

Кафедра общей и теоретической физики

А. Калимуллина¹

Количественный анализ движения галилеевых спутников. Оценка массы и средней плотности Юпитера

(научно-исследовательская работа)

Аннотация

В данной работе предложена новая методика определения а) угловых расстояний между спутниками и Юпитером, основанная на методе дрейфа, б) их основных кинематических величин (радиуса орбиты, периода обращения и полярного угла), в) массы и средней плотности Юпитера по данным экспериментальных наблюдений, с использованием простейшего оборудования астронома-любителя. Здесь решена задача об определении расстояния до классических планет Солнечной системы. Выполнен численный анализ аналитических результатов с использованием данных наблюдений системы «Юпитер» (с учетом поправок за рефракцию). Наши результаты для радиусов орбит и периодов обращения галилеевых спутников уверенно согласуются с результатами астрономов-профессионалов. Показано, что наши результаты для массы и массовой плотности Юпитера весьма близки к соответствующим табличным значениям. В работе использованы лишь два феноменологических параметра.

Комментарии: работа выполнена под научным руководством старшего преподавателя кафедры общей и теоретической физики СамГУ, к.ф.-м.н., Филиппова Ю.П.² и представлена на XVII Всероссийской научно-практической конференции для одаренных школьников «Intel-Династия-Авангард 2008».



Работа выставлена на **ASTRODROME**: 26.01.2008

¹E-mail:

²E-mail:yuphil@ssu.samara.ru

Оглавление

Введение	4
1 Теоретические основы сферической астрономии и фундаментальной астрометрии	7
1.1 Основные задачи сферической астрономии и фундаментальной астрометрии	7
1.2 Небесная сфера: ее основные точки, линии и круги	11
1.3 Сферические системы координат	15
1.4 Сферический треугольник. Основные формулы сферической тригонометрии	18
1.5 Параллактический треугольник. Перевод систем координат . .	22
1.6 Современные представления о Юпитере и его галилеевых спутниках	23
2 Количественный анализ движения галилеевых спутников	31
2.1 Метод дрейфа в определении угловых параметров	31
2.2 Определение угловой скорости видимого движения небесного объекта	35
2.3 Определение расстояния до классических планет	36
2.4 Определение радиуса орбиты спутника	37
2.5 Расчет полярного угла, периода обращения и расстояния до спутника. Доказательство кругового характера его движения .	39
2.6 Оценка массы Юпитера и его средней массовой плотности . . .	41
2.7 Вычисление ошибок определяемых величин	44
3 Обработка данных эксперимента. Численный анализ результатов	48
3.1 Основные инструменты эксперимента и их характеристики . . .	48
3.2 Результаты и анализ	50
Заключение	58

Литература	60
Приложения	62
А. Обработка данных эксперимента	62

Введение

Актуальность работы. В настоящее время мировое научное сообщество уделяет огромное внимание изучению природы Солнечной системы. В программах исследований всех ведущих обсерваторий мира в обязательном порядке присутствуют пункты, связанные с изучением основных физических свойств таких тел Солнечной системы, как: 1) классические планеты (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) и их спутники; 2) планеты - карлики (Плутон, Седна, Квавар); 3) астероиды (Эрос, Веста, Хирон); 4) кометы (Галлея, Энке, Темпеля, Хейла-Боппа). Многие государства мира (Россия, США, Япония, Италия, Китай и др.) тратят десятки миллионов и даже миллиардов долларов в год на изучение указанных небесных тел с помощью космических аппаратов.

Изучение этих объектов является важным потому, что оно позволяет ответить на многие актуальные вопросы: "как произошла Солнечная система?", "Почему возникла жизнь на Земле?", "Есть ли жизнь (хотя бы примитивная) на других телах Солнечной системы?".

Уже почти 400 лет ведутся активные исследования природы четырех самых больших спутников Юпитера, открытых Г. Галилеем еще в 1610 году [1]. Важно отметить, что открытие галилеевых спутников стало, по истине, переломным моментом в эволюции представлений человека XVII века о Вселенной, о его месте в этом мире, о законах природы и, в частности, в истории становления идей Коперника. Галилей первый увидел глубокую аналогию между Юпитером с его спутниками и Солнцем с планетами и заговорил о юпитерианской системе. Он показал, что Земля не является во Вселенной единственным центром, вокруг которого совершается движение небесных тел. Для многих в те времена это оказалось убедительным аргументом в пользу теории Коперника.

Изучение природы данных спутников большую часть указанного периода проводились на ведущих наземных обсерваториях мира, оснащенных самым лучшим и светосильным оборудованием. Но до пролетов американских космических аппаратов Pioneer, Voyager, Galileo мимо этих спутников в 70-90-ых годах XX столетия человечество знало о них относительно немного [2]. Это обусловлено малостью размеров данных объектов и большой удаленностью

их от Земли (≈ 600 млн. км). Благодаря исследованиям этих аппаратов, было обнаружено много нового и удивительного в природе галилеевых спутников. Например, на спутнике Ио обнаружены действующие вулканы, извергающие серную лаву, а на спутнике Европа – огромные запасы воды в виде льда. Сегодня Европа – основной кандидат для поиска внеземной формы жизни [3, 4].

Однако и сегодня весьма скудный поток информации о динамической картине галилеевых спутников доступен непрофессионалам и любителям. Например, в лучшем случае с помощью программ RedShift-3, Orbits3.0 или ежегодного астрономического календаря можно получить приблизительную визуальную картину положения спутников. Информация о полярном угле спутников в системе «Юпитер» или об угловых расстояниях спутников до Юпитера вообще отсутствует. А между тем именно эти параметры являются ключевыми для изучения кинематики движения спутников и уточнения их основных параметров.

Поскольку астрономы-любители вносят немалый вклад в общую копилку данных о Солнечной системе, то естественным образом возникают следующие вопросы: *могут ли они сами получить недостающую информацию о спутниках Юпитера непосредственно из наблюдений с помощью простейшего оборудования? Существует ли подробно изложенная методика, используя которую, непрофессионал сможет самостоятельно определить все основные кинематические и даже динамические параметры спутников системы «Юпитер» с помощью несложных методов и элементарного инструментария?* Проведенный обзор литературы, посвященной подобным вопросам и представленной широкому кругу читателей, указал на отсутствие такой методики.

В связи со сказанным, главной целью настоящей работы является построение последовательной, завершенной методики определения а) угловых расстояний между спутниками и Юпитером (основанной на методе «дрейфа»), б) их основных кинематических величин (радиуса орбиты, периода и полярного угла), в) массы и средней плотности Юпитера по данным экспериментальных наблюдений.

Согласно сформулированной цели, основными задачами настоящей работы являются следующие положения:

1. Вычисление угловых расстояний между спутниками и Юпитером с использованием метода дрейфа по данным наблюдений.
2. Расчет радиуса круговой орбиты и периода обращения спутника.
3. Расчет полярного угла спутника в системе «Юпитер» и расстояния от наблюдателя до него. Доказательство кругового характера движения галилеева спутника по данным наблюдений.

4. *Вычисление средней линейной скорости спутника на орбите и оценка массы Юпитера, а также его средней массовой плотности.*

Побочной задачей настоящей научно-исследовательской работы является освоение нами следующего программного обеспечения: системы аналитических вычислений Mathematica5.0; текстового процессора MikTeX+WinEdt5.3; программ-просмотрщиков GhostScript+GSView 4.8; программы для создания и обработки векторной графики Corel Draw 12. Мы используем пробные, ознакомительные версии этих программных продуктов.

Основными методами решения поставленных задач являются:

1. Метод «дрейфа», основанный на суточном вращении небесной сферы.
2. Методы сферической астрономии, фундаментальной астрометрии, небесной механики и стереометрии.

Данная работа имеет следующую структуру.

В **первой главе** представлены элементы сферической астрономии и фундаментальной астрометрии. Отдельный параграф посвящен современным научным представлениям о Юпитере и его галилеевых спутниках.

Во **второй главе** подробно представлены решения поставленных теоретических задач и их анализ.

В **третьей главе** представлены данные экспериментальных наблюдений галилеевых спутников и Юпитера. Представлен их алгоритм обработки и численные результаты.

Резюме по проделанной работе представлено в **заключении**. Финальная часть работы содержит список использованных источников и приложения.