

4. Spudis P.D. et al., Initial results for the north pole of the Moon from Mini-SAR, Chandrayaan-1 mission, *Geophysical Research Letters*, vol. 37, issue 6, 2010.
5. Araki H. et al., Lunar global shape and polar topography derived from Kaguya-LALT laser altimetry, *Science*, vol. 323, issue 5916, pp. 897–900, 2009;
6. Nefedev Y.A. et al., Analysis of data of “Clementine” and “KAGUYA” missions and “ULCN” and “KSC-1162” catalogues, *Advances in Space Research*, vol. 50, issue 11, pp. 1564–1569, 2012;

Анализ орбитальных теорий для построения численной теории физической либрации Луны

Загидуллин А. А., Петрова Н. К., Усанин В. С., Нефедьев Ю. А.

КФУ

Эл. почта: arhtur.zagidullin@yandex.ru

В настоящее время исследование физики и динамики Луны является актуальной задачей в связи с планами ее освоения в ближайшем будущем. При этом физическая либрация Луны (ФЛЛ) представляет собой инструмент, используемый для анализа и интерпретации таких высокоточных наблюдений, как многолетняя лазерная локация, спутниковые наблюдения, а также экспериментальные данные по исследованию вращения Луны с помощью аппаратуры, установленной на ее поверхности. Учитывая все выше сказанное, целью настоящей работы является сравнительный анализ орбитальных теорий Луны: аналитической теории Шмидта и динамической эфемериды DE432. Работа выполнена в рамках задачи создания численной теории физической либрации (ФЛЛ). ФЛЛ строится в рамках главной проблемы, суть которой заключается в том, что физическое тело Луны считается абсолютно твердым, орбитальное движение не зависит от вращательного движения и в качестве возмущающих источников рассматриваются точечная Земля и Солнце. Поскольку вращение Луны практически не оказывает влияния на ее орбиту, то можно заменить последнюю на более точную, что позволит учесть косвенные влияния планет на орбиту Луны. При решении главной проблемы ФЛЛ используют как аналитические теории движения Луны, так и численные динамические эфемериды JPL NASA. В данной работе создания теории ФЛЛ на первом этапе была использована аналитическая теория Шмидта [1] и реализован переход на динамическую эфемериду DE432 [2]. Корректность перехода к численной эфемериде проверялся путем сравнения обоих упомянутых выше типов эфемерид определением периодических и систематических расхождений и причин этих расхождений. Редукция численной эфемериды, заданной в инерциальной системе координат, во вращающейся эклиптической системе координат, в которой задана теория Шмидта, была произведена на основе построения сложной прецессионной матрицы. После введения всех редукционных поправок были получены следующие результаты: на временном интервале около 800 лет амплитуда остаточных разностей по долготе лежит в интервале от -40 до $+80$ угловых секунд, а по широте не превосходит 13 угловых секунд. В итоге можно сделать вывод, что такая большая разница параметров в рассматриваемых теориях ФЛЛ является отсутствием учета планетных возмущений при построении аналитической теории Шмидта. В настоящей работе также приводится подробный алгоритм вычисления элементов орбиты Земли относительно геоцентра Луны с использованием динамической эфемериды DE432 [3].

Работа была поддержана грантом РФФИ 16-02-00496-а

Список литературы

1. Schmidt D.S., The main problem of lunar theory solved by the method of Brown, The moon and the planets, V. 23, pp. 135-164, 1980;
2. Folkner W.M., Williams J.G. et al., The planetary and Lunar ephemerides DE430 and DE431, IPN Progress Report, 18 pp., 2014;
3. Zagidullin A.A., Petrova N.K Development on program code for extraction of physical libration of the moon using the numerical theory spin-orbital motion DE432, 47th Lunar and Planetary Science Conference, 2016.

Энергия гравитации в формализме теории разбиения

Град Д. А.¹, Пастон С. А.¹, Шейкин А. А.¹

¹СПбГУ

Эл. почта: nirowulf239@gmail.com

Мы рассматриваем различные определения энергии гравитационного поля в подходе Редже-Тейтельбойма, в котором пространство-время описывается как поверхность, вложенная в плоское объемлющее пространство большего числа измерений. В теоретико-полевой формулировке данного подхода (теория разбиения) гравитация описывается как некоторая теория поля в плоском объемлющем пространстве.

Мы исследуем возникающие в такой формулировке определения энергии-импульса гравитационного поля, а именно нётеровский тензор энергии-импульса, связанный с трансляциями по координатам в объемлющем пространстве, а также метрический тензор энергии-импульса, определяемый как результат вариации "ковариантного" действия теории по метрике объемлющего пространства.

В итоге, мы получаем новое определение гравитационной энергии, которое, среди прочего, даёт нетривиальный ответ для решений, являющихся также решениями уравнений Эйнштейна. В частности, мы вычисляем полученную энергию для сферически-симметричного распределения материи и сравниваем ответ со стандартными результатами общей теории относительности: АДМ энергией и энергией Мёллера. Также мы обсуждаем вопрос локализуемости полученной энергии теории разбиения.

Список литературы

1. Regge T., Teitelboim C., General Relativity 'a la string: a progress report, Proceedings of the First Marcel Grossmann Meeting, Trieste, Italy, 1975, ed. R. Ruffini (North Holland, Amsterdam), pp. 77–88, 1977;
2. Paston S. A., Theor. Math. Phys. 169(2), 1600-1610, 2011.