

Резонанс Лапласа

Мельничук Е.Э. (ФТШ)

Научные руководители - Сергеев Айвар Эдуардович, студент НИУ ИТМО;

Глазов Дмитрий Алексеевич, кандидат физико-математических наук (НИУ ИТМО).

Введение. Спутники Юпитера были открыты в 1610 году Галилео Галилеем. Он пытался описать взаимодействие системы Юпитера, однако значительно продвинуться в решении этой задачи смог только Пьер-Симон Лаплас. В небесной механике орбитальный резонанс возникает, когда вращающиеся тела оказывают регулярное, периодическое гравитационное воздействие друг на друга, как правило, из-за того, что их периоды обращения соотносятся как небольшие целые числа. Обычно такое соотношение наблюдается между парой объектов (двойной резонанс)[1]. Но чаще всего резонанс нестабилен и тела смещаются по орбитам до тех пор, пока резонанс не пропадет. В связи с этим резонанс спутников Юпитера является уникальным: в резонансе находятся три тела, причем система само корректируется, сохраняя соотношение их угловых скоростей постоянным и не давая спутникам уйти с орбиты[2]. Спутники Юпитера являются частным случаем задачи стабильности солнечной системы: устойчивые орбиты, возникающие в приближении двух тел, не учитывают влияние других тел. Резонанс Лапласа описывает движение небесных тел системы первых трёх галилеевых спутников Юпитера, с помощью него можно составить представление и о более общих случаях.

Основная часть. Нашей целью является решить задачу движения спутников в первом приближении, с помощью программы Python смоделировать систему Юпитера. Далее с помощью этой программы составить таблицу положений небесных тел в зависимости от времени, и сравнить полученные данные с эмпирическими (таблицы координат с сайта Пулковской обсерватории). По полученным результатам можно будет судить о точности метода. Также, благодаря данной программе можно будет отследить движение экзопланет, и оценить вероятность их вхождения в резонанс. Для работы с данными необходимо написать программу на Python для численного решения задачи N тел [3], которая будет моделировать траекторию спутников с течением времени, отталкиваясь от исходных данных. Поскольку задача решается в первом приближении, то наклоном эклиптики можно пренебречь - это значительно упростит время работы программы и позволит создать визуальную модель их движения, не слишком теряя в точности. Затем в полученный код загружаются данные о спутниках Юпитера: их координаты, массы, скорости. Изменяя шаг дифференцирования, и временной промежуток, на котором работает программа, мы создаем таблицы, которые сравниваем с эфемеридами, взятыми с сайта Пулковской обсерватории. Делаем выводы о точности метода. Затем подставляем в программу данные о планетах, между которыми может наблюдаться резонанс, и смотрим на развитие их взаимодействия со временем. Полученным результатом будет являться вывод о точности метода, и вероятность вхождения в резонанс для рассматриваемых экзопланет. Новизна проекта заключается в широком охвате исследуемых объектов - данную программу можно будет использовать для любой системы. Благодаря незамысловатости кода, можно изучать большие временные промежутки и большое количество тел. Уникальность проекта заключается в том, что ранее на эту тему писались лишь узкоспециализированные работы, посвященные одной системе

Вывод. Мы изучили такое явление, как орбитальный резонанс на примере резонанса Лапласа. При рассмотрении вопроса с учетом влияния спутников друг на друга и с помощью численных методов решения дифференциальных уравнений была создана модель на языке Python, описывающая систему Юпитера и галилеевых спутников. Перспективы дальнейшего изучения этой темы представляются в повышении точности расчетов с учетом гравитационного влияния 2 малости и выше, после чего наша модель может быть использована для более детального изучения систем, расчета эллиптических координат планет.

Список литературы:

1. Смирнов Е.А. Резонансы средних движений в динамике астероидов // Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. - 2016. - С. 20 - 26.
2. F. Paita¹, A. Celletti¹, G. Pucacco. Element history of the Laplace resonance: a dynamical approach // Department of Mathematics, University of Rome Tor Vergata, Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Rome, Italy e-mail: f.paita@live.it; celletti@mat.uniroma2.it
Department of Physics, University of Rome Tor Vergata, Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Rome, Italy e-mail: pucacco@roma2.infn.it - 2018. - С. 1-4.
3. Конусов М.Г. Стандарт OpenMP: гравитационная задача N тел - Курс «Параллельные вычислительные технологии» Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (г. Новосибирск) - С. 1-29.