

Использование перехода к переменным действия ньютоновой задачи в численном моделировании задачи N тел

К.В.Лежнин¹, С.А. Чернягин¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

Решение задачи многих тел в создаваемом ими гравитационном поле имеет большое значение для астрофизических приложений. Именно задача многих тел является основополагающей при решении различных задач звездной динамики, динамики и эволюции звездных скоплений, галактик и галактических скоплений. Как известно, задача многих тел не имеет точного решения, если число тел превышает 2. К решению задачи многих тел существует два основных подхода: прямое решение дифференциальных уравнений и статистический метод. В рамках первого метода наибольшие трудности возникают при близких прохождениях тел и возможных образованиях тесных гравитационно-связных пар (двойных систем). Метод преодоления вычислительных трудностей, связанных с близкими прохождениями и образованием тесных пар, рассматривается в данной работе.

В рассмотренном подходе к решению гравитационной задачи N тел для столкновительных систем использовался метод прямого решения системы дифференциальных уравнений методом Эрмита, все многообразие методик решения задачи N тел рассмотрено в [1]. Временной шаг интегрирования при таком подходе обычно вычисляют по эмпирической формуле С.Арсетта[1]. Особое внимание в моделировании столкновительной динамики (без обрезания потенциала) уделяется регуляризации близких прохождений. Понятно, что в случае точного равенства координат двух различных тел гравитационная сила обращается в бесконечность. Обращение с “большими” числами вызывает определенные трудности у вычислительной техники, поэтому для обхода данной проблемы часто используют т.н. KS-регуляризацию[2], устраняющую особенность в уравнениях движения. В данной же работе предлагается иной метод для обработки тесных прохождений – метод конических сечений. Его суть заключается в рассмотрении движения тесной пары тел как аналитически известное решение задачи двух тел[3], взаимодействие же с остальными телами рассматривается в качестве малого возмущения. С помощью данного приближения можно изолировать сингулярность в невозмущенной части гамильтониана, и так как для него известно точное решение, не дающее проблем с особенностью, то проблему близких прохождений можно считать решенной. Если сравнивать метод с KS-регуляризацией, то главным превосходством рассматриваемого подхода можно считать тот факт, что шаг интегрирования двойной системы при

устремлении возмущения к нулю стремится к бесконечности, чего нет при использовании KS-регуляризации.

Литература

1. *Read J.I., Dehnen W.* N-body simulations of gravitational dynamics. – Eur. Phys. J. Plus (2011) 126: 55
2. *Орлов В.В., Рубинов А.В.* Задача N тел в звездной динамике.– Учеб. пособие. – СПб., 2008. – 175 с.
3. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. I. Механика. – 5-е изд., стереот. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 224 с.