в ЛИПАН (ныне Российский научный центр "Курчатовский институт") и посвящает себя решению актуальных проблем ускорителей и плазмы. В 1958 г. А.М. Будкер организует в Новосибирском Академгородке ИЯФ СО РАН, активным сотрудником которого становится Б.В. Чириков.

Ранний период научной деятельности Б.В. Чирикова связан с решением двух проблем, поставленных А.М. Будкером. Первая — изучение процесса ионной компенсации интенсивного релятивистского электронного пучка в условиях образования и разрушения виртуального катода (1957 г.). Результат этих исследований — построение бетатрона Б-3 с рекордными даже по сегодняшним стандартам параметрами. Позднее (1968 г.) появится и станет классической работа Б.В. Чирикова, где он развивает теорию А.М. Будкера о когерентной поперечной неустойчивости кольцевого электронного пучка с ионной компенсацией.

Вторая проблема — исследование влияния нелинейных резонансов на точность сохранения адиабатического инварианта в открытых ловушках с магнитными пробками, предложенных А.М. Будкером для удержания горячей плазмы. Эксперименты ясно указывали на необычный механизм потерь частиц, связанный с их хаотическим поведением. Для описания новых явлений требовались новые подходы, и Б.В. Чириков приступает к разработке своей теории хаоса, согласно которой хаотическое движение может возникнуть в полностью детерминированных системах и описываться обычными законами статистической механики.

Уже в первой работе этого цикла (1959 г.) был введен физический критерий появления хаотических колебаний в нелинейных гамильтоновых системах, в настоящее время широко известный как критерий Чирикова. Основанный на понятии перекрестия нелинейных резонансов, этот критерий позволяет относительно просто находить условия перехода к статистическому описанию динамики системы. С его помощью Б.В. Чириков объяснил результаты выполненных в



Борис Валерианович Чириков

лаборатории А.М. Будкера исследований по удержанию электронов в открытой ловушке, что явилось первым применением физической теории хаоса к эксперименту.

Разработанные Б.В. Чириковым аналитические методы позволили ему, в частности, решить поставленную еще в прошлом столетии знаменитую задачу Пуанкаре о размере хаотического слоя в окрестности сепаратрисы нелинейного резонанса (1979 г.). Этот результат послужил основой для построения эффективной оценки скорости диффузии Арнольда — механизма универсальной неустойчивости многомерных нелинейных колебаний, который был предсказан В.И. Арнольдом еще в 1964 г. Это явление играет основную роль в столь различных процессах, как динамика Солнечной системы (включая астероиды, кометы и даже планеты) и удержание протонов в накопительных кольцах современных коллайдеров. Позже (1988 г.) Б.В. Чириковым был предска-

зан и затем подтвержден численно новый механизм быстрой диффузии Арнольда, скорость которой зависит от параметра возмущения по степенному, а не экспоненциальному закону.

В 1979 г. Б.В. Чириков публикует большую обзорную статью (*Phys. Reports* 52 263 (1979)), где излагает полученные им и его сотрудниками основы теории динамического хаоса в классических гамильтоновых системах и ее приложения. Эта работа вскоре получила среди специалистов название "Библия хаоса".

Характерной особенностью научного подхода Б.В. Чирикова является сочетание строгих аналитических методов и приближенных физических оценок с широким численным экспериментом на простых, но не тривиальных моделях. Одна из таких моделей (стандартное отображение Чирикова) настолько содержательна, что фактически лежит в основе теории и служит пробным камнем для теоретического описания различных свойств динамического хаоса. При таком комплексном подходе численный эксперимент играет зачастую определяющую роль, указывая направления теоретических и экспериментальных исследований новых физических явлений и закономерностей.

Опираясь на теорию динамического хаоса, Б.В. Чирикову с сотрудниками удалось решить целый ряд важных физических задач:

— Показано, что в динамической модели ускорения Ферми максимальная энергия частиц ограничена и определяется условием перекрытия резонансов (1964 г.).

— Решена проблема Ферми–Паста–Улама: аналитически найдены и численно подтверждены условия хаотического поведения цепочки связанных нелинейных осцилляторов (1965–1968 гг.).

— В моделях с диссипацией обнаружено и объяснено явление переходного хаоса и дана оценка его "времени жизни". Получены условия возникновения хаотического аттрактора в нелинейных диссипативных отображениях (1973 г., за несколько лет до всеобщего бума вокруг странных аттракторов).

— Решена уже упоминавшаяся задача Будкера о длительном удержании заряженной частицы в адиабатической ловушке (1978 г.), что внесло существенный вклад в общую теорию адиабатических инвариантов.

— Предсказана модуляционная диффузия (1981 г.) — новый важный тип слабой диффузии в колебательных системах, которая затем подробно исследовалась теоретически и численно в различных физических приложениях.

— Показано, что "внутренняя" динамика длинноволнового классического неабелева калибровочного поля типа Янга–Милса (в модели Мартиняна) может быть хаотической, т.е. уравнения этого поля в общем случае неинтегрируемы (1981 г.).

— Обнаружен универсальный режим степенного убывания возвратов Пуанкаре и корреляционных функций в динамических гамильтоновых системах с разделенным фазовым пространством. Эти статистические аномалии были объяснены на основе иерархической ренорм-структуры фазового пространства на границе хаоса (1988 г.).

— Выяснено, что динамика кометы Галлея является хаотической. Дана оценка времени пребывания кометы в Солнечной системе и объяснены аномалии в ее ранних (до нашей эры) появлениях (1989 г.).

С середины 70-х годов Б.В. Чириков и его сотрудники начинают исследовать динамический хаос в квантовых системах. Этими работами было фактически заложено новое направление в теоретической физике — квантовый хаос, который в настоящее время обнаружен в атомах, ядрах, сложных молекулах и других физических объектах.

Уже в первых работах этого цикла (1979–1981 гг.) были открыты совершенно неожиданные свойства квантового хаоса, потребовавшие пересмотра принципа соответствия в применении к системам с хаотическим поведением в классическом пределе. В частности, выяснилось, что даже в глубокой квазиклассической области соответствие между поведением классической и квантовой системы принципиальным

образом зависит от интервала времени, на котором проводится сравнение. Численные эксперименты на простейших моделях показали, что помимо уже известного относительно короткого баллистического временного масштаба, отвечающего движению начальных пакетов по классическим траекториям, имеется другой, более продолжительный диффузионный масштаб времени. На этом масштабе квантовая диффузия весьма близка к классической, однако ее механизм оказывается совершенно другим, не связанным с неустойчивостью соответствующей классической системы. Поэтому можно говорить, что квантовая диффузия является лишь хорошей имитацией классической, позволяя, тем не менее, использовать модифицированное квазиклассическое ее описание.

Ограниченность такой имитации приводит к удивительному явлению динамической локализации волновых пакетов, открытой Б.В. Чириковым и его соавторами в 1979 г. Ярким проявлением этой локализации является все увеличивающееся со временем отклонение квантовой диффузии от классической на временах, больших, чем диффузионный масштаб. Аналогом такой локализации является знаменитая локализация Андерсена, возникающая в моделях твердого тела со случайным потенциалом. Но локализация Андерсена обязана своим возникновением внешнему случайному потенциалу, тогда как динамическая локализация связана с квантовым хаосом, приводящим к псевдослучайному характеру матричных элементов гамильтониана в невозмущенном базисе. Близость этих двух явлений позволяет многие полученные для динамических систем результаты использовать в физике неупорядоченных систем.

На основе теории динамической локализации Б.В. Чирикову и его соавторам удалось предсказать и детально описать особенности диффузионного фотоэффекта для Ридберговских состояний атома водорода в микроволновом поле. Эти предсказания, включая и эффекты динамической локализации, были недавно подтверждены экспериментально.

Следует еще раз отметить особенность исследовательского подхода Б.В. Чирикова, предложившего (1977 г.) и использовавшего для получения большинства результатов по квантовому хаосу чрезвычайно богатую модель, широко известную под названием квантового ротатора. Этой модели посвящено множество статей, она и по сей день привлекает внимание физиков и математиков, развивающих новые подходы в теории квантового хаоса.

Исследования квантовых систем привели Б.В. Чирикова к парадоксальному выводу — в квантовом мире "настоящего хаоса" нет! Фактически то, с чем мы обычно имеем дело в квантовой механике, это псевдохаос, который зачастую достаточно хорошо имитирует уже привычный нам классический хаос. И хотя проявления псевдохаоса часто выглядят практически неотличимыми от "истинного" хаоса, в определенных ситуациях разница становится существенной. Дальнейшему развитию концепции квантового псевдохаоса посвящены недавние работы Б.В. Чирикова, в которых можно найти обсуждения самых неожиданных приложений теории хаоса к таким фундаментальным вопросам, как природа необратимости статистических законов или роль квантового измерения.

Напряженную научную работу Б.В. Чириков всегда сочетал с преподавательской и просветительской деятельностью. Его яркие лекции и нестандартно написанные учебники помогли войти в физику нескольким поколениям студентов Новосибирского университета.

Друзья и коллеги горячо поздравляют Бориса Валериевича с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, многих счастливых дней и творческого долголетия.

*В.Е. Балакин, Л.М. Барков, Н.С. Диканский,
Г.И. Димов, Э.П. Круляков, Г.Н. Кулипанов,
И.Н. Мешков, В.В. Пархомчук,
В.А. Сидоров, А.Н. Скринский*