

530.161(049.3)

СТОХАСТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ В КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ СИСТЕМАХ

Stochastic Behavior in Classical and Quantum Systems/Ed. G. Casati, J. Ford.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1977.— 375 p.— (Lecture Notes in Physics V. 93).

Книга представляет собой материалы конференции, состоявшейся в Комо (Италия), на родине Вольфа, в 1977 г. Конференция была организована Дж. Казати и Дж. Фордом и посвящена памяти Вольфа. Явление, заключающееся в том, что движение системы, описываемое детерминированными уравнениями, может при определенных значениях параметров системы стать стохастическим, стало в последние годы объектом пристального исследования в математике, физике, химии, биологии, экономике и др. Интерес к явлению стохастичности связан не только с принципиальной стороной вопроса и не только с его необычайной красотой и сложностью, но и с универсальностью его проявления в нелинейных системах и с многочисленными практически приложениями. Конференция в Комо явилась фактически первой конференцией, тематика которой была сосредоточена непосредственно на явлении стохастичности. Одновременно с этим организаторы конференции Дж. Казати и Дж. Форд включили в задачу конференции преодоление «научного провинциализма», обусловленного различием предметов и методов анализа в различных областях науки.

Все опубликованные материалы конференции можно разбить на три группы: 1) стохастичность в классических системах; 2) стохастичность в квантовых системах; 3) смежные вопросы. В этом порядке мы и будем их обсуждать.

1. В основе явления стохастичности в классических системах лежит локальная неустойчивость траекторий в фазовом пространстве. Она выражается в том, что расстояние между любыми двумя траекториями со сколь угодно малым различием начальных условий экспоненциально нарастает во времени. Поэтому явление стохастичности тесно связано с общими вопросами устойчивости нелинейных систем. Первая статья Дж. Контопулоса (G. Contopoulos) посвящена вопросам устойчивости и стохастичности в астрономии. Она затрагивает различные вопросы: проблему трех тел, проблему так называемого третьего интеграла движения, статистику Линден-Белла и др. В цикле из трех работ: А. Дж. Лихтенберга (A. J. Lichtenberg), Г. Р. Смита (G. R. Smith), К. Карни и А. Берса (C. F. F. Karney, A. Bers) — рассматривается движение заряженных частиц в поле электромагнитных волн и выясняются условия, при которых возникает стохастическое ускорение частиц. Этот круг вопросов исследуется давно в связи с проблемой так называемого стохастического нагрева частиц в термоядерных установках.

Ряд докладов был посвящен аналитическому и численному анализу модели Хенона — Хейлеса и ее модификациям. Эта модель представляет собой систему из двух взаимодействующих ангармонических осцилляторов с простейшей кубической связью. При энергиях системы, меньших некоторого критического значения, существует, кроме интеграла полной энергии, еще один (нетривиальный) интеграл движения. Однако при увеличении энергии второй интеграл разрушается, а движение системы становится стохастическим. Различные аспекты этого явления обсуждались в докладах Р. К. Чёрчила, Дж. Печелли и Д. Л. Рода (R. C. Churchill, G. Pecelli, D. L. Rod), Н. Сайто и А. Ичимуры (N. Saito, A. Ichimura), Р. Хеллемана и Т. Боунтика (R. H. G. Helleman, T. Bountic). Вопросы устойчивости в окрестности резонансов для систем с двумя степенями свободы обсуждались также в докладе М. Куммера (M. Kummer).

В статье О. И. Богоявленского рассмотрено возникновение осцилляционных движений со стохастической компонентой в большом классе задач, возникающих в общей теории относительности, газовой динамике и в конечномерных системах так называемого гидродинамического типа.

Доклад М. Дж. Фейгенбаума (M. J. Feigenbaum) был связан с исследованием эргодических свойств некоторого типа уравнений, возникающих в математической экологии.

2. В то время как в задачах о появлении стохастичности в классических системах сейчас имеется определенное качественное понимание, иначе обстоит дело с квантовыми системами. С одной стороны, сейчас уже стало очевидным, что в квантовой механике и в квантовой теории поля существуют ситуации, в которых явления, связанные с зарождением стохастичности, должны играть существенную роль. К ним относятся, например, задачи об энергетическом спектре сложных систем, задача об образовании молекулярных связей, взаимодействие атомов и молекул с сильным лазерным полем и др. С другой стороны, в построении теории стохастичности в квантовых системах делаются лишь первые шаги. Из многочисленных трудностей, возникающих в теории, достаточно назвать следующую: понятие локальной неустойчивости траекторий, представляющее собой удобный технический прием для анализа зарождения стохастичности в классических системах, отказывается в квантовой механике, где отсутствует понятие траектории.

Значительная часть статей была посвящена правилам квантования гамильтонианов, которые в классическом пределе описывают стохастическое движение. К ним относятся две статьи полубзорного характера: статья Я. Персиваля (J. C. Percival) о регулярном и нерегулярном спектре молекул и статья М. Гутцвиллера (M. C. Gutzwiller) о квазиклассических правилах квантования динамических систем со стохастическим поведением. К этому же кругу вопросов примыкают статьи Р. Маркуса, Д. Нойда и М. Кошчиковского (R. Marcus, D. Noid, M. Koshikowski) о связанных состояниях в молекулярной динамике, М. Тэйбора (M. Tabor) о роли периодических орбит в квазиклассическом квантовании и Р. Свимма и Дж. Делоса (R. T. Swimm, J. B. Delos) о квазиклассическом квантовании в случае, когда переменные не разделяются.

В статье А. Вороса (A. Voros) рассматривается новое определение эргодичности для квантовых систем в квазиклассическом приближении.

Особое место, по нашему мнению, занимает в сборнике статья Дж. Казати, Б. В. Чрикова, Ф. М. Израилева и Дж. Форда о стохастическом поведении квантового маятника под действием периодического возмущения. В то время как в классической механике существуют примеры систем со стохастичностью, поддающиеся точному анализу, в квантовой механике такого рода модели пока не найдены. Поэтому цитируемая статья, в которой проведен очень тщательный численный анализ квантовой системы со стохастичностью и сравнение ее поведения с классическими результатами, приобретает особую ценность. В частности, в этой работе получено отклонение в поведении на больших временах наблюдаемых средних за счет квантовых поправок.

3. Несколько статей сборника связано с попытками применения современного нелинейного анализа к различным проблемам физики твердого тела. В работе А. К. Скотта (A. C. Scott) рассмотрено разрушение магнитного потока в большом контакте Джозефсона. В работах С. Обри (S. Aubry) и Дж. Л. ван Хеммена (J. L. van Hemmen) нелинейный анализ и эргодическая теория применяются к кристаллическим структурам.

Статья Г. Хакена и А. Виндерлина (H. Haken, A. Wunderlin) посвящена анализу неустойчивостей в системе лазерного типа.

Наконец, некоторые специальные вопросы затронуты в работах М. Тода (M. Toda) (локализованные моды при наличии оптических неоднородностей), Д. Дорна и Ф. Гэрра (D. Dohn, F. Guerra) (стохастические смещения тензорных величин), С. Альберерио и Р. Хег-Крона (S. Albeverio, R. Hoegh-Krohn) (о методе форм Дирихле) и С. Колвелла, Н. Хэнди и В. Миллера (S. Kolwell, N. C. Handy, W. H. Miller) (о квазиклассическом квантовании вращающейся трехатомной молекулы).

В заключение следует заметить, что хотя материалы в сборнике и не отражают в полной мере реальных успехов в области исследования стохастичности, тем не менее в качестве первого опыта проведенная конференция, безусловно, достигла ряда положительных результатов. Статьи, вошедшие в рецензируемый сборник, будут стимулировать дальнейшее развитие нового и важного круга явлений нелинейной физики. Многие работы, вошедшие в сборник, привлекут внимание всех, кто интересуется современными проблемами нелинейного анализа и стохастичности.

Г. М. Заславский