

УДК 531.26

Приближение гравитационного поля твердого тела полем притяжения системы четырех материальных точек

Буров Александр Анатольевич

jtm@yandex.ru

Никонов Василий Иванович^(*)

nikon_v@list.ru

Никонова Екатерина Александровна

nikonova.ekaterina.a@gmail.com

ФИЦ ИУ РАН, Москва, Россия

Аннотация. Обсуждается приближение гравитационного поля твердого тела полем притяжения системы четырех материальных точек, динамически эквивалентной телу. Имеется точное совпадение массы системы точек, ее центра масс и моментов инерции с соответствующими величинами тела, и при этом моменты распределения масс третьего порядка системы точечных масс и тела наиболее близки в смысле минимума суммы квадратов их отклонений. Система точечных масс строится для ядра кометы 67P/Чурюмова — Герасименко.

Ключевые слова: приближение потенциала притяжения, гравитирующие системы точечных масс, динамически эквивалентные системы тел, моменты инерции твердого тела, комета 67P/Чурюмова — Герасименко

Введение. В своей монографии «Динамика системы твердых тел» [1] Э.Дж. Раус предложил оригинальный способ выявления четверки точек одинаковой массы, центральный тензор инерции второго порядка которой совпадает с тензором инерции второго порядка любого наперед заданного тела. Этот опирающийся на аффинные преобразования способ допускает некоторую свободу выбора взаимного расположения точек. Оказывается, что такая свобода выбора может быть использована для приближения компонент тензора инерции третьего порядка при условии точного совпадения тензоров второго порядка для тела и для четверки точек. В настоящей работе обсуждается вопрос о том, как воспользоваться этой свободой, чтобы обеспечить точное совпадение тензоров инерции второго порядка указанное представление и, вместе с ним, наилучшее, в смысле квадратичного отклонения, приближение компонент тензора инерции третьего порядка.

Материалы и методы; результаты. Неоднозначность выбора системы четырех точечных масс обуславливается выбором тетраэдра с точностью до поворота около его барицентра. Оптимальный выбор параметров, отвечающих за ориентацию правильного тетраэдра относительно главных центральных осей инерции тела, позволяет обеспечить минимальное значение суммы квадратов отклонений моментов распределения массы третьего порядка системы точечных масс от соответствующих моментов рассматриваемого тела. Для решения переопределенной системы, состоящей из десяти нелинейных тригонометрических уравнений, зависящих от углов, отвечающих за ориентацию правильного тетраэдра, формулируется оптимизационная задача, которая решается методом роя частиц [2].

Заключение. Как известно, компоненты тензоров инерции второго и третьего порядков позволяют вычислить коэффициенты при слагаемых второго и третьего порядков для ряда Лапласа, используемого для приближения потенциала притяжения небесных тел. В качестве примера рассмотрена задача о приближении поля притяжения ядра кометы 67Р / Чурюмова — Герасименко полем притяжения четверки точек. За основу взято приближения потенциала потенциалом многогранника по методу Вернера — Ширса.

Для отыскания решения, наилучшего в смысле квадратичного уклонения, применен метод роя частиц. Осуществлено сравнение полученных результатов с результатами, полученными ранее [3–5].

Список источников

- [1] Раус Э.Дж. *Динамика системы твердых тел. Т. 1.* Москва, Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983.
- [2] Kennedy J., Eberhart R. Particle swarm optimization. *Proceedings of ICNN'95 — International Conference on Neural Networks*, Perth, WA, Australia 4, 1995, pp. 1942–1948. <https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968>
- [3] Burov A.A., Guerman A.D., Nikonova E.A., Nikonov V.I. Approximation for attraction field of irregular celestial bodies using four massive points. *Acta Astronautica*, 2019, vol. 157, pp. 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.11.030>
- [4] Ли Ч., Клишин А.Н., Корянов В.В., Колесникова Д.С. Методы моделирования гравитационного поля малых небесных тел сложной формы на примере кометы 67Р/Чурюмова — Герасименко. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2023, вып. 11, с. 1–19. <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2023-11-2319>
- [5] Буров А.А., Никонова Е.А., Никонов В.И. О приближении поля притяжения твердого тела полем притяжения четверки материальных точек одинаковой массы. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия*, 2024, т. 11 (69), вып. 2, с. 385–394. <https://doi.org/10.21638/spbu01.2024.211>