

## Система Galactica для решения задач взаимодействия тел

Смульский И.И.

625000, Тюмень, а/я 1230, Институт криосферы Земли СО РАН,

[jmulsky@mail.ru](mailto:jmulsky@mail.ru), <http://www.smull.newmail.ru/>

Завершено 13.03.2012 г.

Скорректировано 28.05. 2014 г.

Система Galactica предназначена для решения задач взаимодействия  $n$ -тел по закону тяготения Ньютона или Кулона. В дальнейшем планируется дополнение системы другими законами взаимодействия. Система основана на высокоточном методе интегрирования дифференциальных уравнений. Она доступна по адресу: <http://www.ikz.ru/~smulski/GalactcW/>. Описание системы Galactica находится в файлах GalDiscrp.pdf и GalDiscrE.pdf на русском и английском языках, соответственно. Оно позволяет даже начинающему исследователю ставить и решать задачи с помощью программы Galactica.

Система Galactica по адресу: <http://www.ikz.ru/~smulski/GalactcW/> предназначена для работы на персональном компьютере. В настоящее время (13.03.2012 г.) ведется работа по созданию системы свободного доступа для работы на суперкомпьютере. Информация о ней будет размещена на вышеупомянутом сайте. Для постановки задач, анализа результатов их решения и для решения задач с небольшим временем счета можно использовать систему Galactica на персональном компьютере, а систему свободного доступа на суперкомпьютере необходимо использовать для объемных задач: с большим временем счета, для большого количества тел или при расширенной длине числа (34 десятичных знака).

Программа Galactica использовалась для решения следующих задач.

1. Эволюция орбит планет и Луны за 100 млн. лет [1] - [2]. Такое интегрирование дифференциальных уравнений за такой период нами выполнено впервые. Получены периоды и амплитуды колебаний орбит тел и установлена устойчивость Солнечной системы.

Известные в литературе расчеты, которые выполнены другими методами, дают неустойчивые орбиты. Это послужило причиной вывода о неустойчивости Солнечной системы и оправдало введение хаоса для объяснения неизученных явлений.

2. Для исследования воздействия Солнца на климат Земли планируются полёты к Солнцу. Была рассмотрена задача оптимального полёта к Солнцу [3]. Определено, как запустить аппарат, чтобы его начальная скорость была минимальной. Использование гравиманёвра у Венеры позволяет на 20% уменьшить начальную скорость.

В этой работе проработана вычислительная технология как с помощью программы Galactica запускать космические аппараты без корректирующих двигателей для выполнения намеченной задачи.

3. Эволюция движения астероида Апофис за 1000 лет [4] - [6]. Согласно нашим расчетам сближение Апофиса с Землей на наименьшее расстояние, порядка 6 земных радиусов, произойдет 13 апреля 2029 года. Нами установлено, что в ближайшие 1000 лет больше таких сближений не будет.

Расчеты, выполненные специалистами другими методами, не дают надежного представления о движении Апофиса после 13 апреля 2029 года. Поэтому эти авторы ищут вероятность столкновения Апофиса с Землей в 2036-37 гг.

4. Эволюция движения астероида 1950DA за 1000 лет [7]. По расчетам специалистов NASA существует вероятность столкновения астероида 1950DA с Землей в 2880 г. Нами установлено, что астероид 1950 DA на промежутке времени в 1000 лет дважды пройдет вблизи Земли на расстоянии порядка 2.25 млн. км: в 2641 г. и 2962 г.

5. Превращение траектории астероидов Апофис и 1950DA в орбиты спутников Земли [4] - [7]. С помощью программы Galactica определены изменения параметров астероидов,

которые необходимы для превращения их в спутники, и исследована эволюция этих спутников.

6. Составная модель вращения Земли и эволюция оси вращения Земли [2], [8]. Земля рассматривается как совокупность нескольких тел, расположенных в плоскости экватора. Движение одного из этих тел моделирует движение оси вращения Земли. Эволюция движения оси вращения Земли была рассчитана за 110 тысяч лет, определены периоды колебаний и установлено, что ось вращения Земли прецессирует относительно подвижной оси орбиты Земли.

7. Составная модель вращения Солнца и ее воздействие на планеты [9] - [11]. Солнце вращается с периодом 25.38 суток. С помощью программы Galactica рассчитано воздействие составной модели вращения Солнца и остальных тел на планеты. В результате расчетов был получен избыток вращения перигелия Меркурия, который объясняли другими механизмами. В этих работах установлено, что все наблюдаемые движения в Солнечной системе полностью определяются гравитационными взаимодействиями по закону тяготения Ньютона.

8. Многослойные кольцевые структуры [12]. Структура состоит из нескольких колец, в каждом из которых находится несколько тел. Рассчитана эволюция нескольких вариантов таких структур и выделены устойчивые и неустойчивые структуры. При разрушении неустойчивой структуры два тела выбрасываются из нее в противоположных направлениях. Разлет тел происходит с большими скоростями. Такие выбросы вещества происходят в скоплениях звезд, в галактиках и при появлении сверхновых звезд. Их объясняют взрывами этих объектов. В действительности, рассматриваемые явления обусловлены ньютоновским взаимодействием.

Доклад о возможностях программы Galactica на выставке "Научно-технические и инновационные достижения России", 12-15 мая 2011г., Мадрид, Испания, имеется на YouTube в форме видео: <https://youtu.be/uDc-DmTCcZk> и в форме презентации: <https://youtu.be/Z17B3F4oPEI>.

Аналогичная система свободного доступа Horizons для решения задач динамики Солнечной системы создана NASA (<http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons>). Она весьма эффективно используется как для осуществления космических миссий в рамках NASA, так и для решения задач посторонних исследователей.

Система Horizons является аппроксимационной. В ней положения планет и Луны получают на основании аппроксимации сотен тысяч данных наблюдений. Формально в системе, кроме силы тяготения Ньютона, в рамках стандартной динамической модели (SDM) учитывается ещё ряд малых дополнительных воздействующих факторов. Однако их влияние фактически аннулируется тем, что результаты вычислений в итоге аппроксимируются данными наблюдений. Положение существующих небесных тел, движение которых аппроксимировано, вычисляется достаточно точно. Если же необходимо рассчитать движение любого тела, то в системе Horizons интегрируется движение только заданного тела, а движение других тел берется из аппроксимационной системы. Если же тело не входит в базу аппроксимационной системы, или рассматривается вне базы наблюдения, то точность расчета движения ухудшается при отдалении по времени от базы наблюдений.

Разработанная нами программа Galactica решает задачу движения тел, как взаимодействующих по закону тяготения Ньютона материальных точек. В ней используется высокоточный метод интегрирования уравнений. Для расчета задаются начальные условия, и база наблюдений не используется. Поэтому с помощью программы Galactica можно рассчитывать движения тел, которые ранее не наблюдались, причем в любых конфигурациях и в любых количествах.

Так как система Horizons аппроксимационная, то для планет и Луны, имеющих базу наблюдений сотни лет, результаты по системе Horizons могут быть точнее, чем по системе Galactica. Это справедливо в случае, если время расчета находится в пределах времени базы наблюдений. В остальных случаях возможности системы Galactica превосходят возможности

системы Horizons. В дальнейшем, по завершению работы по уточнению исходных данных и начальных условий планет и Луны, система Galactica превзойдет систему Horizons в вышеотмеченном случае.

Galactica отличается от системы Horizons другими принципами и методами расчета. Это особенно может быть полезно, когда возникнет необходимость проверить правильность принимаемых важных для человечества решений. Кроме того, Galactica может решать такие задачи, для решения которых система Horizons не предназначена. С ее помощью могут решаться разнообразные задачи для космических исследований, а также моделироваться задачи, которые возникают при исследовании эволюции Земли, планет и Солнечной системы.

Кулоновские взаимодействия рассмотрены на примере осесимметричных моделей кислорода и гелия [13]. Они состоят из положительного заряженного ядра и осесимметрично расположенных на плоскости электронов. С помощью модуля системы Galactica для кулоновского взаимодействия исследовано движение частиц в таких осесимметричных моделях. Показано как осесимметричная структура атома может быть применена для создания других его геометрий. В дальнейшем такие исследования позволят увеличить степень детерминированности объектов микромира.

Для правильной постановки и решения задач взаимодействия тел требуется много знаний в области механики и математики. Так как этими глубокими знаниями исследователь в конкретной области не обладает, то он, как правило, стремится использовать имеющийся математический инструмент, который применяется для решения подобных задач. Это позволяет ему по аналогии с известными задачами использовать приемы по подготовке задачи к решению, выполнения решения и контроля его погрешностей, а также последующей обработки результатов. При создании программы Galactica и при ее применении для решения разнообразных задач эти этапы были реализованы. Очень часто они требовали решения дополнительных задач механики или в численном, или в аналитическом виде. Часть из этих приемов можно отнести к общим, а часть – только к определенным задачам. Поэтому целесообразно решенные задачи: их постановка, исходные и начальные данные и полученные результаты также сделать доступными.

В настоящее время в системе Galactica имеются примеры задач, выполненные только нами. В последующем, набор выполненных задач будет пополняться другими исследователями. Это позволит каждому новому исследователю, основываясь на надежных инструментах и методах, быстро ставить и успешно решать новые задачи. Пользователями системы могут быть не только опытные специалисты, но и способные школьники и студенты.

### Литература

1. Гребеников Е.А., Смутьский И.И. Эволюция орбиты Марса на интервале времени в сто миллионов лет / Сообщения по прикладной математике. Российская Академия Наук: ВЦ им. А.А. Дородницына. М.: ВЦ РАН А.А. Дородницына. - 2007. 63 с. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/EvMa100m4t2.pdf>.
2. Мельников В.П., Смутьский И.И. Астрономическая теория ледниковых периодов: Новые приближения. Решенные и нерешенные проблемы. - Новосибирск: Академическое изд-во "Гео", 2009. - 98 с. Книга на двух языках. С обратной стороны: Melnikov V.P., Smulsky J.J. Astronomical theory of ice ages: New approximations. Solutions and challenges. - Novosibirsk: Academic Publishing House "GEO", 2009. - 84 p. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/AsThAnR.pdf>.
3. Смутьский И.И. Оптимизация пассивной орбиты с помощью гравиманевра // Космические Исследования, 2008, том 46, No 5, с. 484-492. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/KOS0484.pdf>.
4. Smulsky J.J., Smulsky Ya.J. Evolution of Apophis Orbit for 1000 Years and New Space Targets // "Protecting the Earth Against Collisions with Asteroids and Comet Nuclei" - Proceedings of the International Conference "Asteroid-Comet Hazard-2009", Eds.: A. Finkelstein, W. Huebner, V.

- Shor. - Saint-Petersburg: "Nauka". - 2010. -Pp. 390-395.  
<http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/Ev1Ap3Ec.pdf>.
5. Смульский И.И., Смульский Я.И. Движение Апофиса за 1000 лет и возможное его изменение / Современная баллистика и смежные вопросы механики: Сборник материалов научной конференции. - Томск: Томский государственный университет, 2010 г. - С. 315-316.  
<http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/DvizhAp3.pdf>.
6. Смульский И.И., Смульский Я.И. Превращение астероидов в спутники - реальное направление в противоастероидной защите Земли // Труды Конгресса-2010 "Фундаментальные проблемы естествознания и техники". Часть II (М - У). Серия "Проблемы исследования Вселенной". Выпуск 34-2. Санкт-Петербург, 2010. - С. 263 - 272.  
<http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/PrAsSp04c.pdf>.
7. Смульский И.И., Смульский Я.И. Эволюция движения астероидов Апофис и 1950 DA за 1000 лет и возможное их использование / Институт криосферы Земли СО РАН. - Тюмень, 2011. - 36 с. - ил. : 10. Библиогр.: 27 назв. - Рус. - Деп. в ВИНТИ 25.01.11 г. № 21-В2011.  
<http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/EvAp1950c.pdf>.
8. Мельников В. П., Смульский И.И., Смульский Я.И. Составная модель вращения Земли и возможный механизм взаимодействия континентов // Геология и Геофизика, 2008, No11, с. 1129-1138. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/RGGRu190.pdf>.
9. Смульский И.И. Численное моделирование эволюции спутника вращающегося тела / В сб. Теоретические и прикладные задачи нелинейного анализа. Российская Академия Наук: ВЦ им. А.А. Дородницына. М.: ВЦ РАН А.А. Дородницына. - 2008. С. 100-118.  
<http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/ModSun07c.pdf>.
10. Smulsky J. J. Gravitation, Field and Rotation of Mercury Perihelion// Proceedings of the Natural Philosophy Alliance. 15th Annual Conference 7-11 April 2008 at the University of New Mexico, Albuquerque, USA. Vol. 5, No. 2. Published by Space Time Analyses, Ltd. Arlington, MA, USA.- 2009. - Pp. 254-260. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/08Smulsky2c.pdf>  
<http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/ModSun04.pdf> (перевод).
11. Smulsky J.J. New Components of the Mercury's Perihelion Precession // Natural Science. Vol. 3, No.4, 268-274 (2011). doi:10.4236/ns.2011.34034. <http://www.scirp.org/journal/ns> или <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/NCmMePNSc.pdf>.
12. Смульский И. И. Многослойные кольцевые структуры// Письма в ЭЧАЯ. 2011. Т. 8, No. 5(168). С. 737-743. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/MnsKoStr4c.pdf>.
13. Смульский И.И. Осесимметричное кулоновское взаимодействие и неустойчивость орбит / Институт криосферы Земли СО РАН. - Тюмень, 2013. - 30 с. - Илл.: 12.- Библиогр.: 22 назв. - Рус. Деп. в ВИНТИ 28.10.2013, № 304-В2013. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/KulInt2.pdf>.