

О Т Ч Е Т

о научно-организационной деятельности зав. (с 06.07.98 ГНС) теоретического
Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН
академика РАН Чирикова Б.В. за 1998 г.

1. НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Продолжены теоретические исследования и численные эксперименты по динамическому хаосу в классической и квантовой механике.

Классический хаос

Совместно с В.В. Вечеславовым продолжены численные эксперименты и теоретический анализ расщепления сепаратрисы нелинейного резонанса в модели стандартного отображения с целью более детального изучения тонкой структуры расщепления в зависимости от параметра возмущения K . Для этого относительная точность измерения угла в численных экспериментах была повышена на 20 порядков, до величины лучше 10^{-50} при средней точности $\sim 10^{-55}$. Главным результатом этих экспериментов является качественное изменение зависимости угла расщепления и симплектического инварианта при $K < 0.002$. Помимо этого, была обнаружена новая экспоненциальная составляющая при $K < 0.011$, природа которой остается открытой. Эти результаты представляют интерес для развития строгой математической теории, возможной для такой простой модели.

По той же причине совместно с Д.Л. Шепелянским исследовалась критическая структура этой модели на границе хаос-хаос. Используя различные методы численного эксперимента, мы показали, что асимптотически по времени возвраты Пуанкаре $P(\tau)$ и корреляции $C(\tau)$ убывают как $P \propto C/\tau \propto 1/\tau^3$, т.е. в соответствии с существующей теорией. Полученный результат разрешает давнее противоречие между теорией и предшествующими численными экспериментами, которое объясняется тем, что асимптотическая зависимость начинается при очень больших временах, что в свою очередь связано с медленной диффузией траектории в хаотических слоях критической структуры. Решающим доказательством в нашей работе послужило измерение новой характеристики критической структуры – времени выхода траектории в зависимости от расстояния до критической кривой. Это позволило наиболее далеко проникнуть вглубь критической структуры, что было недоступно для наиболее распространенного метода возвратов Пуанкаре. Мы предполагаем, что тот же самый показатель $p = 3$ должен быть справедлив и в общем случае границы хаос-порядок, и собираемся проверить это в новых численных экспериментах.

Существует еще одна трудная задача в теории стандартного отображения: вычисление критического значения K_{cr} параметра возмущения, ниже которого все траектории строго ограничены по импульсу. Значение K_{cr} известно лишь приближенно, и было получено путем численной чрезвычайно сложной и трудоемкой проверки некоторого строгого математического критерия. Вместо этого я использовал прямое измерение (на компьютере) времени перехода траектории между со-

седними резонансами отображения, как функции параметра возмущения K , что позволило сразу улучшить точность критического значения возмущения до $K_{cr} - K_g < 2.5 \times 10^{-4}$, т.е. примерно в 50 раз по сравнению с известным результатом. Здесь $K_g = 0.9716\dots$ – гипотетическое значение K_{cr} , равное критическому возмущению для так-называемой ”золотой” инвариантной кривой с ”наиболее иррациональным” числом вращения.

Сотрудник Института теоретической астрономии в Петербурге И.И. Шевченко, изучая численно критические явления в хаотическом движении астероидов, обнаружил новый, экспоненциальный, режим статистики возвратов Пуанкаре. Я подтвердил этот эффект, и высказал гипотезу, что такой режим связан с баллистической (быстрой) релаксацией в хаотическом слое в отличие от диффузионной (медленной) релаксации, исследованной ранее. Я предполагаю проверить эту гипотезу в специальных численных экспериментах.

Совместно с В.Г. Давидовским исследована динамика простой модели слабой (волновой) турбулентности второго звука в гелии II. Эта модель была предложена Халатниковым и Кройтером. Они нашли теоретически наиболее важный параметр модели – коэффициент нелинейной связи двух мод, получили решение в виде стационарных стоячих волн и определили критическое значение параметра внешней накачки, соответствующее потере устойчивости. Помимо этого, ими были проведены простые численные эксперименты, указывающие на переход, с ростом возмущения, к предельному циклу и хаосу (турбулентности). Мы продолжили эти эксперименты, используя весь современный арсенал методов исследования сложных нелинейных колебаний. В результате были подтверждены предположения о бифуркациях режима звука и аккуратно измерены их характеристики, включая спектры колебаний и фрактальную размерность хаотического аттрактора. Помимо этого, было показано удовлетворительное согласие критической мощности накачки с данными лабораторных экспериментов.

Квантовый хаос

Совместно с G. Casati и G. Maspero (Universita Insubria, Como, Italia) проведены численные и теоретические исследования влияния квантовых резонансов на локализацию диффузии в модели стандартного отображения. В частности, для ограниченной модели (на торе) показано, что при малой, но конечной, отстройке от резонанса квантовая локализация приводит к характерной регулярной структуре статистического равновесия с новым пространственным масштабом. Эти результаты опровергают недавние (ошибочные) попытки построения динамической теории квантовой локализации.

Совместно с F. Vivaldi (Queen Mary and Westfield College, London, UK) проанализирована противоречивая концепция *квантового хаоса*, т.е. динамического хаоса в ограниченных мезоскопических квантовых системах, как наиболее важного и универсального случая нового динамического явления – *псевдохаоса*. Последний характеризует нерегулярное поведение динамических систем с дискретным спектром энергии и/или частоты, и включает в себя также и классические системы в *дискретном фазовом пространстве*. Анализ проведен на основе алгоритмической теории дина-

мических систем, используя в качестве примера квантовое (дискретное) отображение Арнольда. В частности показано, что теорема, строго доказанная недавно для такого отображения (Т. Krüger and S. Troubetzkoy, Physica D **105**, 97 (1997)), фактически не имеет никакого отношения к квантовой механике из-за физически неправильной формулировки теоремы.

Работы были частично поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований, грант 97-01-00865.

Научные публикации

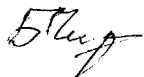
1. В.В. Вечеславов, Б.В. Чириков, Прецизионное измерение расщепления сепаратрисы нелинейного резонанса, ЖЭТФ **114**, 1516 (1998).
2. B.V. Chirikov and D.L. Shepelyansky, Asymptotic statistics of Poincaré recurrences in Hamiltonian systems with divided phase space, препринт ИЯФ 98-63, Новосибирск, 1998; cond-mat/9807365; Phys. Rev. Lett. (to be published).
3. B.V. Chirikov and F. Vivaldi, An algorithmic view of pseudochaos, preprint Budker INP 98-66, Новосибирск, 1998.
4. B.V. Chirikov, Critical perturbation in standard map: A better approximation, preprint Budker INP 98-75, Новосибирск, 1998.

2. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

1. Визит в университет им. П. Сабатье (Тулуза, Франция, июнь, июль): совместная работа с проф. Д.Л. Шепелянским по проблеме "Критическая структура на границе хаоса"; доклад "Необратимость: странный возврат к старому заблуждению".
2. Участие в Международной конференции "Классический хаос и его квантовые проявления" (Тулуза, июль): доклад "Взаимодействие нелинейных резонансов", научные обсуждения; совместная работа с проф. Ф. Вивальди (Лондон, Англия) по проблеме "Алгоритмическая теория псевдохаоса".
3. Участие в Международном конгрессе по статистической физике (Париж, июль): научные обсуждения; работа в комиссии УРАР по статистической физике.
4. Визит в Институт ядерной физики (Орсэ, Франция, июль): доклад "Псевдохаос: новый класс динамических явлений", научные обсуждения.

3. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

1. Руководство работами по теоретическому и численному исследованию динамического хаоса в теоретическом отделе ИЯФ.
2. Ученый секретарь спецсовета Д.002.24.02 при ИЯФ.
3. Член:
 - Ученого совета ИЯФ;
 - Объединенного ученого совета СО РАН по физико-техническим наукам;
 - научного совета по музеям СО РАН;
 - экспертной комиссии по присуждению золотой медали имени П.Н. Лебедева;
 - экспертной комиссии по присуждению золотой медали имени Л.Д. Ландау;
 - комиссии по статистической физике Международного союза чистой и прикладной физики;
 - редколлегии журнала "Прикладная механика и техническая физика".



Б.В. Чириков

31 декабря 1998 г.