

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/20TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/20TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/20TVN515>)

УДК 521.11

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Россия, г. Пермь¹

Профессор

Доктор технических наук

E-mail: soni.81@mail.ru

Федотов Петр Викторович

ООО «Научно-технический центр технического регулирования»

Россия, г. Саратов

Инженер

E-mail: klk50@mail.ru

О соотношении методов расчета движения планет по Птолемею и Кеплеру (часть 2)

¹ 410022, г. Саратов, ул. Азина, д. 38 «В», кв. 4

Аннотация. В статье показано, что полное отвержение системы Птолемея было большой научной ошибкой. Эта ошибка была сделана не по научным доводам и аргументам, а из «политических» соображений в борьбе с засильем Церкви. Несмотря на то, что в современной научной и учебной литературе говорится, что теория Коперника-Кеплера призвана уточнить расчеты, проводимые по теории Птолемея, на самом деле все наоборот.

Метод расчетов «по Птолемею» является непревзойденным по точности до сих пор. Птолемей в своих расчетах предвосхитил методы гармонического анализа Фурье, и разложение сложного движения планет на простые (круговые) эпициклы - это схема разложения в ряд периодических функций. Единственно, что в системе Птолемея противоречит современным научным данным, так это геоцентризм. Но, в действительности, геоцентризм не мешает, достаточно объявить, что перенос «центра Мира» с Солнца на Землю всего лишь перенос системы отсчета от одной системы координат, связанной с Солнцем, к другой системе координат, связанной с Землей. Подобные переносы систем координат хорошо известны и не вызывают возражений.

В статье показано, что система расчетов Кеплера не является ни более простой, ни более точной, по сравнению с системой расчетов «по Птолемею».

Ключевые слова: система Птолемея; гармонический анализ; расчет по Кеплеру; геоцентризм; точность расчетов; Солнце; Земля.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кочетков А.В., Федотов П.В. О соотношении методов расчета движения планет по Птолемею и Кеплеру (часть 2) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/20TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/20TVN515

Экванты Птолемея и эллипсы Кеплера

В системе Птолемея было одно «темное пятно» и этим темным пятном были экванты² – эксцентрические точки равномерного вращения центра эпицикла по кругу дифферента [1-7]. В модели с эквантом нарушен основополагающий принцип моделирования движения светил, согласно которому используемые круговые движения должны быть равномерными относительно их собственных центров. В данном случае центр эпицикла движется неравномерно относительно центра деферента [8, с. 438].

Но именно схема с эквантом позволила Птолемею существенно повысить точность расчетов видимого положения планет, так, что в современной литературе схема расчетов с эквантом названа «шедевром древней науки, неоспоримо принадлежащей Птолемею» [7, с. 145].

Коперник, отказавшись от эквантов, фактически сделал шаг назад, по сравнению с Птолемеем. Точность его расчетов по сравнению с точностью расчетов по Птолемею упала.

«На основе теории Коперника его последователь Эразм Рейнгольд составил таблицы положений планет и Луны, которые были изданы в 1551 г. и получили название Прусских таблиц. К 1627 г. Прусские таблицы давали ошибки в положениях планет до 4-5°» [3, с. 42]. Для сравнения укажем, что угловой диаметр полной Луны 0,5°. Т.е., за 75 лет отклонения расчетных положений планет от действительных составляла порядка 8-10 угловых диаметров Луны в полнолуние. Ясно, что практического значения таблицы, дающие такую ошибку, не имели. И это по сравнению с таблицами Птолемея, не терявшими необходимой точности по 300–400 лет.

Следующим реформатором в астрономии был Иоганн Кеплер. Его реформация состояла в том, что он также отверг экванты, без которых, несмотря на старания Коперника, обойтись не удавалось, и выдвинул гипотезу, согласно которой, планеты обращаются по эллипсам³.

В некотором смысле, законы Кеплера прогрессивны, т.к. они согласовывались с законом всемирного тяготения, и во многом, помогли Ньютону утвердить свое открытие. Именно поэтому Ньютон всячески поддерживал эллиптические орбиты небесных тел.

В настоящее время бытует мнение, что именно законы Кеплера позволили астрономии завершить свое развитие и дальше развивать нечего, нужно только уточнять расчеты и не более того. Как мы увидим далее, это совершенно не соответствует истине.

Несмотря на широко распространенное мнение, что астрономы с радостью восприняли открытие Кеплером эллиптических орбит, история развивалась прямо противоположно.

До сих пор астрономы если и пользуются эллиптическими орбитами, то только как первым приближением к действительности. Планеты в процессе движения взаимно влияют друг на друга, и орбиты в форме эллипсов случаются только в идеальном случае, для одной планеты при отсутствии всех остальных планет.

Орбиты планет прецессируют под влиянием других планет и даже сверх того. Уже в рамках теории тяготения Ньютона орбиты не эллиптические, но на практике дело обстоит еще хуже, т.к., смещение орбит отклоняются даже от самых точных расчетов, включающих самые подробный учет влияния планет друг на друга.

² Сам термин «эквант» в Альмагесте не употребляется и имеет более позднее происхождение [2, с. 591]. Птолемею приводит некое геометрическое построение, которое в средние века и называлось эквантом.

³ Первый закон Кеплера (Прим. Авт.)

Попытки совместить законы Кеплера и прецессию орбит приводили в истории ко многим, в том числе и ложным «открытиям».

Наибольшую известность в данном вопросе получила планета Меркурий, потому, что у неё смещение орбиты, необъяснимое влиянием других планет, наибольшее.

Первым ученым, который попытался научно объяснить смещение перигелия Меркурия, был Леверье.

Проведя самые точные (на тот момент) расчеты движения Меркурия с учетом всех (!) взаимодействий планет, согласно закону всемирного тяготения, убедился, что движение Меркурия отклоняется от расчетного. Он предположил, что орбита Меркурия смещается под влиянием, еще не открытой планеты, которая находится еще ближе к Солнцу, чем Меркурий, и поэтому не видна, т.к. прячется в лучах Солнца.

Эту гипотетическую планету, Леверье назвал Вулканом. После опубликования гипотезы Леверье было несколько сообщений об «открытии» новой планеты, но все они достаточно быстро опровергались повторными и независимыми наблюдениями.

Известно, что и орбиты других планет также смещаются. Но согласно законам Кеплера орбиты планет представляют собой неподвижные в пространстве эллипсы.

По крайней мере, согласно закону тяготения нет сил, которые могут смещать орбиты в поперечном направлении, тем не менее, орбиты смещаются, и это большая загадка науки.

Пока вернемся к смещению орбит в разных системах расчетов.

В системе Птолемея, подобная проблема не возникала, например, смещение орбиты Земли, которая называлось «вращение Вселенной», вводилось как смещение наблюдаемых орбит Солнца и планет с коэффициентом примерно, $8''$ в столетие, смещение орбиты Луны, хорошо заметное, даже без современных телескопов, определялось, как дополнительное движение. Этот прием введения дополнительных движений для объяснения (расчетов) реального движения широко использовался последующими поколениями.

Поэтому для расчетов движения семи небесных светил (Солнце, Луна и пять планет) были в средние века применены упоминавшиеся ранее 69 эпициклов, причем, никакие новые открытия новых смещений орбит не могли поколебать систему расчетов Птолемея, достаточно было ввести еще один эпицикл. Система эпициклов позволяла учитывать не только смещение апогеев, но даже временное попятное движение планет не приносили никаких затруднений.

Птолемей полагал, что все движения происходят по идеальным кругам, а все отклонения движений от идеальных кругов проистекают от наложения круговых движений друг на друга.

Следуя такой логике, если находилось отклонение от уже рассчитанной орбиты, то вводился еще один эпицикл, а его размеры и период обращения подбирались таким образом, чтобы скомпенсировать найденную погрешность в расчетах.

Мы говорим «система Птолемея», но уточнения расчетных таблиц Птолемея не закончились со смертью автора «Альмагеста», а продолжались арабскими астрономами средневековья: аль-Хорезми, аль-Баттани, аль-Беруни и многими другими. Затем в эпоху Возрождения Альмагест был переведен с арабского на латынь и эстафету развития учения Птолемея подхватили европейские ученые.

Система расчетов Птолемея – феноменологическая, она не объясняет, почему планеты движутся именно так, она просто позволяет рассчитывать орбиты небесных тел с любой точностью. Именно с любой, и это не преувеличение, а факт.

Последними известными уточнениями системы Птолемея, были «альфонсовы таблицы».

Вот в системе Кеплера этот вопрос является почти непреодолимым препятствием. Дело в том, что Кеплер заявил, что «Планеты обращаются вокруг Солнца по эллипсам», и ничего про смещение орбит. В законе всемирного тяготения так же нет указаний про дополнительное смещение орбит, тем не менее, орбиты смещаются. Другой недостаток, теории Кеплера, в том, что согласно учению Кеплера, планеты обращаются по идеальным эллипсам, а этого никогда не наблюдается, по причине воздействия со стороны других планет.

Этот недостаток отсутствует в расчетах по закону Ньютона, но появляется другой недостаток.

Дело в том, что расчеты на основе закона всемирного тяготения требуют знания решения задачи n -тел, а эта задача так и не была решена в практическом плане. «Для задачи трех тел в 1912 году Карлом Зундманом было получено общее аналитическое решение в виде рядов.

Хотя эти ряды и сходятся для любого момента времени, с любыми начальными условиями, но сходятся они крайне медленно» [6]. «Из-за крайне медленной сходимости практическое использование рядов Зундмана невозможно» [15].

Поэтому долгое время система Кеплера не признавалась среди астрономов.

Наконец, мы приведем для сравнения методы расчета орбит согласно Птолемею и Кеплеру.

Пример расчета по Птолемею взят из книги «Альмагест», расчет кеплеровских орбит - из статьи ведущего специалиста НАСА В. Стендиша [1].

Расчет по Птолемею

1. Вычисление долготы планеты:

$$\lambda_a = \lambda_0 + p(t - t_0),$$

здесь, λ_0 – долгота планеты в начальную эпоху t_0 ; p - вращение сферы неподвижных звезд (прецессия орбиты Земли); t – время, от начальной эпохи, в столетиях.

2. Используя как аргумент, время, прошедшее от начальной эпохи, t , по таблице средних движений (книга IX, гл. 4, таблицы приведены для пяти известных планет) находим среднюю долготу $\bar{\lambda}$ и среднюю аномалию $\bar{\alpha}$ планеты.

3. Среднее расстояние (угловое) центра эпицикла от апогея (в момент наблюдения):

$$\bar{\kappa} = \bar{\lambda} - \lambda_a$$

4) Эксцентрическая аномалия:

$$\eta = c_3 - c_4;$$

Расчет по Кеплеру

I. Сначала вычисляется кеплеровская орбита планеты, небесные координаты которой мы хотим определить.

1. Вычисляются шесть элементов орбиты по формулам

$$a = a_0 + \dot{a} * T;$$

$$e = e_0 + \dot{e} * T;$$

$$I = I_0 + \dot{I} * T;$$

$$L = L_0 + \dot{L} * T;$$

$$\varpi = \varpi_0 + \dot{\varpi};$$

$$\Omega = \Omega_0 + \dot{\Omega} * T.$$

Здесь

T - время от начальной эпохи, до расчетной даты, столетия; a – большая полуось, $a.e.$; I – угол наклона, град; L – средняя долгота, град; ϖ – долгота перигелия, град; Ω – долгота восходящего узла, град.

Элементы орбиты в начальную эпоху

Расчет по Птолемею

коэффициенты c_3 и c_4 определяются по таблицам книги XI, гл. 11.

5) Видимое расстояние центра эпицикла от апогея:

$$\kappa_0 = \bar{\kappa} - \eta$$

6. Истинная аномалия

$$\alpha = \bar{\alpha} - \eta$$

7) Эпициклическое уравнение:

- по α в столбце 6 кн. XI, гл. 11 находим $c_6(\alpha)$;

- по $\bar{\kappa}$ в столбце 8 находим $c_6(\bar{\kappa})$;

- в соответствии с $c_8(\bar{\kappa})$ из столбца 7 берем $c_7(\alpha)$.

8) Вычисляем эпициклическую долготу по формуле:

$$\theta = c_6 + c_8 c_7.$$

Истинная долгота планеты определяется по формуле:

$$\lambda = \lambda_a + \kappa_0 + \theta.$$

Этап 2 **Широта планеты** вычисляется по формуле:

$$\beta(\alpha, \kappa_0) = \beta_1(\alpha, \kappa_0) + \beta_2(\alpha, \kappa_0) + \beta_3(\alpha, \kappa_0)$$

Для расчета понадобятся значения α и \hat{e}_0 , которые мы определили при вычислении долготы

1) Определяем β_1 по формуле

$$\beta_1 = c_5(\kappa_0) * c_3(\alpha)$$

Вспомогательные коэффициенты $c_3(\alpha)$ и $c_5(\hat{e}_0)$ берем из таблицы кн. XIII, гл. 5 столбцы, соответственно 3 и 5.

2) Определяем β_2 по формуле

$$\beta_2 = c_5(\kappa'') * c_4(\alpha)$$

Значения c_5 для $\kappa'' = \kappa_0$ берем из таблицы кн. XIII, гл. 5 столбец 5.

Т.о., мы получили искомые координаты планеты.

Расчет закончен.

Расчет по Кеплеру

(обозначены индексом 0) и коэффициенты эволюции орбиты (обозначены точкой сверху) выбираются по начальным таблицам.

2. Вычисляются значение аргумента перигелия ω и значение средней аномалии M , по формулам:

$$\omega = \varpi - \Omega;$$

$$\dot{I} = L - \varpi.$$

3. Необходимо привести значение средней аномалии к промежутку $-180^\circ \leq M \leq +180^\circ$,

Для этого из полученного значения средней аномалии вычитают полные обороты 360° , до тех пор пока значение M не окажется в заданном промежутке.

4. Вычислить эксцентрисическую аномалию E путем решения трансцендентного уравнения Кеплера:

$$M = E - e' * \sin E.$$

$$\text{где } e' = 180/\pi * e = 57.29578 * e$$

Уравнение Кеплера решается следующим методом:

Зададим числовые значения средней аномалии M (в градусах) и эксцентриситета e' (в градусах), вычислим начальное значение эксцентрисическую аномалию

$$E_0 = M + e' * \sin M,$$

И методом итераций при значениях

$$n = 0, 1, 2, 3 \dots$$

С помощью трех следующих уравнений:

$$\Delta M = M - (E_n - e' * \sin E_n),$$

$$\Delta E = \Delta M / (1 - e' * \cos E_n),$$

$$E_{n+1} = E_n + \Delta E$$

Вычисляем E , пока

$$|\Delta E| \leq \varepsilon$$

для приближенных вычислений достаточно $\varepsilon = 10^{-6}$

В зависимости от начальных условий и требуемой точности обычно требуется от 10 до 1000 шагов итерации.

5. Вычислить вектор гелиоцентрических координат планеты r' , расположенный в её орбитальной плоскости, с осью x' , направленной из фокуса эллипса в точку перигелия:

$$x' = a (\cos E - e)$$

$$y' = a \sqrt{1 - e^2} \sin E$$

$$z' = 0.$$

6. Вычислить вектор r_{ecl} лежащий в плоскости

Расчет по Птолемею

Расчет по Кеплеру

эклиптики, фиксированной на эпоху J2000, с осью абсцисс, направленной на точку равноденствия в координатной форме:

$$x_{ecl} = (\cos \omega \cos \Omega - \sin \omega * \sin \Omega * \cos I) * x' + (- \sin \omega \cos \Omega - \cos \omega * \sin \Omega * \cos I),$$

$$y_{ecl} = (\cos \omega \sin \Omega - \sin \omega * \cos \Omega * \cos I) * x' + (- \sin \omega \sin \Omega + \cos \omega * \cos \Omega * \cos I),$$

$$z_{ecl} = (\sin \omega * \sin I) * x' + (\cos \omega * \sin I).$$

II. Теперь необходимо повторить расчеты для определения гелиоцентрических координат Земли. В результате расчета мы получим координаты вектора Земли в плоскости эклиптики. Для этого полностью повторяют расчет подраздела I, но уже для Земли.

III. Наконец мы можем приступить к определению видимого положения планеты на небе, при наблюдении с Земли.

1. Сначала определим расстояние от Земли до планеты по формуле:

$$R = \sqrt{(x_{ecl}^{планеты} - x_{ecl}^{земли})^2 + (y_{ecl}^{планеты} - y_{ecl}^{земли})^2 + (z_{ecl}^{планеты})^2}$$

2. Определим положение планеты в системе экваториальных координат

$$x_{eq} = x_{ecl};$$

$$y_{eq} = \sin \varepsilon * y_{ecl} - \sin \varepsilon * z_{ecl};$$

$$z_{eq} = \sin \varepsilon * y_{ecl} + \cos \varepsilon * z_{ecl}.$$

здесь $\varepsilon = 23.43928^\circ$ – угол наклона эклиптики к плоскости экватора.

3. Определим угол на небесной сфере планеты по формуле

$$\varphi = \arctan \left(\frac{y_{eq}^{планеты} - y_{eq}^{земли}}{x_{eq}^{планеты} - x_{eq}^{земли}} \right);$$

и прямое восхождение

$$\alpha = \frac{\varphi}{15}.$$

Смысл последней формулы в том, что угол направления на планету φ мы получим в градусах, а прямое восхождение в астрономии считается в часах суток.

4. Определим склонение планеты

$$\beta = \arcsin \frac{z_{eq}}{R}.$$

Расчет закончен.

Пусть каждый, имея сравнительную таблицу методов расчета, сам определит степень сложности расчетов видимого положения планет по различным методикам. Следует обратить внимание, что для расчетов по Птолемею достаточно четырех действий арифметики, а для

расчетов по Кеплеру, необходимо **на каждом шаге аппроксимации** решать трансцендентное уравнение методами итерации.

Но, главным отличием разных методов расчета являлась не сложность, а точность расчетов с течением времени. Так погрешности при расчетах кеплеровских орбит (в настоящее время) проявляется через 30–50 лет, а таблицами по системе Птолемея, без явных погрешностей можно было пользоваться от 500 до 800 лет.

Разберемся, в чем состоял секрет Птолемея.

«Ньюком в 1895 г. и Тиссеран в 1896 г. пришли к выводу о существовании трех основных расхождений ньютоновской теории с астрономическими наблюдениями (для векового движения перигелия Меркурия – 41...43", узла Венеры - 10", для векового смещения перигелия Марса - 8"). Наиболее значительным, таким образом, было расхождение, связанное с движением Меркурия» [4, с. 28].

«Кроме того, для каждой из трех основных аномалий приходилось, как правило, придумывать свое объяснение, а если к этим трем аномалиям прибавить еще существование в то время трудности с кометой Энке и движением Луны, то ситуация с применением ньютоновской теории тяготения к небесной механике выглядела в конце XIX и начале XX в. отнюдь не такой уж благоприятной, какой она была в первой половине XIX в. » [4, с. 29].

Так было бы до сих пор, если бы не работы директора американской обсерватории Саймона Ньюкома.

В 1895 г. Ньюком опубликовал монографию «Элементы четырех внутренних планет и фундаментальные константы астрономии», в которой изложены числовые значения постоянных прецессии, нутации и абберрации, принятые в качестве международных на астрономической конференции в Париже в 1896 г. и используемые до недавнего времени во всех странах при составлении ежегодников.

В этой работе на основе многолетних наблюдений приводит метод применения системы уравнений Кеплера для решения практических задач астрономии.

Метод Ньюкома состоял в следующем: для расчетов применялись эллиптические орбиты планет, но параметры орбит не постоянные, как в первоначальной теории Кеплера, а эволюционирующие во времени в виде:

$$a = b + c*t \quad (1)$$

где t – время,

b – параметр орбиты (большая полуось, эксцентриситет, и др.),

c – коэффициент эволюции параметра орбиты.

В результате получились эволюционирующие орбиты, более соответствующие наблюдаемым данным.

В данной методике изменялись все параметры эллиптических орбит без исключения: и размер большой полуоси, эксцентриситет, направление большой полуоси в пространстве и наклон плоскости орбиты к эклиптике.

Путем подбора, не только параметров орбиты, но и коэффициентов эволюции, появилась возможность более точно рассчитать движение небесных тел.

Именно с этого времени (начало 20 в.) фактически и начался «триумф системы расчета орбит в соответствии с уравнениями Кеплера».

В результате для совмещения несовместимого был придуман следующий прием: орбиты планет являются не эллипсами, а кривыми, состоящей из очень малых отрезков эллипсов. Практически это прием аппроксимации.

Надо отметить, что любую кривую можно аппроксимировать не только отрезками эллипсов, но и отрезками прямых.

В последнем случае расчеты были бы намного проще.

Дополнительную литературу авторов по теме можно посмотреть в работах [16-26].

Выводы

1. Метод расчета Птолемея движения Солнца и планет, видимых с Земли, являлся чисто эмпирическим. В методике Птолемея полностью отсутствует теория гравитации.
2. Метод расчета Птолемея основывался на разложении сложно-периодического движения на ряд простых синусоидальных движений. Другими словами метод Птолемея можно представить как разложение сложной функции в ряд простых функций вида $A_i \cdot \sin(\omega_i t + \varphi_{i0})$.
3. Метод Птолемея совершенно индифферентен принятой теории гравитационного взаимодействия. Независимо от вида принятого в науке вида закона тяготения, методика расчетов методом разложения на простые периодические движения остается неизменным.
4. Применение метода Птолемея не отрицает необходимости определения точного вида закона гравитационного взаимодействия (закона тяготения), а только, образно выражаясь, «выносит за скобки» этот вопрос. Оставаясь неизменным при любых изменениях и дополнениях, вносимых учеными в вопросы тяготения.
5. Метод расчетов Птолемея напоминает метод разложения функции в ряд Фурье, тем не менее, имеет существенное отличие. В ряд Фурье входят различные гармоники одного и того же колебания, в ряде Птолемея колебания свободные и, в принципе, могут быть не связаны никакими соотношениями.
6. Метод Птолемея сохраняет точность на более длительный промежуток времени, чем метода Ньюкома потому, что разложение сложной периодической функции в ряд простых периодических функций, всегда точнее, чем разложение той же функции в ряд алгебраических функций первого порядка.
7. Единственное возражение против применения методов Птолемея состоит в том, что согласно Птолемею Земля находится в центре вселенной, а Солнце, планеты и звезды вращаются вокруг Земли. Это возражение легко снимается, если принять, что Земля является не центром Мира, а точкой отсчета выбранной системы координат для расчета движения небесных тел.
8. Принятие за систему отсчета Землю предпочтительнее при проведении расчетов видимых положений Солнца и планет относительно наблюдателя расположенного на Земле. Это предпочтительнее, т.к. отпадает необходимость рассчитывать положения планет сначала в гелиоцентрической системе координат, а затем пересчитывать эти данные в геоцентрическую систему отсчета.

9. При интерпретации движений планет, полученных согласно методике Птолемея, не следует забывать, что в ней получаются не действительные движения планет, а кажущиеся движения. Так, в ряды разложения сложных движений на равных входят не только движения планет, но и члены, отражающие движение самой Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Standish E.M. and Williams J.G. Chapter 8:Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets // Интернет-ресурс: <http://iau-comm4.jpl.nasa.gov/XSChap8.pdf>.
2. Бронштэн В.А. Клавдий Птолемей. – М.: Наука. 1988. – 240 с.
3. Бронштэн В.А. Как движется Луна? – М.: Наука. 1990. – 208 с.
4. Визгин В.П. Релятивистская теория тяготения – М. Наука. 1985. – 352 с.
5. Голубов Б.Н., Геворкян С.Г. Гравитационный эффект техногенного смещения оси вращения Земли и геологические следствия уточнения закона всемирного тяготения // Современные глобальные изменения природной среды / Под ред. Н.С. Касимова и Р.К. Клиге. Т.3: Факторы глобальных изменений. – М.: Научный мир, 2012. – С. 244-266.
6. Зигель К.Л. Лекции по небесной механике. – М.: ИЛ. 1959. 300 с.
7. Идельсон Н.И. Этюды по истории небесной механики. – М.: Наука. 1975 – 496 с.
8. Клавдий Птолемей. Альмагест / Перевод с древнегреческого И.Н. Веселовского – М.: Наука. 1998. – 672 с.
9. Клайн М. Математика. Поиск истины. – М.: Мир. 1988. – 295 с.
10. Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. Бессель Фридрих Вильгельм // Астрономы. Биографический справочник. – Киев: Наукова думка, 1977. – 512 с.
11. Коперник Н. // Философский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия. 1983.
12. Коперник Н. О вращениях небесных сфер. – М.; Наука, 1964. – 654 с.
13. Кочетков А.В., Федотов П.В. От Ньютона до параметризованного постньютоновского формализма: нули и единицы / А.В. Кочетков, П.В. Федотов // Пространство и Время. - 2013. №4(14). С. 81-85.
14. Лаврентьев М.М., Гусев В.А., Еганова И.А., Луцет М.К., Фоминых С.Ф. О регистрации истинного положения Солнца // Докл. АН СССР. 1990. С.Т. 315. №2. С. 368 - 370.
15. Маркеев А.П. Задача трех тел и её точные решения // Соросовский образовательный журнал. 1999. №9.
16. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Альфа-М; ИНФРА-М, 2004. 622 с.
17. Небесная механика // Большая советская энциклопедия: В 30 т. – М.: Советская энциклопедия. 1969-1978.
18. Савченко В.Н., Смагин В.П. Начала современного естествознания. Концепции и принципы. Ростов-на-Дону: Феникс. 2006. 324 с.

19. Струве В.Я. Этюды звездной астрономии. – М.; Академия наук СССР. 1953. – 235 с.
20. Теория движения Луны. // Интернет-ресурс: <http://www.astrolab.ru/cgi-bin/manager.cgi?id=33&num=495>.
21. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. М.: Гос. изд. тех.-теор. лит., 1955. – 504 с.
22. Эпоха каталога, эпоха равноденствия, динамическое равноденствие. // Интернет-ресурс: <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817/node20.html>.
23. Кочетков А.В., Федотов П.В. Общая теория относительности и параметрический постньютоновский формализм // Интернет-журнал «Науковедение». 2012. №4. [Электронный ресурс]. URL: http://naukovedenie.ru_45tvn313.
24. Кочетков А.В., Федотов П.В. Оценка проявления исторического менталитета в современной механике и физике. / А.В. Кочетков, П.В. Федотов // Пространство и Время. 2013. №2 (12). С. 62–71.
25. Кочетков А.В., Федотов П.В. Проявления исторического мышления в современной физике (Лекции для непрофессионалов). – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. 2001. 176 с.
26. Кочетков А.В., Федотов П.В. Проблемы гармонизации радикальных противоречий в аксиоматике естественных наук. – М.: Машиностроение. 2015. 320 с.

Рецензент: Кокодеева Наталия Евсегнеевна, доктор технических наук, профессор, ФГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Kochetkov Andrej Viktorovich
Perm national research polytechnical university
Russia, Perm
E-mail: soni.81@mail.ru

Fedotov Petr Viktorovich
JSC Research Center of Technical Regulation
Russia, Perm
E-mail: klk50@mail.ru

About a ratio of methods of calculation of the movement of planets on Ptolemaeus and Kepler (part 2)

Abstract. In article it is shown that full rejection of system of Ptolemaeus was a big scientific mistake. This mistake was made not on scientific arguments and arguments, and for "political" reasons in fight against domination of Church. In spite of fact that in modern scientific and educational literature it is said that Copernicus-Keplera's theory is urged to specify the calculations which are carried out according to Ptolemaeus's theory, actually all on the contrary. The method of calculations "according to Ptolemaeus" is unsurpassed on accuracy still. Ptolemaeus in the calculations anticipated methods of the harmonious analysis of Fourier, and decomposition of the difficult movement of planets on simple (circular) epicycles is a scheme of decomposition in a row of periodic functions. Only that in Ptolemaeus's system contradicts modern scientific data, so it is geocentrism. Actually geocentrism doesn't disturb, it is enough to declare that transfer of "center of World" from the Sun to Earth only transfer of a reference system from one system of coordinates connected with the Sun to other system of coordinates connected with Earth. Similar transfers of systems of coordinates are well-known and don't cause objections. In article it is shown that the system of calculations of Kepler isn't neither simpler, nor more exact, in comparison with system of calculations "according to Ptolemaeus".

Keywords: Ptolemaeus's system; harmonious analysis; calculation for Kepler; geocentrism; accuracy of calculations; Sun; Earth.

REFERENCES

1. Standish E.M. and Williams J.G. Chapter 8:Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets // Internet-resurs: <http://iau-comm4.jpl.nasa.gov/XSChap8.pdf>.
2. Bronshten V.A. Klavdiy Ptolemey. – M.: Nauka. 1988. – 240 s.
3. Bronshten V.A. Kak dvizhetsya Luna? – M.: Nauka. 1990. – 208 s.
4. Vizgin V.P. Relyativistskaya teoriya tyagoteniya – M. Nauka. 1985. – 352 s.
5. Golubov B.N., Gevorkyan S.G. Gravitatsionnyy effekt tekhnogennoy smeshcheniya osi vrashcheniya Zemli i geologicheskie sledstviya utochneniya zakona vseirnogo tyagoteniya // Sovremennye global'nye izmeneniya prirodnoy sredy / Pod red. N.S. Kasimova i R.K. Klige. T.3: Faktory global'nykh izmeneniy. – M.: Nauchnyy mir, 2012. – S. 244-266.
6. Zigel' K.L. Lektsii po nebesnoy mekhanike. – M.: IL. 1959. 300 c.
7. Idel'son N.I. Etyudy po istorii nebesnoy mekhaniki. – M.: Nauka. 1975 – 496 s.
8. Klavdiy Ptolemey. Al'magest / Perevod s drevnegrecheskogo I.N. Veselovskogo – M.: Nauka. 1998. – 672 s.
9. Klayn M. Matematika. Poisk istiny. – M.: Mir. 1988. – 295 s.
10. Kolchinskiy I.G., Korsun' A.A., Rodriges M.G. Bessel' Fridrikh Vil'gel'm // Astronomy. Biograficheskiy spravochnik. – Kiev: Naukova dumka, 1977. – 512 s.
11. Kopernik N. // Filosofskiy entsiklopedicheskiy slovar'. – M.: Sovetskaya entsiklopediya. 1983.
12. Kopernik N. O vrashcheniyakh nebesnykh sfer. – M.; Nauka, 1964. – 654 s.
13. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Ot N'yutona do parametrizovannogo postn'yutonovskogo formalizma: nuli i edinitsy / A.V. Kochetkov, P.V. Fedotov // Prostranstvo i Vremya. - 2013. №4(14). S. 81-85.
14. Lavrent'ev M.M., Gusev V.A., Eganova I.A., Lutset M.K., Fominykh S.F. O registratsii istinnogo polozheniya Solntsa // Dokl. AN SSSR. 1990. S.T. 315. №2. S. 368 - 370.
15. Markeev A.P. Zadacha trekh tel i ee tochnye resheniya // Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal. 1999. №9.
16. Naydysh V.M. Kontseptsii sovremennogo estestvoznaniya. Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: Al'fa-M; INFRA-M, 2004. 622 s.
17. Nebesnaya mekhanika // Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya: V 30 t. – M.: Sovetskaya entsiklopediya. 1969-1978.
18. Savchenko V.N., Smagin V.P. Nachala sovremennogo estestvoznaniya. Kontseptsii i printsipy. Rostov-na-Donu: Feniks. 2006. 324 s.
19. Struve V.Ya. Etyudy zvezdnoy astronomii. – M; Akademiya nauk SSSR. 1953. – 235 s.
20. Teoriya dvizheniya Lunny. // Internet-resurs: <http://www.astrolab.ru/cgi-bin/manager.cgi?id=33&num=495>.
21. Fok V.A. Teoriya prostranstva, vremeni i tyagoteniya. M.: Gos. izd. tekhn.-teor. lit., 1955. – 504 s.

22. Epokha kataloga, epokha ravnodenstviya, dinamicheskoe ravnodenstvie. // Internet-resurs: <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817/node20.html>.
23. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Obshchaya teoriya otnositel'nosti i parametricheskiy postn'yutonovskiy formalizm // Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2012. №4. [Elektronnyy resurs]. URL: http://naukovedenie.ru_45tvn313.
24. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Otsenka proyavleniya istoricheskogo mentaliteta v sovremennoy mekhanike i fizike. / A.V. Kochetkov, P.V. Fedotov // Prostranstvo i Vremya. 2013. №2 (12). S. 62–71.
25. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Proyavleniya istoricheskogo myshleniya v sovremennoy fizike (Lektsii dlya neprofessionalov). – Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t. 2001. 176 s.
26. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Problemy garmonizatsii radikal'nykh protivorechiy v aksiomatike estestvennykh nauk. – M.: Mashinostroenie. 2015. 320 s.