



УДК 523.64

К вопросу о происхождении кометы Темпеля–Туттля (55P)

Р.А. Гулиев

Шемахинская астрофизическая обсерватория, Азербайджан

55P/Tempel–Tuttle является периодической кометой с периодом обращения около 33 лет. Она считается кометой типа Галлея. Комета является родительским телом метеорного потока Леониды. В статье с помощью различных интеграторов исследуется эволюция орбиты кометы 55P за 5000 лет до открытия. В частности, изучается идея захвата кометы Ураном из поля долгопериодических комет. Также изучается гипотеза о захвате кометы из пояса Койпера. Ни одна из двух гипотез не получила подтверждения.

ДО ПИТАННЯ ПРО ПОХОДЖЕННЯ КОМЕТИ ТЕМПЕЛЯ–ТУТТЛЯ (55P), Гулієв Р.А. — 55P/Tempel–Tuttle є періодичною кометою з періодом обертання близько 33 років. Вона вважається кометою типу Галлея. Комета є батьківським тілом метеорного потоку Леоніди. В статті за допомогою різних інтеграторів досліджується еволюція орбіти комети 55P за 5000 років до відкриття. Зокрема, вивчається ідея захоплення комети Ураном з поля довгоперіодичних комет. Також вивчається гіпотеза про захоплення комети з пояса Койпера. Жодна з двох гіпотез не отримала підтвердження.

ABOUT ORIGIN OF COMET 55P, by Guliyev R.A. — 55P is a periodic comet with an orbital period of 33 years. It fits the classical definition of a Halley-type comet. The comet is the parent body of the Leonid meteor shower. Orbital simulation of the comet's 55P/Tempel–Tuttle orbit for 5000 years before its discovery by a variety of integrators is provided in this work. In particular the idea of capturing the comet 55P by Uranus from the field of long-period comets during the integration period is checked. The hypothesis about its capture from the Kuiper belt for the study period is checked also. Both ideas have not been confirmed.

Ключевые слова: комета; 55P; орбита; эволюция.

Key words: comet; 55P; orbit; evolution.

1. ВВЕДЕНИЕ

Комета Темпеля–Туттля является одной из интересных периодических комет. Период ее обращения составляет около 33 лет. Она имеет обратное движение, перигелий орбиты находится очень близко от орбиты Земли, поэтому в некоторых проходах комета наблюдалась очень интенсивно.

Комета была открыта в конце 1865 года Эрнстом Темпелем и в начале 1866 году независимо Туттлем. Некоторые астрономы считают, что она наблюдалась в 1366 г. Комета является родоначальницей известного метеорного потока Леониды. В следующих двух возвращениях комета не наблюдалась. Последний раз она наблюдалась в 1997–98 гг. Относительно происхождения кометы существует несколько гипотез:

- Жозеф Леверье считал, что комета была захвачена Ураном примерно в 126 году из поля долгопериодических комет [1]. Эту идею поддерживал русский астроном Ф.Бредихин [2].
- Всехсвятский и Гулиев [3] проделав ряд расчетов сделали предположение о том, что комета Темпеля–Туттля, как и некоторые другие кометы семейства Урана, выброшены из системы спутников Урана в результате эруптивных процессов. Эта идея была предметом острых дискуссий в 1980-е годы.
- Большинство специалистов считает, что комета Темпеля–Туттля является членом семейства типа Галлея и, стало быть, не имеет отношения к Урану.

Целью настоящего исследования является следующее:

1. Исследование эволюции орбиты кометы в течение 5000 лет с помощью различных интеграторов;
2. Проверка идеи о захвате Ураном кометы 55P из поля долгопериодических комет за исследуемый период;
3. Проверка идеи о захвате кометы 55P из пояса Койпера за период исследования.

2. МЕТОДИКА И ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ АППАРАТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе по исследованию эволюции кометы 55P применен пакет программ Mercury [4]. Он является пакетом программного обеспечения общего назначения для решения задач N тел. Он разработан для расчета орбитальной эволюции объектов, движущихся в гравитационном поле центрального тела. Например, Mercury может быть использован для моделирования движения планет, астероидов или комет, обращающиеся вокруг Солнца, или системы спутников на орбите планеты, или планетных систем на орбите других звезд. Mercury написан на Фортране стандарта 77. В данной работе использовалась

версия продукта ver. 6.3. Пакет Mercury в настоящее время включает в себя следующие алгоритмы моделирования задачи N тел:

1. MVS (Mixed-Variable Symplectic) — симплектический алгоритм второго порядка. Он включает в себя простые симплектические корректоры. Интегратор относительно быстрый, но не может определять тесные сближения между объектами.
2. Классический алгоритм Булирша–Штёра — численный метод решения обыкновенных дифференциальных уравнений, опирающийся на экстраполяцию Рундсона, на экстраполяцию рациональными функциями в приложениях Рундсоновского типа и на модифицированный метод средней точки. Интегратор позволяет находить численные решения обыкновенных дифференциальных уравнений с высокой точностью при достаточно малых вычислительных усилиях.
3. Основной алгоритм Булирша–Штёра — это относительно медленный, но довольно точный в большинстве ситуаций алгоритм. Его можно использовать когда остальные методы вызывают недоверие, работают некорректно или с большими погрешностями, или же для проверки другого алгоритма который применялся для конкретной задачи.
4. Интегратор Гаусса–Эверхарта 15-го порядка RA15 (RADAU). Разработан Э.Эверхартом в 1973 г. специально для численного исследования комет и показал высокую эффективность в задачах кометной астрономии. Этот интегратор примерно в 2–3 раза быстрее, чем основная версия Bulirsch–Stoer. В большинстве случаев надежный, за исключением случаев когда объекты имеют очень тесные сближения или имеют орбиты с высоким эксцентриситетом (например сангрейзеры).
5. Hybrid Symplectic/Bulirsch–Stoer integrator — очень быстрый метод средней точности. Этот алгоритм также может вычислять тесные сближения.

Mercury включает эффекты ньютоновских гравитационных сил между телами, которые считаются точечными массами. Пакет также позволяет учитывать негравитационные эффекты для комет.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

На рис. 1 приводится изменение параметра a за период исследования. Они показывают, за это время он мало изменялся. В то же время видно, что есть некоторые расхождения между результатами, полученными в рамках отдельных интеграторов.

На рис. 2 изображены изменения долготы перигелия кометы 55P за указанный период. Видно, что за это время она изменилась всего лишь на 20° . Это важный момент для гипотезы Всехсвятского–Гулиева. Они считают, что перигелии орбит комет семейства Урана должны иметь концентрацию в направлениях 76° и 256° , где создаются наиболее оптимальные условия для выброса из спутников Урана вещества, наблюдаемого из Земли. Если бы оказалось, что в прошлом комета имела перигелий, заметно отклоняющийся от этих направлений, это могло бы служить контраргументом для гипотезы.

На рис. 3 изображены результаты по изменению дальнего узла кометной орбиты за исследуемый период. В начале отчетного периода узел находился в непосредственной близости орбиты планеты. Но по мере увеличения времени исследования он удаляется от орбиты Урана и как бы теряет с ней связь.

На рис. 4 приводится графическое изменение перигелийного расстояния кометы 55P за исследуемый период. Заметного изменения здесь также получить не удалось. На рис. 5 можно судить о динамике минимального абсолютного значения разности между истинными аномалиями кометы, полученными в рамках 5 интеграторов. Видно, что примерно за 2500 лет до открытия кометы они более или менее совпадают. Но дальше начинаются расхождения, которые иногда достигает 50° . Это означает, что эти интеграторы не эффективны для изучения эволюции кометных орбит за очень большой срок времени. На рис. 6 изображено изменение максимальное расхождение значений истинной аномалии.

Всехсвятский и Гулиев [3] считают, что при исследовании динамической эволюции этой кометы должна быть учтена и возможность проявления физической эволюции. Мы исходили из предположения о том, что комета за один оборот вокруг Солнца теряет абсолютный блеск примерно 0.1^m , что может считаться весьма умеренным значением. Исходя из оценки о том, в период 1865–66 гг. ее абсолютный блеск в шкале Всехсвятского [5] был 9^m , мы на рис. 7 приводим ориентировочный график изменения параметра H_{10} за 1500 лет до открытия кометы (около 50 оборотов). Правда, этот график не учитывает условия видимости кометы, которые меняются от появления к появлению.

Из этого графика следует, что комета в некоторых прохождениях в прошлом могла бы быть чрезвычайно яркой. Например, в 1688 году до открытия (а это соответствует к 178 году нашей эры), согласно расчетам по интеграторам она была на расстоянии 0.05 а.е. от Земли. Из формулы Всехсвятского [5]

$$H_{10} = m - 5 \lg \Delta - 10 \lg r$$

и данных рис. 7 вытекает, что визуальный блеск кометы должен был быть около -4^m . Напомним, что H_{10} , m , Δ и r — абсолютный и визуальный блеск кометы, ее расстояние от Земли и Солнца соответственно. Трудно себе представить, что такая комета на небе могла быть не замеченной.

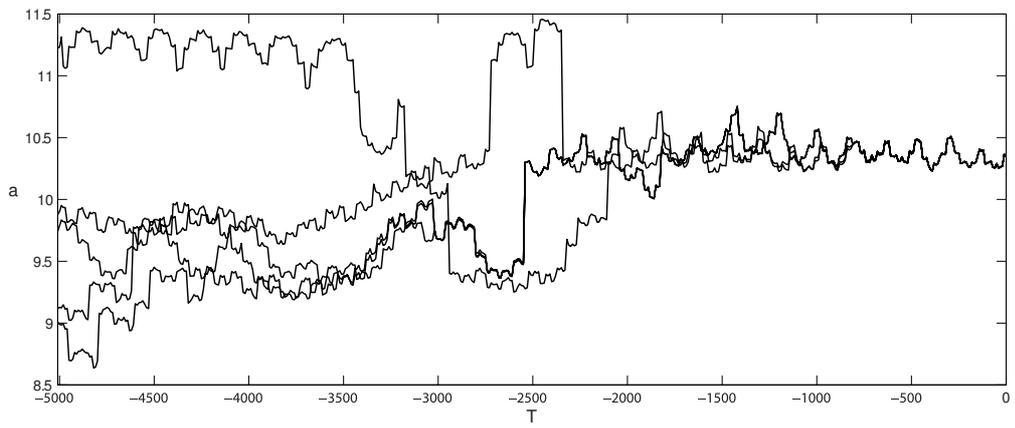


Рис. 1. Изменение параметра a кометы 55P за 5000 лет до ее открытия

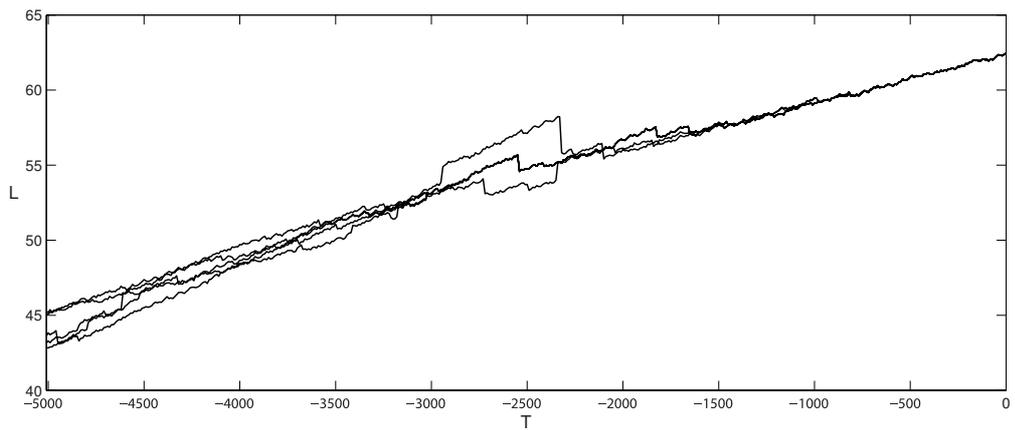


Рис. 2. Изменение параметра L кометы 55P за 5000 лет до ее открытия

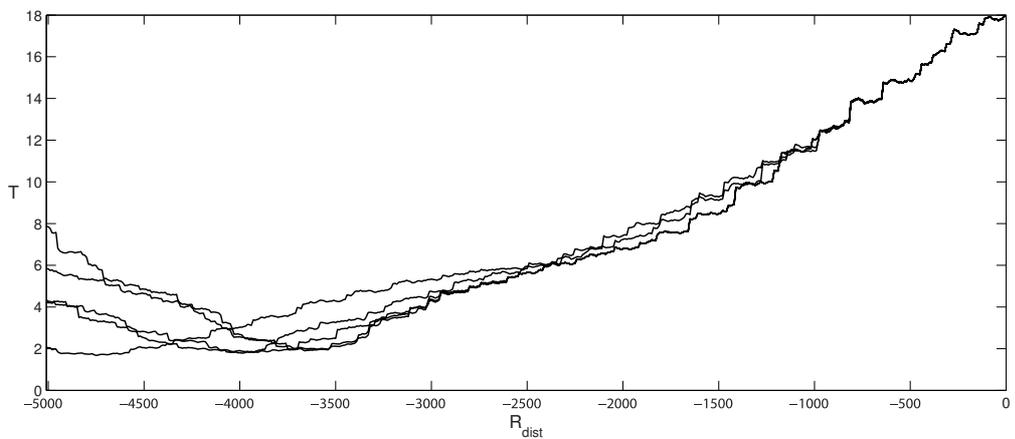


Рис. 3. Изменение удаленного узла кометы 55P за 5000 лет до ее открытия

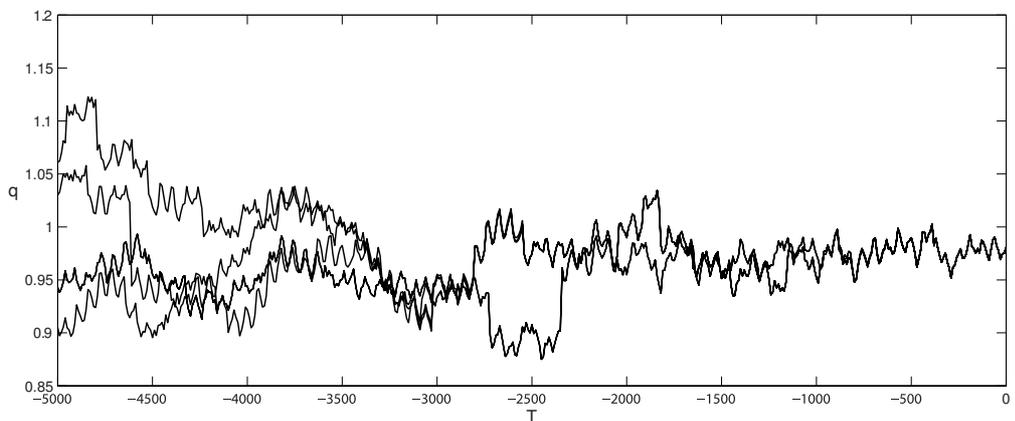


Рис. 4. Изменение перигелийного расстояние кометы 55P за 5000 лет до ее открытия

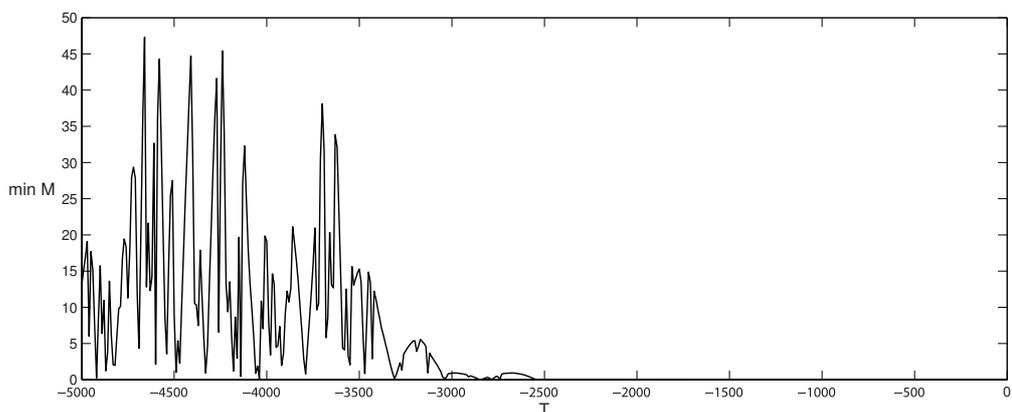


Рис. 5. Изменение величины $\min M$ в рамках различных интеграторов

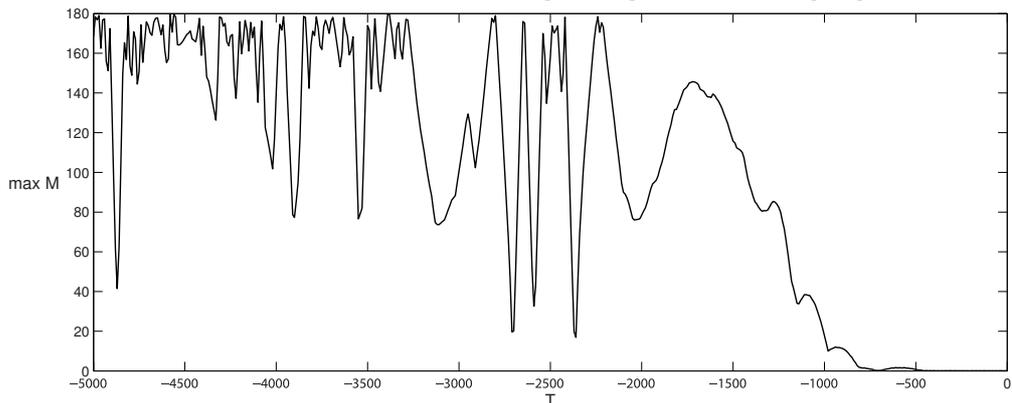


Рис. 6. Изменение величины $\max M$ в рамках различных интеграторов

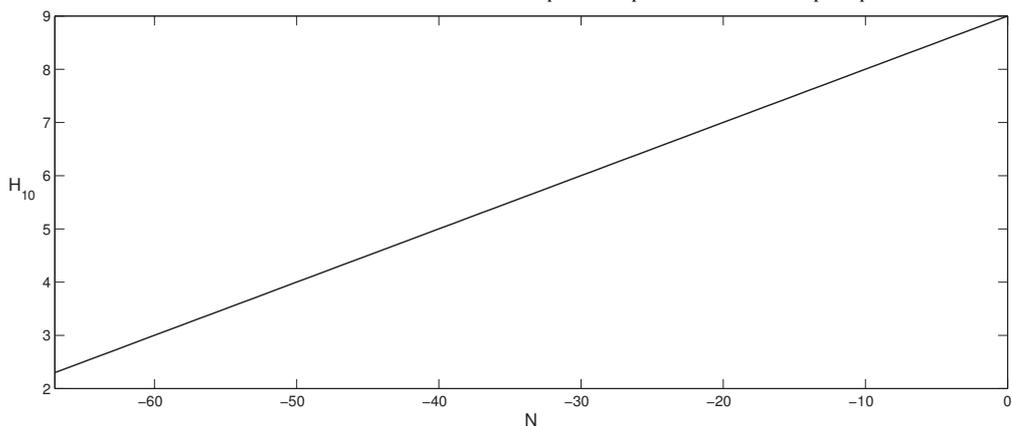


Рис. 7. Примерное изменение абсолютного блеска кометы 55P за 68 оборотов до открытия

4. ВЫВОДЫ

Применение интеграторов не привнесли ясность в вопросе о том, какой характер имела орбита в прошлом. Данные, полученные в рамках 5 интеграторов, более или менее совпадают примерно за 2000 лет. Дальше они расходятся в значительной степени, что вносит неопределенность в вопросе об источниках данной кометы. Не найдены данные, утверждающие предположение о том, что комета захвачена из поля долгопериодических или же из пояса Койпера. Между динамической эволюцией кометы и предполагаемым изменением блеска существует несоответствие, что указывает на то, что использование интеграторов за весьма большой срок нецелесообразно.

1. Покровский К.Д. Происхождение периодических комет. — Юрьев, 1901. — 307 с.
2. Федор Александрович Бредихин. Сборник, посвященный памяти Ф.А.Бредихина. — М.: ООО Издательство «Планета», 2013. — 191 с.
3. Всехсвятский С.К., Гулиев А.С. Система комет Урана — пример эруптивной эволюции спутников планет // Астрон. журн. — 1981. — № 3. — С. 630–635.
4. <http://www.arm.ac.uk/~jec/home.html>
5. Всехсвятский С.К. Физические характеристики комет. — М., 1958. — 575 с.

Поступила в редакцию 20.12.2014