

**Тезисы доклада**

Начало формы

1. **НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:**

(на русском языке) – **Инварианты в гравитационной задаче рассеяния**

(на английском языке) – Invariants in gravitation scattering problem

1. **АВТОРЫ:**

 (на русском языке) – Ефлов Э.В.

(на английском языке) – Eflov E.V.

1. **ОРГАНИЗАЦИЯ (полное наименование, без аббревиатур):**

(на русском языке) – Петрозаводский государственный университет

(на английском языке) – Petrozavodsk State University

1. **ГОРОД:**

(на русском языке) – Петрозаводск

(на английском языке) – Petrozavodsk

1. **ТЕЛЕФОН: +7 (8142) – 71-49-13**
2. **ФАКС:**
3. **E-MAIL: elmer.eflov@yandex.ru**
4. **АННОТАЦИЯ**:

(на русском языке) – Изучается ограниченная задача рассеяния. Показано, что существуют фрактальные инварианты энергетических характеристик, рассчитанных в рамках алгоритма метода ячеек. Продемонстрировано наличие предельных значений фрактальных размерностей.

(на английском языке) – We study the scattering problem. It is shown that there exist fractal invariants of energy characteristics, calculated in terms of cells simplex algorithm. Calculated limit values of fractal dimensions.

1. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**:

(на русском языке) – задача рассеяния, фрактальная размерность, метод ячеек.

(на английском языке) – scattering problem, fractal dimension, cells simplex algorithm.

1. **ТЕКСТ ТЕЗИСОВ ДОКЛАДА:**

Цель работы — установить наличие инвариантов в задаче рассеяния трех тел. При этом рассматривается подкласс задач моделирования звездных скоплений. Основную гипотезу можно сформулировать следующим образом: среди классифицируемых движений трех тел встречаются три возможных конфигурации ( [1]):

1. быстрый уход свободной компоненты;

2. хаотическое рассеяние - уход свободной компоненты после длительной эволюции;

3. квазпериодические движения, пара из которых, описывающих рассеяние, и представляют для нас интерес.

Так как задача является существенно стохастической - малое изменение начальных условий приводит к различным многообразиям конечных состояний определяемых классами начальных условий, то возможно рассмотреть методику вычисления характеристических классов, инвариантов, которые в некоторой степени однозначно определяют конечное многообразие энергетических состояний системы.

Предлагается в качестве числовой характеристики классов использовать фрактальную размерность, а так же более детализированную характеристику — распределение плотности в зависимости от параметров задачи. Последняя, т.е. функция распределения, интересна тем, что в рамках данной модели впоследствии можно написать уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова для эволюции функции распределения.

Поставленная задача предполагает решение фундаментальных проблем небесной механики связанных с задачей N тел. Кроме того, на данный момент процессы диссипации энергии в звездных скоплениях изучены слабо и требуют дополнительных исследований.

Рассмотренная в работе задача является ограниченной частной задачей небесной механики, она сформулирована достаточно давно, и, как известно, не имеет стабильного и устойчивого аналитического решения в общем виде уже для задачи трех тел.

В общем случае для N тел уравнения динамики образуют систему уравнений второго порядка, допускающую понижение порядка:

$$\ddot{r}\_{i}=\sum\_{i\ne j}^{N}Gm\_{j}\frac{r\_{ji}}{\left|r\_{ji}^{3}\right|}$$

где $r\_{ji}=r\_{i}-r\_{j}$, а $m\_{i}, r\_{i}- $масса, радиус-вектор *i*-го тела ( $i,j$= 1 *,* 2 *, . . . , N*), *G* — гравитационная постоянная. Массы тел, а также положения и скорости считаются заданными в начальный момент времени. В стандартной постановке задачи N-тел необходимо найти положения и скорости всех частиц в произвольный момент времени. Общий обзор состояния проблемы на 2011 год приведен, например, в монографии Орлова В.В. [3]

Численные методы решения данного класса задач, далеки от окончательной реализации; например, нет оценки их сходимости в ряде задач, не разработаны общие методы регуляризации для произвольных начальных условий при возникновении в системе тел многократных сближений и т.п. Кроме того, для некоторых перспективных численных методов, для которых построены математические модели, например, метод L-матриц, смысл которого состоит в представлении переменных задачи в категории гиперкомплексных чисел, включая октавы [2], существует программная имплементация только для небольшого числа алгоритмов.

Для проведения единичного численного эксперимента используется свободное программное обеспечение из пакета для расчетов общих задач звездной динамики Starlab (стндартная лицензия GNU/GPL). Утилиты из состава Starlab разбивают задачу N тел на несколько шагов: генерация начальных условий, численное интегрирование, возможные изменения системы координат, обработка результатов. Каждый этап представлен несколькими утилитами, причем, например, для численного интегрирования представлено несколько утилит осуществляющих те или иные методы численного интегрирования как и для общей задачи N тел так и для аппроксимирующих их методов задач звездной динамики. Каждая утилита обрабатывает текстовые потоки определенного формата передающиеся через вычислительный конвейер реализованный по стандарту POSIX (pipeline).

Из набора пакетов, которые входят в STARLAB использовался интегратор Kira, низкоуровневый интегратор по схеме Эрмита, стабильный интегратор leapfrog.

Для эффективного проведения эксперимента необходимо модифицировать задачу численного интегрирования таким образом что ее выполнение на современных процессорах или вычислительных кластерах происходит параллельно: то есть, эксперимент, в целом, разбивается на сегменты вычисление которых можно проводить одновременно на разных вычислительных единицах.

Отсутствие параллелизации вычислений в изначальном дизайне программного обеспечения Starlab - существенный его недостаток. Однако, так как пакет является свободным программным обеспечением, лицензия которого допускает изменение исходного пода с последующей перекомпеляцией, были реализованы тривиальные модификации исходного кода пакета для достижение параллельности вычислений. Однако, постановка эксперимента допускает естественное параллельное выполнение индивидуальных процессов моделирования. Каждый процесс моделирование зависит от своих начальных условий, соответствующих дискретному шагу в определенном диапазоне. Данный факт позволяет использовать различные значения дискретного многообразия начальных условий в одновременно проводимых на различных аппаратных единицах процесса моделирования. Для данной проблемы использовалось свободное программное обеспечение, распределяющее процесс выполнения и нагрузку по аппаратным единицам, а так же решающее задачу параллельного сведения.

В параллельных вычислений использовался GNU Parallel реализованный на интерпретируемом языке программирования perl Для организации эксперимента, в начале генерировалось необходимое количество файлов с начальными условиями для задачи Коши, так же объединились остальные этапы в единый сценарий для командной оболочки, и, для сведения результатов, они выводились каждый в индивидуальный файл.

Эксперименты проводились на базе вычислительного кластера ПетрГУ.

В результате численных экспериментов получены устойчивые выборочные функции распределения плотности дефекта энергии. Продемонстрировано, что для достаточно широкого класса многообразий значений начальных параметров, функции распределения являются достаточно устойчивыми, что позволяет использовать аппарат неравновесной статистической механики в рамках теорий стохастических дифференциальных уравнений и уравнения Фокера-Планка-Колмогорова в частности. Вычислены фрактальные размерности в рамках алгоритма реализующего метод ячеек. Продемонстрировано наличие предельных значений фрактальных размерностей

Список литературы.

1. Hietarinta J., M. S. Chaos in the one-dimensional gravitational three-body problem /J. Hietarinta, S Mikkola.Chaos, - 1993, P.183-203.

2. Полещиков С.М. Теория L-матриц и регуляризация уравнений движения в небесной механике / А.А. Холопов A.A. С.М. Полещиков. Сыктывкар: СЛИ, 1999. 255с.

3. Орлов В.В. Задача N тел в звездной динамике / А.В. Рубинов В.В. Орлов. ВВМ: СПб, 2008. 175с.