

К полуаналитической двутельной регуляризации в задаче 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. Рост числа тел ведет к существенному увеличению требований к вычислительным ресурсам [1]. Известно множество подходов к решению задачи многих тел: прямое интегрирование дифференциальных уравнений движения, решение уравнения Больцмана методом Монте-Карло, Фоккер-Планковское моделирование и т. д. В рамках первого метода одной из характерных проблем является моделирование близких прохождений тел с возможностью образования гравитационно-связных кратных систем [2]. При расчете динамики шаровых скоплений учет образования таких систем необходим ввиду непосредственного влияния на эволюцию скопления на завершающих ее стадиях [3]. Именно за счет трехтельных процессов рассеяния с участием тесных пар происходят гравитермальный коллапс скоплений [4] и гравитермальные осцилляции ядра скопления [5]. Метод преодоления вычислительных трудностей, связанных с моделированием близких прохождений 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 вкуче с двухслойной схемой Амада-Коэна, см. [1]. Временной шаг интегрирования при таком подходе обычно вычисляют по эмпирической формуле С.Арсетта [1]. Особое внимание в моделировании столкновительной динамики уделяется регуляризации близких прохождений [2]. Для решения данной проблемы часто используют т.н. KS-регуляризацию [2], устраняющую особенность в уравнениях движения. Авторами предлагается иной метод для обработки близких прохождений – метод конических сечений [6]. 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 [5].

В данной работе особое внимание уделяется проблеме точности интегрирования. Проведены численные эксперименты, подтверждающие эффективность авторского метода регуляризации [6]

для реализации в рамках столкновительного кода. Предложен метод выбора шага интегрирования без использования третьей производной ускорения по времени. Получены аналитические выражения для выбора шага в KS-регуляризации и методе конических сечений. Приведен вывод эквивалентности критерия использования регуляризации критерию применимости теории возмущений.

Литература

1. *Read J.I., Dehnen W.* N-body simulations of gravitational dynamics. – Eur. Phys. J. Plus (2011) 126: 55
2. *Mikkola S., Aarseth S.J.* An implementation of N-body chain regularization. – Cel. Mech. Dyn. Astr. (1993) Vol. 57, No. 3, pp. 439-459
3. *Shapiro S.L., Lightman A.P.* Dynamical evolution of globular clusters.-Reviews of Modern Physics (1978), Vol. 50, I.2, pp.437-481.
4. *Lynden-Bell D., Wood R.* The gravo-thermal catastrophe in isothermal spheres and the onset of red-giant structure for stellar systems. - MNRAS (1968), Vol. 138, p. 495
5. *Heggie D.C., Hut P.* The Gravitational Million-Body Problem: A Multidisciplinary Approach to Star Cluster Dynamics – 2003 Cambridge: Cambridge University Press - 372 pp.
6. *Lezhnin K.V., Chernyagin S.A.* Using the Transition to Action Variables of the Newtonian Problem in the Numerical Solution of the N-Body Problem. - Astron. Lett. (2014), Vol. 40, No. 6, pp. 382-287