

Кафедра общей и теоретической физики

Зозуленко Ирина¹

**Оценка массы и средней массовой плотности
галилеевых спутников по данным наблюдений.
Количественный анализ распределения МКД в системе
«ЮПИТЕР»**

(научно-исследовательская работа)

Аннотация

В данной работе предложена усовершенствованная методика определения основных параметров галилеевых спутников. Здесь решена задача об определении орбитальной скорости движения спутника. Новые результаты уверенно согласуются с результатами, полученными астрономами-профессионалами. Получены оценки масс галилеевых спутников. В силу больших погрешностей определения периодов обращения и радиусов орбит спутников на эксперименте, полученные значения масс являются существенно завышенными. Для системы «Юпитер» получен обобщенный критерий Роша. Здесь оценки средней плотности спутников являются чрезвычайно низкими. Строго доказано, что более 98% полного МКД системы приходится на осевое вращение Юпитера. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии проблемы МКД в системе «Юпитер».

Комментарии: работа выполнена под научным руководством старшего преподавателя кафедры общей и теоретической физики СамГУ, к.ф.-м.н., Филиппова Ю.П.² и отмечена на итоговой научно-практической конференции учащихся Самарской областной физико-математической школы в 2009 г дипломом победителя второй степени.



Работа выставлена на **ASTRODROME**: 24.03.2009

¹E-mail:

²E-mail:yuphil@ssu.samara.ru

Оглавление

Введение	3
1 Основы методики определения основных параметров системы «Юпитер»	6
1.1 Современные представления о системе «Юпитер»	6
1.2 Метод дрейфа в определении угловых параметров	14
1.3 Определение кинематических параметров спутников	18
1.4 Оценка массы Юпитера	24
2 Расчет динамических параметров спутников	26
2.1 Определение линейных скоростей орбитального движения спутников	26
2.2 Оценка масс галилеевых спутников	27
2.3 Оценка средней массовой плотности спутника по данным наблюдений	29
2.4 Предел Роша для галилеева спутника системы «Юпитер». Оценка нижней границы массы и массовой плотности спутника . . .	30
2.5 Анализ распределения МКД в системе «Юпитер»	34
Заключение	38
Литература	40
Приложения	42
А. Элементы сферической астрономии	42

Введение

Актуальность работы. В ночь с 7 на 8 января 1610 года Г. Галилей ориентировал свою зрительную трубу на Юпитер – один из самых ярких небесных объектов на звездном небе, который можно наблюдать без труда невооруженным глазом. Его взору представилась следующая картина: три маленькие звездочки находились на одной прямой, параллельной эклиптике, рядом с диском планеты. В последующие десять дней наблюдений Г. Галилей обнаружил еще одну такую звездочку и убедился в том, что эти "звезды" неотлучно сопровождают Юпитер, и движутся вокруг последнего, т.е. являются спутниками Юпитера [1]. Однако имена галилеевым спутникам, сохранившиеся за ними до наших дней, дал немецкий астроном Симон Мариус (Майер), назвав их именами персонажей древнегреческой мифологии. Самый близкий спутник к Юпитеру получил имя – Ио, второй по удаленности от центральной планеты получил название Европа, третий, самый большой спутник Юпитера – Ганимед, и, наконец, самый далекий и темный спутник – Каллисто.

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 системе «Юпитер». 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.

Уже почти 400 лет ведутся активные исследования природы четырех самых больших спутников Юпитера 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 [3], а на спутнике Европа – огромные за-

пасы воды в виде льда [4]. Сегодня, Европа – основной кандидат для поиска внеземной формы жизни [5].

Важно отметить, что астрономы-любители вносят немалый вклад в общую копилку данных о Солнечной системе. Например, именно астрономы-любители стали первооткрывателями многих комет, и т.о. увековечили свои имена в названиях своих открытий [6]; до сих пор лучшими исследователями метеорных потоков и болидов являются астрономы-любители [7]. Среди последних есть немало наблюдателей галилеевых спутников.

Однако, и сегодня, весьма скудный поток информации о динамической картине галилеевых спутников доступен непрофессионалам и любителям. Например, в лучшем случае, с помощью программ **RedShift**, **Orbits** 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.

В связи с недостающей информацией астрономы-любители часто задаются вопросами типа:

- *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 научно-исследовательской работе А. Калимуллиной (11 класс, 2007-2008 гг., СОФМШ) [8] были заложены основы такой методики, которая, в свою очередь, базировалась на методе дрейфа, математический аппарат которого, был подробно разработан в работе Д. Яхимовича (11 класс, 2007-2008 гг., СОФМШ) [9]. Калимуллиной А. была проведена огромная работа. Ей удалось получить по данным любительских наблюдений, полученных Филипповым Ю.П. и Филипповым В.П. основные кинематические характеристики всех галилеевых спутников: радиусы орбит, периоды обращения, полярные углы их положения. Здесь же было доказано, что орбиты галилеевых спутников

весьма близки к окружностям. С использованием законов Ньютона и свойств потенциальных сил Калимуллина А. определила массу Юпитера и среднюю массовую плотность планеты. Полученные результаты надежно согласуются с имеющимися данными для спутников, полученными профессионалами.

Однако в работе А. Калимуллиной не было уделено должного внимания основным динамическим характеристикам спутников: массе, средней массовой плотности. Не были также определены линейные орбитальные скорости галилеевых спутников. Вопрос о распределении момента количества движения (МКД) в системе «галилеевы спутники–Юпитер» не рассматривался вообще. Однако подробное рассмотрение последнего вопроса не лишено смысла, поскольку исходя из галилеевой аналогии системы «Юпитер» и Солнечной системы (СС), а также существования проблемы трансляции МКД из центральной области СС на периферию, возникает вопрос о существовании такой проблемы в системе «Юпитер».

В связи со сказанным главной целью настоящей работы является усовершенствование методики, предложенной в работе [8], определение основных динамических и некоторых кинематических параметров галилеевых спутников с использованием данных наблюдений и результатов работы [8].

Согласно сформулированной цели основными задачами настоящей работы являются следующие положения:

1. *Вычисление массы галилеевых спутников, оценка их средней массовой плотности с использованием законов механики и результатов работы [8].*
2. *Расчет линейной орбитальной скорости спутников.*
3. *Вычисление МКД для 4 галилеевых спутников и Юпитера, используя результаты механики и данные наблюдений. Анализ вопроса о распределении МКД в системе «галилеевы спутники–Юпитер».*

Основными методами решения поставленных задач являются:

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

Данная работа имеет следующую структуру.

Первая глава посвящена основам новой методики определения основных кинематических и динамических параметров галилеевых спутников и Юпитера, предложенной в работе [8].

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

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