

УДК 531.32

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СЦЕНАРИЯ ФЕЙГЕНБАУМА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ИОННЫХ ЛОВУШКАХ

Глухарёв Д.А. (Университет ИТМО), Рудый С.С. (Университет ИТМО),  
Щербинин Д.П. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д. ф.-м. н., профессор, Рождественский Ю.В.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** Локализация заряженных частиц в ионных ловушках осуществляется за счёт взаимодействия с электрическим полем, создаваемым электродами ловушки. Несмотря на лежащий в основе общий принцип, существуют различные конфигурации ионных ловушек, в которых могут реализовываться различные режимы динамики локализованных частиц. В то время как идеальной квадрупольной ловушке свойственна исключительно квазипериодическая динамика локализованных частиц, при локализации частиц в поверхностных ловушках априори реализуется нелинейный характер осцилляций частиц, и, как следствие, появляется возможность перехода динамики к хаотической [1]. Одним из возможных путей хаотизации является сценарий Фейгенбаума. Для эволюции динамики частиц по этому сценарию необходимо присутствие в системе диссипативной силы [2], в роли которой в случае локализованных в ионной ловушке частиц выступает вязкое трение окружающей среды [3]. При реализации сценария Фейгенбаума при изменении параметров системы происходит последовательное удвоение периода колебаний вплоть до перехода к хаотической динамике [4].

**Основная часть.** В данной работе освещается экспериментальное исследование хаотизации динамики частиц по сценарию Фейгенбаума. Для локализации частиц применялись поверхностные прозрачные радиочастотные ловушки с электродами из тонких плёнок оксида индия-олова. В качестве объекта для локализации использовались сферические микрочастицы боросиликатного стекла. При последовательном увеличении амплитуды переменного напряжения, подаваемого на электроды ловушки, наблюдалось усложнение траекторий локализованных частиц в координатном пространстве. При этом в составе спектров осцилляций частиц возникали гармоники удвоенных периодов, что свидетельствовало о реализации в системе сценария Фейгенбаума. Для регистрации осцилляций локализованных частиц и исследования их динамики был применён новый метод, основанный на детектировании изменений интенсивности проходящего и рассеянного лазерного излучения при осцилляции частицы в перетяжке лазера. С использованием нового метода регистрации колебаний удалось зафиксировать три последовательных удвоения периода в рамках одного цикла локализации. При этом в ходе эксперимента частота питания электродов ловушки оставалась постоянной.

**Выводы.** В работе представлены результаты экспериментального исследования хаотизации динамики локализованных в поверхностной ионной ловушке частиц при изменении параметров системы. Продемонстрировано, что хаотизация динамики частиц происходит в соответствии со сценарием Фейгенбаума. Обнаруженный эффект может быть использован как в области фундаментальных исследований хаотической динамики, так и для неdestructивной характеристики локализованных частиц.

### Список использованных источников:

1. Rudyi S. S. et al. Period-doubling bifurcation in surface radio-frequency trap: Transition to chaos through Feigenbaum scenario //Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. – 2023. – Т. 33. – №. 9.

2. Rasband S. N. Chaotic dynamics of nonlinear systems. – Courier Dover Publications, 2015.
3. House M. G. Analytic model for electrostatic fields in surface-electrode ion traps //Physical Review A. – 2008. – T. 78. – №. 3. – C. 033402.
4. Lichtenberg A. J., Lieberman M. A. Regular and stochastic motion. – Springer Science & Business Media, 2013. – T. 38.