

МЕТОД ДВОЙНОГО ЭФФЕКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ДИНАМИКИ ИОНОВ В ТРЕХМЕРНОЙ ГЕКСАПОЛЬНОЙ ЛОВУШКЕ

Петрелайнен С. Ю.¹

Научный руководитель – к.ф.-м.н., с.н.с. Рудый С. С.¹

¹Университет ИТМО

SofiaPetrelayainen@yandex.ru

Введение

Движение ионов в квадрупольной ионной ловушке описывается линейными обыкновенными дифференциальными уравнениями второго порядка (уравнения Матье). Решения уравнений Матье могут быть визуализированы на диаграмме стабильности Матье (Айнса-Стретта) в виде областей, соответствующих стабильному и нестабильному движению [1].

Динамика в мультипольных ловушках сложнее чем в квадрупольных. В мультипольной ионной ловушке динамика ионов может быть как квазипериодической, так и хаотической. Кроме того, может наблюдаться формирование нескольких стабильных положений квазиравновесия [2]. В настоящий момент универсального аналитического решения для описания ионов в трехмерной мультипольной ловушке не существует [2].

В данной работе предлагается два подхода для анализа динамики в трехмерной мультипольной ловушке на примере трехмерной гексапольной ловушки. Для анализа задачи динамики предлагается концепция двойного эффективного потенциала. Двойной эффективный потенциал заключается в усреднении исходного потенциала по времени, с последующим рассмотрением задачи в поле центральных сил [3]. Альтернативно, методом двойных сечений Пуанкаре можно снизить размерность нестационарной задачи на два, рассматривая совокупность стробоскопических сечений фазовых траекторий в зависимости от начальной энергии [4].

Основная часть

В работе исследуются особенности нелинейной динамики ионов в трехмерной гексапольной ионной ловушке. Получены уравнения движения частиц в трехмерной ионной ловушке в общем виде, уравнения движения получены с применением формализма Лагранжа. Задача Коши для полученных уравнений движения решалась численно методом Рунге-Кутты. Было реализовано два подхода для анализа динамики частиц. Первый подход подразумевал анализ динамики в двойном эффективном потенциале. Во втором случае динамика в исходной нестационарной системе анализировалась методом двойных сечений Пуанкаре численно. Проведено сравнение одинарных и двойных сечений Пуанкаре. Обнаружена сходимость траекторий при малом значении начальной энергии системы.

Выводы

В данной работе была предложена концепция двойного эффективного потенциала для описания динамики ионов в трехмерной гексапольной ловушке. Показано, что метод двойного эффективного потенциала позволяет перейти к рассмотрению стационарной задачи при малых значениях начальной энергии системы при инъекции ионов вблизи положения квазиравновесия.

Литература

1. Paul W. Electromagnetic traps for charged and neutral particles // *Reviews of modern physics*. 1990. Vol. 62, no. 3. P. 531.
2. Rudyi S. S., Vovk T. A., Rozhdestvensky Y. V. Features of the effective potential formed by multipole ion trap // *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*. 2019. Vol. 52, no. 9. P. 095001.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 1. Механика. 4-е изд., испр. М.: Наука, 1988. 216 с.
4. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика: пер. с англ. М.: Мир, 1984. 528 с.